別紙１

# 情報通信審議会　情報通信技術分科会
# 電波有効利用委員会　報告（案）

諮問第 30 号

「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」

令和８年４月

# 目次

はじめに ..... 1
第１章　検討の背景・経緯 ..... 2
　１－１　検討の背景 ..... 2
　１－２　検討課題 ..... 2
第２章　電波有効利用の推進に関する基本的方向性 ..... 3
　２－１　電波有効利用の推進に関する基本的方向性 ..... 3
第３章　周波数割当の在り方 ..... 16
　３－１　価額競争の実施方法 ..... 16
　３－２　900MHz 帯を使用する新たな無線利用 ..... 18
　３－３　運用調整の在り方 ..... 20
　３－４　携帯電話等周波数の有効利用の在り方 ..... 22
　３－５　中長期的な視点を踏まえた周波数割当の在り方 ..... 23
第４章　無線局の免許制度等の在り方 ..... 25
　４－１　技術進展や利用ニーズの高度化・多様化を踏まえた免許制度の在り方（携帯電話） ..... 25
　４－２　技術進展や利用ニーズの高度化・多様化を踏まえた免許制度の在り方（全国 BWA） 28
　４－３　技術進展や利用ニーズの高度化・多様化を踏まえた免許制度等の在り方（地域 BWA・ローカル５Ｇ） ..... 33
　４－４　衛星通信の更なる円滑な利用に向けた制度の在り方 ..... 34
　４－５　無線設備のソフトウェア化・オープン化等に対応した認証制度の在り方 ..... 36
　４－６　免許申請手続等の在り方 ..... 38
　４－７　その他将来を見据えた免許制度の在り方 ..... 39
第５章　無線を利用したビジネス促進の在り方 ..... 40
　５－１　我が国として重点的に取り組むべきワイヤレス技術分野の推進方策 ..... 40
　５－２　インフラシェアリングの在り方 ..... 43
第６章　電波の利用環境の在り方 ..... 45
　６－１　電波の利用環境分野の今後の政策の在り方 ..... 45
　６－２　携帯電話エリア整備、基地局強靭化に対する支援策の在り方 ..... 48
第７章　その他必要と考えられる事項 ..... 51
　７－１　電波利用料の在り方 ..... 51
　７－２　その他必要と考えられる事項 ..... 52
第８章　今後の取組について ..... 53
第９章　空の利用拡大の進展段階に応じた電波利用政策の方向性（別冊１） ..... 1
第 10 章　我が国として重点的に取り組むべきワイヤレス技術分野の推進方策（別冊２） ..... 1
第 11 章　電波監視の在り方（別冊３） ..... 1
参考資料（別冊４） ..... 1

# はじめに

情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会（主査：藤井　威生　電気通信大学先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター教授。以下「委員会」という。）は、令和７年諮問第 30 号「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」について、令和７年３月から検討を開始するとともに、検討事項のうち、電波監視分野における重要課題や優先して実施すべき政策課題等について同年５月に「電波監視作業班」（主任：菊間　信良　名古屋工業大学名誉教授）を、ワイヤレス分野における重点技術領域の検討及びその推進方策等について同年８月に「重点技術作業班」（主任：森川　博之　東京大学大学院工学系研究科教授）を、航空分野における電波の利用拡大を見据えた今後の電波利用政策の在り方等について同年 10 月に「電波上空利用作業班」（主任：藤井　威生　電気通信大学先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター教授）をそれぞれ設置し、専門的な見地から具体的かつ集中的な検討を行った。

本報告は、委員会及び各作業班における検討の結果を取りまとめたものである。

# 第１章　検討の背景・経緯

## １－１　検討の背景

我が国は、他の主要先進国に先駆けて人口減少・少子高齢化に直面しており、生産年齢人口が減少する中にあっても持続的な経済成長を実現するための生産性の向上に取り組むことが喫緊の課題である。また、令和６年能登半島地震などの大規模な災害が頻発する中、災害に強い強靭な社会システムを構築することも大きな課題である。

携帯電話に代表されるように、電波を使ったシステムやサービスは、すでに国民生活や経済活動に深く浸透しているが、自動運転やスマート農業、遠隔医療など、電波のより一層の活用を徹底して進めることで、平時・災害時を問わず、国民生活を便利で安全・安心なものにするとともに、地域の課題解決や新たな市場の創出を通じた経済成長の源泉となる可能性を持っている。

他方で、電波は有限の資源であり、電波の活用の進展に伴い電波資源はひっ迫するため、電波の利用状況やニーズ、電波に関する最新の技術トレンドを踏まえて、周波数の割当てや周波数の移行・再編・共用を適正かつ効率的に実施するなど、電波法（昭和２５年法律第１３１号）の目的である電波の公平かつ能率的な利用を確保することがますます重大となる。

このため、社会環境の変化に迅速かつ柔軟に対応し、電波の公平かつ能率的な利用を通じて国民生活の利便性向上、地域の課題解決及び持続的経済成長を実現するため、国が取り組むべき電波の有効利用の推進の在り方について包括的に検討することが必要であることから、令和７年２月に「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」として諮問された。

## １－２　検討課題

委員会においては、先述した背景等も踏まえ、社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方に関する検討課題として、以下の項目について報告を取りまとめることとした。

なお、これらの検討課題のうち、電波環境分野の在り方、価額競争の実施方法、900MHz 帯を使用する新たな無線利用及び無線設備の認証制度の在り方の検討については、特に早急な対応が求められたことから先行的に議論を行い、電波環境分野の在り方については令和７年９月、価額競争の実施方法については同年 12 月に情報通信審議会において一部答申として取りまとめた。また、900MHz 帯を使用する新たな無線利用及び無線設備の認証制度の在り方については令和８年３月に電波有効利用委員会報告として取りまとめたところである。今後、情報通信審議会の一部答申として取りまとめる予定である。

（１）電波有効利用の推進に関する基本的方向性

これまでの議論の蓄積も踏まえつつ、電波の利用状況やニーズ、電波に関する最新の技術トレンドを勘案して、2030 年代を見据えた中長期的な方向性を検討する。

（２）周波数割当の在り方

ひっ迫する電波の利用状況等を踏まえた周波数割当の基本的方向性について検討する

とともに、共用技術の進展等を踏まえた新たな周波数割当の手法など、これからの社会における電波利用ニーズに的確に対応した周波数割当方策の在り方について検討する。

（３）無線局の免許制度等の在り方

無線技術の進展等を踏まえ、混信が生じないような仕組みを担保しつつ、簡素で柔軟かつ迅速な免許制度、無線従事者資格制度、技術基準適合証明制度の在り方について検討する。

（４）無線を利用したビジネス促進の在り方

ワイヤレスインフラの効果的・効率的な整備や、高い周波数帯を含めた産業利用の促進など、無線を利用したビジネスの社会展開を円滑に進めるための方策の在り方について検討する。

（５）電波の利用環境の在り方

電波の利用状況の変化等を踏まえ、意図せず発射される混信等の増加に対応するための電波監視の在り方や、人体に対する電波の安全性に関する研究の方向性など、無線システムが安心して利用できる環境を確保するための方策の在り方について検討する。

（６）その他必要と考えられる事項

電波の公平かつ能率的な利用を確保するために必要な共益費用に係る電波利用料制度の在り方等について検討する。

# 第２章　電波有効利用の推進に関する基本的方向性

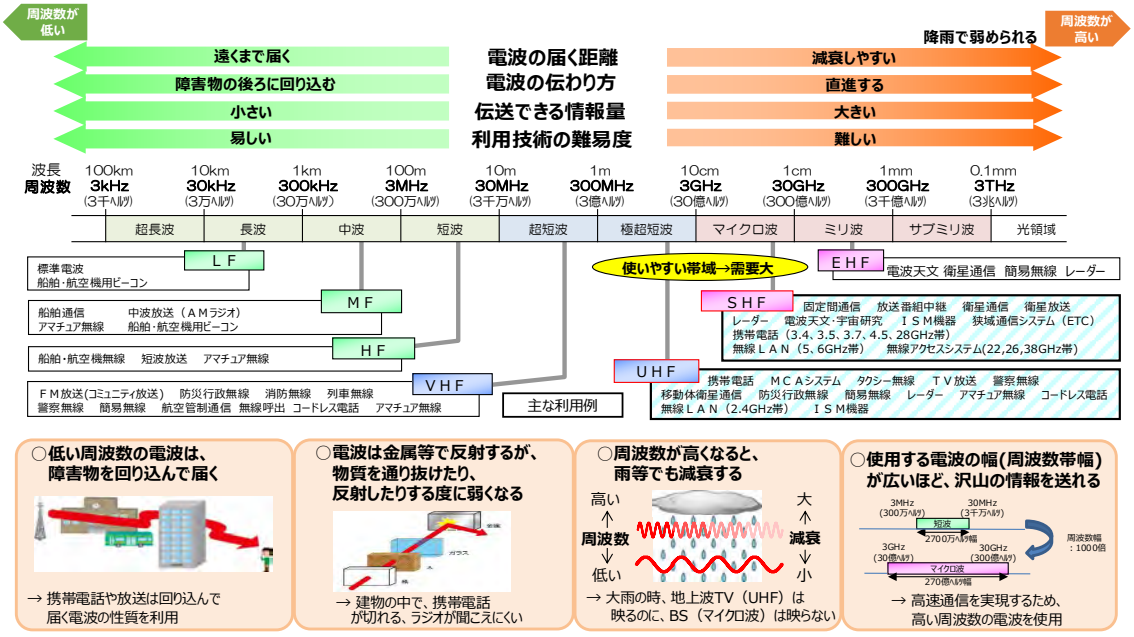
## ２－１　電波有効利用の推進に関する基本的方向性

### （１）　背景

#### ア．電波利用の動向

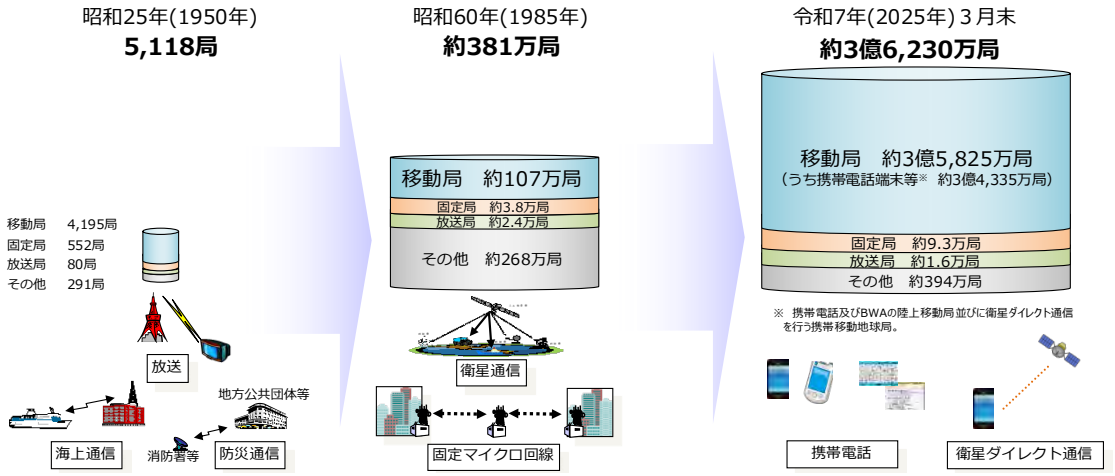
電波は、周波数帯によって伝わり方や伝送できる情報量、利用技術の難易度が異なる。低い周波数の電波は、障害物を回り込んで届くが伝送できる情報量は少なくなる。高い周波数の電波は伝送できる情報量は大きくなるが、直進性が高くなる。また、帯域によっては雨による影響（減衰）を受けやすくなる、使用する電波の幅（周波数帯幅）が広いほど、沢山の情報を送ることができるなどの特徴がある。

図表１　電波の特性と利用形態



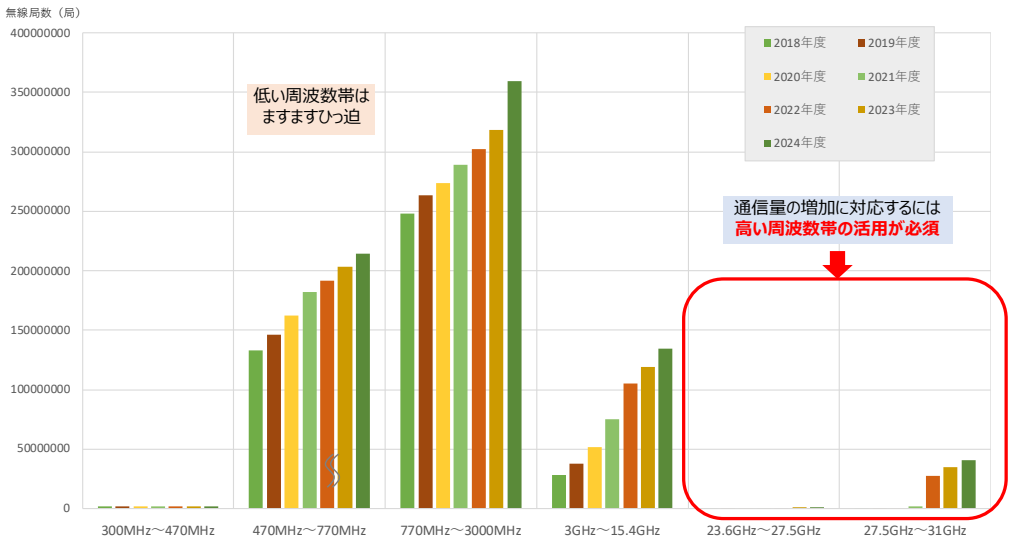

1950 年代は、公共分野における VHF 帯等の低い周波数帯の利用が中心であったが、1985 年の電気通信業務の民間開放をきっかけとして、移動通信分野を中心に電波利用ニーズが急速に拡大しており、現在、携帯電話等の端末数は、３億 4,335 万（2025 年３月末）と日本の人口１億 2,342 万人（2025 年３月）を上回っている。同月末には免許に基づき開設されている無線局の数が約３億 6,230 万局に達し、引き続きこれらの無線局の増加が見込まれるほか、多くの免許不要局（無線 LAN、特定小電力無線局、発射する電波が著しく微弱な無線局等）が開設され、様々な電波利用が拡大しているところである。

図表２　電波利用の進展



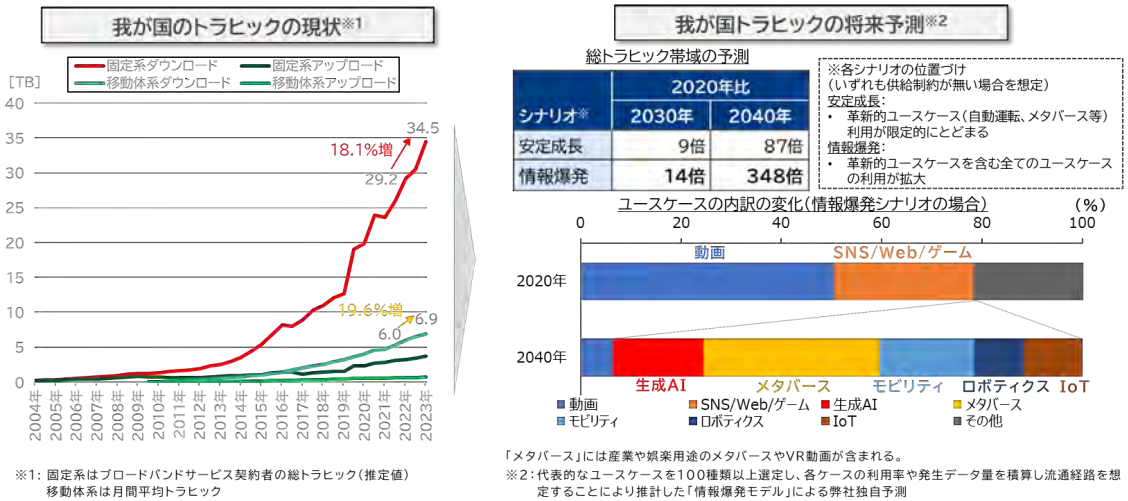

低い周波数帯には多数の無線局が存在しており、近年ますますひっ迫する傾向にある。そのため、今後は、比較的空いていて広い帯域幅が確保できる高い周波数帯の活用を推進することが必須の状況となっている。

図表３　周波数帯別の無線局数の推移




また、トラヒックの増加傾向は現在も継続しており、我が国における今後のトラヒック需要は、自動運転・メタバース・生成 AI などのユースケースによるデータ通信量の増大により、2020 年比で 2030 年には約 14 倍、2040 年には約 348 倍まで爆発的に増加すると予想され、無線局数やトラヒックが年々増加していることにより以前に比べ周波数が極めてひっ迫した状態となっており、電波の有効利用を促進することが必要となっている。

図表４　トラヒックの現状と将来予測




（出典）第７回デジタルビジネス拡大に向けた電波政策懇談会　（株）三菱総合研究所提出資料

今後の更なる無線利用の拡大により、電波利用産業におけるワイヤレス活用が進展した場合の成長シナリオでは、我が国の実質 GDP について 2030 年時点で約 22 兆円、2035 年時点で約 53 兆円の増分が見込まれており、2035 年時点で 110 兆円規模と、産業全体に占めるワイヤレス関連規模が拡大すると予想されている。

一方、2000 年代以降、通信機器の国内生産は減少傾向にある。1990 年代半ばまで内需主導だったが、2000 年代後半からはスマートフォンの登場を背景に輸入が急増している。また、今後、５Ｇや Beyond ５Ｇの技術を用いた通信インフラ整備拡大により需要総額の拡大が予測される状況にある。

また、移動系ネットワーク機器の世界市場規模は 2021 年から微減しており、無線 LAN 機器のみプラス成長となっている。こうした中、2022 年の携帯電話基地局の日本のシェアは約３％にとどまるなど、移動系ネットワークの製品・サービスにおける日本の競争力維持・向上が課題となっている。

さらに、ワイヤレスの機能的な提供価値の発展に伴い、産業との関わり方が進展することで、今後は「産業のワイヤレス化」から「ワイヤレスの社会インフラ化」が進展すると期待される。そのような流れの中、５Ｇ以降のモバイル通信産業は、市場、プレイヤーの類型、役割の多様化・複合化及び製品・ソリューションの拡大など、あらゆる面において複雑化している。

また、令和６年能登半島地震においては、停電や伝送路の断等により、通信サービスが長時間にわたって利用できない状態が発生するなど、早期復旧に加え、今後の災害に備えて通信インフラの強靭化を図ることも課題となっている。

### イ．無線技術の多様化

無線システムや無線技術に関する最近の主な動向として、以下、第５世代移動通信システム、非地上系ネットワーク、無線 LAN、ドローン、ソフトウェア化・オープン化等について述べる。「ワイヤレスの社会インフラ化」が進む中、これらの無線システム等を活用したモバイルネットワークの一層の拡充が必要不可欠となっている。

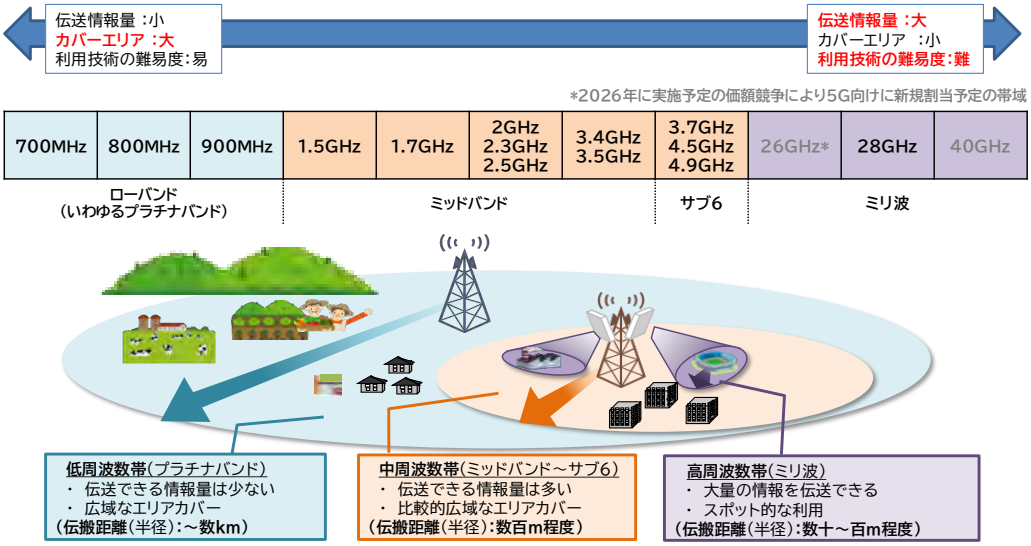
#### (ア) 第５世代移動通信システム（５Ｇ）

これまで、携帯電話には、広いエリアカバレッジに適している比較的低い周波数帯を中心に割当てを実施してきた一方、様々な主体・ニーズに使えるローカル５Ｇには、スポット的な利用に適している比較的高い周波数帯を中心に割当てを実施してきたところである。５Ｇの３つの主な特長のうち、「超高速」は主に「周波数の幅」に依存しており、周波数の幅を広く確保するためには、高い周波数帯の活用が重要となる。携帯電話については、「デジタルインフラ整備計画 2030」（令和７年６月総務省）において、2030 年頃のＡＩの普及等の社会全体のデジタル化の進展に対応したモバイルネットワークを実現するため、高周波数帯（Sub6・ミリ波）が一層活用され、５Ｇ ＳＡの普及が進むこと等により、超高速・低遅延・多数同時接続といった５Ｇの特長を活かした高品質な通信サービスが広く普及するとともに、道路等の非居住地域であっても通信環境の確保が求められる地域については、多様な手段によるインフラ整備が進んでいる姿を目指すこととされた。

高周波数帯（Sub6・ミリ波）については、平成 31 年に Sub6（3.7GHz 帯・4.0GHz 帯・4.5GHz 帯）、ミリ波（28GHz 帯）の割当てを実施し、令和６年には Sub6（4.9GHz 帯）の追

加割当てを実施した。今後、ミリ波である 26GHz 帯を価額競争により割り当てることとしている。それらの周波数帯は、主にトラヒック対策として用いられることから、トラヒック需要等に応じた柔軟・迅速な基地局設置が重要となる。

図表５　５Ｇのためのインフラ整備の基本的な考え方




図表６　移動通信システム用周波数の割当状況

| | 700MHz帯 FDD | 800MHz帯 FDD | 900MHz帯 FDD | 1.5GHz帯 FDD | 1.7GHz帯 FDD | 2GHz帯 FDD | 2.3GHz帯 TDD | 2.5GHz帯 TDD | 3.4GHz帯 TDD | 3.5GHz帯 TDD | 3.7GHz帯 4.0GHz帯 TDD | 4.5GHz帯 4.9GHz帯 TDD | 28GHz帯 TDD | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| docomo | 20MHz | 30MHz | | 30MHz | 40MHz 東名阪のみ | 40MHz | | | 40MHz | 40MHz | 100MHz | 100MHz | 400MHz | 840MHz |
| au | 20MHz | 30MHz | | 20MHz | 40MHz | 40MHz | 40MHz | | | 40MHz | 200MHz | | 400MHz | 830MHz |
| UQ Communications | | | | | | | | 50MHz | | | | | | 50MHz |
| SoftBank | 20MHz | | 30MHz | 20MHz | 30MHz | 40MHz | | | 40MHz | 40MHz | 100MHz | 100MHz | 400MHz | 820MHz |
| Wireless City Planning | | | | | | | | 30MHz | | | | | | 30MHz |
| Rakuten Mobile | 6MHz | | | | 80MHz (40MHzは東名阪以外) | | | | | | 100MHz | | 400MHz | 586MHz |
| 合計 | 66MHz | 60MHz | 30MHz | 70MHz | 190MHz | 120MHz | 40MHz | 80MHz | 80MHz | 120MHz | 500MHz | 200MHz | 1600MHz | 3,156MHz |

認定期間が満了した周波数又は開設計画の認定に係らない周波数　　認定期間中の周波数

※ 携帯電話事業者は、株式会社NTTドコモ、KDDI株式会社、沖縄セルラー電話株式会社、ソフトバンク株式会社、楽天モバイル株式会社。
全国BWA事業者は、UQコミュニケーションズ株式会社、Wireless City Planning株式会社。

全国の５Ｇ人口カバー率は、2024 年度末で 98.4%となっており、「デジタル田園都市国家インフラ整備計画」に掲げた 2025 年度末の目標（97%）を２年前倒しで達成し、2030 年度末の目標（99%）に向け整備が進められている。また、各都道府県の５Ｇ人口カバー率は、2024 年度末で 88.4%～99.9%となっており、2030 年度末各都道府県 99%程度以上とい

う目標に向け、引き続き整備が進められている。

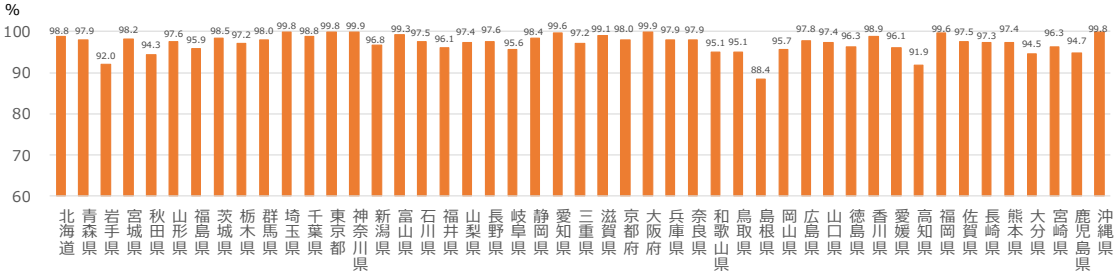
### 図表７　５Ｇの整備状況

**全国の５Ｇ人口カバー率**（2025年３月末）

**９８.４％**　（2024年３月末　98.1%）

※ 携帯キャリア4者のエリアカバーを重ね合わせた数字。小数点第2位以下を四捨五入

**各都道府県の５Ｇ人口カバー率**（2025年３月末）




**各市区町村の５Ｇ基地局整備**

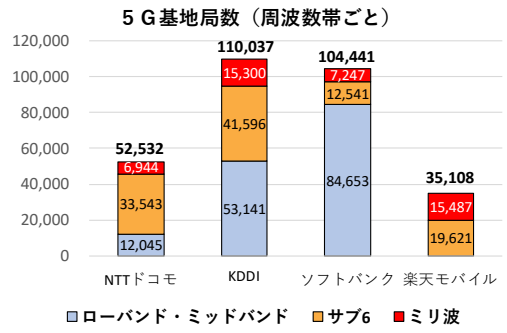
全1,741市区町村に５G基地局を整備（2025年３月末）

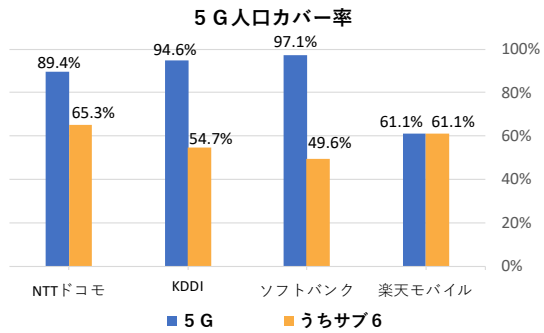
### 図表８　携帯電話事業者ごとの５Ｇ整備状況

**携帯電話事業者ごとの５Ｇ整備状況（５G基地局数・5G人口カバー率）（2025年３月末）**

| | NTTドコモ | KDDI | ソフトバンク | 楽天モバイル | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|
| ５G基地局数<br>（前年度比） | **52,532 局**<br>（+6,238 局） | **110,037 局**<br>（+15,545 局） | **104,441 局**<br>（+19,080 局） | **35,108 局**<br>（+899 局） | **302,118 局**<br>（+41,762 局） |
| ５G人口カバー率<br>（前年度比） | **89.4 %**<br>（+5.9 pt） | **94.6 %**<br>（+1.3 pt） | **97.1 %**<br>（+0.3 pt） | **61.1 %**<br>（+10.5 pt） | **98.4 %**※3<br>（+0.3 pt） |

※3 携帯キャリア5者のエリアカバーを重ね合わせた数字（小数点第2位以下を四捨五入）



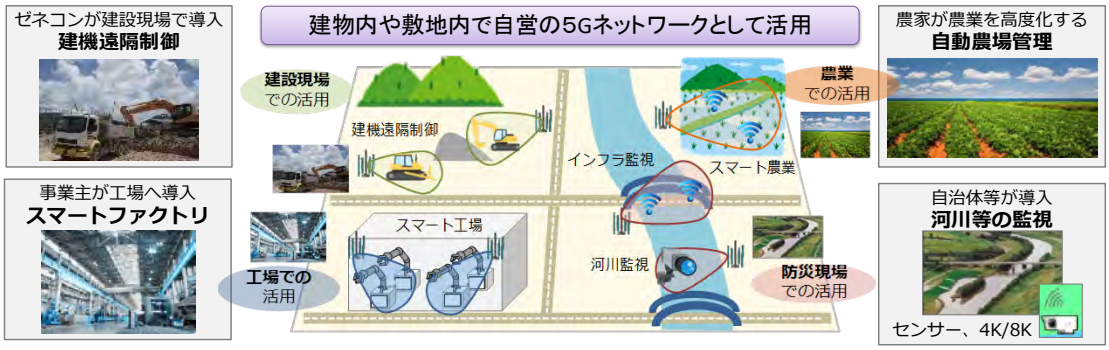




また、我が国では、携帯電話事業者のエリア拡大競争等の設備ベースの競争を通じて、通信インフラを構築してきている一方、電波が遮蔽されるトンネルなど、競争に基づくインフラ整備が期待されない非競争領域においては、公益社団法人移動通信基盤整備協会（JMCIA）が主導するインフラシェアリングにより基地局整備・維持管理を実施しており、

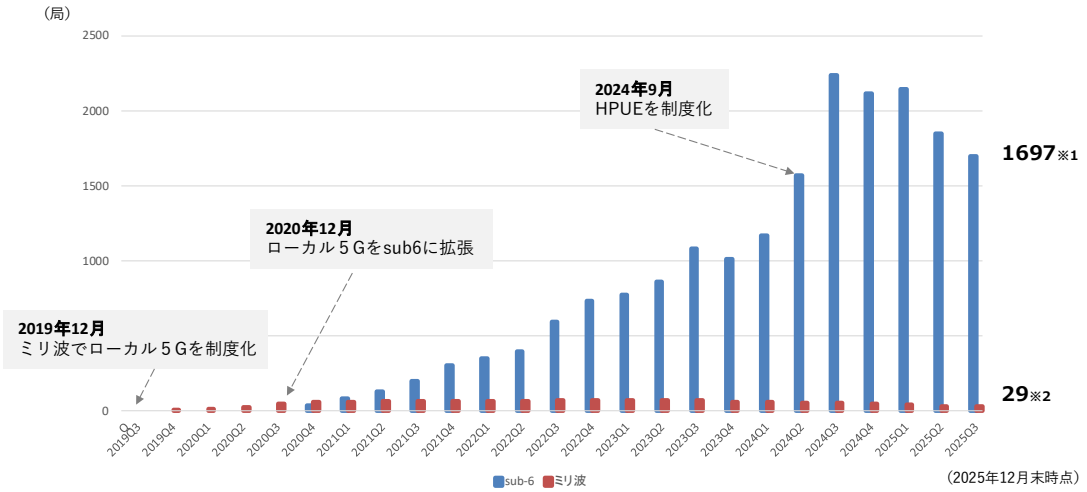
条件不利地域においても、効率的にエリア整備を進めていくため、インフラシェアリングの活用が進められている。これにより、新幹線の開業区間におけるトンネルでは、100%の整備率を達成している。更に、５Ｇ用に割り当てられた高い周波数の活用が進む中、周波数の特性上、より多くの基地局整備が必要となっており、効率性の観点から、インフラシェアリングの重要性が高まっている。特に、屋内においては、基地局設備等の設置スペースが限られているためインフラシェアリングが不可欠となっている。

更に、地域や産業の個別のニーズに応じて地域の企業や自治体等の様々な主体が、自らの建物内や敷地内でスポット的に柔軟に構築できる５Ｇシステムであるローカル５Ｇについては、2019 年 12 月に制度化され、2020 年 12 月に周波数が拡大されている。また、2025 年２月には海上利用、2025 年５月には上空利用の制度化も行われている。他のシステムと比較して、携帯電話事業者の５Ｇサービスと異なり、①携帯電話事業者によるエリア展開が遅れる地域において５Ｇシステムを先行して構築可能、②使用用途に応じて必要となる性能を柔軟に設定することが可能、③他の場所の通信障害や災害などの影響を受けにくい、といった特徴や、Wi-Fi と比較して、無線局免許に基づく安定的な利用が可能といった特徴がある。2026 年１月 31 日現在で、Sub6 で 150 者、ミリ波で 13 者が無線局免許を取得しており、直近では Sub6 の免許数が大きく伸びているが、ミリ波を含めて更なる利活用の促進が必要となっている。

図表９　ローカル５Ｇの概要




図表 10　ローカル５Ｇの免許数の推移




（無線局の目的）
※1　sub6（1697局）の目的は、 FWA等の電気通信業務用が1169局、一般業務用が514局、公共業務用が58局　（複数目的を有する局を含む）
※2　ミリ波（29局）の目的は、 FWA等の電気通信業務用が10局、一般業務用が17局、公共業務用が2局

また、５Ｇの次の世代の情報通信インフラ「Beyond５Ｇ（６Ｇ）」は、2030 年代の産業や社会活動の基盤となることが見込まれている。国際競争力の強化や経済安全保障の確保を図るため、我が国発の技術を確立し、社会実装や海外展開を目指す観点から、国立研究開発法人情報通信研究機構に設置された研究開発基金を活用し、Beyond５Ｇの重点技術等について、民間企業や大学等による研究開発・国際標準化を支援することとしている。

(イ) 非地上系ネットワーク（NTN）

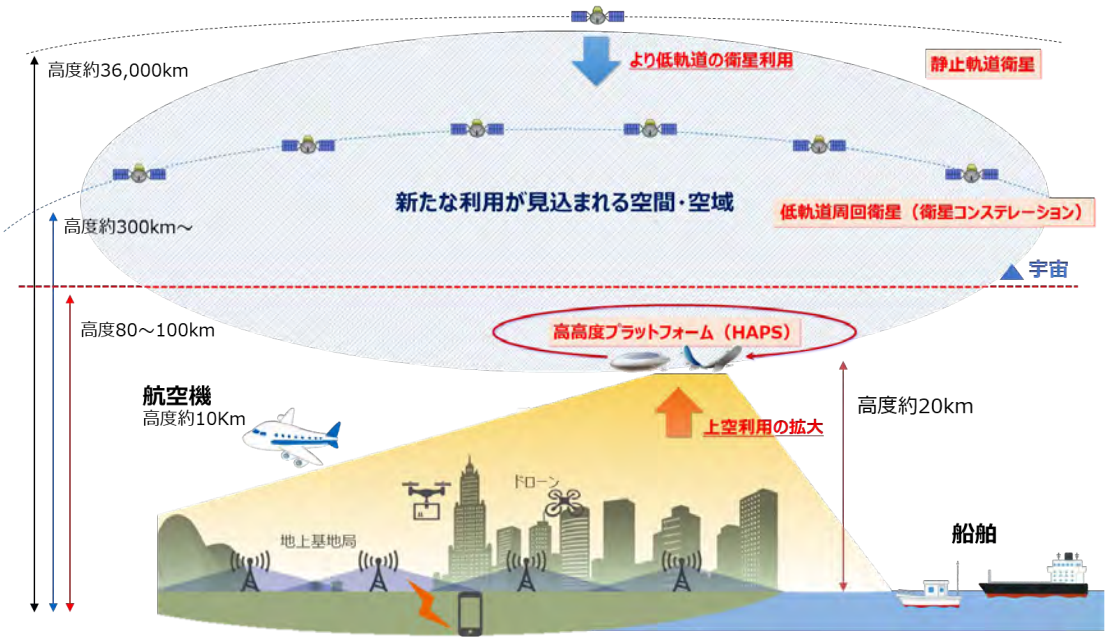
近年の技術進展により非地上系ネットワークについても著しい発展が見られる。衛星通信に関しては、高い周波数帯の利用が進むことにより、1980 年代に比べ通信速度は数万倍に向上している。こうした中、陸・海・空・宇宙をつなぐインフラとして NTN の導入促進・高度化が期待されている。NTN は離島、海上、山間部等を効率的にカバーし、携帯電話の基地局、光ファイバ等の通信インフラが未整備の地域に対しても通信サービスの提供が可能となり、自然災害等の非常時の通信手段としても有用である。

一例として、多数の非静止衛星を一体的に運用する衛星コンステレーションの構築・運用が欧米事業者を中心に進展し、高速大容量の衛星通信サービスがグローバルに提供されており、日本の事業者はこれらの事業者と業務提携し、国内でサービスを展開している。衛星コンステレーションの実現によってブロードバンドサービスとしての衛星通信の利用が進み、離島・海上・山間部等における通信手段として活用されているほか、災害時のバックアップ回線等の BCP（Business Continuity Plan：事業継続計画）対策、携帯電話基地局のバックホール、航空機・船舶への通信サービスとして利用が拡大している。また、専用のアンテナ・端末を必要とする従来の利用形態に加えて、スマートフォン等から衛星通信の利用を可能とするサービスも開始された。

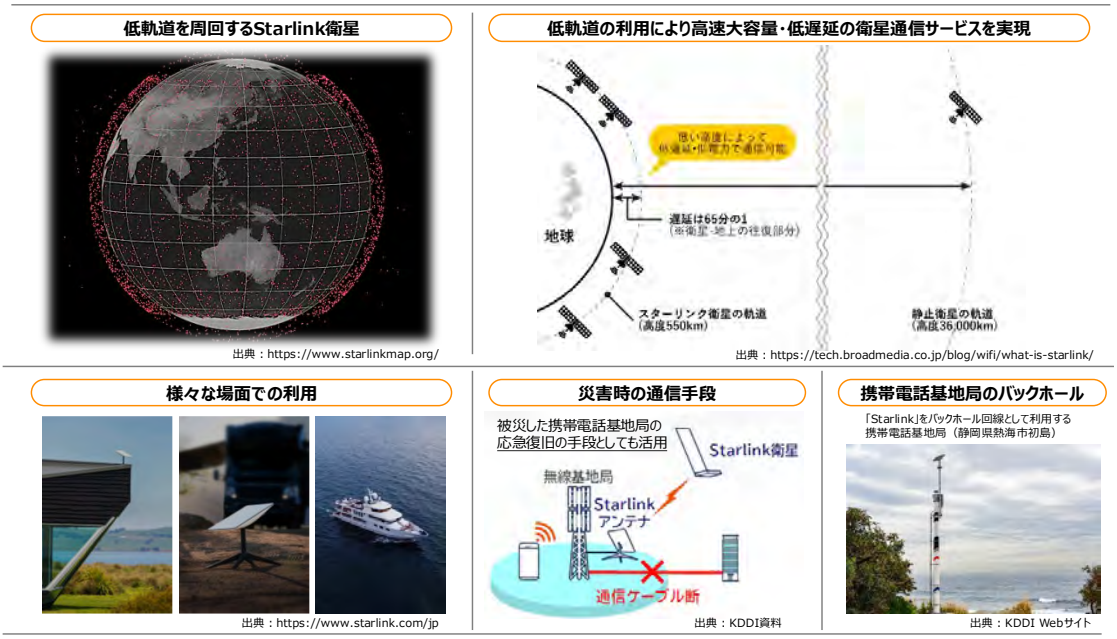
そのほか、HAPS（High Altitude Platform Station：高高度プラットフォーム）については、株式会社 NTT ドコモ及びソフトバンク株式会社（旧 HAPS モバイル）が、携帯電話

基地局としての HAPS の利用に向け、無線設備や機体の技術開発、将来の更なる高度化に向けた研究開発等を推進しており、2025 年度に技術実証を実施後、商用サービスを開始する予定（直近では、NTT ドコモは 2026 年にサービス開始する意向を示している）となっている。サービス開始当初は島嶼部等をスポット的にカバーするサービスや災害時での活用を想定しており、将来的には高速・大容量サービスの全国での提供及び海外展開を予定している。また、総務省においては、HAPS の早期実用化に向けた必要な技術的条件などの制度整備を推進している。

図表 11　上空・宇宙における多層的な空間利用の拡大

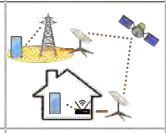
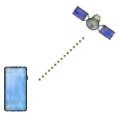
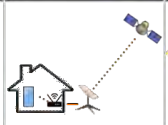
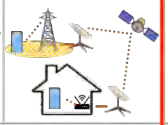
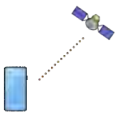


図表 12　衛星コンステレーションの実現による衛星通信サービスの高度化




図表 13　近年の衛星通信システム（衛星コンステレーション）の動向

700MHz帯衛星ダイレクト通信

| | Globalstar - Globalstar - | SpaceX - Starlink - | | Eutelsat OneWeb - Eutelsat OneWeb - | Amazon - Project Kuiper - | AST SpaceMobile - SpaceMobile - |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 衛星総数 | 24基 | 4,408基［第1世代］（計画）<br>7,500基［第2世代］（計画） | | 648基［第1世代］ | 3,232基（計画） | 248基（計画） |
| 軌道高度 | 約1,400km | 約340km、525km、550km等 | | 約1,200km | 約600km | 約700km |
| 主なサービス（予定を含む） | ・衛星携帯電話<br>・IoT | ・高速データ通信<br>・携帯基地局のバックホール回線 | ・スマートフォン等との直接通信 | ・高速データ通信 | ・高速データ通信 | ・スマートフォン等との直接通信 |
| 日本でのサービス開始時期 | 2017年10月開始 | 2022年10月開始 | 2025年４月開始 | 2024年12月開始 | 2026年（予定） | 2026年（予定） |
| 利用イメージ | |  |  |  |  |  |
| 通信速度（下り公称値） | ~256kbps | ~220Mbps | – | ~195Mbps | ~1Gbps | – |
| 備考 | 緊急メッセージ通信用としてiPhoneで利用 | KDDI等と連携 | KDDIと連携 | ソフトバンクと連携 | NTT等と連携 | 楽天モバイルが出資 |

制度整備済み　今後制度整備予定
サービス提供中

（ウ）無線 LAN

無線 LAN の規格は IEEE（米国電気電子学会）で標準化され、世界で幅広く利用されている。無線 LAN 推進団体の Wi-Fi Alliance によって異なるメーカ間の機器の相互接続のテストに合格した無線 LAN 機器には Wi-Fi 認定ロゴを付与し相互運用を認証している。無線 LAN は 2.4GHz 帯、5GHz 帯及び 6GHz 帯の周波数を使用しており、いずれも他の無線システムとの周波数共用を前提としている（諸外国もほぼ同周波数帯域を使用）。また、免許は不

要（一部で登録手続が必要）であり、諸外国もほぼ同様の取扱いとなっている。

近年では、モバイル端末を用いた４Ｋ等の高精細映像の動画再生や、ウェアラブルデバイス等での AR/VR/MR 技術を活用したサービスの利用が進み、無線 LAN のトラヒックが増大している状況にあることから、IEEE において、最新無線 LAN 規格として、IEEE 802.11be（Wi-Fi 7）の策定に向けた議論が行われた。国内では、令和５年６月から、情報通信審議会において「広帯域無線 LAN の導入のための技術的条件」について審議を開始、同年９月に一部答申を受け、同年 11 月に電波監理審議会から答申を受け、同年 12 月 22 日に制度化されたところ。

2023 年の Wi-Fi 機器の全世界での出荷台数は 38 億台、これまでの累計の出荷台数は 420 億台になると予測されている。Wi-Fi 6 対応機器の出荷台数は、2020 年から急激に増加、2023 年末以降の Wi-Fi 7 の制度化により、2024 年には頭打ちになった。その後、6GHz 帯を主流とする Wi-Fi 6E 及び Wi-Fi 7 の普及・拡大が予測されている。

北米では、6GHz 帯（5925MHz-6425MHz）及び 6.5GHz 帯（6425MHz-7125MHz）の無線 LAN について、屋内外で使用できる高出力な SP（Standard Power：標準電力）モードが導入されており、既存無線局との周波数共用のため、AFC（Automated Frequency Coordination：自動周波数調整）システムによる運用調整が必要となる。その国内での導入に向け、AFC システムの運用体制や運用モデルのあり方等に関する基本的な考え方の整理や、AFC システムに必要となる技術的要件の検討を行いつつ、6GHz 帯及び 6.5GHz 帯の無線 LAN（SP モード）に関する技術的条件の検討を進めているところである。

(エ) ドローン

2022 年 12 月５日から、有人地帯（第三者上空）での補助者なし目視外飛行（いわゆるレベル４飛行）を可能とする新制度が開始され、機体認証、無人航空機操縦者技能証明、運航ルールの制度が整備されたところ。今後、高度 150m 以上の飛行についても拡大が見込まれている。

**図表 14　ドローン（無人航空機）の飛行レベル**

**（出典）無人航空機レベル４飛行ポータルサイト（国土交通省）**[1]

ドローンは「機体制御」や「画像伝送」等のため電波を利用することが必要となる。我が国では、こうしたドローンの利用ニーズを踏まえ、2.4GHz 帯無線 LAN、5.7GHz 帯、携帯電話等をドローンで利用可能な無線システムとして順次制度化を進めている。なお、主にドローンからの映像伝送に利用されている無人移動体画像伝送システムでは、ドローンの運行が、時間的、空間的に離散的であるという特性があることから、運用の柔軟性を確保しつつ電波を効率的かつ安全に利用するため、免許人を主体とした運用調整が行われている。

[1] 国土交通省「無人航空機レベル４飛行ポータルサイト」（2022 年 12 月 5 日）（https://www.mlit.go.jp/koku/level4/index.html，2026 年 4 月 27 日最終閲覧）。

図表 15　国内でドローンに利用可能な主な無線システム

| 無線システム名称/無線局種 | 周波数帯 | 最大送信出力 | 伝送速度（参考） | 通信距離（参考） | 利用形態 | 無線局免許 | 特徴、利用用途 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ラジコン操縦用<br>微弱無線 | 73MHz帯等 | ※1 | 5kbps | 1km程度 | 操縦 | 不要 | ホビー用途等で手軽に利用可能<br>産業では農薬散布での利用が主体 |
| 特定小電力無線局 | 920MHz帯 | 20mW | ～1Mbps | 500m程度 | 操縦<br>データ伝送 | 不要※2 | 操縦用として利用 |
| 2.4GHz帯無線LAN<br>（小電力データ通信システム） | 2.4GHz帯<br>（2400～<br>2483.5MHz） | 10mw/MHz<br>（FH方式は<br>3mW/MHz） | ～54Mbps | 1km程度 | 操縦<br>画像伝送<br>データ伝送 | 不要※2 | 操縦・画像伝送等の用途で最も普及。<br>利用者が多いため混雑。 |
| 5.2GHz帯無線LAN<br>（5.2GHz帯高出力データ通信システム） | 5.2GHz帯 | 200mw | 数十Mbps | 数百m程度 | 操縦<br>画像伝送<br>データ伝送 | 不要※2※3 | 主に空撮、インフラ点検、測量等で利用 |
| 無人移動体<br>画像伝送システム | 169MHz帯 | 10mW | ～数百kbps | 5km程度 | 操縦<br>データ伝送 | 要 | 主に空撮、インフラ点検、測量等で利用<br>（操縦・制御のバックアップ等に使用） |
| | 2.4GHz帯<br>（2483.5～<br>2494MHz） | 1W | ～数十Mbps | 10km程度 | 操縦<br>画像伝送<br>データ伝送 | 要 | 主に空撮、インフラ点検、測量等で利用 |
| | 5.7GHz帯 | 1W | 数十Mbps | 5km程度 | 操縦<br>画像伝送<br>データ伝送 | 要 | 主に空撮、インフラ点検、測量等で利用 |
| 携帯電話（4G/5G） | 800MHz帯<br>等 | 200mW<br>（基地局制御） | 数十Mbps | 携帯電話の<br>エリア内 | 操縦<br>画像伝送<br>データ伝送 | ※4 | 見通し外通信や遠隔運用が可能であり、<br>インフラ点検、物流、映像配信等で利用。<br>ただし、携帯電話のエリア外では利用不可。 |
| ローカル5G | 4.7GHz帯<br>28GHz帯 | ※6 | 数Gbps | 数百m程度 | 操縦<br>画像伝送<br>データ伝送 | 要 | 高精細映像伝送、イベント運営で利用。 |

※1 500mの距離において、電界強度が200μV/m以下
※2 免許を要しない無線局については、無線設備が電波法に定める技術基準に適合していることを事前に確認し、証明する「技術基準適合証明又は工事設計認証」を受けた無線設備を使用する場合に限る⇒ 右図の「技適マーク」が表示された無線設備のみ使用可能
※3 既存無線局との共用のため厳密に台数管理をする必要があることから登録局制度の対象
※4 携帯電話事業者の免許で運用
※5 法令に規定はなく、メーカー等のヒアリングによるもの
※6 4.6～4.8GHz:200mW、4.8～4.9GHz:800mW、28.2～29.1GHz:3.16W

(オ) ソフトウェア化・オープン化等

従来はハードウェアで実装された無線機能をソフトウェアによって実現するソフトウェア無線技術（SDR, Software Defined Radio）が進展・普及してきている。また、近年、携帯電話基地局の RAN（Radio Access Network）においては、構成する機器のインターフェースをオープン化した Open RAN や、汎用サーバー上のソフトウェアによって基地局処理機能を実装する vRAN の導入が進んでおり、１つの特定無線設備が異なるベンダーのユニットで構成される、あるいは、ハードウェアとソフトウェアが異なるベンダーにより製造されるといった事例が生じている。

## （２） 主な意見

電波有効利用の推進に関する基本的方向性については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜構成員からの主な意見＞

- 今後、５Ｇの普及により、AI、IoT、自動運転、VR、メタバースなどの技術が社会に浸透し、ビジネス面でもこれらの技術の実装が進むことが期待される。国民がこれらの技術を利用するためには、５Ｇ基地局の整備や５Ｇ対応端末、アプリケーションの開発等が不可欠である。こうした技術の進展に加え、少子高齢化や自然災害への対策を検討しつつ、社会の未来像を描きながら政策を推進する必要がある。
- 人口動態や社会動態をマクロとミクロの両面から正確に把握・分析し、技術・トレンド・

開発手法を時代に合わせ、国際協調や安全保障も踏まえて電波利用の在り方を考慮すべき。

- 過去の予測には当たったものと当たらなかったものがあった。どこまで予測を立ててやるべきか、今の時点では不確実性としか言えないものをどう取り込めるようにしておくのかという点が大事である。
- 場当たり的に見えない移行・再編のグランドデザインを描く必要がある。
- 電波が有効利用されているか監視するために、日本全土の周波数の利用状況をリアルタイムで分析するような仕組みを設けることや、電波の利用が多い企業には監視・モニタリングを義務化するということもあり得るのではないか。
- 利用頻度が高い屋内等の電波環境の整備は非常に重要である。整備状況や課題を把握し促進策を講じることが必要である。

### （３） 考え方

周波数がますますひっ迫する傾向にある中で、電波の利用状況やニーズ、電波に関する最新の技術トレンド等を勘案して、2030 年代を見据え、更なる周波数共用や、継続的な電波の有効利用を促す方策について、不断の検討が必要ではないか。

なお、電波有効利用の推進に際し引き続き検討が必要な事項については、今後更に検討を深めていくべき事項と整理し、継続的な検討を進めることが適当である。

# 第３章　周波数割当の在り方

電波は、その特性上、国境を越えて伝搬することから、無線局の周波数は、国際周波数分配に基づいて使用しなければならない。また、携帯電話や無線 LAN 等、海外で使用する際の統一性も重要となる。総務省では、国際的な周波数分配の範囲内で、周波数の需要動向・技術動向等を踏まえ、新たな電波利用システムの導入に向けた検討を行い、周波数の割当て、技術基準の策定等を行っている。

ひっ迫する電波の利用状況等を踏まえた周波数割当の基本的方向性について検討するとともに、共用技術の進展等を踏まえた新たな周波数割当の手法など、これからの社会における電波利用ニーズに的確に対応した周波数割当方策はどのようにあるべきかという観点で、「価額競争の実施方法」、「900MHz 帯を使用する新たな無線利用」、「運用調整の在り方」、「携帯電話等周波数の有効利用」、「中長期的な視点を踏まえた周波数割当」について検討を行った。

## ３－１　価額競争の実施方法

電波法及び放送法の一部を改正する法律（令和７年法律第 27 号）により、６GHz を超える高い周波数帯の活用を希望する多種多様なサービスを提供する者の中から、最も電波を有効に利用できる者を、価額競争により選定する制度が導入された。

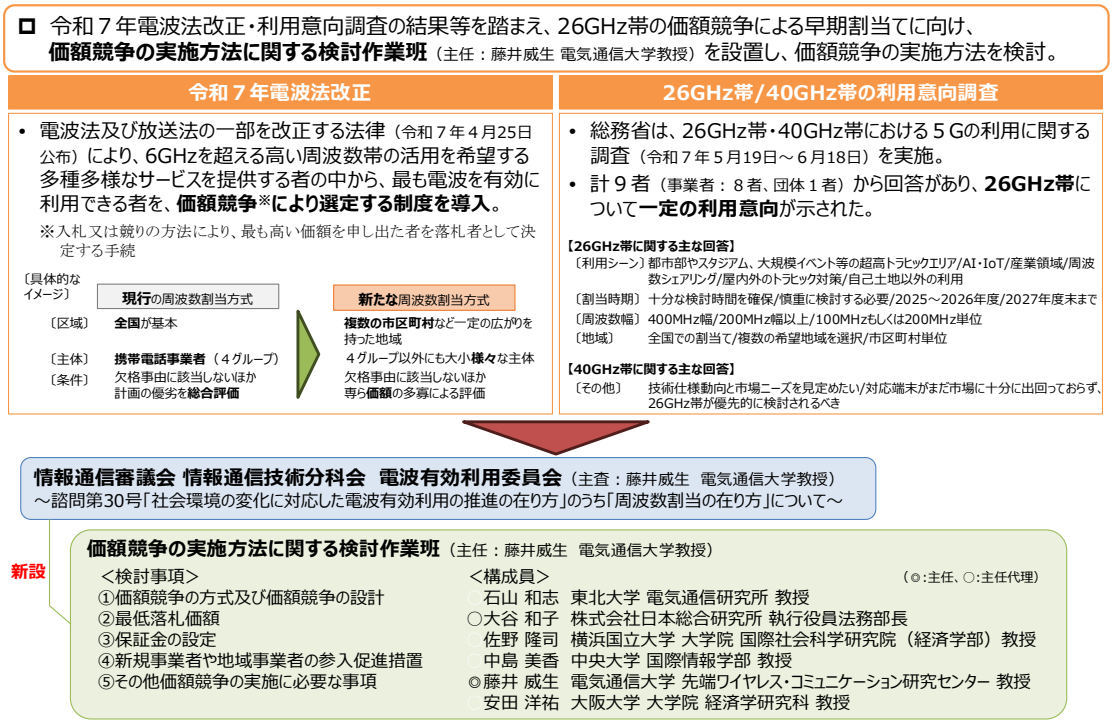
総務省は、26GHz 帯及び 40GHz 帯における５Ｇの利用に関する調査を実施したところ、計９者

（事業者８者、団体１者）から回答があり、26GHz 帯について一定の利用意向が示された。

価額競争の実施方法については、26GHz 帯及び 40GHz 帯における５Ｇの利用意向調査の結果を踏まえ、まずは 26GHz 帯を早期に割り当てることを目指すこととし、専門的な見地から、具体的かつ集中的な検討を行うため、令和７年６月に「価額競争の実施方法に関する検討作業班」（主任：藤井 威生 電気通信大学先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター教授）を設置し、検討を進め、令和７年 12 月 11 日に「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「周波数割当の在り方」（価額競争の実施方法）について一部答申を行った。

本答申に基づき、総務省は、令和８年３月に 26GHz 帯における５Ｇの普及のための価額競争実施指針を整備し、本価額競争の参加申請の受付を開始した。

図表 16　価額競争の実施方法に関する検討の背景・経緯



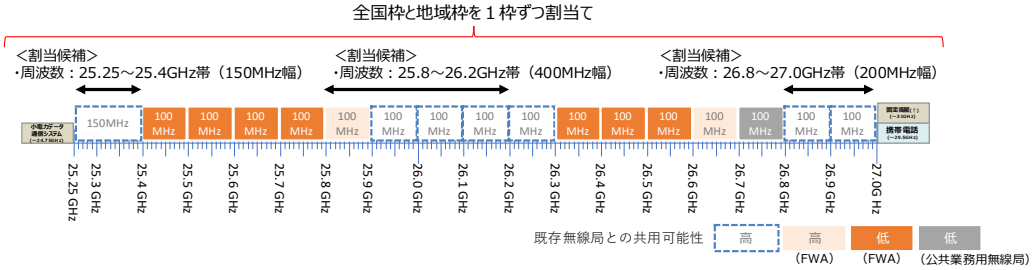
図表 17　価額競争の実施方法に関する検討に当たっての基本的な考え方

□ 下記の26GHz帯の周波数割当ての諸条件及び検討の基本的な考え方に基づき、価額競争の実施方法を検討。

**周波数割当ての諸条件**（→報告 第２章２－１）

- 利用意向調査において一定の利用意向が示された　**26GHz帯**のうち、既存無線局との **共用可能性が高い周波数帯**（25.25GHz～25.4GHz、25.8GHz～26.2GHz、26.8GHz～27.0GHz）を今回の価額競争の対象とする。
- 「全国各地の様々なニーズに応じた柔軟な基地局展開 」「地域のエリアを選択的に整備 」の両方のニーズに応じるため 、**全国枠**（全国を割当区域とする枠）と**地域枠**（地域を割当区域とする枠）を **１枠ずつ**設ける。
- 新規事業者・地域事業者の参入を促進するための措置として、**地域枠は、新規事業者・地域事業者の専用枠**とする。

〔具体的なイメージ〕




**検討の基本的な考え方**（→報告 第２章２－２）

- 今回の26GHz帯における価額競争の実施方法の検討に当たり、次の点を検討全体の基本的な考え方として位置付け。
  - ✓ 我が国で初めての価額競争であることも踏まえ、**参加者にとってできるだけシンプルで分かりやすい方式**とする。
  - ✓ **周波数の適正な経済的価値が可能な限り反映されるような方式**とする。
- 併せて、競争阻害的な行動を抑止するためのルール等、公正な割当てとなるように細部のルールを検討。

## ３－２　900MHz 帯を使用する新たな無線利用

2024 年７月に一般財団法人移動無線センター（MRC）が「MCA アドバンス」サービスの終了を公表した後、2024 年 12 月に総務省が公表した周波数再編アクションプラン（令和６年度版）では「高度 MCA サービスについて、令和９年３月末をもってサービスを終了するとの発表があったことを踏まえ、代替可能なシステムへの移行を促進するとともに、サービス終了後の周波数の活用方策について検討していく。」とされた。

総務省は、この検討に資することを目的として、①高度 MCA 無線通信システムに係る参入希望、②３GPP 技術仕様に準拠した移動通信システムの提案、③新たな無線利用に係る具体的なシステム提案の３つの区分で、890-900MHz 及び 928-945MHz について、利用ニーズの調査を実施し、７者から８件の提案があった。

①高度 MCA 無線システムに係る参入希望

・MetCom 株式会社

②３GPP 技術仕様に準拠した移動通信システムの提案

・株式会社 NTT ドコモ

・楽天モバイル株式会社 [2]

[2] 楽天モバイル株式会社については、検討の結果、携帯電話用周波数としての利用は非常に困難であるとして、ヒアリング実施前に提案を取り下げている。

③新たな無線利用に係る具体的なシステム提案

・有限会社プリシード

・Wi-SUN Alliance

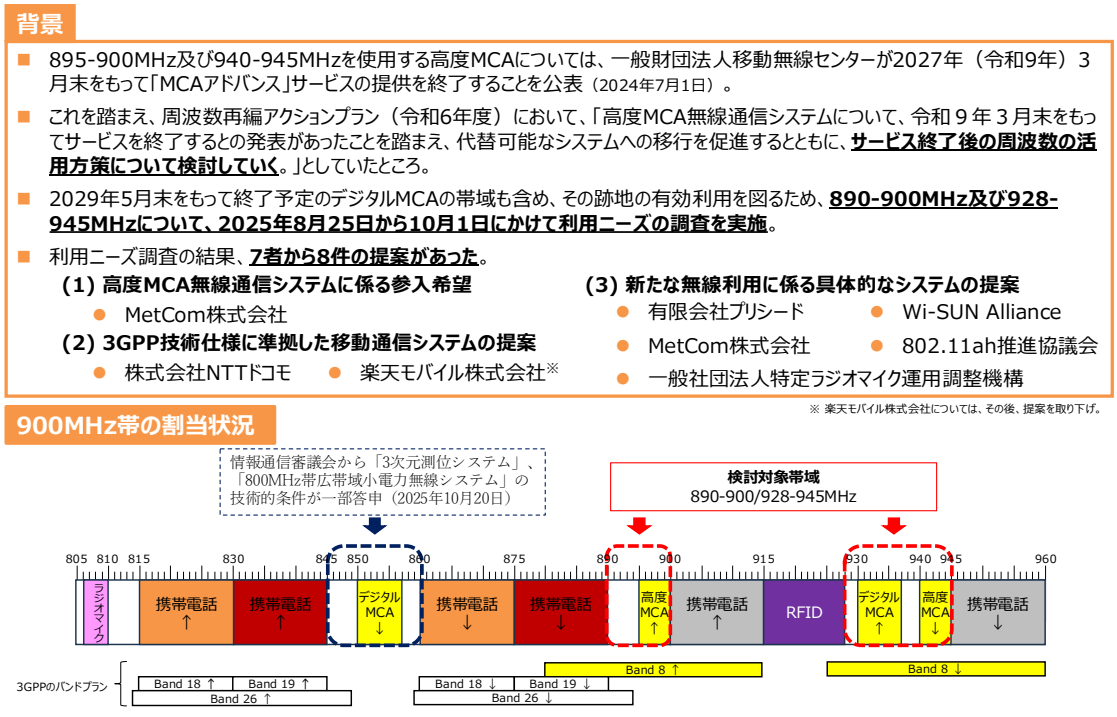
・MetCom 株式会社

・802.11ah 推進協議会

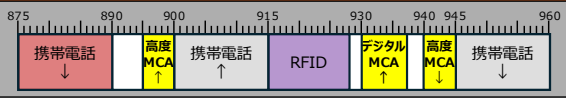
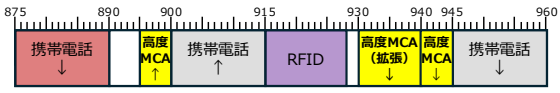
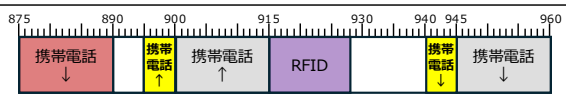
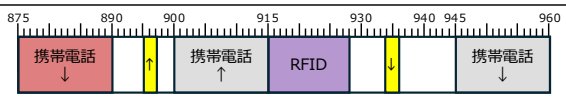
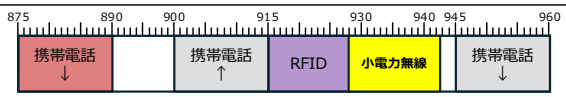
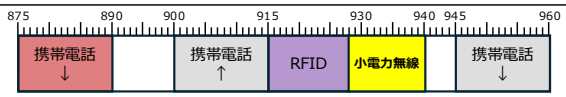
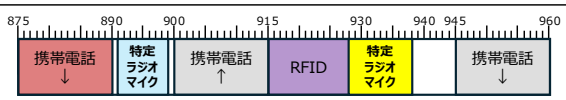
・一般社団法人特定ラジオマイク運用調整機構

900MHz 帯の活用方策の検討に当たって、本委員会において、提案者から「ニーズ」、「実現可能性」、「社会的な効果」、「技術的な要素」の統一的な観点でヒアリングを行った後、令和８年３月31 日に、（新）高度 MCA 及び特定ラジオマイクとしての活用を検討していくことが適当とする電波有効利用委員会報告を取りまとめた。令和８年５月に情報通信審議会において一部答申として取りまとめることを予定しており、今後、本報告に基づき取組を進めていくことが適当である。

図表 18　900MHz 帯を使用する新たな無線利用に関する調査の実施



図表 19　提案の概要と提案周波数帯

| 提案者 | 概要 | 提案周波数 |
|---|---|---|
| 現　　状 | ■ 高度MCA･･･2027年3月末で(一財)移動無線センターによるサービス終了<br>■ デジタルMCA･･･2029年5月末で(一財)移動無線センターによるサービス終了 |  |
| MetCom(株) | 高度MCAとしての参入を希望 |  |
| (株)NTTドコモ | 携帯電話用周波数としての利用を提案 |  |
| (有)プリシード | デジタル通信システムとしての利用を提案 |  |
| Wi-SUN Alliance | 小電力無線(IEEE 802.15.4)としての利用を提案 |  |
| 802.11ah推進協議会 | 小電力無線(IEEE 802.11ah)としての利用を提案 |  |
| (一社)特定ラジオマイク運用調整機構 | 特定ラジオマイクとしての利用を提案<br>※891-899MHzは、928-938MHzの使用が困難な場合の第二希望 |  |

## ３－３　運用調整の在り方

### （１）　背景

旧来、同一の周波数を使用する無線局の運用に当たっては、相互に干渉しないよう、一定の距離を保った位置や移動範囲を設定し、運用エリアが重複しないよう免許が行われてきた。近年では、電波利用システムの需要の高まりに応じて、免許人等による運用調整を行うことにより、運用エリアが重複しつつも、異システム間や同一システム内における干渉を回避しながら、より柔軟かつ稠密な電波利用を図る無線システムの利用が広がっている。

例えば、北米では、6GHz 帯（5925MHz-6425MHz）及び 6.5GHz 帯（6425MHz-7125MHz）の無線 LAN について、屋内外で使用できる高出力な SP（Standard Power：標準電力）モードが導入されており、既存無線局との周波数共用のため、AFC（Automated Frequency Coordination：自動周波数調整）システムによる運用調整が必要となる。その国内での導入に向け、AFC システムの運用体制や運用モデルのあり方等に関する基本的な考え方の整理や、AFC システムに必要となる技術的要件の検討を行いつつ、6GHz 帯及び 6.5GHz 帯の無線 LAN（SP モード）に関する技術的条件の検討を進めているところである。

また、主にドローンからの映像伝送に利用されている無人移動体画像伝送システムでは、ドローンの運行が、時間的、空間的に離散的であるという特性があることから、運用の柔軟性を確保しつつ電波を効率的かつ安全に利用するため、免許人を主体とした運用調整が行われている。

現状、このような運用調整は、民間による自主的な取組であり、電波法に基づく無線局免許制度との関係で、その在り方を整理することが必要である。

### （２） 主な意見

無線 LAN 及びドローンに係る運用調整の在り方については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

ア．無線 LAN

＜構成員からの主な意見＞

- 運用調整の主体となる AFC オペレータのサービスが途中で終了した場合、使用できていた無線 LAN 端末が使用できなくなってしまう等の問題が生じるため、AFC オペレータが長期間に渡り安定したサービスを続けることができるよう検討が必要。
- AFC の登録料や各種利用料の費用負担は、基本的には AP ベンダー側に置く設計のように見えるが、最終的に機器の価格に転嫁されると、広域 Wi-Fi を公共目的で使いたい主体にとって導入が鈍るおそれがあるため、機器への価格転嫁を抑えるための設計及び集金方法について検討が必要。
- AFC オペレータが料金決定力を持つドミナントな存在になるため、各種利用料の高騰を防ぐ規律等をどのように定めるか検討が必要。
- オープンソースで AFC の機能は実装できるが、オープンソースであっても日本での運用に関してはオープンにできない情報もあり、信頼に足るオペレータが運用する必要がある。

＜事業者からの主な意見＞

- AFC オペレータは非公開の無線局情報を扱いながら運用調整を行うことから、情報漏洩防止等のセキュリティ確保が必要であり、一定の監査要件等を課すこと、国による最適な監督体制を構築することが望ましい。
- 新たな AP 等の導入前の検証や干渉発生時のワークフローについて引き続き検討の上、ルール化することが望ましい。

イ．ドローン

＜構成員からの主な意見＞

- 運用調整団体の法的位置づけの方法として、現状のソフトロー的方法、免許条件への組み入れ、法定指定機関化という三つの段階が想定される。現状は、業界の民間同士の調整であるが、柔軟性が高い反面、紛争時の強制力が弱く、外国事業者等には拘束力が弱いという問題がある。制度化の方法として、免許条件に調整に従うことを組み入れることや、さらには法令に根拠を置いて指定要件や監督、紛争処理をすべて規定することも考えられる。公的な位置づけが明確になれば、運用調整に係る組織や費用という問題に関して、国費の投入ということも考えられる。また、事業者が多い組織が調整を担う場合の利害衝突について、審査の透明性、利益相反、第三者監査等、適切なガバナンスが

求められる。

- 国土交通省が担当している運行管理システムは、衝突の回避等のために有効な仕組みだと考えられるが、運用調整システムとの連動、技術の整合性を図るような取組も行う必要があると考えられる。

＜事業者からの主な意見＞

- 現状、民間での運用調整にとどまっているところ、運用調整を担う組織を国が認定するような仕組みが望ましいと考えている。
- ドローンの飛行に際しては、航空法上の規制がかかってくる。これまで、ドローンの操縦者・運用者が自ら安全管理を行って飛行させているところ、今後は、一定の空域での無人機運行管理システム（UTM）の導入も導入されようとしている。電波の運用調整についても連携していくことが重要である。

### （３） 考え方

無線 LAN やドローンをはじめとして、全国の不特定の場所で運用される無線システムが広がりを見せる中、無線局の運用の柔軟性を確保できる運用調整の仕組みは合理的なものと考えられる。

現状の運用調整は、民間主体であることから柔軟性が高い反面、紛争時の強制力が弱く、外国事業者等には拘束力が弱いという問題がある。これに対し、運用調整を行う団体を法定し、指定要件や監督、紛争処理を規定すること等により、運用調整に一定の強制力を持たせることも手法として考え得る。

このため、適格性やガバナンスなど運用調整団体の在り方について、陸上無線通信委員会において検討が進められている 6GHz 帯無線 LAN における AFC 運用についての議論も参考としつつ、制度整備に向けた検討を進めることが適当である。なお、運用調整の相手が同一システムなのか異種システムなのか、免許人数や無線局数の多寡など、対象となる無線システムの特性や隣接する周波数帯における無線システムの割当状況などにより、調整の必要性や解決の難易度は自ずと異なってくるところ、民間主体による運用調整が適切であるか、一定の強制力を有する団体による運用調整が適切であるか、適切な体制の在り方は異なると考えられることから、制度化に当たってはこの点に留意した制度設計が求められる。

## ３－４　携帯電話等周波数の有効利用の在り方

### （１） 背景

携帯電話等周波数については、これまで、特定基地局の開設計画制度に基づき、周波数割当ての際に開設計画（基地局数やカバレッジ等）の提出を求め、当該計画の履行義務を課すことでインフラ整備が進められてきた。他方で、今後、開設計画の認定期間が満了する周波数帯が増加することが見込まれており、認定期間満了後の周波数帯について対応の在り方を検討する必要がある。

このような中、移動通信トラヒックは今後も増加することが見込まれ、デジタル社会を支えるモバイルネットワークを一層充実させていく観点から、携帯電話等周波数について、開設計画の認定期間満了後も引き続き事業者によるインフラ整備を促進するとともに、必要に応じて周波数配分の適正化を図っていくことが重要である。

また、新たな携帯電話技術の普及速度や諸外国の事例も踏まえつつ、インフラ整備に係る投資の予見可能性を確保していくことも必要である。

### （２） 考え方

携帯電話等周波数の有効利用の在り方については、インフラ整備に係る投資の予見可能性を確保しつつ、携帯電話等周波数の更なる有効利用を促進する観点から、当該周波数の再免許制度及び再割当制度等の在り方について、一体的に検討を行うため、令和８年３月に本委員会の下に「携帯電話等周波数の有効利用に関する検討作業班」を設置した。

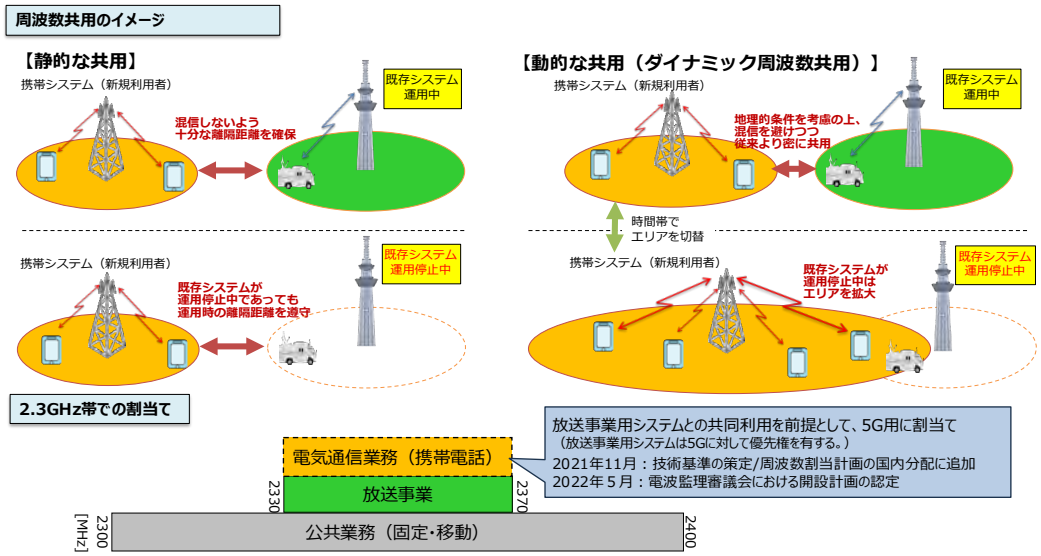
今後、本作業班において必要な検討を進めていくことが適当である。

## ３－５　中長期的な視点を踏まえた周波数割当の在り方

### （１） 背景

周波数の急速なひっ迫により、従来のように空き周波数への移行にのみ給付を可能とするだけでは円滑な周波数再編が進められず、一方で電波の共同利用技術の進展、ブロードバンド網の普及により、共同利用や有線設備への代替による周波数のひっ迫緩和が可能となってきたことから、電波利用料を用いて国が行う周波数変更のための給付金の支給等の業務（特定周波数変更対策業務）の内容を拡充したほか、一例として、2.3GHz 帯において、放送事業用及び公共業務用システムが使用していない場所及び時間帯で動的な周波数の共用を行うなど、総務省ではより円滑な周波数確保に向けた取組が進められている。

図表 20　システム間の共用による周波数確保




## （２）　主な意見

中長期的な視点を踏まえた周波数割当の在り方については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜構成員からの主な意見＞

- 世界で使える周波数帯が日本で使えないということを防ぐために、レガシー的な周波数を残さないことが重要。各国の状況にどうフレキシブルに対応するかといった観点で検討する必要がある。
- セマンティック通信が盛んに研究される中で、空いている周波数帯をよりうまく利用する方向性についても議論したい。
- 周波数を共用することについて、研究開発も含めたような形での議論が必要。中長期的に、周波数運用調整機能の自動化や、需要に応じた周波数割当が可能となるような新しい技術を開発しつつ、よりダイナミックに周波数を利用できるという点に対しての検討が必要。
- 電波の有効利用を実現する技術そのものが新産業になり得る。

＜事業者からの主な意見＞

- Beyond５Ｇ・６Ｇを見据え、追加周波数確保の必要性の議論を含め、導入までのタイムラインを意識した中長期的な視点での周波数割当ての検討を要望。
- ローバンド・ミッドバンドの更なる割当てを要望。また、貴重なローバンド・ミッドバンドを含む周波数資源の一層の有効活用に向け、電波干渉の構造的な軽減・解消に資する制度的・技術的措置の推進を要望。
- 平時のニーズに応じた需要拡大と災害時対応に向けて、キャパシティを向上すべく、多様なNTNシステムの導入と、NTN用周波数の確保を要望。

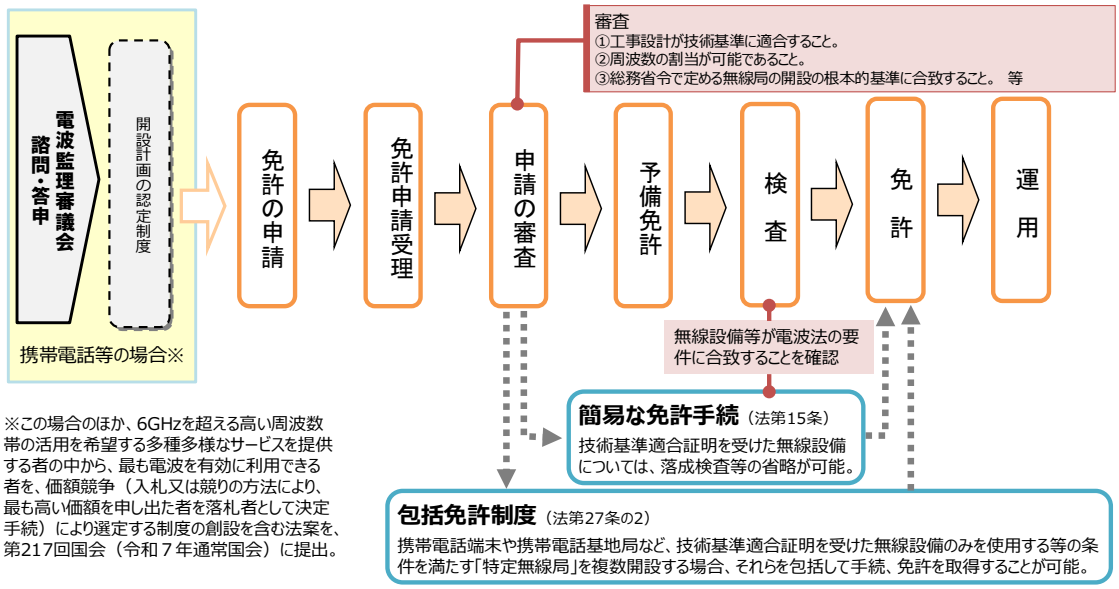
### （３） 考え方

各周波数帯の利用状況について世界的なトレンドを随時把握するとともに、ITU 等の国際機関における国際調整の場において我が国が主導して調整を行えるよう、官民協働で取り組むことが適当である。また、周波数共用を含む運用調整機能や周波数割当の自動化は、新たな技術の開発・導入状況等を鑑み、必要に応じて検討することが適当である。

# 第４章　無線局の免許制度等の在り方

混信・妨害等を防ぎ、電波の有効利用を図るため、無線局の開設・運用には、無線局免許が必要となっている。一部の無線局については、その免許手続に係る効率化・迅速化のため、簡易な免許手続や包括免許制度を導入している。

図表 21　無線局の免許手続




５Ｇや NTN といった無線技術の進展や利用ニーズの高度化・多様化を踏まえ、混信が生じないような仕組みを担保しつつ、簡素で柔軟かつ迅速な免許制度はどのようにあるべきかという観点で、「携帯電話・全国 BWA・地域 BWA・ローカル５Ｇの免許制度等」、「衛星通信の更なる円滑な利用に向けた制度」、「無線設備のソフトウェア化・オープン化等に適応した認証制度」、「免許申請手続等」、「その他将来を見据えた免許制度」について検討を行った。

## ４－１　技術進展や利用ニーズの高度化・多様化を踏まえた免許制度の

## 在り方（携帯電話）

### （１） 背景

「デジタルインフラ整備計画 2030」（令和７年６月総務省）において、携帯電話をはじめとするモバイルネットワークについて、2030 年頃のＡＩの普及等の社会全体のデジタル化の進展に対応したネットワークを実現するため、高周波数帯（Sub6・ミリ波）が一層活用され、５Ｇ ＳＡの普及が進むこと等により、超高速・低遅延・多数同時接続といった５Ｇの特長を活かした高品質な通信サービスが広く普及するとともに、道路等の非居住地域であっても通信環境の確保が求められる地域については、多様な手段によるインフラ整備が進んでいる姿を目指すこととされた。

高周波数帯（Sub6・ミリ波）について、平成 31 年には Sub6（3.7GHz 帯・4.0GHz 帯・4.5GHz 帯）及びミリ波（28GHz 帯）の割当てを実施し、令和６年には Sub6（4.9GHz 帯）の追加割当てを実施した。また、今後、ミリ波（26GHz 帯）を価額競争により割り当てることとしている。

高周波数帯は、トラヒック対策や５Ｇ ＳＡ等の高度なサービスの実現に用いられることから、トラヒック需要等に応じた柔軟・迅速な基地局整備が重要となる。そのため、令和７年には、「デジタルビジネス拡大に向けた電波政策懇談会　報告書」（令和６年８月）を踏まえ、より柔軟・迅速な基地局設置が可能となるよう、基地局の包括免許の対象を拡大する制度整備を実施するとともに、携帯電話端末の無線設備の規格が増加していることを踏まえ、同一の包括免許により多様な携帯電話端末を運用できるよう、陸上移動局の包括免許制度の制度見直しを実施した。

### （２） 主な意見

免許制度の在り方（携帯電話）については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜事業者からの主な意見＞

- エリア外等における通信環境確保の観点から、設置場所の頻繁な変更や無線従事者の随伴が困難な場所でも、柔軟に基地局の設置・運用が可能となるよう、可搬型基地局等の活用推進のための制度整備を要望。
- ミリ波帯等の高周波数帯を使用する基地局について、ニーズ顕在化の際に柔軟/迅速に設置・運用できる制度。ミリ波や Sub6 を含む包括免許の対象拡大を要望。
- ５Ｇ基地局では、空中線電力の総和が 500W 超の局数が増加していることを踏まえ、無線設備の実態に即して、無線従事者の操作範囲（最大空中線電力の拡大）の見直し等を要望。

### （３） 考え方

本委員会における議論を踏まえ、総務省において、携帯電話の免許制度について、次の事項に取り組むことが適当である。

①可搬型基地局の活用によるエリア外等における通信環境の確保

モバイルネットワークは、既に国民生活や経済活動に必要不可欠なインフラとなっている一方で、各携帯電話事業者の面積カバー率が 2023 年度末で６～７割程度にとどまる中、地域の安全・安心の確保や地域活性化の観点から、人口カバー率の対象外となっている非居住地域を含めた「どこでもつながる」通信環境の確保が課題となっている。

このため、「デジタルインフラ整備計画 2030」では、今後のモバイルネットワークの整備方針として、道路等の非居住地域であっても通信環境の確保が求められる地域については、多様な手段によるインフラ整備が進んでいる姿を目指すこととしている。

その手段の１つとして、持ち運びが可能で柔軟な設置・運用を行うことができる基地局（可搬型基地局）は、携帯電話サービスのエリア外となっている地域において、一時的なエリア化を簡易に実現できることから有用である。

可搬型基地局について、混信防止対策に留意しつつ、利用ニーズに応じて柔軟に設置・運用することができるよう、免許人以外の者による無線局の簡易な操作・運用に関する特例の適用や包括免許の届出手続の見直しを含め、必要な制度整備を行うことが適当である。

②高周波数帯（Sub6・ミリ波）の基地局の柔軟・迅速な整備等

高周波数帯は、低中周波数帯と比較して１局あたりのカバーエリアが小さくなる傾向があることから、低中周波数帯と比較してより多くの基地局を整備する必要がある。携帯電話の使用する周波数帯が高周波数帯に拡大するにつれ、基地局の開設に係る免許件数は増加傾向にあり、基地局の開設・変更に係る免許手続の効率化を図ることは、高周波数帯の一層の活用を図る観点からも重要である。

基地局の免許制度には、個々の基地局ごとに免許を行う「個別免許」と、複数の基地局を包括して免許を行った上で個々の基地局の開設ごとに事後届出を行う「包括免許」の２種類がある。携帯電話の基地局について、平成 23 年（2011 年）にフェムトセル基地局等を対象に包括免許制度が導入され、その後、平成 26 年（2014 年）には、周波数を専ら使用する場合に限り、フェムトセル基地局等以外の基地局についても包括免許を取得できるような制度改正が行われた。更に、令和７年（2025 年）には、「デジタルビジネス拡大に向けた電波政策懇談会　報告書」（令和６年８月）を踏まえ、他の無線システムと共用する周波数を使用する基地局について、混信等を生じさせるおそれがない一部地域や場所等に限って包括免許を適用する制度改正を実施した。

高周波数帯を使用する基地局について、免許手続の効率化や通信需要に応じた柔軟・迅速な設置・変更・運用の確保に向け、今後、価額競争により割り当てられる 26GHz 帯について包括免許の適用を検討するとともに、現在既に割り当てられている高周波数帯等について、混信防止対策に留意しつつ、包括免許の対象の更なる拡大を検討することが適当である。

このほか、IoT 向けの RedCap をはじめ、携帯電話端末の無線設備の規格が増加していることを踏まえ、同一の包括免許により多様な携帯電話端末を運用できるよう、陸上移動局の包括免許の在り方について必要な見直しを行うことが適当である。

③５Ｇ基地局の空中線電力の指定方法の明確化

基地局の無線設備の形態や運用方法は、セクタアンテナやアダプティブアンテナの導入など、モバイルネットワークの高度化に伴って変化しており、それに対応して、基地局の空中線電力の指定方法についても適時適切に見直していくことが求められる。

５Ｇ基地局について、無線設備の形態や運用の実態を踏まえた適切な置局や操作が可能となるよう、一の５Ｇ基地局が複数の無線設備を有する場合（いわゆるマルチセクタ構造の場合）等における空中線電力の指定方法について、必要な明確化を行うことが適当である。

## ４－２　技術進展や利用ニーズの高度化・多様化を踏まえた免許制度の在り方（全国 BWA）

### （１）　背景

BWA（Broadband Wireless Access。広帯域移動無線アクセスシステム。）は、高速データ通信専用の移動通信システムとして、平成 19 年８月に制度化された。2.5GHz 帯を使用しており、全国を１の者に割り当てる「全国 BWA」、地域ごとに割り当てる「地域 BWA」がある。

平成 19 年の最初の全国 BWA 周波数割当ての際、技術間競争及び新規参入の促進により、新たな無線サービスの展開と市場の活性化を図るため、全国携帯電話事業者等以外の者に割り当てることとし、全国携帯電話事業者の全国 BWA 事業者に対する出資を３分の１未満に制限する規制（資本規制）を導入した。

その後、これまで各国で W-CDMA、CDMA2000、モバイル WiMAX 等に分かれていた移動通信システムが LTE に技術的に共通化されるとともに、LTE の拡張・発展として LTE-Advanced が国際標準化され、その主要技術としてキャリアアグリゲーション技術が導入された。

これを踏まえ、平成 26 年には、「電波政策ビジョン懇談会　中間とりまとめ」（平成 26 年７月）において、複数の事業者をまたがるキャリアアグリゲーションを認めることとした。その際、周波数割当てにおける参入機会の多様性の確保や新規参入の促進といった政策の効果を減ずることを防止するため、①周波数を一体運用する複数の事業者が、一の周波数割当てに対し、同時に申請することを禁止、②周波数割当において申請者の周波数のひっ迫度を算定する際に、グループ（周波数を一体運用する複数の事業者等）全体の周波数保有量を考慮する措置を講じることとした。

今般、本委員会で実施したヒアリングにおいて、全国 BWA を対象とした上記の資本規制の見直しについて関係事業者から要望があった[3]ことから、現在の技術の進展やモバイル市場の環境変化等を踏まえ、全国 BWA 周波数の更なる有効活用を図る観点から、改めて、資本規制等の在り方について関係事業者からヒアリングを実施した。

図表 22　BWA の概要

[3] KDDI 株式会社（資料４－４）及びソフトバンク株式会社（資料３－３）

- **BWA**（Broadband Wireless Access。広帯域移動無線アクセスシステム）は、平成19年８月に制度化。
- BWAは、**2.5GHz帯を使用**しており、**全国を１の者に割り当てる「全国BWA」**、地域ごとに割り当てる「地域BWA」がある。

**2.5GHz帯の割当状況**

| 2,545 | 2,575 | 2,595 | 2,645［MHz］ |
|---|---|---|---|
| Wireless City Planning（30MHz幅・全国） | 地域BWA（20MHz幅・地域） | UQコミュニケーションズ（50MHz幅・全国） | |

**BWAシステムの特徴**

- BWA（Broadband Wireless Access。広帯域移動無線アクセスシステム）は、**高速データ通信専用の移動通信システムとして導入**されている。
- モバイルWi-fiルータや携帯電話端末等に用いられている。

図 広帯域移動無線アクセスの利用シーン

**BWAシステムの利用状況※1**

| | 基地局数※2 | | 陸上移動局数※3（端末数） |
|---|---|---|---|
| | 高度化BWA（LTE相当） | BWA-NR（５G相当） | |
| UQ Communications | 44,391（+0） | 5,139（+2,426） | 42,240,410 |
| Wireless City Planning | 66,582（+226） | 6（+2） | 52,350,059 |

※1 令和7年3月末時点。
※2 陸上移動中継局を含み、屋内小型基地局及びフェムトセル基地局を除く。括弧内は昨年度実績値との比較。
※3（参考）KDDI株式会社の陸上移動局数：72,108,630、ソフトバンク株式会社の陸上移動局数：59,217,891。

図表 23　全国 BWA に関するこれまでの主な経緯

**BWAの導入・割当て（平成19年）**

平成19年８月　３Gのデータ伝送速度を上回る高度な移動通信サービス（モバイルWiMAX）のニーズの高まりを受け、BWAシステムを制度化

平成19年12月　UQコミュニケーションズ株式会社及び株式会社ウィルコム※1の特定基地局の開設計画を認定（いずれも30MHz幅）

※1 更生計画による株式会社ウィルコムの吸収分割の実施に伴い、平成22年12月にWireless City Planning株式会社が株式会社ウィルコムの認定開設者としての地位を承継

**BWAの高度化（LTE相当）・追加割当て（平成25年）**

平成25年７月　BWAシステムの高度化（LTE相当）を制度化

平成25年７月　UQコミュニケーションズ株式会社の特定基地局の開設計画を認定（20MHz幅）

**携帯電話とBWAの一体的運用（平成26年）**

- **これまで各国でW-CDMA、CDMA2000、モバイルWiMAX等に分かれていた移動通信システムがLTEに技術的に共通化**
- LTEの拡張・発展としてLTE-Advancedが国際標準化。LTE-Advancedの主要技術として**キャリアアグリゲーション技術※2が導入**

※2 複数の搬送波（キャリア）を同時に用いて、1つのデータ通信回線として運用することにより、無線通信を高速化する手法であり、4G（LTE－Advanced）の標準的な技術仕様の1つ

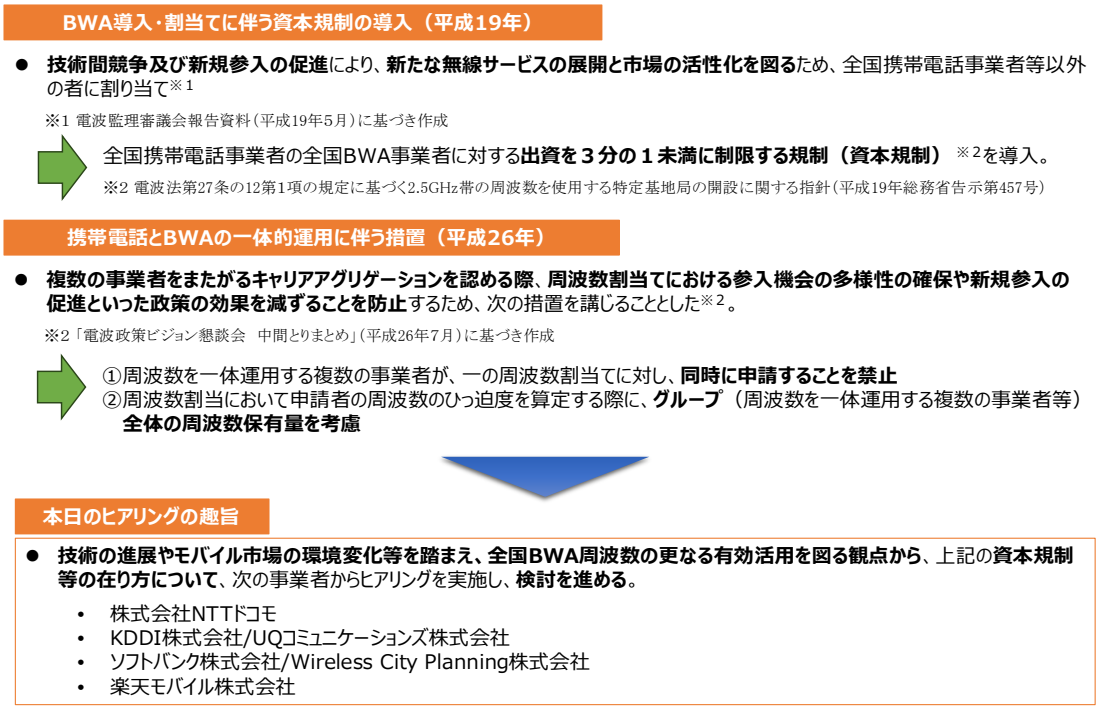
平成25年７月　BWAのキャリアアグリゲーション技術（ＣＡ）を制度化

平成26年９月　「電波政策ビジョン懇談会　中間とりまとめ」（平成26年７月）を踏まえ、**全国BWA事業者を含む複数の事業者によるキャリアアグリゲーションを導入**

**BWAの５G化（令和2年）**

令和２年８月　BWAシステムの５G化を制度化

図表 24　全国 BWA に関する資本規制等




## （２） 主な意見

免許制度の在り方（全国 BWA）については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜構成員からの主な意見＞

- 携帯電話ビジネスというものは、今まで別の技術が市場を作った後に、その市場を携帯電話が奪うという進化をしてきた。例えば、音声通話に関しては PHS が市場を作って携帯電話が取る、モバイルブロードバンドに関しては WiMAX 等が市場を作って今は携帯電話がモバイルブロードバンドの市場を取っている。その意味で、今回の BWA 制度は、ブロードバンド市場を作ったという意味で、とても価値があったと思っている。さらにモバイルブロードバンドは既に市場が出来上がっており、制度的には役割を終えたため終了するということは合理的である。一方、周波数資源の分配の公平性に関しては、別途配慮する必要があるだろう。
- 総論として、キャリアアグリゲーションはユーザーの利便性を高めるものでもあり、ミリ波の推進等を含めて取り組んでいくべきことであろう。一方、楽天モバイルから特定卸電気通信役務の提供の時も必ず使えるようにという意見もあったとおり、とりあえず周波数を多く確保して後でまとめて利用することは、公平利用の観点、電波利用のライフサイクルを考えると、それでよいのかは論点として残る。BWA に関しても、BWA 帯だけ使われているわけではないという利用実態を踏まえ、検討を詳細化していく必要がある。
- 資本規制は、周波数割当てにおける参入機会の多様性の確保、新規参入の促進といった政策目的があったが、実質的な効果があったかという点では、参入機会の確保について一定の狙いは達成したものの、新規参入の促進という観点で十分な効果を持たなかったと考え

ざるを得ず、少なくとも競争条件に与えた影響が大きくはなかっただろう。競争条件の悪影響への懸念がNTTドコモからも表明されているが、この政策がそれほど競争条件に影響を持たなかったという考え方が実態に合っているのであれば、政策を維持することに実質的意義がどのようにあるのか確認をしなければいけない。実質的な意義がないのであれば、資本規制の緩和は電波の有効利用、利用者の利便の観点からも必要ではないか。また、一部事業者から御意見いただいた、グループ会社に出資することによって特定基地局開設料も払わずに周波数帯を実質的に獲得してしまっていることは公平利用という観点から良くないということについて、潜脱行為とまでは言わないが、やはり何らかの対応が必要ではないかと思う。その点等、どこに影響があるのかを考えて判断していくことが必要ではないか。

- BWAと携帯電話の一体的な運用が進んだ結果として、モバイルブロードバンド市場が発展・成熟し、まず利用者がその恩恵を享受しているという事実はそれ自体として評価でき、そこは否定しない。もっとも、そのことと、周波数という競争資源の配分が事業者間で公平かどうかは切り分けて議論すべきであり、多様な専門家を交えて幅広かつ丁寧な議論を行うべきである。

＜事業者からの主な意見＞

- 今後、５Ｇ化の推進でさらなる周波数の有効利用を図りたい。また、出資関係の社会的な流れとして株式の持ち合い解消のリスクがあり、これにより減資等を行うと、５Ｇ推進の投資がさらに困難となる。これらの観点を踏まえ、資本戦略の柔軟性を高めるべく、資本規制の見直しを求める。
- 今後のAI活用や６Ｇの普及を見据えNR化を含め、グループ一体的にBWA帯域の有効利用を推進する。サービス高度化（NR化含む）の推進および周波数の最大活用のため資本規制の解消を要望。
- 全国BWAの資本規制の見直しは、周波数割当制度全体の一貫性と将来の競争環境を左右し得る制度設計上の論点を含むものであり、BWAの制度趣旨との整合、競争政策上の観点、見直し必要性の根拠を考慮しながら慎重な検討が必要。
- 今回の資本規制の緩和に関わらず、現状においても、全国BWA帯域が親会社である携帯電話事業者のメインバンドとして実質的に流用され、特定携帯電話事業者のみが競争上の優位を獲得できている点は問題。とりわけ、親会社のみが当該帯域を用いたキャリアアグリゲーション（CA）の利用を許容される一方で、他事業者が同様の利用をできない場合、市場競争を著しく歪めることになり看過できない。こうした問題を解消し、より公平・能率的な電波の活用を図るために、再割当ての検討や、他事業者も親会社同様に利用可能となるような公平な条件での接続・共用・卸提供・ローミング等に係る制度を整備すべき。

### （３） 考え方

全国BWAについては、技術間競争及び新規参入の促進により、新たな無線サービスの展開と市場の活性化を図るため、全国携帯電話事業者の全国BWA事業者に対する出資を３分の１未満

に制限する規制（資本規制）を導入し、以降、現在まで同規制を継続している。

その間、携帯電話システム及びBWAシステムについては、技術的な共通化が進み、キャリアアグリゲーションによる一体的な運用が行われるようになったほか、平成30年には、新規の全国携帯電話事業者に周波数が割り当てられ、現在は４社体制で携帯電話ネットワークの整備が進められている等、全国BWAの周波数割当て当時から技術動向や市場動向は大きく変化している。更に、令和４年の電波法改正により、全国BWAを含む携帯電話等周波数を対象とした再割当制度が整備されている。

以上の全国BWAを巡る環境変化に加え、モバイルネットワークにおけるトラヒックの増加及び利用ニーズの高度化に対応するため、全国BWAにおけるNR化等に向けた設備投資を促進し、当該周波数の更なる有効利用を図っていく必要があることを踏まえれば、資本規制の見直しを進めていくことが適当である。他方で、平成26年に導入された周波数を一体運用する複数の事業者に対する措置については、維持することが適当である。

なお、資本規制の見直しに当たっては、全国BWA周波数の更なる有効利用及び周波数の利用の公平性等を確実に担保していく観点から、以下の事項について着実に対応を進めることが適当である。

①全国BWA周波数の有効利用に係る状況のフォローアップ

資本規制の見直しに伴う周波数の有効利用を確保するため、総務省が実施する電波の利用状況調査において、全国 BWA 周波数について「電波を有効利用するための計画」の提出を求め、その妥当性を確認するとともに、当該計画の進捗状況についてフォローアップを実施する（※）。

（※）電波の利用状況の調査及び電波の有効利用の程度の評価に関する省令（平成14年総務省令第110号）第５条第１項第１号リ

②卸電気通信役務の提供等に係る状況等のフォローアップ

周波数の利用の公平性及び公正競争を確保する観点から、総務省が実施する電波の利用状況調査において、既存事業者以外の者又は他の既存事業者等に対する卸電気通信役務の提供、電気通信設備の接続その他の方法による基地局の利用を促進するための取組状況について、フォローアップを実施する（※）。

また、資本規制見直し後の電気通信市場における競争環境の状況については、情報通信行政・郵政行政審議会電気通信事業部会市場検証委員会において、必要に応じて適切にフォローアップを実施する。

（※）電波の利用状況の調査及び電波の有効利用の程度の評価に関する省令（平成14年総務省令第110号）第５条第１項第１号ヲ

③「携帯電話等周波数の有効利用に関する検討作業班」における全国BWA周波数の更なる有効利用に向けた検討

本委員会の下に設置された「携帯電話等周波数の有効利用に関する検討作業班」において、

モバイルネットワークの整備を促進し、全国 BWA を含む携帯電話等周波数の更なる有効利用を図るため、再免許制度及び再割当制度等の在り方について、本委員会で行われた議論も踏まえつつ、一体的に検討を進める。

この他、BWA システムの技術基準その他関連制度の在り方については、携帯電話とは異なるデータ通信専用の移動通信システムとして位置付けられていること等も十分に考慮しつつ、不断に検討を行うことが適当である。

## ４－３　技術進展や利用ニーズの高度化・多様化を踏まえた免許制度等の在り方（地域 BWA・ローカル５Ｇ）

### （１）　背景

地域 BWA については、提供開始から 18 年が経過し、地域を支える通信インフラとして重要な役割を担っているが、直近約５年間で地域 BWA の導入エリアはほぼ横ばい（2025 年 11 月現在で 318 自治体）となっており、更なる普及拡大が課題となっている。

ローカル５Ｇについては、2019 年 12 月に制度化され、2020 年 12 月に周波数が拡大された。2026 年１月 31 日現在で、Sub6 で 150 者、ミリ波で 13 者が無線局免許を取得しており、直近では Sub6 の免許数が大きく伸びているが、ミリ波を含めて更なる利活用の促進が必要となっている。そのような中、ミリ波帯の利用を促進するため、簡単な手続で、かつ短期間で試験電波の発射が可能となる、特定実験試験局制度を導入している。

### （２）　主な意見

免許制度等の在り方（地域 BWA・ローカル５Ｇ）については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜構成員からの主な意見＞

- 地域 BWA が利用されていない地域における電波の更なる有効活用の在り方を検討していくことが必要。

＜事業者からの主な意見＞

- 地域 BWA 等に係る免許手続の簡素化・迅速化（全国 BWA 事業者との同期運用に係る調整の省略、自営等 BWA 等の端末移動に係る制度の柔軟化等）を要望。
- ローカル５Ｇに係る免許手続の簡素化・迅速化（干渉調整手法の高度化等）、ローカル５Ｇの広域利用や高度な利用を促進するための制度の柔軟化（鉄道・道路等の公共インフラでの利用における漏れ電波の活用、新たな準同期方式の追加等）、その他ローカル５Ｇの更なる利活用促進に向けた検討を要望。
- 地域社会 DX にローカル５Ｇや地域 BWA は重要な役割を果たすことから、ビジネスモデル

が確立するまで当面、補助事業等による更なる支援拡充を要望。

- 地方における地域 BWA の収益モデルは、FTTH が届かないラストワンマイルの補完や、農業分野などの地域ニーズに基づく利用が多い。イニシャルコストは補助金を活用し、ランニングコストは地域住民や事業者の多様な利用を通じて広く薄く支えている。
- 地域 BWA の高度利用に向けた NR 化の推進のための支援拡充について要望。

### （３） 考え方

地域 BWA やローカル５Ｇ等の更なる普及展開を図る観点から、より柔軟な運用や免許手続の迅速化等の検討を進めるとともに、ニーズを踏まえて制度の見直しを柔軟に行うことが適当である。特に、地域 BWA が利用されていない地域において、既存免許人に十分配慮しつつ、地域 BWA の電波の更なる有効利用に向けた検討を行うことが適当である。また、ローカル５Ｇに関して、今後の需要動向等を踏まえ、干渉調整手法の高度化や運用調整機関を活用した免許手続の迅速化に係る仕組みの導入に向けた検討を進めることが適当である。

加えて、地域 BWA について、可能な限り早期の NR 化を目指すとともに、ローカル５Ｇとの連携を図ることによるサービスの高度化を推進することが適当である。

## ４－４　衛星通信の更なる円滑な利用に向けた制度の在り方

### （１） 背景

多数の非静止衛星を一体的に運用する衛星コンステレーションの構築・運用が欧米事業者を中心に発展し、高速大容量の衛星通信サービスがグローバルに提供されており、日本の事業者はこれらの事業者と業務提携し、国内でサービスを展開している。

また、専用のアンテナ・端末を必要とする従来の利用形態に加えて、スマートフォン等から衛星通信の利用を可能とするサービスも開始された。

### （２） 主な意見

衛星通信の更なる円滑な利用に向けた制度の在り方については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜構成員からの主な意見＞

- 日本では Starlink in Motion（自動車等に搭載して移動中に利用するスターリンク）の使用は禁止されており、研究分野の足かせになっているのではないか。過疎地では通信エリアが不十分なところがあり、衛星通信がより使えるような制度づくりが進むとよい。
- 衛星関係については、上空での柔軟な電波利用に関するニーズがあることから、検討を進めていくことが必要である。
- 日本発の衛星コンステレーション等の発展に対応し、今後のサービスの進展を踏まえた幅広い視点から、無線局免許や電波利用料など、関連する制度の在り方を幅広く検討し、制度整備に向けた検討を深めていくことが必要である。

＜事業者からの主な意見＞

- 衛星ダイレクト通信の端末について、地上での使用が「陸上移動局」、衛星ダイレクトでの使用が「携帯移動地球局」となり、それぞれの免許に対して１局ずつとカウントされ、二重免許となり電波利用料が二重の負担となる。新たな通信システムサービスの提供・発展のため、免許制度等について検討を要望。
- 国内企業による低軌道衛星の打ち上げは、低軌道衛星を用いたビジネスの選択肢や可能性が広がることにつながる。
- 国として重点的に取り組むべき「安心・安全な通信環境」の実現に向けたNTNサービスの提供を検討。
- NTNによる携帯電話の上空利用を可能とすることで新たなユースケースへの対応が可能。

### （３） 考え方

衛星コンステレーションをはじめとする衛星通信技術の進展に適切に対応し、今後も円滑なサービス導入が可能となるよう、衛星ダイレクト通信を含め、衛星通信に関連する免許や電波利用料等の制度の在り方について検討を行うとともに、引き続き制度整備を進めることが適当である。

なお、Starlinkをはじめとする衛星通信システムの陸上移動利用や上空での柔軟な電波利用等については、航空機の遠隔操縦の実現やドローンの飛行範囲の拡大といった空の利用拡大の進展段階に応じた電波利用政策の方向性を整理するため、令和７年 10 月に本委員会の下に電波上空利用作業班を設置し、検討を進めてきたところ。本事項に係る報告は別冊１のとおりであり、今後、同報告に基づき、取組を進めていくことが適当である。

図表 25　電波上空利用作業班　検討の背景

## ４－５　無線設備のソフトウェア化・オープン化等に対応した認証制度の在り方

無線設備の利用拡大や多様化を背景に、量産を前提とした認証である工事設計認証の件数は、毎年逓増傾向にあり、令和６年度は約 21,000 件となっている。設計・製造工程のグローバル化により、工事設計認証について、欧米の認証機関で取得している割合は、増加傾向であり、令和６年度は約 45%を占める。無線設備の利用拡大や多様化、設計・製造工程のグローバル化が進む中、認証対象の一つである携帯電話基地局において Open-RAN/v-RAN 等に見られるユニット化、オープン化、仮想化が起こりつつあり、技術基準への適合性担保の仕組みを、このような新潮流に対応させることが求められている。

このように無線技術の高度化や、無線設備の製造工程の分業化といった無線設備を取り巻く環境が変化していることから、無線設備の認証に関する重要課題について今後の政策の在り方を検討するため、令和７年７月に無線設備の認証の在り方検討作業班を設置し、検討を進め、令和８年３月 31 日に電波有効利用委員会報告を取りまとめた。令和８年５月に情報通信審議会において一部答申として取りまとめることを予定しており、今後、本報告に基づき取組を進めていくことが適当である。

図表 26　無線設備の認証の在り方に関する検討の背景・経緯

□ 無線技術の進展、無線設備や利用形態の多様化、流通工程の電子商取引利用の増加などにより、無線設備を取り巻く環境が変化してきている。それに伴い下記のような課題が発生していることから、これらの課題に対する対応を検討するための作業班を令和７年７月に設置。

**①無線技術の進展を踏まえた新たな無線設備の認証審査等**

○携帯電話基地局や無線LANアクセスポイント等において、**無線機能のソフトウェア制御が実用化**

※電磁的方法による表示がされない無線設備は、**流通済み機器にソフトウェアアップデートをした場合、技適マークの貼替えのために製品回収が必要**であり、認証取得者にとって負担

※携帯電話基地局は、RU、DU、CUを含めた無線設備全体について審査を実施しているため、**RU、DUのハードウェアやソフトウェアの変更があった場合、組み合わせごとに再認証が必要**となり、認証取得者にとって負担

⇒認証審査の在り方や技適マークの表示（認証番号）の在り方の方向性について検討が必要

**現行の認証制度に関する課題**

○製造工程の変化により、**認証を受けたモジュールを組み込んだ製品**が多数流通する中、**製品において技適マークが確認できないケースが発生**し、技術基準不適合機器の流通段階の規制の複雑化の要因にもなっている。

⇒技適マークを確認できる環境の在り方の方向性について検討が必要

○**基準不適合設備の利用防止の徹底が図れないケースが発生**している。

⇒基準不適合設備の流通段階の規制の在り方の方向性について検討が必要

**情報通信審議会 情報通信技術分科会　電波有効利用委員会**（主査：藤井威生　電気通信大学教授）
～諮問第30号「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「無線局の免許制度等の在り方」について～

新設

**無線設備の認証の在り方検討作業班（令和７年７月設置）**（◎:主任、○:主任代理）

＜構成員＞

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ◎ | 梅比良正弘 | 南山大学　特任研究員、茨城大学　名誉教授 | | 柴　悦子 | 公益社団法人 全国消費生活相談員協会 IT研究会 |
| ○ | 猿渡　俊介 | 大阪大学大学院情報科学研究科　教授 | | 鈴木　宗俊 | 一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会 |
| | 上原　仁 | 一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター 専務理事 | | | 共通技術部長　兼　インフラ整備事業推進室長 |
| | 坂本　信樹 | 携帯電話事業者代表（株式会社NTTドコモ　電波企画室長） | | 永井　徳人 | 光和総合法律事務所　弁護士 専務理事 |
| | | | | 中沢　淳一 | 一般社団法人 電波産業会 参与 |

図表 27　無線設備の認証の在り方検討作業班における検討の概要

**無線設備の認証の在り方検討作業班での６回にわたる検討を経て、報告書案がとりまとめられたところ。**

**「無線技術の進展を踏まえた新たな無線設備の認証審査等」に関する検討の概要**

**①ソフトウェアアップデートに関する認証について**

・工事設計認証番号に、**ソフトウェアバージョン情報（ソフトウェア名の情報を含む。以下同じ）を加えて認証情報を管理することにより、ソフトウェアアップデート前の認証番号と同一認証番号とする**ことを可能とする。

・**ユーザーが無線設備の管理画面によりソフトウェアバージョン情報を確認できる**ことを本制度適用の要件とする。

・意図しない電波法違反につながらないよう、**ソフトウェアアップデートに際し、無線局の開設・運用の要件に変更を生じさせないことを原則とする**とともに、本制度が適用可能な**無線設備の種別等の要件はあらかじめ規定**する。

②Open RAN、vRANに関する認証等の簡素化について

・汎用サーバの型番等に関する認証審査を不要にするなど、**ハードウェア管理を簡素化する。**
・ソフトウェアバージョン情報を管理し、**周波数等の変更を含む工事設計の変更について、再認証時の同一認証番号を認める。**
・**携帯電話基地局においては、RU以外の工事設計の変更について、再認証時の同一認証番号を認める。**
・RAN設備において、**発射する電波の電気的特性に影響がないと想定される部品**を総務大臣が定め、認証機関が確認できた部品**に関して、同等品への交換であれば、再認証が不要となることを制度上明確化**する。

**「現行の認証制度に関する課題」に関する検討の概要**

**①技適マークの表示方法の改善に向けた取組**

⇒技適マークの表示方法については、**利用者と製品メーカーの意見が両立する新たな規律が求められている**ところ、電子商取引（EC）販売の増加や取扱説明書や製品仕様などの情報がインターネット上で掲載されることが一般化されつつある現状を適切に踏まえた上で、**無線設備の利用者、製品メーカー、販売者、ECモール運営事業者といった関係者の意見を十分に聴取した上で検討することが望ましい。**

**②技術基準適合性が確認できない製品の流通抑止に向けた取組**

⇒ 無線設備の技術基準適合性に関する情報等についての**購入者への確実な情報伝達**、技適マーク等の技術基準適合性の情報確認に向けた**購入者に対する周知啓発の強化**、**市場監視の改善・強化**等を推進することが望ましい。

## ４－６　免許申請手続等の在り方

### （１）　背景

無線局の免許手続に係る効率化・迅速化のため、簡易な免許手続等を導入している。令和７年には、免許手続をデジタル処理で完結するため、無線局の免許状等のデジタル化や電子申請等の義務化を内容とした「電波法及び放送法の一部を改正する法律」（令和７年法律第 27 号）が成立し、令和７年４月 25 日に公布された。

完全デジタル化（電子申請・免許記録等のインターネット閲覧等）を進めることにより、免許等の交付までの迅速化、利便性の向上等が実現し、申請者・免許人等及び総務省の双方の業務の更なる迅速化や効率化、コストの削減等の推進が期待されている。

### （２）　主な意見

免許申請手続等の在り方については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜構成員からの主な意見＞

- 究極的には免許申請手続の自動化・電子化・即時化が理想であり、免許制度の運用的な遅れによってサービス展開や研究開発が遅れてはならない。

＜事業者からの主な意見＞

- 無線局の免許等関連手続の簡素化に向け、主任無線従事者選任届における対象の主任無線従事者の住所の省略等を要望。

### （３）　考え方

無線局の免許等関連手続の電子申請義務化については、申請者等への早期の丁寧な周知広報や適切なサポートを実施しながら、以下のスケジュールのとおり段階的に進めていくことが適当である。また、今後の免許申請手続の状況等も踏まえ、免許申請手続の簡素化・効率化に向け、必要な対応について検討を行うことが適当である。

また、無線通信技術の進展や無線通信機器の市場動向、電波産業の構造変化等を踏まえた、無線局免許制度（無線局検査制度を含む。）の簡素・合理化について、必要な検討を行うことが適当である。

- 電子申請義務化のスケジュール
  - 国、独立行政法人、携帯電話事業者等　令和８年４月１日から
  - 基幹放送事業者（※1）　令和 10 年５月１日から
  - 無線局を開設している法人（※2）　令和 13 年４月１日から

※1 コミュニティ放送事業者等を除く。

※2 無線局を５局以上開設している法人（地方公共団体等を含む。）が対象。

## ４－７　その他将来を見据えた免許制度の在り方

### （１）　背景

1950 年代は、公共分野における VHF 帯等の低い周波数帯の利用が中心であったが、1985 年の電気通信業務の民間開放をきっかけとして、移動通信分野を中心に電波利用ニーズが急速に拡大しており、現在、携帯電話等の端末数は、３億 4,335 万（2025 年３月末）と日本の人口１億 2,342 万人（2025 年３月）を上回っている。同月末には免許に基づき開設されている無線局の数が約３億 6,230 万局に達し、引き続きこれらの無線局の増加が見込まれるほか、多くの免許不要局（無線 LAN、特定小電力無線局、発射する電波が著しく微弱な無線局等）が開設され、様々な電波利用が拡大しているところである。

低い周波数帯には多数の無線局が存在しており、近年ますますひっ迫する傾向にある。そのため、今後は、比較的空いていて広い帯域幅が確保できる高い周波数帯の活用を推進することが必須の状況となっている。

また、トラヒックの増加傾向は現在も継続しており、我が国における今後のトラヒック需要は、自動運転・メタバース・生成 AI などのユースケースによるデータ通信量の増大により、2020 年比で 2030 年には約 14 倍、2040 年には約 348 倍まで爆発的に増加すると予想され、無線局数やトラヒックが年々増加していることにより以前に比べ周波数が極めてひっ迫した状態となっており、電波の有効利用を促進することが必要となっている。

### （２）　主な意見

その他将来を見据えた免許制度の在り方については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜構成員からの主な意見＞

- 電波が有効利用されているか監視するために、日本全土の周波数の利用状況をリアルタイムで分析するような仕組みを設けることや、電波の利用が多い企業には監視・モニタリングを義務化するということもあり得るのではないか。
- AI 技術などの発展等によって、周波数から無線システムまでの垂直的ダイナミック利用について世界的に研究開発されていくと思われ、利用可能なものを取り入れていくことが必要。

### （３）　考え方

周波数がますますひっ迫する傾向にある中で、継続的な電波の有効利用を促す観点から、将来を見据えた免許制度の在り方について、社会環境の変化に応じて必要な時期に検討を進めることが適当である。

# 第５章　無線を利用したビジネス促進の在り方

ワイヤレスインフラの効果的・効率的な整備や、高い周波数帯を含めた産業利用の促進など、無線を利用したビジネスの社会展開を円滑に進めるための方策はどのようにあるべきかという観点で、「我が国として重点的に取り組むべきワイヤレス技術分野の推進方策」、「インフラシェアリング」について検討を行った。

## ５－１　我が国として重点的に取り組むべきワイヤレス技術分野の推進方策

### （１）　背景

情報通信ネットワークは国民生活にとって重要なインフラであり、あらゆる産業の基盤と言われる中、特に、電波を用いるワイヤレス技術は、次世代情報通信基盤においても「いつでも、どこでも繋がる」情報通信ネットワークの実現に不可欠である。また、電波は、センシング、制御、エネルギー伝送等、通信以外の用途にも用いられるなど、その利用範囲が拡大している。

これらのワイヤレス技術を支える我が国の機器メーカは厳しい状況にある。2000年代以降、通信機器の国内生産は減少傾向となっている。1990 年代半ばまで内需主導だったが、2000 年代後半からはスマートフォンの登場を背景に輸入が急増している。また、グローバル市場における我が国企業のシェアは、2023 年時点で携帯電話基地局全体では一桁、スマートフォン端末ではほぼゼロとなっている。通信分野は、かつては成長分野とされてきたが、グローバル競争の激化により、例えば、携帯電話基地局の市場では海外ベンダーが市場を席巻し、国内ベンダーが置かれているビジネス環境は危機的な状況にある。また、国内携帯電話事業者のモバイル関連設備投資額は、2021 年をピークとして減少傾向となっている状況であり、インフラ整備に対する投資が伸び悩んでいる。

さらに、ワイヤレスネットワークの整備・運用や、それを利用するためのサービス開発、ユーザ産業におけるワイヤレス人材の不足が見込まれ、将来に亘って我が国のワイヤレス分野の技術力を持続的なものとしていくための人材育成の在り方についても課題となっている。

ワイヤレス技術は国民生活に広く浸透してきている一方、国民生活の多くがワイヤレス技術に支えられているといった認識は薄れてきており、ワイヤレス技術の重要性や前述のようなワイヤレス分野を取り巻く危機感が広く国民に理解されていないといった現状がある。

### （２）　主な意見

我が国として重点的に取り組むべきワイヤレス技術分野の推進方策については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜構成員からの主な意見＞

- 日本のハード・インフラの多くが世界最高水準である一方、ソフト面である日本の「人と

組織が深刻な問題を抱えている」ことが伺えるため、通信を始めとしたハード面の優位性をソフト面の課題解決にどう活用していくか、ソフト面での成果につながるようなハードの整備がどのようなものか、という視点が今まで以上に重要になる。

- ６Ｇ時代にどのような能力が必要かを逆算して人材育成をデザインしていくことが必要。人口動態や社会動態を正確に把握・分析し、技術・ トレンド・開発手法を時代に合わせて、更に国際協調や安全保障も踏まえて電波利用の在り方を考慮していただきたい。
- 新しい技術を研究開発することができる人材が非常に不足してきている。研究強化のため、手遅れになる前に産学官連携していくべき。基礎・基盤研究に対して予算を入れることが必要ではないか。ビジネス目線に予算を投じすぎると長期的視点での基礎研究が伸びなくなるおそれがある。
- 人手不足の時代に人材の需要を満たすことはかなり難しく、できることとできないことを峻別していく必要がある。規制改革・行政改革（アナログ規制の撤廃）、AI の活用、求められる人材像の定義（細分化・優先順位付け）といった視点を踏まえ、解像度の高い議論を行う必要がある。
- ベンダーやオペレータにはどのような人材が不足しているかという視点とともに、大学等の高等教育機関で、ベンダーやオペレータへの就職がどのように見られているのかも重要な視点であり、検討すべき。
- 通信機器を日本国内で作る力が弱くなっているのではないかと懸念される。国益確保、安全保障上、国内の通信機器ベンダーの正確な立ち位置を把握した上で議論する必要があるのではないか。事業者ヒアリングについて、ミリ波・NTN のサプライチェーンを調査する必要がある。日本の強みを分析しなければ、外資企業だけが利益を上げるといった結果になりかねない。
- 研究開発の社会実装化について、産業分野では需要が立たないと社会実装に向けた推進力が出てこないので、国内だけでなく国際的な需要も踏まえて、需要予測をして情報共有していくべき。社会実装の課題についてよくヒアリングしていただきたい。
- 各メーカー・ベンダーの投資に注目する際には、日本の市場構造が過当競争体質で、個別の企業が投資しにくい側面を意識する必要がある。 各企業がビジネス競争にどう直面しているかを踏まえなければ、健全な形での先端技術への投資促進に繋がらないという懸念がある。
- 技術開発など、基礎をつくる能力は一度失われると復活させるのは非常に困難であるため、今の段階でしっかりと成長できる形を作る必要がある。
- インフラシェアリングなど設備の共有技術を開発して海外に展開することができれば良い。
- 研究開発から社会実装に至るまでの支援策、安全保障への考慮、ＧＸを検討の視点とすべき。
- 主にミリ波などの電波を実際に普及させるための方策について議論したい。
- 通信事業者を核としたエコシステムが全体として成長していくことが必要なため、価値の

あるサービス提供に対して適切な対価が支払われ、それが新たな価値のあるサービス開発につながるというような、「還元」と「成長」を両輪で回してくことが重要である。

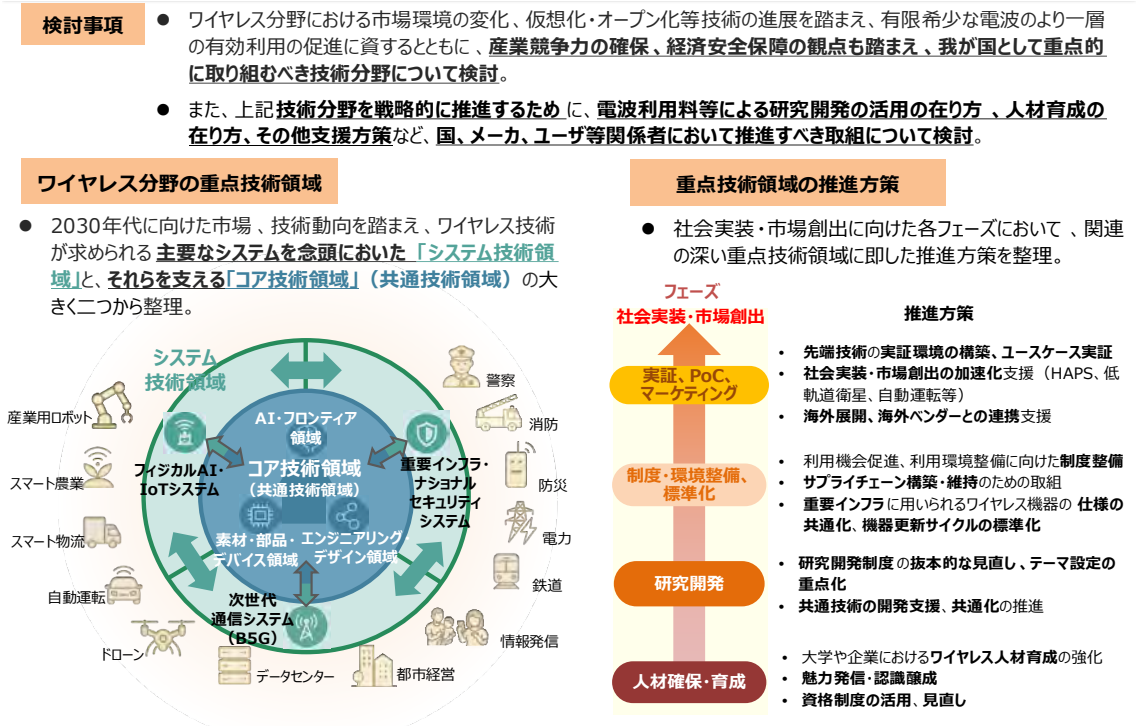
＜事業者からの主な意見＞

- 日本として無線の標準化をリードするため、10 年単位で活躍できるエキスパートを育成する公的な体制の強化が望まれる。
- ミリ波中継技術は国内メーカが装置を作っており、利用拡大に向けた技術開発支援や海外展開支援等の国の支援を通じてさらに発展させることを要望。
- ネットワークの監視やチューニングの自動化に AI 活用による最適化を推進している。ミリ波の無線装置の開発は海外ベンダーが先行しているが、国内ベンダーは付帯的なサービス/製品の開発にも取り組んでいる。
- 業界全体としてエンジニアの育成・確保が重要。

## （３） 考え方

我が国として重点的に取り組むべきワイヤレス技術分野の推進方策については、ワイヤレス分野における市場環境の変化、技術の進展を踏まえた我が国のワイヤレス技術の「立ち位置」を調査・分析し、我が国として重点的に取り組むべき技術分野について検討するため、令和７年８月に本委員会の下に重点技術作業班を設置し、検討を進めてきたところ。本事項に係る報告は別冊２のとおりであり、今後、同報告に基づき、取組を進めていくことが適当である。

図表 28　重点技術作業班　概要



## ５－２　インフラシェアリングの在り方

### （１）　背景

電波が遮蔽されるトンネルなど、競争に基づくインフラ整備が期待されないエリアにおいては、公益社団法人移動通信基盤整備協会（JMCIA）が主導するインフラシェアリングにより基地局整備・維持管理を実施しており、条件不利地域においても、効率的にエリア整備を進めていくため、インフラシェアリングの活用が進められている。

※新幹線の開業区間におけるトンネルでは、100%の整備率を達成している。

更に、５Ｇ用に割り当てられた高い周波数の活用が進む中、周波数の特性上、より多くの基地局整備が必要となっており、効率性の観点から、インフラシェアリングの重要性が高まっている。特に、屋内においては、基地局設備等の設置スペースが限られているためインフラシェアリングが不可欠となっている。

インフラシェアリングの重要性の高まりに伴い、専業のインフラシェアリング事業者に加えて、不動産や鉄道等の様々な分野からインフラシェアリング事業への参入が進んでいる。JMCIAは、地下鉄等における５Ｇインフラ整備を促進し、かつインフラシェアリング市場の活性化を図るため、民間シェアリング事業者と５Ｇインフラシェアリングの協力整備を進めている。

### （２）　主な意見

インフラシェアリングの在り方については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜構成員からの主な意見＞

- インフラシェアリングについて、事業領域の境界が曖昧であったり、シェアリング事業者によるロックインの懸念もあったりする中で、その推進方策をしっかりと検討する必要がある。
- インフラシェアリングが進展している諸外国から学ぶことがないか改めて検討する意義がある。
- 利用頻度が高い屋内等の電波環境の整備に向けて、施設所有者による参入促進と、施設所有者の協力を得やすくする仕組みの両方について取り組むことが必要。屋内のつながりやすさについて、何らかの指標や計測の仕組みを検討すべきではないか。
- MORAN、MOCN を推進するのであれば、国内ベンダーがしっかり関与できる体制を検討することが必要。
- 施設管理者、携帯電話事業者、インフラシェアリング事業者の互恵的関係の構築に向けた取組を通じ業界全体の健全性が高まることを期待。適正な形で、品質を確保しながら、スピード感を持って取り組んでいただきたい。

＜事業者からの主な意見＞

- 利用頻度が高い屋内等について、諸外国では整備状況を定期的にトラッキングするなど整備推進のための施策を講じているところ、日本では屋内等向けに特化した取組は行われて

きていないため、まずは、整備状況や課題を把握し促進策を講じることが必要ではないか。

- MORAN、MOCN といった今後のシェアリング形態について、その定義も含めて特にシェアリング事業者が行う場合の制度面での課題の洗い出しや整理が必要。
  ※MOCN に関しては不採算、高コスト、高トラヒック領域を中心に、まずは従来の携帯電話ネットワークを補完する位置づけになるものと想定される。
- MORAN、MOCN について、その推進に当たっては携帯電話事業者・国内ベンダー・シェアリング事業者が参加する枠組みを要望、また、ミリ波帯に焦点を当てることも有効ではないか。
- ５Ｇや６Ｇ等の高周波数帯でネットワークを構築する際は、設備競争の推進によるネットワークの充実度だけではなく、共用化による充実度を考慮するという政策的な観点も必要ではないか。
- インフラシェアリングについて、公平な利用条件や適正な料金設定を担保するための制度化や、シェアを行う設備の範囲を拡大し、選択を可能とすることについて検討が必要ではないか。
- ルーラルエリアや大都市圏を念頭に置いたシェアリングだけではなく、災害など有事も含めて検討が必要ではないか。
- 高周波数帯でのネットワーク展開において、基地局までのエントランス回線を無線化することで経済効率性が向上するケースが多いことから、基地局の共用化において統合アクセスバックホールは検討すべきソリューションではないか。
- 社会インフラであるモバイルネットワークの整備促進に向け、インフラシェアリングにかかる関係者（施設管理者・インフラシェアリング事業者・携帯電話事業者）の互恵的関係の構築に向けた取組が必要ではないか。

### （３） 考え方

屋内等におけるインフラシェアリングの円滑な推進に向けて、携帯電話事業者、施設管理者、インフラシェアリング事業者の主要なステークホルダー間で適切な協力関係が構築されるよう、まずは民主導による取組[4]を促進することが適当である。

また、モバイルネットワーク整備の選択肢を増やす観点から、MORAN や MOCN 等の新たなインフラシェアリングの形態であるアクティブシェアリングについては、市場環境に与える影響等を踏まえつつ、実証等を通じて、制度及び運用上の論点について整理・検討を進めることが適当である。

屋内等における通信環境の整備を促進するため、電波の利用状況調査及び有効利用評価の一環として実施する通信品質調査を有効活用していくことが適当である。

---

[4] JMCIA は、令和７年２月から実施している地下鉄等における５Ｇインフラの協力整備トライアルの状況等を踏まえ、同年 10 月に協力整備に関する公募を実施し、令和８年３月に協力事業者を４社選定している。（JMCIA プレスリリース「5G インフラ整備に向けて協力を頂くシェアリング事業者の公募結果について ｜ 移動通信基盤整備協会」より。）また、インフラシェアリング事業者が、モバイルネットワークの整備促進に資するシェアリング関係者間の互恵的関係の構築を目指し、2026 年夏頃のコンソーシアム立ち上げを目指している。

# 第６章　電波の利用環境の在り方

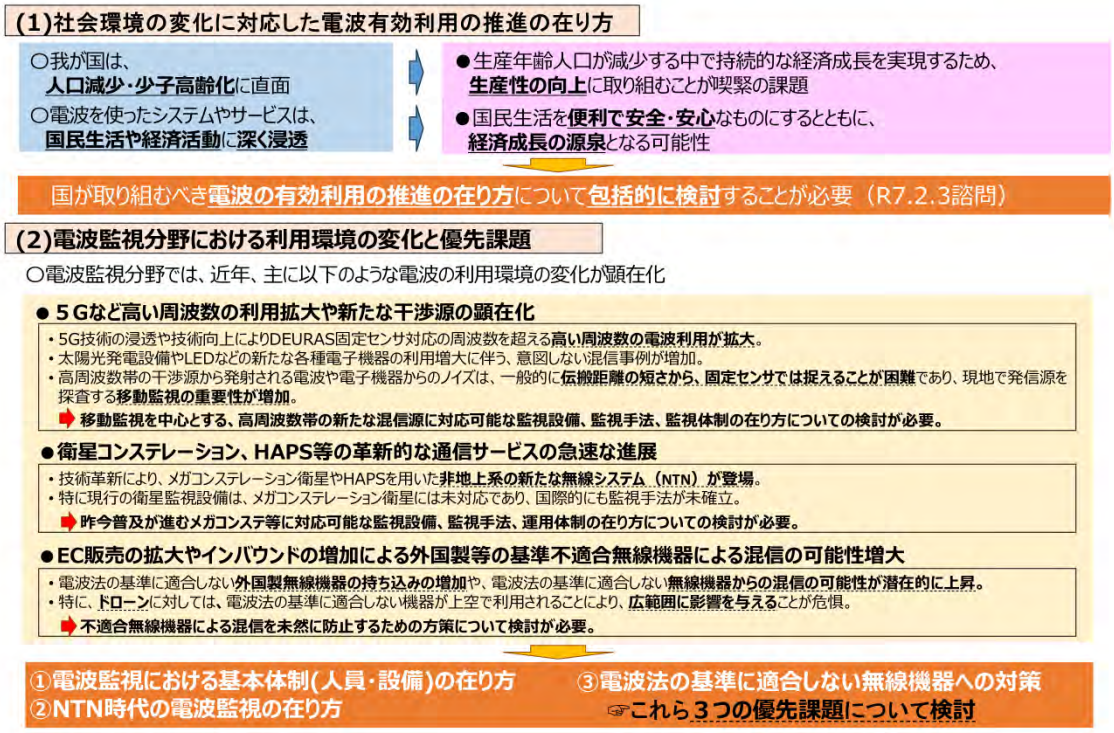
電波の利用状況の変化等を踏まえ、意図せず発射される混信等の増加に対応するための電波監視の在り方や、人体に対する電波の安全性に関する研究の方向性など、無線システムが安心して利用できる環境を確保するための方策はどのようにあるべきかという観点で、「電波の利用環境分野の今後の政策の在り方」、「携帯電話エリア整備、基地局強靱化に対する支援策」について検討を行った。

## ６－１　電波の利用環境分野の今後の政策の在り方

電波監視の今後の在り方については、新たな電波利用の拡大に伴い、電波利用環境が大きく変化していることから、現在の電波監視における課題や今後の在り方を検討するため、令和７年５月に本委員会の下に電波監視作業班を設置し、検討を進めてきたところ。本事項に係る報告は別冊３のとおりであり、今後、同報告に基づき、取組を進めていくことが適当である。

電波環境分野の今後の政策の在り方については、電波利用の高度化や、無線機器の高周波利用設備等の利用シーンの多様化など、電波利用をめぐる近年の社会環境が変化していることから、令和７年３月に電波環境分野の在り方検討作業班を設置し、検討を進め、令和７年９月 11 日に「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「電波の利用環境の在り方」について一部答申を行った。今後、本答申に基づき、取組を進めていくことが適当である。

**図表 29　電波監視作業班の検討の背景**




図表 30　電波監視体制の今後の方向性について

**課題認識**

- ５G等、高い周波数の利用拡大や新たな干渉源の顕在化。固定監視の限界と移動監視の重要性の増大
- 衛星コンステレーション、HAPS等の革新的な通信サービスが急速に進展。従来の監視技術の延長線では対応が困難
- EC販売の拡大やインバウンドの増加。外国製等の基準不適合無線機器による混信の可能性が増大。事後的な取組だけでは対応が困難

**対応の方向性**

- NTNをはじめとした革新的な通信サービス 、高い周波数帯の利用 、新たな混信源への対応等 、電波利用を取り巻く環境の変化に対応し 、時代に即した電波監視を推進することが必要
- そのためには、移動監視の強化、監視設備の早期配備、技術開発の推進、事業者との連携強化、持続的な体制の確保をはじめとする取組が不可欠
- 加えて、流通段階の対策強化に取り組むことで、電波監視との両輪での対応を進めていく

**対応強化に向けた3つの柱**

**電波監視の基本体制の強化**

特に移動体通信の高い周波数利用を踏まえ 、移動監視を重点的に行う電波監視体制を構築

1．移動監視の強化
- ●効率的な移動監視のための機器を早期導入
- ●24時間365日での持続的な体制の確保・強化
- ●重要無線通信妨害対応の重点化・強化
- ●ノウハウ共有といった監視経験値向上の推進

2．外部連携の強化
- ●電気通信事業者など免許人との連携強化による対応の迅速化
- ●定常監視等の外部委託の拡充、即応性向上

3．AI活用やDX推進による業務効率化
- ●電波監視業務を洗い出し 、デジタル化や AIの活用により職員の業務効率を向上

**革新的な無線システムへの早期対応**

革新的な無線システムに早期に対応するため、国産技術の育成や電波監視体制の構築を推進

1．NTN時代の電波監視体制の早期構築
- ●メガコンステレーション衛星に対する電波監視設備を令和８年度から整備
- ●運用体制の確保、能力の向上

2．技術開発の推進
- ●アンテナ技術等、電波監視に係る国産技術育成のための研究開発を推進
- ●電波監視システムの技術開発推進・新技術活用

3．国際連携の強化
- ●革新的な無線システムに関する国際動向の情報収集能力の強化
- ●電波監視手法及び電波監視データの国際標準化の推進

**基準不適合機器への対応強化**

流通段階の対策を強化するため 、試買テスト等の強化、ECモール事業者との連携強化等を推進

1．試買テスト・市場モニタリングの強化
- ●販売動向や混信リスクを踏まえて対象機器を拡大する等、試買テストの強化
- ●販売状況を把握する市場モニタリングの開始

2．ECモール事業者等との連携強化
- ●試買テスト等の効果的な運用のための ECモール事業者等との連携強化
- ●販売時の技適情報の活用促進や利用者への適切な情報提供の推進(ガイドラインの見直し等)

3．周知啓発活動の強化
- ●ECサイト利用やインバウンドによる持込無線機に対する注意喚起の強化、取締状況の周知強化
- ●集中的で効果的な周知啓発活動の実施、電波教室の活性化

図表 31　電波環境分野の在り方検討作業班　検討の背景

**(1)社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方**

| | |
|---|---|
| ○我が国は、**人口減少・少子高齢化**に直面 | ●生産年齢人口が減少する中で持続的な経済成長を実現するため、**生産性の向上**に取り組むことが喫緊の課題 |
| ○電波を使ったシステムやサービスは、**国民生活や経済活動**に**深く浸透** | ●国民生活を**便利で安全・安心**なものにするとともに、**経済成長の源泉**となる可能性 |

国が取り組むべき**電波の有効利用の推進の在り方**について**包括的に検討**することが必要（R7.2.3諮問）

**(2)電波環境分野における利用環境の変化と優先課題**

○電波環境分野では、近年、主に以下のような電波の利用環境の変化が顕在化

●B5G(6G)を見据えた**更なる高周波数帯の利用拡大**、デバイスの進化など新技術の進展

・**ICNIRP**（国際非電離放射線防護委員会）では **今後国際的に取り組むべき高周波研究課題**を公表
**WHO**（世界保健機関）でも、**近々、高周波電磁界のばく露に関する健康リスク評価書を改定**の見込み
・過去、**5Gの導入・普及の際**には、他国において**不正確な情報**（いわゆる**デマ情報**）等が流れ、基地局への放火や破壊活動が発生する等の**社会問題も発生**

・2030年代頃を見据え、**B5G（6G）の円滑な導入**に向けて電波の**安心・安全な利用の観点**から検討が必要

●モバイル機器の増加や無人ロボットの導入等、**高周波利用設備を含む無線機器の利用形態の変化**

●EV（電気自動車）やAGV（無人搬送車）を始めとした無線による**非接触給電ニーズやユースケースの増加**

・近年、**国内外でEV化**等が進む中で、**WPTのような新たな無線技術のニーズ**等が生まれてきており、**その普及に向けた高周波利用設備制度の在り方や進め方**について、機会を逸することのないよう、**早急な検討の必要性**の高まり

**①電波の安全性に関する我が国の研究等の在り方**
**②電波の安全性に関する情報発信・啓発等の在り方**
**③WPTに関する制度運用の在り方**
☞**３つの優先課題をR7夏頃までを目途に検討・答申**

図表 32　電波環境分野の在り方検討作業班　３つの優先課題の検討・答申結果

**(1)電波の安全性に関する我が国の研究等の在り方**

- 総務省の研究成果は、これまでも**ICNIRP※ガイドライン改定等に積極的に活用**され、**電波防護指針もそれと整合的**に運用
  今後もそれに貢献するとともに、**国内の電波の安全性の基準を検証**するため、引き続き、**我が国で主体的に研究を推進していく。**
  ※国際非電離放射線防護委員会。電波防護のための国際的なガイドラインの策定等を行っている。
- 総務省が2018年に策定した**研究ロードマップ**は、策定後**約７年が経過**しており（**特に2025年以降のリスク評価のロードマップが未確立**であるほか）**B5G（6G）に向けた電波利用の高度化**や**ICNIRP等の国際機関の動き**を踏まえ、**見直し**を実施。

⇒ **科学的に確立された作用（熱作用・刺激作用）**については、**ICNIRPが公表している研究課題等を踏まえて追加や前倒し**を行い、**科学的に確立されていない作用（発がん性等）**は世界保健機関（WHO）が改定予定の**「環境保健クライテリア」の改定後に改めて見直し**を検討する。

**(2)電波の安全性に関する情報発信・啓発等の在り方**

- 今後、2030年代が想定される**将来のB5G（6G）の導入・普及**に向けて、安心して利用できるよう**情報発信・啓発を適切に進めていく。**（過去の例や国民の関心からも、特に**携帯電話に関する情報が重要**）
- ただし、**単に安全性を強調して発信・周知しても逆に不安を感じる者も出て来るおそれ**もあることから、**科学的に確立している根拠・情報**をしっかり踏まえながら、**適切な内容や手段を用いた情報発信に留意**。

⇒ 総務省・携帯電話事業者・研究機関等において**情報共有の枠組みを設けて知見の共有を図り**、電波の安全性に関する**情報発信の内容や方法を、より正確で、より良いものに**していく。

**(3)近接結合型WPTの制度運用の在り方**

- 近年、**電気自動車の需要増加**や**製造・物流の自動化で無人搬送車等の普及**が進む中、効率的に給電できる**WPTへの期待**が増。
- 他方、総務省ではこれまで世界に先駆けて近接結合型WPTの制度化をしたものの、**必ずしも普及につながっていない**状況。

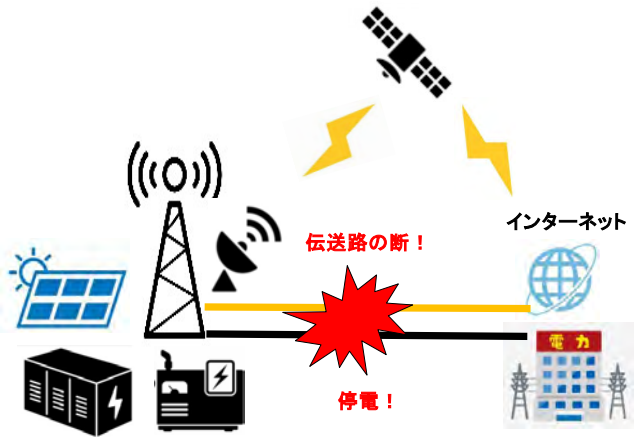
⇒ このような課題を解決するため、以下の対応策を行っていく。
- **国際規格を活用した型式の指定化**
  CISPR規格を国内答申した際は、対象となっているWPTについては速やかに型式指定化の検討を実施
- **普及実績に基づいた国内独自の型式の指定化**
  国内独自のWPTの制度化検討は、十分な普及の実績・民間規格の策定等の一定程度確実な普及の見込みがある場合に開始
- **個別許可の制度の周知**
  個別許可制度の周知を行い、普及の初期段階における活用を推進

## ６－２　携帯電話エリア整備、基地局強靱化に対する支援策の在り方

### （１）　背景

総務省では、大規模災害時において、停電や通信回線の断線に伴う携帯電話基地局の停波を回避するため、大容量化した蓄電池等の設置や衛星回線の活用により、携帯電話基地局の機能維持及び強靱化対策を推進している。

図表 33　携帯基地局強靱化対策事業の概要




- **停電に備え、大容量化した蓄電池や発電機、ソーラーパネルを設置**
- **伝送路断に備え、衛星回線により通信回線を冗長化**

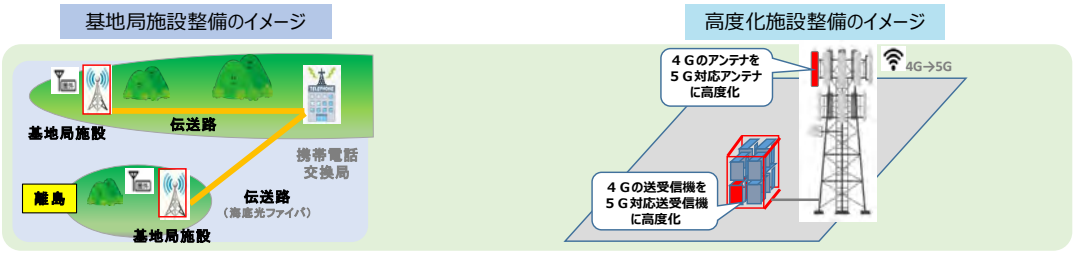
| | |
|---|---|
| 事業主体 | 地方自治体 |
| 補助率 | 国3/4、地方1/4 |
| 計画年度 | 令和7年度～令和16年度 |

また、総務省では、地理的に条件が不利な地域（過疎地、辺地、離島、半島など）において、地方公共団体や無線通信事業者等が携帯電話の基地局等を整備する場合に、整備費用等の一部を補助する事業を実施している。

図表 34　携帯電話等エリア整備事業の概要

<table>
<tr><th>補助メニュー</th><th>補助内容</th><th>補助率</th></tr>
<tr><td>基地局施設整備<br>（４G等）</td><td>圏外解消のため、基地局施設を設置する場合　※非居住エリア<br>※R5補正予算より、既エリア化地域も整備対象</td><td rowspan="2"><u>整備主体：地方公共団体、携帯電話事業者、インフラシェアリング事業者等</u><br>【１社整備】<br>国 1/2　無線通信事業者 1/2<br>【複数社整備】<br>国 2/3　無線通信事業者等 1/3</td></tr>
<tr><td>高度化施設整備<br>（５G）</td><td>４Gを利用できるエリアにおいて、通信の高度化のため、５G基地局を設置する場合</td></tr>
</table>

※伝送路施設の設置（光ファイバの設置）や運用費に関する補助事業も補助メニューとして存在。
※R5補正予算より、離島の場合、補助率はかさ上げ（１社整備：1/2→3/5、複数社整備：2/3→3/4）
※R6補正予算より、自然災害等により損壊した基地局の復旧・復興支援メニュー及び、老朽化した基地局の高度化を伴う更新支援メニューを創設。




（事業主体） 地方自治体、携帯電話事業者、インフラシェアリング事業者等、（事業スキーム） 補助事業
（補助対象）電源設備、衛星回線設備、送受信設備等、（計画年度） 平成17年度～

## （２） 主な意見

携帯電話エリア整備、基地局強靭化に対する支援策の在り方については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜構成員からの主な意見＞

- 基地局強靭化対策事業について、災害時に役立つものは平常時から利用できるものでないといけない。トータルで災害対策にもなる強靭なインフラを構築していくと良いのではないか。
- ハード面の強化は必要だが、予算に限りもあるため、蓄電池や発電機を死蔵品としないために日常使いできるという点も重視すべき。
- 日常から運用可能なインフラの上での災害対策は重要だが、民間企業の競争領域でもあるのではないか。災害対策としてメリハリをつけるべきであり、どのような脆弱性に対して特に優先度を持ち投資をしていくべきか、検討が必要。
- 72 時間の壁を前提とした対策は、合理的・効率的な対策である。電源確保、衛星通信への自動切替、ミリ波中継局の活用、光ケーブルの多重化などは引き続き推進すべき。

＜事業者からの主な意見＞

- 携帯電話等エリア整備事業について、４Ｇ・５Ｇを同時開設する新規事業者や後発事業者が活用できる補助メニューの検討が必要。
- 基地局強靭化は災害時の有効手段であるが、スペース確保／設置期間／コストにおいて課題があるため、柔軟な対応を可能とする前提での支援の強化を要望。

＜自治体からの主な意見＞

- 都道府県庁や市町村役場に加え、災害対策に当たる自治体の地方庁舎や災害拠点病院等の

重要な施設をカバーする基地局については、携帯電話事業者の義務の範囲を拡大するべき。

- 通信回線の冗長化については衛星回線を基本としつつ、光ファイバの２ルート化、ミリ波中継局等の対策が必要。
- 事業の規模、裏付けとなる財政措置、計画期間等の長期見通しを明確にすることが必要。
- 地方財政が厳しい中、一刻も早く重要箇所の強靱化を達成するためには、地方の財政負担軽減について引き続き検討が必要。

## （３） 考え方

### ア．携帯電話エリア整備

４Ｇ・５Ｇを同時に開設する際の補助メニューの整備については、新規事業者や後発事業者が同時開設する際に補助対象となるよう制度の見直しが行われたところ、円滑な参入が進められるよう、引き続き必要な対応を検討することが適当である。

### イ．基地局強靱化対策事業の考え方

基地局強靱化対策事業は、南海トラフ及び首都直下地震のような国難級の災害を想定した防災対策であり、対策箇所は円滑な人命救助活動を念頭に置くなど相当に絞り込まれている。脆弱性については、基地局機能が停止する主な原因である停電と光ファイバの断線に焦点を当てている。また、国難級の災害を想定した防災対策ではあるが、台風や洪水による停電など、一時的・局所的な通信障害が発生した場合にも貢献するものである。このような基本的考え方に基づき、引き続き必要な対策を推進していくことが適当である。

また、基地局強靱化は、情報通信ネットワーク安全・信頼性基準により通信事業者による対策を推奨しつつ、令和７年度に基地局強靱化対策事業を創設することにより、制度面と財政支援の双方のバランスをとって対策を進めている。今後、通信事業者による取組の進捗状況を注視した上で、今後の災害対応における課題等も踏まえ、都道府県や市区町村の主要な庁舎、災害拠点病院等をカバーする携帯電話基地局について、より長時間の停電対策を求めること等について検討することが望ましい。

### ウ．基地局強靱化対策事業の在り方

基地局強靱化対策事業の補助対象拡大については、都市部におけるトラヒック対策や、高層ビルなどの衛星遮へい対策として、光ファイバ２ルート化、ミリ波中継局、エントランス回線に関する整備費用が新たに補助対象化されたところ、補助対象について引き続き必要な検討を行うことが適当である。

また、複数年度にまたがる財政支出を可能とする仕組みの構築など、官民が連携して長期的・安定的に整備の見通しを確保することができるよう必要な検討を行うことが適当である。

なお、補助率については、国 3/4、地方負担 1/4 とされており、離島・山村地域及び半島地域については国 4/5 と高い補助率が適用されているところ、地方財政の状況等も踏まえ、引き続き必要な検討を行うことが適当である。

# 第７章　その他必要と考えられる事項

電波の公平かつ能率的な利用を確保するために必要な共益費用に係る電波利用料制度はどのようにあるべきか、また、電波の公平かつ能率的な利用を確保するために必要と考えられる事項はどのようなことかという観点で、「電波利用料の在り方」、「その他必要と考えられる事項」について検討を行った。

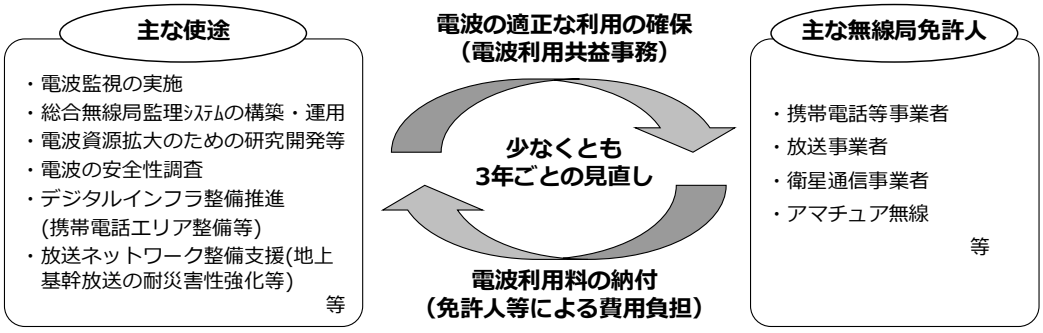
## ７－１　電波利用料の在り方

### （１）　背景

電波利用料は、不法電波の監視等の電波の適正な利用の確保に関し、無線局全体の受益を直接の目的として行う事務（電波利用共益事務）の処理に要する費用を、電波の利用状況に応じてその受益者である無線局の免許人等に負担を求める（いわゆる電波利用共益費用として負担を求める）ものである。電波利用料制度は、電波法により、少なくとも３年ごとに検討を加え、必要があると認めるときはその検討の結果に基づいて所要の措置を講ずることとされている（電波利用料の額を見直す場合には、その期間に必要な電波利用共益事務の処理に要する費用を同期間中に見込まれる無線局で負担するものとして算定。）。なお、電波利用共益事務の内容（電波利用料の使途）は電波法第１０３条の２第４項に具体的に限定列挙されており、使途の追加には電波法改正が必要となる。

図表 35　電波利用料制度の概要

- **電波利用料**は、不法電波の監視等の電波の適正な利用の確保に関し、無線局全体の受益を直接の目的として行う事務（電波利用共益事務）の処理に要する費用を、**電波の利用状況に応じてその受益者である無線局の免許人等**（携帯電話事業者、放送事業者等）**に負担を求める**（いわゆる電波利用共益費用として負担を求める）もの。
- 電波利用料制度は、電波法により、**少なくとも３年ごとに**検討を加え、必要があると認めるときはその検討の結果に基づいて**所要の措置を講ずる**こととされている。
  ※　電波利用料の額を見直す場合には、その期間に必要な電波利用共益事務の処理に要する費用を同期間中に見込まれる無線局で負担するものとして算定。
- 電波利用共益事務（**電波利用料の使途**）は、電波法第１０３条の２第４項に具体的に**限定列挙**。



### （２） 主な意見

電波利用料の在り方については、本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜構成員からの主な意見＞

- 電波利用料は、純粋の「電波利用共益費用」に加えて、「電波の有効利用を促進するための費用」に充当するものであることを明確に打ち出す必要があるのではないか。

＜事業者からの主な意見＞

- 電波利用料について、電波政策（価額競争制度の導入等）・電波利用の動向や、携帯電話事業者による無線通信技術発展・社会インフラ整備への取組み等も勘案した上で、使途や総額も含めた適切な見直しが必要ではないか。
- 特定基地局開設料・電波利用料について、公正競争の観点等から、減額措置や政策的支援を検討できないか。

### （３） 考え方

電波利用料制度の次期見直しに向け、上述の観点も踏まえ、必要な時期に検討を進める。なお、電波利用料については、共益事務を「電波の利用価値の向上につながる事務」と「電波の適正な利用を確保するために必要な恒常的な事務」とに分けた上で、それぞれの事務の性質を勘案して料額を定める仕組みを基本としつつ、技術進展等による新たな電波利用体系も踏まえ、次期見直しに向け検討を進めることが適当である。

## ７－２　その他必要と考えられる事項

### （１） 背景

AI は従来想定されていた情報通信ネットワークの運用効率化のためのツール（AI for Network）や CPS（Cyber Physical System）において、実空間から吸い上げた膨大なデータを高速・効率的に解析するためのツールとして活用されるにとどまらず、情報通信ネットワークが、AI が隅々まで利用された社会を支える基盤（Network for AIs）としての機能を果たしていくことが想定される。

### （２） 主な意見

本委員会の議論において、以下のような意見があった。

＜事業者からの主な意見＞

- AI を活用したモバイルネットワークの設計・運用・保守が進んでおり、今後、制度的課題が顕在化する可能性がある。

### （３） 考え方

今後、AI 等の技術が社会に浸透し実装が進むことが想定されるところ、これらの技術進展を含め、社会環境の変化に柔軟に対応した電波有効利用の推進に向け、新たな制度的課題につい

て必要な時期に検討を進めることが適当である。

# 第８章　今後の取組について

本報告では、電波の利用状況やニーズ、電波に関する最新の技術トレンドを勘案して、2030 年代の社会像を見据えながら、周波数割当の在り方、無線局の免許制度等の在り方、無線を利用したビジネス促進の在り方、電波の利用環境の在り方等について、社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方に関する検討課題として取りまとめた。

これらの検討課題について、ひっ迫する電波の利用状況等を踏まえた周波数の移行・再編・共用の方向性、無線技術の進展等を踏まえた無線局免許手続等の簡素化・柔軟化・迅速化の方向性、無線を利用したビジネスの社会展開を円滑に進めるための推進方策、電波の利用状況の変化等を踏まえ無線システムが安心して利用できる環境を確保するための方策、電波利用料制度の見直しの方向性などについて幅広い提言を行った。

総務省においては、今後、本委員会で指摘があった個別課題についての詳細な検討や、産学官連携・省庁間連携による所要の取組を確実に実施し、社会環境の変化に迅速かつ柔軟に対応し、電波の公平かつ能率的な利用が更に推進されることを期待する。

また、本報告で取りまとめた検討課題以外にも、本報告では、携帯電話等周波数の有効利用に関する検討や電波利用料制度の見直しなど、引き続き検討することとした事項があるところ、技術革新の著しい情報通信分野では、これらの事項以外にも検討が必要な事項が生じることも想定されるため、今回継続検討とした事項を含め、時代に即した対応が必要となる事項については、必要に応じて更なる検討を行うこととする。

# 第９章　空の利用拡大の進展段階に応じた電波利用政策の方向性（別冊１）

Starlink をはじめとする衛星通信システムの陸上移動利用や上空での柔軟な電波利用等については、航空機の遠隔操縦の実現やドローンの飛行範囲の拡大といった空の利用拡大の進展段階に応じた電波利用政策の方向性を整理するため、令和７年 10 月に本委員会の下に電波上空利用作業班を設置し、検討を進めてきたところ。本事項に係る報告は別冊１のとおりであり、今後、同報告に基づき、取組を進めていくことが適当である。

第１節　はじめに
第２節　航空分野における新たな飛行形態
第３節　上空利用拡大を支える電波上空利用インフラ
第４節　国際動向と国際調和
第５節　電波上空利用インフラの実現に向けた視点
第６節　実現に向けた環境整備
第７節　ロードマップ

# 諮問第30号「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「無線局の免許制度等の在り方」（空の利用拡大の進展段階に応じた電波利用政策の方向性）について

情報通信審議会　情報通信技術分科会
電波有効利用委員会　報告（案）（別冊１）
第９章　空の利用拡大の進展段階に応じた電波利用政策の方向性

# 目次


第１節 はじめに....4
第２節 航空分野における新たな飛行形態....5
２.１.電波上空利用作業班の設置....5
２.２.無操縦者航空機....6
２.３.空飛ぶクルマ....11
２.４.ドローン（無人航空機）....15
第３節 上空利用の拡大を支える電波上空利用インフラ....19
３.１.基本的考え方....19
３.２.通信....20
３.２.１.静止衛星....22
３.２.２.低軌道周回衛星....23
３.２.３.高高度プラットフォーム（HAPS)、衛星ダイレクト通信....24
３.２.４.携帯電話....25
３.２.５.地対空直接通信....26
３.３.航法....26
３.３.１.GNSS....26
３.３.２.VOR/DME、TACAN....27
３.３.３.ILS....27
３.３.４.ドローンの航法....28
３.４.監視、電子的視認性....28
３.４.１.PSR/SSR....29
３.４.２.ASDE、MLAT、WAM....29
３.４.３.ADS-B、電子的視認性、非協調型回避技術....29
３.５.研究開発中の技術....31
３.５.１.無線中継技術....31
３.５.２.無線測位技術....32
３.５.３.運航管理技術....33
第４節 国際動向と国際調和....34
４.１.国際機関等における標準化の動向....36
４.１.１.諸外国における上空での電波利用に関する主な考え方....36
４.１.２.ICAO における RPAS 向けの制御通信やその他システムの標準化動向....37
４.１.３. ICAO 以外の標準化機関における RPAS 向けの制御用通信（C 帯）に関する標準化動向....38

4.2.諸外国における制度化動向 ..... 41
4.2.1.米国における空の利用拡大に伴う電波利用政策の動向 ..... 42
4.2.2.欧州における空の利用拡大に伴う電波利用政策の動向 ..... 46
4.2.3.英国における空の利用拡大に伴う電波利用政策の動向 ..... 48
4.2.4.中国における空の利用拡大に伴う電波利用政策の動向 ..... 51
4.3.要素技術の研究開発動向 ..... 52
第5節 電波上空利用インフラの実現に向けた視点 ..... 55
第6節 実現に向けた環境整備 ..... 58
6.1.通信・監視に関する新たなシステム ..... 58
6.1.1.上空での Ku 帯ブロードバンド衛星通信利用 ..... 58
6.1.2.衛星ダイレクト通信、HAPS による端末の上空利用 ..... 60
6.1.3.地対空直接通信 ..... 61
6.1.4.携帯電話網の圏外地域での対応 ..... 63
6.1.5.通信品質 ..... 64
6.1.6.監視、電子的視認性 ..... 67
6.2.手続・運用面における制度整備等 ..... 70
6.2.1.海外展開・海外製品利用の簡素化 ..... 70
6.2.2.無線従事者資格・人材育成 ..... 70
6.2.3.制度に関するその他の要望等 ..... 72
6.3.研究開発 ..... 74
6.4.標準化等 ..... 75
6.4.1.標準化 ..... 75
6.4.2.国際動向 ..... 77
6.5.その他 ..... 78
第7節 ロードマップ ..... 80

# 第１節 はじめに

航空分野において、空飛ぶクルマ（AAM：Advanced Air Mobility）や無操縦者航空機等、従来の航空機の枠に収まらない新たな飛行形態が出現しつつある。これらの新たな飛行形態は交通手段や物流の概念を根本から変革する可能性を有しており、その技術が新たな社会インフラの一翼を担うことが期待されている。これらの新しい飛行形態においては、機体から地上への飛行データの伝送が従来機より増加することや遠隔操縦の実施など、通信をはじめとする電波利用技術の役割の重要性が増しており、その安全かつ効率的な運用には、リアルタイムで高信頼な通信が不可欠である。

また、様々な分野で利用されているドローンについては、その利用範囲の拡大に伴い、飛行の長距離化・機体の大容量化等、飛行範囲の拡大を含む用途の拡大につながる開発が進められている。航空機に要求される安全基準及び運航精度とドローンに要求されるそれらは異なるものであるが、ドローンにおいても、用途と許容可能なコストに応じて、従来よりも低遅延で高信頼な通信手段を必要とする場面が増加するものと考えられる。

これらと時を同じくして、衛星コンステレーションや HAPS（High Altitude Platform Station：高高度プラットフォーム）といった航空分野で利用可能な新たな通信手段が出現しつつある。衛星コンステレーションは、地球を周回する多数の衛星によって構成されるネットワーク、HAPS は成層圏に展開される無人航空機や気球によって構成されるネットワークであり、これらの活用によりこれまで通信の利用が困難であった広範な地域で、高速かつ信頼性の高い通信を提供することが可能となる。また、通信以外にも監視・電子的視認性の分野で、より高度な位置把握や安全な飛行を実現するための新たなシステムが提案されている。

本作業班では、空飛ぶクルマについて空の移動革命に向けた官民協議会[1][2]（事務局：経済産業省製造産業局及び国土交通省航空局）のロードマップで示された 2020 年代後半（導入初期）、2030 年代（成長期）、2040 年代（成熟期）の各段階及びドローンに関する検討状況を踏まえて、新たな空の利用の進展を予測し、付随する課題を整理した上で、これらの技術革新を支える通信インフラの整備や、電波利用に関連する施策の検討を行った。本報告が安全で快適な未来の空の社会の実現に貢献するとともに、我が国における新たなイノベーションやビジネスの創出及び関連産業の発展に寄与することを期待するものである。

[1] 経済産業省 空の移動革命に向けた官民協議会：
https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/air_mobility/index.html
[2]国土交通省 空の移動革命に向けた官民協議会：https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk2_000007.html

# 第２節 航空分野における新たな飛行形態

## ２.１. 電波上空利用作業班の設置

近年、航空分野では無操縦者航空機や空飛ぶクルマの実現に向けた検討が進み、航空機の遠隔操縦の実現やドローンの飛行範囲の拡大といった新たな飛行形態が出現しつつある。

また、新たな飛行形態の出現と時を同じくして、通信技術においても、衛星コンステレーション等のNTN（非地上系ネットワーク）を中心に、航空分野で利用可能な新たな通信手段が登場しつつある。

これを受け、電波有効利用委員会は、令和７年諮問第30号「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「無線局の免許制度等の在り方」に基づき、令和７年10月、航空分野における電波の利用拡大を見据えた今後の電波利用政策の在り方及び航空分野の電波利用に関し優先して対応すべき政策課題について、専門的な見地から具体的かつ集中的な検討を行うため、委員会の下に電波上空利用作業班を設置した。

（１）第１回作業班（令和７年10月21日）

電波の上空利用をめぐる近年の動向や空飛ぶクルマの社会実装に関する取組について紹介するとともに、無操縦者航空機事業者の取組についてヒアリングを実施した。

（２）第２回作業班（令和７年11月18日）

無操縦者航空機事業者及び通信事業者の取組についてヒアリングを実施した。

（３）第３回作業班（令和７年12月16日）

ドローン事業者へヒアリングを実施するとともに、意見募集の結果について紹介した。

（４）第４回作業班（令和８年１月20日）

研究開発機関へのヒアリング及び国際動向に関する検討を実施した。

（５）第５回作業班（令和８年２月17日）

報告骨子(案)及びロードマップ(案)について検討した。

（６）第６回作業班（令和８年３月17日）

報告(案)について検討した。

## 2.2. 無操縦者航空機

航空法上、「航空機」、「無操縦者航空機」、「無人航空機」の異なる用語が存在する。

航空機は人が乗って航空の用に供することができるものとされ、このうち、操縦者が搭乗せずに飛行可能な装置を有する航空機は「無操縦者航空機」とされる。

なお本報告では、無人航空機と無操縦者航空機のどちらを指すかが不明確な場合及び双方を指す場合は「無人機」と、無操縦者航空機を除く航空機を指す場合は「有人航空機」と記載している。

図 1　無操縦者航空機 [3]

国内重工業メーカーは、無操縦者航空機の初期のユースケースを山間地や無人地帯での物資輸送に設定し、飛行実証を通じた開発を進めている。

作業班において当該メーカーから、我が国は国土の約 7 割が山間地であることから、高度経済成長期に建設された鉄塔の改修に伴う物資輸送ニーズを見込んでいるとの説明があった。具体的な取組として、2021 年度から長野県伊那市による「無人 VTOL 機物資輸送プラットフォーム構築事業」に参画し、山小屋への物資輸送のデモンストレーションを実施した事例が紹介された。

また、災害発生時の災害支援・復旧工事に向けたニーズとして、陸路が寸断された孤立集落への物資供給が挙げられ、孤立地域への物資輸送のデモンストレーションを実施した事例についても紹介された。

[3] 出典：電波上空利用作業班（第 2 回）資料 1-8

図 2　民間運用構想 [4]

また、別の国内重工業メーカーでは、民間用途向けに「中型無人機」と呼称する無操縦者航空機の機体を開発している。この機体はマルチコプター方式であり、物資輸送を主要目的とするものであって、人が搭乗することは想定していない。パワーユニットはハイブリッド方式であり、エンジンで発電しバッテリーを搭載してモーターで駆動する。ハイブリッド方式の採用は、200 キログラムのペイロード重量 [5]と長距離飛行の実現を目的としたものである。

この機体はトラック等での運搬が可能であり、複数機を用いた重量物の運搬も想定している。荷物の積載方法として、吊下げによる方法、機体下スキッド間に搭載する方法、ウィンチによる自動リリース機構による方法を想定しており、様々なユースケースに対応する機能を追加している。現在は実証試験を行っているとの説明があった。

ハイブリッド方式を採用した機体は令和 7 年 4 月に初飛行を行った。先行してバッテリー駆動方式の機体を製造し、自動荷卸及びアームの折り畳みによる可搬性実証を行った。また、重量物輸送の実証や走行中のトレーラーへの自動着陸及び自動離陸の実証を実施している。

[4] 出典：電波上空利用作業班（第 1 回）資料 1-8

[5] 機体本体の重量を除いた搭載可能な重量

この社からは、ユースケースとして図 3 の通り災害時の物資輸送や山間部での工事資材運搬、物流網の支線物流としての利用が示された。同社は、トラックでの輸送が困難又は船舶での輸送が必要となるような地域への物資輸送を想定している。

図 3　無操縦者航空機の想定ユースケース

国内航空会社は、機体メーカーと提携し、無操縦者航空機の日本社会への実装に向けた検討を進めている。

この航空会社は、無操縦者航空機の導入に際してニーズの特定、制度設計の促進、社会受容性の向上といった課題が存在すると認識し、これらの課題検討を加速すべく、地域連携を強化している。地方自治体と連携協定を締結し、実証飛行を通じた課題の抽出や社会受容性向上の取組を進めているところである。

国際民間航空に関する国際標準及び勧告方式（SARPs：Standards and Recommended Practices）を定める国際連合の専門機関である ICAO（International Civil Aviation Organization：国際民間航空機関）では、無操縦者航空機による計器飛行方式（IFR[6]）による運航の国際標準及び勧告方式について検討が進められている。国土交通省では、ICAO

[6] 管制機関に承認された飛行計画にしたがうとともに常時管制機関の指示にしたがって飛行する方式。一般に IFR(instrument flight rules)と呼ばれる。

での検討も踏まえつつ、無人地帯を有視界飛行方式（VFR[7]）で運航する最大離陸重量 1 トン程度までの人の搭乗を想定しない無操縦者航空機の実現について、空の移動革命に向けた官民協議会にタスクフォースを設置して検討を進めている。このタスクフォースを通じて、商用運航のための手続きとして、耐空証明取得の際に、開発機による実証飛行を試験飛行等の許可で可能にする検討や、リスクベース要件での耐空証明取得に向けた制度整備を目指して検討が進められている。

また別の社からは、開発中の無操縦者航空機で使用する、機体動態情報、機体周辺映像や機体制御コマンドを伝送するための通信システムの例が紹介された（図 4）。この例では、携帯電話網と衛星通信を使用し、機体と地上側（GCS : Ground Control Station）と通信することで見通し圏外での遠隔操縦飛行を行っている。見通し圏内、すなわち潜在的に居住圏のような有人空間となる可能性が高い場所では近距離通信を併せて使用することで、更に冗長性を高めている。

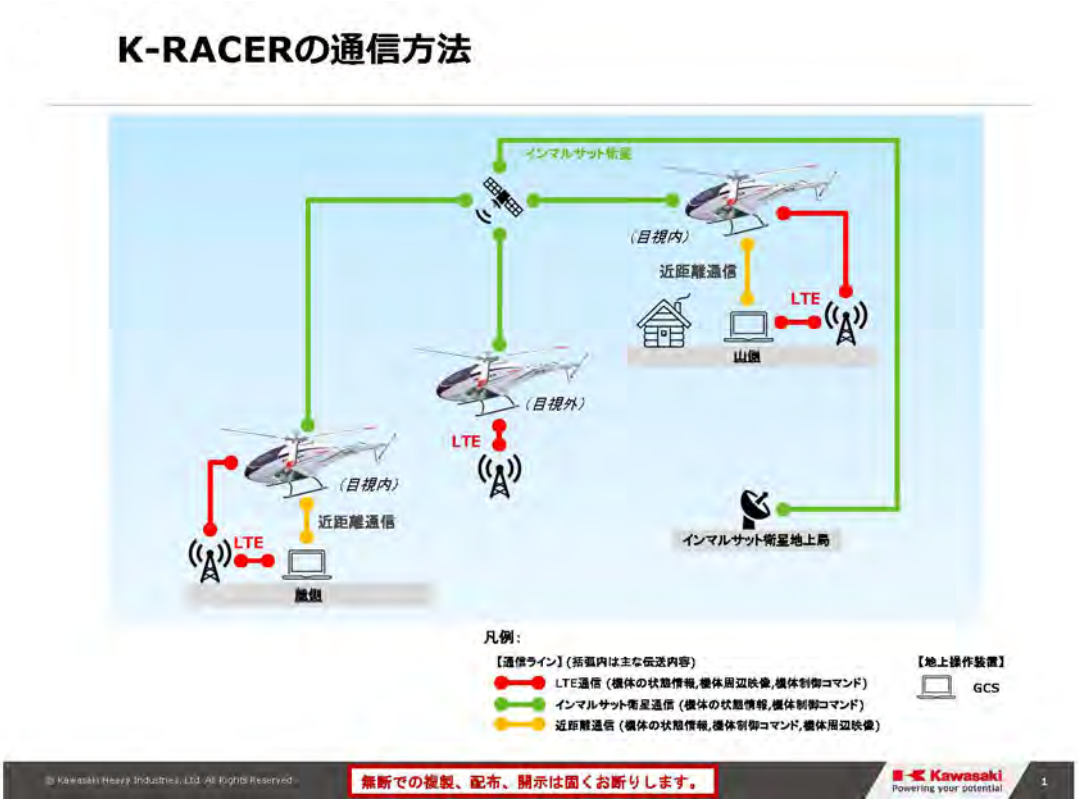



図 4　民間運用構想 [8]

ある社は、携帯電話網の整備されていない地域及び災害時での運用において、現在は衛星通信サービスを使用している。この社からは、目視外飛行（操縦者から目の届かない範

[7] 計器飛行方式以外の飛行の方式。一般に VFR(visual flight rules)と呼ばれる。

[8] 出典：川崎重工業株式会社

囲での飛行）や高解像度動画伝送のため、より高速かつ低遅延・大容量の通信が必要であるとの意見が述べられた。

また別の社から、無操縦者航空機に求められる通信の特徴として、無操縦者航空機は操縦者が搭乗しないため、操縦者搭乗機の場合と比べて、新たに多様な通信が必要である点が指摘された（図 5）。この社からは、今後、実用化の段階では、運航者、管制を含むサービスプロバイダー、離着陸場オペレーターとの間で、操縦者搭乗機の場合と比較して異なる形態での通信が発生し、運航を支えるとの想定が示された。

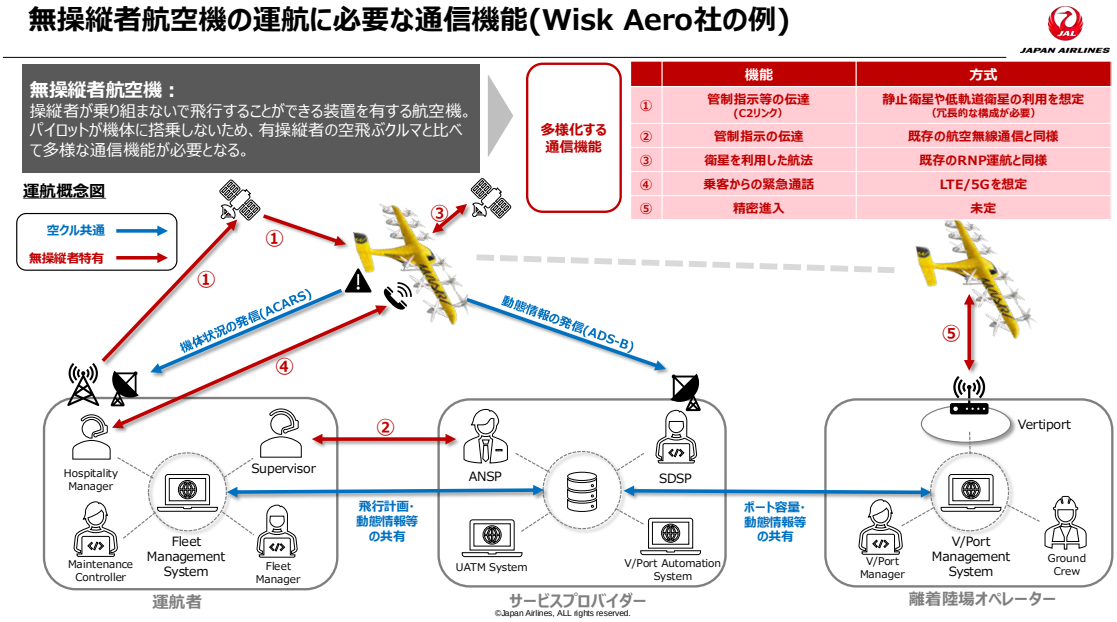



図 5　無操縦者航空機の運航に必要な通信機能 [9]

作業班では、衛星通信を活用して静止衛星と低軌道衛星の組合せで冗長的な構成を作り、操縦者と管制官との間の通信を伝達する構成例が紹介された。また、ある社からは、衛星を活用した精度の高い航法や、乗客の緊急時のコミュニケーション手段の確保の必要性が指摘され、後者については LTE/5G を想定した通信が例に挙げられた。この社からは、地上からの電波を利用して精密進入を行うような、無操縦者航空機の特性に合わせたシステムの登場が想定されるとの見解も示された。

別の社からは、今後の通信方式の可能性として、低軌道衛星や HAPS による低遅延通信の利用を期待する意見が述べられた。また、ある研究開発機関からは、機体間での通信も研究・一部運用されており、近距離での別機体との通信利用が検討されている旨が紹介された。

[9] 出典：電波上空利用作業班（第 2 回）資料 2-1

## ２.３. 空飛ぶクルマ

空飛ぶクルマは航空機に分類され、主として、電力を利用して垂直方向に離着陸する eVTOL を指す用語である。都市部での送迎、山間部や離島での移動手段、災害時の救急搬送などでの活用が期待されており、各国で開発が進行中である。

我が国では、空の移動革命に向けた官民協議会において、令和 6 年に空飛ぶクルマの運用概念（ConOps : Concept of Operations）第 1 版改訂 A を作成、令和 8 年に第 2 版を作成し、業界関係者に情報を提供し認識の共有を図っている。

令和 7 年 8 月に開催された空の移動革命に向けた官民協議会第 11 回会合において、空飛ぶクルマの「大阪・関西万博後の社会実装の実現イメージ」が示された。「2027 年/2028 年以降から一部先行する地域で商用運航がスタートし、その後、運航頻度の向上により導入地域が徐々に拡大、事業規模拡大による経済性の向上等により広域的なネットワークが形成されるという流れを想定」とされ、また、年代ごとの実用化の進展イメージも示されている。

2020 年代後半：商用運航が一部先行する地域で開始
2030 年代前半：運航頻度が高まり、導入地域が徐々に拡大
2030 年代後半：運航頻度は更に高まり、より多くの人の日常的な移動手段として定着
2040 年代：　日常生活における自由な空の移動が当たり前の社会を実現

「「空の移動革命に向けた官民協議会」第 11 回会合　資料２　大阪・関西万博後の社会実装の実現イメージについて（案)」で示された想定は以下のとおりである。

大都市圏においては、2020 年代後半には大阪・関西万博終了後、2 地点間運航が限定的に開始されることが想定される。また、遊覧飛行も限定的に開始され、空港アクセスに向けた取組として運用検証が進むと考えられる。

2030 年代前半には、新たなバーティポートの整備により都市間運航が徐々に拡大し、遊覧飛行も拡大する。空港アクセスが一部で開始されると予想される。

2030 年代後半には、大都市圏でより広範なネットワーク形成が進む。遊覧飛行や空港アクセスも拡大し定着することが想定される。

地方部においては、2020 年代後半に一部で遊覧飛行や貨物輸送の実証が開始され、特に景勝地を一望する遊覧飛行が行われる。2030 年代前半には観光地と空港とのアクセスや貨物輸送が開始され、2030 年代後半には観光利用が定着し地域内運航が開始される。2040 年代には自由な空の移動が当たり前となる社会実装が実現されると期待される。

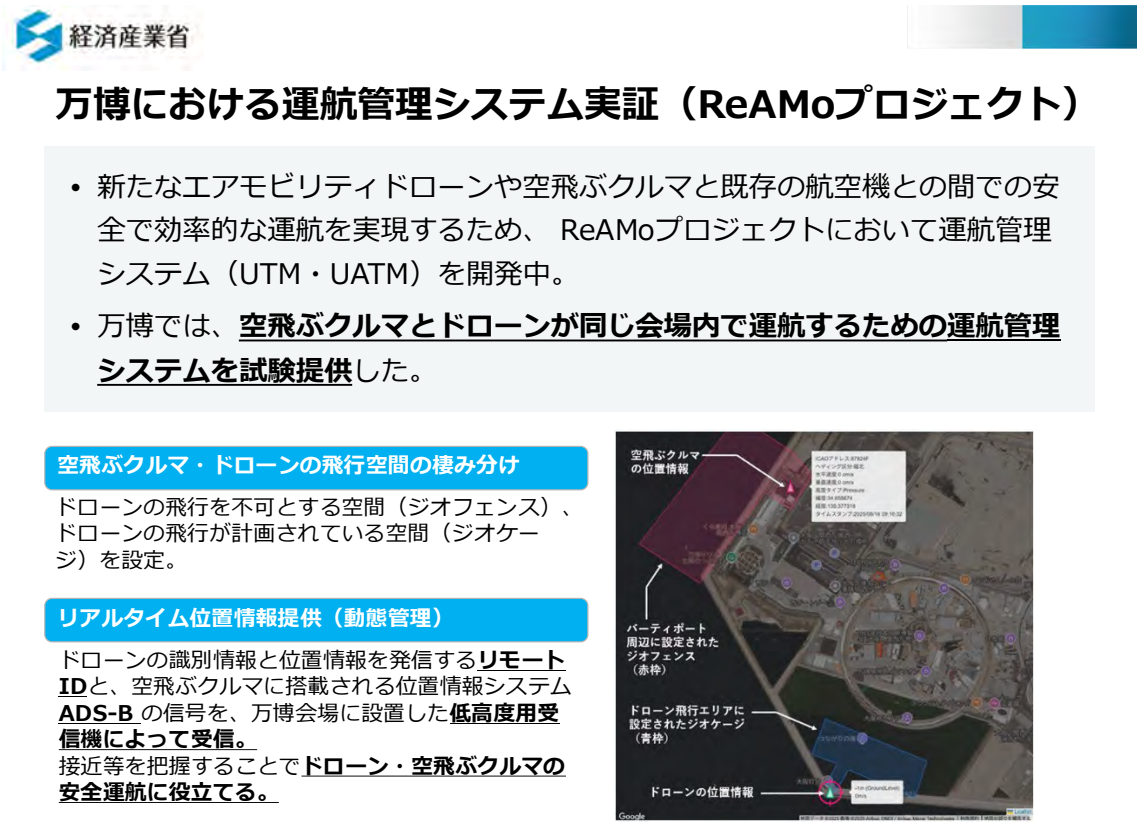
また、公共的な利用として、2030 年代前半から有人航空機における救急医療や災害対応など公的目的での導入が進む。具体的にはドクターヘリの補完として空飛ぶクルマの活用が期待される。

空飛ぶクルマはヘリコプターと比較し、電動推進である点、複数のプロペラを有し、機体重量が軽く低騒音である点が特徴として挙げられる。これにより、空飛ぶクルマの離着陸地点の多様化と静音性の向上が実現され、ヘリコプターの代替手段となり得る。更に、

バーティポートの設置・運営、不動産、保険、観光等の新たなビジネスの創出により、産業振興及び経済発展が期待される。また、機体開発や量産化に伴う経済効果も見込まれる。

また、経済産業省は、ReAMo（Realization of Advanced Air Mobility）プロジェクトを推進し、次世代空モビリティ（空飛ぶクルマ、ドローン）の実現に必要な性能評価手法及び運航管理技術の開発等を進めている。

ReAMo プロジェクトにおいては、空飛ぶクルマの機体から周囲に位置情報等を送信する ADS-B（Automatic Dependent Surveillance – Broadcast：放送型自動位置情報伝送・監視）を利用した位置情報の提供等により、空飛ぶクルマとドローンが同一会場内で運航するための運航管理システムについて、大阪・関西万博で実証を行った。



https://drone-journal.impress.co.jp/docs/news/1187751.html

図 6　ReAMo プロジェクトにおける大阪・関西万博での実証 [10]

国土交通省航空局は、大阪・関西万博での空飛ぶクルマの飛行・運航の実現を目指し、2023 年度末までに制度整備を、2024 年度末までに交通管理体制の整備を行った。

[10] 出典：電波上空利用作業班（第 1 回）資料 1-6

図 7　無人航空機と無操縦者航空機の範囲 [11]

現在、国内外で空飛ぶクルマの開発が進められている。作業班では、米国の機体メーカーから、将来のビジネス構想、機体の開発状況、大阪・関西万博における実証、使用する無線システム等について紹介された。

空飛ぶクルマに搭載される無線システムは、機体の型式証明取得前の試験飛行における利用と、将来の商用運航における利用に大別される。大阪・関西万博における試験飛行では、型式証明取得前の試験機を使用することとし、試験機の無線局については実験試験局として 4 波を取得し、リアルタイムで機体の状態を地上の GCS においてモニタリングを行った。

機体には、標準的な航空無線機器を搭載したうえで、モニタリング等の通信において、冗長性を確保した高速無線データリンクを使用した旨の説明がなされた。なお、米国における空飛ぶクルマの試験飛行では、衛星通信サービスを用いた試みも行われている旨が紹介された。

[11] 出典：電波上空利用作業班（第 1 回）資料 1-5

図 8　空飛ぶクルマ [12]

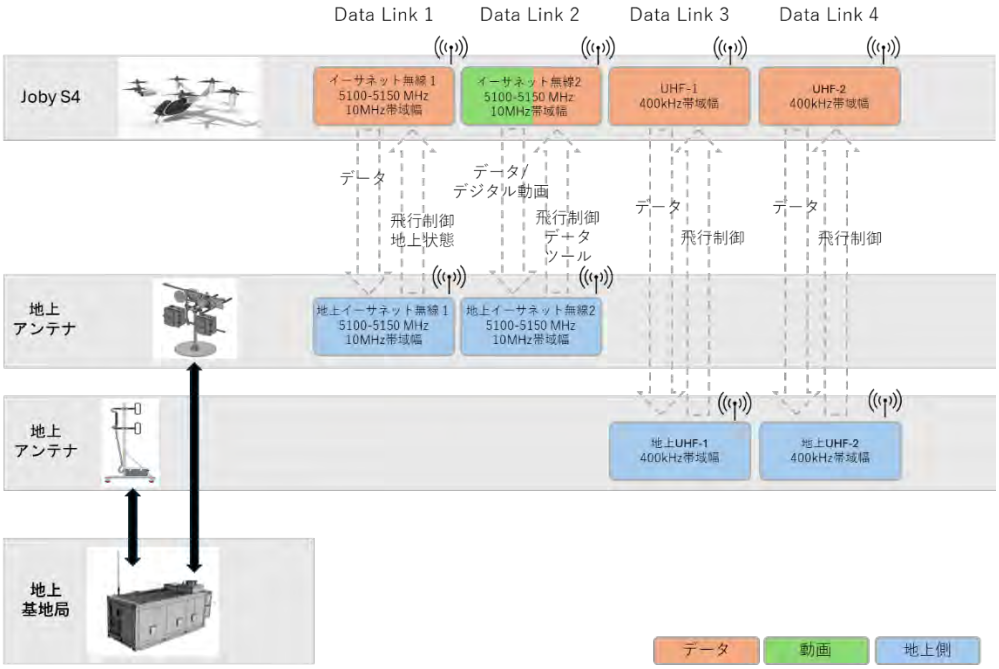



図 9　試験飛行で活用する無線リンク [13]

この機体メーカーは、空飛ぶクルマの商用運航において当面は、パイロットが搭乗しての操縦を想定しているが、搭載される無線設備については、標準的な航空機に搭載される無線機器（電波高度計、ATC トランスポンダ、VHF、GPS（Global Positioning System）受信機など）の使用を想定している。また、安全性にかかわる無線リンクとして、パイロットだけでは監視しきれない、それらの無線設備の機器の重要なデータを、地上からリアルタイムで監視する AMT（航空機モバイルテレメトリー）や、機体から地上に送られる映像のデータ、パイロットと地上との音声通信を想定している。また、旅客向けインターネットサービスの提供も想定している旨が紹介された。

[12] 出典：電波上空利用作業班（第 1 回）資料 1-7 より抜粋

[13] 出典：Joby Aviation

この社からは、将来の遠隔操縦について、安全性に関わる無線リンクとして、冗長性、低遅延性、高リフレッシュレートをもつ C2（Command and Control：制御用）リンク、AMT、地上パイロット用の高解像度ライブ映像に加えて、バックアップ映像、地上パイロットの音声通信用リンクが必要との見解が示され、これらを携帯電話網と衛星通信を組み合わせて実現することを構想している旨が紹介された。

## 2.4. ドローン（無人航空機）

ドローンとは、一般に「無人航空機」を指す。航空法上の定義では、「無人航空機」とは「航空の用に供することができる飛行機、回転翼航空機、滑空機及び飛行船であって、構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの（その重量その他の事由を勘案してその飛行により航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれるおそれがないものとして国土交通省令で定めるものを除く。）」とされ、国土交通省令で 100 グラム未満のものを除くとされている。ドローンの長距離化・大型化に向けて国内でも機体開発や飛行実証が進められている。

図 10　ドローンの例 [14]

あるドローン事業者は最大 250 キロメートルを飛行可能な大型 VTOL（垂直離着陸機）の開発を進めている。この VTOL ドローンは固定翼機でありながら、複数のプロペラを使用して垂直に離着陸できる。これにより、滑走路不要でどこからでも飛び立てる利便性と、固定翼機の長距離飛行能力を併せ持つ。現行モデルは電動・自動飛行で最大 70 キロメートルの飛行が可能である。

別のドローン事業者は、物流を主とした機体開発を行い、物流関連の実証実験を実施した。この機体は最大ペイロード 5.5 キログラムで 40 キロメートルの飛行が可能である。国

[14] 出典：電波上空利用作業班（第 1 回）資料 1-4 より抜粋

土交通省に対して第一種型式認証を申請中であり、機体の量産を開始している。この事業者は米国市場でも小型機の展開を進めている。

ユースケースとして、自治体や中央省庁、インフラ企業などを主な利用者とした例が挙げられた。愛媛県宇和島市では、VTOL を導入して災害時の被害状況把握や固定資産台帳の整備に利用された。また、国土交通省九州地方整備局や福岡県県土整備部でも河川管理や災害時の状況把握で VTOL が活用されている。ローカル鉄道路線の点検効率化・自動化や、ドローン物流に向けた取組が進んでおり、2026 年後半の実用化を目指しているとされた。

将来的な社会インフラとして、ドローンポートの設置が提案され、通信事業者によって全国約 1000 箇所へのドローンポート設置が計画されている。これにより、平時・有事を問わずドローンを活用した社会課題の解決が提案されている。具体的ユースケースとして、平時においては海岸線パトロールや夜間警備、有事においては被災状況の確認や捜索活動が想定されており、既に石川県では常設のドローンポートを設置し、実証実験が進められている。

図 11　ドローンポートユースケース [15]

ドローンでは様々な電波利用システムが使用されている。ドローンは主に GPS をはじめとする GNSS（Global Navigation Satellite System：全球測位衛星システム）で自機の緯度・経度、高度といった位置情報を把握し、加速度計とジャイロスコープを組み合わせた IMU（慣性計測装置）により姿勢・位置の変化を把握することで、安定した飛行を可能と

[15] 出典：電波上空利用作業班（第 2 回）資料 2-4

している。また、操縦者からの操作、バッテリー残量などの機体の状態、搭載されるカメラ・LIDAR[16]などから得られる情報は 2.4GHz 帯/5.2GHz 帯の無線 LAN、携帯電話、ラジコン操縦用微弱無線などを通じて伝送されている。使用する電波の種類により免許や届出、技術基準適合証明等が必要となる。

これらのドローンが目視外飛行する場合、航空法において遠隔でカメラ映像等で機体の外の様子を監視できることや地上においてドローンの位置及び異常の有無を把握できることが求められているほか、設定した立入管理区画に人が立ち入らないことを確認するために機体に取り付けられたカメラを使用する例もあり、これらのための通信回線が必要[17]となる。作業班で示された例では 2.4GHz 帯無線 LAN と LTE の上空利用を組み合わせた目視外飛行を基本としており、飛行中は操縦・状況確認のため、リアルタイムで FPV（一人称視点）カメラ映像を LTE や無線 LAN を通じて確認できる。また、操縦用とは別にペイロードとして用途に合わせた各種カメラやセンサーを搭載可能であり、このための通信も必要とされる。

ある事業者からは、ドローンの飛行距離は飛躍的に伸びており、それに伴い通信の課題が顕在化していることが述べられた。また、過去には LTE の上空利用が認められたことにより、長距離飛行の展望が広がったことから、更に、低軌道衛星等の衛星通信の活用が進めば、国土の多くを山間部が占めるという特徴を持つ我が国でのドローン活用の幅が広がると考えられるとの見解が述べられた。

また、同事業者から、LTE の上空利用において顕在化した課題の具体的事例として、兵庫県豊岡市での実証実験において、LTE 通信範囲の外では遠隔操縦ができないためドローンを飛行させることができず、LTE 通信範囲内で物流ドローンの飛行経路を計画する必要が生じ、コストやリスク増に影響を及ぼした事例が示された。また、衛星通信の活用がこれらの課題を解決する可能性があり、設計・検討が進められており、災害時のような LTE が不安定な状況でも、衛星通信が安定した通信を提供できれば、被災状況の調査に大きく貢献するとの意見が述べられた。

別の事業者からは、目視外飛行を行う VTOL の運用において、安全運航のためには通信の冗長化が必要だとの意見が述べられ、LTE のカバレッジが弱い地域では低軌道衛星等の衛星通信を活用して通信の冗長性を高める構想が示された。

---

[16] Light Detection And Ranging。レーザー光の反射情報により対象までの距離や対象物の形を測定する技術

[17] 国土交通省「無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール」
https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html

図 12　ドローン物流ユースケース [18]

また、別の事業者からは、今後、目視外飛行が広がりを見せることが想定され、更に、操縦者一人で複数の機体を同時に運航する多数機同時運航、他のドローンや空飛ぶクルマと連携した運航管理も視野に ReAMo プロジェクトで検討が進められている中で、通信の側面では、携帯電話網による通信範囲の限界や輻輳を補うため、低軌道衛星等の NTN の活用が提案された。

今後、ドローン市場においても国内に加え海外でも販売できる能力・規模を有するメーカーが残っていくことが想定され、海外市場への出荷を前提とした製造時の電波発射に必要な無線局免許手続きの緩和を求める意見が述べられた。特に、国によって使用できる無線システムや諸元（周波数・出力）が異なるため、海外向け仕様の製品を国内で試験する際に、国内で認められていないシステムの場合は実験試験局の免許取得に時間を要するなどの課題があるとの意見が示された。また、我が国では令和 4 年 12 月に目視外・補助者なし飛行（BVLOS）制度が導入されて世界的にも先進的な制度となっており、国内で得られた知見をもとに海外に先進的な製品を提供したいとする意見も述べられた。

[18] 出典：電波上空利用作業班（第 3 回）資料 3-4

# 第３節 上空利用の拡大を支える電波上空利用インフラ

航空分野における電波の利用拡大を見据えた今後の電波利用政策の在り方等の検討を行うに当たり、本節では現行の航空機に使用される無線システムについて紹介する。

## ３.１. 基本的考え方

航空分野で利用される無線技術は、主に Communication（通信）、Navigation（航法）、Surveillance（監視）の 3 つの分野に分類される。

Communication（通信）：航空機と地上管制官又は航空機同士の間での情報交換を可能にするもので、パイロットと管制官との間での飛行に関する指示の伝達、状況報告、緊急時の対応などの音声通信を行うものや、ACARS（Aircraft Communications Addressing and Reporting System）などを利用したテキストメッセージのやり取りを行うデータ通信が例として挙げられる。

Navigation（航法）：航空機が安全かつ正確に目的地に到達するために、自機の現在位置、方向、速度等の情報を提供する無線技術である。GPS 等の人工衛星を利用して航空機の位置を特定する GNSS が例として挙げられる。

Surveillance（監視）：主として地上の管制や他の航空機が、飛行する航空機の位置、高度、速度、識別番号などをリアルタイムで把握するための無線技術である。航空機の位置情報や高度情報を得る二次レーダーの SSR（Secondary Surveillance Radar、後述）などの例がある。

航空機にはこれらの無線機器が搭載され、操縦者はこれらの無線・通信機器を使用し航空機を操縦する。

図 13　航空機に関連する主な無線システム [19]

## 3.2. 通信

有人航空機における通信は、重要度順に、航空交通業務通信（ATSC）、運航管理通信（AOC）、航空会社業務通信（AAC）、旅客向け通信（APC）の 4 つに分類される。上位 3 つの通信は ITU（国際電気通信連合）により航空機用に航空移動(R)業務（AM(R)S）や航空移動衛星(R)業務（AMS(R)S）として国際分配された以下の周波数帯を使用している。陸上では VHF 通信、洋上では衛星通信が主に利用されている。

| | |
|---|---|
| HF 通信 | 2.8-22MHz |
| VHF 通信 | 118-137MHz |
| 衛星通信（管制用） | 1.5/1.6GHz 帯 |

航空交通業務通信においては満たすべき遅延限度（RCP）が定められ、各国の航空当局の関連機関によって通信品質がモニタリングされている。近年、飛行中の機体からメンテナンスデータを送信する需要が増加しており、特に VHF 帯の周波数利用がひっ迫している。

今後の有人航空機の通信では、航空情報共有基盤（SWIM）の構築が進められており、航空機に IP アドレスを割り当てて大規模なクラウドネットワークを構成する計画がある。現状の通信速度は VHF 航空通信で数十 kbps、衛星通信でも数百 kbps 程度であり、旅客向け通信の方が高速であるという逆転現象が生じている。新たな動きとして、LTE や 5G、低

[19] 出典：電波上空利用作業班（第 1 回）資料 1-4

軌道衛星通信などの公衆通信を航空通信に利用する HYCON（Hybrid Communication Networks）の規格化が国際的な民間標準化団体（SAE）で進められている。

無人機への展開における主要な課題として、まず、制御用通信である C2 リンク（CNPC リンク）の重要性が挙げられる。操縦者が搭乗しない航空機においては、地対空通信が機体の耐空性に直結する。有人航空機では通信途絶時に機上の操縦者が対処できるが、無人機ではそれが不可能であり、事故が発生すれば周辺空域を飛行する有人航空機や地上に甚大な被害をもたらす可能性がある。

データ通信に用いられる通信技術としては、主に衛星系、地上系に大別され、以下の技術が導入されてきている。

## 上空利用可能な通信システム：衛星通信

総務省 Ministry of Internal Affairs and Communications

- 無操縦者航空機、空飛ぶクルマ、ドローン・無人航空機で衛星通信が広く活用
- 利用用途、機器構成に応じ利用者がシステムを選択

| システム名称 | 周波数帯 | 主な制限 | 無線設備規則の規定 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| イリジウム | 1618.25-1626.5MHz | PFD制限なし | ○第45条の22（航空機地球局）<br>○第49条の23 2号（携帯移動地球局） | |
| インマルサット | 1626.5-1660.5MHz | PFD制限なし | ○第45条の20（航空機地球局）<br>○第49条の24（携帯移動地球局） | |
| Ku帯航空機地球局 | 14.0-14.5GHz | PFD制限あり<br>高度制限あり | ○第45条の21（航空機地球局） | • ITU-R勧告M.1643を参考に検討 |
| ヘリサット | 14.0-14.4GHz | PFD制限あり | ○第49条の24の3（携帯移動地球局） | • ITU-R勧告M.1643を参考に検討 |
| スターリンク | 個別：14.0-14.5GHz<br>包括：14.0-14.4GHz | PFD制限あり | ○第49条の23の5（携帯移動地球局） | • 欧州での検討結果（ECC Report 271）を参考に検討<br>• ECC Report 271では、高度3,000m以上であればPFD制限値を守ることが可能と記載 |
| ワンウェブ | 14.0-14.5GHz | PFD制限あり | ○第49条の23の6（携帯移動地球局） | • 欧州での検討結果（ECC Report 271）を参考に検討 |
| Ka帯ESIM | 29.5-30.0GHz | PFD制限なし | ○第49条の23の4（携帯移動地球局） | • 電波天文との検討を実施し、高度10,000mについて60dBc※、高度1,000mについて80dBcのスプリアス抑圧フィルタを使用すれば共用可能と結論 |

※dBc：搬送波電力を基準にした電力比

図 14　上空利用可能な通信システム（衛星通信）[20]

[20] 出典：電波上空利用作業班（第 1 回）資料 1-4

## 上空利用可能な通信システム：携帯電話等

総務省 Ministry of Internal Affairs and Communications

- ドローンは、**機体制御や画像伝送等のため電波を利用**することが必要。我が国では、ドローンの利用ニーズを踏まえ、2.4GHz帯、 5.2GHz帯、 5.7GHz帯、 携帯電話等をドローンで利用可能な無線システムとして制度化。
- 運用者は、ドローンの利用用途等を勘案し、最適な無線システムを利用。

| 無線システム名称/無線局種 | 周波数帯 | （参考）※4 伝送速度 | （参考）※4 通信距離 | 無線局免許 | 特徴、利用用途 |
|---|---|---|---|---|---|
| **ラジコン操縦用 微弱無線** | 73MHz帯等 | 5kbps | 1km程度 | 不要 | ホビー用途等で手軽に利用可能<br>産業では農薬散布での利用が主体 |
| **特定小電力無線局** | 920MHz帯 | ～1Mbps | 500m程度 | 不要※1 | 操縦用として利用 |
| **2.4GHz帯無線LAN**<br>（小電力データ通信システム） | 2.4GHz帯<br>（2400～2483.5MHz） | ～54Mbps | 1km程度 | 不要※1 | 操縦・画像伝送等の用途で最も普及。<br>利用者が多いため混雑。 |
| **5.2GHz帯無線LAN**<br>（5.2GHz帯高出力データ通信システム） | 5.2GHz帯 | 数十Mbps | 数百m程度 | 不要※1※2 | 主に空撮、インフラ点検、測量等で利用 |
| **無人移動体 画像伝送システム** | 169MHz帯 | ～数百kbps | 5km程度 | 要 | 主に空撮、インフラ点検、測量等で利用<br>（操縦・制御のバックアップ等に使用） |
| | 2.4GHz帯<br>（2483.5～2494MHz） | ～数十Mbps | 10km程度 | 要 | 主に空撮、インフラ点検、測量等で利用 |
| | 5.7GHz帯 | 数十Mbps | 5km程度 | 要 | 主に空撮、インフラ点検、測量等で利用 |
| **携帯電話（4G/5G）** | 800MHz帯<br>等 | 数十Mbps | 携帯電話のエリア内 | ※3 | 見通し外通信や遠隔運用が可能であり、<br>インフラ点検、物流、映像配信等で利用。<br>ただし、携帯電話のエリア外では利用不可。 |
| **ローカル５G** | 4.7GHz帯<br>28GHz帯 | 数Gbps | 数百m程度 | 要 | 高精細映像伝送、イベント運営で利用。 |

※1 免許を要しない無線局については、無線設備が電波法に定める技術基準に適合していることを事前に確認し、証明する「技術基準適合証明又は工事設計認証」を受けた無線設備を使用する場合に限る
⇒ 右図の「技適マーク」が表示された無線設備のみ使用可能である。

技適マーク

※2 既存無線局との共用のため厳密に台数管理をする必要があることから登録局制度の対象
※3 携帯電話事業者の免許で運用
※4 法令に規定はなく、メーカー等のヒアリングによるもの

図 15 上空利用可能な通信システム（衛星通信）[21]

### 3.2.1. 静止衛星

国内静止衛星事業者は、航空機向けインターネット（IFC）の需要は映像ストリーミングの解禁により爆発的に増加し、2030 年に向けて成長が加速すると想定している。航空機向けの通信事業は、国内線を中心に利用帯域が増加しており、今後 10 年で更に拡大すると見込んでいる。

通信の大容量化と柔軟性向上を目指し、この事業者は次世代衛星としてフルデジタル衛星（SDS）を打ち上げ、従来衛星の数十倍の通信容量を持つ次世代衛星フリートの構築を計画している。SDS は高い柔軟性を持ち、軌道上でサービスエリアや伝送容量を変更可能である。将来的な自動運用に向けての取組も進んでいる。また、同事業者は様々な分野で無人機の需要拡大も見込んでいる。

[21] 出典：電波上空利用作業班（第 1 回）資料 1-4

図 16　衛星通信の大容量化・柔軟性向上への対応 [22]

航空機・無人航空機等の移動体を追従することで特定の地点のみにビームを照射し、それ以外の地域では別のビームを利用できるようにする Follow me beam（追従ビーム）を活用したサービスにより、安定した通信を提供する計画が紹介された。

### 3.2.2. 低軌道周回衛星

米国企業による低軌道周回衛星通信サービスでは、8,000 機以上の衛星が稼働中であり、150 以上の国・地域において 800 万以上の顧客にサービスが提供されている。この企業から、ユースケースとして災害時のような緊急時対応が示され、ハリケーンや火災時にもインターネット接続を提供した実績があるとの紹介が行われた。

この事業者の ESIM（移動体地球局）は、航空機や船舶で利用されており、航空機向けのサービスは既に 1,350 機以上に接続され、世界 100 か国で認可を受けて、20 万フライト以上でサービスを提供している。衛星にはレーザーメッシュネットワークが搭載され、接続の継続性を確保している。

[22] 出典：電波上空利用作業班（第 2 回）資料 2-3

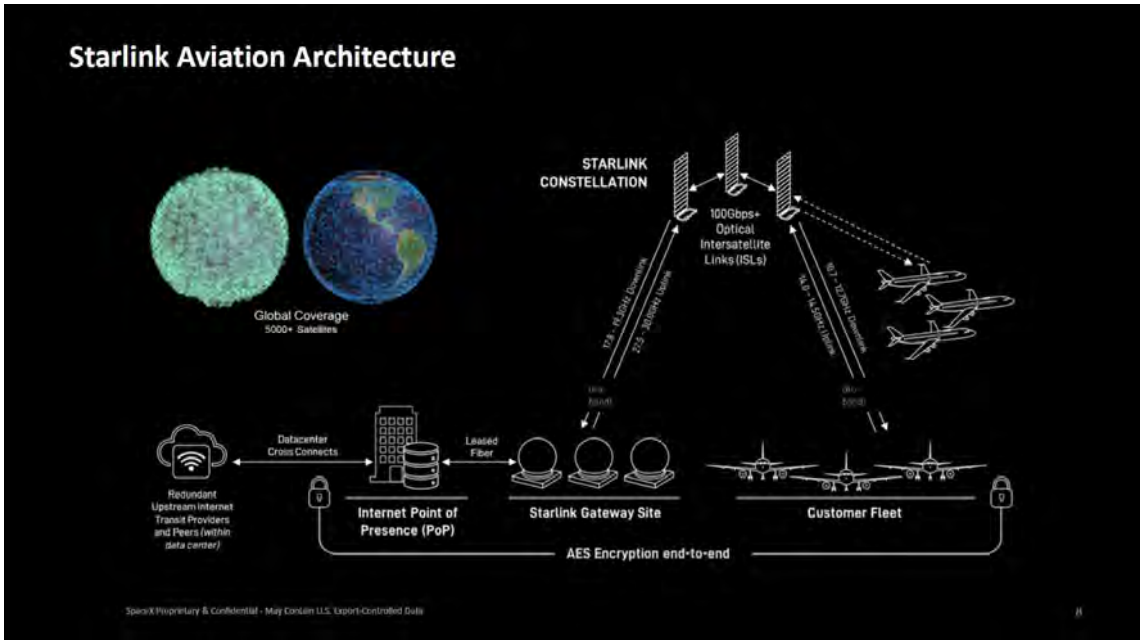



図 17　ある米国企業の航空通信構成 [23]

この事業者のシステム構成では、世界に 300 か所のゲートウェイサイトがあり、衛星とインターネットのバックホールとして使用されている。Ku 帯をユーザー端末側で使用し、Ka 帯をゲートウェイで使用している。

現在、我が国での航空 ESIM 運用には、無線局運用規則第 262 条の 2 により衛星から放射され地表面に到達する電波の強度（PFD）の制限が設けられ、高度 3,000 メートル以下での ESIM 運用に制限がある。この事業者からは、航空 ESIM 用途について、保護するべき無線システムが同一の周波数帯に存在しない 14.4GHz 以下の周波数については、PFD 制限値への準拠を不要とすることが提案された。

米国や欧州では多くの航空会社が低軌道衛星通信を用いて無線 LAN サービスを提供しており、我が国でも航空機・ドローンを含む様々な利用例で高速大容量かつ低遅延のサービスの提供に対する期待が述べられた。

### 3.2.3. 高高度プラットフォーム（HAPS）、衛星ダイレクト通信

通常の旅客機が飛行する高度 10 キロメートル程度よりも更に高い 20 キロメートル程度の成層圏を飛行する無人航空機等に携帯電話基地局を搭載する HAPS（High Altitude Platform Station：高高度プラットフォーム）の実用化に向けても検討が進められている。HAPS が陸上の携帯電話基地局と一体的に運用されることで、離島、海上、山間部を含め効率的にエリア化することが可能になると見込まれている。

[23] 出典：電波上空利用作業班（第 3 回）資料 3-5

HAPS は長期間成層圏に滞留しサービス提供を行い、その過程で我が国の国内外を含め広範な地域を飛行することが想定される。操縦は地上から遠隔で行われ、このため、地球規模での移動に対応し安定的に通信を提供できる C2 回線が必要となる。また、経由する空域に応じ管制と交信する必要がある。

また、HAPS の実用化に向けて、令和 7 年 7 月から情報通信審議会情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会 HAPS 検討作業班で HAPS の技術的条件を検討し、その結果を受けて令和 8 年 4 月に無線局の制度整備が行われた。

同様に、通常地上に設置される基地局を衛星に搭載し地上の携帯電話端末と通信する衛星ダイレクト通信システムも実用化されている。衛星ダイレクト通信システムは、携帯電話端末が携帯電話に割り当てられた周波数（IMT 周波数）を使用して人工衛星と直接通信を行い、当該人工衛星を介して携帯電話網のコアネットワークに接続することで通信を実施（携帯無線通信と同様にコアネットワークが基地局を通じて携帯電話端末を制御）するもので、令和 6 年 12 月に制度改正が行われた。ドローン等の次世代空モビリティの運航範囲拡大、冗長性確保、低高度通信インフラの構築が可能になるとの期待から、通信事業者から衛星ダイレクト通信の上空での利用が要望された。

### 3.2.4. 携帯電話

サービスエリアが広く高速・大容量のデータ伝送が可能な携帯電話等をドローン等に搭載し、操縦や画像伝送等に利用したいとのニーズに対応するため、2016 年 7 月に「実用化試験局制度」が導入された。携帯電話システムは地上での利用を前提に設計されていることから、携帯電話をドローン等に搭載して上空で利用すると、同じ周波数の電波を用いる他の基地局と混信を生じ、地上の携帯電話の通信に影響を与えるおそれがある。そのため、地上システムに影響を与えないよう、上空利用時の送信電力制御機能を適用することを条件として使用を認める制度とされている。令和 2 年 12 月に LTE 方式の一部帯域について、令和 5 年 4 月に高度制限の撤廃及び 5 G 方式の導入並びに令和 7 年 5 月に 5 G 方式の一部帯域の利用を可能とする制度整備が実施された。現在、携帯電話事業者が整備するシステムにより、利用者がウェブ経由等の簡易な手続きで 1 週間程度で利用可能となる環境が実現されている。

携帯電話事業者が整備するシステムでは、ユーザー向けにはシミュレーターという形で、エリアごとの利用可能性をウェブアプリで確認する機能が提供されている。前述の上空利用時の送信電力制御機能を適用するとの条件に対応して、携帯電話事業者のシステムにおいて送信電力制御や周波数の制限がネットワーク側の機能として実現されている。

上空向けの携帯電話通信は、LTE 上空利用プランとして、ドローンのような無人航空機やその他の航空機に対して提供されている。

ヘリコプターによる情報伝送や映像伝送においても携帯電話網を利用した通信が利用されている例が紹介された。150 メートルを超えて数百メートルに達する高度での通信にお

いては、電波が届かないという事例も挙げられた。また、比較的低高度で電波が届く場合でも、特に都市部では地上に多くの基地局が存在し、これらの基地局は地上の利用者に最適化されたエリア構成となっているため、上空では電波干渉が多く、電波品質が低下することが確認されている。これにより、ヘリコプター特有の高度や都市部上空での干渉の多さが障害となり、通信の利用が難しいという課題が示された。

### 3.2.5. 地対空直接通信

ドローンは、機体制御や画像伝送等のために電波を利用することが必要であり、我が国では、ドローンの利用ニーズを踏まえてドローンで利用可能な無線システムを制度化してきた。

ドローン等に利用可能な地対空直接通信を行うシステムには、携帯電話システムのほか、図 15 のとおり、特定小電力無線、無線 LAN、無人移動体画像伝送システム等の様々なシステムがあり、ドローンの運用者は、ドローンの利用用途等を勘案してこれらの中から最適な無線システムを利用している。

## 3.3. 航法

航空機が安全かつ正確に目的地に到達するために、自機の現在位置、方向、速度を測定・算出し、進行方向を管理・維持するため航法システムが用いられる。電波を利用する航法システムとして、GPS 等の人工衛星を利用して航空機の位置を特定する GNSS、地上に設置した無線局から航空機に距離と方位の情報を提供する VOR（VHF Omnidirectional Range：超短波全方向式無線標識）/DME（Distance Measuring Equipment：距離測定装置）、TACAN（Tactical Air Navigation：戦術航空航法装置）、着陸時の航空機に誘導電波を発射して滑走路への進入コースを指示する ILS（Instrument Landing System：計器着陸装置）等、様々なシステムが利用されている。

また、電波を用いない航法システムとして、ジャイロスコープと加速度計を使用して航空機の位置、速度、姿勢を計算する慣性航法装置も利用される。

### 3.3.1. GNSS

GNSS（Global Navigation Satellite System: 全球測位衛星システム）は、地球上の任意の地点で高精度な位置、速度及び時刻情報を算出・取得するための衛星システムで、航空機の航法、位置特定、ルート計画に広く利用されている。

GNSS には我が国の準天頂衛星システム、米国の GPS、欧州連合の Galileo、ロシアの GLONASS、中国の BeiDou などの人工衛星を利用する。これらのシステムはそれぞれの国や地域によって運営されており、複数の衛星が地球の周回軌道上に配置されている。

航空機はこれらのシステムに属する複数の人工衛星からの信号の到達時間を基に位置を計算する。GNSS は特に長距離飛行や海洋上空の航行において不可欠なツールであり、その利用により、航空機は安全かつ効率的に飛行することが可能になる。

### 3.3.2. VOR/DME、TACAN

VOR（VHF Omnidirectional Range: 超短波全方向式無線標識）は、地上の無線局から VHF 帯の周波数の電波を送信し、航空機が自機の方位情報を取得できるシステムで、特に航空機が空路を正確にたどるために使用される。VOR の無線局（VOR 局）は 360 度全方向に電波を発射しており、航空機は自機が VOR 局から見てどの方位（ラジアル）にいるかを知ることができる。これにより、パイロットは特定の VOR 局を基準にして自機の位置を確認したり、目的地までのルートを設定したりすることが可能になる。

VOR は見通し（Line of sight）での運用が基本で、山岳や地上障害物による影響を受けやすいが、比較的高い精度を持っており、長年にわたり航空航法の基本的な手段の一つとして利用されてきた。

DME（Distance Measuring Equipment: 距離測定装置）は、航空機が地上に設置された特定の地点までの距離を測定するためのシステムで、VOR や ILS と組み合わせて使用される。

航空機から地上の DME の無線局（DME 局）に向けて UHF 帯の周波数の電波を発射し、その電波が DME 局で受信されると、DME 局は応答信号を航空機に送信する。航空機は送信から受信までにかかる時間を測定し、その時間を基に距離を計算する。この距離は地上の DME 局から航空機までの斜距離（直線距離）として表示される。

DME は、航空機が現在の位置の確認や、特定の地点までの距離を知るために利用され、特に、VOR と組み合わせて使用することで飛行中のより正確な位置特定が可能になる。これは、計器飛行方式を採用している航空機にとって重要な情報源となり、飛行計画の実行や進入、着陸段階での精密な航法に貢献する。

TACAN（Tactical Air Navigation: 戦術航空航法装置）は、主に軍用機で利用される、航空機に対して地上の無線局（TACAN 局）までの距離と方位を提供するシステムである。TACAN は、VOR と DME の機能を組み合わせたもので、より高精度な位置情報を提供できるように設計されている。民間航空機では一般的に使用されないが、一部の空港では民間航空機も TACAN 局の DME 機能を利用することができる。

### 3.3.3. ILS

ILS（Instrument Landing System: 計器着陸装置）は、航空機が悪天候や視界不良の条件下でも安全に着陸できるように支援するための航法システムである。滑走路の進入経路を

示すために地上に設置された一連の無線設備を使用し、航空機に対して正確な進入角度と方向を提供する。

ILS は主に以下の 2 つのコンポーネントで構成されている。

1. ローカライザー（Localizer）

滑走路の延長線上に設置され、左右の方向（水平位置）を示す信号を送信する。ローカライザーの信号により、パイロットは航空機が滑走路の中心線に対してどれだけずれているかを知ることができ、これにより、航空機は正確に滑走路の中心に向かって進入することができる。

2. グライドスロープ（Glide Slope）

滑走路の端付近に設置され、垂直方向（高度）の進入角度を示す信号を送信する。一般に 3 度の降下角度が設定されており、パイロットはこの信号を基に適切な降下率を維持して滑走路に進入する。

これらの電波を受信することで、航空機の計器は進入経路のずれを表示し、パイロットはその情報を基にコースを修正しながら着陸操作を行う。

ILS は、信頼性が高く、精度の高い進入支援を提供するため、多くの商業空港で使用されている。特に視界が悪い状況や夜間など、目視による進入が困難な場合において、ILS は安全な着陸を支える重要なシステムである。

### 3.3.4. ドローンの航法

ドローンが自機の位置や速度を把握するシステムとして、GNSS や加速度計とジャイロスコープを組み合わせた IMU、レーザーを使用して周囲の環境をマッピングする LIDAR 等、様々なものが利用されている。

また、衛星測位システムを補完する、UHF 帯の電波を使用する地上波方式測位システムについて、2025 年に情報通信審議会で答申を受けて総務省で省令改正手続きが進んでいることが、作業班のヒアリングの場で紹介された。

## 3.4. 監視、電子的視認性

地上の管制や他の航空機が、飛行する航空機の位置、高度、速度、識別番号などをリアルタイムで把握・共有するための技術や設備は監視システムと呼ばれる。航空機の監視には、地上から電波を送信し航空機からの反射波を受信して位置を特定する PSR、地上から質問信号を送信し航空機に搭載された ATC トランスポンダから応答する信号を受信して位置情報や高度情報を取得する SSR、地上に配置された複数の受信機が航空機から発射され

る電波を受信し、その到達時間差を利用して航空機の位置を算出する MLAT（マルチラテレーション）及び WAM（広域マルチラテレーション）等、様々なシステムが利用されている。

### 3.4.1. PSR/SSR

PSR（Primary Surveillance Radar: 一次監視レーダー）は、地上のレーダーから電波を送信し、その電波が航空機の機体に反射されて戻ってくる信号を受信することで航空機の位置を特定する、一次レーダーである。航空機側が電波を発射しなくても検出可能であり、トランスポンダを搭載していない航空機や、故障している航空機も検出できる。

SSR（Secondary Surveillance Radar: 二次監視レーダー）は、航空機に搭載された ATC トランスポンダに対して質問信号を送信し、その信号を受信した航空機からの応答信号を受信することで、対象の航空機の位置情報や高度情報を得る、二次レーダーである。PSR と比較して位置情報の精度が高い、航空機の識別が容易であるなどの特徴を持つ。

PSR と SSR を組み合わせて使用されることも多い。

### 3.4.2. ASDE、MLAT、WAM

ASDE（Airport Surface Detection Equipment：空港面探知レーダー）は、空港の地上において航空機や車両の位置を監視する、24GHz 帯の電波を使用する一次レーダーのシステムである。

MLAT（Multilateration：マルチラテレーション）は、航空機の ATC トランスポンダから送信される信号（スキッタ）を複数か所で受信して、受信時刻の差から航空機等の位置を測定するシステムである。ASDE がカバーできない領域を監視することが可能で、主に ASDE と組み合わせて飛行場管制業務に使用される。

WAM（Wide Area Multilateration：広域マルチラテレーション）は、空港面を二次元的に監視する MLAT と同じ動作原理により、空港周辺の空域を三次元的に高精度に監視するシステムである。

### 3.4.3. ADS-B、電子的視認性、非協調型回避技術

ADS-B（Automatic Dependent Surveillance - Broadcast：放送型自動位置情報伝送・監視）は、SSR の質問信号を受信しない場合も ATC トランスポンダから定期的に周囲に位置情報等を送信する機能で、我が国では ATC トランスポンダの一機能として扱われている。

前項までのシステムは主として管制官が航空機の位置や速度等の情報を把握するために利用されるものである一方、ADS-B は航空機同士の相互監視によって周辺の航空機の位置の把握を可能とし、航空機の衝突リスクの低減につなげることも期待できる。

ドローンが多く飛行する高度 150 メートル以下では、ヘリコプター等との干渉が生じる可能性がある。衝突回避には多層の安全対策が必要であり、有人航空機の場合、飛行前の計画段階、飛行中の管制による間隔維持、機体による自律的回避の 3 段階がある。無人航空機の場合、国際的に SORA（Specific Operations Risk Assessment）というドローンの衝突リスク低減のためのアプローチが提言されており、飛行前の有人航空機との遭遇率低減と飛行中の衝突回避装置の組合せにより全体リスクを許容範囲に抑えるものとなっている。

図 18　有人航空機と無人航空機の衝突防止に関する課題 [24]

飛行中の衝突回避のためには有人航空機の位置把握が必要となる。

これに対し、非管制区域等で従来の監視技術を補助する役割として、小型のものを含む航空機等の空域利用者が相互にその存在を知らせ衝突の危険性を回避することを目的とした電子的視認性（Electronic Conspicuity）の概念とそれを実現する機器が英国航空局等によって提案・開発され、それらを踏まえた制度の検討が欧州（EASA：欧州航空安全機関）や米国（FAA：米国連邦航空局）でも進められている。我が国でも、一部の事業者から ADS-B 等の航空機への搭載が提案されている。また、作業班の場では、実証実験の結果を踏まえたポータブル ADS-B の活用可能性も示された。

また、ドローンと有人航空機等の衝突回避技術には、ADS-B のような協調型の技術に加えて、レーダー等によって対象を検知しドローンが航空機等を回避する非協調型の技術もある。

この非協調型の衝突回避技術について、作業班の場で、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の DRESS（Drones and Robots for Ecologically Sustainable Societies

[24] 出典：電波上空利用作業班（第 4 回）資料 4-4

project）プロジェクトで研究開発を進め、ISO（国際標準化機構）で運用手順等の標準化を行った、小型ドローンに搭載可能なレーダーとカメラによる衝突回避システムが紹介された。

## 3.5. 研究開発中の技術

### 3.5.1. 無線中継技術

国内の研究開発機関では、上空利用の拡大に資する様々な研究開発が行われている。その一例として、山岳などの障害物により電波が遮断される環境下においても、中継ドローンを介して電波を中継することで無人航空機の目視外飛行を実現する「コマンドホッパー」と呼ばれる技術が開発されている。

920MHz 及び 169MHz の 2 周波数帯を使用し、無瞬断で最大 3 ホップの中継通信が可能であり、後者の場合、通信距離は 10 キロメートル以上を達成している。

実証事例としては、活火山における降灰観測、洋上監視、山小屋への物資配送、ダムの点検、電線・鉄塔のメンテナンスなどが実施されている。

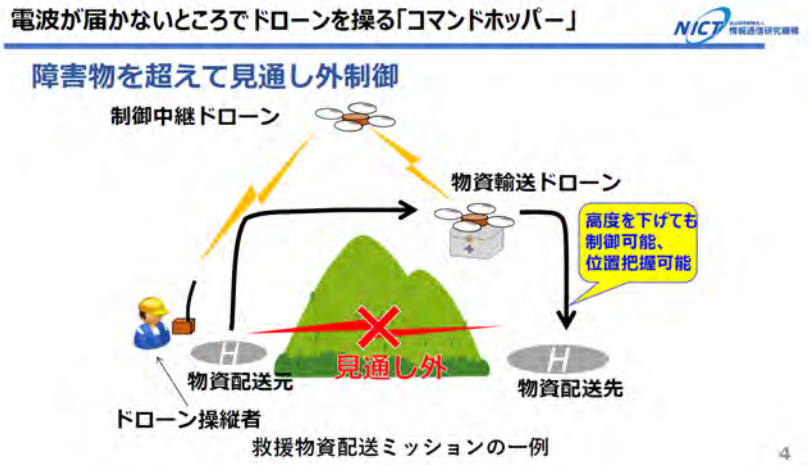



図 19　無人航空機の目視外飛行のためのコマンドホッパー[25]

また、「ドローンマッパー」と呼ばれる機体間通信技術も開発されており、920MHz 帯を用いてドローン間の位置情報共有を行う。これにより 10 キロメートル圏内での動態情報の共有が可能となる。

更に機体間通信を利用した群飛行制御及び自律的な接近回避機能も研究が進んでいる。群飛行制御では先導機のみを操縦して、追従機は機体間通信を用いることで、飛行に必要

[25] 出典：電波上空利用作業班（第 4 回）資料 4-1

な周波数の縮減を可能としている。これらの技術により、周波数の有効利用と安全な飛行の両立を目指している。

### 3.5.2. 無線測位技術

航空機の位置情報を測位するシステムとして、地上波測位システムの開発が進められている。高精度三次元測位サービスを社会インフラとして提供することを目指し、GNSS が果たす役割を地上波から発信することで実現するシステムである。GNSS と比較して受信強度を最大 10 万倍まで高めることができ、屋内や地下、上空での利用が可能である。この技術は米国で開発されたものであり、我が国においても導入に向けて無線局の制度整備が進められている。この地上波方式は GNSS を補完し、安全性を確保する技術として位置付けられている。

今後の高度化に向けて、センチメートル級測位技術と準天頂衛星システムを地上局と接続し、準天頂衛星の縦ベクトルと地上波システムの横ベクトルを組み合わせることで、GPS と同等の効果を実現し、衛星との組合せにより上空利用にも対応可能であると示された。

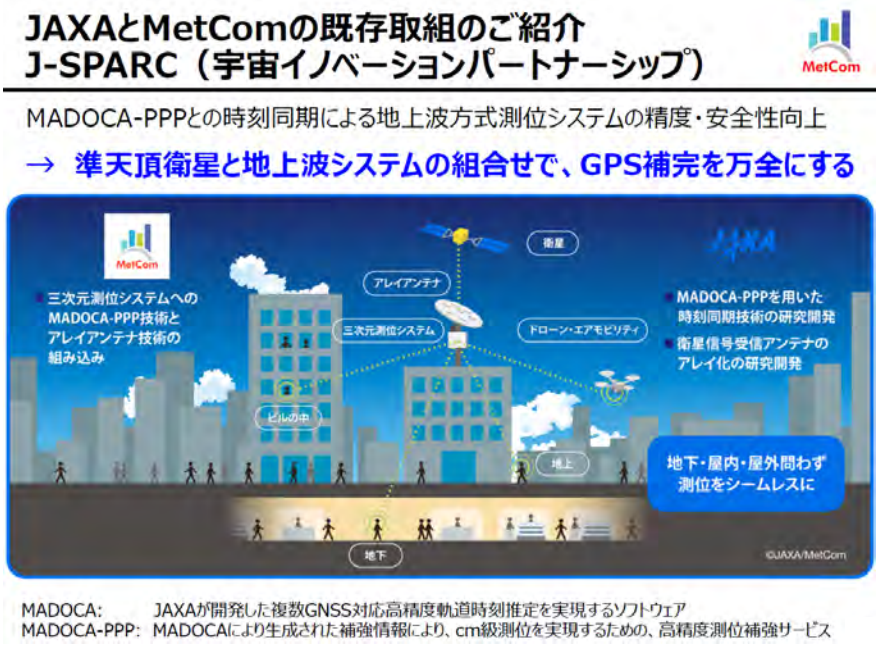



図 20　測位システムの精度向上に向けた取組の事例 [26]

[26] 出典：電波上空利用作業班（第 4 回）資料 4-3

### 3.5.3. 運航管理技術

民間企業でも研究開発の目標として、2030 年代の多頻度・高密度運航、遠隔操縦、自動自律化に対応するハイブリッド通信システムの構築を掲げて研究開発が進んでいる。具体的には、LTE や衛星通信を活用した低コストな通信システムの開発、通信の冗長化による高信頼性の確保、暗号化・認証によるセキュアな通信、動的なリソース最適化技術の研究が進められている。

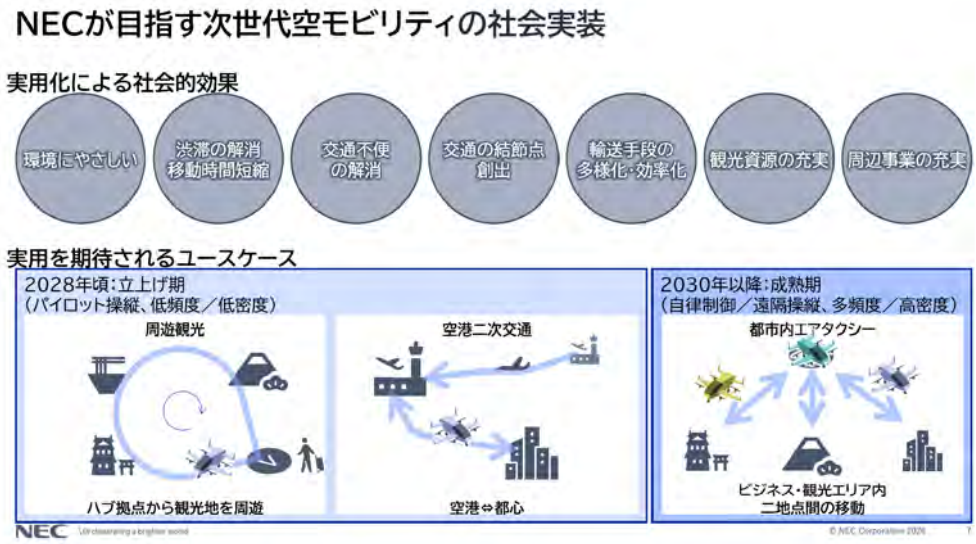



図 21　次世代空モビリティの想定されるユースケースの一例 [27]

NEDO の ReAMo プロジェクトにおいて通信グランドデザインの策定を推進しており、大阪・関西万博では ADS-B 受信網を構築し動態情報モニタリングサービスの実証を行った。

また、UTM（無人航空機運航管理）を用いた情報共有サービス、リアルタイム性を重視した大量運航対応システム、将来的な V2V（Vehicle to Vehicle）通信による衝突回避技術の研究開発が実施されている。

今後の課題として、電波干渉シミュレーション環境の構築、低高度空域向け電波制度の検討、国際標準化への準拠と貢献、AAM 機特有の通信要件に応じた環境整備が必要との見解が述べられた。

[27] 出典：電波上空利用作業班（第 4 回）資料 4-5

# 第４節　国際動向と国際調和

本節では、上空での電波利用に関連する諸外国や国際機関における制度化や研究開発の動向について概括する。

無人機に関連する用語の定義

ICAO における国際的な無人機の定義及び国内における無人機に関連する用語の定義について整理する。RPAS（Remotely Piloted Aircraft System）は、遠隔操縦により運航される無人機システムであり、無人機システム（UAS）の一類型として位置付けられている。ICAO では、RPAS が有人航空機と同一の空域を安全に共有し、既存の航空交通管理体系に統合されることを前提として定義されている。

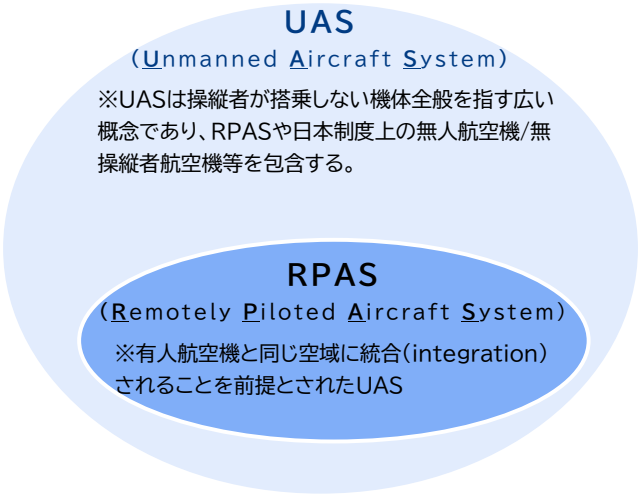



図 22　ICAO における UAS と RPAS との関係性 [28]

一方、我が国においては、無操縦者航空機は航空機の枠組みに包含されており、遠隔操縦により運航される空飛ぶクルマは、その一類型として整理されている。他方、無人航空機及び小型無人機は、航空機の枠組みとは別に位置付けられている。

[28] 出典：公開情報にもとづいて作成

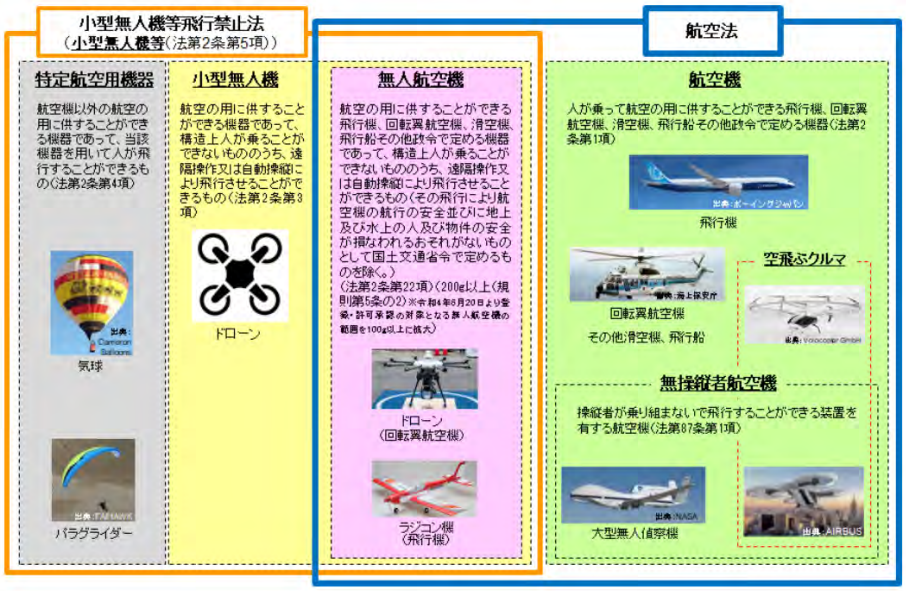



図 23　我が国における新たな空モビリティの関係性 [29]

国際標準化機関における RPAS システムの位置付けについて図 24 に整理する。特に RPAS は、国際運航を前提とする機体であり、複数国が関与する運航形態となることから、RPAS の電波利用については国連機関において国際標準化の対象として検討が進められている。

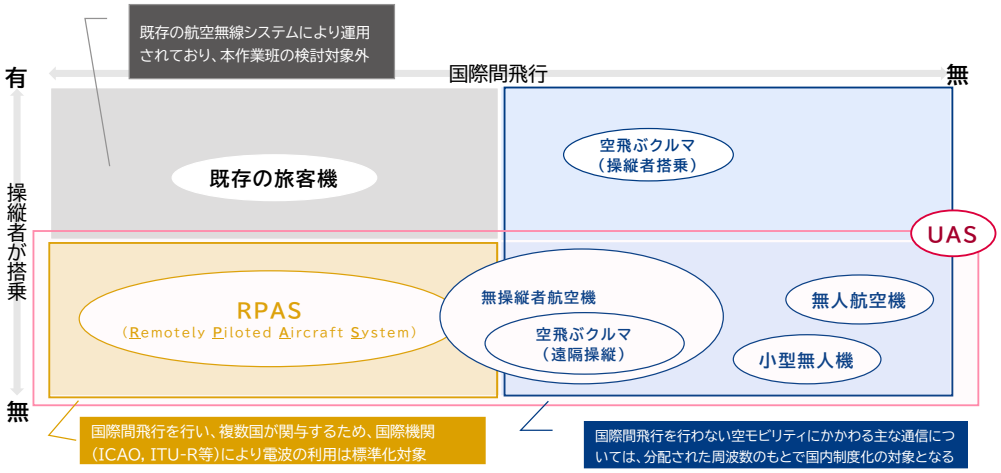



図 24　RPAS と我が国における新たな空モビリティ等の定義の関係性 [30]

[29] 出典：「空飛ぶクルマ」の試験飛行等に係る 航空法の適用関係のガイドライン
https://www.mlit.go.jp/koku/content/001472777.pdf

[30] 出典：公開情報にもとづいて三菱総合研究所作成

## 4.1. 国際機関等における標準化の動向

### 4.1.1. 諸外国における上空での電波利用に関する主な考え方

機体のサイズや運航のリスクが異なる UAS について、今後利用可能になると想定される周波数に関し、国際標準化機関及び諸外国の主管庁における議論の状況を表 1 に整理する。なお、米国及び欧州における位置付けについては、現時点での検討動向を踏まえたイメージを示したものである。

表 1　機体のサイズや運航のリスクが異なる UAS で利用可能な周波数の考え方 [31]

| 米国<br> <br>※機体サイズによる分類 | 25kg 未満 | 25kg 以上 | 旅客輸送可能なサイズ |
|---|---|---|---|
| 欧州<br> <br>※運航リスクによる分類 | Open category | Specific category | Certified category |
| 国際標準化機関における議論 | ✓ 主に自国内でのみ利用されるため、ICAO や ITU-R 等の国連機関で議論の対象外（航空法、電波法の両面） | ✓ IFR 下での国際間飛行を行う無人機の標準化を前提とする ICAO や ITU-R にて議論対象外<br>✓ RTCA/EUROCAE(※ 1)等の標準化機関において航空バンドに限定されない周波数を用いたシステムを標準化中（携帯電話網、UHF 帯等） | ✓ ICAO において RPAS 運用に向けた SARPs の策定、ITU-R において制御用通信や衝突回避レーダーの周波数特定について議論中<br>✓ RTCA や EUROCAE 等の標準化機関において航空バンドを用いたシステム標準化中（C 帯/L 帯は完了、衝突回避は策定中） |
| 諸外国における制度化の議論 | ✓ 欧米各国において、UAS 向けの周波数の特定済み<br>✓ 特に免許不要帯域（ISM 帯域）や携帯電話網の利用が主軸 | ✓ 欧米はじめ利用可能な周波数を検討している状況（一部制度化済）<br>✓ 免許不要帯域は利用困難<br>✓ 航空の安全に資するため、SARPs/MOPS(※ 2)等にて航空業界から承認された周波数の利用がベース | ✓ ICAO 策定中の SARPs の完成後に制度化予定<br>✓ 免許不要帯域は利用困難<br>✓ 航空専用の周波数の利用がベース（一部の国において UAS 用の CNPC リンクとして C 帯を制度化済の状況） |

[31] 出典：公開情報に基づいて作成

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | ✓ 必要に応じて航空専用の周波数を利用 | |

※1　RTCA（米）/EUROCAE（欧）：航空分野における技術基準（標準・ガイダンス）を策定する国際的な標準化団体

※2　MOPS：最低運用性能基準

## 4.1.2. ICAO における RPAS 向けの制御通信やその他システムの標準化動向

ICAO では、RPAS を既存の航空交通システム及び空域へ安全に統合することを目的として、グローバルな規制枠組みの策定が進められている。特に、RPASP（Remotely Piloted Aircraft Systems Panel）においては、遠隔操縦航空機システムの運航に不可欠な制御用通信に関し、国際標準及び勧告方式及び関連マニュアルの検討が行われている。

将来的に計器飛行方式条件下において国際間飛行を行う無人機の一類型である RPAS については、有人航空機と同一空域での運航を前提としていることから、その制御用通信には高い信頼性、可用性及び継続性が求められることが想定される。このため、ICAO においては、空域において満たすべき通信性能要求値が SARPs として定められる予定である。

これらの性能要求値に対応するため、SARPs に関連するマニュアルにおいては、この要求値を満たすことが可能な候補システムが整理されており、衛星通信システム及び地上通信システムの双方が対象として位置付けられている。

ICAO で検討対象となっている RPAS 向け制御用通信の構成図を図 25 に、各 RPAS 向け制御用通信システムの概要を表 2 に示す。

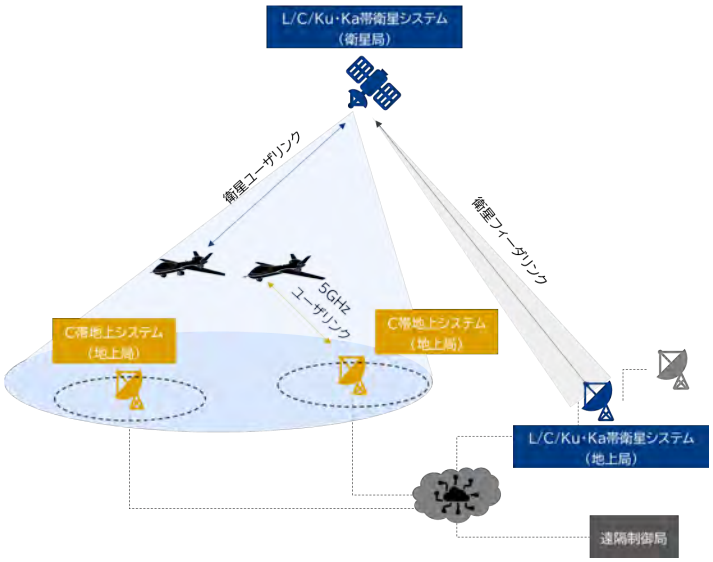



図 25　ICAO で検討対象となっている RPAS 向け制御用通信の構成図 [32]

[32] 出典：公開情報に基づいて作成

表 2　RPAS 向け制御用通信システムの概要 [33]

| | 周波数 | 無線業務 | 標準化状況 |
|---|---|---|---|
| 衛星システム | L 帯（1525-1660.5MHz 帯）システム | 航空移動衛星（R）業務 | • 従来から航空安全用途として各国にて制度化済み<br>• RTCA DO262、EUROCAE ED-243 等で標準化済み |
| | C 帯（5030-5091MHz 帯）システム | 航空移動衛星（R）業務 | • WRC-12 で RPAS 向けの制御通信の周波数として特定<br>• EUROCAE WG-105 で MOPS 作成中 |
| | Ku/Ka 帯システム | 固定衛星業務 | • 周波数特定に向けて WRC-23 議題 1.8 として検討されたが、未合意のまま、議論は中断された状況 |
| 地上システム | C 帯システム | 航空移動（R）業務 | • WRC-12 で RPAS 向けの制御通信の周波数として特定<br>• RTCA において MOPS 作成済（DO-362） |

### 4.1.3. ICAO 以外の標準化機関における RPAS 向けの制御用通信（C 帯）に関する標準化動向

ICAO において検討が進められている RPAS 向け制御用通信に関し、C 帯の航空移動衛星（R）業務及び航空移動（R）業務を用いた運用を想定した標準化に対応するため、RTCA 及び EUROCAE において、最低運用性能基準（MOPS）の策定に向けた議論が進められている。これらの検討は、ICAO で策定される SARPs に整合した形で、航空機搭載無線設備及び地上設備に求められる技術的要件を具体化することを目的としている。

また、ITU-R における作業部会の一つである WP5B は、GMDSS（全世界的な海上遭難・安全システム）を含む海上移動業務、航空移動業務、無線標定業務等を所掌する作業部会であり、本作業部会においては、RPAS 向け C 帯システムを含む各種無線システムについて、他の無線設備からの干渉に対する保護を確保する観点から、送受信機に関する技術特性や保護基準等を整理した新たな ITU-R 勧告草案の作成が進められている。

各機関間での役割や C 帯の標準化に向けた検討状況を図 26 に示す。

[33] 出典：公開情報に基づいて作成

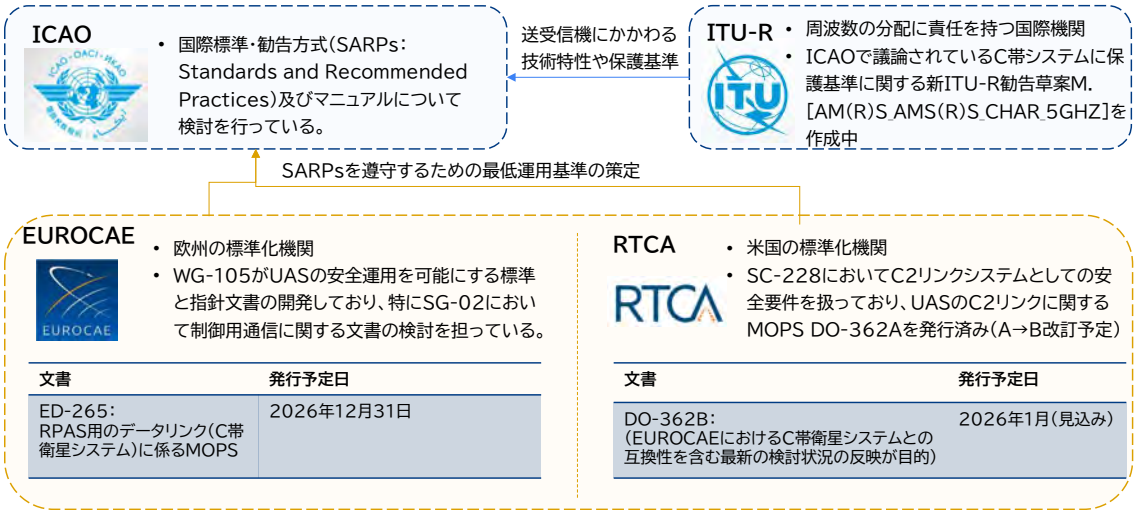



図 26　RPAS 向けの制御用通信（C 帯）に関する標準化機関の関係性 [34]

また、RTCA 及び EUROCAE では C 帯における制御用通信に関する MOPS のみならず、その他の周波数における UAS 向けの制御用通信や衝突回避用レーダーの実装に向けた MOPS の作成が進められている。これらの検討は、ICAO において定められる運航及び安全に関する要求事項を具体的な適合手法として具現化することを目的としている。

RTCA における C 帯以外の標準化文書を表 3 に、EUROCAE における C 帯以外の標準化文書を表 4 に整理する。

表 3　RTCA における C 帯以外の標準化文書 [35]

| 種別 | 文書番号 | 概要 | 発行予定日 |
|---|---|---|---|
| 制御用通信 | DO-XX（※未決定）：Cellular Band C2 Link System MOPS | • 型式証明済み UAS 向け C2 リンクにおける商用携帯電話網利用に関する MOPS<br>• グローバルに利用される携帯電話サービスに係る共通規格を策定する、EUROCAE WG-105 と共同で開発 | 2026 年 1 月以降（※当初 2025 年 10 月） |
| | DO-406：UHF Band C2 Link System MOPS | • 新たな RPAS 向けの制御用通信利用のための周波数に関する MOPS<br>• 具体的には認証された UAS における C2 リンク用途として UHF 周波数帯の利用に関する標準を策定<br>• 2025 年に FCC より発行された、UAS 用の CNPC 利用拡大に関する | 未定 |

[34] 出典：公開情報に基づいて作成
[35] 出典：公開情報に基づいて作成

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | NPRM において 450-470MHz を対象としていることに対応 | |
| 衝突回避 | DO-365D：<br>DAA MOPS | • 既存航空機向けの ACAS を進化させた AAM 機体向けの衝突回避レーダー ACAS Xr の規格を追記 | 2026 年 3 月以降 |
| | DO-396：<br>ACAS sXu | • 小型 UAS 向けの衝突回避レーダー ACAS-sXu の規格を追記 | 2022 年 12 月発行済み |

表 4　EUROCAE における C 帯以外の標準化文書 [36]

| 種別 | 文書番号 | 概要 | 発行予定日 |
|---|---|---|---|
| 制御用通信 | ED-340：<br>MOPS for UAS Communications by Cellular Networks | • 携帯電話網による UAS 通信に係る MOPS、RTCA との共同で開発中の文書 | 2026 年 6 月 30 日 |
| 衝突回避 | ED-329：<br>MOPS for Detect Avoid Traffic For RPAS in airspace Class A-G under IFR | • IFR で飛ぶ RPAS が、Class A～G のどの空域でも、他機を検知し衝突を回避できるために“最低限満たすべき DAA 性能”を定義した文書 | 2026 年 3 月 31 日 |

WRC-23 議題 1.8 では、Ku/Ka 帯を用いた UAS 向け CNPC 通信に使用可能な周波数の特定に関する議論が行われた。

最終的に決議第 171（WRC-19）は取り下げ、決議第 155（REV.WRC-19）は”Suspend”とした上で、UAS CNPC に関する ICAO SARPs の発効を待ってから、 将来会合（WRC-27 を想定）において、議題 6（urgent action）の下で、決議第 155 の扱いや WRC-31 に向けた AMS(R)S 周波数帯における UAS CNPC 利用に係る必要手続を検討することで合意された。

このため、WRC-23 においては、UAS 向け CNPC 通信に関する Ku 帯及び Ka 帯の周波数特定は実質的に行われなかった。

ITU-R における UAS 向け検知・回避（DAA : Detect and Avoid）に関する標準化動向を整理する。ITU-R の WP5B においては、国際間飛行を行う RPAS を含む UAS を対象とした衝突回避システムに関する標準化の検討が進められており、特定の周波数帯の利用を想定した新たな ITU-R 勧告の作成に向けた議論が行われている。

UAS 向け DAA に関する検討は、主として ITU-R WP5B の WG5B-1 において実施されている。この作業部会においては、UAS 向け衝突回避システムの実装及び他無線システム

[36] 出典：公開情報に基づいて作成

との周波数共用を考慮しつつ、図 27 に示す 4 種類の文書について、既存勧告等の修正及び新規文書の作成が進められている。

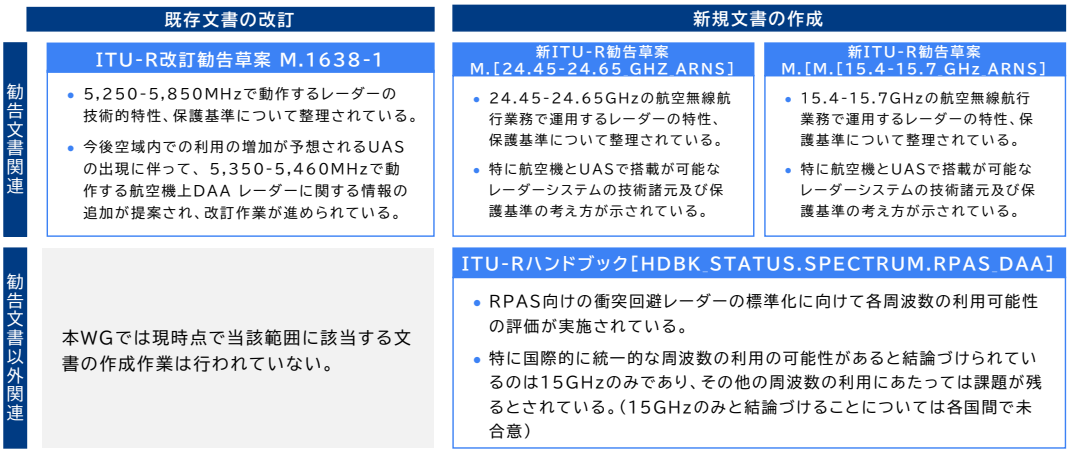



図 27　ITU-R WP5B における衝突回避レーダーに関する作業中文書

## 4.2. 諸外国における制度化動向

諸外国においては、無人航空機の用途やリスクに応じて、自国内利用を前提とした制度整備が進められており、運航、通信、周波数利用に関する取扱いは国・地域ごとに異なっている。

表 5 に諸外国における電波の上空利用に関する制度化動向の概要を示す。

表 5　諸外国における電波の上空利用に関する制度化動向の概要 [37]

| | 制度化状況概要 |
|---|---|
| 米国 | • 米国では、UAS の安全な C2 リンク確保に向け、CFR 47 Part 88（2025 年 1 月施行）により 5030–5091 MHz 帯を用いた CNPC 運用を制度化し、RTCA DO-362A 準拠を義務付けるなど、技術基準と周波数利用の明確化を進めている。<br>• あわせて、NPRM を通じて 450–470 MHz 帯の航空地上通信への AM(R)S 追加や全国免許化、データ通信の許可拡大など、UAS 向け CNPC 利用の拡張が検討されている。<br>• 更に、UAS/AAM の検知用途として 24.45–24.65 GHz 帯のレーダーの測位目的での運用拡大も提案されており、既存の航空無線航行レーダーとの共存を前提とした制度設計が議論されている。加えて、従来の 800 MHz 帯商業航空地上通信を AAM 時代の通信基盤として活用する可能性も示されており、UAS から AAM までを視野に入れた多層的な上空電波利用制度の整備が進展している。 |
| 欧州 | • 欧州では、EASA が定める (EU) 2019/947 において、リスクの高い specific 及び certified カテゴリの UAS に対し、事前の運用リスク評価を義務付けている。同規則の適合手法（MoC）では、UAS の制御用通信として 5030–5091 MHz 帯（航空移動業務） や LTE/5G などの利用可能性が示唆されている。一方、周波数割当や免許付与は加盟国当局に委ねられ、EU として一律の指定は行われていない。 |

[37] 出典：公開情報に基づいて作成

| | |
|---|---|
| | • また、ETSI が策定した DECT-2020 NR は、高信頼な政府・産業用途向け無線として UAS 分野への適用が想定されている。これを受け、CEPT / ECC は ECC Rec(24)02（2024 年） において、政府系 UAS の制御用通信として 1880–1900MHz／1910–1920 MHz 帯 の利用を推奨し、技術要件に加え運用密度や離隔距離などの条件を整理している。 |
| 英国 | • 英国では、従来 UAS は 無線 LAN（2.4／5.7 GHz） や モデル航空機用（35 MHz） の免許不要周波数での運用が認められてきたが、出力制限により長距離飛行には制約があった。これを受け、Ofcom は 2025 年に “Spectrum for Unmanned Aircraft Systems (UAS) license” の最新版を公表し、長距離飛行を伴う UAS 運用者向けの新たなライセンス制度の枠組みを整理した。<br>• このライセンス制度の枠組みでは、利用可能な周波数帯や無線機器の種類に加え、機器が遵守すべき具体的な技術要件が明確化されている。多くの対象機器は既に航空機無線ライセンスの下で使用実績があるものであり、制度改正により、これらを UAS 用途へ拡張利用することが可能となった。 |
| 中国 | • 中国では、2024 年 3 月、中国中央政府は低空経済の振興を国家戦略として位置付けており、「一般航空装備の革新応用実施方針（2024 年～2030 年)」を発表し、低空経済の構築に向けたロードマップが示されている。このロードマップにおいて、無人機を含む次世代航空技術分野について、以下の主要目標を定めている。<br>• 上記低高度での経済圏の構築のための電波利用に関する制度化も進められており、2024 年 1 月には「民用无人驾驶航空器无线电管理暂行办法」が発行、UAS に向けた周波数及びシステムの暫定的な特定が行われている。 |

### 4.2.1. 米国における空の利用拡大に伴う電波利用政策の動向

UAS 向け制御用通信に関する新たな規則として、米国では UAS の安全な制御用通信（C2 リンク）の確保に向けた規制整備が進められている。具体的には、2025 年 1 月 8 日に施行された連邦規則集（CFR）47 Part 88 において、5030–5091 MHz 帯の一部を、UAS の安全な航行のための制御・非ペイロード通信 [38]（CNPC）に利用することが定められた。

この周波数帯において電波を発射する無線設備については、RTCA DO-362A に定められた TDD 方式の CNPC リンクに関する技術基準への適合が義務付けられており、送信出力、帯域幅、スペクトルマスク等の技術的条件が規定されている。更に、FAA の技術標準指令（TSO-C2113a）において、DO-362A の要求事項を採用することが明記されている。

米国における 5030–5091 MHz 帯の UAS 向け制御用通信の割り当て方針を図 28 に示す。

[38] 飛行に必須の通信。飛行に必須でない通信を「ペイロード通信」という。

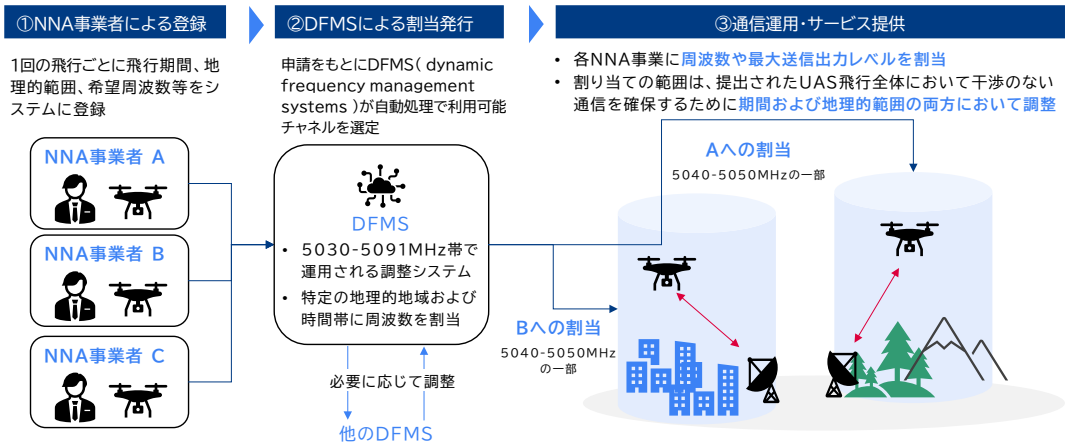



図 28　米国における 5030–5091 MHz 帯の UAS 向け制御用通信の割り当て方針 [39]

米国の規則案である NPRM（Notice of Proposed Rulemaking）に対して提出された各種コメントを踏まえ、短期的な対応としては、安全航行を目的とした制御用通信について、非ネットワーク型航空機（NNA）のみに周波数を割り当てることが適当であるとの判断が FCC（連邦通信委員会）より示された。具体的には、短期的には 5040-5060MHz、動的周波数管理システム（DFMS）が適用される中長期的には 5040-5050MHz 内での電波の利用が可能となる。一方で、ネットワーク型システム（NSS）を含む最終的なバンドプランについては、隣接する他の無線システムへの干渉影響に関する懸念への対応も含め、将来的に検討・決定することとされた。

また、DFMS の本格的な適用までには相当の期間を要することが見込まれていることから、それまでの経過措置として、暫定的な周波数調整手法が適用されることとされている。

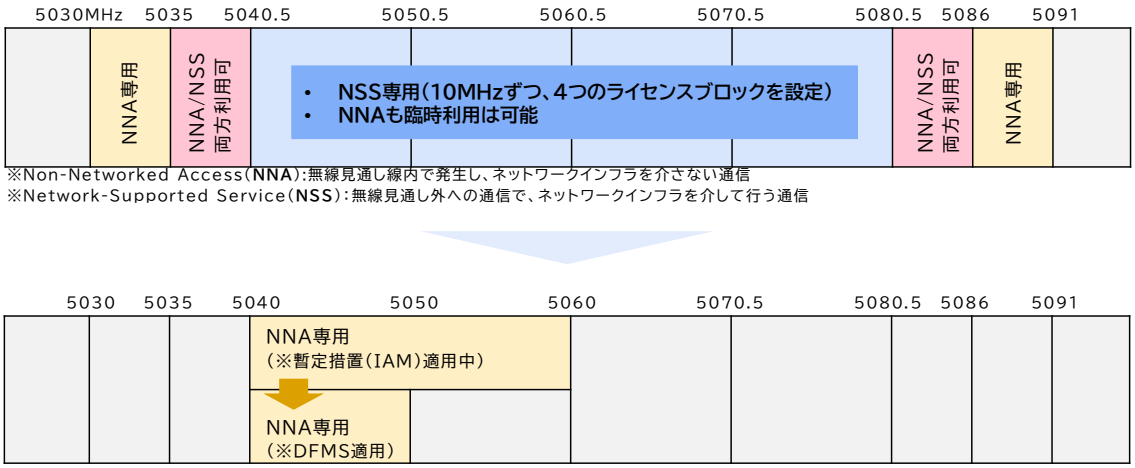



図 29　5030–5091 MHz 帯における UAS 制御用通信チャネル提案 [40]

[39] 出典：公開情報に基づいて作成

[40] 出典：公開情報に基づいて作成

また、米国では 2025 年に FCC において、UAS 向けの制御・非ペイロード通信の利用拡大に関する検討が行われており、450–470 MHz 帯（航空地上通信用）に航空移動（R）業務を追加し、UAS 向けの通信、ナビゲーション及び位置特定等を含む CNPC 運用を認めることが提案されている。

具体的には、この周波数帯における利用について、現行の「航空移動陸上移動（音声）専用」の位置付けから、データ通信を含む運用への拡大や、全国一括ライセンスの導入による柔軟な運用形態の実現が検討されている。また、これらの制度整備と並行して、RTCA においても、関連する無線設備や運用に係る技術仕様の標準化に向けた検討が進められている。450–470 MHz 帯における新制度の概要を図 30 に示す。

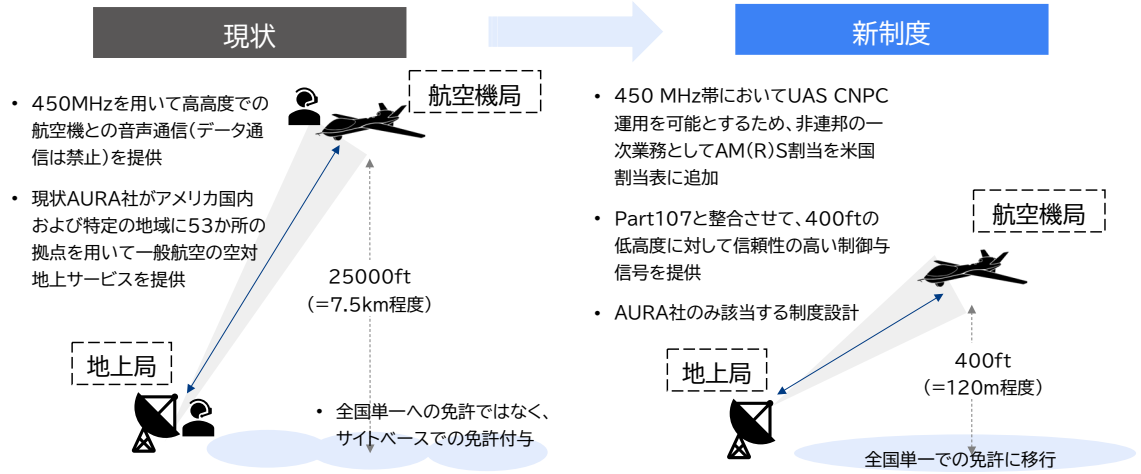



図 30　450–470 MHz 帯における新制度の概要 [41]

この新たな周波数帯については、UAS 向けの制御・非ペイロード通信（CNPC）に関する周波数の割当てが示されている。現在、米国の周波数割当表においては、454.6625–454.9875 MHz 及び 459.6625–459.9875 MHz の各帯域は、双方向の航空 - 地上公共無線電話サービスを提供することを目的として、公共用の陸上局及び移動局に割り当てられている。

これに対し、新制度案においては、454.6625–454.9875 MHz 及び 459.6625–459.9875 MHz の合計 650 kHz の帯域について、UAS 向け CNPC 運用を可能とするため、全国一括免許（nationwide license）として再構成することが提案されている。

450–470 MHz 帯におけるチャネルプランを図 31 に示す。

[41] 出典：公開情報に基づいて作成

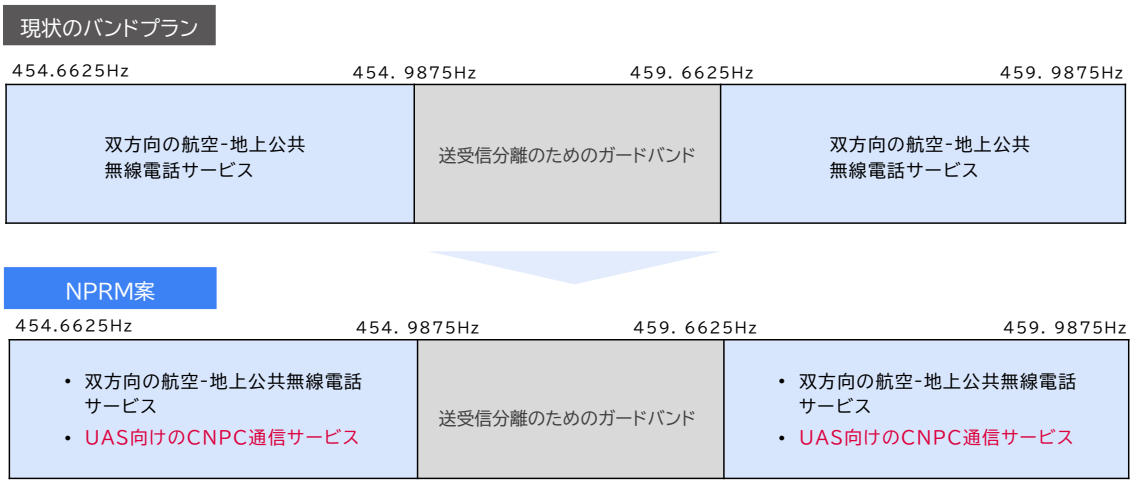



図 31　450–470 MHz 帯におけるチャネルプラン [42]

更に米国では、UAS 及び AAM の今後の利用拡大を見据え、ドローン等の検知を目的としたレーダーに関する新たな規則の整備も進められている。具体的には、FCC が、24.45–24.65 GHz 帯を用いて、UAS や AAM 機の検知を目的とするレーダー測位運用の拡大を図るための規則改正案を提案している。

これらの UAS 等の検知を目的とした無線測位業務用レーダーは、航空機搭載や地上設置の検知・回避（DAA）システムで使用される既存の無線航行用レーダーに対して、二次業務的な位置付けとされている。一方で、今後、AAM 等の利用促進に伴い、同帯域における無線航行用レーダーの利用が増加することも並行して想定されている。

このため、この周波数帯における無線測位業務用レーダーの導入に当たっては、既存の無線航行用レーダーとの共存や干渉影響に関する懸念についても整理が必要とされており、規則改正案に対して関係者からの意見提出が求められている。

図 32 に 24GHz 帯における無線測位業務レーダーの利用イメージと共用上の課題を示す。

図 32　24GHz 帯における無線測位業務レーダーの利用イメージと共用上の課題 [43]

[42] 出典：公開情報に基づいて作成

[43] 出典：公開情報に基づいて作成

また、米国では従来から、商業航空の地上通信システムが 800MHz（849–851 MHz 及び 894–896 MHz 帯）で運用されており、FCC 規則 Part 22 で規制されている状況であった。

今後、空飛ぶクルマ（操縦者搭乗）等の発展により、地域間を結ぶ新たな空路移動の拡大が見込まれており、商業航空向け地上通信システムは、空飛ぶクルマ（操縦者搭乗）を利用する乗客に対しても有益な通信基盤となる可能性があると FCC は考えている。

ユースケース例として、飛行中における通信接続性の確保により、乗客は接続便の運航状況の確認、到着後の地上交通手段の調整などが想定される。

### 4.2.2. 欧州における空の利用拡大に伴う電波利用政策の動向

欧州における UAS の制御用通信等に関する動向について整理する。欧州航空安全機関（EASA）が発行している UAS の運用に関する実施規則（EU）2019/947 においては、リスクの高い運航を行う「specific」及び「certified」カテゴリの UAS について、事前に運用リスク評価を実施することが求められている。

同規則に係る適合手法においては、リスク評価の手法が表 6 に示すように詳細に示されており、UAS の制御用通信に利用される通信システムとして、航空移動業務に割り当てられた 5030–5091 MHz 帯のほか、携帯電話網（LTE/5G）等の活用も選択肢となり得ることが示唆されている。一方で、具体的な周波数の割当てや無線局免許の付与については、各加盟国の規制当局の判断に委ねられており、EU 全体として周波数を一律に規定する枠組みとはなっていない。

表 6　Annex E to AMC1 to Article 11 における適合手法（C3 リンク関連）[44]

| **完全性（level of integrity）** | **完全性が低レベル（＝許容される途絶等の要件が比較的緩い）** | **完全性が中レベル（＝許容される途絶等の要件が中立）** | **完全性が高レベル（＝許容される途絶等の要件が比較的厳しい）** |
|---|---|---|---|
| 閾値 | ✓申請者は、C3 リンクの性能、無線周波数スペクトル使用及び環境条件が、意図された運用を安全に実施するために十分であると判断する。 | ✓低レベルと同等 | ✓C2 リンクには免許対象の周波数帯の使用が必須。 |

[44] 出典：公開情報に基づいて作成

| | | | |
|---|---|---|---|
| 利用される無線システムの候補に関する記述 | ✓特定の条件下で免許不要周波数帯の使用が許容される場合がある。<br>✓（例： 申請者が、UAS 機器が他の無線周波数スペクトル使用要件に準拠していることを示すことにより、要件への適合性を実証すること） | ✓運用内容によっては、非航空用周波数帯（例：携帯電話ネットワーク用免許帯域）の使用が許容されることもある。<br>✓運用内容によっては、免許取得済み周波数帯の使用が必要となる場合がある。 | ✓最低限の性能が確保される場合、航空用免許周波数帯域（例：携帯電話ネットワーク用免許帯域）に限定されない。<br>✓ただし、C2 リンク使用のため航空移動通信業務に割り当てられた帯域（例：5030～5091MHz）の使用を必要とする運用もある。いずれの場合も、免許周波数帯域の使用には認可が必要である。 |

※C3 リンク：C2 リンクに安全な飛行に必要な通信用のリンク（Communication link）を加えたもの。

また、DECT-2020 NR は、ETSI（欧州電気通信標準化機構）の TC DECT により策定された無線インタフェース規格であり、従来のコードレス電話向け DECT を基盤としつつ、IoT や産業用途、並びにプライベート（自営）系ネットワークにおける高信頼通信を目的として拡張されたものである。

これを踏まえ、欧州電気通信委員会（CEPT/ECC）は、2024 年に ECC Recommendation (24)02 を発行し、緊急対応や警察運用等の政府系 UAS における制御用通信の用途として、1880–1900 MHz 帯及び 1910–1920 MHz 帯の利用を推奨している。

同勧告においては、DECT-2020 NR を用いた運用を想定し、必要な技術的要件に加え、他の無線システムとの共存を確保する観点から、最小離隔距離や運用密度等の運用条件についても整理されている。

DECT-2020NR 利用時の技術／運用条件を表 7 に、ECC Rec(24)02 の欧州での適用状況を図 33 に示す。

表 7　DECT-2020NR 利用時の技術／運用条件 [45]

| **技術／運用条件** | **具体内容** |
|---|---|
| 送信電力 | • 送信電力（EIRP）≤ **24 dBm**<br>• ETSI TS 103 636-2 に記載されている送信機出力制御（TPC）又は同等の方法 |
| チャネルアクセス | DECT インスタント動的チャネル選択（iDCS）、ETSI TS 103 636-4 [9] に記載されている方法又は同等の方法 |

[45] 出典：公開情報に基づいて作成

| | |
|---|---|
| 定期任務時の運用範囲 | 政府の UAS の最大運用範囲は以下に制限されるべきである<br>• 都市部で **500 m**<br>• 農村部で **1 km** |
| 重要任務時の運用密度 | 特定の地理的区域（1 km²）内で同時に**最大 3 機**の政府 UAS を使用でき、この場合、政府 UAS の最大運用範囲は **500 m** に制限されるべきである |

※dBm : 1mW を基準とした電力の単位。1mW=0dBm。

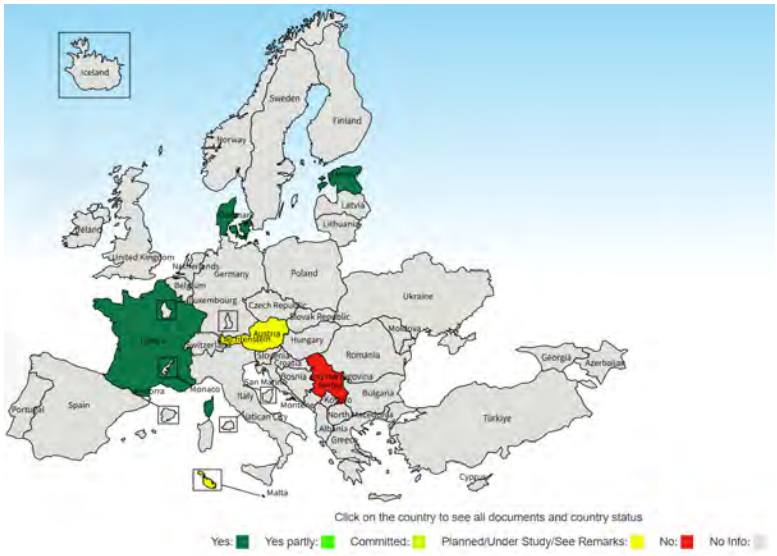



図 33　ECC Rec(24)02 の欧州での適用状況

（※フランス、デンマーク、エストニア等で実装済み）[46]

## 4.2.3. 英国における空の利用拡大に伴う電波利用政策の動向

英国での UAS 向け通信システム利用に関する動向を整理する。現在、英国における UAS の利用に当たっては、無線 LAN（2.4GHz/5.7GHz）又はモデル航空機用（35MHz）に指定された周波数を使用しており、既に英国当局の免許不要規制の下で許可されている。ただし、免許不要機器の出力制限により必要な飛行距離を提供できないため、長距離飛行には適していない。

英国 Ofcom は 2025 年において、“Spectrum for Unmanned Aircraft Systems (UAS) licence”の最新版を発行し、長距離飛行でサービスを行う UAS 運用者が取得可能な無線ライセンス制度の概要及び、取得に伴い利用可能な無線機器に関する情報が整理されている。

UAS 運用者に係る無線免許は、以下を含む様々な無線機器の使用許可を提供可能となる。なお、本免許に記載されている機器の使用に当たっては、CAA（Civil Aviation Authority）

[46] 出典：Implementation status ECC/REC/(24)02 https://docdb.cept.org/implementation/28612

からの許可が必要となる場合や、一定の制限が課される場合がある。そのため、ドローンの運用に先立ち、関連するすべての許可を取得しておく必要がある。

- **コマンド&コントロール**：遠隔操縦者が機体を制御し、航行コマンドを送信し、機体の発進、飛行、回収を制御可能となる通信
- **データ中継**：UAS が映像やデータなどのペイロード通信を遠隔操縦者に送信可能とするための通信
- **電子的位置通知**：他の利用者が UAS の位置や飛行経路を確認可能とするための通信
- **衝突回避（DAA）**：UAS が回避行動を取り、危険な物体（他の UAS など）を避けるための通信

UAS 運用者向けのライセンスでは、利用可能な無線機器と周波数、使用するために機器が遵守すべき具体的な技術要件が記載されている。UAS 運用者のライセンスでカバーされるほとんどの機器は、既に航空機無線ライセンスに基づき航空機での使用が認可されており、本規則修正により、これらの機器を UAS で使用することが可能となる。

UAS 運用者ライセンスにより利用が許可される無線機器を表 8 に示す。

表 8　UAS 運用者ライセンスにより利用が許可される無線機器 [47]

| システム | 周波数 | 遵守すべき要件 |
|---|---|---|
| HF 帯通信システム | 2.85-22MHz | • 航空無線通信士（FRTOL）のライセンスが必要 |
| VHF 音声通信システム | 117.975-137MHz | • アナログ音声通信端末は、8.33 kHz 及び 25 kHz のチャネル化に対応し、VHF データリンクモード 2 及び 4 は 25 kHz チャネル化に対応<br>• 航空無線通信士（FRTOL）のライセンスが必要 |
| 携帯移動端末 | 700MHz/800MHz/900MHz/1.8GHz/2.1GHz/2.3GHz/3.4-3.8GHz | • 申請者は、ユーザー機器（UE）が接続するモバイルネットワークから、飛行中の使用について書面で許可を得る必要あり<br>• 2500～2690 MHz（2.6 GHz 帯）におけるすべての飛行中 UE の送信は禁止 |
| ATC トランスポンダ | 1030/1090MHz | • トランスポンダの操作に関して、オン・オフの切り替え以外にオペレーターが操作を制御できない場合、FRTOL は不要 |
| TCAS/ACAS | 1030/1090MHz | ― |

[47] 出典：公開情報に基づいて作成

| | | |
|---|---|---|
| ADS-B | 1090MHz | • CAA が発行した最新バージョンの CAP 1391 に従って操作する必要あり<br>• UAS からの電波発射は 978MHz(UAT)が原則であり、1090MHz で動作する ADS-B の使用は CAA との個別の合意により認められる場合に限る |
| DME | 960-1215MHz | • 航空無線通信士（FRTOL）のライセンスが必要 |
| UAT (Universal Access Transceiver) | 978MHz (UAT) | • CAA が発行した最新バージョンの CAP 1391 に従って操作する必要あり<br>• RTCA DO-282B/C の性能基準に従って機能する ADS-B が該当する |
| 衛星通信 | • 14-14.47GHz (Ku 帯)<br>• 1525-1660.5MHz (L 帯)<br>• 1980-2010MHz（S 帯）<br>• 27.5-27.8185GHz, 28.4545-28.8265GHz, 29.4625-30GHz（Ka 帯） | • Ku 帯について、衛星地上局は、Ofcom が発行する「衛星（地球局ネットワーク）」ライセンスの下でのみ使用でき、地球局からの送信電力は EIRP 55 dBW を超えてはならないなどの技術的制約あり<br>• Ka 帯について、非静止衛星との通信は許可されていない。また、運用者は、そのユーザー機器（UE）が接続する衛星ネットワークから空中での使用について書面による許可を得ている必要あり |
| 2 GHz Complementary Ground Component (CGC) | 1980-2010MHz | • Inmarsat 又は Echostar が運用する衛星又は CGC に接続することのみ認可。<br>• 1 つ以上の CGC に送信する際の送信電力について<br>✓ 高度 1000 メートル以上で運用する場合は、40 dBm EIRP が上限値<br>✓ 高度 1000 メートル未満で運用する場合は、24 dBm EIRP が上限値 |
| 電波高度計 | 4200-4400MHz | - |
| 気象レーダー | 9300-9500MHz | - |

※dBW : 1W を基準とした電力の単位。1W=0dBW。

### 4.2.4. 中国における空の利用拡大に伴う電波利用政策の動向

中国での UAS 向け通信システム利用に関する動向について整理する。2024 年 3 月、中国中央政府は低空経済の振興を国家戦略として位置付けており、「一般航空装備の革新応用実施方針 (2024 年～2030 年)」を発表し、低空経済の構築に向けたロードマップが示されている。このロードマップにおいて、無人機を含む次世代航空技術分野について、表 9 に示す主要目標を定めている。

表 9　一般航空装備の革新応用実施方針 (2024 年～2030 年)[48]

| ～2027 年 |
|---|
| 無人化・自動化・知能化を技術的特徴とする新しい航空機が登場<br>• UAS・自動運航機の実用化が進展<br>• 都市空輸、物流配送、緊急救援等の分野で商業応用を開始<br>• 実証段階から限定的な事業化フェーズへ移行 |
| ～2030 年 |
| 知能化・グリーン化を特徴とする新航空モデルが確立<br>• 電動化・低炭素技術を前提とした産業構造が定着<br>• 短距離輸送、eVTOL による旅客輸送ネットワークが形成<br>• 無人機配送 NW、農業生産分野への本格的な利活用を実現<br>• 都市・地域インフラとしての定着段階 |

上記低高度での経済圏の構築のための電波利用に関する制度化も進められており、2024 年 1 月には UAS 向けの周波数及びシステムの暫定的な特定を行った「民用无人驾驶航空器无线电管理暂行办法」が発行されている。

この文書では、表 10 に示すように中国で UAS 向けに利用可能な周波数や具体システムが列挙されている。

表 10　中国にて UAS 向けに利用可能な周波数 [49]

| **周波数** | **電波の用途** | **補足情報** |
|---|---|---|
| 1430–1438MHz | 映像・テレメトリの伝送用 | 公共用 UAS やヘリコプター専用 |
| 1438–1444MHz | 映像・テレメトリの伝送用 | 民間の UAS 用 |
| 2400–2476MHz（2.4GHz 帯） | 制御用（C2） | ISM（無線 LAN 帯域）に該当し、使用に際して免許料等は不要 |

[48] 出典：公開情報に基づいて作成

[49] 出典：公開情報に基づいて作成

| | | |
|---|---|---|
| 5725–5829MHz（5.8GHz 帯） | 制御用（C2） | |
| 5040–5050MHz | 制御用（C2） | 航空管制・無線航法用として保護 |
| 24-24.25GHz | 衝突回避 | ー |
| 衛星通信用の周波数帯 | 制御用、映像・テレメトリの伝送用 | 一般の衛星通信規則に従う |
| LTE・5G 帯（例：700MHz、2GHz 等） | 制御用、映像・テレメトリの伝送用 | 正規の SIM を用い基地局に接続する形式 |

## 4.3. 要素技術の研究開発動向

UAS向けの通信システムに関する諸外国における新技術開発の動向を表11に整理する。

表 11　諸外国における UAS 関連の通信にかかわる新技術開発 [50]

| 用途 | 企業名（国） | 周波数 | システム種別 | 実証・開発概要 |
|---|---|---|---|---|
| 制御用通信 | uAvionix 社（米） | C 帯（5030-5091MHz） | 地上システム | • 同帯域で複数ドローンの同時運用を可能にする周波数動的割当システム（Frequency Assignment Manager, FAM）を開発・実証している。<br>• 実証では、北部平原 UAS 試験場（ノースダコタ州）の協力のもと 4 機のドローンを同時に飛行させ、同社開発の SkyLink5060（機上局）/SkyStation5060（地上局）からなる C 帯通信リンクと、クラウド型の SkyLine C2 管理システムによって、安全に周波数チャネルを自動割当して干渉なく制御用通信を提供可能なことを確認した。 |
| | AURA Network Systems（米） | 450MHz | 地上システム | • 450 MHz 帯の全国免許を取得し、450MHz 帯域の長距距離通信を生かした UAS 管制専用ネットワークを構築中である。 |
| | Gotonomi（英） | LTE | 地上＋衛星 | • 携帯電話網（LTE/5G）を基本にしつつ、圏外・海上・山間・災害時などで途切れやすい区間を衛星でバックアップする「ハイブリッド接続」を前提とした UAS 向け端末である。<br>• 欧州宇宙庁(ESA)主導、Viasat の ELERA 衛星ネットワークへの接続を可能とする。 |

[50] 出典：公開情報に基づいて作成

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| テレメトリ伝送 | Droniq（独） | LTE（4G） | 地上システム | • SIM＋GPS 搭載「HOD」により、LTE 経由で位置情報を常時送信。ADS-B 受信情報も地上集約し、U-space 実証を実施している。 |
| | Swisscom（スイス） | LTE（4G） | 地上システム | • Matternet 医療ドローンで、セルラー通信による監視下 BVLOS 運航を実証。電波強度・ハンドオーバ評価を実施している。 |
| 衝突回避 | Sagetech Avionics（米国） | 1090 MHz（ADS-B）等 | 地上＋機載 | • ACAS Xu（DO-386）対応装置を開発中であり、ADS-B 等を入力に、自律回避ロジックの標準化・評価を実施している（通信そのものより機体技術が主）。 |
| | Thales（仏） | レーダー系（周波数非公開） | 地上システム | • パリ近郊 UAM 実証で、Detect-and-Avoid レーダー＋クラウド UTM を提供。Vertiport 運用・管制連携を含む統合実証を実施している。 |

都市部における空飛ぶクルマへの適用を想定した無線システム等に関する検討も実施されている。2020 年には、NASA（米国航空宇宙局）より “Reliable, Secure, and Scalable Communications, Navigation, and Surveillance (CNS) Options for Urban Air Mobility (UAM)” と題する文書が発行されており、将来的に高度な運航を行う UAM（Urban Air Mobility）を対象として、信頼性及び安全性の高い通信・航法・監視（CNS）サービスを提供するための技術的アプローチについて情報を提供することを目的としている。

同文書においては、特定の運航形態を想定した UAM について、航空機運航を前提とし、現行技術として利用可能な CNS 技術に加え、将来的に導入が見込まれる CNS 技術を対象として評価が行われている。評価に当たっては、通信容量、可用性及び信頼性、精度、更新速度、航続距離、全天候対応性といった性能指標に加え、UAM の利用が想定される各種ユースケースへの適合性の観点から、UAM 向け CNS の機能要件を満たす能力について検討がなされている。

これらの評価結果を踏まえ、表 12 に示すように通信、航法、監視の各分野において、有望と考えられるシステムの可能性が整理されている。なお、通信分野において有望と評価された無線システムについて、表 13 に示すように VDL Mode3 や非静止衛星、5G 商用携帯電話網等が候補として列挙されている。

一方で、VDL Mode 2 については導入コスト、容量、遅延時間を勘案し、推奨されない。また、Bluetooth5 について、導入には多くの地上局の開設が必要な他、干渉懸念を考慮し、推奨されない結果となっている。

表 12　本文書において評価対象としている CNS 技術 [51]

| COMM | NAVIGATION | SURVEILLANCE - AIR | SURVEILLANCE - GROUND |
|---|---|---|---|
| • 5G Cellular<br>• 5G Satellite Integration<br>• Bluetooth<br>• C Band<br>• DME Whitespace<br>• Laser Communications<br>• LEO (Commercial)<br>• VDL Mode 2<br>• VDL Mode 3<br>• UWB MIMO<br>• Frequency Management | • Barometric Pressure Altitude<br>• Radar Altimetry<br>• Altimetry with Broadcast References<br>• GNSS only<br>• GNSS + INS/IRS (FOG/MEMs)<br>• GNSS + PNT Nav<br>• GNSS + eLoran<br>• GNSS + GBAS (LAAS)<br>• GNSS + WAAS<br>• GNSS + RF mapping<br>• GNSS + SAR/ISAR<br>• LIDAR<br>• Machine Vision<br>• IR<br>• RF Beacon<br>• Sensor Fusion | • ACAS-X, TCAS<br>• ADS-B (current)<br>• UAT2<br>• Dedicated Short Range Communications<br>• FLARM (European)<br>• LIDAR<br>• FMCW RADAR in GHz Range<br>• K Band RADAR<br>• Acoustic Detection<br>• RF Detection<br>• 5G Cellular | • Advanced Doppler Range Gating Radar<br>• Bistatic Radar<br>• Army Ground Based Sense and Avoid<br>• IR Sensing<br>• Lasergate Monitoring<br>• Machine Vision<br>• Holographic RADAR<br>• K Band FMCW RADAR<br>• UWB MIMO<br>• Mode C/S Multi-Lateration<br>• Acoustic Detection<br>• RF Detection<br>• 5G Cellular |

表 13　評価の結果有望と考えらえる技術（C：音声通信）[52]

| TECHNOLOGY | RESEARCH NEEDS, DISADVANTAGES |
|---|---|
| **VDL Mode 3** | Appropriate bandwidth and FAA acceptance. |
| **5G, Satellite Integration** | Latency is a concern and may be inappropriate for some functions. |
| **LEO (commercial)** | May have dual function (communication and navigation enhancement). |
| **C Band for C2** | Consider but investigate whether bandwidth is sufficient for both UAS and UAM. |
| **5G, Cellular** | Prioritization, market case, and antenna pointing issues must be resolved. Capacity claims may be overstated. |
| **VDL Mode 2** | Not recommended. Cost, capacity, and latency were concerns. |
| **DME Whitespace** | Not recommended. Capacity is insufficient in largest U.S. urban environments. |
| **Laser Communications** | Not recommended. Not mature for UML-4. Suitable alternative for UML-6. |
| **Bluetooth 5** | Not recommended. Short range requires too many ground stations for viability; interference from nearby emitters limits the usability for flight-critical applications; a consideration for cooperative surveillance only if UAM speeds are low, e.g., 25 mph. |

[51] 出典：Reliable, Secure, and Scalable Communications, Navigation, and Surveillance (CNS) Options for Urban Air Mobility (UAM)
https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20205006661/downloads/UAM%20CNS%20Final%20Report%2080GRC019D0017%20with%20App%20A%20B%20C%20v2.pdf

[52] 出典：Reliable, Secure, and Scalable Communications, Navigation, and Surveillance (CNS) Options for Urban Air Mobility (UAM)
https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20205006661/downloads/UAM%20CNS%20Final%20Report%2080GRC019D0017%20with%20App%20A%20B%20C%20v2.pdf

# 第５節 電波上空利用インフラの実現に向けた視点

今後、航空分野における上空の利用が拡大することに伴い、通信をはじめとする電波上空利用インフラの役割が不可欠となることが予想される。これらの新たな電波の上空での利用は、従来の航空分野にとどまらず、物流、警備・防災、都市交通、インフラ点検等、多種多様な産業分野への波及効果が期待されており、電波上空利用インフラの実現は、我が国の産業競争力の強化の観点で重要な課題である。電波上空利用インフラの実現に当たっては、中長期的な空モビリティの運航の変遷や通信機器等の技術進展、国際動向を見据え、国内事業者等からの要望をはじめとする短期的な通信インフラの実装ニーズを取り込んだ上で、実現に向けて段階的かつ戦略的に取り組むことが必要である。政策課題を体系的に整理し集約していく上で、一貫して取るべき視点を以下のとおり取りまとめた。

**１．安心・安全の確保（制度整備）**

航空分野における安心・安全の考え方は、多くの要素から成り立っており、技術的側面、運用面、規制面、人的要因を総合的に考慮することが求められる。特に、空飛ぶクルマや無人航空機等の次世代空モビリティが展開していく中で、航空分野における上空の利用が今後高度化・高密度化する将来において、制御用通信や監視通信の信頼性・可用性の確保が、運航の前提条件となることが想定される。

このような状況を踏まえて、電波利用政策の観点では、航空分野における上空利用の高度化・高密度化を安全・円滑に実現するため、適切な時期に技術基準の整備等の必要な制度整備を実施していくことを目標とすることが適当である。

**２．最新技術の導入**

電波上空利用インフラの高度化に当たっては、衛星通信、地上系無線、携帯電話網、空飛ぶクルマや無人航空機等の次世代空モビリティ専用の無線機器や、専用の通信方式等、複数かつ最新の通信技術を適切に組み合わせた柔軟なアーキテクチャの導入が重要となる。これらの技術は、成熟度や適用可能な運航形態が異なるため、単一の方式に依存するのではなく、用途やリスクに応じた適材適所の活用が必要である。また、安全・安心な通信を行うための主通信に対する冗長性の確保の観点でも重要である。

特に、実証実験やフィールド試験を通じて、最新技術を段階的に実環境へ導入し、技術成熟度を高めていく取組が不可欠である。こうした実証を通じて、通信品質、干渉影響、運用上の課題等を把握し、実装可能性を検証することにより、将来的な本格展開に向けた技術的裏付けを蓄積することが期待される。

このような状況を踏まえて、電波利用政策の観点では、航空分野における上空利用の高度化に将来必要となる電波利用技術の研究開発及び技術実証を計画的に進め、新たな無線技術の適切な時期における実用化を目標とすることが適当である。

また、他の無線局への混信の回避等必要な電波監理を確保しつつ不断に制度を見直すことで、電波利用技術の開発に必要な無線局免許手続き等の制度が民間における技術開発の阻害要因にならない環境を整備することを目標とすることが適当である。

### ３．国際標準化

我が国における先進的な実証実験や技術開発の成果については、積極的に国際標準化の場へ発信し、国際的なルール形成に貢献していくことが重要である。国内での実運用や実証を通じて得られた知見を国際標準に反映させることで、国内で製造される輸出品の海外展開を後押しするとともに、海外製品の国内利用を円滑化し、国内産業の競争力強化につなげることが期待される。

一方で、空飛ぶクルマ等の次世代空モビリティに関する通信機器や通信方式、並びに高い信頼性が求められる航空機との通信に用いる周波数については、我が国独自の考え方のみで制度化を進めるのではなく、ICAO、ITU-R 等における国際標準との整合を確保することが不可欠である。

このような状況を踏まえて、電波利用政策の観点では、我が国が持つ技術的な知見や成果について国際機関等の場で情報発信して国際標準化に寄与すること、我が国の制度設計について ICAO、ITU-R 等における国際標準と整合したものとすることを目標とすることが適当である。

上に掲げた視点に基づいて整理した個々の政策課題に対応する際は、以下の点に留意する必要がある。

- 航空機に関する制度整備においては、無線設備を含む航空システムの設計においては製造事業者の知見が重要なため、海外アビオニクスメーカー等が参画して進む国際標準策定の動きとその内容を基にして検討することが必要である。
- 新たな無線システムの検討については、機体の規模、運航形態等に応じた航空システム側の安全レベルや、CNS、ペイロード通信等の通信用途に基づいて無線設備の技術的な性能要件を明確化する必要があると考えられる。
- 無線システムの制度整備、特に海外製品の国内利用に向けた制度整備を検討する際は、国内における電波の利用状況を踏まえ、既存無線システムとの周波数共用の在り方を含め丁寧な議論を行うことが求められる。
- 無操縦者航空機と無人航空機では、搭載を義務付ける設備や周波数割当の点で航空法上も電波法上も扱いが異なる点に留意する必要がある。
- 一般に、ベストエフォート型のシステムはコストが低く抑えられる一方で利用者増加による通信品質低下が起きやすいこと、帯域保証型のシステムはコストが比較的高い一方で通信品質低下が起きにくいことなど、通信品質とコストにはトレードオフの関係があることに留意する必要がある。

- 本報告は最新の情報に基づいて取りまとめたものであるが、次世代空モビリティに関する技術の進展や関係省庁の取組等を踏まえて、本報告及びロードマップを適時見直していくことが適当である。

# 第６節 実現に向けた環境整備

電波上空利用インフラの実現のための環境整備に向け、第５節の視点を基に取りまとめた政策課題と、その課題に関連して本作業班で出された主な意見及び政策課題に対する考え方を示す。

なお、空の利用拡大に伴う電波利用政策の在り方や優先して対応すべき政策課題について、令和７年 10 月 10 日（金）から同年 11 月 10 日（月）まで実施した意見募集に提出された意見については、以下において※を付している。

## ６.１. 通信・監視に関する新たなシステム

### ６.１.１. 上空での Ku 帯ブロードバンド衛星通信利用

航空機・無人航空機に共通して、衛星通信のより広範な利用を望む意見があった。

現状の Ku 帯を利用する衛星通信端末の上空利用に対しては、国際制度や各国の例を考慮し、サービス提供事業者も検討に参画する形で制度化が行われた。

- Ku 帯静止衛星：平成 15 年 10 月 29 日情報通信審議会答申、「Ku 帯を用いた高速・大容量航. 空移動衛星システムの技術的条件」
- Starlink：令和 2 年 12 月 15 日「高度 500km の軌道を利用する衛星コンステレーションによる Ku 帯非静止衛星通信システムの技術的条件」
- OneWeb：令和 3 年 10 月 1 日「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」のうち「高度 1200km の極軌道を利用する衛星コンステレーションによる Ku 帯非静止衛星通信システムの技術的条件」

現状、静止衛星・衛星コンステレーションを含め、Ku 帯を利用する衛星通信端末の上空利用に対しては、他の無線局への干渉を防ぐ観点から端末を上空で利用した際に地上に到達する電波の強度の制限（PFD 制限）が定められており、一定高度以下で利用できないことが課題となっている。

【主な意見】

（航空機に関するもの）

- 航空機地球局に適用される軸外輻射電力の許容値について、現行基準の妥当性の再評価及び、ITU-R S.524-9 に準じた緩和の可能性の検討を要望。（川崎重工業※）
- 航空機地球局が設置された航空機が地上にあるとき及び高度 3,000m 未満を航行中のときの 14.4GHz を超え 14.5GHz 以下の周波数の電波の送信制限の撤廃を要望。（スカパーJSAT）

（航空機、無人航空機に共通するもの）

- 14.0GHz から 14.4GHz 間の地上固定局はないが、隣接チャネルとの検討も必要であり、同一の周波数帯に地上固定局がないからといって共用検討なしにすぐ認められるものではないだろう。（藤井主任）
- Starlink の用途によってはその信頼性を独自に十分検証する必要があるのではないか。（武市構成員）
- Starlink 衛星を用いた新たな通信サービスがすでに開始されているところであり、従来の衛星通信（インマルサット衛星、イリジウム衛星）に次ぐ新たな選択肢として、ドローンや空飛ぶクルマの運航での Starlink 衛星通信の移動基地局での利用に向けて、早期の法制度の整備促進、規制緩和も視野に入れた制度整備の検討を要望。（日本航空）
- 日本の領空上での移動体によるコンステレーション衛星通信サービスの利用の解禁を要望。（ANA ホールディングス※）
- 小型で大容量の通信が可能な Starlink などの低軌道衛星通信装置を地上（海上）から高高度まで利用できるように要望。（新明和工業※）
- 日本での Starlink の上空ユースの要望。（Joby）
- Starlink 通信の上空利用を要望。（三菱重工）
- 低軌道衛星通信はコスト面での優位性が指摘されているが、低高度で衛星を運用することによるカバー時間の短さや切替え時の瞬断といった特性と、目的との相性を十分に吟味する必要があり、航空用途におけるコストは地上用途ほど低廉ではない可能性がある。（河村構成員）

（無人航空機に関するもの）
- 衛星通信（Starlink 等）の移動中・上空利用の早期実現を要望。（エアロセンス）
- Starlink が移動中利用不可となっており、ドローン用途での規制緩和を要望。（ACSL）
- ドローンの目視外飛行（レベル 3・3.5）における通信安定性と安全性を確保するため、上空 LTE に依存しない衛星通信を主通信系とした操縦・映像伝送システムの早期実用化を要望。特に、上空 LTE は山間部で通信が成立しない区域が多く、また公開されているカバレッジ情報と実際の通信状況が一致しない事例も報告されていることから、これを補完する通信基盤の整備が不可欠である。（グリッドスカイウェイ※）
- ドローンの目視外飛行（レベル 3・3.5）の通信を、上空 LTE 依存から国内 NTN（Non-Terrestrial Networks）中心へ段階的に転換する制度整備を要望。（グリッドスカイウェイ※）
- 衛星通信について（コスト、通信レート）機体の飛行においては、1 日当たり 20 万円を超える費用がかかる場合もある。また、通信データレートが低く(最大 200kbps 程度)、飛行中の状況を把握するのが困難である。これらの解決として、低軌道衛星による通信があげられるが、現在は移動体への搭載（移動中の使用）はできない。災害時においても衛星通信は輻輳しにくいと言われており、災害対策のためにも必要不可欠な通信手段である。（JDRONE※）

- LTE 未整備エリアを踏まえ、衛星通信の活用が重点的に検討すべき課題である。（ACSL※）

【考え方】

近年の衛星通信サービスの進展に伴い、各国の制度整備状況も踏まえつつ、上空や陸上での移動利用等、衛星通信端末のより広範な利用に向け検討を進めることが必要である。

## 6.1.2. 衛星ダイレクト通信、HAPS による端末の上空利用

これまで携帯電話はビル屋上や鉄塔上に設置された基地局と通信を行う形態が主であったが、通信技術の進展に伴い、衛星ダイレクト通信について制度整備されており、また、基地局機能を無人航空機等に搭載する HAPS についても令和８年４月に制度整備を実施した。これらの実現により、地上に設置された基地局と比較しより広範なエリアに携帯電話向け通信を届けることが可能となり、携帯電話端末を上空で使用する場合においても、より広範囲での利用が可能となる。

【主な意見】

（航空機、無人航空機に共通するもの）

- HAPS の活用には、サービス品質に関わる遅延（Latency）基準の設定、安定性・信頼性の確保、利用周波数帯における輻輳防止技術の開発が不可欠である。これらの技術的課題への解決に向けた取り組みを推進することを要望。（ANA ホールディングス※）

（無人航空機に関するもの）

- お客様が上空で利用される端末機器が通信を行う相手方として、地上の携帯電話基地局に加えて、衛星通信システム（低軌道衛星等）や HAPS 等の無線局を追加するよう要望。（NTT ドコモ）
- 上空利用の更なる発展に資する取り組みを推進することを目的に、上空における衛星直接通信の実現に向けた制度整備が進められることを要望。（KDDI）
- 衛星直接通信の上空利用に関する制度整備を早期に進めていただき、ドローンの社会実装とさらなる利活用促進に向けた環境整備を要望。（KDDI スマートドローン）
- 携帯電話回線が使用できない山間部や洋上遠方での安全運航を実現するために、HAPS による安定した C2 リンクを使用できる制度を確立するとともに、現状の技術的課題を解決することが必要であると考える。（中日本航空※）

【考え方】

現行の衛星ダイレクト通信の制度化時には携帯電話端末は地上での利用を想定して他の既存業務との共用検討が行われているが、端末を上空で利用した場合、どのような影響が

生じるのか確認を行って、衛星ダイレクト通信の上空での利用可能性を検討することが適当である。

HAPS は令和８年４月に制度整備されたところであり、他の携帯電話基地局の場合と同様に、HAPS と通信する携帯電話端末の上空での利用が可能である。

### 6.1.3. 地対空直接通信

ドローンに利用可能な地対空直接通信を行うシステムには、携帯電話システムのほか、特定小電力無線、無線 LAN、無人移動体画像伝送システム等の様々なシステムがある。近年、バッテリーの性能向上等によりドローンの飛行距離が伸びていることから、ドローンの地対空通信に関して、より遠距離での利用を望む意見があった。また、無操縦者航空機の活用も将来拡大することが予見されていることから、無操縦者航空機の制御用通信を行う無線局等の制度整備を望む意見があった。

【主な意見】

（航空機に関するもの）

- 5GHz 帯で確保(保留)されている「国際的に標準化された航空システム」用の周波数帯域の拡充を希望。無操縦者航空機は災害対応をはじめとした社会課題の解決に大きな期待が寄せられるプラットフォームであり、将来的に同一空域を複数の機体が運航する事も視野に入れると、C2 リンクのために 5GHz 帯で広い帯域を確保する事が急務であると考える。（中日本航空※）
- 運航の安全性の確保のためにも、5GHz 帯と同様に 400MHz 帯に無操縦者航空機等が占有あるいは優先使用できる周波数帯域の確保を希望。（中日本航空※）
- 現在、見通内通信には C バンド（5030–5091MHz）が国際的に割り当てられており、離着陸時の地上管制との通信に不可欠な周波数帯とされている。しかしながら、当該帯域が何らかの要因により使用不能となった場合の代替通信路については、現時点で具体的な周波数計画がなされていない。C バンドは航空無線（音声通話）に用いられる周波数帯と比較して高く、空間損失が大きいため、指向性の高いアンテナによる通信相手の追尾が必要となる。このような運用では、アンテナ駆動系の異常等により通信不能となる事態も想定される。ついては、緊急時に限り使用可能な無指向性アンテナでも十分な通信距離を確保できる、より低い周波数帯（例：UHF 帯）のバックアップ通信路について、周波数割当ての検討を要望。（川崎重工業※）
- 既存航空機と共用する VHF 無線帯の通信チャネル不足は喫緊の課題であり、運航増加に伴う安全確保と効率的な運航継続に支障をきたす懸念がある。8.33kHz チャネル間隔への移行を加速し、周波数利用効率を最大化することの検討、及びインセンティブ措置の導入（25kHz から 8.33kHz 対応機器への更新に対する経済的負担軽減）の検討を要望。（ANA ホールディングス※）

- これまで不適切な電波の上空利用が確認されていたところ、上空利用の拡大に伴い参入事業者の増加が予想されるため、携帯電話に限らず上空で利用される通信システム全般について、技術要件に加えて以下の運用・監督面での強化を要望。（エアロトヨタ※）
  - 事業者（MVO／MVNO）に対する定期的な報告・監査制度の導入。
  - エンドユーザーへの使用条件・試験計画の周知義務と、問い合わせ窓口の整備・公開。

（航空機、無人航空機に共通するもの）
- LEO コンステレーションの上空利用に対する期待には同意しつつも、同時に課題もあり（万能ではない）、自営系無線の活用にももっと目を向けるべき（ハンドオーバによる通信切れ、将来の回線数増大による輻輳懸念（特に災害時など）、ネットワークのコントロール拠点やサービスプロバイダーの拠点が海外であることの安全保障懸念、果たして C2 リンクをこれへの依存度をどこまで許容すべきか、など。）（松田構成員）
- 空飛ぶクルマ等が多数普及すれば、中心となる電波衛星等がなくても、インターネットのように多数の空飛ぶクルマ等の間で相互に電波通信を行って運航を制御することが考えられる。（個人※）

（無人航空機に関するもの）
- 策定すべき技術基準、需要増に対する制度対応として、上空利用通信帯域の割当の拡大（6GHz、ミリ波など）、5.2GHz、5.8GHz 帯の限られた地域から全国への拡大、他システムとの電波共用が挙げられる。（ACSL※）
- ドローンの目視外飛行（レベル 3・3.5）におけるコスト削減と飛行可能範囲拡大のため、5GHz 帯（特に 5.725-5.850 GHz 帯）における周波数ホッピング技術を活用した中継ドローン機能の早期実用化を要望。（グリッドスカイウェイ※）
- ドローンと地上操縦者の直接通信について 5.8GHz 帯の開放について、これが可能になると、機体間での中継が可能となり、通信距離を延ばすことができ、また障害物がある環境においても通信途絶を回避する事が可能。高画質の映像もダウンリンクでき、使用用途が広がる為、制度の見直しを要望。（JDRONE※）
- 無人移動体画像伝送システムの技術的条件で送信機出力の制限の緩和を希望。（Space Compass※）
- ドローンと地上操縦者の直接通信に関し 2.4GHz 帯の出力増加に向けた制度設計について、操作（基地局）側と機体を直接通信する方式においては、現在 1W が最大出力である。現在、有事対応の為に、固定翼機で 30km を超える飛行（＝通信）が求められている。機体性能は満たしているが、通信がネックとなっている。これに対応できる出力を検証する為の実証実験の許認可や、実証フィールドの提供を要望。（JDRONE※）
- 2.4GHz の混信を踏まえ、5.7GHz/5.2GHz/5.8GHz 帯等の実利用促進が重点的に検討すべき課題である。（ACSL※）

- 5.2GHz 帯、5.8GHz 帯は海外と比べ制限多く国際整合化・規制緩和を要望。（ACSL）
- 無人航空機等における携帯電話端末利用に係る現行制度の電力制限緩和や新たな周波数割当の検討を要望。（Space Compass※）

【考え方】

既存無線システムの送信電力の増加や、新たな周波数帯への割り当てに当たっては、各国の動向も参考に、当該周波数帯における他の無線通信システムへの影響等を踏まえた検討が必要である。例えば上空からの EIRP（等価等方輻射電力）を増加することで、同時に使用可能なドローンの数が減少することに留意することが必要である。他の条件が同一であれば、ドローンから発射する電波の送信電力が 10 倍になれば同時に使用可能なドローンの数は二次元的に考えれば 1/10 になる。

5030-5091MHz 帯における無操縦者航空機の制御用通信については、ICAO において国際的な標準化に向けた検討が行われており、これを踏まえて検討することが適当である。また、他の周波数帯における通信利用に関しては、各国の動向も踏まえて、この周波数帯における他の無線通信システムへの影響等を踏まえた検討が必要である。

また、地域実証等を通じてニーズを把握しつつ制度検討等の取組を進めることも重要である。

### 6.1.4. 携帯電話網の圏外地域での対応

近年、バッテリーの性能向上等によりドローン等の飛行距離が伸びていることから、地上からの見通し外等遠距離での飛行が想定される。例えば、見通し外での飛行など地対空直接通信が届かないエリアを飛行する際は一般的に携帯電話網が使われているが、携帯電話網の圏外地域での飛行も見込まれることから、圏外地域での通信手段確保を望む意見があった。

【主な意見】

（航空機、無人航空機に共通するもの）

- 空飛ぶクルマ、ドローンを運航するにあたり、運航地域の電波状況を事前に調査する必要がある。官公庁にて各地域の電波状況を把握されているようであれば、二重調査の無駄を省くことができるため、情報公開を要望。（日本航空）
- 通信キャリアはマネタイズ面で圏外地域整備が困難であるので、初期費用に加え運用費まで含めた補助の検討、または利益に左右されない公的機関による整備が必要（アンリツ※）
- 航空機用 LTE 携帯電話サービスについて、携帯会社による上空（高度～3000m）での制度整備が必要。（Joby）

（無人航空機に関するもの）

- 圏外対策・ボトルネック解消策として、衛星通信解禁（Starlink 等の移動利用）、HAPS への対応、上空移動利用の許可、中山間地向け通信インフラ支援が挙げられる。（ACSL ※）
- 現場の通信確認は、試験飛行により接続可否を判断する定性的方法が一般的である。定量的な通信品質確認が安全飛行に寄与するため、その方法の制度化が必要。また、上空向け通信インフラ保守運用方法/役割が未定義であることが安全飛行に向けた課題であり、制度化が必要。（アンリツ※）

【考え方】

携帯電話網の圏外での電波上空利用の確保手段としては、6.1.1. や 6.1.2. の衛星通信の利用拡大等が考えられる。

ユーザーが少ない中で上空専用の基地局を設置することには、設備構築上の課題があること、サービス提供に要する開発、設備構築及び運用等のコストをユーザー数で割ることになるため、民間事業者が提供するサービスに対する経済合理性に留意が必要である。

## 6.1.5. 通信品質

空の利用拡大に伴い、eVTOL 等の新たな機体等、従来の航空機に比べ多数の小型の機体の普及が見込まれる。また、遠隔操縦や将来的な完全自律運航を見据え、通信の断絶や遅延が生じない安定的な通信品質の確保を求める意見があった。一般的に、ある通信手段を同時に利用する者が増加すれば通信品質が低下することがあり、高品質の通信環境を確保するためには相応の費用が必要となる。

【主な意見】

（航空機に関するもの）

- eVTOL(空飛ぶクルマ)の社会実装は、機体の状態監視、リアルタイムな空域情報共有、遠隔操縦、そして将来的な完全自律運航を見据えると、現在の航空無線システムが想定していない「大容量」かつ「低遅延」の通信需要が新たに発生することが想定されるため、国土交通省と連携の上、通信の高度化を要望。（特に、Vertiport 周辺や都市部の低高度空域での通信容量と周波数のひっ迫が懸念される。）（ANA ホールディングス※）
- 無操縦者航空機の C2 リンクで通信するデータは、テレメトリ、機外監視カメラ映像データ、衝突回避に関するデータ等が想定され、通信容量も増加する。また、想定している飛行距離は最大 150km で、ドローン等に用いられる無線設備で対応が出来ない。大容量及び長距離通信に対応できる無線設備が利用できることを要望。（新明和工業※）

- 将来的な懸念材料の１つではあるが、都市部の VP（Vertiport：空飛ぶクルマ専用の離着陸場）等において eVTOL 運航が高頻度化した場合、ADS-B 等の eVTOL で用いる無線が飽和し使用に際し障害となるのではないか。（SkyDrive※）

（航空機、無人航空機に共通するもの）

- 現状、山間部や谷間部等でのドローンの運航に際して、静止衛星の通信が入りづらいことがある。また、将来、空飛ぶクルマ、ドローンが高頻度・高密度に運航する際には、衛星通信を利用する頻度やデータ通信量の増加が想定される。通信の断絶や遅延は運航の品質や安全に影響を及ぼすため、通信の安定性に係る更なる改善を要望。（日本航空）
- 携帯電話やスマートフォンの電波は、そもそも地上で使うために作られたもので、上空では地上と同様の通信の品質が保証されていない。上空での電波利用には、地上通信との干渉リスク、通信品質の不安定さ、制度面での未整備といった問題がある。（e ロボティクス※）
- 地上の携帯電話基地局はアンテナを地上向けに設計しているため、上空での利用は想定外の電波干渉を引き起こす可能性がある。（e ロボティクス※）
- ドローンや空飛ぶクルマは高速移動するため、端末が常に電波を探し続け接続が途切れやすい。結果として通信品質が安定しない。（e ロボティクス※）
- 4G・5G や Wi-Fi など既存の周波数を上空で利用すると、他の無線通信システムとの混信が懸念される。（e ロボティクス※）
- 遠隔操縦や自動飛行には安定した通信が不可欠だが、電波の途切れが事故リスクにつながる。（e ロボティクス※）
- 長距離・広帯域通信に対する要望について、今後、ドローンや空飛ぶクルマの数が増えていくと、全ての機体で長距離映像伝送していては、電波のひっ迫は必至という課題に注意を向けるべき。また、映像伝送に代わるエッジ AI 処理の積極的な導入も技術的・制度的に検討していくべきではないか。更に、必要な場所に最小限の電波を届けるという意味で、映像と C2 の分離、マルチホップ（地上中継・上空中継）も有効ではないか。（松田構成員）
- 免許不要バンドを増やすべき、との意見について、免許不要バンドは被干渉回避が保証されないことを認識すべき。（松田構成員）
- 操縦者が搭乗しない航空機において、制御用通信は有人航空機以上に機体の安全性に影響する。コストだけでなく、通信の信頼性、特性と目的の相性を吟味する必要がある（ベストエフォート型でよいのか？瞬断を許容するか？など）。運用に当たって、通信品質の指標をつくり、モニタリングするしくみが求められる。（河村構成員）
- 空対地間の信頼性確保について、低高度空域ではビル陰・地形・電波環境変動が大きく、安定した通信が難しく、単一通信方式依存はリスクが高いことが課題。LTE/5G・衛星・空対空メッシュなどマルチリンク化で冗長化し、通信品質モニタリング基盤を整備し、ダイナミックルーティングを実現することが必要。（日本電気）

- 都市部では雑多な無線局が存在し受信機の飽和や妨害が発生し得、ADS-B/レーダー/民間波と干渉が懸念される。耐干渉性の高い受信機設計（フィルタ／ゲイン制御)、地上局配置の最適化と電波マップ整備、シミュレーションと現地実証の標準プロセス化が必要。（日本電気）

（無人航空機に関するもの）

- UATM（都市型航空管理）を支える通信要件について、多機体・高密度運航を想定するとリアルタイム性・信頼性要件が高度化することが課題。QoS 管理・帯域予約・遅延保証を含む通信要件の標準化、地上・空域の状態共有を行う統合 SWIM 基盤の高精度化が必要。(日本電気)
- 低高度空域では民間 LTE、Wi-Fi、産業用無線、海上／航空無線が混在し、相互干渉や通信品質劣化リスクが増大。空域ごとの電波混雑マップ整備と混雑予測、優先制御やチャネル割当のダイナミック運用が課題。(日本電気)
- 遠隔操縦に必要な通信として、高信頼・低遅延制御リンク、Mbps オーダの映像伝送、冗長化（地上回線/LTE + 衛星/HAPS）が挙げられる。(ACSL)
- 複数機/群制御に向けてさらなる通信帯域の拡大（6GHz 帯、ミリ波等）に向けた検討が重点的な課題である。(ACSL)
- LTE 通信について（コスト・安定性）衛星通信よりも費用は抑えられるが、操縦（基地局）側、機体双方に SIM が必要となる場合もあり、複数台機体を運用するとなると、総じてコストアップに繋がってしまう。上空プランを提供している通信事業者は、ドローン運用も行っており、自前のインフラを使い通信のコストが抑えられる事を考えると、市場競争力においても、通信インフラを持たない企業にとっては不利になってしまう。空中 LTE 参入の通信事業者も現状少ないと思われる為、参入障壁を減らす施策による市場価格の低価格化を望む。技術的な面においては、通信エリア内にもかかわらず通信できない場所もあり不安定である。(JDRONE※)
- 通信需要の広がりとして、FPV/HD 映像伝送は数 Mbps の通信レートが必要。(ACSL)
- 通信需要の広がりとして、遠隔制御＋テレメトリは低遅延&冗長性の要求が見込まれる。（ACSL）
- 通信需要の広がりとして、群制御・複数機自動飛行は同時接続数拡大、通信データ量の増大が見込まれる。(ACSL)
- 運用に当たっては通信品質の具体的な指標を策定し、第三者がモニタリングする仕組みの構築が求められる。（河村構成員）
- 以下のユースケースと課題が想定される（ACSL）

| 分野 | 主な用途例 | 直面する電波課題 |
|---|---|---|
| 災害対応・空撮 | 災害現場確認、測量、自動巡回 | 2.4GHz 混信、山間部での LTE 圏外 |
| インフラ点検 | 工場/プラント点検<br>危険区域監視 | 近距離映像伝送の安定性<br>干渉回避 |

| | | |
|---|---|---|
| 警備 | 自動巡回、追跡 | リアルタイム映像伝送<br>複数機運用時の帯域確保 |
| 物流 | 中山間地域配送<br>ラストワンマイル | LTE 非カバーエリア<br>冗長通信手段不足 |

【考え方】

無操縦者航空機等の安全な飛行のためには通信品質の安定が必要である一方、より空の利用拡大が進んだ際には、利用する通信回線次第ではひっ迫することが想定される。近年の衛星通信サービスの進展に伴い、上空での衛星通信端末のより広範な利用に向けた検討等を進めることが必要であるが、安全な飛行のためには、通信品質の確保のみならず、冗長性の確保に努め、かつ、万一の通信途絶時の対応についても併せて検討する必要がある。また一般に、高い品質の通信を利用するためには高額の通信費用が必要であるため、求める飛行の安全を確保するために必要な通信品質とその通信品質を実現するために必要なコストのトレードオフの観点も必要である。

## 6.1.6. 監視、電子的視認性

無人航空機、無操縦者航空機等が将来増加することが予見されており、従来の監視技術を補助する役割として、航空機等の空域利用者が相互にその存在を知らせ衝突の危険性を回避することを目的とした電子的視認性の概念とそれを実現する機器が英国航空局等によって提案・開発され、それらを踏まえた制度の検討が欧州（EASA）や米国（FAA）で進められている。我が国でも、一部の事業者から、ADS-B の無操縦者航空機等への搭載が提案されている。

航空機の監視には、地上から電波を送信し航空機からの反射波を受信して位置を特定する PSR、地上から質問信号を送信し航空機に搭載された ATC トランスポンダから応答する信号を受信して位置情報や高度情報を取得する SSR、地上に配置された複数の受信機が航空機から発射される電波を受信し、その到達時間差を利用して航空機の位置を算出する MLAT 及び WAM 等、様々なシステムが利用されている。

SSR の質問信号を受信しない場合も ATC トランスポンダから定期的に周囲に位置情報等を送信する ADS-B は、我が国では ATC トランスポンダの一機能として扱われているが、海外では ADS-B 単独での使用例がある。

【主な意見】

（航空機に関するもの）

- 衝突を避けるだけでなく、安全性を考慮するとヘリコプター側でドローンを検知できるだけでも安全性が上がると考える。（武市構成員）

- 安全性確保の観点から、eVTOL の運航エリアとなる低高度・混雑エリアにおける ADS-BIN/OUT の段階的な義務化を国土交通省と連携の上での検討を要望。。義務化の範囲は、航空運送事業への影響や、小型無人機を含む無人航空機システム（UAS）の枠組みと整合性を図り、柔軟な制度設計を要望。（ANA ホールディングス※）
- ADS-B は、都市部運航における衝突回避（DAA：Detect and Avoid）へ活用することが期待されているが機体数増加による通信輻輳により、本来の機能に必要な通信品質が担保されないリスクがある。国土交通省と連携した上で、混雑エリアでの輻輳対策技術の研究開発を支援するとともに、ADS-B の高い安全要件を担保できる技術的対策の推進について検討を要望。（ANA ホールディングス※）
- 将来的（長期的）な無人・自律運航に必要な、機体の状態監視、フライトプランの動的更新、高精度な空域情報伝送等を可能とするため、現行の通信帯域では賄えない大容量・超低遅延のデータリンク環境が必要となることが想定されるため、大容量通信に関する技術開発への支援を強化し、常時安定して利用できる環境を整備することを要望。（ANA ホールディングス※）
- 航空法第 71 条の 2 に規定される操縦者の見張り義務をどのように実現するかが重要。現行の整理に倣う場合、機上の視界をリアルタイム送信する必要が生じる可能性があるが、これを全ての UAS に適用すると周波数資源の観点から困難が予想される。現状では無人機向けに通信品質を客観的に評価・モニタリングする仕組みが十分に確立されておらず、機体規模に関わらないモニタリング体制が必要。（河村構成員）

（航空機・無人航空機に共通するもの）
- 動態情報の発信は、スプーフィング（なりすまし）問題も考えると現状では ADS-B だけではなくトランスポンダも必須と考える。ADS-B とトランスポンダについては、機体の位置を導き出す方法が異なり、仕組み上トランスポンダは場所を偽ることが難しい。通信システムの冗長性が重要である。（河村構成員）
- 使い方次第では、ADS-B 送信機だけで問題ない状況もある。（吉田構成員）
- 新 ITU-R ハンドブック M. [HDBK_STATUS.SPECTRUM.RPAS_DAA]の作成に向けた作業文書において検討が進められているところであり、これらの動向も注視していく必要がある。（日本無線）
- 協調型衝突回避システムと共に、レーダーを使用した非協調型衝突回避システムは航行安全に重要。ISO 15964 で標準化された非協調型衝突回避システムに使用するレーダーの周波数割り当てが必要。（日本無線）

（無人航空機に関するもの）
- 安全確保・離発着自動化に必要な無線技術として、UTM 連携、リモート ID による無人航空機の認識、ADS-B 等による航空機の認識、飛行体はリモート ID か ADS-B のどちらかの実装の義務付けが挙げられる。（ACSL）

- 他機の位置情報把握手段としてのリモート ID の利用について、リモート ID の利用は搭載がすでに義務化されたデバイスの活用ができる利点が大きいが、通信可能距離が短いため、利用できる範囲に制約がある可能性がある（多数機群飛行や有人ヘリ相手など)。（松田構成員）
- 衝突回避は、非協調型（レーダー）の周波数を確保すべきとの意見について、レーダーのほか、協調型（機体間通信）が中型機に実装可能なレベルにあることにもっと目を向けてもらうべきではないか（特に、リモート ID よりも長距離通信が可能な LPWA 方式など。)。（松田構成員）
- 他機の位置情報把握手段としての ADS-B の利用（ポータブル型を含む）について、空飛ぶクルマや有人航空機への搭載義務化は望ましい方向。一方、ドローン側への搭載については、受信は可能でも送信は免許対象であること、ドローン（中小型を含む）への搭載は ID の枯渇や通信混雑により有人航空機に悪影響の可能性があることを認識してもらう必要がある。（松田構成員）
- 多くの無人航空機が飛行する低高度（対地高度 150m 未満）では有人航空機が見えていないのが現状である。特に無人航空機の目視外運航において、有人航空機との空中衝突防止は無人航空機運航拡大のための重要課題である。（宇宙航空研究開発機構）
- 無人航空機と有人航空機の衝突リスクを低減して安全な運航を行うには、飛行前のリスク低減（遭遇率考慮、戦略的対策）と、飛行中の対策（戦術的対処）の両方が必要。（宇宙航空研究開発機構）
- 日本国内の小型航空機機数や周波数環境等から、英国で規格化されたポータブル ADS-B デバイスが、日本で活用可能な Electronic Conspicuity の有力候補と考えられる。無人航空機運航者が同情報を活用してエアリスクを低減する具体的な手順（ガイドラン）の提案を行う予定。（宇宙航空研究開発機構）
- 航跡・識別情報について、低高度空域の情報共有や監視データが欠落し安全性を損なうことが課題。低高度領域における情報送受信網の構築、自動トラッキング方式（機上送信・地上補完）の導入、出発前識別（Pre-ID）や ID 併記の標準化が必要。（日本電気）

【考え方】

無人航空機が航空機の位置情報を把握して回避する等の有人航空機、無人機間の飛行の安全を確保するための電波利用の在り方については、世界的な業界の動向を踏まえて、関係省庁と密接に連携しながら検討することが適当である。

## 6.2. 手続・運用面における制度整備等

### 6.2.1. 海外展開・海外製品利用の簡素化

ドローン事業者から、海外向け、国内向けの双方のドローンについて、製品製造時の飛行テストに必要な無線局開設を容易にできるようにしてほしいと望む意見があった。また、海外向けの機体開発に向けた無線機を国内で試験する環境がないことや、海外製無線設備を国内に導入するに当たり、新たに電気的特性データの取得を行う必要があるといった点が、製品開発に影響を及ぼしているという意見があった。

【主な意見】

- 海外製の無線機をテストする環境が国内になく、国内メーカーが海外仕向けの機体を開発する妨げになっている。飛行時に不可欠な技術であるので屋外の飛行で使えないのは致命的であるため、製品出荷のための海外向け無線利用の緩和を要望。（エアロセンス）
- 飛行制御用の電波高度計、衝突回避装置（レーダー）、トランスポンダについて、無人機向けの海外製製品の国内利用手続きの簡略化などを要望（実験試験局開設時の検査で海外メーカーで取得した電気的性能データを活用する等）。（新明和工業※）

【考え方】

製品の品質保証は、特に飛行を行う製品においては安全性に直結するものであり、慎重な対応が求められる。

一方、免許を取得せずに無線局を開設することで他の無線局に干渉を与えるおそれがあることに留意しつつ、無操縦者航空機やドローンの製造時等の無線局開設をより容易にするために取り得る手段を検討することが適当である。

### 6.2.2. 無線従事者資格・人材育成

我が国で海外メーカーの空飛ぶクルマの試験飛行を行う場合について、事業者から、機体の操縦は機体を製造するメーカーの操縦士が行うことが、習熟度の観点から合理的であり、また、機体のスペース等の問題で我が国の無線従事者の有資格者が外国人操縦士と同乗できない事例があることから、海外メーカーに属する外国人操縦士の無線従事者資格について、取得の柔軟化などの要望があった。

また、有人航空機では通信途絶時に機上の操縦者が対処できる一方、無操縦者航空機ではそれが不可能であり、また、無人航空機の目視外飛行ではカメラ映像等での機体外の監視を行っているため、今後の無操縦者航空機の実現や無人航空機の目視外飛行の進展に伴い、これらの機体の飛行に利用される無線設備が運航の安全性に及ぼす影響は高まっていくものと考えられる。

このような状況において、これらの無線設備を操作する人員の人材育成に関し、無線に関する知識や技能、無線システムを設計するためのスキル、それらの技能を評価する枠組みや、国際情勢に明るく機体の国際展開を推進できる人材が必要ではないかとの意見があった。

【主な意見】

（航空機に関するもの）

- eVTOLの社会実装と普及には、運航コストの抑制と関連人材の円滑な確保が不可欠であるため、無線通信資格のあり方について国土交通省と連携の上、以下の観点から合理化・緩和の検討を要望。（ANA ホールディングス※）
  - 資格要件の合理化： eVTOL の運航に関して運航者側の無線通信資格要件を既存の（商用の）航空機に適用されている資格と同等ではなく、eVTOL の特性に応じた緩和や資格取得の合理化（海外での無線資格による運用等）
  - 事業者の経済性への配慮： 無線局の操作に無線資格を不要とする制度設計等を含めて、運航事業者の人材採用・育成コストを抑制し、eVTOL サービスの経済性を高める措置
- 将来的に無操縦者航空機に一般搭乗者が搭乗する場合、搭乗者と地上の対地通信手段についての検討を要望。（SkyDrive※）
- 2023 年に空飛ぶクルマの試験飛行を実施した際に、限定的なスケジュールの中で落成検査の実施や外国人操縦士の本邦の無線従事者免許の取得が必要となったことから無線局免許申請を断念することになった。今後、飛行範囲・場所を拡大して試験飛行を実施する場合、同種の問題が生じる可能性があり、柔軟な運用を要望。（日本航空）
- 2040 年代には空飛ぶクルマが日常生活に入り込んでいることも想定されるが、利用するユーザーが無線を使う可能性という視点も重要になるのではないか。（藤井主任）

（航空機・無人航空機に共通するもの）

- RF/プロトコルといった無線スキル、サービス全体を考慮したシステム設計スキル、それらの評価スキル、国際動向を調査/理解し国内展開出来るスキルが必要。（アンリツ※）
- 無線局に関わる人材の育成については、技術的スキルだけでなく、制度理解、倫理観、公共性への意識を持った人材の確保が重要です。教育機関や研修制度を通じて、技術者が制度設計や市民との対話にも関われるような育成方針が望まれる。（個人※）

（無人航空機に関するもの）

- 無人移動体画像伝送システムと運用調整に係る整理を実施いただいたところ、ドローンについては事業者のみならず、一般の方の利用も進む中で、一層の社会普及を目指すにあたっては、無線局免許及び無線従事者資格を必要としない機器の更なる拡大を要望。（日本航空）

- ドローンの飛行までの手間（手続き）が多いことも課題。電波利用だけでも、従事者免許取得/無線局免許取得（5.7GHz 帯等）、JUTM による事前の飛行空域・時期の調整（5.2GHz/5.7GHz 等）が必要。結果、電波利用の手続きが必要ない 2.4GHz 帯に集中している。（ACSL※）
- 航空法や電波法に基づく規制は存在するものの、都市部での飛行、目視外飛行（BVLOS）、操縦者資格制度など、実運用に即した制度整備が求められている。特に、国家資格制度の導入により操縦者の技術水準は向上していますが、制度の周知や取得支援、更新制度の整備が必要。（個人※）

【考え方】

空飛ぶクルマを操縦する人員に求められる無線従事者の資格については、当該機体に搭載される無線局の免許に無線従事者の資格が紐づけられることから、無線局免許の在り方の検討も含め、検討する必要がある。具体的には、試験飛行の段階のものへの配慮や、サービス開始後の場面での要望を聴取し、要望の具体化に努め、制度改正も含めて、可能な対応を探っていく必要がある。

また、新たな航空技術及び通信技術に関する研究開発等を、民間企業や研究開発機関、高等教育機関との産官学連携を密にして進めることで、航空分野における新たな飛行形態に対応して無線に携わる人材に求められるスキルを持った人材育成の推進が求められる。

### 6.2.3. 制度に関するその他の要望等

空の利用拡大に伴う、eVTOL 等の新たな機体の出現や無人航空機のより高い高度やより長距離の飛行を想定した様々な制度整備等の要望やコメントが寄せられた。

【主な意見】

（航空機に関するもの）

- 無操縦者航空機については、航空法上の航空機に搭載が義務付けられている無線設備と、その無操縦者航空機が新たに搭載する無線設備との干渉検討が必要になることが想定されるが、そのような場面では総務省の干渉検討と、航空機の耐空性や認証の 2 つの観点が出てくるのではないか。（河村構成員）
- 旅客を乗せた無操縦者飛行は、有人航空の認証制度や安全性について見てきた専門家からすれば、難しいことと認識されており、当分先の話になると想定される。当分先という意味合いは、ICAO の RPASP でのマニュアルに、操縦者がいなくて旅客が乗ることは（文書の）対象としないと明言されている。（河村構成員）
- 既存の周波数をうまく活用することを主眼に研究開発を実施しても、専用の周波数帯域が少ないため、調整が必要であり安全性を考慮すると干渉がないようにする必要がある。専用の周波数帯域があると良いと考える。（松田構成員）

- 国交省の官民協議会「運航基準 WG」、「交通管理 TF」とも連携し、今後新たに義務付けられる必要装備品、既存の必要装備品の電波法上の立て付けの制度整備を要望。(ADS-B、PortableADS-B 等)(SkyDrive※)
- 短期の eVTOL(飛行距離が限定的)への VHF、トランスポンダ搭載について、飛行が局所的な遊覧事業も想定されており、航空法 60 条が適用される空域を飛行せず非搭載となる機体もあると思料する。適宜国土交通省とも連携の上、検討を要望。(SkyDrive※)
  - VHF 非搭載の場合の、ELT 等他の機体搭載の無線免許の種類は「航空機局」とならないと認識しているが、現行法の制度上「無線航行移動局」となるのか。「無線航行移動」の場合、通信の相手方として「航空機局」の既存機や管制施設との通信は問題ないのか。
  - VHF、トランスポンダを搭載する場合、飛行が局所的で有効到達距離に通信できる地上航法援助施設がない場合、設置時の総合試験や定期点検が成り立たない。平成 23 年総務省告示第 279 号に記載の「総合試験の方法」の見直しは不要か。
- 空飛ぶクルマが離着陸する非公共用のバーティポートや場外離着陸場についても、空飛ぶクルマとの間での安全運航に必要な情報の相互の授受のために、離着陸場管理者への飛行援助用航空局に係る無線局免許の付与を可能とするよう、周波数の再編等の対応を要望。(オリックス※)
- 航空用通信は国際的に目的を絞って割当てが行われているため、国内のみでの急速な周波数割当ては長期的な観点から問題が生じる可能性があり、慎重な検討が必要である。(河村構成員)

(無人航空機に関するもの)
- 飛行高度について従来は 150m 未満の利用に限定されていたが、近年は規制緩和が進みより高高度での利用が検討されている。 (e ロボティクス※)
- 電波利用手続きに関して、JUTM による飛行調整の撤廃、免許制度の簡素化に向けた検討が重点的な課題である。(ACSL※)
- JUTM による飛行調整撤廃の意見について、JUTM は飛行調整はしていないこと、JUTM の運用調整がなければ混信が回避できず、現状では電波の有効利用も難しくなる、という問題の認識が極めて弱いように感じられる。(松田構成員)
- 既存電波制度は無人機・AAM に十分最適化されておらず、周波数使用の優先順位や保護が曖昧であることが課題。低高度空域向けの専用・優先帯域の確保、AAM 向け電波制度のロードマップ策定と政府・産業界の連携強化が必要。(日本電気)
- 将来技術への対応に関連し、AAM 台数増・自律化に伴い通信負荷は飛躍的に上昇しており、衛星との連携、OFDM 他、あらたな通信方式への対応、電波割当の最適化が必要。(日本電気)

- 開局申請が必要な通信機は、メーカーが出荷テストする際に全数開局申請が必要で、メーカーとユーザーが二重に開局し続けるのは負担・無駄が多いため、製造者向けの無線開局申請の緩和を要望。（エアロセンス）

【考え方】

上空での電波利用のための制度整備に向けては、寄せられた要望やコメントを踏まえて必要な検討を行う。

## 6.3. 研究開発

遠隔操縦や自動離発着技術の進展は、安全性と効率性の向上に直結するため、積極的な研究開発の推進が求められている。また、無人航空機に関しては、高速移動時の通信安定性、安全な遠隔操縦のための広帯域・低遅延技術、通信機器の小型・軽量化と共に、ジャミング（電波妨害）・スプーフィング（なりすまし）への対処が必要との意見があった。

【主な意見】

（航空機、無人航空機に共通するもの）

- 空の利用拡大における地域社会課題の解決に向けて、電波を用いた地域実証をより積極的・継続的に進める必要がある。（松田構成員）
- 遠隔操縦や自動離発着に関する通信技術の進展は、安全性と効率性の向上に直結するため、積極的な研究開発と標準化の推進を期待。（個人※）
- 技術開発においては、通信の標準化と機器供給の促進が不可欠である。特に中小事業者や自治体が参入しやすい環境整備を通じて、空域利用の民主化と地域活性化を図るべきである。（個人※）
- 技術開発段階での情報漏洩リスクへの対応は極めて重要である。日本では、技術保護に関する制度的な整備が十分とは言えず、開発現場における情報管理体制の強化が急務である。通信・制御・位置情報などの機密性の高い技術が多く含まれる空域利用においては、標準化前の仕様や未公開の設計情報が外部に流出することは、公共の安全性や国家の競争力を損なう可能性がある。これに対しては、アクセス制限、暗号化、契約上の保護条項の徹底など、制度的な技術保護政策の整備が必要である。（個人※）

（無人航空機に関するもの）

- 以下の無線通信技術の研究開発が必要。（アンリツ※）
    - 上空障害物が少ないことによる将来の移動高速化を見据えた、ドップラシフト等への耐性や提供サービスに応じたパフォーマンス定義など高速移動時の安定した無線技術。

- 高さ方向への空間拡大による 1 つの通信基地局に対する収容端末数増加を見据えた、多端末に対する安定した無線技術。
- 安全な遠隔操縦実現のための映像伝送、自動運行システムとの常時接続、他機との直接通信などを見据えた広帯域/低遅延な無線技術。
- 攻撃者による事故誘発や犯罪利用への対策として、スプーフィング/ジャミングに耐性のある無線通信技術。
- 通信観点での飛行安全担保に資する、上空無線評価や品質 KPI 定義、安定運用方法。
- ドローン航路 WG 資料にて記載があるように、TN/NTN/その他無線システムの最適組合せ。

- ドローンは既存航空機に比べて、機上に搭載できる通信機器の大きさ、重量には限りがある。ドローンで衛星通信機器を搭載できる機体（概ね最大積載量 10kg 以上の機体）は少なく、衛星を用いた精度の高い遠隔目視外飛行の実施は限定的である。通信機器の更なる小型化、軽量化の技術開発が進むような業界への働きかけを要望。（日本航空※）
- 研究開発すべき領域として、自律・分散制御、群制御に適した無線通信技術（メッシュ等）、マルチリンク（LTE＋衛星＋2.4GHz/5GHz）等の無線の高信頼性技術、衛星通信による広域運航、都市空域における無線干渉や妨害への対応、5.2GHz 等周波数を他のシステムと共用する場合の干渉抑制技術・周波数共用技術、GPS のマルチパス、ジャミング、スプーフィングへの対応が挙げられる。（ACSL※）
- 低空を飛行する有人航空機側で周辺を飛行するドローンの位置を把握したり、ドローン同士で位置情報を共有する手段として、距離の短いリモート ID 等に代わり、サブギガ帯の長距離無線方式（LPWA）による位置把握技術の開発・実証が NICT を中心に NEDO や JST 等の元で進められ、自律群飛行や自律衝突回避への利用効果も具体化してきている。（松田構成員）

【考え方】

新たな航空技術及び通信技術の進展に対応し、提案された意見も踏まえて、民間企業や研究開発機関、高等教育機関との産官学連携を深め、必要な研究開発・人材育成の推進が求められる。

また、研究開発成果の実装及び展開に当たっては、地域実証等を通じて課題の把握・解消を行って制度検討等の取組を進めることも重要である。

## 6.4. 標準化等

### 6.4.1. 標準化

無人航空機の機体の大型化・長距離化が進んでおり、無操縦者航空機においても、国際飛行を行う機体の登場が見込まれており、ICAO において、国際飛行を行う無操縦者航空機

（RPAS）に関する標準（SARPs）の検討が進められている。また、世界的な周波数利用の共通化は、システムの統一、設備導入の容易化、無線局免許手続きの簡素化にもつながる。ITU をはじめとした国際標準化機関で標準化を検討する動きがある。

【主な意見】

- 安全性や耐空性は基本的に航空機の設計で担保されていると考えている。設計においては製造事業者の知見が非常に重要であり、国内に製造事業者がいれば、議論や標準化を通じて担保されたものが作られるが、実際には欧米に製造事業者が多く、空飛ぶクルマ以上の大きな機体では、業界標準ができ、アビオニクスメーカーが参加して国際標準が作られるという流れがある。そのため、議論ができる国は独自に安全性を担保する国際標準を策定できるが、それ以外の国は国際標準を参照して安全を担保する法令を作っているのが実態である。（河村構成員）
- 近年はメーカーなどが先に進み、後から規格が追う感覚がある。ICAO の定義がないから進まないとは限らない。（吉田構成員）
- 無操縦者航空機等においても「相互運用性」という観点から世界各国で運用の共通化が図られると想定される。世界的な周波数利用の共通化を拠り所として、システムの共通化、設備導入のしやすさや無線局免許手続きの簡素化につながっていくと考えられるため、ITU などを含めた早急な制度作りが必要である。（中日本航空※）
- 通信機器や通信方式の標準化が進まないと、低空経済における次世代空モビリティの社会実装が進まない。（e ロボティクス※）
- 無人航空機の標準化の方向性として、5GHz 帯ドローン利用規格整備、群制御通信（メッシュ通信）方式、他システムとの電波共用の方式（DFS 等）が挙げられる。（ACSL※）
- 通信システム確定が先決で、3GPP のような既存の技術基準検討団体へのアドオンなどによる通信システム確定が必要。（アンリツ※）
- 国際標準化に追従する可能性について、ICAO/ASTM/ISO/RTCA などで標準化が急速に進行しており、国際会議への継続参加や国内仕様と国際仕様との整合を図り産業界の国際競争力強化が必要。（日本電気）
- 大型無人機・AAM のスケールアップについて、150kg 超級 AAM では電波・安全要件がドローンと大きく異なり、CNS の観点でも求める通信要求が異なるため、重量級 AAM 向け通信要件の独立標準の確立や ISO/ICAO レベルでの統合安全基準づくりへの参画、AAM での CNS 運用に関する基準作りが必要。（日本電気）
- セキュリティと電波の安全に関連し、機上データの盗聴・改ざんリスクや、通信妨害（Jamming）・なりすまし（Spoofing）リスクが存在する。暗号や PKI を含む強固なエンドツーエンド保護や Jamming 検知・耐性技術の標準化が必要。（日本電気）

【考え方】

我が国の開発した技術が国際標準として採用されれば、国際的に整合性のとれた技術基準を策定することができ、国内の周波数ひっ迫対策にも寄与するものと期待される。また、我が国の技術の普及が国際的にも促進され、国内技術分野における国際競争力の強化も図ることができる。

このため、関係する国際機関の会合に参加し、国際標準化により積極的に寄与することで我が国の技術の普及を国際的に促進し、国際競争力の強化を図ることが必要である。

### 6.4.2. 国際動向

国際的には欧州や米国が将来的な国際標準化の流れを主導しており、動向の注視が必要とされている。我が国特有の地域特性や法制度を考慮しつつ、国際制度との整合性を保った制度整備が求められる。

【主な意見】

（航空機、無人航空機に共通するもの）

- 制度の検討に当たっては、計画性を持って、国内だけでなくグローバルな整合性を考えるべき。今すぐ国内で新しい周波数を求めるのではなく、準備が必要である。（河村構成員）
- ReAMo プロジェクトにて国際動向調査が実施されており、連携すべき。（アンリツ※）
- 衛星通信や HAPS など非地上系ネットワークの利用が検討されている中、国際的な周波数調整が不可欠。（e ロボティクス※）
- 日本においても国際制度との整合性を図りつつ、地域特性や災害リスクを踏まえた制度設計が重要である。（個人※）

（無人航空機に関するもの）

- 欧州では 1880–1900 MHz／1910–1920 MHz 帯における DECT-2020NR 技術の利活用が検討対象となっている。DECT-2020NR は、低遅延・高信頼性・高セキュリティを備えた通信技術であり、無人航空機の制御用途において有効な選択肢となり得る。日本国内における電波の上空利用に関する制度設計・技術検討において、DECT-2020NR 技術についても検討の選択肢の一つとしての配慮を要望。（DECT フォーラム　ジャパンワーキンググループ※）
- EUSPA より公表された上空利用に関する航空及びドローン利用者のニーズと要件に関する報告書には、ドローンの空域利用の高度化や、将来的な統合空域管理（UTM/ATM）への要求など、具体的な技術的課題や市場の方向性が示されており、これらを参考とした検討することが有用と考える。このような国際的な需要動向を詳細に分析し、技術的対応の検討を進めるべき。具体的には、以下の点に焦点を当てて、ステークホルダーと共有し、将来のシステム設計や政策ロードマップに反映させるべき。（日本電気）

- 要件の抽出と適合性の評価：報告書で挙げられている「ユーザーニーズ」の中で、現在の技術やロードマップと整合性のある項目、または優先的に対応すべき項目の抽出。
- 国際標準への対応：欧州は、将来的な国際標準化の流れを先取りしている可能性が高いため、EUSPA がまとめた要求事項への対応について、国際市場における競争力強化につながるかの検討。
- 新たな技術機会の発掘：報告書に含まれる将来的なシステム（例：高精度測位、AI を活用した空域管理など）の要件に基づき、取り組むべき新たな技術開発テーマや共同研究の機会の発掘。

【考え方】

関係諸外国と緊密に連携を図りつつ、国際動向の詳細な分析を行い、国際的な協調のとれた制度を引き続き検討することが必要である。特に近年発展の進む NTN 分野では国際的な周波数調整が求められている。

## 6.5. その他

空の利用拡大に向け、これまでに記載した事項以外にも、例えば以下のような意見があった。

【主な意見】

- 国民の共有財産である電波を割り当てる場合、恩恵を受けるのが富裕層のみに限定されることのないようにすべき。（加保構成員）
- 着実な社会実装には費用と品質のバランス考慮が必要であり、産業界意見を如何に取り入れるか、建付も含めて検討が必要である。（アンリツ※）
- 都市部と過疎地で無線通信に求められる要件が異なるため、分けて検討すべき。（アンリツ）
- 空飛ぶクルマ、ドローン事業者が手頃な価格で衛星通信を利用できるよう、価格設定の見直しを含めた働きかけを要望。（日本航空）
- 防衛省における無人機の開発に際し、将来的な周波数割当てに関して支障が生じることのないよう、仮に公表を伴わない場合であっても、当該周波数帯の利用計画に防衛省機の無人機運用を含めた検討を要望。（川崎重工業）
- 無線モジュールとアンテナを切り離して認証できる仕組み、あるいは「同等アンテナ」概念を導入することが望まれる。アンテナ型式、利得、放射パターンが同等で、電波法上の基準（占有帯域幅、不要放射、EIRP など）を満たす場合には、再認証を不要とする制度設計が適切である。また、ケーブル長やコネクタの変更等についても、総合的な放

射特性への影響が軽微である範囲での変更を認める運用を明確化することで、製品ライフサイクル全体の効率化が期待できる。（エアロセンス）

- 人間が携帯電話を利用する場合も地表から 1m 数十 cm は浮いた場所で利用しているわけで、人間が利用する場合と同程度の高度で利用する場合には地上の利用と同等とみなし、通常の SIM が使えるような規制緩和を行うことを要望。（個人）
- 空の利用拡大に伴う電波利用政策の検討にあたり、技術開発の加速と制度設計の慎重な整備の両立が重要である。（個人）
- 地域ごとの電波環境評価や、住民との対話を通じた合意形成が求められる。（個人）
- 民間事業者が通信インフラや機器を提供する場合には、公共性と透明性を担保する制度的な枠組みが必要である。（個人）
- 技術基準の策定にあたっては、単なる性能要件だけでなく、公共性・倫理性・安全性を含めた包括的な視点が求められる。制度の柔軟性と安定性を両立させるためには、段階的な導入と事後評価の仕組みを整備し、必要に応じて制度の見直しが行えるようにするべき。（個人）
- 制度設計においては、市民の信頼を損なわないよう、情報公開と説明責任を徹底することを強く要望。特に、技術開発と制度整備の過程において、利用者や地域住民の声を反映する仕組みを整えることで、空域利用が社会に根付く基盤となると考える。（個人）
- いわゆる「ドローン」に該当する案だと思うが、何よりまず、軍事的な利用が絶対に出来ないよう、憲法に基づいた制限を要望。国外では ドローンが殺戮・破壊に使用され、あろうことか 日本国内でも規定が無い事をいい事に米軍・自衛隊が運用を始めている。イスラエル製のドローン購入も問題になっている。平和外交でなく武力で何か解決する、というのが、とんでもなく間違いである事は、国外の戦争・虐殺を見て明らかである。どうかドローンが軍事利用されない様、きちんと規制し牽制を行って頂きたい。（個人）
- 空をもっと利用制限すべき。（個人）
- 遠隔操縦反対。（個人）

【考え方】

空の利用拡大に伴う電波政策の在り方の検討に当たっては、これらの観点も踏まえて検討を行うことが適当である。

# 第7節 ロードマップ

ドローンや空飛ぶクルマをはじめとする次世代の航空機が安全かつ高度に運用される社会の実現に向け、上空における電波利用の将来像と、それを支える制度・技術の整備計画をロードマップとして取りまとめた。

ここでは、2020 年代後半の初期商用運航から、2040 年代の自動・自律、高密度運航に至るまでを以下の 3 つのフェーズに分け、「制度整備」「技術開発」「標準化」の 3 つの視点から、将来展望を示している。

短期（2020 年代後半）：初期商用運航

空飛ぶクルマによる有人運航が開始、小型無操縦者航空機による無人地帯での貨物輸送の開始、無人航空機による多数機同時運航の拡大

中期（2030 年代）：高信頼性確保

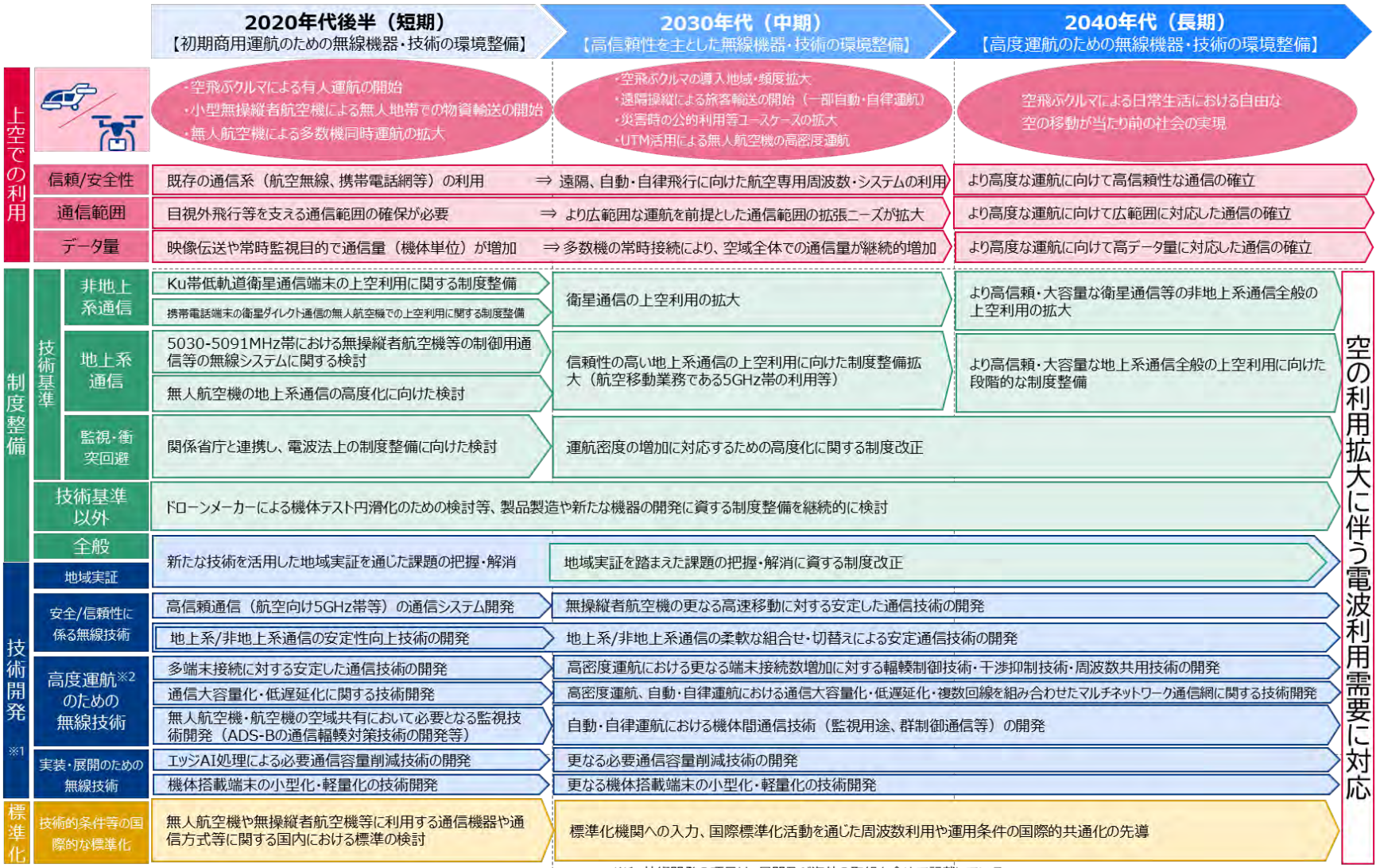
空飛ぶクルマの導入地域拡大・頻度拡大、遠隔操縦による旅客輸送（一部自動・自律運航）の開始、空飛ぶクルマの災害時の公的利用等ユースケースの拡大、UTM 活用による無人航空機の高密度運航

長期（2040 年代）：高度運航実現

高密度、自動・自律運航、就航率向上等の高度な運航（旅客輸送含む）が拡大

制度整備の側面では、主に着目する技術を非地上系通信、地上系通信、監視・衝突回避技術の 3 つに大別し技術基準の整備について展望を示した。また、技術基準以外の電波法に関連する制度整備についても必要な対応を示している。技術開発では、上空の利用拡大に伴い開発が想定される技術について年代ごとの進展を示した。標準化では、関連する国際機関での検討状況を念頭に、国内技術の提案や国際制度の国内制度への取込みなど必要な対応を示している。

# 空の利用拡大に向けた電波利用ロードマップ




※1 技術開発の項目は、民間及び海外の取組を含めて記載している
※2 高度運航：高密度運航、自動・自律運航を主に想定
※3 本ロードマップは、次世代空モビリティに関する技術の進展や関係省庁の取組等を踏まえて適時見直していくことが適当である

# 第 10 章　我が国として重点的に取り組むべきワイヤレス技術分野の推進方策（別冊２）

我が国として重点的に取り組むべきワイヤレス技術分野の推進方策については、ワイヤレス分野における市場環境の変化、技術の進展を踏まえた我が国のワイヤレス技術の「立ち位置」を調査・分析し、我が国として重点的に取り組むべき技術分野について検討するため、令和７年８月に本委員会の下に重点技術作業班を設置し、検討を進めてきたところ。本事項に係る報告は別冊２のとおりであり、今後、同報告に基づき、取組を進めていくことが適当である。

第１節　検討の背景
第２節　我が国のワイヤレス分野を取り巻く現状と課題
第３節　重点技術領域の特定
第４節　重点技術領域の推進方策
第５節　今後の進め方

# 諮問第30号「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「無線を利用したビジネス促進の在り方」（我が国として重点的に取り組むべきワイヤレス技術分野の推進方策）について

情報通信審議会　情報通信技術分科会
電波有効利用委員会　報告（案）（別冊２）
第10章　我が国として重点的に取り組むべきワイヤレス技術分野の推進方策

# 目次

**はじめに** ..... 3

**第１節　検討の背景** ..... 4
1.1　ワイヤレス技術緊急強化の必要性 ..... 5
1.2　ワイヤレス分野の諸課題 ..... 6
1.3　ワイヤレス分野の技術トレンド・特徴 ..... 8

**第２節　我が国のワイヤレス分野を取り巻く現状と課題** ..... 12
**2.1　共通・基盤的なワイヤレス技術、ワイヤレス人材等の現状と課題** .. 12
2.1.1　共通・基盤的なワイヤレス技術 ..... 13
2.1.2　ワイヤレス人材に関する事項 ..... 14
2.1.3　考え方 ..... 16
**2.2　自営網や国・地方公共団体等の公共分野におけるワイヤレス技術の現状と課題** ..... 16
2.2.1　国内において確保すべき（残すべき）技術 ..... 17
2.2.2　将来的なワイヤレス事業への取組の方向性 ..... 18
2.2.3　考え方 ..... 18
**2.3　キャリアの通信ネットワークに関するワイヤレス技術の現状と課題** 18
2.3.1　技術のトレンド、今後取り組むべき技術 ..... 19
2.3.2　国内ベンダーの競争優位性、国内ベンダーと国内キャリアの関係性（国内キャリアの基地局等の調達ポリシー） ..... 19
2.3.3　考え方 ..... 22

**第３節　重点技術領域の特定** ..... 23
**3.1　重点技術領域の体系** ..... 23
**3.2　重点技術領域の目的・必要性** ..... 25
3.2.1 【システム技術領域】フィジカル AI・IoT システム ..... 25
3.2.2 【システム技術領域】重要インフラ・ナショナルセキュリティシステム ..... 26
3.2.3 【システム技術領域】次世代通信システム（B5G） ..... 26
3.2.4 【コア技術領域】AI ・フロンティア領域 ..... 27
3.2.5 【コア技術領域】素材・部品・デバイス領域 ..... 28
3.2.6 【コア技術領域】エンジニアリング・デザイン領域 ..... 28
**3.3　各領域における重点技術とその工程表** ..... 29

3.3.1 【システム技術領域】フィジカル AI・IoT システム..... 31
3.3.2 【システム技術領域】重要インフラ・ナショナルセキュリティシステム..... 33
3.3.3 【システム技術領域】次世代通信システム（B5G）..... 34
3.3.4 【コア技術領域】AI ・フロンティア領域..... 36
3.3.5 【コア技術領域】素材・部品・デバイス領域..... 37
3.3.6 【コア技術領域】エンジニアリング・デザイン領域..... 39

**第４節　重点技術領域の推進方策** ..... 41
**4.1　重点技術領域の推進方策の論点** ..... 41
**4.2　重点技術領域の推進方策に関する検討事項** ..... 42
**4.3　重点技術領域の推進方策** ..... 46
4.3.1　人材確保・育成　フェーズ..... 46
4.3.2　研究開発　フェーズ..... 48
4.3.3　制度・環境整備、標準化　フェーズ..... 49
4.3.4　実証、PoC、マーケティング　フェーズ..... 50

**第５節　今後の進め方** ..... 52

# はじめに

情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会（主査：藤井 威生 電気通信大学先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター教授。以下「委員会」という。）は、令和７年諮問第 30 号「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「無線を利用したビジネス促進の在り方」（我が国として重点的に取り組むべきワイヤレス技術分野の推進方策）に基づき、令和７年９月に「重点技術作業班」（主任：森川　博之　東京大学大学院 工学系研究科 教授。以下「作業班」という。）を設置し、ワイヤレス分野における重点技術領域及び重点技術領域の推進方策等について、専門的な見地から、具体的かつ集中的な検討を行った。 本報告は、委員会における検討の結果を取りまとめたものである。

# 第１節　検討の背景

情報通信ネットワークは国民生活にとって重要なインフラであり、あらゆる産業の基盤と言われる中、特に、電波を用いるワイヤレス技術は、次世代情報通信基盤においても「いつでも、どこでも繋がる」情報通信ネットワークの実現に不可欠である。また、電波は、センシング、制御、エネルギー伝送等、通信以外の用途にも用いられるなど、その利用範囲が拡大している。

これらのワイヤレス技術を支える我が国の機器メーカは厳しい状況にある。2000 年代以降、通信機器の国内生産は減少傾向となっている。1990 年代半ばまで内需主導だったが、2000 年代後半からはスマートフォンの登場を背景に輸入が急増している。また、グローバル市場における我が国企業のシェアは、2023 年時点で携帯電話基地局全体では一桁、スマートフォン端末ではほぼゼロとなっている。通信分野は、かつては成長分野とされてきたが、グローバル競争の激化により、例えば、携帯電話基地局の市場では海外ベンダーが市場を席巻し、国内ベンダーが置かれているビジネス環境は危機的な状況にある。また、国内携帯電話事業者のモバイル関連設備投資額は、2021 年をピークとして減少傾向となっている状況であり、インフラ整備に対する投資が伸び悩んでいる。

さらに、ワイヤレスネットワークの整備・運用や、それを利用するためのサービス開発、ユーザ産業におけるワイヤレス人材の不足が見込まれ、将来に亘って我が国のワイヤレス分野の技術力を持続的なものとしていくための人材育成の在り方についても課題となっている。

ワイヤレス技術は国民生活に広く浸透してきている一方、国民生活の多くがワイヤレス技術に支えられているといった認識は薄れてきており、ワイヤレス技術の重要性や前述のようなワイヤレス分野を取り巻く危機感が広く国民に理解されていないといった現状がある。

こうした状況を踏まえ、委員会の下に作業班を設置し、ワイヤレス分野における市場環境の変化、仮想化・オープン化等技術の進展を踏まえた我が国のワイヤレス技術の「立ち位置」を調査・分析し、有限希少な電波のより一層の有効利用の促進に資するとともに、産業競争力の確保、経済安全保障の観点も踏まえ、我が国として重点的に取り組むべき技術分野について検討を行った。また、上記技術分野を戦略的に推進するために、電波利用料等による研究開発の活用の在り方、人材育成の在り方、その他支援方策など、国、メーカ、ユーザ等関係者において推進すべき取組について検討を行った。

## 1.1　ワイヤレス技術緊急強化の必要性

ワイヤレス技術は、国民生活の安全・安心や経済活動に欠かせない社会基盤を支えるものであるという認識のもと、安定的・セキュアなサプライチェーンの確保に向けて、ワイヤレス技術の自律性や不可欠性の確保・向上を図っていくことが重要である。ワイヤレス技術は日々進化しており、オープン化、ソフトウェア化・仮想化、AI への対応等が求められている。こうした新たな技術への対応を含め、我が国の有する強みを活かしつつ、ワイヤレス分野の勝ち筋を検討する必要がある。

また、我が国としてどのようなワイヤレス技術を維持・強化していくかを検討する際には、その技術を使ったビジネスがあることが前提になければ技術を残すことは難しく、逆に技術がなければビジネスにはならず、技術とビジネスの両方を一体で考えていく必要がある。ワイヤレス技術を磨き、産業が活性化し、人材が育っていくといった、技術と産業と人材の好循環を回すことが重要となってきている。

さらに、他の業界・分野の取組を参考にしつつ、ステークホルダの方々が一丸となって持続可能な通信基盤構築に向けて取り組むことが重要となってきている。

以上を踏まえ、我が国におけるワイヤレス分野の重要技術の特定及びその推進方策に関する検討に当たっては、次の三つの観点を重視することとする。

観点１　自律性・不可欠性の確保の観点
観点２　ビジネス上の戦略、産業構造、技術トレンド、レイヤー構造の観点
観点３　他分野・他産業との連携の観点

図１－１　検討に当たっての観点

本検討に当たっては、これまで記した背景等を踏まえ、まさに今、我が国は官民あげて、ワイヤレス技術の緊急強化を図る必要があるとの認識のもと、

・「ワイヤレス技術の自律性や不可欠性の確保・向上」として、ワイヤレス技術は、国民生活の安全・安心や経済活動に欠かせない社会基盤を支えるものであり、安定的・セキュアなサプライチェーンの確保に向けて、ワイヤレス技術の自律性や不可欠性の確保・向上を図っていくこと、

・「ワイヤレス分野の魅力向上・活性化を図り、元気を取り戻す！」として、ワイヤレス技術を磨き、産業が活性化し、人材が育っていくといった、技術と産業と人材の好循環を回すこと、ステークホルダの方々が一丸となって持続可能な通信基盤構築に向けて取り組むこと

を「ワイヤレス技術緊急強化の必要性」と位置づけ、検討を行うこととする。

## 1.2　ワイヤレス分野の諸課題

ワイヤレス分野は様々な課題に直面しているが、とりわけ、大きく次の３つの課題が挙げられる。インフラ投資判断の不確実性の課題、通信機器のコモディティ化、サプライチェーンの維持・強化の課題、ワイヤレス人材の確保・技能継承の課題である。検討に当たっては、1.1 の問題意識とともに、これらの諸課題を踏まえることが必要である。

**（１）インフラ投資判断の不確実性の課題**

新たな通信サービス市場の需要や立ち上がり時期の不透明性に起因し、通信事業者によるインフラ投資判断が遅れ、スピード感で海外に劣後している。また、市場ニーズに応じた製品化への取組が不十分である。こうした状況下において、ワイヤレス分野で我が国が国際競争力を獲得するべく、市場ニーズ等のマーケット分析を行うとともに、何をすれば、ワイヤレス産業として攻めることができるか、あるいは我が国のワイヤレス産業を守ることになるか、我が国の立ち位置を見出していくことが課題となっている。

**（２）通信機器のコモディティ化、サプライチェーンの維持・強化の課題**

通信機器の標準化により、コモディティ化が加速し、各社ともハードウェア事業では市場シェアを求めて、価格競争が進行している。機能、付加価値がデバイスとソフトウェアに集約しつつある。また、海外ベンダーの寡占化によって、国内技術基盤と自律性が弱体化、国内ベンダーは非常に厳しい状況にある。加えて、ベンダーロックインによって、柔軟なネットワーク構築が困難になり

つつある懸念がある。

日本の強みである素材や部品の事業者と、通信事業者や最終製品事業者との間での競争連携機能が諸外国と比べて薄く、サプライチェーンが縦割りで、統合力に乏しい現状もある。

海外のグローバル通信機器トップベンダーも、資本市場からは厳しい評価にあり、必ずしも国内ベンダーだけが厳しい状況にあるわけではなく、海外ベンダーも苦戦している状況である。こうした状況下において、我が国として、ワイヤレス分野でどのようなエコシステムを形成し、サプライチェーンを構築していくかが課題となっている。

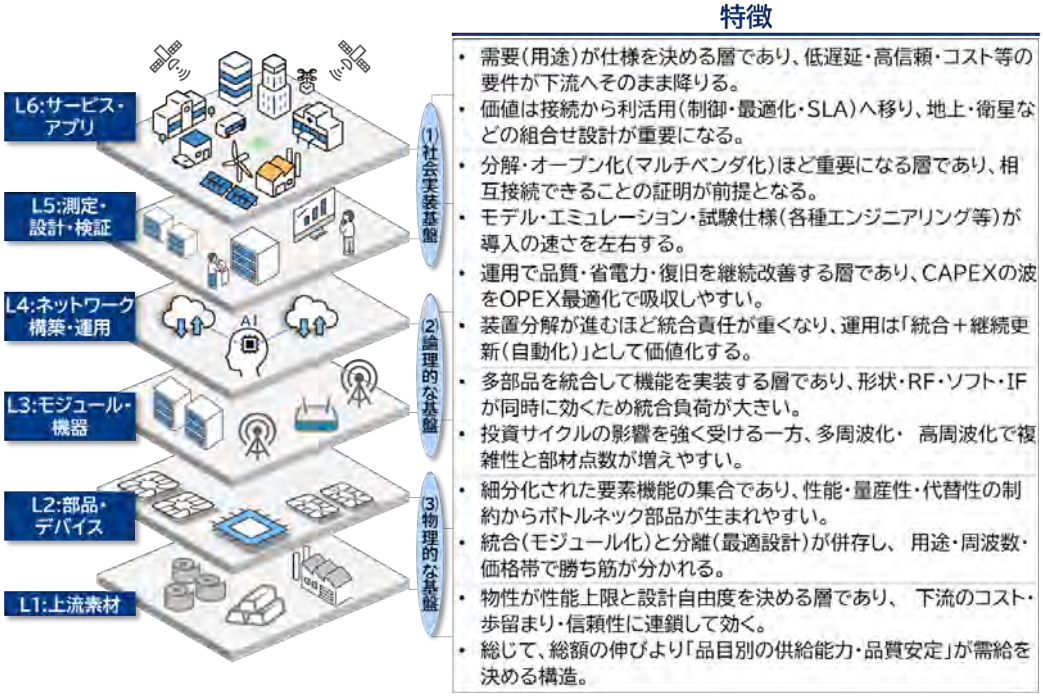



図１－２　ワイヤレス産業のサプライチェーン概要

（出典）重点技術作業班第６回資料６－１（株式会社三菱総合研究所提出資料）

### （３）ワイヤレス人材の課題

市場の縮小と将来の不透明化によって、ワイヤレス人材の確保が困難となりつつある。大学や企業における教育・研究環境としての人材育成機能は弱体化しており、AI、ソフトウェアやウェブなど、現在若い人たちが多く参入している分野に比べて、ワイヤレス分野は参入障壁が非常に高いことも課題となっている。技術トレンドと人材ミスマッチが生じており、通信機器のソフトウェア化が進む中で、ソフトウェア人材不足も懸念されている。また、熟練人材は高齢化しており、現場を支える技術継承の困難化が懸念されている。

このままにしておくと、好循環とは逆回りのデフレサイクルが続いてしまい、

産業が衰退し、人材が居なくなり、ワイヤレス技術がなくなるおそれがある。後戻りできなくなる不可逆ポイントはどこにあるかを捉え、不可逆ポイントを越えると、どのような問題が顕在化するかも想定しつつ、ワイヤレス技術を磨き、産業が活性化し、人材が育っていくといった好循環を回すための方策を見いだしていくことが課題となっている。

## 1.3　ワイヤレス分野の技術トレンド・特徴

ワイヤレス技術は常に進化しており、今後の技術トレンドを踏まえた検討を行うことが必要である。また、同時に、物理的、システム的側面も含め、ワイヤレス分野の特有の状況を踏まえることが必要である。

今後の技術トレンドとしては、大きく次の（１）から（３）までの３点が挙げられる。

### （１）オープン化への対応

従来、基地局を構成する機器は同一メーカのものを用いる必要があったものを、構成する機器のインターフェースのオープン化により、マルチベンダー化を可能とするオープン RAN[1]の取組が進展しており、これにより、ベンダーロックイン脱却やネットワーク柔軟性の確保等が期待されている。現状、無線設備市場に占めるオープン RAN の割合は 2024 年 5 月現在で約７%となっているが、2029 年には 25%へ増加するとの予測がある。

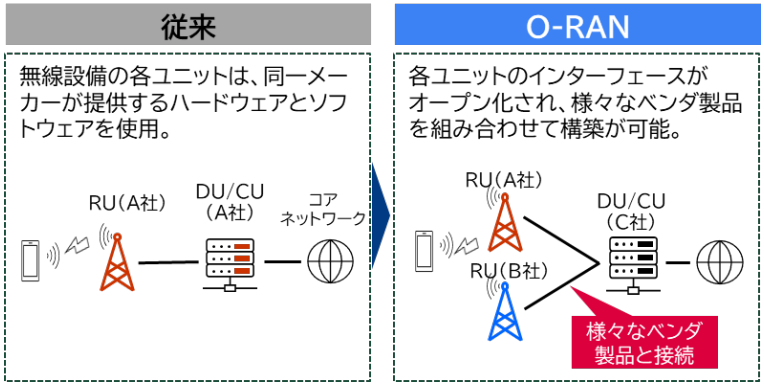



図１－３　無線設備のインターフェースのオープン化

（出典）重点技術作業班第３回資料３－１（株式会社三菱総合研究所提出資料）

[1] RAN（Radio Access Network）：スマートフォンなどの通信端末と基地局を無線で結び、データをコアネットワーク（基幹網）へ引き渡す、モバイル通信の無線アクセスネットワーク

### （２）ソフトウェア化・仮想化への対応

今後は、汎用サーバ上でソフトウェアにより基地局機能を実現する仮想化技術として vRAN[2]が主流となることが見込まれている。機能追加、高度化がソフトウェアの変更により容易に可能となり、これにより、ネットワーク運用の効率性向上やコスト低減につながることが期待されている。今後、vRAN は大幅に拡大し、無線設備市場のうち vRAN が占める割合は現状の約 8%程度から 2028 年には 20%へ増加するとの予測もある。

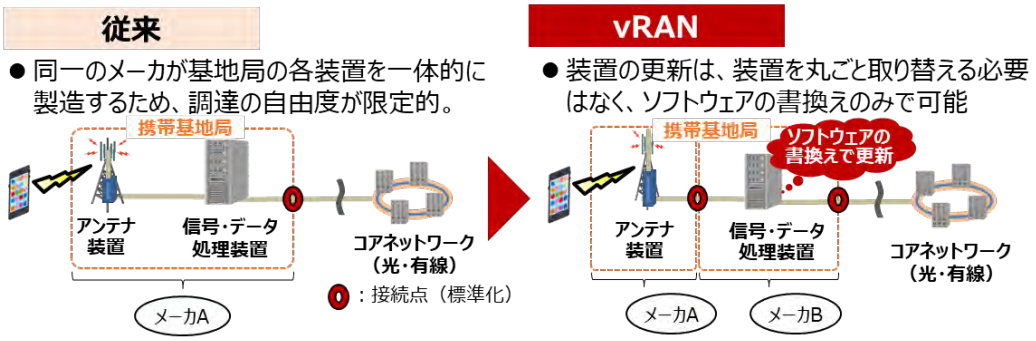



図１－４　vRAN のイメージ

### （３）AI への対応

vRAN が主流になると計算基盤が基地局に置かれることとなり、その計算基盤を AI にも活用する AI RAN の展開が期待されている。ユーザに近い側で AI を活用することで、低遅延な処理を実現することが可能となる。我が国は vRAN、AI RAN の開発で先行している。

さらに、今後、自動運転やロボティクスへの AI の適用など、フィジカル AI の実現にはワイヤレスネットワークが不可欠であり、AI とワイヤレス技術の融合が進展していくことが期待される。

一方、ワイヤレス分野の特徴としては、大きく次の（４）から（７）までの４点が挙げられる。

### （４）電波を出すところにアナログ技術が必須

様々なワイヤレス機器に用いられる RF モジュール[3]やフィルタ、アンテナ等の部品やデバイスなど、アナログ技術は、最終的に電波を送り、受けるためには不可欠なものである。このようなアナログ技術はデジタル技術と比べて模

---

[2] vRAN（Virtual Radio Access Network）：仮想化無線アクセスネットワーク

[3] RF（Radio Frequency）モジュール：無線信号の送受信を行う電子部品を１つの基板に封止した小型の通信モジュール

倣困難性が高く、一度その技術が失われると取り戻すことが難しいことから、アナログ技術を維持し続けることが求められている。

**（５）個々の技術だけでなく、エリア設計や運用・保守等、人材も含めた総合エンジニアリング力が必要**

ワイヤレスシステムの特徴を十分発揮し、より一層活用していくためには、単に技術の強化にとどまらず、システムの利用環境・ユーザや、要求条件、ターゲット市場等を俯瞰し最適なシステムを提案し、実現可能な技術の選択や、素材・部品・デバイスの特性・性能を総合的に考慮した開発・実装ができるエンジニアリング・デザインの能力が求められている。

**（６）設計・構想段階から他分野・他産業と連携を図るワイヤレス・バイ・デザインの取組が重要**

ワイヤレスシステムの導入・活用に当たって、使用可能な周波数やワイヤレス技術の選択が困難などの理由により、ビジネス化が進展しないといった問題が指摘されている。これに対して、ワイヤレス産業と他分野・他産業との連携を設計・構想段階から図るワイヤレス・バイ・デザインの取組が求められている。

**（７）周波数の高度利用を図ることが必要**

低い周波数帯は逼迫している中、周波数政策上、ミリ波等の高い周波数帯の利用が必須な状況にある。ミリ波は波長が極めて短く、伝送距離が短い一方、大容量通信が可能である中、微細加工や製品への組み込みに高い技術力が必要であるなど、機器・サービスの技術的難易度が非常に高く、市場は現時点では十分には立ち上がっていない。

ミリ波等の通信装置用の部品・デバイスでは我が国は高いシェアを有している。今後、ミリ波の利用シーンの拡大が見込まれ、部品・デバイスの強みを活かした製品・サービス市場の更なる拡大が期待されている。

また、既存周波数が逼迫しているなか、時間・空間・機能の各軸での高度利用を図るなど、周波数の更なる有効利用を図ることが求められている。

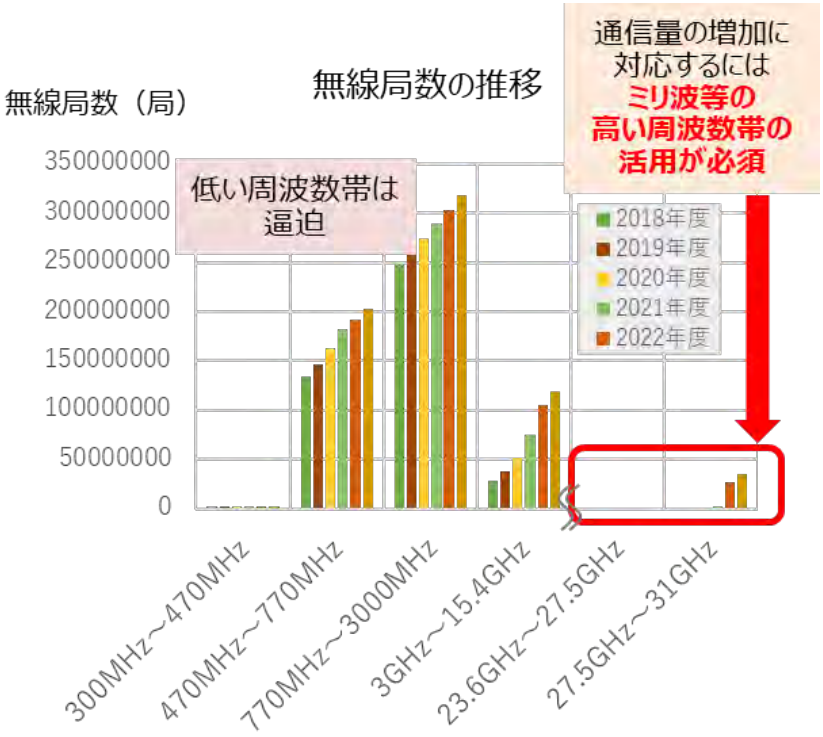

無線局数（局）
無線局数の推移
通信量の増加に
対応するには
ミリ波等の
高い周波数帯の
活用が必須
低い周波数帯は
逼迫
350000000
300000000
250000000
200000000
150000000
100000000
50000000
0
2018年度
2019年度
2020年度
2021年度
2022年度
300MHz～470MHz
470MHz～770MHz
770MHz～3000MHz
3GHz～15.4GHz
23.6GHz～27.5GHz
27.5GHz～31GHz

図１－５　無線局数の推移

# 第２節　我が国のワイヤレス分野を取り巻く現状と課題

検討を行うに当たって、我が国のワイヤレス分野を取り巻く現状と課題を把握するため、作業班において、ワイヤレス分野を取り巻く現状と課題について、構成員・関係事業者等へのヒアリング等を実施した。

その際、ワイヤレス技術が活用される領域として、以下の３領域を念頭に現状と課題の整理を行った。

１　共通・基盤的なワイヤレス技術、ワイヤレス人材等の領域

ワイヤレス技術の利用範囲の拡大に伴い、ワイヤレスシステムを構成する部材や素材といった共通・基盤的な技術の重要性が増している。また、将来に亘って我が国のワイヤレス分野の技術力を持続的なものとしていくためには人材育成は大きな課題となっており、ワイヤレス技術を支える人材育成の在り方等も重要である。

２　自営網や国・地方公共団体等の公共分野におけるワイヤレス技術の領域

警察・消防無線、市町村防災行政無線、鉄道・電力用無線、気象レーダ等、我が国の安全・安心や、重要な社会インフラ基盤を支える業務においても、ワイヤレス技術が活用されている。

３　キャリアの通信ネットワークに関するワイヤレス技術の領域

携帯電話事業者（キャリア）が構築する通信ネットワーク（基地局等）は、我が国の経済や社会を支えるインフラ基盤であるとともに、市場はグローバルに広がっており、最先端の技術の導入・活用が行われている領域である。

ここでは、それぞれの現状と課題について、ヒアリングにおいて聴取した意見等を整理した上で、考え方を示すこととする。

## 2.1　共通・基盤的なワイヤレス技術、ワイヤレス人材等の現状と課題

ワイヤレス技術は様々な製品やシステムに用いられる中、それらの共通・基盤的なワイヤレス技術としての素材・部品・デバイスについて、また、ワイヤレス

人材等に関する現状と課題について、ヒアリングにおいて聴取した意見等を整理する。

### 2.1.1　共通・基盤的なワイヤレス技術

- RF の設計や SoC[4]の開発は、単なる理論だけではなくて、経験値や職人的な感覚が必要である。IC[5]を使った製品開発とは異なり、RF や SoC の開発を基礎から教育することや人員確保に苦心しており、無線機の開発に必要な基礎教育の充実は必要である。
- 無線通信において信号の送受信の処理を行う基盤技術である RF の設計に係るノウハウの積み重ねは重要である。市販の IC を採用して容易に設計を行うこともできるが、公共分野等で求められる一定以上のレベルの製品については、市販の IC では設計評価基準を満たさないことが多く、独自に個別部品を組み合わせて回路設計を行うことがある。
- RF の部品領域は世界の中でも日本のプレゼンスが極めて高い。フィルタやパワーアンプを国内の工場等で生産して海外に展開することでグローバルにも強みを持っている企業や、高い性能の領域のところに絞ったアンプ・制御技術・フィルタの開発をしている企業もあり、RF モジュール、フィルタ、アンテナ技術等の部材、素材の領域についても議論が必要である。
- 大企業だけでなく、ローカル 5G や、自動運転向けの通信システム等を手掛ける組み込み系のベンチャー・中小企業を支援し、日本発のチップやシステム組み上げを後押しすることも有効ではないか。

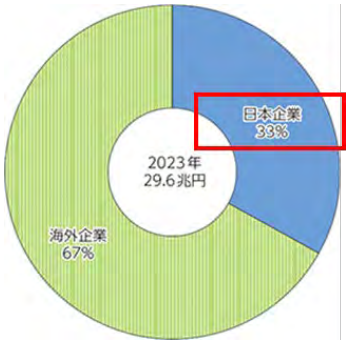



図２－１　世界の電子部品市場（売上高）のシェア[6]

（出典）令和７年度情報通信白書

[4] SoC（System on Chip）：CPU、GPU、メモリ、通信モジュールなど、システム動作に必要な複数のコンポーネントを１つのチップ上に集積した半導体

[5] IC（Integrated Circuit）：集積回路

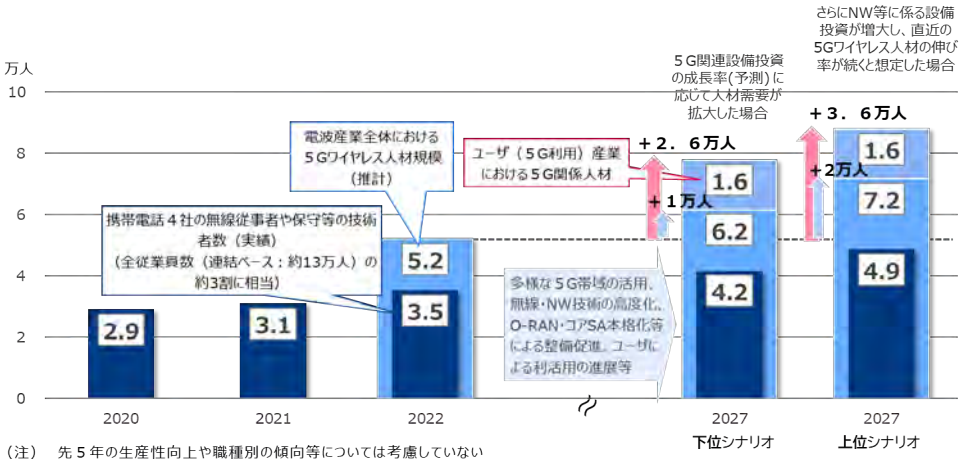
[6] 日本企業は、携帯基地局やスマートフォンなどに組み込まれている電子部品市場（売上高）では、2023年時点で世界の 33%のシェア。

- ものづくりからコトづくりへの流れが加速し、コア技術の競争力が低下していることが懸念される。ワイヤレス分野では、一度技術を失えば、復活には莫大なコストと時間が必要である。日本が強みを持つオープン RAN 等の技術に加えて、スマートフォンやロボット、車を含む IoT 機器等、エッジに関する日本のエコシステム維持・強化への支援は、国力強化、経済安全保障の確保の観点からも必須である。
- 部材系ベンダーの中には、そのサプライチェーンの中で大きなプレイヤーの下に入り込むことで大きく海外での売上げを伸ばしている事例を見ることができる。サプライチェーン上の位置づけやそこに入り込む競争力が、部材系ベンダーと上のレイヤーのセット系ベンダーで大きく違い、上に行けば行くほどスケーラビリティや統合的なオペレーション、保守運用体制といった大きなスケールを持たないと競争できないという市場構造がある。

### 2.1.2 ワイヤレス人材に関する事項

- 資本の論理で仕方がないという見方もあるが、このままにしておくと、日本からワイヤレス技術やノウハウがなくなってしまうことが最大の懸念である。一度撤退してしまうと、この分野は再参入の障壁は非常に大きく、日本で培ってきたノウハウがなくなってしまい、人材が育てられなくなってしまうという点が非常に大きな課題である。
- 我が国において現状のまま何もしないでいると、産業自体も細り、人材も細ってくる。人材育成の裾野の広さも重要であり、特に、上位のアプリケーションに近いところで試行錯誤できる環境も必要で、そこでのイノベーションがより求められる。
- 人材育成の面では、どこの大学や研究機関がワイヤレス分野に注力しているか特定しながら、ワイヤレスに関する技術や知見を獲得することが将来的にどうプラスになるかを周知していく活動など、すべての関係者が協力して取り組んでいくべきである。
- 日本のエレクトロニクス企業は、20 世紀には技術力の高さに裏づけられた機能・性能の価値を競争優位の源泉としてきたが、戦略・マーケティング等の力はつかないまま成長してきた。現在でもエンジニアの能力は高いが、戦略・マーケティングの能力の欠如が、単に技術力競争ではなくなった通信産業の競争における弱みである。企業内で戦略・マーケティング人材の登用とエンジニアに対する戦略・マーケティング能力のリスキリングが必要である。

- 無線機器メーカは、直近で儲かるビジネスに特化する形で人材の配置・育成を行っており、その他を切り離す方向性となっているが、切り離しの対象になりかねない通信事業領域にも高い技術力を有したエンジニアが多数いる。ここに戦略能力を付加するか、リスキリングすることで、小規模でも生き残れる事業戦略を構築できるよう、国を挙げてサポートしていくことが大切である。
- 技術開発コミュニティを拡大して競争力に転化していくこと、大学や国研等をフル活用した人材育成や産学連携に国も積極的に投資をしていくことが重要。大学は産学官の様々なステークホルダのいわば交差点であり、大学を核とした人材育成を行うべく、大学をプラットフォームとして使っていただきたい。大学や研究機関を特定・指定した拠点型のファンディングを行うなど、思い切った政策を打っていただきたい。
- 外資系ベンダーの日本拠点において、国内の優秀な無線エンジニアを受け入れるアプローチを検討することも考えられる。
- 人材にも、ワイヤレスを開発する側の人材と利用する側の人材があって、両方が必要である。すべての産業において無線が必要であり、利用する側にも無線を分かっている人材、保守・運用する人材が多数必要になるはずで、そこが弱体化していくのは避けるべきである。



（注） 先５年の生産性向上や職種別の傾向等については考慮していない

図２－２　ワイヤレス人材の不足[7]

（出典）重点技術作業班第１回資料１－４（事務局資料）[8]

[7] ５Ｇビジネスの拡大とともに、人材が更に必要となることが想定されるところ、今後５年間で、電波産業においてネットワーク整備・運用に携わる「５Ｇワイヤレス人材」（電波産業において５Ｇ・ワイヤレス等ネットワーク整備・運用に携わる人材）が＋１～２万人程度必要、また、ユーザ企業側における「５Ｇ利用人材」（５Ｇを活用したサービス開発やユーザ産業において５Ｇ利活用に携わる人材）が＋1.6 万人程度必要であることが見込まれている。

[8] デジタル変革時代の電波政策懇談会５Ｇビジネスデザインワーキンググループ第７回（令和５年４月 26 日） 株式会社三菱総合研究所提出資料を基に作成

- 現在、優秀な若手人材の関心はソフトウェアや AI に向いており、電気通信産業は避けられがちな状況にある。そのため、ワイヤレス分野に AI やソフトウェアの要素を戦略的に絡めることで、若者を惹きつける体制づくりが必要である。
- ワイヤレス技術単体ではなく、自動運転やリニア新幹線の通信システムなど「ユーザ側の視点で何が実現できるか」を見せることで、学生や若い人材を惹きつけることが重要である。
- モバイルシステム全体を設計・構築できる「システムアーキテクト」的な人材が不足しており、重点的に対策する必要がある。ワイヤレス単体の知識だけでなく、アプリから物理層まで、クラウドから端末まで、全てをフルスタックで理解した人材を育成する必要がある。

### 2.1.3　考え方

ワイヤレス分野は、電波を出すところは必ずアナログ技術が使われる。アナログ技術はデジタル技術と比べて模倣困難性が高く、一度その技術が失われると取り戻すことが難しいことから、アナログ技術を維持し続けることが必要である。また、RF の部品領域は世界の中でも日本のプレゼンスが高く、RF モジュール、フィルタ、アンテナ技術等の部材、素材の領域についても検討が必要である。

また、大学等と連携したワイヤレス人材の育成が必要である。また、ワイヤレス人材はワイヤレス技術を開発する側でも利用する側でも求められることから、他分野・他産業とも連携し、ワイヤレス人材の必要性を周知し、更なる魅力向上を図るべきである。

## 2.2　自営網や国・地方公共団体等の公共分野におけるワイヤレス技術の現状と課題

ワイヤレス技術は、警察・消防無線、市町村防災行政無線、鉄道・電力用無線、気象レーダ等、自営網や国・地方公共団体等の公共分野において、我が国の安全・安心や、重要な社会インフラ基盤を支える業務の領域で活用されており、この領域における現状と課題について、ヒアリングにおいて聴取した意見等を整理する。

図２－３　公共分野におけるワイヤレス技術の利用イメージ

（出典）重点技術作業班第４回資料４－５（日本無線株式会社提出資料）

### 2.2.1　国内において確保すべき（残すべき）技術

- この領域で我が国が強みを持つべき技術、今後開発すべき技術としては、狭帯域の通信技術、ミリ波技術、多重無線、衛星－地上の統合技術のほか、高付加価値の技術・特定用途技術として、気象レーダ等、特殊でコモディティ化していない高付加価値のもの、アンテナ技術、中・短波の大電力の送信機の開発等が挙げられる。
- 公共分野の無線システムはライフサイクルが長く、10 年から 15 年使用前提でものづくりをする必要があるとともに、稼働の安定性が求められる一方、特定の規格に沿ったシステムが多く、汎用性が低いといった特徴がある。収益率が低く、人材不足の中で、リソース確保や研究開発が難しい状況にある。

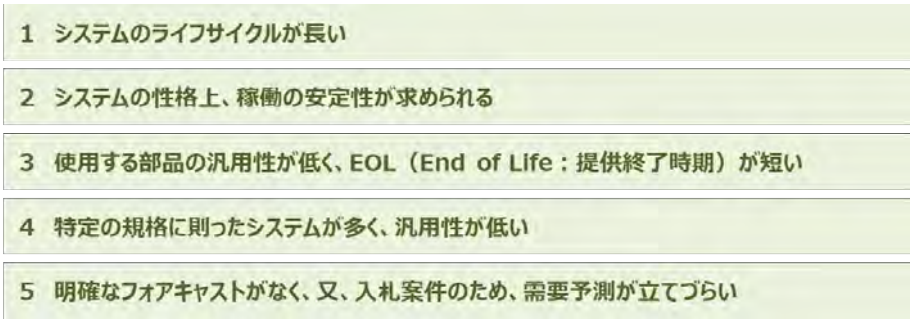



図２－４　事業継続上の課題

### 2.2.2　将来的なワイヤレス事業への取組の方向性

- 国内大手ベンダーはソフトウェアに事業の重心がシフトしていると感じている。いわゆる個別のものづくりは手間がかかるため、少し敬遠されている傾向があると感じている。それに対して、ものづくりを中心として、AI や SaaS など最先端の技術を組み合わせて、ユニークかつ高品質なものづくりを軸とした展開を日本の社会インフラ事業に対して提供していき、それを広げていきたいと考えている。
- いわゆる社会インフラにおけるＩＣＴ事業領域は全部責任を持ってやりたいと考えている。
- グローバル化したいが、日本に特化した仕様を一生懸命つくる中で、それをそのまま海外に持っていけない。周波数や仕様が違うということ、日本の仕様はとても高機能でコストが高いということがあり、そのまま外に持っていくというのは難しい状況である。

### 2.2.3　考え方

防災・ライフライン分野を支えるワイヤレス技術や、気象レーダ、アンテナ、中・短波無線等高度・特殊な技術ニーズへの対応が必要となるとともに、稼働の安定性・長期保守が求められる中、技術や体制の維持・強化をどのように図っていくか検討が必要である。

引き続き、ものづくりを中心として、AI や SaaS など最先端の技術を組み合わせて、ユニークかつ高品質な製品・サービス展開を日本の社会インフラ事業に対して提供していくことが必要である。

## 2.3　キャリアの通信ネットワークに関するワイヤレス技術の現状と課題

ワイヤレス技術は、携帯電話事業者（キャリア）が構築する通信ネットワーク（基地局等）において活用されており、この領域における現状と課題について、ヒアリングにおいて聴取した意見等を整理する。

### 2.3.1　技術のトレンド、今後取り組むべき技術

- 狭い領域の技術力に加えて、どこかと組むことを考えていかない限り、オープン化はできない。無線である程度広いエコシステムでうまくつくり上げる中で、光、無線、ネットワークの装置、オートメーションや AI を使ったネットワークマネジメントシステムなど、ピンポイントの技術を提供し、大きなフレームワークはどこかと組んで提供する事業モデルを考えている。その中でゼロタッチプロビジョニングのような技術は必須と考えている。
- ６Ｇ時代において AI トラヒックが支配的になると、AI に最適化したネットワーク構築のノウハウが今後は非常に重要である。AI ネイティブインフラというのが国力を左右する可能性も出てくる。
- AI テクノロジーは、生成 AI だけではなくオートメーションやオーケストレーションという観点で不可避である。今後、オープン RAN も、AI 利用の拡大に向けた計算機資源を提供していく、ケイパビリティを持つための技術として再定義されるのではないか。また、複数の計算機資源を持った基地局が連携するときにはオーケストレーションが必要であり、このオーケストレーションをどのように実現するか、省電力や高効率を意識していかないと、オペレーションが成り立たないといったことも起きうる。
- 「電波資源」と「エネルギー資源」の有効活用という視点は重要であり、6G に向けた評価指標として、「1 ビットあたりの消費エネルギー（J/bit）」や「1 ビットあたりのコスト」など明確なパラメーターを設定することも考えられる。電波の用途については、「通信」「エネルギー伝送」「センシング（ISAC 等）」の 3 つの軸で捉えるべきである。

### 2.3.2　国内ベンダーの競争優位性、国内ベンダーと国内キャリアの関係性（国内キャリアの基地局等の調達ポリシー）

- 海外の基地局ベンダーと比べて、日本の基地局ベンダーが圧倒的に劣っている点については、規模の経済や最先端の技術を取り込む速度ではなかったかと認識。ビジネスの成否は、技術は当然必要になるが、事業戦略、販売網の構築、アフターケア、サポート体制の構築など、非常に複合的なもののトータルとしての成否であり、そうしたところを今後さらに磨いていく必要がある。また、研究開発だけ支援しても、その際になかなか結び付かず、海外の販路をどう構築していくか、どう体制をつくっていくか、どう製品戦略と結びつけていくかが非常に重要である。マーケティングなどの活動が非常に重要であるところ、各社そういったところで苦しんでいる。

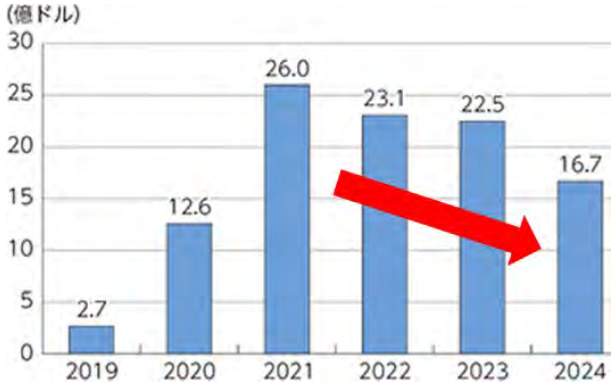



図２－５　日本の 5G 基地局（マクロセル）の市場規模（出荷額）

（出典）令和７年度情報通信白書

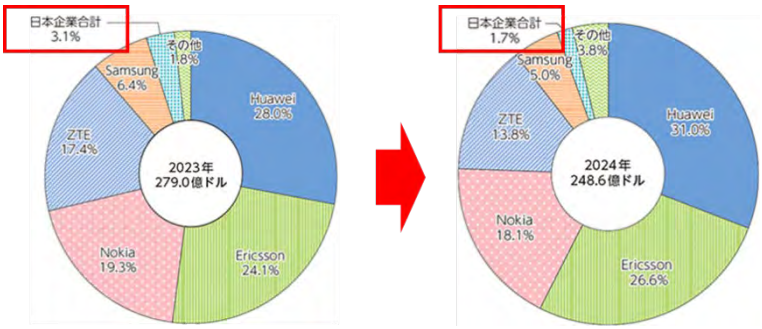



図２－６　世界の 5G 基地局（マクロセル）のシェア（出荷額）

（出典）令和７年度情報通信白書

- 国内キャリア依存の脱却は、大きな事業上の危機でもあり、大きなチャンスでもある。実際に物になるかどうかは未知数であるが、AI RAN など、実証実験やフィールドトライアルをする中で顧客との関係性を構築するという経験を経るとともに、国内の通信事業者も 2028 年、29 年に向けては新たなインフラを仮想的に作り上げていく動きが出てくることを想定して対応していく。
- 国内ベンダーにとって、国内事業は根幹の事業になる。国へ期待したいことは、何が何でも国内キャリアが国内ベンダーを使うことではなく、いわゆる仮想化、オープン化に対する流れをいかにキープしながら、2028 年、29 年に向けインフラの更改を促すことである。これから数年で成長した国内ベンダーの存在感を持って、国内キャリアにアプローチできることを考えていきたい。
- 国内ベンダーの競争力がなくなってしまった理由について、新しい技術の取り込みにおいて、海外ベンダーは様々なキャリアの意見を聞いて、先取

りして機能盛込みをしていくスタイルであるのに対して、国内ベンダーは製造請負的な思想が残っていて、キャリアから指示をしないとなかなか機能実現ができない。標準化が進んだシステムであり、標準化した機能を素早く開発することにより、顧客ニーズに合わせてタイムリーに提供できることが海外ベンダーの競争力の源泉になっており、そうして市場を広げていった結果、日本ベンダーは品質もコストも劣勢に立っているのではないかと考える。

- キャリアとして国内ベンダーにも様々な選定のタイミングで声かけはしているが、コストや機能的なところで、国内ベンダーの機器の採用にはつながっていない。伝送装置やコア周辺システムで国内ベンダーの製品を活用している実績はある。
- キャリアとして、基本的には国内・海外ベンダーを問わず、サプライチェーンがどうなっているか、どういった形でものを調達しているかをチェックしている。国内ベンダーに対して特段優遇することも排他することも行っていない。ただ、調達のサプライチェーンにおいて、国内メーカが弱かったという経験はある。
- サプライチェーンリスクや、価格競争の競争環境をつくる、あるいは技術的な競争環境をつくるという意味で、なるべくマルチベンダー化している。新しいベンダーを選定することができるある程度のボリュームやタイミングがあれば、積極的に新しいベンダーを選定し、より新しい技術を安いコストで導入していく機会を狙っていく形で進めている。

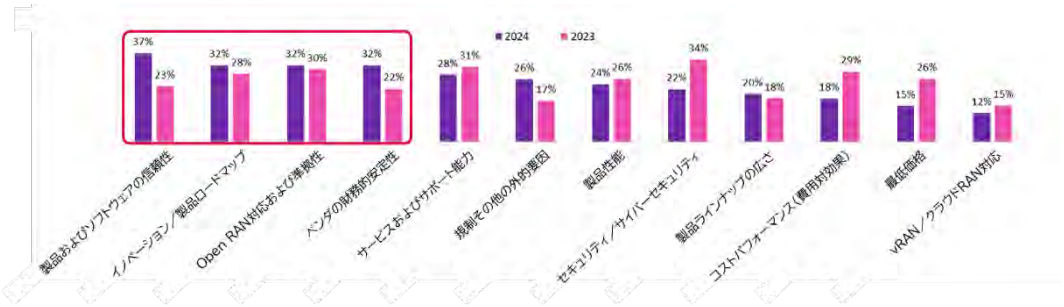



図２－７　RAN ベンダーを選定する際に最も重要な基準（最大３つ）[9]

（出典）重点技術作業班第３回資料３－１（株式会社三菱総合研究所提出資料）[10]

[9] OMDIA 社による世界各国のキャリアに対するアンケート調査結果（2024:101 社、2023：106 社）。2024 年では、「製品及び S/W の信頼性」や「財務的安定性」、「Open RAN 対応」など、品質・継続性に関する基準が上昇。一方で、2023 年に相対的に高かった「低価格」や「コストパフォーマンス」志向は後退。このように RAN ベンダー選定において「コスト中心」から「信頼性・サポート重視」へシフトする傾向。

[10] OMDIA ”Service Providers RAN Survey – 2024” を基に三菱総合研究所作成

- １つのベンダーに完全に依存してしまうと、キャリアの事業の品質がベンダー次第で左右されてしまうので、複数社に分けて、それを我々の中でも競争させて、品質がいいものをたくさん買う、品質が悪いものはだんだんシェアが減っていく、といった緊張感を持った関係で取り組んでいきたい。
- 5G SA によるネットワークスライシングを活用した高品質で付加価値の高い通信サービスでマネタイズしていく方向性を追求すべきである。SA へのキャリアの投資が鈍っているのはこうしたマネタイズの戦略を描ききれていないからであり、これがうまくいくと分かれば一気に SA 化が進むと考えられる。

### 2.3.3 考え方

仮想化、オープン化の一層の進展、AI と RAN の融合(AI for/on/and RAN)が想定される。また、AI も活用したゼロタッチプロビジョニングや、低消費電力化等オペレータの TCO[11]削減に向けた技術も重要視されている。

国内ベンダーが基地局等の製造開発に十分な投資ができず、グローバル市場で海外ベンダーに劣後している中で、国内ベンダーとして競争優位性をどのように確保するかが課題である。国内ベンダーにとって、国内キャリアに依存し過ぎず、海外キャリアに向けた事業展開が求められる。一方、オープン RAN、vRAN を海外に展開するためには、国内での実績も重要である。国内キャリアが海外ベンダーの製品を採用することについて、サプライチェーンをどのように考えるかの検討も必要である。

[11] TCO（Total Cost of Ownership）：総保有コスト

# 第３節　重点技術領域の特定

ワイヤレス分野の重点技術領域を設定するに当たっては、その目的や必要性（政策的意義）等を明確にしつつ、前節において整理したワイヤレス分野の現状と課題、第１節で示した検討の観点（①自律性・不可欠性の確保の観点、②ビジネス上の戦略、産業構造、技術トレンド、レイヤー構造の観点、③他分野・他産業との連携の観点）等を踏まえ、我が国として重点化すべき技術領域と、当該領域において我が国が残すべき（伸長すべき）ワイヤレス技術の特定に向けた整理を行う。

重点技術領域を検討するに当たっては、次の５つの軸を踏まえることが適当である。

（１）【共通・基盤的】　様々な分野や産業（例：自動車、ロボット、組み込み系）に求められる共通・基盤的な重点技術（例：部材、素材、SoC、アンテナ技術、ワイヤレス IoT）

（２）【公共分野】　自営網や国・地方公共団体等の公共分野において我が国として保持すべき重点技術（例：国民の安全・安心を守る無線システム、重要インフラを支える無線システム）

（３）【先進的・不可欠性】　海外市場の飛躍的な獲得のための先進的で不可欠性の確保に資する重点技術（例：オープン RAN、vRAN）

（４）【先進的・自律性】　海外に依存しないサプライチェーン維持のための先進的で自律性の確保に資する重点技術（例：RU[12]技術）

（５）【高度な技術等】　その他ワイヤレス分野の高度な技術や通信以外の用途における重点技術（例：ミリ波、NTN、レーダ、測位、高周波利用設備）

## 3.1 重点技術領域の体系

重点技術領域としての５つの軸を踏まえ、以降、ワイヤレス分野の全体像、目的・必要性、体系、工程表の整理を行った。

重点技術領域として、2030 年代に向けた市場、技術動向を踏まえ、ワイヤレス技術が求められる主要なシステムを念頭においた「システム技術領域」と、それらを支える「コア技術領域」（共通技術領域）の大きく２つから整理した上で、

[12] RU（Radio Unit）：基地局においてアンテナを制御し、スマートフォン等の端末と無線電波の送受信を行う物理的な装置

自律性・不可欠性の確保、ビジネス上の戦略、技術トレンド等の観点を踏まえ、以下のとおり重点技術領域を特定した。

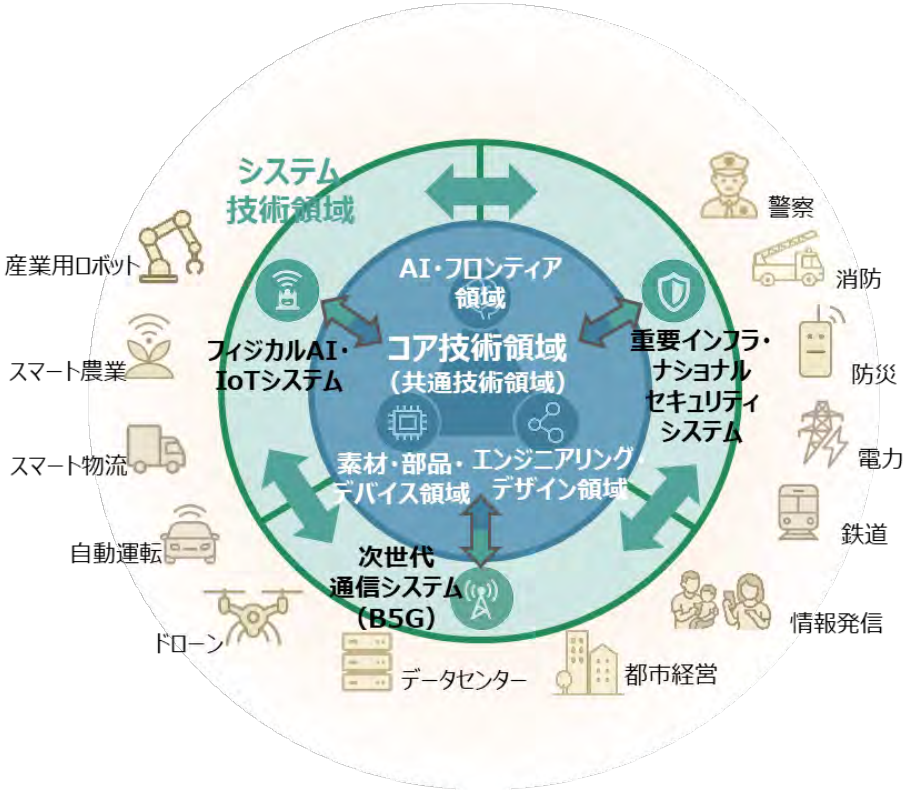



図３－１　重点技術領域の全体像

## １　システム技術領域

1-1　フィジカル AI・IoT システム　フィジカル空間のあらゆるモノとネットワーク空間との通信を実現するワイヤレス技術

1-2　重要インフラ・ナショナルセキュリティシステム　我が国の安全・安心や重要インフラを支える基盤に用いられるワイヤレス技術

1-3　次世代通信システム(B5G)　携帯電話事業者等が構築する通信ネットワークに用いられるワイヤレス技術

## ２　コア技術領域

2-1　AI・フロンティア領域　AI や先進的な技術を活用したワイヤレス技術

2-2　素材・部品・デバイス領域　ワイヤレス機器に用いられるフィルタ、アンテナ技術等のワイヤレス技術

2-3　エンジニアリング・デザイン領域　ワイヤレスシステムやネットワークの構築において利用環境や要求条件等を総合的に考慮した開発・実装を可能とするノウハウやワイヤレス技術

ここで、コア技術領域における重点技術領域（AI・フロンティア領域、素材・部品・デバイス領域、エンジニアリング・デザイン領域）は、システム技術領域（フィジカル AI・IoT システム、重要インフラ・ナショナルセキュリティシステム、次世代通信システム（B5G））の全てに貢献するものである。

また、フィジカル AI・IoT システムは、重要インフラ・ナショナルセキュリティシステムや次世代通信システムと連携するなど、システム技術領域内においてそれぞれのシステムは関連性を持つものであり、コア技術領域内においてもそれぞれの技術は関連性を持つものである。

なお、ここでの重点技術領域は、ワイヤレス分野全般を俯瞰し、2030 年代に必要とされるワイヤレスシステムや個別技術を具体化する観点から整理するものであり、既に政府戦略等において重点化する技術領域が定められている分野においては、重点技術に関する取組を進める際は、これらの戦略との連携・役割分担等に留意することとする。例えば、宇宙・衛星分野におけるワイヤレス技術は、「宇宙技術戦略」（宇宙政策委員会）に基づき取組が進められているほか、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）が取り組むワイヤレス技術については、中長期目標及びそれに基づき策定される中長期計画に基づき取組が進められている。

## 3.2　重点技術領域の目的・必要性

それぞれの重点技術領域の目的・必要性は次のとおりである。

### 3.2.1 【システム技術領域】フィジカル AI・IoT システム

自動運転車、生産ロボット、介護ロボット、工場の生産設備、センサーネットワークなど、フィジカル空間上のあらゆるモノにワイヤレスシステムが組み込まれ、ワイヤレス通信によりネットワークに接続され、様々なデータを収集し、また、AI 等の活用により自律的、自動的にフィジカル空間に適時的確にフィードバックを行う、フィジカル AI、IoT といったシステムの実現、展開が見込まれている。

このようなシステムの実現には、ワイヤレス技術の活用が必須であり、フィジカル空間とネットワーク空間とのワイヤレス通信技術は、今後の社会経済活動に必要不可欠なものとなる。様々なフィジカル空間の情報や制御情報が通信されることから、これらの情報を自らコントロールする観点から、我が国として、

自律性を確保する必要がある。また、今後の成長が期待され、大きな市場が見込まれる領域であり、他分野・他産業との更なる連携を図り不可欠性を獲得することで、世界をリードしていくことが必要である。

具体的には、いつでもどこでも接続可能な、コネクティビティの確保のためのワイヤレスの接続領域の拡張、無線ネットワークの構築に必要な回線・エリア設計、様々なフィジカル・IoT システムに適用される無線チップ技術や、組み込み系技術などに関するノウハウや技術の獲得・継承が求められる。また、その際、システムを開発する側と、ワイヤレス通信を設計する側で意識の乖離が無いよう、両者を繋ぐインターフェースやプラットフォームの構築が重要である。

### 3.2.2 【システム技術領域】重要インフラ・ナショナルセキュリティシステム

警察・消防無線、市町村防災行政無線、放送、鉄道、電力用無線、レーダなどに活用されているワイヤレス技術は、我が国の安全・安心や重要な社会インフラを支える基盤となっている。

このような、重要インフラ・ナショナルセキュリティの領域に用いられるワイヤレスシステムは、ライフサイクルが長い一方、その間に製品・サービスの供給途絶や、保守・サポートが継続困難となった場合、我が国の社会・経済活動に直接大きな支障が及び、また、国民の安全・安心を直接脅かす事態になりかねない。重要インフラやナショナルセキュリティの維持・確保の観点から、自律性を確保するために強靭なサプライチェーン（供給体制）を構築・維持するとともに、設計技術等のノウハウを含めたワイヤレス技術を保持する必要がある。

具体的には、先進的な技術だけでなくレガシーな技術も含めて、高度かつ特殊なニーズへの対応、技術の継承・確保を図っていくことが必要である。また、使用する部品の汎用性が低く、その EOL[13]が短いことから、修理・更新を行う際に、部品の製造中止、あるいは事業撤退により部品調達が不可といった問題が生じている。あるいは、国内ベンダーの撤退等により部品調達において海外ベンダーへの依存度が高まる事態が生じている。自律性の確保の観点から、システムに用いられる部品・デバイスも含めて、この領域におけるワイヤレス技術を保持する必要がある。

### 3.2.3 【システム技術領域】次世代通信システム（B5G）

[13] EOL（End of Life）：提供終了時期

携帯電話事業者（キャリア）が構築する通信ネットワークは、我が国の経済や社会生活に不可欠な情報通信インフラである。市場はグローバルに広がっている一方、従来のハードを中心とした基地局装置はグローバルにも価格競争やコモディティ化が進展し、国内ベンダーはグローバル市場で海外ベンダーに劣後している。また、国内キャリアにおいても海外ベンダーへの依存度が高まっている。

こうした中、我が国の基盤的な通信インフラを支える観点から、一定の自律性を確保すべきではないかとの指摘があるほか、基地局（無線設備）の仮想化やオープン化の取組が進んでおり、当該分野において先行した取組を進めていた我が国はグローバルに国際競争力（不可欠性の確保）を高めることができる余地があるとの指摘もある。不可欠性を確保することにより、主要海外ベンダーとの交渉力を高めることにもつながる。（現状のままであれば、我が国のワイヤレス産業が縮減し、ワイヤレス人材が確保できず、関連技術を失うことになる。）

国内ベンダーがステークホルダの理解のもと経営層を含めたビジネス戦略を策定した上で、組織体制（人材確保）や経営資源を用意し、事業に取り組むことを前提として、高度な RU を構成するための無線素子、チップの設計・開発技術、オープン RAN、vRAN に関する技術、AI の適用・活用に関するワイヤレス技術を保持する必要がある。

### 3.2.4 【コア技術領域】AI ・フロンティア領域

AI の進展に伴い、AI をワイヤレス技術に活用し、周波数の更なる有効利用や、ワイヤレスネットワークの運用・保守の効率化・自動化が期待されている。また、一般的に、最先端技術が先行して実装される市場には、グローバルな研究開発投資が向けられる傾向があり、我が国はグローバルベンダーからも一定の注目をされている市場である。

AI をワイヤレスネットワークに活用すること（AI for RAN）により、我が国の周波数の使用状況やモバイルネットワークの構成など、自国のデータを AI に学習させることにより、我が国の事情に応じた最適な周波数の有効利用や運用・保守の効率化・自動化が可能となる。仮に海外ベンダー製の AI を導入した場合、他国の学習データに基づき、我が国にとって最適解が得られないおそれがある。したがって、自律性の確保の観点から、国内ベンダーによる AI を活用したワイヤレス機器の開発・設計、国内への供給体制の確保が求められる。逆に、グローバルにも、今後、海外ベンダーが AI を活用したワイヤレス機器の開発・生産を行うことが見込まれる中、我が国が率先して、開発・生産を先進的に行うことで、自国・他国のデータに基づく優れた AI を活用したワイヤレス機器を開発するこ

とができ、これによりグローバル市場をリードすることが可能となり、我が国の国際競争力の獲得（不可欠性の確保）が期待される。

さらに、ワイヤレス分野が厳しい状況にある一方、我が国には、先進的な技術を生み出す土壌はまだ残されている。グローバルな研究開発投資を得ていく観点からも、将来の発展の種となる技術を生み出し、世界に先駆けて先端技術を実装し、先行した市場を作っていく環境を整備し、海外の有力プレイヤーとも連携して、グローバル市場のニーズを反映した研究開発の枠組みやサプライチェーンを意識した不可欠性の確保に資する取組が重要である。

### 3.2.5 【コア技術領域】素材・部品・デバイス領域

RF の部品領域は世界の中でも日本のプレゼンスが高い。他方、様々なワイヤレス機器に用いられる RF モジュールやフィルタ、アンテナ技術等の部品やデバイスは、アナログ信号処理を行うところ、アナログ技術はデジタル技術と比べて模倣困難性が高く、一度その技術が失われると取り戻すことが難しいことから、こうしたアナログ技術を維持し続けることが必要である。

また、我が国においては無線通信用専用チップ（ASIC[14]）の開発体力がなくなってしまったことから、外国の ASIC の採用や、FPGA に頼ることが多く、外国のチップベンダーへの依存度が高まり、ハード面でもコスト面でも競争力を失っている。こうしたことから、主要な無線デバイスについて、自律性の確保の観点から、技術を維持・獲得していくことが必要である。

具体的には、多様なシステムへの応用を見据えた ASIC の設計、開発等を国内ベンダーが協調して行うことや、部品・デバイスの共用化を図ることが求められる。また、ミリ波 RF デバイスなどの先進的な技術の開発とともに、レガシーな技術としての RF モジュール、フィルタ、アンテナ技術等の開発も含めて、ワイヤレス技術の維持・強化が求められる。

### 3.2.6 【コア技術領域】エンジニアリング・デザイン領域

経済社会活動や国民生活にワイヤレス技術が欠かせないものになっている現在、ワイヤレスシステムの特徴を十分発揮し、より一層活用していくためには、単に技術の強化にとどまらず、システムの利用環境・ユーザや、要求条件、ターゲット市場等を俯瞰し最適なシステムを提案し、実現可能な技術の選択や、素

[14] ASIC（Application Specific Integrated Circuit）：特定の機器や用途に合わせて専用設計された集積回路

材・部品・デバイスの特性・性能を総合的に考慮した開発・実装ができるエンジニアリング・デザインがより重要となっている。

ワイヤレスシステムの導入・活用に当たって、使用可能な周波数やワイヤレス技術の選択が困難などの理由により、ビジネス化が進展しないといった問題に対して、ワイヤレス産業と他分野・他産業との連携を設計・構想段階から図る「ワイヤレス・バイ・デザイン」を進めるための取組が求められる。また、医療機関、公共施設や大規模会場におけるワイヤレスシステムの活用において、様々な機器との干渉・混信が生じないよう、ワイヤレス空間をコーディネートする技術や人材は、今後その重要性が増してくると考えられる。このような技術や人材を維持・強化していくことは、ワイヤレスシステム全体の競争力を強化するとともに、適時適切なワイヤレスシステムを自律的に構築可能な体制を維持可能としていくことにもつながるものである。

具体的には、ワイヤレスネットワークの構築におけるエリア設計のノウハウや回線設計技術、電波環境の計測・評価技術は、円滑かつ効果的にワイヤレス機器を設計・開発するためには欠かせないものである。これまで国内ベンダーが培ってきた基礎技術やレガシー技術の技術継承を含め、ワイヤレスのエンジニアリング・デザインの技術は、我が国として保持・伸長する必要がある。

## 3.3　各領域における重点技術とその工程表

各重点技術領域における、我が国として残すべき／伸長させるべき個別の重点技術として、以下の表のとおり整理した。

表３－１　主な重点技術

| 重点技術領域 | 重点技術領域の特徴<br>（五つの軸からの整理） | 主な技術（例） |
|---|---|---|
| **1-1　フィジカル AI・IoT システム** | （１）共通・基盤的<br>（３）先進的・不可欠性<br>（４）先進的・自律性 | ● 高精度 PNT[15]<br>● 近距離測位・センシング<br>● NTN[16]<br>● Ambient IoT<br>● Massive IoT<br>● モビリティ向け通信<br>● 自律再構成無線<br>● MEC フェデレーション |

[15] PNT（Positioning, Navigation, Timing）:「位置（測位）」「経路（航法）」「時間（時刻同期）」情報を提供する技術システム

[16] NTN（Non-Terrestrial Network）：人工衛星や HAPS（高高度プラットフォーム）を活用し、空や宇宙から地上をカバーする通信システム

| | | |
|---|---|---|
| **1-2　重要インフラ・ナショナルセキュリティシステム** | （２）公共分野<br>（５）高度な技術等 | ● 重要インフラ向け無線<br>● ミッションクリティカル通信（MCX[17]等）<br>● 長距離・代替通信技術<br>● 放送・マルチキャスト型伝送（5G-MBS[18]等）<br>● PNT 妨害耐性設計<br>● 電波センシング・レーダ |
| **1-3　次世代通信システム(B5G)** | （３）先進的・不可欠性<br>（４）先進的・自律性 | ● RAN 高度化技術（オープン RAN/vRAN 等）<br>● RIC[19]<br>● ゼロトラスト RAN<br>● Massive MIMO[20]（高精度ビームフォーミング等）<br>● 分散 RAN 高精度同期<br>● セルフリー大規模 MIMO（分散 AP 協調）<br>● ISAC[21]（通信＋センシング）<br>● メタサーフェス（RIS/IRS[22]） |

| | | |
|---|---|---|
| **2-1　AI・フロンティア領域** | （１）共通・基盤的<br>（３）先進的・不可欠性<br>（４）先進的・自律性<br>（５）高度な技術等 | ● AI/ML 運用管理基盤<br>● ゼロタッチ運用<br>● AI RAN<br>● AI/ML 無線インターフェース<br>● 省電力・エネルギー効率化 NW<br>● 量子安全通信（PQC/QKD[23]連携）<br>● サブ THz/THz 通信 |
| **2-2　素材・部品・デバイス領域** | （１）共通・基盤的<br>（２）公共分野<br>（３）先進的・不可欠性<br>（４）先進的・自律性 | ● 無線 SoC/ASIC<br>● 高効率 PA[24]・広帯域 ADC-DAC[25]<br>● サブ THz/THz デバイス<br>● マルチバンド RFFE[26]<br>● 先端パッケージ<br>● 低損失基板材料/ABF[27]等 |

[17] MCX（Mission Critical Communications）：警察・消防・救急やインフラ事業者などが、災害や緊急時に 4G/5G 通信網を使い、途切れることのない確実な音声・映像・データ通信を行う技術

[18] 5G-MBS（5G Multicast-Broadcast Service）：特定の地域や多数のユーザへ同時に同一コンテンツを配信する技術

[19] RIC（RAN Intelligent Controller）：AI や機械学習を活用して基地局（RU/DU/CU）の動作を自動化・最適化するソフトウェア・プラットフォーム

[20] Massive MIMO：基地局に数十～数百のアンテナを搭載し、高精度なビームフォーミングと空間多重技術で高速・大容量通信を実現する技術

[21] ISAC（Integrated Sensing and Communications）：無線通信インフラ（基地局など）が通信信号を用いて周囲の環境や物体を検知・認識する技術

[22] RIS（Reconfigurable Intelligent Surface）：メタサーフェス技術を用いて、壁や窓などの表面で電波の反射・透過・位相をリアルタイムに制御し、通信環境をスマートに最適化する Beyond 5G/6G の基盤技術、IRS（Intelligent Reflecting Surface）：多数の微小なメタ原子を配置した平面反射板により、制御回路で各素子の反射特性を変え、入射した電波の反射方向を意図的に制御することで、6G や Wi-Fi 等の遮蔽エリアを解消し、高速・大容量通信のエリアを拡張する技術

[23] PQC（Post-Quantum Cryptography）：耐量子計算機暗号、QKD（Quantum Key Distribution）：量子鍵配送

[24] PA（Power Amplifier）：無線通信において RF 信号（高周波信号）をアンテナから放射できる強力なレベルまで増幅する電力増幅器

[25] ADC（Analog-to-Digital Converter）：アナログ信号をデジタル信号に変換する装置、DAC（Digital-to-Analog Converter）：デジタル信号をアナログ信号に変換する装置

[26] RFFE（RF Front End）：スマートフォンや無線通信機器において、アンテナと信号処理部の間に位置し、信号の増幅、フィルタリング、送受切替えを担う部品群（無線周波数フロントエンド）

[27] ABF（Ajinomoto Build-up Film）：高性能半導体パッケージ基板に使われる層間絶縁フィルム

| | | |
|---|---|---|
| **2-3　エンジニアリング・デザイン領域** | （１）共通・基盤的<br>（２）公共分野<br>（３）先進的・不可欠性<br>（４）先進的・自律性<br>（５）高度な技術等 | ● 電波環境可視化<br>● 電波環境評価/チャネルエミュレーション<br>● OTA[28]・耐障害性試験<br>● 周波数共用・干渉管理<br>● インフラシェアリング |

これらは、各重点技術領域において、今後我が国として取組むべき重点技術の例を、現時点の見通しに基づき整理したものである。

なお、工程表は、個別技術の厳密な年表ではなく、社会実装に向けた発展段階の目安を示すものである。また、着手時期や実装時期は、技術成熟度だけでなく、標準化、制度整備、評価・認証基盤、調達更新サイクル、先行需要の有無によって前後しうるため、各工程表では年次を固定的に捉えるのではなく、研究開発→実証→初期導入→基盤化・横展開といった流れを基本に整理したものである。

特に、重点技術を対象とした研究開発の目的・狙いが一様ではなく、社会実装までの律速要因も異なるため、工程表では、研究開発の主目的と社会実装上のボトルネックの違いなどを踏まえて、進め方の例として、ワイヤレス分野の技術について、次の４つに類型化を行ったものである。

- 標準化型：研究開発の主眼が、相互接続性、共通仕様、試験法、認証条件の確立にある類型。技術が成立していても、標準化や評価・認証基盤が整わなければ普及・展開しにくいため、社会実装に向けては国際標準化、試験、認証スキーム構築が主要な節目となる。
- ユースケース先行型：研究開発の主眼が、現場での有効性や運用成立性の実証にある類型。技術単体の性能よりも、先行利用者との実証、導入効果の可視化、運用体制や費用負担の整理等が普及・展開の前提となる。
- 社会実装型：研究開発の主眼が、制度、調達、責任分界、安全要件等を含めて社会に組み込める形を整えることにある類型。技術の成熟だけでなく、制度設計、調達要件、継続運用モデルの整備等が工程を左右する。
- デバイス型：研究開発の主眼が、性能実現に加えて、量産歩留まり、供給安定性等まで含めて事業化を成立させることにある類型。このため、仕様への組込み、評価・認定、量産立上げ、サプライチェーン確保等が主要な節目となる。

### 3.3.1 【システム技術領域】フィジカル AI・IoT システム

[28] OTA（Over-The-Air）：無線通信を利用して、スマートフォンや車、IoT 機器のファームウェア・ソフトウェアを遠隔で更新・制御する技術

本領域は、フィジカル AI や IoT を現場で実装・運用可能にするための共通基盤を担う領域であり、モビリティ、ロボット、産業 IoT 等の先行市場形成に直結する。

通信性能に加え運用・保守・安全性も含め、現場で運用可能な仕組みとすることが重要であり、状況を把握する（認識・位置・時刻）、切れずに接続する（接続・収容）、安全に動かし続ける（制御・運用）機能を一体で高度化することが求められ、多様な産業現場に横展開できる共通基盤として重点化が必要である。

表３－２　技術の類型と主な技術

| 技術の類型 | | 主な技術（例） |
|---|---|---|
| 認識・時空間技術 | 状況把握と位置・時間整合を担う技術 | ● 高精度 PNT<br>● 近距離測位・センシング |
| 接続・収容技術 | 多数端末・移動体・広域環境でも接続を維持する技術 | ● NTN<br>● Ambient IoT<br>● Massive IoT<br>● モビリティ向け通信 |
| 制御・運用技術 | 低遅延制御と運用・保守・安全を現場で成立させる技術 | ● 自律再構成無線<br>● MEC フェデレーション |

- 高精度 PNT：屋内外や移動体でも位置・時刻を高精度にそろえ、ロボット・車両・作業員の協調制御や安全運行を可能とする。
- 近距離測位・センシング：人・物・環境の状態を近距離で常時把握し、見守り・異常検知・動線把握を省配線・低負担で実現する。
- NTN：地上網と衛星・HAPS を組み合わせ、山間部・海上・災害時を含めた切れ目ない広域接続を実現する。
- Ambient IoT：電池交換の負担を極小化し、貼る・置くレベルの超多数センサを長期運用して、常時データ収集の面的展開を可能にする。
- Massive IoT：膨大な IoT 端末を衝突・遅延を抑えて効率的に収容し、工場・物流・インフラ現場での同時計測・一斉制御を可能にする。
- モビリティ向け通信：高速移動中でも低遅延・高信頼に接続し、自動運転、遠隔操縦、ドローン運航などの移動体サービス等の安定運用を実現する。
- 自律再構成無線：障害や環境変動に応じて通信経路や設定を自動最適化・復旧し、途切れにくい通信と省人運用を実現する。
- MEC フェデレーション：複数拠点のエッジ資源を連携させ、データを近傍で分散処理することで、低遅延 AI・映像解析・地域横断運用を可能にする。

図３－２　フィジカル AI・IoT システムの工程表

### 3.3.2 【システム技術領域】重要インフラ・ナショナルセキュリティシステム

本領域は、災害・有事・極限環境下でも社会機能を止めずに維持するための通信・監視・運用基盤を担う領域であり、電力、交通、防災、公共安全等の継続性に直結する。

単一の通信方式に依存せず、指揮・連携を維持する（継続通信）／必要最低限の情報を届ける（代替伝達）／妨害下でも位置・監視を維持する（耐妨害・監視）／長期にわたり認証・更新を守る（長期防護）機能を一体で提供することが求められ、継続運用性・保守継続性・供給継続性の観点から重点化が必要である。

表３－３　技術の類型と主な技術

| 技術の類型 | | 主な技術（例） |
|---|---|---|
| 継続通信・指揮連携技術 | 障害・有事下でも指揮・連携・制御を維持する技術 | ● 重要インフラ向け無線<br>● ミッションクリティカル通信（MCX 等） |
| 代替伝送・広域バックアップ技術 | 地上網の毀損時でも広域・端末等へ最低限伝送する技術 | ● 長距離・代替通信技術<br>● 放送・マルチキャスト型伝送（5G-MBS 等） |
| 耐妨害・監視技術 | 妨害下でも位置・時刻・広域監視を維持する技術 | ● PNT 妨害耐性設計<br>● 電波センシング・レーダ |

- 重要インフラ向け無線：電力・交通・公共施設等の設備監視や制御を止めず、平時から災害時まで安全運用と保守継続を可能とする。
- ミッションクリティカル通信（MCX 等）：事故・災害時でも現場と指揮拠点の即時連携を確保し、優先通信・確実な指示伝達・緊急対応を可能とする。
- 長距離・代替通信技術：地上網が毀損した場合でも遠距離へ最低限の情報を届け、広域バックアップ通信を実現する。
- 放送・マルチキャスト型伝送（5G-MBS 等）：多数の端末・住民に一斉に情報を届け、避難情報・警報・公共情報の確実な周知を実現する。
- PNT 妨害耐性設計：GNSS[29]妨害や遮断環境下でも位置・時刻を維持し、重要インフラや防災活動の継続運用を可能とする。
- 電波センシング・レーダ：広域監視や侵入検知、異常兆候の把握を高信頼に行い、危険予兆の早期把握と状況認識を実現する。

図３－３　重要インフラ・ナショナルセキュリティシステムの工程表

### 3.3.3 【システム技術領域】次世代通信システム（B5G）

本領域は、我が国の基盤的な通信インフラを支える観点から、地上網・非地上網を含む多様な接続形態において、複雑なネットワークの安全・安定運用と通信の高性能化（広帯域・低遅延等）の双方を担う領域である。

そのため、オープン化・自動化を安全に運用する（アーキテクチャ・制御）／分散・高密度環境でも通信品質を維持する（分散無線・高性能実装）／通信機能の拡張や伝搬環境の制御（機能融合・環境適応）技術を一体で提供することが求

[29] GNSS（Global Navigation Satellite System）：宇宙の人工衛星を利用して地球上の現在位置（緯度・経度・高度）を測定するシステムの総称

められ、標準・評価・実装を通じて競争優位を確保していく観点から重点化が必要である。

表３－４　技術の類型と主な技術

| 技術の類型 | | 主な技術（例） |
|---|---|---|
| アーキテクチャ・制御技術 | オープン化・自動化・多ベンダー化を、安全に運用可能な形で実装可能とする技術 | ● RAN 高度化技術（オープン RAN/vRAN 等）<br>● RIC<br>● ゼロトラスト RAN |
| 分散無線・高性能実装技術 | 分散・高密度環境でも容量・遅延・品質を維持する技術 | ● Massive MIMO（高精度ビームフォーミング等）<br>● 分散 RAN 高精度同期<br>● セルフリー大規模 MIMO（分散 AP 協調） |
| 機能融合・環境適応技術 | 通信機能の拡張と伝搬環境の制御を可能とする技術 | ● ISAC（通信＋センシング）<br>● メタサーフェス（RIS/IRS） |

- RAN 高度化技術（オープン RAN/vRAN 等）：特定ベンダーに閉じない柔軟な構成を可能にし、拡張・更改しやすい無線アクセス網を実現する。
- RIC：通信状況に応じて無線資源や品質を動的に最適化し、高効率なネットワーク運用を実現する。
- ゼロトラスト RAN：多ベンダー・クラウド化した RAN でも安全性を担保し、オープン化とセキュリティの両立を実現する。
- Massive MIMO（高精度ビームフォーミング等）：高密度エリアや大規模セルでも容量・品質を維持し、多ユーザ環境での高効率通信を実現する。
- 分散 RAN 高精度同期：多地点の無線装置を高精度に協調させ、分散配置された基地局の一体運用を実現する。
- セルフリー大規模 MIMO（分散 AP 協調）：複数のアクセスポイントを分散・協調配置し、混雑環境でも安定した接続品質を実現する。
- ISAC（通信＋センシング）：通信を行いながら位置・状態・周辺環境も把握し、通信とセンシングの一体利用を実現する。
- メタサーフェス（RIS/IRS）：伝搬環境を能動的に制御し、遮蔽や反射の不利を補って、つながりにくい場所での通信品質向上を実現する。

図３－４　次世代通信システム（B5G）の工程表

### 3.3.4 【コア技術領域】AI ・フロンティア領域

本領域は、AI を活用した通信網の性能・運用の高度化、通信と計算基盤の融合や、超高周波数帯の開拓、量子通信等の将来フロンティア技術を通じて、次世代ワイヤレス技術の新たな可能性を切り拓く領域である。

通信性能の向上に加え、AI を安全に導入・管理する／ネットワークや無線を自律的に最適化する（自律運用・統合）／品質・省電力・継続運用を両立させる（無線高度化・持続性）／超高周波数帯・量子等により非連続な拡張を図る（将来フロンティア）技術などが求められ、足元の実装力と中長期の技術主導権の双方を確保する観点から重点化が必要である。

表３－５　技術の類型と主な技術

| 技術の類型 | | 主な技術（例） |
|---|---|---|
| AI 導入・管理技術 | 学習・配備等管理し、安全に使い続ける技術 | ● AI/ML 運用管理基盤 |
| 自律運用・統合技術 | 運用・RAN・計算資源を閉ループで最適化する技術 | ● ゼロタッチ運用<br>● AI RAN |
| 無線高度化・持続性技術 | 品質・省電力・継続運用を両立させる技術 | ● AI/ML 無線インターフェース<br>● 省電力・エネルギー効率化 NW |
| 将来フロンテ | 将来の安全性・大容量化に先 | ● 量子安全通信 |

| | | |
|---|---|---|
| ィア技術 | 行対応する技術 | （PQC/QKD 連携）<br>● サブ THz/THz 通信 |

- AI/ML 運用管理基盤：学習・配備・更新・監査を一元管理し、AI を安全に使い続けられる運用基盤を実現する。
- ゼロタッチ運用：設定変更、障害対応、最適化を自動化し、省人で止まりにくいネットワーク運用を実現する。
- AI RAN：AI 処理と無線資源を連携させ、AI 需要にも対応可能な RAN 運用基盤を実現する。
- AI/ML 無線インターフェース：刻一刻と変化する電波伝搬環境や高密度接続環境等に応じ、無線区間の伝送路を最適化し、所要のスループット等、通信品質の維持・向上を自律的に実現する。
- 省電力・エネルギー効率化 NW：品質を維持しながら電力消費や設備負荷を抑え、持続可能なネットワーク運用を実現する。
- 量子安全通信（PQC/QKD 連携）：高度な安全性や新たな通信機能を見据え、次世代の信頼性・秘匿性基盤を実現する。
- サブ THz/THz 通信：超大容量・高密度通信を可能にし、将来の高負荷ユースケースへの対応を実現する。

図３－５　AI ・フロンティア領域の工程表

### 3.3.5 【コア技術領域】素材・部品・デバイス領域

本領域は、通信の高周波化・広帯域化・低電力化・多アンテナ化が進む中で、

システム性能と量産成立性の基盤となる物理レイヤーを担う領域である。

そのため、性能・省電力の上限を決める（コアデバイス）／高周波・多バンドを量産可能にする（RF・実装統合）／品質・供給安定性を支える（材料・供給）技術を一体で提供することが求められ、保有アセットを活かして競争優位と自律性を確保する観点から重点化が必要である。

表３－６　技術の類型と主な技術

| 技術の類型 | | 主な技術（例） |
|---|---|---|
| コアデバイス | 通信性能・省電力・将来帯域の上限を左右する技術 | ● 無線 SoC/ASIC<br>● 高効率 PA・広帯域 ADC-DAC<br>● サブ THz/THz デバイス |
| RF・実装統合技術 | 高周波化・多バンド化を量産可能な形で成立させる技術 | ● マルチバンド RFFE<br>● 先端パッケージ |
| 材料・供給技術 | 品質・信頼性、供給安定性を支える技術 | ● 低損失基板材料/ABF 等 |

- 無線 SoC/ASIC：通信機能・制御・省電力処理を高集積化し、高性能かつ実装しやすい無線機器基盤を実現する。
- 高効率 PA・広帯域 ADC-DAC：高周波・広帯域でも電力効率と信号品質を両立し、高性能無線機の成立条件を実現する。
- サブ THz/THz デバイス：超高速・高密度通信に必要な周波数帯を扱い、将来の大容量通信基盤を実現する。
- マルチバンド RFFE：複数の周波数帯や方式を柔軟に扱い、多様な通信規格に対応できる端末・装置を実現する。
- 先端パッケージ：高周波部品やチップを高密度・低損失で実装し、高性能と量産性を両立する実装基盤を実現する。
- 低損失基板材料/ABF 等：放熱・低損失・信頼性を確保し、高周波・高密度実装を支える部材基盤を実現する。

図３－６　素材・部品・デバイス領域の工程表

## 3.3.6 【コア技術領域】エンジニアリング・デザイン領域

本領域は、無線方式そのものではなく、無線の高度化を支える設計・評価・実装の共通基盤を担う領域であり、社会実装の前提を押さえる上で不可欠な領域である。

実環境を把握・再現する（計測・再現）／実運用条件で性能や回復性を検証する（品質・運用評価）／共用・責任分界・制度まで設計する（共用・制度設計）技術を一体で提供することが求められ、新技術を自律的に導入可能にする横断基盤観点から重点化が必要である。

表３－７　技術の類型と主な技術

| 技術の類型 | | 主な技術（例） |
|---|---|---|
| 計測・再現技術 | 実際の電波環境を把握・再現し、設計・選定・導入の前提を作る技術 | ● 電波環境可視化<br>● 電波環境評価/チャネルエミュレーション |
| 品質・運用評価 | 実運用条件で性能・品質・回復性を継続検証する技術 | ● OTA・耐障害性試験 |
| 共用・制度設計技術 | 共用・責任分界・監視まで含めて社会実装を成立させる技術 | ● 周波数共用・干渉管理<br>● インフラシェアリング |

- 電波環境可視化：混雑、干渉、遮蔽などの実環境を把握し、設計・運用改善の前提となる状況把握を実現する。
- 電波環境評価/チャネルエミュレーション：実際の利用環境を試験環境で再現し、導入前に性能や課題を見極める評価基盤を実現する。

- OTA・耐障害性試験：実運用に近い条件で性能・品質・回復性を検証し、現場導入に耐える品質保証を実現する。
- 周波数共用・干渉管理：異なるシステムが同一・近接周波数を安全に使えるようにし、共用前提の社会実装を実現する。
- インフラシェアリング：複数主体で設備を共同利用しつつ品質や責任分界を整理し、効率的かつ持続可能なインフラ運用を実現する。

図３－７　エンジニアリング・デザイン領域の工程表

# 第４節　重点技術領域の推進方策

特定した重点技術領域における重点技術を維持・強化していくために講ずるべき推進方策について、検討を行う。

## 4.1　重点技術領域の推進方策の論点

重点技術領域の推進方策の検討に当たって、次の三つの軸から論点の整理を行った。

（１）　重点技術の維持・強化に関する推進方策
（２）　ワイヤレス関連産業のビジネス創出に関する推進方策
（３）　ワイヤレス分野の人材の確保・育成に関する推進方策

ここでは、それぞれの論点を示すこととする。

**（１）　重点技術の維持・強化に関する推進方策**

- 重点技術領域のうち、経済安全保障上特に重要な技術を引き続き自国で確保していくために、どのような取組が考えられるか。
- 重点技術領域における最先端の研究開発を推進するための研究開発制度の在り方として、どのようなものが考えられるか。
- 必ずしも先進的ではない技術（いわゆる枯れた技術）についても、その技術を守る観点からどのように維持していくべきか。

**（２）　ワイヤレス関連産業のビジネス創出に関する推進方策**

- 従来型の研究開発投資や需要に基づく設備投資ではビジネスが成り立ちにくい状況にある中、どのように需要を作り、いかにビジネスとして好循環なスキームを構築していけばよいか。
- 事業化に向けた支援や制度の在り方（例えば、ミリ波の更なる活用のための制度的措置、屋内での携帯電話の利用促進等、研究開発と連携したテストベッドによる実用化支援等）。
- 他分野・他産業でもワイヤレス技術が不可欠となっている状況を踏まえ、設計・構想段階から連携を図るワイヤレス・バイ・デザインを進めるための取組を検討していくべきではないか。

**（３）　ワイヤレス分野の人材の確保・育成に関する推進方策**

- 理系人材全体が減少する中、大学とも連携し必要なワイヤレス人材の確保や育成に取り組むべきではないか。また、標準化人材の確保・育成の取組を進めるべきではないか。
- 特に、若年層に対しワイヤレス分野の認知向上・魅力発信を産学官で連携して取り組んでいくべきではないか。単に（ハードの）無線分野の人材育成を目指すだけではなく、他分野・他産業と連携したワイヤレス人材育成を図っていくのはどうか。
- ワイヤレス人材のスキルや業務経験の見える化（何らかの certification の創設等）、無線従事者資格制度の見直しなど、資格の在り方についてどう考えるか。

これらの三つの軸からの論点も踏まえ、重点技術領域の推進方策の検討を行った。

## 4.2　重点技術領域の推進方策に関する検討事項

重点技術領域の推進方策の検討における構成員からの意見等を整理する。

**（１）　重点技術領域の推進方策全般に関する事項**

- 日本の場合、まず技術があってビジネスの戦略を考えることが多いが、海外の場合、まずビジネスの戦略があって、どのような技術が必要かを考えることが多く、順番が逆である。こういうビジネスを展開していく上でこういう技術が必要という議論が重要。
- レガシーな技術にも自律性や不可欠性の確保に資する部分、産業的に勝てる要素があると考えられる。また、技術単体にとどまらず、製品として仕上げるための部品・組立て等の技術、あるいは設備の導入・設置・保守に関するノウハウや体制など、周辺の技術・ノウハウ領域の維持・確保にも目を向けておく必要がある。
- 日本は素材もセットベンダーもキャリアも先進的で、優秀な企業がそろっているにもかかわらず、その強みが十分に生かされていない。個々の企業、業界の経済合理性だけに従っていくと、国全体の強みが生かせない。国内のサプライチェーンがうまく機能しておらず、強靭なサプライチェーンを作っていくことが改めて必要。
- コストだけではない様々な要件で海外の市場は開拓されている。海外事

業者のそうしたアプローチを分析し、マーケティングマップのような、製品としての道筋や、市場を開拓し形成していく道筋を示すことが必要。

- 重要インフラや公共分野の無線システムはライフサイクルが非常に長く、メーカが人材やビジネスを維持することが難しい側面がある。例えば、システムの運用期限を決めるなど、何か制度的な措置により、強制的に人材やビジネスを回すサイクルを作ることも考えられる。
- 10 年前と現在を比較すると、ワイヤレスを含めた通信がライフラインとなった点、世界に目を向けると地政学的な緊張の高まりや保護主義の動きなど不確実性が著しく高まっていると認識し、将来に備えなければならない。
- パブリックセーフティやディフェンスという分野・切り口が今後の市場を牽引する動きがある。そうしたユースケースやステークホルダの動向をより詳細に把握することで初めて、我が国の強みをより明確に評価できるようになる。要素技術を保有していて、市場へのミッシングリンクが存在し、そこを先行する者がいる場合には、その者と連携するか、その領域を取り込むかという戦略的判断が必要。
- 技術と特定のビジネスが１対１に対応した形で開発が進められることが多いが、１つの手が駄目だったときでも、あの手この手で何とか勝ち残ることができる本当の意味でのコアコンピタンス（中核的な技術であって、多用途に応用できる、その応用範囲が広い技術）が必要。
- 各フェーズにおける取組を着実に推進することは当然であるが、現実に近づくほど各要素が複雑に絡み合うという点を常に念頭に置いて取組を進めることが重要。
- 出口戦略として、１つの政策ツールに頼るのではなく、時間軸に沿って複合的な手を打っていくことが必要。誰がいつまでに何をすべきか、技術トレンド、ビジネス環境を踏まえた上で決めることが重要。
- 正解が無い中では、新たな取組に積極的にチャレンジし、うまくいかない場合には改善策をアジャイルに考えながら進めていくプロセスが重要。具体的な施策へ落とし込むことが実は大変であり、そこに適切なリソースを配分することが重要。

### （２） 重点技術の維持・強化に関する推進方策に関する事項

- 研究開発テーマの評価に時間をかけ過ぎてしまうと、研究としては角が取れ、無難な研究テーマしか残らないおそれがある。この案件形成のプロセスをどのように進めるかが非常に重要。
- ５年以内に開発すべき技術という前提で重点領域を絞っていくのは非常に良いこと。短期的なものに関しては、何が必要かという見通しがあ

る程度あるため、先鋭化させることでその領域を効率よく開発していくとは非常に有効。一方、長期的な観点で育成しなければいけないものに関しては、自由度や冗長性を持たせた方が良いこともあり、基礎的、長期的なものは、緩やかな開発テーマの支援について考える必要がある。

- 国の支援で研究開発をしても、実際にその成果が社会実装されないケースが多く、こうしたケースを少なくしていく制度や仕組みが必要。研究開発とビジネス化をシームレスにつないでいく取組が求められる。
- 重点技術はビジネスの状況や技術トレンドによって変化し得るものであることから、重点技術の維持・強化に当たっては、一度の議論で結論を出すのではなく、ビジネス環境や経済安全保障の環境等を踏まえた技術インテリジェンスもセットで、継続的な議論を重ねながら考えるべき。
- ビジネス的にチャンスがあるので残しておいた方がよい分野と、市場の原理にかかわらず日本として残しておかなければならない分野の両方があることに留意が必要。
- 有事のときにどう技術の重要性を維持できるかを念頭に置くことが必要。冗長性をどう確保するか、提供のためのフローをどう確保するかなど難しい問題はあるが、他国の事例も見ながら、施策として足りているかという目線感は必要。
- 研究開発において、国がファーストカスタマーになるものは、ぜひ国がファーストカスタマーとなり、そうでないものについて、社会実装に近づけていくために、技術以外のところに国が支援することも必要。

### （３） ワイヤレス関連産業のビジネス創出に関する推進方策に関する事項

- 日本の今の立ち位置からすると、全ての領域でグローバルに勝っていくのはリソース的に厳しい。それぞれの領域での戦い方、日本の技術の残し方、ビジネスとしての継続性について、企業の経営戦略と整合させながら、どういう形でどこに注力するか、日本の戦略を検討していくことが必要。
- キャリアとベンダーに関して、現実的な勝ち筋を深堀して明確化し、支援することが必要。
- 技術自体で日本は弱い部分があり、海外に頼っている部分を、海外の企業や大学と連携し、戦略的に研究開発を進めていくなど、日本の技術を底上げする方策が必要。
- 国内の基地局ベンダーにおいては、まずは世界市場のニーズに応える製品を作るといった海外へと伍していくマインドセットをもって、推進方策を考えることが重要。
- 単に国内ベンダーのためだけでなく、海外ベンダーから見ても、日本市

場が引き続き魅力的で、サプライチェーンの観点でいろいろ組みたくなる日本のプレイヤーを育てていく視点を持ち、日本のワイヤレスビジネスの土壌を豊かにする観点も含めた推進方策を考えることが重要。

- 最先端の研究開発は、グローバルに不可欠性の確保という意味合いが強いが、国内市場での採用実績がないと、海外ビジネスでは非常にハードルが高い。国内で研究開発されたものが、国内の市場で社会実装されていく流れを作って行くことが重要。特にキャリア向けのネットワークにおいて、国内のキャリアが国内の研究成果をいかに使いやすくするか、インセンティブを含めて、仕組みや制度を考える必要がある。
- モバイル通信は既に社会インフラであることをより強調し、真に社会のインフラに入っていくために、どのような制度設計が可能か、新しい需要をどのように生み出せるかを積極的に考えてはどうか。特に、ミリ波については、社会・行政の側で需要を作り出すことが求められる。
- 社会インフラとしての通信基盤をしっかりさせていくためのルール（例えば、屋内にはアンテナを設置することを義務化するなど）を考えてはどうか。

### （４） ワイヤレス分野の人材の確保・育成に関する推進方策に関する事項

- 産学連携について、既に各大学でインターンシップ等の枠組みはあるものの、うまくいっていない事例がある。産学連携を持続させるには、学生・企業・大学がそれぞれＷｉｎ－Ｗｉｎになる具体的な仕組みづくりが必要。例えば、共同研究費や奨学金のような具体的なインセンティブがプラットフォームの中に組み込まれるとうまく機能するのではないか。また、企業へのメリットを見える化する必要がある。
- 人材育成に関して、企業の若手・中堅を理工系大学に送り込むことも重要であるが、若手・中堅エンジニアに製品開発戦略や標準化戦略等の経営戦略に関する知識をつけてもらうため、ビジネススクールや経営学部系の組織に送り込む施策を考えてはどうか。
- 重点技術領域間の連携を誰がどのように担うかが重要であり、これには領域やカテゴリーを横断する人材の育成が極めて重要。上位フェーズに進むほど、領域を横断し各要素を接続するケイパビリティが人材にも求められ、またユースケースの確立においても不可欠。
- 広報活動は業界としてこれまで十分にしてこなかったので、他業界の活動も踏まえつつ、多くの方々の知恵をいただきながら広報活動に取り組んでいくことが重要。

## 4.3　重点技術領域の推進方策

我が国として残すべき／伸長させるべき重点技術を推進していくため、研究開発から社会実装や市場創出に向けた各フェーズにおいて、関連の深い重点技術領域に即した取組を講じることが必要である。具体的には以下の取組を講じることが考えられる。

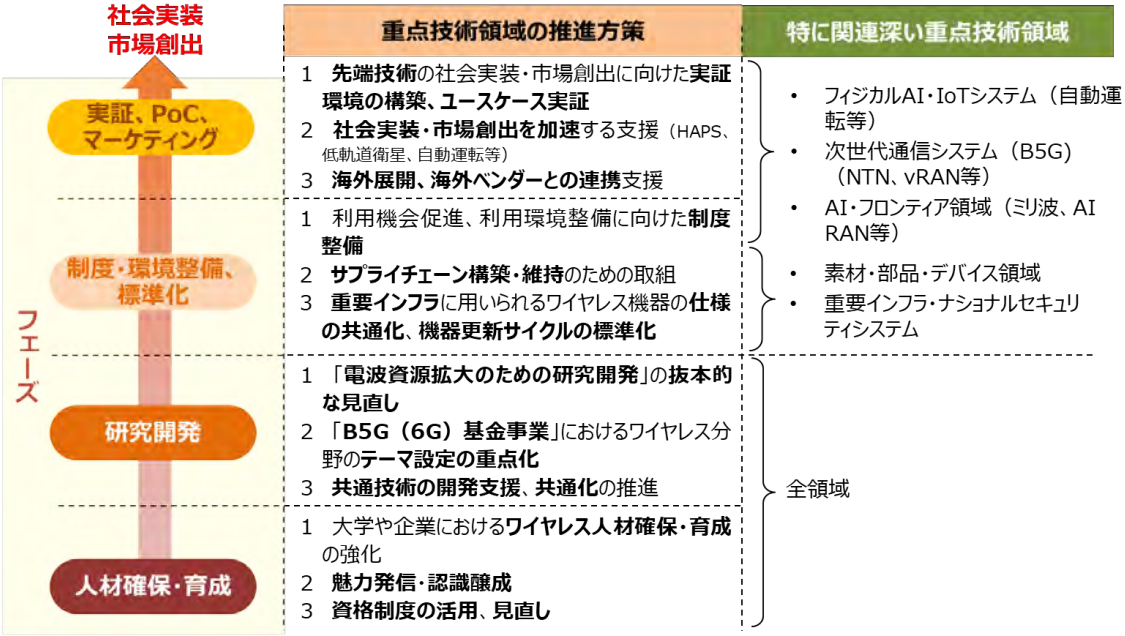



図４－１　推進方策の全体像

### 4.3.1　人材確保・育成　フェーズ

**（１）大学や企業におけるワイヤレス人材確保・育成の強化**

①「産学人材プラットフォーム」（仮称）の構築

大学・研究機関と企業の連携プラットフォームとして「産学人材プラットフォーム」（仮称）を構築するなど、大学・研究機関と企業が連携した人材育成を促進する。

具体的には、大学・研究機関が企業の人材を受入れ（寄付講座など）、先端ワイヤレス技術に関する研究・リスキリング・スキルアップを行うとともに、学生への教育・技術継承を行い、産業界への人材供給を行う。また、大学・研究機関間の人材交流の機会を作り、学生、若手・中堅エンジニア同士のワイヤレスに関する知見・ノウハウの共有・創発を図る。

「産学人材プラットフォーム」（仮称）の構築に当たっては、大学・研究機関や企業の立地状況やリソース状況等を勘案して、効果的な人材育成・人材交流が図られる規模とし、運用に当たっては、持続的な取組となるよう、実施体制を含めたフィージビリティの検討が求められる。

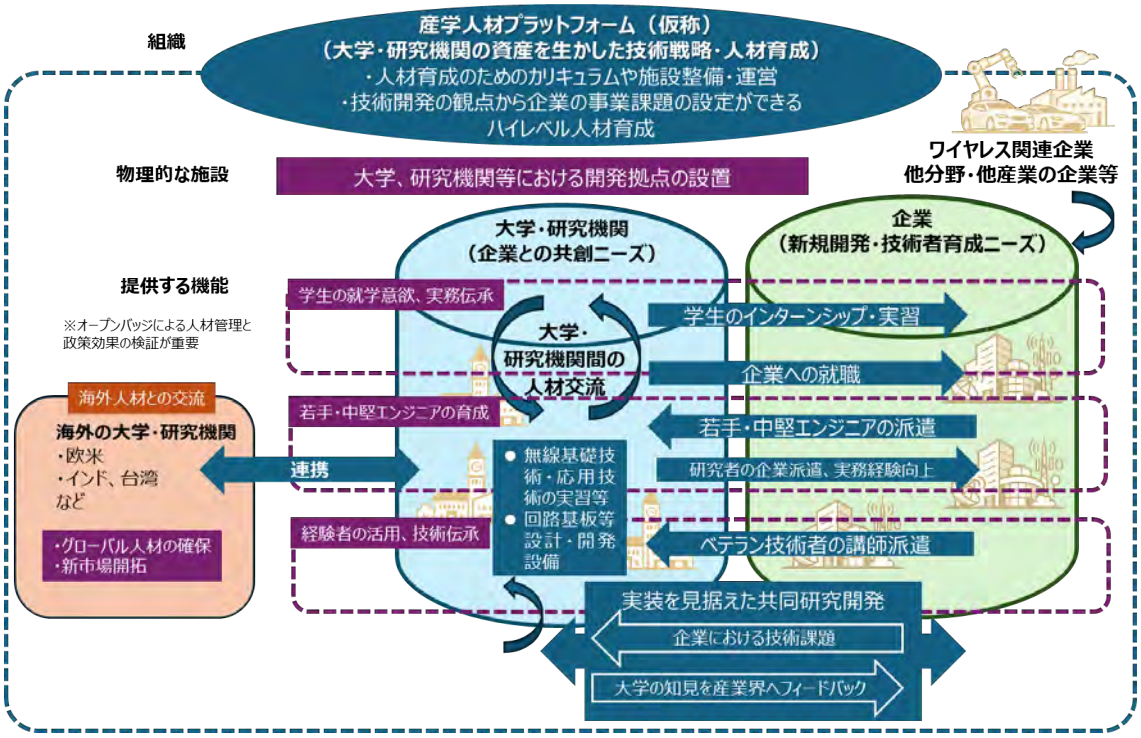



図４－２　大学・研究機関と企業の連携プラットフォームのイメージ

②ワイヤレス分野の地域の大学の維持・活性化

FORWARD（「持続可能な電波有効利用のための基盤技術研究開発事業」）を抜本的に見直し、ワイヤレス系の地域の大学の研究室の維持・活性化と人材育成に活用する。

③スタートアップ支援による人材育成

ワイヤレス技術を活用して新たな取組を行おうとする者のアイデアを表彰する場やビジネスコンテストの開催を通じて、スタートアップ支援を行う。その際、ワイヤレス技術におけるソフトウェア化が進展していることを踏まえ、様々なアプローチからソフトウェア人材の取り込みを図る視点も重要である。

**（２）魅力発信・認識醸成**

特に進路・キャリアを決定するまでの若年層に対して、様々なアプローチで

ワイヤレス技術の魅力発信や実体験の機会の充実を図るとともに、国民広くに「ワイヤレスネットワークは国民生活の安全・安心や経済活動に欠かせない社会インフラを支える基盤である」との認識醸成を図る取組を推進する。（電波教室・電波適正利用推進員などの活用、ショート動画等メディアを通じた魅力発信等）

**（３）資格制度の活用、見直し**

ワイヤレス人材のスキルや業務経験の見える化、（民間、国によるものを問わず）既存の資格の拡充や連携、何らかの certification の創設について検討する。 例えば、（１）「大学や企業におけるワイヤレス人材確保・育成の強化」で挙げた推進方策とも有機的に連接し、企業や学校等における資格制度の活用の促進や、国際化など、民間資格のブランディングを更に進める。

無線従事者資格は無線局の運用に必要な資格としての位置づけがある一方で、資格体系と技術の進展やニーズとの間で乖離があるとの指摘もある。一定のワイヤレス技術の知識・能力を示す尺度としても認知されていることを踏まえ、それぞれの無線従事者資格の可能とする操作範囲とそれに求められる知識・能力を整理した上で、資格の体系を見直すなどの取組が求められる。

### 4.3.2 研究開発　フェーズ

**（１）「電波資源拡大のための研究開発」の抜本的な見直し**

ア）　案件形成プロセスの見直し

従来、総務省として５年以内に開発すべき電波有効利用技術として、広くテーマ募集をした上で案件形成をしていたが、原則、重点技術領域に重点化し、工程表に基づき実施する形に見直す。（工程表は技術インテリジェンスも注視しつつ、毎年度更新。）

また、個々の重点技術において取り組むべき具体的な研究開発課題については、企業や大学等の関係者も含め、多様な観点から能動的にテーマ設定を行うべく、丁寧かつ十分な時間をかけて検討した上で、案件形成される仕組みが求められる。

イ）評価等の在り方

研究開発の評価については、単に技術的な計画・成果の評価にとどまらず、着実な社会実装に向けた戦略・計画等についての評価や助言を行うとともに、研究開発中にステージゲートを取り入れるなど、評価方法や体制の見直しを図る。

具体的には、評価において、実施主体が設定したKPIの達成状況を確認するとともに、研究開発成果が、どのような主体、市場、ビジネスにより社会実装されるか、自律性・不可欠性獲得や人材育成への貢献や海外展開を見据えたものかといった点を確認するとともに、研究開発が適切な方向に進むよう、研究開発マネジメントの観点から助言（伴走支援）を可能な仕組みとする。

ウ）研究開発実施体制の見直し・効率化

受託機関における経理処理の負担や制約が大きいという指摘があることも踏まえ、実施体制・手続の効率化と柔軟化を図る。

様々な専門分野や関連分野の知見を有する複数人からなるアドバイザリーボードのようなチームを組成し、チームとして責任をもって、全体の方向付けや個別の取組の助言を行う体制を構築する。

なお、既に実施中の研究開発についても、これらの見直しの考え方を可能な限り取り入れ、効果的な取組を行う。

**（２）「B5G（6G）基金事業」におけるワイヤレス分野のテーマ設定の重点化**

革新的情報通信技術（Beyond 5G（6G））基金事業においても、ワイヤレス分野の研究開発に対する支援については、本報告書を踏まえたテーマ設定の重点化を行う。

**（３）共通技術の開発支援、共通化の推進**

国内ベンダー単独では開発が困難であり海外に依存している素材・部品・デバイス（無線部のASIC等）を共同で開発するための研究開発を支援するとともに、協調領域の設計を可能な限り共通化するなど、低コスト化・国際競争力の強化を図る。

### 4.3.3　制度・環境整備、標準化　フェーズ

**（１）利用機会促進、利用環境整備に向けた制度整備**

ミリ波など高周波数帯の更なる利活用やワイヤレスによる市場創出を図るために必要な制度整備、見直し等の検討を進める。

屋内等における通信環境の整備や、ミリ波が利用可能なスポットの整備を促進する観点から、インフラシェアリングの円滑な推進を図るための方策の検討等を進める。

**（２）サプライチェーン構築・維持のための取組**

自律性を確保するために強靭なサプライチェーン（供給体制）を構築・維持することが重要であり、ワイヤレス機器の製造・保守上必要な半導体や先端電子部品のうち、国内での長期確保が困難なものや海外に依存しているものについて、あるいは、ワイヤレス機器全体について、関係省庁とも連携して、国内製造の確保・自律性強化やサプライチェーン・セキュリティ上のリスクの分析、課題への対応に向けた検討を進める。

**（３）重要インフラに用いられるワイヤレス機器の仕様の共通化、機器更新サイクルの標準化**

重要インフラの運用・制御に用いられる無線システム（例：鉄道、電力など）について、官民が連携して、各社ごとの仕様を可能な限り全国で共通化・標準化する検討を進め、低コスト化・生産体制の確保を図る。また、標準的な更新サイクルを検討し、機器ベンダーにとっての予見可能性を高める取組を業界と連携して検討する。

### 4.3.4　実証、PoC、マーケティング　フェーズ

**（１）先端技術の社会実装・市場創出に向けた実証環境の構築、ユースケース実証**

深刻化する地域課題を潜在的な社会需要と捉え、ワイヤレスを含む先進的な通信技術を活用したソリューションの創出・早期実用化に向けた支援を推進する。特に、自動運転をはじめとするフィジカル AI・IoT システムの社会実装に向けて、他分野・他産業と連携し、インフラ整備の推進とともに、ワイヤレス・バイ・デザインの観点に基づき、ユースケース創出や実証支援を推進し、好事例の横展開を図る。

具体的には、「地域社会 DX 推進パッケージ事業」を通じ、地域での実証支援や地域の通信インフラ等整備の補助等を行うことで、交通・農業・防災・医療といった他分野との連携による地域課題解決に係る好事例の創出を図り、市場の先行開拓を行う。

また、次世代通信システム（B5G）領域においても、基地局の高度化や vRAN の導入に伴い、RAN などのエッジにおける AI 活用が可能となり、新たなビジネス創出が期待されている。エッジ AI の実現に向けた、研究開発・社会実装に向けた試験環境の構築・実証支援を推進する。

将来のトラヒック増大への対応や超高速・超大容量通信が期待されている中、我が国が技術開発で先行し、いち早く利用を進め、部品・デバイス等に強みを

有するミリ波について、更なる利用に向けたユースケースの実証を通じて、ミリ波対応端末や中継器の普及拡大、利用促進を図ることにより、需要の創出、市場の立ち上げを図る。

**（２）社会実装・市場創出を加速する支援**

次世代通信システム（B5G）領域において今後更なる普及拡大が見込まれるNTN（非地上系ネットワーク）分野について、HAPS、低軌道衛星（衛星コンステレーション）等の技術の自律性の確保をしつつ、機器・サービスの早期実現による需要創出・市場創出を図る。

フィジカル AI・IoT システム領域において、急速な社会実装が進展する自動運転分野について、我が国が強みを持つ V2X 等の技術を最大限に活用し、これらの社会実装の基盤となる、いつでもどこでもつながるセキュアな通信技術の開発・インフラの整備を強力に推進する。

**（３）海外展開、海外ベンダーとの連携支援**

ミリ波、V2X、vRAN、AI RAN など我が国が今後技術的な主導権を握ることが期待される分野において、技術開発、サービス展開等を世界に先駆けて行い、市場創出、インフラ整備、サービス展開をグローバル市場で獲得することができるよう、海外展開に向けた支援を推進する。

セキュアなサプライチェーンの確保を図り、自律性・不可欠性の獲得に向けた海外ベンダーとのパートナーシップ／アライアンスを前提とした共同研究開発・生産連携の支援の可能性について検討する。

# 第５節　今後の進め方

本検討結果を踏まえ、総務省においては、重点技術の推進方策に基づき、①ワイヤレス分野の人材確保・育成、②研究開発、③制度・環境整備、標準化、④実証、PoC、マーケティングの施策について、産学官が連携した取組を強力に推し進めることが適当である。特に、国内においてワイヤレス分野の一定の市場規模があることを踏まえ、国内ベンダー、通信事業者、さらには他分野・他産業も含め、業界が連携した取組を行うことが重要である。

本検討において示された工程表における技術等は、現時点の見通しに基づき整理して、重要と考えられるものを提示したものであることに留意する必要がある。

作業班においては、ワイヤレス分野の技術トレンドや市場動向等を踏まえつつ、総務省とともに、引き続きワイヤレス分野の技術インテリジェンスやサプライチェーンの状況について解像度を上げた調査・分析を行い、政策的な課題を継続的に把握・検討していくことが望ましい。

特に、今般取りまとめた工程表について、今後も企業・大学等の関係者から十分にヒアリングを行うとともに、技術インテリジェンスも注視しつつ、毎年度更新することが求められる。その際、工程表の更新においては、技術ありきの取組とならぬよう、関係する企業等のビジネス上の戦略やマーケット分析を十分に踏まえた上で、我が国としてどの技術が勝ち筋であるか、どの技術に注力すべきか、その技術を誰が担うか、いつまでに何をするか、企業・大学等の関係者において精査する必要がある。

したがって、取り組むべき技術について適時に取捨選択を行い、市場の先読みや日々刻々と変化する市場の動向に応じた柔軟な取組を通じて、我が国として残すべき／伸長させるべき重点技術を推進していくことが求められる。そのために、継続的かつ不断に見直しを行っていく仕組みづくりも求められる。

また、日本成長戦略会議における戦略 17 分野の一つである情報通信分野の検討とも連携し、日本成長戦略会議において取りまとめられる官民投資ロードマップや、情報通信成長戦略官民協議会で取りまとめられる政策パッケージも踏まえた政策を講ずることが期待される。

最後に、本検討を踏まえ、総務省や企業、大学等我が国の産学官のワイヤレス関係者が一体となって直面している危機に立ち向かい、我が国のワイヤレス技術の優位性の維持・向上、一定の世界シェアの確保等を通じた強靭なサプライチェーンの構築や、ワイヤレス人材の確保・育成の実現に取り組むことによ

り、我が国の社会経済活動に不可欠なワイヤレス産業、ワイヤレスインフラが更なる発展を遂げることを期待したい。

# 第 11 章　電波監視の在り方（別冊３）

電波監視の今後の在り方については、新たな電波利用の拡大に伴い、電波利用環境が大きく変化していることから、現在の電波監視における課題や今後の在り方を検討するため、令和７年５月に本委員会の下に電波監視作業班を設置し、検討を進めてきたところ。本事項に係る報告は別冊３のとおりであり、今後、同報告に基づき、取組を進めていくことが適当である。

第１節　検討の背景
第２節　電波監視の在り方に対する検討
第３節　まとめ

# 諮問第30号「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「電波の利用環境の在り方」（電波監視の在り方）について

情報通信審議会　情報通信技術分科会
電波有効利用委員会　報告（案）（別冊３）
第11章　電波監視の在り方

# 目次

はじめに ..... 4
第１節 検討の背景 ..... 5
１．１． 電波監視の概要 ..... 5
１．２． 電波監視業務の概要 ..... 5
１.２.１. 電波の監査 ..... 7
１.２.２. 電波の調査 ..... 8
１.２.３. 不法無線局の探査 ..... 9
１.２.４. 不法無線局探査の取組 ..... 10
１.２.５. 宇宙電波監視の取組 ..... 12
１.２.６. 不法無線局や混信の未然防止の取組 ..... 17
１．３． 検討すべき優先課題 ..... 21
第２節 電波監視の在り方に対する検討 ..... 23
２．１． 課題認識の概要 ..... 23
２．２． 対応の方向性 ..... 24
２．３． 電波監視の基本体制の強化 ..... 25
２.３.１. 移動監視体制の強化 ..... 25
２.３.１.１. 移動監視体制の現状と課題 ..... 25
２.３.１.２. 移動監視体制の強化に対する考え方 ..... 25
２.３.１.３. 具体的な取組の方向性 ..... 25
２.３.２. 電波監視分野における外部連携の強化 ..... 26
２.３.２.１. 電波監視分野における外部連携の現状と課題 ..... 26
２.３.２.２. 電波監視分野における外部連携強化に向けた考え方 ..... 26
２.３.２.３. 具体的な取組の方向性 ..... 26
２.３.３. AI 活用と DX 推進 ..... 27
２.３.３.１. AI 活用と DX 推進に関する現状と課題 ..... 27
２.３.３.２. AI 活用と DX 推進に対する考え方 ..... 27
２.３.３.３. 具体的な取組の方向性 ..... 27
２．４． 革新的な無線システムへの早期対応 ..... 28
２.４.１. NTN 時代の電波監視体制の早期構築 ..... 28
２.４.１.１. NTN 時代の電波監視体制に向けた現状と課題 ..... 28
２.４.１.２. NTN 時代の電波監視体制に向けた考え方 ..... 28
２.４.１.３. 具体的な取組の方向性 ..... 28
２.４.２. 技術開発の推進 ..... 29

２.４.２.１. 電波監視における技術開発の現状と課題 ..... 29
２.４.２.２. 電波監視における技術開発の考え方 ..... 29
２.４.２.３. 具体的な取組の方向性 ..... 29
２.４.３. 国際機関との連携強化 ..... 30
２.４.３.１. 国際機関との連携強化における現状と課題 ..... 30
２.４.３.２. 国際機関との連携強化に向けた考え方 ..... 30
２.４.３.３. 具体的な取組の方向性 ..... 30
２.５. 基準不適合機器への対応強化 ..... 31
２.５.１. 試買テスト・市場モニタリングの強化 ..... 31
２.５.１.１. 試買テスト・市場モニタリングに係る現状と課題 ..... 31
２.５.１.２. 試買テスト・市場モニタリングの強化に向けた考え方 ..... 31
２.５.１.３. 具体的な取組の方向性 ..... 31
２.５.２. 事業者等との連携強化 ..... 32
２.５.２.１. EC モール事業者等との連携強化に係る現状と課題 ..... 32
２.５.２.２. EC モール事業者等との連携強化に向けた考え方 ..... 32
２.５.２.３. 具体的な取組の方向性 ..... 32
２.５.３. 周知啓発活動の強化 ..... 33
２.５.３.１. 周知啓発活動における現状と課題 ..... 33
２.５.３.２. 周知啓発活動の強化の考え方 ..... 33
２.５.３.３. 具体的な取組の方向性 ..... 33
第３節 まとめ ..... 35

## はじめに

情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会（主査：藤井 威生 電気通信大学先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター教授。以下「委員会」という。）は、令和７年諮問第 30 号「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「電波の利用環境の在り方」に基づき、令和７年５月に「電波監視作業班」（主任：菊間 信良 国立大学法人名古屋工業大学 名誉教授。以下「作業班」という。）を設置し、電波監視分野における重要課題や優先して実施すべき政策課題等について、専門的な見地から、具体的かつ集中的な検討を行った。 本報告は、委員会における検討の結果を取りまとめたものである。

## 第１節　検討の背景

### １．１．　電波監視の概要

電波は、携帯電話や警察、消防の無線等、国民生活にとって不可欠なサービスの提供等に幅広く利用されている有限・希少な資源であり、国民共有の財産であることから、公平かつ能率的な利用を確保することが必要である。具体的には、電波は、同一の地域で、同一の周波数を利用すると混信が生じる性質があるため、無秩序に利用することはできず、適正な利用を確保するための仕組みが必要である。

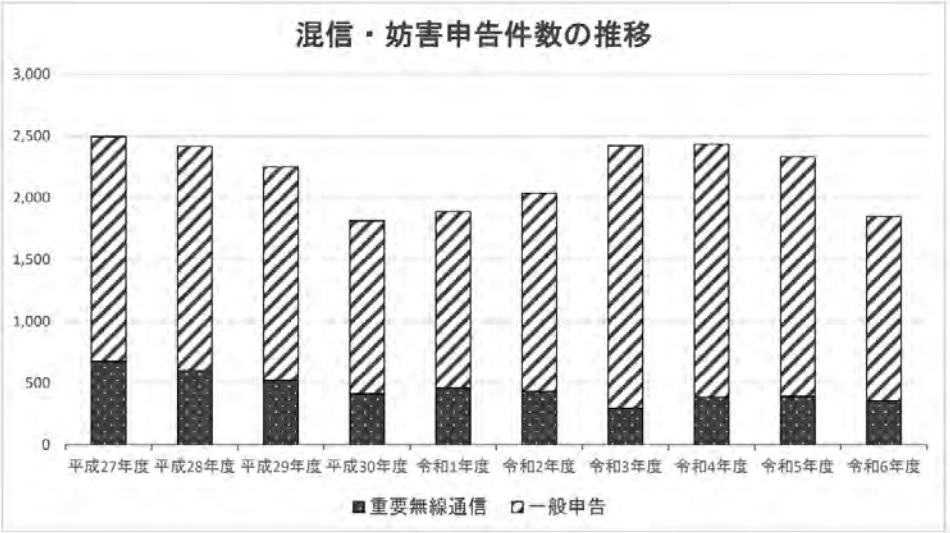
このような電波の特性と社会的な重要性を踏まえ、総務省では、図表　1－1のとおり、混信・妨害や電波障害のない良好な電波の利用環境整備を目的として、電波監視を実施している。電波監視は、免許を受けていない無線局や基準に適合しない無線設備の使用による不法無線局の摘発、混信・妨害の早期発見と対応、災害時の非常通信の確保、さらには国際的な電波干渉への対応など、多岐にわたる目的を持つ。

特に重要な無線通信に対しては、24 時間体制で申告を受け付け、迅速に対応できる体制を整備している。この体制により、混信の除去に向けた迅速な対応が可能となっている。

図表　1－1：電波監視の概要

### １．２．　電波監視業務の概要

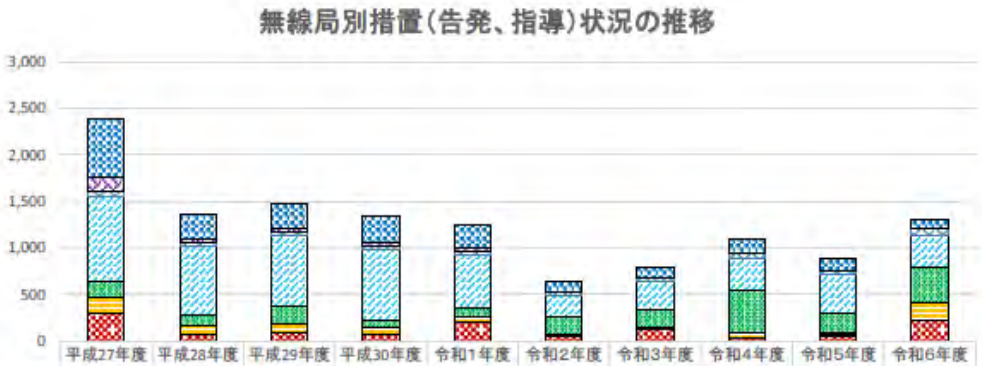
総務省が実施している電波監視業務は、電波利用の秩序を維持し、適正な電波環境を確保するための重要な活動である。無線局に対する混信・妨害に関する申告件数は、図表　1－2のとおり、年間 2,000 件程度の推移となっている。重要無線通信に対する混信・妨害では、航空・海上関係が多くを占めるほか、電気通信、放送、鉄道、防災行政無線、インフラ管理（道路・河川）等が続く。




| | 平成27年度 | 平成28年度 | 平成29年度 | 平成30年度 | 令和1年度 | 令和2年度 | 令和3年度 | 令和4年度 | 令和5年度 | 令和6年度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 重要無線通信 | 676 | 603 | 522 | 412 | 461 | 429 | 298 | 385 | 391 | 355 |
| 一般申告 | 1,821 | 1,811 | 1,727 | 1,401 | 1,425 | 1,610 | 2,121 | 2,047 | 1,940 | 1,492 |
| 申告件数合計 | 2,497 | 2,414 | 2,249 | 1,813 | 1,886 | 2,039 | 2,419 | 2,432 | 2,331 | 1,847 |
| 重妨申告割合 | 27.1% | 25.0% | 23.2% | 22.7% | 24.4% | 21.0% | 12.3% | 15.8% | 16.8% | 19.2% |

図表　1－2：混信・妨害申告件数の推移

これらの申告等をもとに電波監視業務を実施し、特に悪質な事例と判断され、告発、指導を行った件数は図表　1－3のとおりであり、令和２年度までは人口減少や外出抑制を背景とする減少傾向であったが、国民生活行動や電波利用環境の変化により、近年、増加傾向となっている。不法アマチュア局、外国規格トランシーバー（FRS/GMRS）、不法簡易無線等が多くを占める状況となっている。




| | 平成27年度 | 平成28年度 | 平成29年度 | 平成30年度 | 令和1年度 | 令和2年度 | 令和3年度 | 令和4年度 | 令和5年度 | 令和6年度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 不法アマチュア局 | 631 | 269 | 257 | 291 | 254 | 109 | 127 | 148 | 116 | 106 |
| 不法パーソナル無線 | 148 | 28 | 33 | 25 | 22 | 10 | 0 | 2 | 2 | 1 |
| 不法市民ラジオ | 52 | 52 | 50 | 46 | 50 | 42 | 39 | 63 | 51 | 72 |
| 不法特定船舶局 | 917 | 732 | 760 | 753 | 560 | 214 | 299 | 331 | 411 | 344 |
| 不法簡易無線 | 171 | 120 | 181 | 82 | 109 | 190 | 190 | 467 | 200 | 375 |
| FRS/GMRS | 165 | 82 | 98 | 71 | 51 | 28 | 7 | 50 | 34 | 192 |
| 違反その他 | 0 | 4 | 0 | 2 | 5 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| その他 | 302 | 77 | 89 | 74 | 200 | 48 | 139 | 38 | 64 | 221 |
| 総計 | 2,386 | 1,364 | 1,468 | 1,344 | 1,251 | 643 | 801 | 1,098 | 880 | 1,315 |

図表　1－3：無線局別措置状況の推移

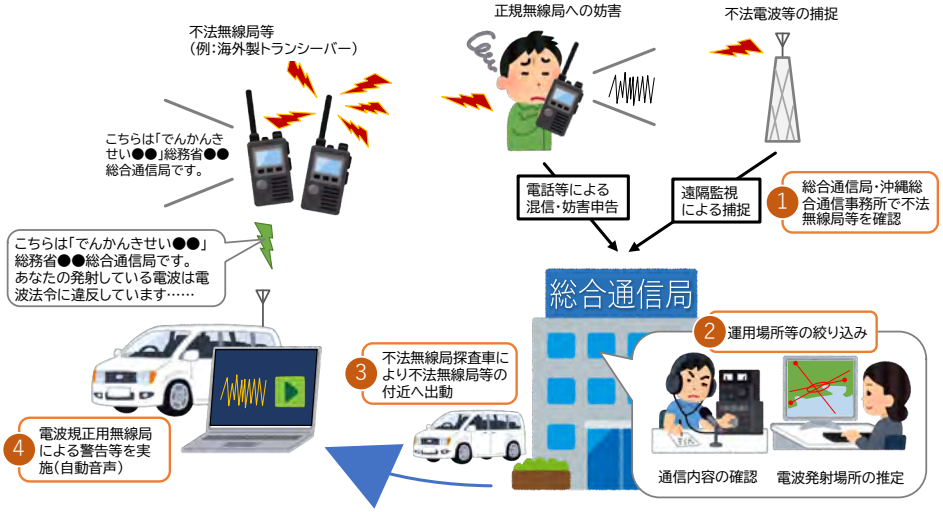
図表　1－4のとおり、電波監視業務は主に電波の監査、電波の調査、不法無線局の探査という三つの基幹的業務から構成されている。これらの活動は、電波が適切に利用されているかを確認し、不適切な使用を未然に防ぐことを目的としている。

図表　1－4：電波監視業務とは

本項では、これらの基幹的業務について詳細に説明する。

## １．２．１．　電波の監査

総務省では、電波の利用秩序の維持に資するため、電波法に基づき免許を受けた無線局が免許状の指定事項の範囲で電波の発射を行っているか、また、法令を遵守した無線局の運用がされているかを確認する監査業務を行っている。監査の結果、電波法令に違反している無線局と認めた場合は、必要に応じ、電波規正用無線局を用いて、当該無線局に対し電波の規正に関する通報を送信して是正を促している。電波規正用無線局の運用は、図表　1－5に示す。なお、後述の「不法無線局の探査」業務で確認した不法に開設されたと思われる無線局に対しても電波の規正を行うことがある。



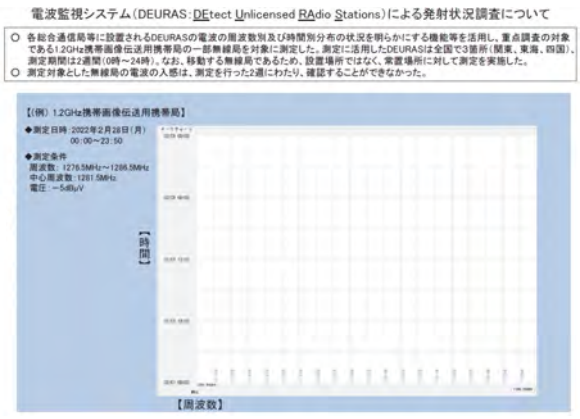

図表　1－5：電波規正用無線局の運用

## １．２．２．　電波の調査

総務省では電波の利用秩序の維持に資するため、定常的な電波の強度や方位等を調査し、無線設備等が発射する電波が法令に適合しているか否かの確認を行っている。令和６年度は、地上デジタルテレビジョン放送及びFM放送で使用する周波数帯における潜在電界調査等の電波の調査業務を行い、全国で276回の調査を行った。また、電波の利用状況の調査等に関する省令に基づく発射状況調査については必要に応じ調査結果を公表している。調査結果の一例を図表　1－6に示す。こうした取組を通じて、電波の有効利用に資する政策を進めている。

＜調査設備の一例＞

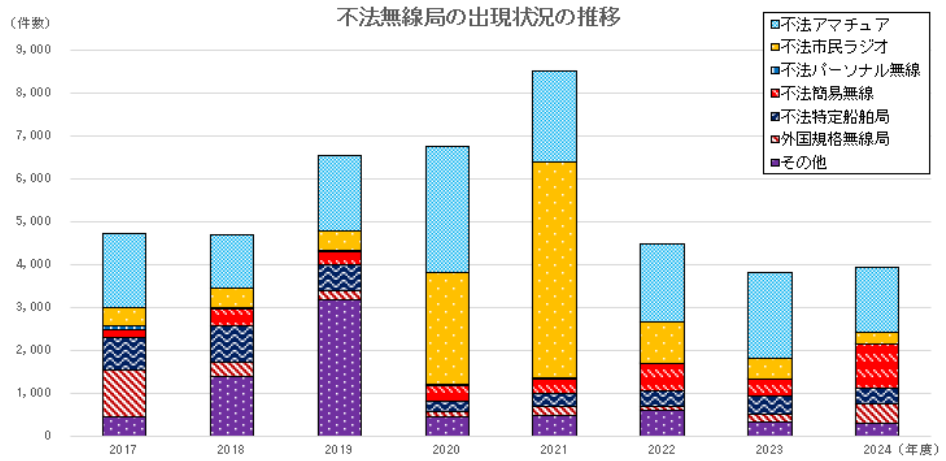
＜調査結果の一例＞




図表　1－6：電波の発射状況調査

## １．２．３．　不法無線局の探査

混信の申告等を受け、免許を受けないで不法に開設されたと思われる無線局が混信の原因と考えられる際は、電波を捕捉又は視認等の方法で探知し、不法無線局の所在を確認している。令和６年度に電波を捕捉又は探知した不法無線局は 3,926 局である。最近の不法無線局の出現状況の推移を図表　１－７に示す。




図表　１－７：不法無線局の出現状況の推移

総務省には概ね年間 2,000 件程度の混信の申告が寄せられるが、その多くは混信を意図したものではなく、使用者の不注意等により発生しているものが多い。

図表　１－８に総務省による電波監視で確認された混信のうち、重要無線通信妨害となって大きな影響を与えた事例を紹介する。

図表　１－８：重要無線通信への妨害及び対処の実例

まずは、放送中継用無線局への混信事例である。テレビ局スタッフが屋外で取材をする際に、テレビ局本局と連絡を取り合う無線に混信が発生していると申告を受け、遠隔方位測定設備 （DEURAS-D）の固定監視を実施し、大まかな場所を絞り込んだ後、発射源があると推定した場所付近に移動監視に出動。その結果、付近の工事現場で使われていた外国規格トランシーバーが電波の発射源と断定したものである。

続いて、ワイヤレスヘッドホンの電波が携帯電話の基地局に混信を与えた事例である。一般的にワイヤレスヘッドホンは小電力データ通信システムを使うものが多く、携帯電話の周波数とは別の帯域を使っているが、この事案のヘッドホンは独自の規格で 900MHz 帯の周波数を使用していた。900MHz 帯は携帯電話で広く使われており、当該ヘッドホンと同一の周波数帯を使用する携帯電話事業者の携帯電話が繋がりづらくなったというもの。日本でこのような無線機器を使用する場合は、技適マークが必要となるが、技適マークはなかった。この事例についても、携帯電話事業者から申告を受け、移動監視を行い、ヘッドホンの場所を特定したものである。

最後は、ワイヤレスカメラから航空機の衛星航法システム（GPS 等の測位衛星からの航法信号を利用するシステム）用受信機への混信事例である。衛星航法システムに混信が発生し、使用不能となったため、航空機の離発着に影響が生じたというもので、原因は数キロメートル離れた工事現場のクレーンの先端に設置された外国規格のワイヤレスカメラであった。当該カメラは、電波法に定められている技術基準に適合しない無線設備であり、本事例は、カメラの送信機から発射された電波に依るものであった。この事例についても、国土交通省から申告を受けて移動監視を行い、原因を特定したものである。

次項で、不法無線局探査の取組、宇宙電波監視の取組、不法無線局や混信の未然防止の取組について詳細に紹介する。

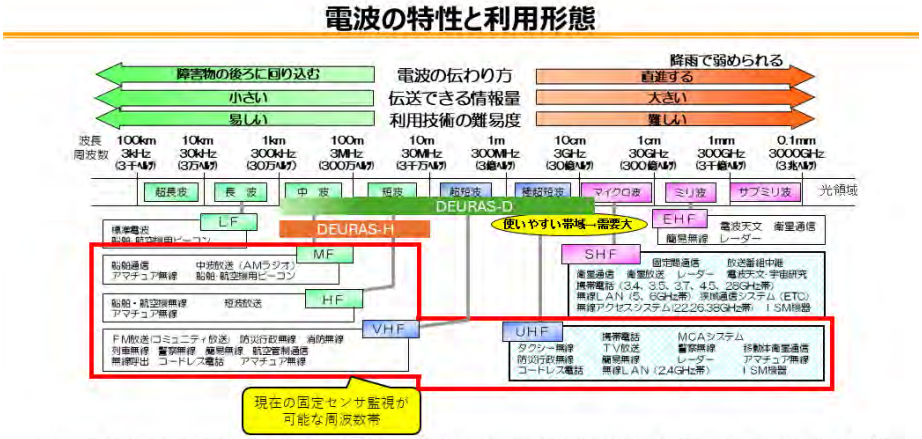
### １．２．４． 不法無線局探査の取組

電波監視業務のうち、不法無線局の探査は電波利用の秩序を維持するための重要な業務である。図表 １－１のとおり、妨害が発生した際には、電波を利用している免許人等から総務省に申告が行われる。重要な無線通信への妨害については、24 時間体制で申告を受け付け、迅速に対応する体制が整備されている。

固定監視は、全国各地に設置された固定センサを活用し、電波の到来方向を確認する仕組みである。複数の固定センサからのデータを基に、発射源の位置を交差点として推定することができる。推定された大まかな位置に対して、現地に赴き可搬型の測定器を用いてさらに詳細な位置の特定を行う移動監視を実施し、発射の停止命令を行うことで、混信・妨害の除去を図っている。

また、近年では、電波利用環境の変化が著しく従来の通信技術と比較してより高い周波数帯域を利用するため、通信速度の飛躍的な向上が可能となり、低遅延で大容量のデータ通信を実現できる。特に、5G ではミリ波帯と呼ばれる極めて高い周波数帯の利用が進んでおり、ミリ波帯はその特性上、伝搬距離が短く、障害物に弱いため、従来の監視技術では対応が難しい。このため、移動監視体制の強化が必要であり、特に都市部における高密度な電波利用環境に対応するための体制整備が求められている。

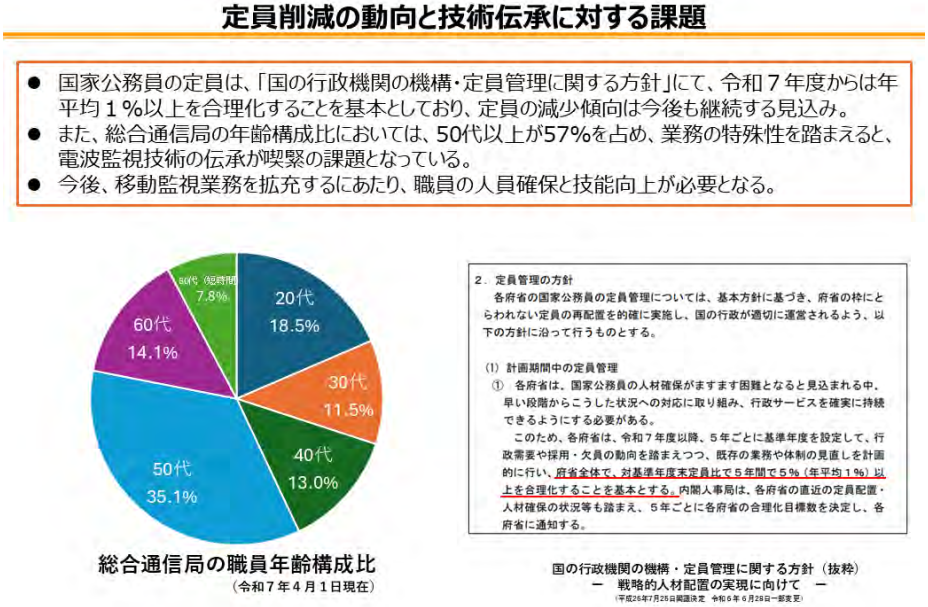
さらに、図表 １－９においては、電子機器の普及に伴い電波利用環境がさらに複雑化していることが示されている。スマートフォンやウェアラブルデバイス、IoT 機器が増加する中、それらが発する電波が他の無線通信に干渉するリスクが高まっている。これは特に都市部において顕著であり、無線局の密集地では、電波干渉が通信の品質に重大な影響を与える懸念がある。




- 遠隔で電波監視が可能なDEURASの固定センサが対応している周波数は従前、警察、消防、航空、海上無線等を含むHF帯やVHF帯といった周波数を主な対象としてきた。
- デジタル社会となり、あらゆる分野での情報量が増大し、無線通信においても広帯域通信の需要が増大。それを支える技術の進展もあり、高い周波数帯域への利用が拡大している。
- さらに、ワイヤレス機器の普及により、多くの免許不要局（無線LAN、特定小電力無線局、発射する電波が著しく微弱な無線局等）が開設され、様々な電波利用が拡大。

図表　１－９：電波の特性と利用形態

一方で、総務省の電波監視業務に従事する人員の確保が課題となっている。図表１－１０のとおり、国家公務員の定員合理化が大きな流れとなっており、今後も定員の減少傾向が継続する見込みである。また、職員の年齢構成比は 50 歳以上の割合が半数を超えていることも踏まえると、長年蓄積されてきた電波監視の経験やノウハウが今後 10 数年で急速に失われてしまう懸念があり、電波監視技術の伝承は非常に重要かつ喫緊の課題である。さらに、今後、移動監視業務を拡充していくにあたっても、電波監視業務に従事する人員の確保と技術向上が課題である。




図表　１－１０：国家公務員の定員削減

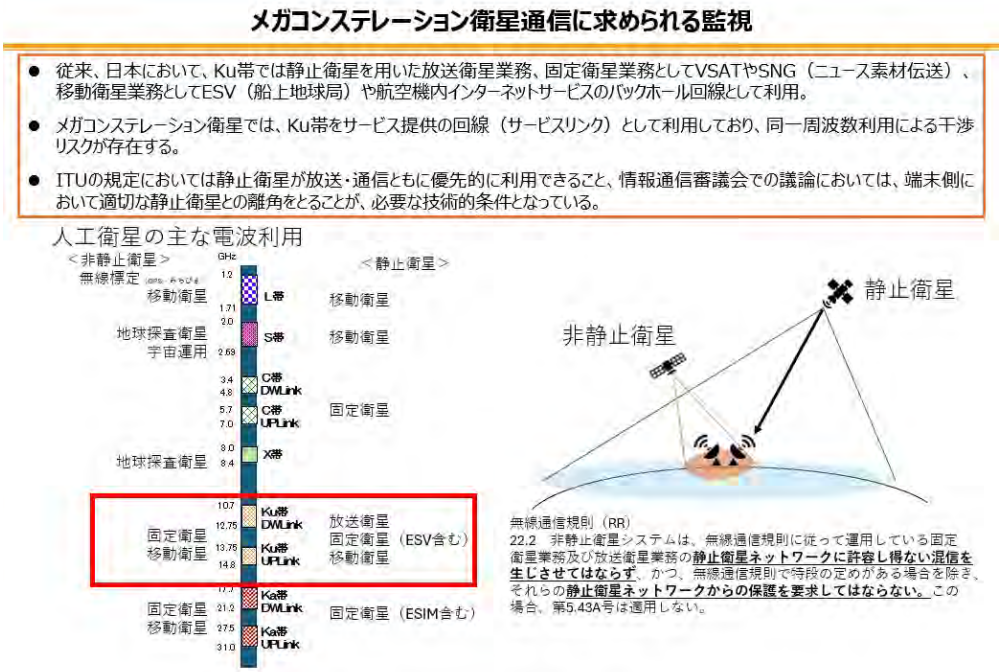
## １．２．５．　宇宙電波監視の取組

本項では、総務省における宇宙電波監視の取組について詳細に説明する。

総務省では、図表　１−１１のとおり、神奈川県三浦市に三浦電波監視センターを構え、宇宙電波監視施設として静止衛星向け電波監視設備及び非静止衛星向け電波監視設備を整備し、人工衛星から発射される電波や衛星の軌道について、各種監視業務を行っている。

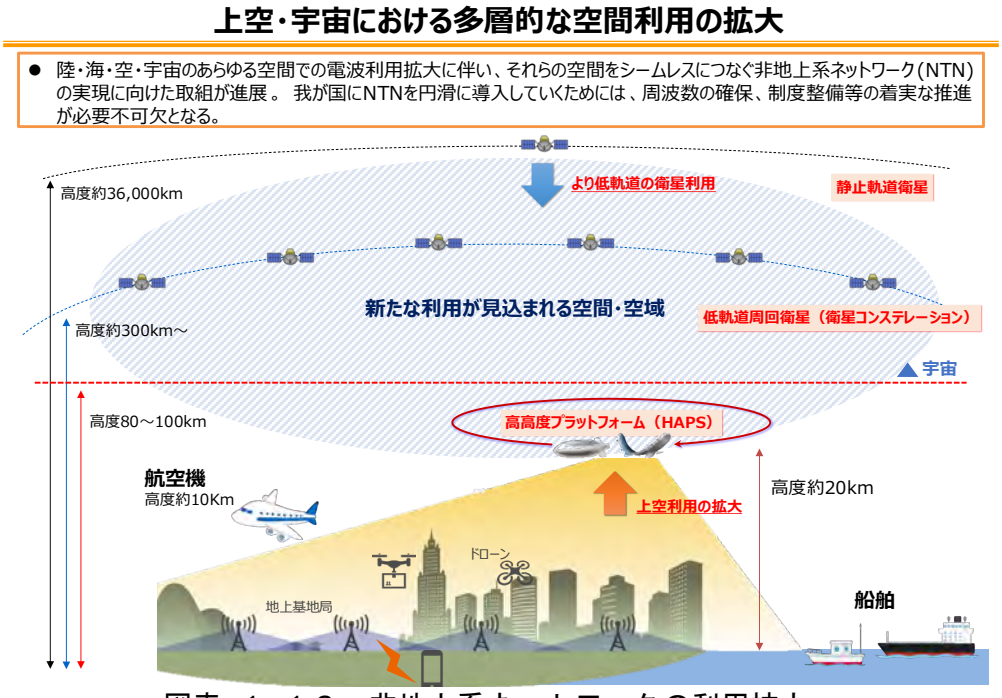
図表　１−１１：宇宙電波監視施設の概要

宇宙空間における電波利用のうち、人工衛星が発射する電波においては図表　１−１２のように、広い周波数帯域にわたり様々な電波利用が行われており、国民生活に密接に関わっている。その中でも、特に衛星測位サービス（GNSS）や放送・通信衛星において利用されており、地上だけではなく、航空・海上への重要な情報伝達手段となっている。




図表　１−１２：人工衛星が発射する電波

また、図表　１−１３のとおり、非地上系ネットワーク（以下、「NTN」という。）の利用拡大として、低・中・高の各層での空間利用が拡大している。これにより、従来の地上系通信だけでなく、非静止衛星を用いた衛星通信等、新たな利用形態が広がっているほか、高高度プラットフォーム（以下、「HAPS」という。）の実用化に向けた取組が進められている。 これらの技術革新は、特に離島や山間部等の広域エリアにおけるブロードバンドネットワークの提供を可能にしている。




図表　１−１３：非地上系ネットワークの利用拡大

図表　1－１４のとおり、欧米の事業者を中心に、多数の非静止衛星を一体的に運用する衛星コンステレーションが進展しており、高速大容量の衛星通信サービスが提供されている。

## 主な非静止衛星コンステレーションの動向

- 多数の非静止衛星を一体的に運用する「衛星コンステレーション」の構築・運用が欧米事業者を中心に進展し、高速大容量の衛星通信サービスがグローバルに提供。日本の事業者はこれらの事業者との業務提携し、国内でサービスを展開。
- 衛星コンステレーションの実現によってブロードバンドサービスとしての衛星通信の利用が進み、離島・海上・山間部等における通信手段のほか、携帯電話基地局のバックホールとしても活用。
- また、専用のアンテナ・端末を必要とする従来の利用形態に加えて、スマートフォン等から衛星通信の利用を可能するサービスも計画。

| | Globalstar - Globalstar - | SpaceX - Starlink - | | Eutelsat OneWeb - Eutelsat OneWeb - | Amazon - Project Kuiper - | AST SpaceMobile - SpaceMobile - |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 衛星総数 | 24基 | 4,408基［第1世代］（計画）<br>7,500基［第2世代］（計画） | | 648基［第1世代］ | 3,232基（計画） | 248基（計画） |
| 軌道高度 | 約1,400km | 約340km、525km、550km等 | | 約1,200km | 約600km | 約700km |
| 主なサービス（予定を含む） | ・衛星携帯電話<br>・IoT | ・高速データ通信<br>・携帯基地局のバックホール回線 | ・スマートフォン等との直接通信 | ・高速データ通信 | ・高速データ通信 | ・スマートフォン等との直接通信 |
| 日本でのサービス開始時期 | 2017年10月開始 | 2022年10月開始 | 2025年4月開始 | 2024年12月開始（一部ユーザ向け） | 未定 | 2026年（予定） |
| 利用イメージ | | | | | | |
| 通信速度（下り公称値） | ~256kbps | ~220Mbps | （未定） | ~195Mbps | ~1Gbps | （未定） |
| 備考 | 緊急メッセージ通信用としてiPhoneで利用 | KDDI等と連携 | KDDIと連携 | ソフトバンクと連携 | NTT等と連携 | 楽天モバイルが出資 |

（出典）各社の資料をもとに総務省作成

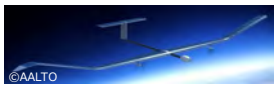
図表　1－１４：主な衛星コンステレーション

併せて、図表　1－１５のとおり高度約 20km 程度に滞在する HAPS を用いた通信も今後サービス開始が予定されており、令和８年度以降、災害地域や島嶼部のスポット的なカバーから始まり、全国で高速大容量のサービスを展開する計画が進行中である。

## HAPS（High-Altitude Platform Station, 高高度プラットフォーム）の動向

- NTTドコモ及びソフトバンク（旧 HAPSモバイル）が、携帯電話基地局としてのHAPSの利用に向け、無線設備や機体の技術開発、将来の更なる高度化に向けた研究開発等を推進。
- 2026年にサービスを開始する予定（NTTドコモとSpace Compassは商用サービスを、ソフトバンクはプレ商用サービスを開始する意向を示している）。まずは島嶼部等をスポット的にカバーするサービスや災害時での活用を想定しており 、将来的には高速・大容量サービスの全国での提供及び海外展開を予定。
- 総務省においては、HAPSの早期実用化に向けて、令和８年４月に制度整備を実施。

**HAPSの開発事例**

| | Space Compass（NTTドコモと共同で実証） | ソフトバンク（旧 HAPSモバイル） |
|---|---|---|
| 機体名称 | Zephyr 8 (英AALTO社製) | SCEYE HAPS (米Sceye社製) |
| 大きさ等 | 翼長25m、重量75kg未満 | 全長65m |
| 運用高度 | 20km程度 | 20km程度 |
| 成層圏での滞空実績 | 約67日（2025年２～４月） | 約29時間（2024年８月） |
| 滞空目標 | 100日以上 | 数か月から数年程度 |
| 外観（イメージ） |  | |
| 備考 | NTT（50%）とスカパーJSAT（50%）の合弁により2022年に設立 | 2023年10月にソフトバンクがHAPSモバイル（2017年設立）を吸収合併<br>固定翼型の機体（Sunglider）についても引き続き開発を実施 |

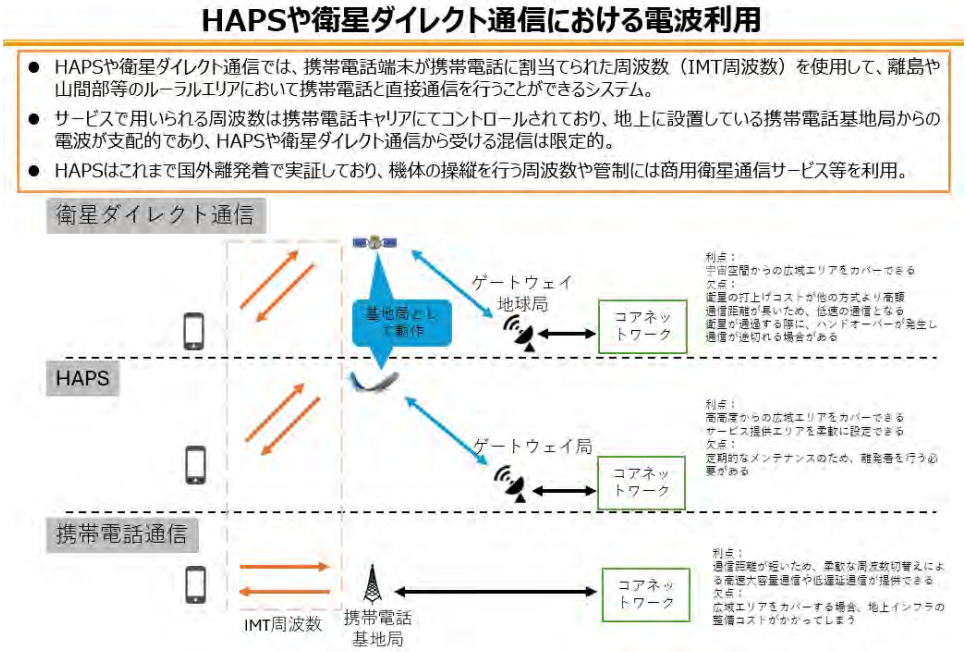
**サービス展開のイメージ**

（参考）Sunglider 外観

（出典）各社の資料をもとに総務省作成

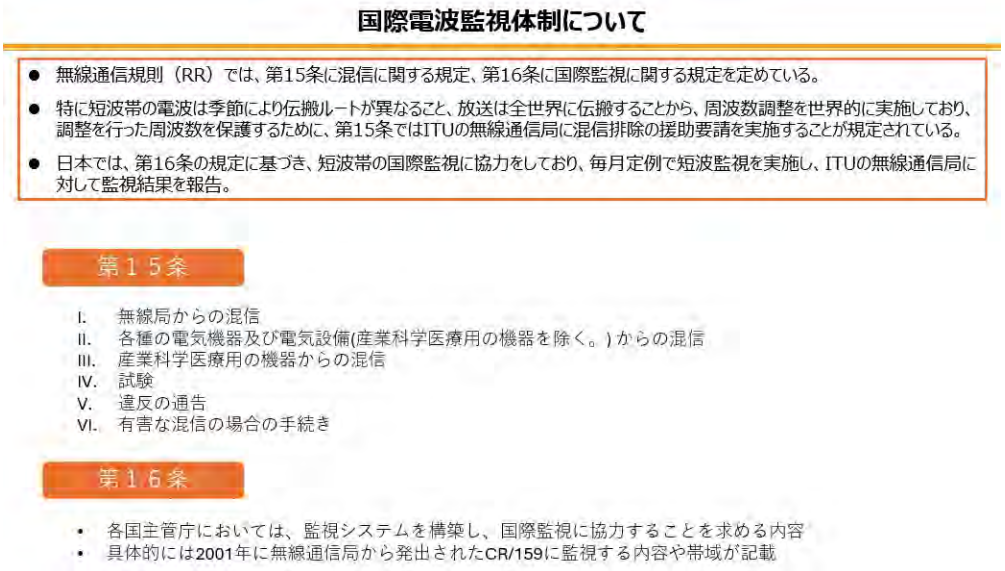
図表　1－１５：HAPS の動向

さらに、図表　1－１６のとおり、衛星ダイレクト通信サービスは、スマートフォンに特別な改造を施すことなく、直接衛星と通信が可能となるため、中山間地域といったルーラルエリアに対して利便性が高いとされている。




図表　1－１６：衛星ダイレクト通信についての詳細

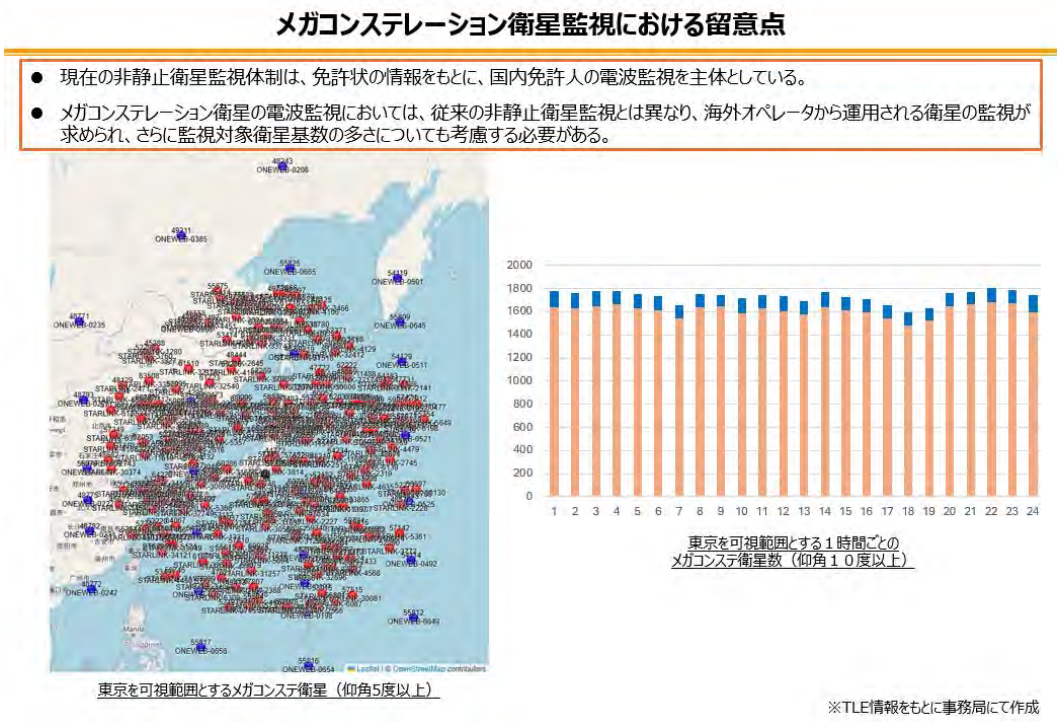
国際的な取組に関しては、図表　1－１７のとおり、国際電気通信連合（以下、「ITU」という。）の無線通信規則（以下、「RR」という。）に基づく国際監視体制が整備されている。特に、短波放送に関する電波監視ネットワークが全世界的に構築されており、これに基づく電波監視結果が毎月 ITU に報告されている。このように、国際的な協力を通じて、電波の適正利用が促進されている。




図表　1－１７：国際電波監視体制について

さらに、図表　1－１８のとおり、衛星コンステレーションにおいては、これまでの監視体制と異なり、海外の衛星オペレーター向けへの電波監視が必要となること、そして、衛星の基数が従来と大きく異なることを考慮した電波監視が求められている。これにより、より複雑な周波数共用環境が形成されており、その電波監理が重要となっている。

以上のように、NTN 時代における電波監視は、多層的な空間利用の拡大に伴い、従来の監視体制とは異なる新たな課題に直面している状況である。

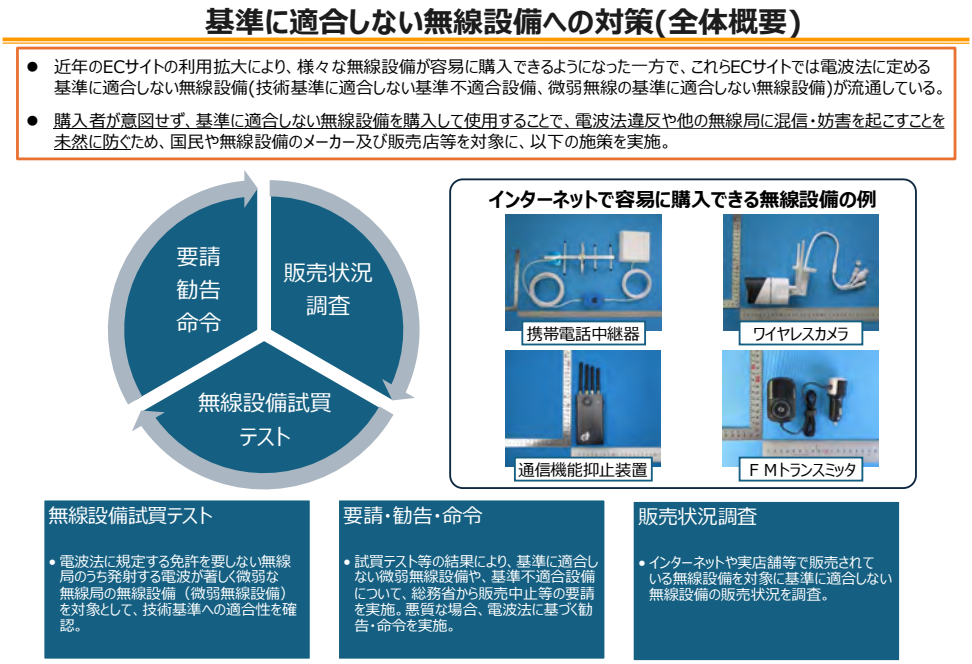



図表　1－１８：衛星監視における留意点

## １．２．６．　不法無線局や混信の未然防止の取組

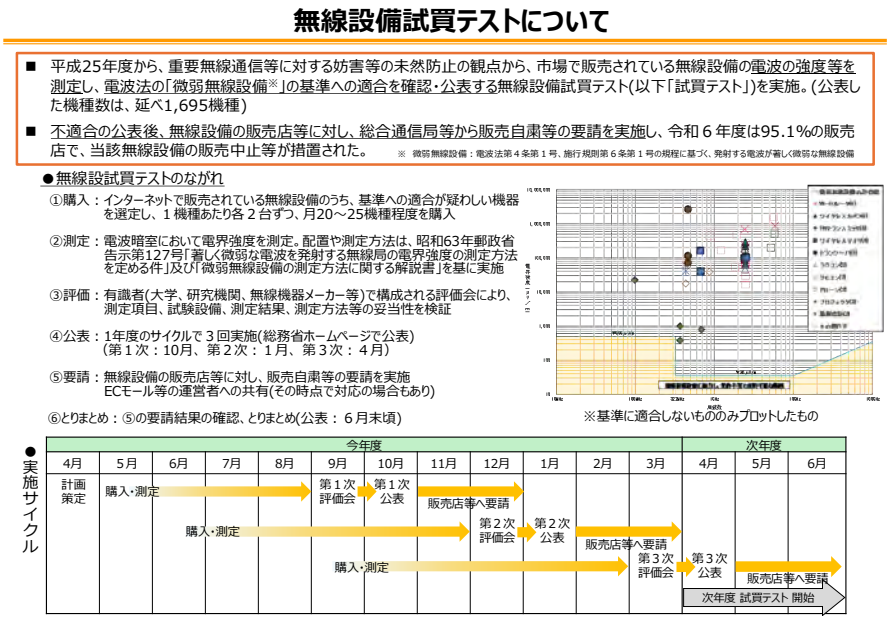
本項では、電波法の基準に適合しない無線機器への対応策について、具体的な取組とその成果、そして課題について詳述する。

まず、基準に適合しない無線機器の流通を防ぐために、図表　１－１９のとおり、総務省では様々な未然防止の取組を実施している。



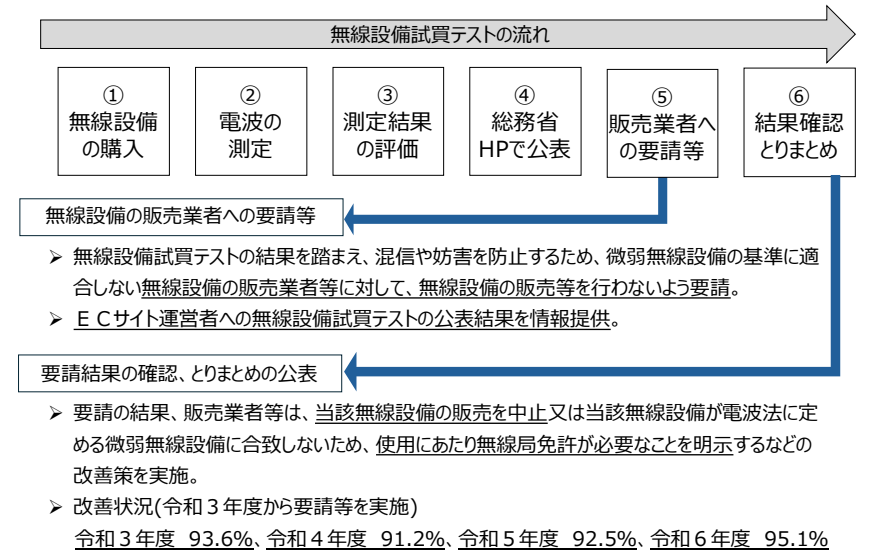

図表　１－１９：基準に適合しない無線機器の未然防止

取組の一つである無線設備試買テストについては、平成 25 年度から実施されており、電波法に規定する免許を要しない無線局のうち発射する電波が著しく微弱な無線局の無線設備（以下「微弱無線設備」という。）を対象として、技適マークの表示が外観上確認できない製品を中心に購入して測定し、微弱無線設備の技術基準に適合しないものについて公表している。図表　１－２０のとおり、令和６年度までに公表された機種数は 1,695 機種となっており、令和６年度には 95.1%の販売業者が改善措置を実施したことが確認されている。




図表　１－２０：無線設備試買テストの概要

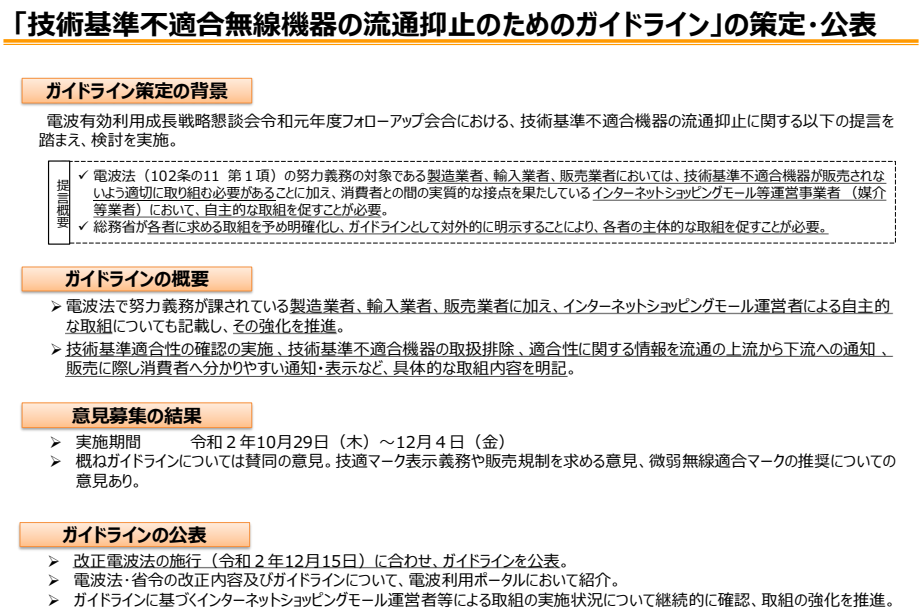
次に、図表　１－２１のとおり、総務省からの要請等勧告及び命令についても重要な取組となっている。電波法の技術基準に適合しない無線設備を販売している事業者に対しては、販売をしないよう要請を行うが、他の無線局に重大な悪影響を与えるおそれがあると認められる際には、その事態を除去するよう、事業者に対し勧告を行う等の対応を実施できる。一方で、多くは要請の段階において、販売が中止されるため、一定の改善が進んでいる。




図表　１－２１：販売業者への要請等

さらに、電波法第 102 条の 11 第１項では、無線設備の製造業者、輸入業者、販売業者は、基準に適合しない無線設備が販売されないよう適切に取り組むよう努めなければならないと努力義務が課されており、図表　１－２２のとおり、総務省では、各者に

求める取組を明確化するために、「技術基準不適合無線機器の流通抑止のためのガイドライン」を策定・公表している。



**「技術基準不適合無線機器の流通抑止のためのガイドライン」の策定・公表**

**ガイドライン策定の背景**

電波有効利用成長戦略懇談会令和元年度フォローアップ会合における、技術基準不適合機器の流通抑止に関する以下の提言を踏まえ、検討を実施。

提言概要
- ✓ 電波法（102条の11 第１項）の努力義務の対象である製造業者、輸入業者、販売業者においては、技術基準不適合機器が販売されないよう適切に取り組む必要があることに加え、消費者との間の実質的な接点を果たしているインターネットショッピングモール等運営事業者（媒介等業者）において、自主的な取組を促すことが必要。
- ✓ 総務省が各者に求める取組を予め明確化し、ガイドラインとして対外的に明示することにより、各者の主体的な取組を促すことが必要。

**ガイドラインの概要**

- 電波法で努力義務が課されている製造業者、輸入業者、販売業者に加え、インターネットショッピングモール運営者による自主的な取組についても記載し、その強化を推進。
- 技術基準適合性の確認の実施、技術基準不適合機器の取扱排除、適合性に関する情報を流通の上流から下流への通知、販売に際し消費者へ分かりやすい通知・表示など、具体的な取組内容を明記。

**意見募集の結果**

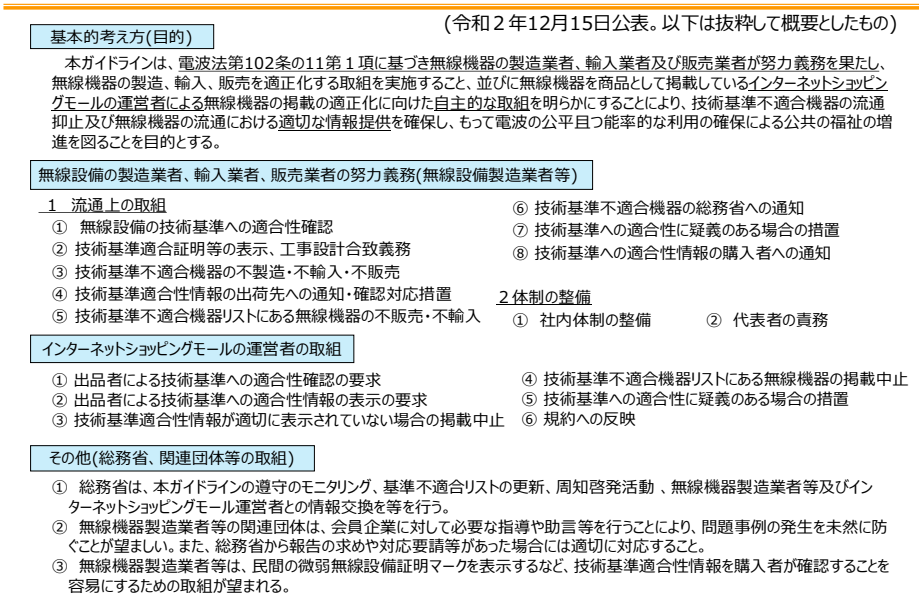
- 実施期間　　令和２年10月29日（木）～12月４日（金）
- 概ねガイドラインについては賛同の意見。技適マーク表示義務や販売規制を求める意見、微弱無線適合マークの推奨についての意見あり。

**ガイドラインの公表**

- 改正電波法の施行（令和２年12月15日）に合わせ、ガイドラインを公表。
- 電波法・省令の改正内容及びガイドラインについて、電波利用ポータルにおいて紹介。
- ガイドラインに基づくインターネットショッピングモール運営者等による取組の実施状況について継続的に確認、取組の強化を推進。

図表　１－２２：ガイドライン策定・公表の経緯

図表　１－２３のとおり、ガイドラインの中で、製造業者、輸入業者、販売業者においては、技術基準適合性の確認の実施、適合性情報の表示、技術基準不適合機器（基準に適合しない無線機器を含む。以下同じ。）取扱いの排除、消費者への分かりやすい通知・表示等、具体的な取組内容を明記している。また、EC モール等においては、出品者による技術基準への適合性情報の表示の要求、適合性情報が適切に表示されていない場合の掲載中止等の取組内容が含まれている。



**「技術基準不適合無線機器の流通抑止のためのガイドライン」の概要**

（令和２年12月15日公表。以下は抜粋して概要としたもの）

**基本的考え方(目的)**

本ガイドラインは、電波法第102条の11第１項に基づき無線機器の製造業者、輸入業者及び販売業者が努力義務を果たし、無線機器の製造、輸入、販売を適正化する取組を実施すること、並びに無線機器を商品として掲載しているインターネットショッピングモールの運営者による無線機器の掲載の適正化に向けた自主的な取組を明らかにすることにより、技術基準不適合機器の流通抑止及び無線機器の流通における適切な情報提供を確保し、もって電波の公平且つ能率的な利用の確保による公共の福祉の増進を図ることを目的とする。

**無線設備の製造業者、輸入業者、販売業者の努力義務(無線設備製造業者等)**

１　流通上の取組
- ①　無線設備の技術基準への適合性確認
- ②　技術基準適合証明等の表示、工事設計合致義務
- ③　技術基準不適合機器の不製造・不輸入・不販売
- ④　技術基準適合性情報の出荷先への通知・確認対応措置
- ⑤　技術基準不適合機器リストにある無線機器の不販売・不輸入
- ⑥　技術基準不適合機器の総務省への通知
- ⑦　技術基準への適合性に疑義のある場合の措置
- ⑧　技術基準への適合性情報の購入者への通知

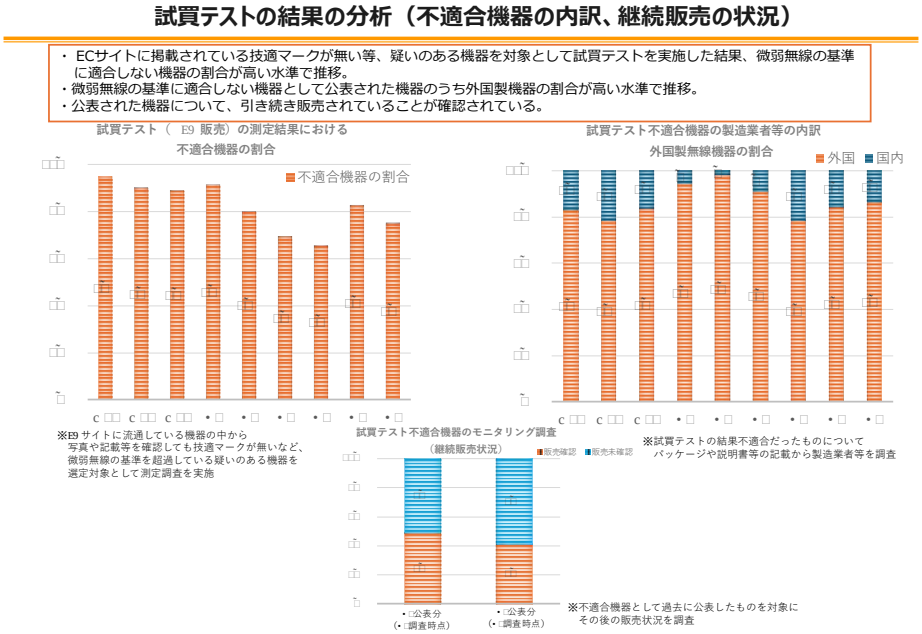
２体制の整備
- ①　社内体制の整備
- ②　代表者の責務

**インターネットショッピングモールの運営者の取組**
- ①　出品者による技術基準への適合性確認の要求
- ②　出品者による技術基準への適合性情報の表示の要求
- ③　技術基準適合性情報が適切に表示されていない場合の掲載中止
- ④　技術基準不適合機器リストにある無線機器の掲載中止
- ⑤　技術基準への適合性に疑義のある場合の措置
- ⑥　規約への反映

**その他(総務省、関連団体等の取組)**
- ①　総務省は、本ガイドラインの遵守のモニタリング、基準不適合リストの更新、周知啓発活動、無線機器製造業者等及びインターネットショッピングモール運営者との情報交換を等を行う。
- ②　無線機器製造業者等の関連団体は、会員企業に対して必要な指導や助言等を行うことにより、問題事例の発生を未然に防ぐことが望ましい。また、総務省から報告の求めや対応要請等があった場合には適切に対応すること。
- ③　無線機器製造業者等は、民間の微弱無線設備証明マークを表示するなど、技術基準適合性情報を購入者が確認することを容易にするための取組が望まれる。

図表　１－２３：ガイドラインの概要

以上のように、総務省では基準に適合しない無線設備による混信の未然防止に向けた取組について様々な事業を実施しているものの、図表 １－２４に示すとおり、無線設備試買テストにおいては、過去に基準に適合しない無線設備として公表されたものが、別の販売業者によって再び市場に流通しているケースが確認されている。令和３年度の試買テストで公表された無線設備では、107 機種中 44 機種が再び販売されていたことが確認されている。さらに、外国製無線機器への対応の困難さも挙げられる。多くの微弱無線設備が、外国の製造業者によって製造されており、その追跡や管理が難しい状況にある。令和６年度に公表された無線設備のうち、製造業者が外国または不明な機種が約９割を占めるという状況である。また、令和７年度の外国規格無線機器の取締りにおいて機器の入手先を確認したところ、７割以上が EC モールを通じた購入であった。とりわけ、EC サイトの拡大等により、基準に適合しない無線機器の市場での流通が続いている状況である。



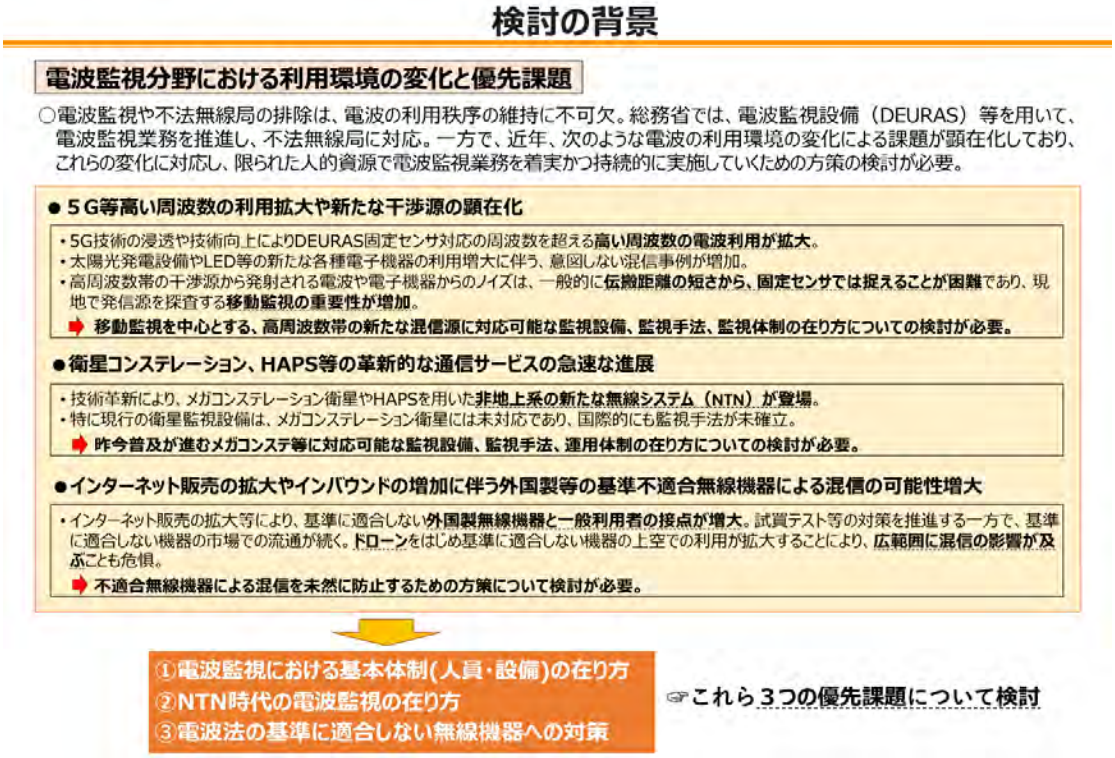

図表 １－２４：不適合機器の内訳・継続販売の状況

また、消費者における認知度向上も課題である。技適マークをはじめとする技術基準適合性に係る制度、無線設備試買テストの結果等について、リーフレットや広報活動を通じて消費者への周知を強化している。

さらに、GPS 抑止装置、携帯電話抑止装置や外国規格のドローン等、重要無線通信に対する妨害の可能性がある無線設備が市場に存在している状況である。

## １．３．検討すべき優先課題

以上の背景を元に、電波監視分野における利用環境の変化と優先課題として検討すべき内容をまとめたものを図表 １−２５に示す。




図表 １−２５：検討の背景

電波監視や不法無線局の排除は、電波の利用秩序の維持に必要不可欠であり、総務省では、電波監視業務として電波監視設備（DEURAS）等を用いて、不法無線局の特定・排除に向けて対応を行っている。

しかしながら、近年、電波利用環境の変化が顕在化しており、これらの変化に対応し、限られた人的資源で電波監視業務を着実かつ持続的に実施していくための方策の検討が必要な状況にある。

まず、5G 技術の浸透や技術向上により DEURAS 固定センサ対応の周波数を超える高い周波数の電波利用が拡大しており、従来の固定センサを中心とした電波監視では移動体通信に対する混信や妨害の特定・排除が困難になってきている。また、太陽光発電設備や LED 等の電子機器の利用増大に伴う、ノイズを由来とした意図しない混信事例が増加し、高周波数帯の妨害源から発射される電波や電子機器からのノイズは伝搬距離の短さから、同様に固定センサではとらえることが困難となっており、5G 等、高い周波数の利用拡大や新たな干渉源の顕在化に対応することが求められる。

次に、急速な技術革新により、メガコンステレーション衛星や HAPS といった NTN が登場する中、現行の衛星監視設備はメガコンステレーション衛星には未対応であり、国際的にも監視手法が未確立という現状である。衛星コンステレーションや HAPS 等の革新的な通信サービスの急速な進展に電波監視も対応することが求められる。

さらに、EC サイトの拡大により、基準に適合しない外国製無線機器と一般利用者の接点が増大しており、総務省では、EC サイトにて販売される無線機器に対して試買テスト等の対策を推進する一方で、基準に適合しない外国製無線機器の市場での流通が

続いている状況である。特に、ドローンをはじめ、基準に適合しない無線機器の上空での利用が拡大することにより、広範囲において混信・妨害の影響が及ぼされることが危惧されており、外国製等の基準に適合しない無線機器に対応することが求められる。

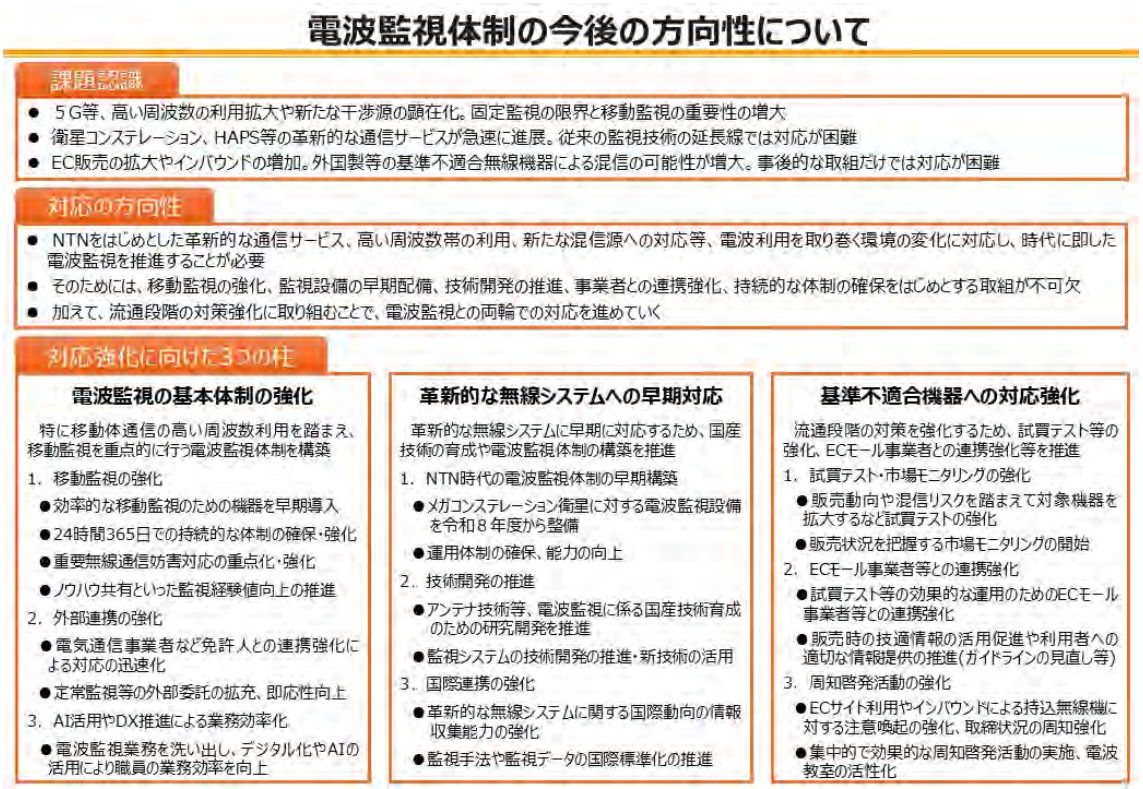
本報告においては、これらを背景として、今後、電波監視が対応を求められる優先課題として検討していくこととする。

## 第２節 電波監視の在り方に対する検討

本節においては、今後の電波監視体制の方向性について検討した結果を示すものである。前節にて整理したとおり、電波利用環境は急速に変化しており、従来の監視技術や体制の延長線上では対応が困難な状況が生じている。これらの状況から課題を整理し、今後の対応の方向性を示すものである。

### ２．１． 課題認識の概要

図表 ２－１に、電波監視体制の今後の方向性について検討した結果を示す。




図表 ２－１： 電波監視の今後の方向性について

課題認識として、まず、5G 等の高い周波数の利用拡大や新たな干渉源の顕在化により、固定監視の限界を超え、移動監視の重要性が増大している。携帯電話等の移動体通信において、より高い周波数帯の利用が進んでおり、これらの電波は伝搬距離が短いという特性を持つため、従来の固定監視設備では対応が困難となっている。

次に、衛星コンステレーションや HAPS 等の革新的な通信サービスが急速に進展している。特にメガコンステレーション衛星は、従来の静止衛星通信とは異なり、多数の衛星が同時に存在し、24 時間常に各方面から電波が届くといった特性を持つ。このような新しい無線システムに対して、従来の監視技術の延長線では対応が困難である。

さらに、EC サイトでの販売の拡大やインバウンドの増加により、外国製等の基準に適合しない無線機器による混信の可能性が増大している。EC サイトでの販売において技適マークの確認が困難な事例が多く、製品が無線設備に該当することや国内使用が禁じられていることを消費者が意識せずに購入している場合も少なくない。このような状況に対して、事後的な取組だけでは対応が困難である。

## ２．２．　対応の方向性

これらの課題認識を踏まえ、図表 ２－１において対応の方向性が示されている。NTNをはじめとした革新的な通信サービス、高い周波数帯の利用、新たな混信源への対応等、電波利用を取り巻く環境の変化に対応し、時代に即した電波監視を推進することが必要である。そのためには、移動監視体制の強化、監視設備の早期配備、技術開発の推進、事業者との連携強化、持続的な体制の確保をはじめとする取組が不可欠である。加えて、流通段階の対策強化に取り組むことで、電波監視との両輪での対応を進めていく必要がある。

具体的な電波監視体制の今後の方向性として、図表 ２－１下部に示されるとおり、三つの柱を軸とした対応強化の方向性を設定した。

第一の柱は「電波監視の基本体制の強化」であり、特に移動体通信における高い周波数利用を踏まえ、移動監視を重点的に行う電波監視体制を構築することである。

第二の柱は「革新的な無線システムへの早期対応」であり、革新的な無線システムに早期に対応するため、国産技術の育成や電波監視体制の構築を推進することである。

第三の柱は「基準不適合機器への対応強化」であり、流通段階の対策を強化するため、試買テスト等の強化、EC モール事業者との連携強化等を推進することである。

## ２．３．　電波監視の基本体制の強化

### ２．３．１．　移動監視体制の強化

#### ２．３．１．１．　移動監視体制の現状と課題

総務省における従来の電波監視は、警察・消防無線等都市部で盛んに利用されてきた無線システムに対する妨害をいち早く検知するため、特に人口が密集する地域に優先して配備した固定電波監視施設（DEURAS-D）を用いて、はじめに混信源の大まかな推定を行い、移動監視を行うことで混信源の特定、排除を行ってきた。

警察・消防無線等の無線システムは低い周波数を利用しており、移動監視にあたっても、これら低い周波数をターゲットとするような電波監視用設備を配備・活用してきており、配備から時間が経過し、老朽化が進んでいる状況にある。

また、総合通信局所在地から距離のある地点の混信源探査には、現地到着までに相応の時間を要する場合もある。

さらに、近年、高い周波数の電波利用における混信や電子機器から発生するノイズによる混信においては、混信源の電波の伝搬距離が短く、携帯電話システムの混信においては、稠密に基地局が存在することから、これらの周波数にあっては、固定電波監視施設により電波を識別・推定することが困難となっている。

重要無線通信妨害に対応する人員体制面においても、重要無線通信妨害に関する申告受付は 24 時間 365 日体制ではあるが、夜間・休日に発生した妨害に対応する移動監視人員の確保が非常に困難となっている。さらに、重要無線通信妨害以外の一般申告が多く、その対応に電波監視職員の業務時間の大半を割いている実態がある。

#### ２．３．１．２．　移動監視体制の強化に対する考え方

高い周波数の利用拡大や伝搬距離が短い無線機器からの混信に対応するため、現地に赴き電波監視を実施する移動監視の重要性が増大していることから、より高度化された移動監視機器を導入し、あわせて即応的に移動監視を行える人員を確保するといった電波監視体制の構築が求められる。

移動監視に赴く体制を確保するために、電波監視業務の優先度を見直し、重要度に応じた電波監視を行える電波監視体制の構築が求められる。

また、固定電波監視設備について、移動監視体制の強化にあわせて、配置箇所の最適化を進め、効率的な設備を導入することが求められる。

#### ２．３．１．３．　具体的な取組の方向性

・効率的な移動監視のための機器を早期導入

特に高い周波数や伝搬距離が短い無線機に対応した移動監視を行うために必要な機器を早期導入し、効率的な移動監視を実施する体制を構築することが必要である。具体的には操作性・利便性を向上させた車載型センサ機器や高度化された電波可視化装置等の導入の検討などの取組を推進することが適切である。

移動監視機器の導入にあわせて固定電波監視施設の最適配置を目指し、固定監視・移動監視双方が効率的に連携を行える施設整備を推進することが必要である。

・24 時間 365 日での持続的な体制の確保・強化

交代要員の拡充による重要無線通信妨害申告受付・初動体制を早急に強化することが必要である。

・重要無線通信妨害対策の重点化・強化

電波監視業務における人的リソースの再配分として、業務の棚卸や対応する業務の優先順位を見直し、限られた人的リソースを重要無線通信妨害に対する移動監視に集中できるよう体制を見直すことが必要である。

また、現在実施している、漏洩電波調査事業のように、長期定点観測や巡回車両調査などの定常監視を民間事業者等に外部委託することで、申告を受けた際に即時に現地調査可能な体制の構築を推進することが適切である。

さらに、新たな無線システムなどの導入に伴い周波数割当に追加・変更が生じた場合において、周波数割当に沿った電波利用が行われているか等の適正な使用状況の把握に資する調査を一層強化し、電波の適正利用の確認に取り組むことが必要である。

・ノウハウ共有といった電波監視経験値向上の推進

近年様々な無線機器が普及しており、基準に適合しない無線機器に起因する重要無線通信妨害が多発している。こういった機器は次々に新たなパターンとして混信源として登場することから、発生後ただちに探査手法を確立しなければならない。このため、総務省における電波監視・分析機能をより向上させるといったコンサルティング能力を強化するとともに、混信原因や探査手法をとりまとめ、電波監視職員が同じ知識や経験を有するようにするための取組を推進することが適切である。

## ２．３．２．　電波監視分野における外部連携の強化

### ２．３．２．１．　電波監視分野における外部連携の現状と課題

携帯電話の普及や小電力で利用する無線機の増加といった電波利用環境の変化により複雑化する混信に対応するため、混信源の探査・排除に際しては事業者等免許人との一層の連携が重要である。また、移動監視の重要性が高まる現状において、総務省における電波監視業務に従事する職員の高齢化や定員削減が進行中であり、人的リソースの確保とともに電波監視業務の特殊性・専門性から、蓄積したノウハウや技術の伝承が課題である。

一方、外部調査能力の活用についても、現在、漏洩電波調査の形で実施している民間事業者の活用については、混信源の推定・分析・探査といった総合的な電波監視能力が求められるものの、長期間に及ぶ電波調査等、人材や体制といった業務の受け皿の確保が困難といった課題がある。

### ２．３．２．２．　電波監視分野における外部連携強化に向けた考え方

携帯電話事業者をはじめとする免許人の重要無線通信等が混信を受けた際に、効率的かつ迅速に混信を排除できる体制を構築するとともに、電波監視業務に従事する総務省職員の電波監視技術能力の維持・向上が求められる。

電波監視能力の確保のために、民間の調査技術の積極的な活用を行い、迅速な混信排除体制を構築し、混信申告対応時のみならず、平時においても調査技術を活用し能力の維持・向上に努めることが求められる。

### ２．３．２．３．　具体的な取組の方向性

・電気通信事業者等、免許人との連携強化による対応の迅速化

重要無線通信を行う事業者等免許人と日頃の連絡・情報共有を密にすることで、申告の際に即応し、迅速な混信排除に取り組むことが必要である。

さらに、新たな周波数帯や新たな技術を用いた無線システムでは、より稠密な電波利用となることが想定されるため、電波利用における情報連携を一層深め、官民連携して電波利用環境の維持を目指すための協力体制の構築を推進することが適切である。

・定常監視等の外部委託の拡充、即応性向上

民間の調査技術を積極的に活用するため、現在行っている取組である漏洩電波調査事業について、より事業規模を拡大し、混信が発生した際に迅速に現地に赴き測定を行う体制を確保することが必要である。また、平時においては、巡回測定を行い、混信の未然防止の取組の一環として、基準に適合しない無線機器の探査等を積極的に実施する取組を推進することが適切である。

これら民間の調査技術の活用を行うことで、電波監視に必要な能力を有する組織や人材を育成するとともに、電波監視業務の受け皿を確保することが必要である。

## ２．３．３．　AI 活用と DX 推進

### ２．３．３．１．　AI 活用と DX 推進に関する現状と課題

これまで述べたとおり、今日、様々な無線システムが発展し、無線機器が身近に普及している一方で、電波監視を行うための人材は、その性質から育成に時間を要するため、人員の確保が難しい状況にある。

また、電波監視業務に従事している総務省職員は、主流となっている業務として、アマチュア無線の業務利用や識別信号の不送出といった運用違反等に対して、職員による聴取から規制局を用いた適切な利用呼び掛けといった業務を行っているが、聴取や規制の呼び掛けは手作業での業務となっているため、総務省職員が対応可能な時間や能力が限られ、度重なる違反に対して是正指導や告発に至るための証拠の積み上げに手間と時間を要している実態がある。

### ２．３．３．２．　AI 活用と DX 推進に対する考え方

少ない人員体制で最大限の効果を発揮するような設備や機能の導入を行い、引き続き電波利用環境の保護に務める体制を確保・維持していく必要があるため、AI の活用や DX の推進により電波監視業務の省力化を目指すことが求められる。

### ２．３．３．３．　具体的な取組の方向性

電波監視業務を洗い出し、デジタル化や AI の活用により総務省職員の業務効率を向上する取組を推進することが必要である。

特に、総務省職員が手作業で行っている電波監視業務について、業務効率向上を目指すために、業務の棚卸を行い、単純化できる業務は DX 化を進め電波監視業務の効率化を行うことが必要である。

また、音声認識や自動記録といった運用監査の補助を行うだけでなく、将来的には不法無線局の探査や判定を行えるといった AI の活用を推進することが適切である。

## ２．４．　革新的な無線システムへの早期対応

### ２．４．１．　NTN 時代の電波監視体制の早期構築

#### ２．４．１．１．　NTN 時代の電波監視体制に向けた現状と課題

これまでの電波利用では、陸上・海上・航空利用を主とした地上系無線システムが主な利用場所であり、電波監視においても地上系無線システムによる無線局の探査や監査が主であった。NTN 時代においては宇宙や高高度での電波利用が活発になっていくため、これまでの電波監視とは大きく異なる電波監視設備が必要となる。

例えば、メガコンステレーション衛星群は多数の衛星が同一地点から見え、様々な角度から様々な電波が地表面へ到達する。従来の静止衛星や非静止衛星に対する電波監視体制では対応できず、より高度な電波監視設備が必要となる。さらに、多数の衛星から電波が発射されることから、国際的なルールにより電波利用が優先される静止衛星通信が保護されているか確認するために、間断のない電波監視体制の構築が必要となる。

#### ２．４．１．２．　NTN 時代の電波監視体制に向けた考え方

NTN 時代においては、特に、地上系無線システムと衛星系無線システムが同一周波数によりサービスを提供するといった周波数共用が進んでいる。周波数共用により、同一周波数を利用する他システムに影響を及ぼさないよう各システム間で定められた制限値の範囲内で運用することが重要となる。これら制限された運用を確認するような電波監視体制の確保が求められる。

特に、サービスを開始しているメガコンステレーション衛星に対する電波監視体制の構築は、即時の対応が求められる。

#### ２．４．１．３．　具体的な取組の方向性

・メガコンステレーション衛星に対する電波監視設備の整備（令和８年度から）

運用が開始されている Ku 帯のメガコンステレーション衛星を用いたサービスのうち、衛星通信サービスについて、令和８年度より電波監視設備を整備し、早期に電波監視体制を構築することが必要である。電波監視設備の整備にあたっては、従来の衛星通信に対する電波監視設備とは異なり、メガコンステレーションの特徴を踏まえた設備を広域に導入していくことが必要である。

また、携帯電話と同一周波数を利用した衛星ダイレクト通信については、サービスの形態を分析し、不適切な利用が行われていないかを確認する電波監視を実施するための電波監視設備の整備が必要である。

さらに、今後サービスを開始するとされるメガコンステレーション衛星を用いた Ka 帯衛星通信サービスや HAPS を用いた携帯電話のエリア拡充事業に対して、必要な時期に必要な電波監視設備を整備できるよう準備を行うことが適切である。

・　運用体制の確保、能力の向上

メガコンステレーション衛星の電波監視について、従来の衛星通信とは異なる運用形態であることから、24 時間 365 日即応できる体制を整え、混信が発生した場合には直ちに対象の衛星を探査するといった運用が必要である。

また、HAPS や衛星ダイレクト通信においては、地上系の基地局が整備されていないルーラルエリアが主な利用地域となることが想定される。そのため、サービス提供事

業者と連携し、必要に応じて現地調査を行うといった人員体制を確保することが必要である。あわせて、海外の人工衛星から我が国上空で電波が発射され、サービス対象外にもかかわらず接続されてしまうといった問題が生じる懸念が存在することから、いち早く対象の人工衛星を特定し、国際的な連携を行い、早急な排除を行えるよう体制を確保することが必要である。

さらに、衛星系の電波監視は従来の地上系の電波監視とは大きく異なるため、職員の能力を向上するための取組を推進することが必要である。

### ２．４．２．　技術開発の推進

#### ２．４．２．１．　電波監視における技術開発の現状と課題

電波監視に係る技術については、幅広い周波数に対応する能力、発射源の特定等、通常の無線システムでは用いられない専用の技術が必要となる。

これまでの電波監視分野における設備の調達は、メーカー等で開発を行った機器について、現場での実証等を踏まえ、導入の可否を判断し、調達を実施してきた。一部機器については、総務省からの要望に基づいて開発製造された製品も存在するものの、生産台数が少ないことから導入コストが増大する場合もあった。そのため、我が国のメーカー等事業者が参入することが難しく、国産技術の育成が困難な状況にある。

しかしながら、高度化・複雑化する新たな電波利用に対応するため、行政ニーズとして新たな電波監視技術・設備の導入が求められる一方、電波監視分野は特殊性のある分野であり、電波監視に特化した研究開発は広く行われていないといった課題がある。

#### ２．４．２．２．　電波監視における技術開発の考え方

電波監視の効率化及び技術の高度化を推進するため、大学、メーカー及び研究機関と課題を共有し連携することで、電波監視分野に応用可能な基礎的な技術開発を行える仕組みが求められる。

#### ２．４．２．３．　具体的な取組の方向性

・アンテナ技術等、電波監視に係る国産技術育成のための研究開発を推進

電波監視技術の基礎的技術開発として、新たな検波システムの開発や受信アンテナの高利得化・小型化・広帯域化等、電波監視技術のみならず、電波産業全体の発展に寄与するような技術開発を推進することが必要である。

・電波監視システムの技術開発推進・新技術活用

電波監視設備の機能について、各測定器より得られたデータを統合して解析・分析を行えるような統合分析環境の構築をはじめ、技術や監視設備の効果的な運用技術等、電波監視設備を効率的に利用するための機能開発を推進することが必要である。加えて、今後打ち上げられる見込みの、地表面の電波を測定できる地球探査衛星のデータ活用の検討や、上空から機動的に観測する電波監視ドローンのような新たな監視機器の活用の検討を推進することが適切である。

## ２．４．３．　国際機関との連携強化

### ２．４．３．１．　国際機関との連携強化における現状と課題

電波資源を国際的に管理している国際電気通信連合（ITU）では、電波について、各国において電波監視を実施し、適切な周波数管理、無線局運用を行うよう取組を行っている。

特に国境を越えて電波が到来する短波帯は、無線通信規則(Radio Regulations)に基づき、国際監視局に指定された我が国を含む各主管庁から収集された電波監視結果を公表するといった国際監視体制が整備済みである。

しかしながら、人工衛星が利用する電波利用については、事前の周波数調整に重点を置いており、実際の運用時においては各国間での協議のもと設定された諸元での運用を行っている状況である。人工衛星の電波監視は各国それぞれで実施しており、平時のデータ収集や混信発生時における電波監視協力体制が乏しい状態である。

### ２．４．３．２．　国際機関との連携強化に向けた考え方

メガコンステレーション衛星による衛星通信の構想からサービス開始まで、性急な導入となり監視体制の構築に時間を要したことから、今後登場する革新的な無線システムに対して国際動向調査を継続するといった情報収集活動を行うことが求められる。

国際協調・連携を強化するため、今後、メガコンステレーション衛星に対する電波監視に関心を持つ主管庁との情報交換等を実施し、電波監視協力関係を強化すること、また、国際ルール整備の働きかけとして、ITUにおいて、NTNに対する監視手法の標準化を推進するとともに、通告の対応等、国際ルール整備に向けた働きかけを行うことが求められる。

### ２．４．３．３．　具体的な取組の方向性

・革新的な無線システムに関する国際動向の情報収集能力の強化

革新的な無線システムについて、その動向を調査し、我が国に影響を及ぼすおそれがある場合においては電波監視体制を早期に構築できるよう情報収集能力の維持・向上に向けた取組を推進することが必要である。

・電波監視手法及び電波監視データの国際標準化の推進

現在、国際的に成熟していないメガコンステレーション衛星等の電波監視手法について、各国の動向を把握するとともに、我が国の取組を情報提供し、国際的に標準化された電波監視手法の早期確立に寄与する取組を推進することが適切である。

また、革新的な無線システムにおける外国からの混信に早期に対応できるよう、ITUに対して短波帯と同様の国際電波監視体制の整備に向けた働きかけを行うとともに、通告に使用する電波監視データについて、世界的に標準化を進めるといった国際連携強化を進めることが必要である。

## ２．５．　基準不適合機器への対応強化

### ２．５．１．　試買テスト・市場モニタリングの強化

#### ２．５．１．１．　試買テスト・市場モニタリングに係る現状と課題

EC サイトに掲載されている一部商品において、電波を発射することが明確であるものの、技適マークが無く、微弱無線の基準にも適合しない等の疑いのある機器が多数存在し、そういった機器を対象として総務省では無線設備試買テストを実施している。

試買テストの結果、微弱無線の基準に適合しない機器の割合が令和６年度の調査結果で 76%と高い水準となっており、さらにそのうち外国製機器の割合が 86%となっている。

また、過去に基準に適合しなかった無線設備と同一の型式を EC サイト上で調査したところ、別の販売業者で販売されている状況も確認されており、重要無線通信妨害となる可能性がある無線機も散見されている状況である。

さらに、上空から動画を送信するドローンなどが混信源となる場合や、基準に適合しない機器が大量に販売されている場合は、影響が広範囲に渡ることが危惧されるなど、流通段階での取組が重要性を増している。

#### ２．５．１．２．　試買テスト・市場モニタリングの強化に向けた考え方

現在、総務省において実施している無線設備の試買テストについて、販売動向や混信リスクを踏まえて対象機器を拡大する等、取組の強化を進めることが求められる。

また、基準に適合しない無線設備が継続して販売されている現状について、市場モニタリングを実施するなど、流通段階の対策強化に繋げることが求められる。

#### ２．５．１．３．　具体的な取組の方向性

・販売動向や混信リスクを踏まえて対象機器を拡大する等、試買テストの強化

試買テストの強化として、EC サイトでの販売動向を加味するとともに、近年の監視業務の結果や電波障害分析の知見を活用しつつ、混信の発生状況や傾向、リスク等を把握しながら、試買テストの対象を決定していくなどの取組を推進することが必要である。令和７年度試買テストにおいては、先行してドローンの重点的な調査に着手しており、直近の状況を踏まえ、年度ごとに柔軟に対象を見直しながら進めることが適切である。

また、消費者団体等の他団体への基準不適合機器リスト等の情報共有を含めた連携の強化に取り組むことが有効と考えられる。

・販売状況を把握する市場モニタリングの開始

市場モニタリングとして、現在総務省で実施している販売状況調査を強化して、不適合機器の販売状況を継続的に把握するとともに販売業者等に対応を促すなどの取組を推進することが必要である。

## ２．５．２．　事業者等との連携強化

### ２．５．２．１．　EC モール事業者等との連携強化に係る現状と課題

前述のとおり、EC サイトに掲載されている技適マークが無い等、疑いのある機器を対象として試買テストを実施した結果、微弱無線の基準に適合しない機器の割合が高い水準で推移している。基準に適合しないものは、製造業者等が外国か記載の無いものが多く、このような場合はガイドラインに基づく取組や要請も困難である。ガイドラインの中で、販売業者等においては、適合性情報の表示、消費者への分かりやすい通知等の取組を求め、EC モール事業者等においては、出品者による技術基準への適合性情報の表示の要求、適合性情報が適切に表示されていない場合の掲載中止等の取組を求めている一方で、販売時に技適マークを確認できない事例も多く、現行の販売業者への要請やガイドラインに基づく対応は必ずしも十分でない。

特に、EC モールを通じた販売では、海外の販売業者や個人事業主等を介して、外国規格の無線設備と一般消費者との接点が拡大している。海外の製造業者は必ずしも日本国内での使用を想定して無線設備を製造しているわけではなく、消費者は製品が無線設備に該当することや国内使用が禁じられていることを理解せずに購入している場合も少なくない状況となっている。また、総務省において外国規格の無線設備の不法電波を補足し現場で措置を行ったところ、その多くは EC モールを通じて入手されたことが確認されている。

EC モール事業者は、ガイドラインに基づく取組の継続を希望するとともに、総務省の試買テストやその情報提供を評価しつつ運用改善を希望している。

### ２．５．２．２．　EC モール事業者等との連携強化に向けた考え方

EC モールは無線機器の販売において基盤的な役割を担っており、試買テストの効果的な運用やガイドラインに基づく取組の着実な推進など、基準不適合機器への対応強化に向けて、EC モール事業者等との連携を深めることが求められる。

また、EC モール事業者等は直販を行わない場合、電波法第 102 条の 11 の「努力義務」の対象ではないが、利用者が意図しない基準不適合機器の購入や使用に繋がらないよう、取組の強化が求められる。販売時の技適情報の活用促進や、購入時において利用者保護の視点での適切な情報提供を推進することが求められる。

さらに、技適マークをはじめとする技術基準適合性に係る制度やその必要性について、利用者や販売業者への周知・啓発の強化が求められる。

### ２．５．２．３．　具体的な取組の方向性

・試買テスト等の効果的な運用のための EC モール事業者等との連携強化

EC モール事業者等との情報交換や連携を深め、総務省における試買テストをはじめとする取組の効果的な運用や改善に繋げるとともに、技適マークをはじめとした制度の利用者・販売業者への周知・啓発の強化に繋げる。その際、販売経路の実態や国内外の各主体の取組状況等を捉え、実効性のある取組を推進する必要がある。

・販売時の技適情報の活用促進や利用者への適切な情報提供の推進(ガイドラインの見直し等)

EC モールを中心とした販売時の技適情報(認証番号等)の提示を推進する必要がある。専ら海外で使用するもの等、例外的に適合性が確認できない機器を販売する場合においては、電波法上のリスクについて消費者への適正な情報提供を目指して、販売

業者やECモール事業者等を対象としたガイドラインの見直し等を通じ、理解しやすい表現での確実な情報伝達が求められる。また、必要に応じて規制対象や努力義務の見直しの検討が必要である。

### ２．５．３．　周知啓発活動の強化

#### ２．５．３．１．　周知啓発活動における現状と課題

ECサイトの普及により、消費者は様々な製品を手軽に購入できるようになった一方で、購入時に製品が無線設備に該当することや、技適マークの有無を認識せずに購入している場合も多く、また、訪日外国人の増加に伴い、国内での利用が違法となる、外国規格の無線設備を利用し、重要無線通信への混信も発生している。

そのため、技適マーク等の周知用ポスター、リーフレット、動画、専用ウェブサイト等を作成し、地方主要施設等への掲示、インターネット広告、業界紙・専門誌、各種サイネージ等を通じて展開することで、周知啓発活動を実施しているが、依然として認知が低い状況となっている。

加えて、無線設備が電波法の基準に適合しているか確認する無線設備試買テストについては、その結果は販売業者等に通知しているため一定の効果は得られているが、消費者にはあまり知られていないことや、製品選びの目安となる微弱無線設備登録制度（ELPマーク）の取得促進も併せて、周知・啓発活動における継続的な課題となっている。

#### ２．５．３．２．　周知啓発活動の強化の考え方

これまで技適マーク等の周知用ポスター・リーフレットを作成・配付しているものの、消費者の認知が依然として低いことから、ターゲットやメッセージを明確にしつつ、効果的に認知率を向上させるための周知方法について具体的な検討が求められる。

加えて、リテラシー向上のため電波教室を通じた周知啓発活動が実施されているところ、公民館や学校など特定の参加者のみが対象となっているため、デジタル技術の活用も含めリーチを拡大していくことが求められる。

#### ２．５．３．３．　具体的な取組の方向性

・ECサイト利用やインバウンドによる持込無線機器に対する注意喚起の強化、取締状況の周知強化

ECサイトを通じた一般利用者による外国規格の無線機器の購入、訪日外国人による無線機器の持込みをはじめ、近年の不適合機器の利用に至る具体的な状況をターゲットとした注意喚起や、不適合機器を利用した場合の影響度や罰則対象となるといった利用者のリスクの明確化、インターネットターゲット広告の更なる活用等を通じて、周知啓発活動を強化する取組を推進することが適切である。

併せて、不法無線局の取締を着実に推進するとともに、具体的な取締事例や混信事例の周知を強化し、利用者の理解促進に努めることが必要である。

・集中的で効果的な周知啓発活動の実施、電波教室の活性化

効果的な周知啓発の方策について、技適マークをはじめとした制度のより一層の認知度の向上を目指し、他分野のグッドプラクティスや専門家からの助言も参考としつ

つ、著名人とのコラボレーションや短期で集中した動画配信、テレビスポット放映を実施するなどの情報発信手法等について検討し、認知率向上の取組を推進することが必要である。

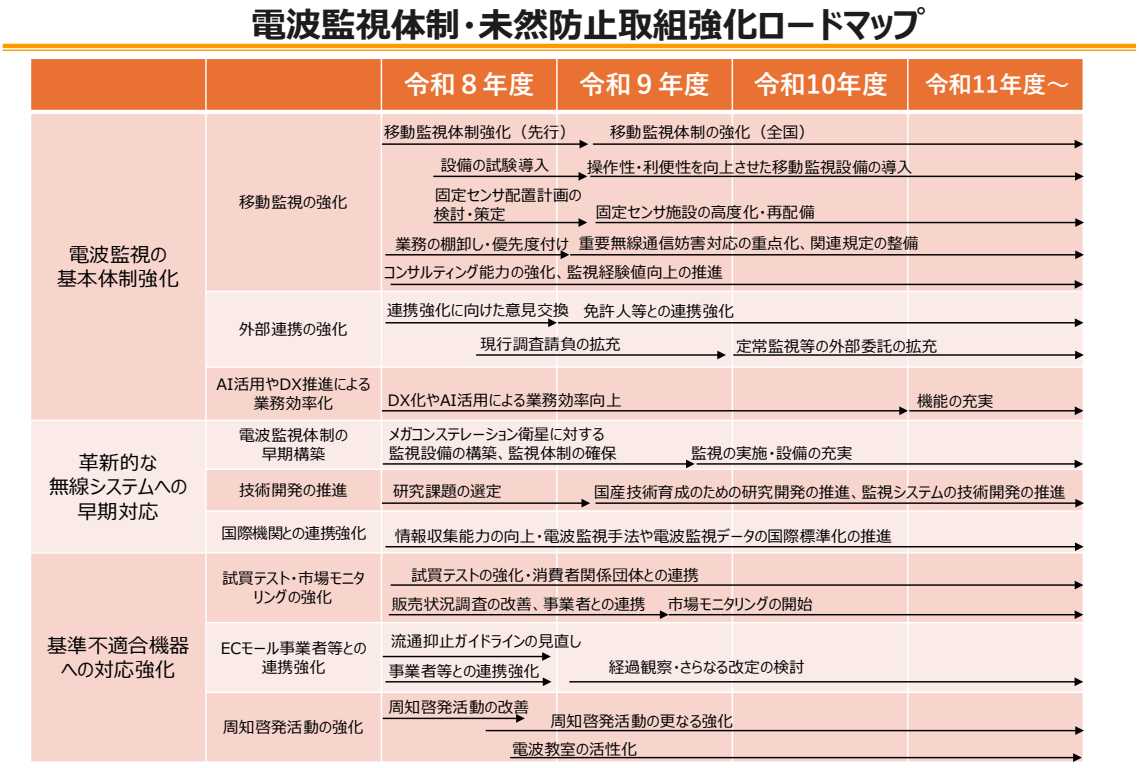
　リテラシー向上の更なる促進のため、リーチ拡大を目指し、従来、公民館や学校等で開催している電波教室について、不特定多数の人出が見込めるショッピングモール等における試行的な開催や、デジタルコンテンツ化を推進することが必要である。

## 第３節 まとめ

本報告では、電波監視体制の今後の方向性について、三つの柱を軸に具体的な方向性の検討を行った。第一の柱である「電波監視の基本体制の強化」では、移動監視体制の強化、電波監視設備の整備、外部連携の強化、AI 活用と DX 推進について具体的な取組を示した。第二の柱である「革新的な無線システムへの早期対応」では、NTN 時代の電波監視、メガコンステレーション衛星への対応、上空からの電波監視、宇宙電波監視体制の拡充、技術開発の推進、国際協調について具体的な取組を示した。第三の柱である「基準不適合機器への対応強化」では、市場調査の強化、事業者等との連携強化、周知啓発の強化について具体的な取組を示した。

これらの取組を通じて、高い周波数帯の利用、新たな混信源への対応、NTN をはじめとした革新的な通信サービス等、電波利用を取り巻く環境の変化に対応し、時代に即した電波監視を推進することが必要である。そのためには移動監視の強化、監視設備の早期配備、技術開発の推進、事業者との連携強化、持続的な体制の確保をはじめとする取組が不可欠であり、加えて、流通段階の対策強化に取り組むことで、電波監視との両輪での対応を進めていく必要がある。

図表 ３－１に前節にて検討を行った電波監視体制及び未然防止取組強化に対するロードマップを示す。総務省においては、それぞれの柱において、迅速な体制確保や実施を行う必要がある。




図表 ３－１： 電波監視体制の今後の方向性

今後、これらの取組を着実に実施していくことにより、電波利用環境の保護を図り、安心・安全な電波利用を確保していくことが重要であり、また、技術の進展や電波利用環境の変化に応じて、継続的に電波監視体制の見直しを行っていく必要がある。

# 参考資料

## 情報通信審議会　情報通信技術分科会
## 電波有効利用委員会　報告（案）（別冊４）

参考資料１

１．諮問書

２．情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会　運営方針

３．情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会　構成員名簿

４．情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会　審議経過

５．用語解説

参考資料２

１．情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会
　　電波上空利用作業班 運営方針

２．情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会
　　電波上空利用作業班 構成員名簿

参考資料３

１．情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会
　　重点技術作業班 構成員名簿

２．情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会
　　重点技術作業班 開催経緯

３．ヒアリングにおける構成員・事業者等提出資料

参考資料４

１．情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会
　　電波監視作業班 構成員名簿

２．情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会
　　電波監視作業班 開催経緯

**参考資料１**

**１．諮問書**

諮　問　第　３０　号
令和７年２月３日

情報通信審議会
　会長　遠藤　信博　殿

総務大臣　村上　誠一郎

# 諮　問　書

下記について、別紙により諮問する。

記

社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方

別紙

諮問第30号

社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方

１　諮問理由

我が国は、他の主要先進国に先駆けて人口減少・少子高齢化に直面しており、生産年齢人口が減少する中にあっても持続的な経済成長を実現するための生産性の向上に取り組むことが喫緊の課題である。また、令和６年能登半島地震などの大規模な災害が頻発する中、災害に強い強靱な社会システムを構築することも大きな課題である。

携帯電話に代表されるように、電波を使ったシステムやサービスは、すでに国民生活や経済活動に深く浸透しているが、自動運転やスマート農業、遠隔医療など、電波のより一層の活用を徹底して進めることで、平時・災害時を問わず、国民生活を便利で安全・安心なものにするとともに、地域の課題解決や新たな市場の創出を通じた経済成長の源泉となる可能性を持っている。

他方で、電波は有限の資源であり、電波の活用の進展に伴い電波資源はひっ迫するため、電波の利用状況やニーズ、電波に関する最新の技術トレンドを踏まえて、周波数の割当てや周波数の移行・再編・共用を適正かつ効率的に実施するなど、電波法（昭和２５年法律第１３１号）の目的である電波の公平かつ能率的な利用を確保することがますます重大となる。

このため、社会環境の変化に迅速かつ柔軟に対応し、電波の公平かつ能率的な利用を通じて国民生活の利便性向上、地域の課題解決及び持続的経済成長を実現するため、国が取り組むべき電波の有効利用の推進の在り方について包括的に検討することが必要である。

２　答申を希望する事項

（１）電波有効利用の推進に関する基本的方向性
（２）無線局の免許制度等の在り方
（３）周波数割当の在り方
（４）無線を利用したビジネス促進の在り方
（５）電波の利用環境の在り方
（６）その他必要と考えられる事項

３　答申を希望する時期

令和７年夏頃目途

４　答申が得られたときの行政上の措置

今後の情報通信行政の推進に資する。

**２．情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会　運営方針**

情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会
運営方針

１　調査検討事項

電波有効利用委員会（以下「委員会」という。）は、情報通信審議会諮問第３０号「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」について、調査検討を行う。

２　委員会の運営

（１）主査は、委員会の議事を掌理する。
（２）委員会に主査代理を置くことができ、主査が指名する委員、臨時委員又は専門委員が、これに当たる。
（３）主査代理は、主査不在の時、その職務を代行する。
（４）委員会の会議は、主査が招集する。
（５）主査は、委員会の会議を招集するときは、構成員にあらかじめ日時、場所及び議題を通知する。
（６）主査は、必要があると認めるときは、委員会に、必要と認める者の出席を求め、意見を述べさせ又は説明させることができる。
（７）主査は、委員会の検討を促進するため、作業班を設置することができる。
（８）作業班は、主査から指名された者により構成する。
（９）作業班の主任は、主査が指名する。
（10）その他、委員会の運営については、主査が定めるところによる。

３　会議の公開

会議は、次の場合を除き、公開する。

（１）会議を公開することにより当事者若しくは第三者の権利利益又は公共の利益を害するおそれがある場合
（２）その他、主査が非公開とすることを必要と認めた場合

４　事務局

委員会の事務局は、総合通信基盤局電波部電波政策課が行う。

## ３．情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会 構成員名簿

（令和８年４月１日現在　敬称略）

| 氏　　名 | | 主　要　現　職 |
|---|---|---|
| 主　　査<br>委　　員 | 藤井　威生 | 電気通信大学　先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター　教授 |
| 主査代理<br>専門委員 | 大谷　和子 | 株式会社日本総合研究所　執行役員 |
| 専門委員 | 太田　香 | 東北大学　大学院　情報科学研究科　教授 |
| 〃 | 黒坂　達也 | 株式会社企　代表取締役<br>慶應義塾大学　X Dignity センター　副代表 |
| 〃 | 猿渡　俊介 | 大阪大学　大学院　情報科学研究科　教授 |
| 〃 | 瀧　俊雄 | 株式会社マネーフォワード　執行役員 |
| 〃 | 中島　美香 | 中央大学　国際情報学部　教授 |
| 〃 | 西村　真由美 | 公益社団法人全国消費生活相談員協会　常務理事 |
| 〃 | 林　秀弥 | 名古屋大学　大学院　法学研究科　教授 |
| 〃 | 矢入　郁子 | 上智大学　理工学部情報理工学科　教授 |
| 〃 | 安田　洋祐 | 政策研究大学院大学　教授 |

## ４．情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会　審議経過

電波有効利用委員会

| 会合 | 開催日 | 主な議題 |
|---|---|---|
| 第１回 | 令和７年<br>３月 31 日 | ○最近の電波利用の動向について<br>○構成員プレゼンテーション<br>○電波環境分野の在り方検討作業班の設置について |
| 第２回 | 令和７年<br>５月 29 日 | ○WX 推進戦略アクションプランの進捗状況について<br>○電波監視作業班の設置について |
| 第３回 | 令和７年<br>６月 25 日 | ○価額競争の実施方法に関する検討作業班の設置について<br>○事業者・団体へのヒアリング<br>・株式会社 NTT ドコモ　・ソフトバンク株式会社<br>・一般社団法人日本ケーブルテレビ連盟<br>・地域 BWA 推進協議会/阪神電気鉄道株式会社 |
| 第４回 | 令和７年<br>７月 18 日 | ○委員会報告（案）「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「電波の利用環境の在り方」について<br>○無線設備の認証の在り方検討作業班の設置について<br>○事業者へのヒアリング<br>・KDDI 株式会社　・楽天モバイル株式会社 |
| 第５回 | 令和７年<br>８月 28 日 | ○委員会報告（案）「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「電波の利用環境の在り方」に対する意見募集の結果について<br>○重点技術作業班の設置について<br>○事業者へのヒアリング<br>・株式会社 JTOWER　・Sharing Design 株式会社 |
| 第６回 | 令和７年<br>10 月８日 | ○委員会報告（案）「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「周波数割当の在り方」（価額競争の実施方法）について<br>○電波上空利用作業班の設置について |
| 第７回 | 令和７年<br>11 月５日 | ○携帯基地局強靭化対策事業に関する地方公共団体へのヒアリング<br>・東京都　・静岡県　・大阪府　・高知県<br>○900MHz 帯を使用する新たな無線利用について |
| 第８回 | 令和７年<br>12 月３日 | ○委員会報告（案）「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「周波数割当の在り方」（価額競争の実施方法）に対する意見募集の結果について<br>○900MHz 帯を使用する新たな無線利用について（論点整理） |

| 会合 | 開催日 | 主な議題 |
|---|---|---|
| 第９回 | 令和８年<br>１月７日 | ○900MHz 帯を使用する新たな無線利用について（事業者へのヒアリング）<br>・MetCom 株式会社　・株式会社 NTT ドコモ |
| 第 10 回 | 令和８年<br>１月 19 日 | ○電波有効利用委員会におけるこれまでの議論等について<br>○900MHz 帯を使用する新たな無線利用について（事業者へのヒアリング）<br>・有限会社プリシード　・Wi-SUN Alliance<br>・802.11ah 推進協議会<br>・一般社団法人特定ラジオマイク運用調整機構 |
| 第 11 回 | 令和８年<br>２月 17 日 | ○委員会報告骨子案「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」について<br>○委員会報告（案）「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「周波数割当の在り方」（900MHz 帯を使用する新たな無線利用）及び「無線局の免許制度等の在り方」（無線設備の認証制度の在り方）について<br>○無線 LAN 及びドローンに係る運用調整の仕組みに関する事業者へのヒアリング<br>・一般社団法人無線 LAN ビジネス推進連絡会<br>・日本無人機運航管理コンソーシアム |
| 第 12 回 | 令和８年<br>３月 31 日 | ○委員会報告（案）「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」のうち「周波数割当の在り方」（900MHz 帯を使用する新たな無線利用）及び「無線局の免許制度等の在り方」（無線設備の認証制度の在り方）に対する意見募集の結果について<br>○全国 BWA について（事業者へのヒアリング）<br>・KDDI 株式会社、UQ コミュニケーションズ株式会社<br>・ソフトバンク株式会社、Wireless City Planning 株式会社<br>・株式会社 NTT ドコモ<br>・楽天モバイル株式会社<br>○インフラシェアリングについて（事業者へのヒアリング）<br>・公益社団法人移動通信基盤整備協会<br>○携帯電話等周波数の有効利用に関する検討作業班の設置について |
| 第 13 回 | 令和８年<br>４月 27 日 | ○委員会報告（案）「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」について |
| 第 14 回 | 令和８年<br>６月 19 日 | ○委員会報告（案）「社会環境の変化に対応した電波有効利用の推進の在り方」に対する意見募集の結果について |

電波有効利用委員会・重点技術作業班合同ヒアリング

| 会合 | 開催日 | 主な議題 |
|---|---|---|
| 第１回 | 令和７年<br>10 月８日 | ○関係事業者からのヒアリング（非公開）<br>・日本電気株式会社　・1FINITY 株式会社 |
| 第２回 | 令和７年<br>11 月５日 | ○関係事業者等からのヒアリング（非公開）<br>・京セラ株式会社　・トヨタ自動車株式会社<br>・青木孝文 氏（東北大学 理事・副学長（企画戦略総括）・プロボスト・CDO） |

## ５．用語解説

### 技術等

| 索引 | 用　語 | 概　要 |
|---|---|---|
| ３ | ３GPP | Third Generation Partnership Project の略称。３Ｇ、４Ｇなどの仕様を検討・開発し、標準化することを目的とした標準化団体。日本、米国、欧州、中国、韓国の標準化団体によるパートナーシッププロジェクトとして 1998 年に設立された。 |
| ４ | ４Ｇ | 携帯電話の通信規格である第 3.9 世代移動通信システム(LTE)と第４世代通信システム(LTE-Advanced)の総称。我が国では、2009 年６月に４Ｇに係る電波の割当てを初めて実施し、2010 年に商用サービスが開始された。 |
| ５ | ５Ｇ | 携帯電話の通信規格である第５世代移動通信システムの略称。４Ｇの次の世代の移動通信システム。我が国では、2019 年４月に５Ｇに係る電波の割当てを初めて実施し、2020 年に商用サービスが開始された。 |
| | ５Ｇ ＳＡ | ５Ｇ Stand Alone の略称。５Ｇ専用のコアネットワークを活用し、５Ｇ基地局のみで５Ｇの電波を発射するネットワーク構成をいう。５Ｇ ＳＡは、ネットワークスライシング等の新たな技術を導入することが可能となり、更なる超低遅延が実現するなど、５Ｇの特徴を最大限発揮できる構成である。 |
| A | AFC | Automated Frequency Coordination の略称。6GHz 帯を利用する既存の無線局等への有害な干渉を回避するために、自動的に無線 LAN が利用可能な周波数と最大送信電力を通知するシステム。 |
| | AI | Artificial Intelligence（人工知能）の略称。データから学習・推論を行い、認識、判断、最適化などの知的処理をソフトウェアで実現する技術。近年は通信制御やネットワーク運用の高度化にも活用されている。 |
| B | BWA | Broadband Wireless Access（広帯域移動無線アクセスシステム）の略称。高速なデータ通信を目的とした無線アクセス方式の総称で、固定系・移動系の双方を含む。 |

| 索引 | 用　語 | 概　要 |
|---|---|---|
| | Beyond５Ｇ<br>（６Ｇ） | ５Ｇの次の世代として、2030 年頃の導入が見込まれている新たな無線通信システム。サイバー空間を現実世界（フィジカル空間）と一体化させ、Society 5.0 のバックボーンとして中核的な機能を担うことが期待されている。 |
| D | DX | Digital Transformation の略称。スウェーデンの大学教授のエリック・ストルターマンが提唱したとされる概念であり、「ICT の浸透が人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させること」を表す。 |
| F | FTTH | Fiber To The Home の略。ケーブルテレビの局舎設備から加入者宅の光回線終端装置(V-ONU) まで全て光ファイバで伝送する方式。 |
| H | HAPS | High Altitude Platform Station の略。上空約 20km に滞留する無人の航空機(飛行船型、固定翼型、気球型)を利用した高高度通信プラットフォームであり、携帯電話の基地局などを搭載することで気象条件や地震などの災害の影響を受けない強靭な通信ネットワークの実現が期待されている。 |
| I | IoT | Internet of Things の略。モノのインターネット。PC やスマートフォンに限らず、センサー、家電、車など様々なモノがインターネットで繋がること。 |
| M | MCA | Multi-Channel Access の略。複数の周波数を特定多数のユーザーが繰り返し共同利用する無線通信システム。 |
| | MOCN | Multi-Operator Core Network の略称。複数の携帯電話事業者が、周波数を含む RAN（無線アクセスネットワーク）の全要素を共有して運用する形態。 |
| | MORAN | Multi-Operator Radio Access Network の略称。複数の携帯電話事業者が、無線設備を共用し、個別の周波数を利用する形態。 |
| N | NTN | 非地上系ネットワーク。人工衛星、成層圏等の高高度を飛行する無人航空機等を活用した地上の通信施設に依存しないネットワーク。通信インフラの整備が困難な離島、海上、山間部等を効率的にカバーしてあらゆる場所で通信サービスの提供を可能とすると共に、自然災害をはじめとする非常時等の通信手段としても活用が期待されている。 |

| 索引 | 用　語 | 概　要 |
| --- | --- | --- |
| | NR 化 | New Radio 化の略称。既存周波数帯を５Ｇ向けの通信規格に置き換えること。 |
| O | O-RAN | Open Radio Access Network の略称。無線基地局の仕様を標準化し、公開することにより、様々な事業者の機器やシステムとの相互接続を可能とする無線アクセスネットワーク（RAN）。「オープン化」の項を参照。 |
| R | RAN | Radio Access Network（無線アクセスネットワーク）の略称。端末とコアネットワークを無線で接続する通信網で、基地局やその制御機能から構成される。 |
| S | SP モード | Standard Power モードの略称。6GHz 帯無線 LAN の屋内外での利用が認められる標準電力モード。より出力の低い Very Low Power（VLP）モードや Low Power Indoor（LPI）モードと比較して、通信速度やエリアカバーに優れている。一方で、電波の出力が強く、かつ屋外での利用も想定されているため、6GHz 帯の既存無線システムに対して有害な干渉を与えないよう、AFC システムによる運用調整が必要となる。 |
| | Sub6 | ５Ｇで利用される周波数のうち、6GHz 未満の周波数帯域。広域利用に適している。 |
| V | VHF 帯 | Very High Frequency の略称。30-300MHz の周波数（超短波）帯域。 |
| | vRAN | Virtual Radio Access Network の略。基地局機能を汎用サーバー上のソフトウェアで動作させる仮想化無線アクセスネットワーク。クラウド技術を活用し、拡張性や運用効率を向上させることも可能になる。「仮想化」の項を参照。 |
| W | Wi-Fi | Wireless Fidelity の略称。無線 LAN の標準規格である「IEEE 802.11a/b/g/n/ac」の消費者への認知を深めるため、業界団体の Wi-Fi Alliance が名付けたブランド名。他社製品との相互接続性などに関する試験をパスした装置にロゴの表示などが許可される。 |
| い | インフラ<br>シェアリング | 複数事業者が鉄塔やアンテナ等の通信設備を共同で使用すること。 |

| 索引 | 用　語 | 概　要 |
|---|---|---|
| う | 運用調整 | 無線局の運用に際し、既設の無線局の運用を阻害するような混信その他の妨害を与えるおそれがある場合に、それを回避するために免許人間で運用に関する調整を行うこと。 |
| え | 衛星コンステレーション | 非静止衛星軌道上に、同型の小型衛星を多数打ち上げ、これらを一体的に運用するシステム。高速大容量通信など多様なサービスの提供が可能となる。 |
| | 衛星ダイレクト通信 | 既存の携帯電話端末を用いた人工衛星との直接通信が可能なサービス。 |
| | 遠隔医療 | 医師と医師、医師と患者との間を ICT（インターネット、テレビ電話など）を活用して、患者の情報や放射線画像などを伝送し、診断等を行うこと。 |
| お | オープン化 | 3GPP を補完する形で、機器の柔軟な構成を可能とするオープンインターフェース化を推進する動きのこと。 |
| か | 開設計画 | 携帯電話等に係る特定基地局を開設しようとする者が総務大臣に提出する特定基地局の開設に関する計画。 |
| | 価額競争 | 入札又は競りの方法により、最も高い価額を申し出た者を落札者として決定する手続。電波法及び放送法の一部を改正する法律（令和７年法律第 27 号）により、６GHz を超える高い周波数帯の活用を希望する多種多様なサービスを提供する者の中から、最も電波を有効に利用できる者を、価額競争により選定する制度が導入された。 |
| | 仮想化 | 今まで専用のハードウェアを用いて行っていた携帯電話の基地局の処理を、汎用のサーバー内でソフトウェア処理によって行うこと。 |
| き | 基地局強靱化対策事業 | 地方自治体や携帯電話事業者等が携帯電話基地局の強靱化を実施する場合、国が当該施設の改修等に対して補助金を交付する事業。 |
| | 技術基準適合証明 | 電波法第３章に定める技術基準に適合していることの証明。 |
| | キャリア・アグリゲーション | 複数の搬送波を連続又は不連続に束ねることにより、伝送速度を高速化する技術。 |

| 索引 | 用　語 | 概　要 |
|---|---|---|
| け | 携帯電話エリア<br>整備事業 | 地理的に条件が不利な地域（過疎地、辺地、離島、半島など）において、地方公共団体や無線通信事業者等が携帯電話の基地局等を整備する場合に、整備費用等の一部を補助する事業。 |
| こ | 工事設計認証 | 特定無線設備の工事設計の技術基準適合性及び当該無線設備がその工事設計に合致することの確認方法を審査し、認証するもの。 |
| し | 周波数再編<br>アクションプラン | 毎年度実施する電波の利用状況調査の評価結果に基づく具体的な周波数の再編を円滑かつ着実にフォローアップするために、電波利用環境の変化なども踏まえ、策定・公表されるアクションプラン。 |
| せ | 全国 BWA | 全国的に広帯域データ通信サービスを行う無線システムとして制度化された広帯域移動無線アクセスシステムのこと。 |
| そ | ソフトウェア無線 | ソフトウェアを書き換えることで、周波数や変調方式を変更できる無線機器。従来ハードウェアで実装していた無線機能をソフトウェアで実現し、柔軟な仕様変更を可能にする。 |
| た | ダイナミック<br>周波数共用 | 異なる無線システム間において地理的・時間的に柔軟な周波数の共用を図る手法。 |
| ち | 地域 BWA | デジタル・ディバイドの解消、地域の公共サービスの向上など当該地域の公共の福祉の増進に寄与することを目的として制度化された BWA システム。 |
| て | 電波利用料 | 不法電波の監視等の電波の適正な利用の確保に関し、無線局全体の受益を直接の目的として行う事務（電波利用共益事務）の処理に要する費用を、電波の利用状況に応じてその受益者である無線局の免許人等に負担を求める（いわゆる電波利用の共益費用として負担する）もの。 |
| と | 特定基地局<br>開設料制度 | ５Ｇ等の周波数の割当てにあたり、従来の比較審査項目（カバー率、MVNO 促進など）に申請者が申し出る周波数の経済的価値を踏まえた周波数の評価額を追加して、総合的に審査する制度。認定を受けた事業者は申し出た額（特定基地局開設料）を国庫に納付する。 |

| 索引 | 用　語 | 概　要 |
|---|---|---|
| | 特定実験試験局制度 | 総務大臣が公示する周波数等の範囲内であることなどの一定の条件の下で実験試験局を開設する際、免許手続や事後手続が簡略化される制度。 |
| | トラヒック | ネットワーク上を移動する音声や文書、画像などのデジタルデータの情報量。通信回線の利用状況を調査する目安となる。「トラヒックが増大した」とは、通信回線を利用するデータ量が増えた状態を指す。 |
| | ドローン | 航空の用に供することができる飛行機、回転翼航空機などの機器であって構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦（プログラムにより自動的に操縦を行うことをいう。）により飛行させることができるもの。 |
| ほ | 包括免許制度 | 携帯電話端末等の無線局のうち、適合表示無線設備のみを使用するものは、個別の無線局毎に免許を受けることなく、目的、通信の相手方、電波の型式及び周波数並びに無線設備の規格を同じくするものである限りにおいて、複数の無線局を包括して対象とする１つの免許を受けることができる制度。 |
| み | ミリ波 | 周波数にして 30GHz から 300GHz、波長にして 1mm から 1cm までの電波。 |
| む | 無人移動体画像伝送システム | 169.05MHz を超え 169.3975MHz 以下、169.8075MHz を超え 170MHz 以下、2483.5MHz を超え 2494MHz 以下又は 5650MHz を超え 5755MHz 以下の周波数の電波を使用する自動的に若しくは遠隔制御操作により動作する移動体に開設された陸上移動局又は携帯局が主として画像伝送を行うための無線通信（当該移動体の制御を行うものを含む。）を行うシステム。ロボット・ドローンの利用ニーズを踏まえ、平成 28 年６月に制度化された。 |
| | 無線 LAN | ケーブル線の代わりに無線通信を利用してデータの送受信を行う LAN（Local Area Network）。IEEE802.11 諸規格に準拠した機器で構成されるネットワークのことを指す場合が多い。 |
| め | 免許不要局 | 電波法第４条第１項各号に規定されている、免許を要しない無線局のこと。発射する電波が極めて弱い無線局や、一定の条件の無線設備だけを使用し、無線局の目的、運用が特定されている無線局が該当する。 |

| 索引 | 用　語 | 概　要 |
|---|---|---|
| り | 利用状況調査 | 電波の利用状況の調査。平成 15 年度から３年を周期として、電波法で定める周波数帯を①714MHz 以下、②714MHz を超え 3.4GHz 以下、③3.4GHz を超えるものの３つに区分し、毎年一の区分ごとに電波の利用状況を調査し、その結果を電波監理審議会に報告するとともに、結果の概要を公表するもの。 |
| ろ | ローカル５Ｇ | 地域や産業の個別のニーズに応じて地域の企業や自治体などの様々な主体が、自らの建物内や敷地内でスポット的に柔軟に構築できる５Ｇシステム。令和元年 12 月から免許受付が開始された。 |
| ゆ | 有効利用評価 | 電波の有効利用の程度の評価。電波監理審議会が、利用状況調査の結果の報告を受け、当該結果に基づき、調査区分ごとに、電波の有効利用の程度の評価を行うもの。 |

**団体等**

| 索引 | 用　語 | 概　要 |
|---|---|---|
| I | IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers（米国電気電子学会）の略称。アメリカ合衆国に本部を置き、電気・情報工学分野の学術研究、標準化活動等を行う、世界最大の技術専門家組織。 |
| | ITU | International Telecommunication Union（国際電気通信連合）の略称。電気通信に関する国際連合の専門機関。主要任務は、①国際的な周波数の分配、②電気通信の標準化、③途上国に対する電気通信の開発である。 |
| し | 情報通信審議会 | 総務大臣の諮問に応じて、情報の電磁的流通及び電波の利用に関する政策に関する重要事項を調査審議し、総務大臣に意見を述べること、郵政事業及び郵便認証司に関する重要事項を調査審議し、関係各大臣に意見を述べることを所掌事務とする審議会。 |

**参考資料２**

**１．情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会**
**電波上空利用作業班　運営方針**

情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会
電波上空利用作業班 運営方針

１ 検討事項

作業班は、以下の事項について検討する。

⑴ 航空分野における電波の利用拡大を見据えた今後の電波利用政策の在り方

⑵ 航空分野の電波利用に関し優先して対応すべき政策課題

２ 作業班の運営

⑴ 主任は、作業班の議事を掌握する。

⑵ 作業班に主任代理を置くことができ、主任がこれを指名する。

⑶ 主任代理は、主任不在の時、その職務を代行する。

⑷ 作業班の会議は、主任が招集する。この場合、主任は、構成員にあらかじめ会議の日時、場所及び議題を通知する。

⑸ 主任は、必要があると認めるとき、作業班に必要と認める者の出席を求め、意見を述べさせ、又は説明させることができる。

⑹ 本作業班において検討された事項については、主任が取りまとめ、これを電波有効利用委員会に報告する。

⑺ 主任は、作業班の調査を促進させるため、アドホックグループを設置することができる。

⑻ アドホックグループのリーダ及び構成員は、主任が指名する。

⑼ その他、本作業班の運営に必要な事項は、主任が定めるところによる。

３ 会議の公開等

会議は、次の場合を除き、公開する。

⑴ 会議を公開することにより当事者又は第三者の権利、利益や公共の利益を害するおそれがある場合。

⑵ その他、主任が非公開とすることを必要と認めた場合。

４ 事務局

本作業班の事務局は、総務省総合通信基盤局電波部基幹・衛星移動通信課がこれに当たる。

## 2. 情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会
## 電波上空利用作業班　構成員名簿

情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会
電波上空利用作業班 構成員

（令和８年３月 17 日現在　敬称略）

| 役職 | 氏名 | 主要現職 |
|---|---|---|
| 主任 | 藤井　威生 | 電気通信大学　先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター　教授 |
| 構成員 | 加保　貴奈 | 湘南工科大学大学院　工学研究科　電気情報工学専攻　教授 |
| 構成員 | 河村　暁子 | 国立研究開発法人　海上・港湾・航空技術研究所<br>電子航法研究所　主幹研究員 |
| 構成員 | 武市　昇 | 東京都立大学　システムデザイン研究科航空宇宙システム工学科<br>教授 |
| 構成員 | 土屋　武司 | 東京大学　大学院工学系研究科　教授 |
| 構成員 | 松田　隆志 | 国立研究開発法人　情報通信研究機構　ネットワーク研究所<br>ワイヤレスネットワーク研究センター　ワイヤレスシステム研究室 |
| 構成員 | 吉田　宏昭 | 国立研究開発法人　宇宙航空研究開発機構　航空技術部門<br>航空利用拡大イノベーションハブ　主幹研究開発員 |
| オブザーバー | 古市　茂 | 経済産業省　製造産業局　航空機武器産業課<br>次世代空モビリティ政策室　室長 |
| オブザーバー | 山本 昂太朗 | 国土交通省 航空局 安全部 無人航空機安全課<br>無操縦者航空機企画室 室長 |
| オブザーバー | 菅　康博 | 国土交通省　航空局　交通管制部<br>マルチ航空モビリティ交通管制調整室 室長 |

**参考資料３**

**１．情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会**
**重点技術作業班　構成員名簿**

情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会　重点技術作業班
構成員名簿

（令和８年４月１日現在　敬称略）
（主任、主任代理以外の構成員は五十音順）

| 氏　　名 | | 主　要　現　職 |
|---|---|---|
| 主任 | 森川　博之 | 東京大学　大学院　工学系研究科　教授 |
| 主任代理 | 黒坂　達也 | 株式会社企　代表取締役<br>慶應義塾大学　X Dignity センター　副代表 |
| 構成員 | 石井　義則 | 一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会　常務理事 |
| 〃 | 太田　香 | 東北大学　大学院　情報科学研究科　教授 |
| 〃 | 長内　厚 | 早稲田大学　大学院　経営管理研究科　教授 |
| 〃 | 白石　和泰 | ＴＭＩ総合法律事務所　パートナー弁護士・防衛経済安全保障プラクティスグループ共同代表<br>慶応義塾大学　大学院　政策・メディア研究科　特任教授 |
| 〃 | 立本　博文 | 筑波大学　ビジネスサイエンス系　教授 |
| 〃 | 堀越　功 | 株式会社日経ＢＰ　日経ビジネスＬＩＶＥ　編集長 |

## ２．情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会
## 電波上空利用作業班　開催経緯

開催経緯

令和７年２月３日 第 52 回総会にて諮問
令和７年２月 13 日 第 185 回情報通信技術分科会にて電波有効利用委員会を設置

■電波有効利用委員会
令和７年８月 28 日　第５回
(1)（略）
(2)　重点技術作業班の設置について
(3)（略）

■電波有効利用委員会・重点技術作業班合同ヒアリング
令和７年 10 月８日　第１回
関係事業者からのヒアリング

令和７年 11 月５日　第２回
関係事業者等からのヒアリング

■重点技術作業班
令和７年９月 18 日　第１回
(1) 重点技術作業班の設置について
(2) ワイヤレス分野の現状について
(3) 意見交換
(4) その他

令和７年 10 月 20 日　第２回
(1) 関係事業者からのヒアリング
(2) その他

令和７年 10 月 22 日　第３回
(1) ワイヤレス分野の技術動向及び現状分析について
(2) 構成員プレゼンテーション
(3) 関係事業者からのヒアリング

(4) その他

令和７年 11 月 27 日　第４回
(1) ワイヤレス分野の技術動向及び現状分析について
(2) 関係事業者からのヒアリング
(3) その他

令和７年 12 月 22 日　第５回
(1) 中間論点整理について
(2) その他

令和８年１月 27 日　第６回
(1) ワイヤレス分野の技術動向及び現状分析について
(2) ワイヤレス分野の重点技術について
(3) その他

令和８年２月６日　第７回
(1) 関係事業者からのヒアリング
(2) その他

令和８年２月 27 日　第８回
(1) ワイヤレス分野の重点技術の推進方策に関する検討について
(2) その他

令和８年３月 26 日　第９回
(1) ワイヤレス分野の重点技術について
(2) 重点技術作業班骨子（案）について
(3) その他

令和８年４月 16 日　第 10 回
(1) 重点技術作業班 報告（案）について
(2) その他

## ３．ヒアリングにおける構成員・事業者等提出資料

ヒアリングにおける構成員・事業者等提出資料

※　ヒアリングは非公開で実施したため、本資料集には構成員・事業者等提出資料のうち公表可能なもののみを掲載。

- 重点技術作業班（第１回 R7.9.18）
  - ・資料１－5　森川構成員提出資料
  - ・資料１－6　堀越構成員提出資料
  - ・資料１－7　黒坂構成員提出資料

- 電波有効利用委員会・重点技術作業班合同ヒアリング（第１回 R7.10.8）
  - ・資料１－1　日本電気株式会社提出資料
  - ・資料１－2　1FINITY 株式会社提出資料

- 重点技術作業班（第２回 R7.10.20）
  - ・資料２－1　楽天モバイル株式会社提出資料
  - ・資料２－2　ソフトバンク株式会社提出資料
  - ・資料２－3　KDDI 株式会社提出資料（全部非公開）
  - ・資料２－4　株式会社 NTT ドコモ提出資料

- 重点技術作業班（第３回 R7.10.22）
  - ・資料３－1　株式会社三菱総合研究所提出資料（全部非公開）
  - ・資料３－2　石井構成員提出資料
  - ・資料３－3　白石構成員提出資料
  - ・資料３－4　シャープ株式会社提出資料
  - ・資料３－5　クアルコムジャパン合同会社提出資料（全部非公開）

- 電波有効利用委員会・重点技術作業班合同ヒアリング（第２回 R7.11.5）
  - ・資料２－1 京セラ株式会社提出資料
  - ・資料２－2 トヨタ自動車株式会社提出資料
  - ・資料２－3 青木孝文 氏（東北大学 理事・副学長（企画戦略総括）・プロボスト・CDO）提出資料

- 重点技術作業班（第４回 R7.11.27）
  - ・資料 4－1　株式会社三菱総合研究所提出資料（全部非公開）
  - ・資料 4－2　エリクソン・ジャパン株式会社提出資料
  - ・資料 4－3　ノキアソリューションズ＆ネットワークス合同会社提出資料
  - ・資料 4－4　株式会社村田製作所提出資料
  - ・資料 4－5　日本無線株式会社提出資料
  - ・資料 4－6　アイコム株式会社提出資料

- 重点技術作業班（第６回 R8.1.27）
  - ・資料 6－1 株式会社三菱総合研究所提出資料

- 重点技術作業班（第７回 R8.2.6）
  - ・資料 7－1　住友電気工業株式会社提出資料
  - ・資料 7－2　三菱電機株式会社提出資料
  - ・資料 7－3　一般財団法人情報通信振興会提出資料
  - ・資料 7－4　モバイルコンピューティング推進コンソーシアム提出資料

- 重点技術作業班（第９回 R8.3.26）
  - ・資料 9－1　株式会社三菱総合研究所提出資料

資料１－５

# ワイヤレス分野で考えるべきこと

東京大学大学院工学系研究科
森　川　博　之
2025.09.18



## ワイヤレス分野の重要性

- ✓ ワイヤレスはすべての業態での生産性向上に資する社会基盤
- ✓ 2025年7月「防衛省次世代情報通信戦略について」に示されているように民生利用のみならず防衛利用でも極めて重要
- ✓ 世界情勢の不安定さに鑑みれば、安定的・セキュアなサプライチェーン網の確保に向けて、無線技術分野での自律性の確保・向上が重要
- ✓ 災害時・危機時における通信確保や復旧においても、レジリエンスの根幹を成す

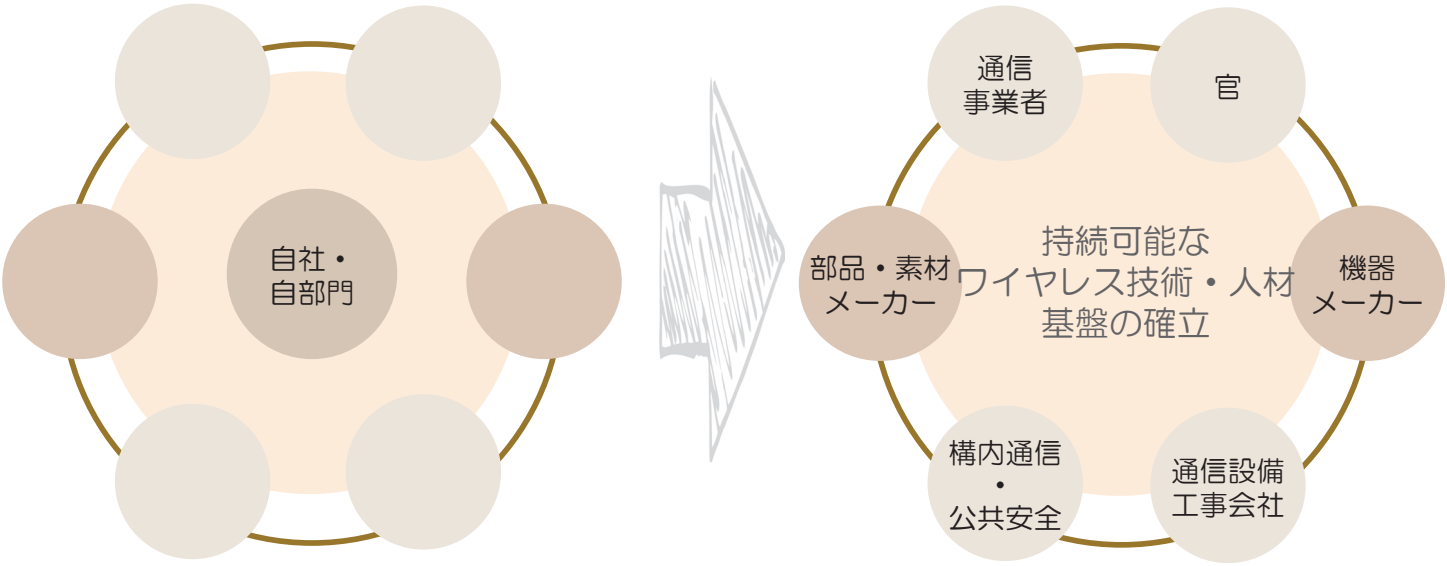
- ✓ 産業構造の縮小（通信事業者による設備投資額は減少傾向／国内機器メーカーは縮小傾向）
  - 若年層からの魅力度低下。熟練人材は高齢化
  - 現場を支える技術継承の困難化の懸念
- ✓ 教育・研究環境の弱体化
  - 市場の縮小や不透明化により、大学や企業における人材育成機能も弱体化の懸念
- ✓ 技術トレンドと人材ミスマッチ
  - 通信機器のソフトウェア化が進むが、ソフトウェア人材不足の懸念
  - AIやWeb系に比べて、ワイヤレス基盤技術は参入障壁が高い

## 人材に関する課題



- ✓ グローバル通信機器ベンダーの寡占化により、国内技術基盤・自律性が弱体化
- ✓ ベンダーロックインにより柔軟なネットワーク構築が困難に
- ✓ 素材・部品・機器・通信事業者・最終製品事業者の共創・連携機能が希薄。サプライチェーンが縦割り・断絶型で統合力に乏しい
- ✓ 通信設備工事作業員の高齢化、低単価、後継者不足が深刻。インフラ構築・保守の担い手が減少
  - 通信設備工事の協力会社数が減少し、持続的維持に対する懸念。災害時などへの対応力に懸念

## サプライチェーンに関する課題



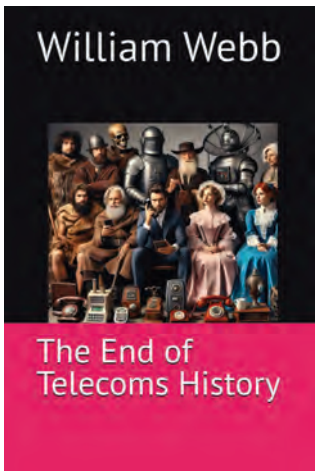

## 転換期

持続可能な通信基盤構築に向けて、関係者一丸となっての取り組みが必要



- ✓ New Low-Cost Operators
  - Had no masts, renting space from a towerco
  - Had no RAN equipment, renting it from the suppliers along with a maintenance contract from them
  - Had no core network, buying it as a service from a hyperscaler
  - Had no shops or physical presence, performing all activities online
  - Had no central office, using rented premises
  - Potentially, had no direct customers, selling wholesale capacity to MVNOs who handle the customer relationship

*The End of Telecoms History by William Webb, 2024.*




## 通信インフラのユーティリティ化

- ✓ AIはライブラリ（TensorFlow, PyTorch等）／クラウド開発環境（Google Colab, Jupyter Notebook等）／データセット（MNIST, ImageNet等）／競争型プラットフォーム（Kaggle等）が揃っていて、参入しやすい
- ✓ 裾野を広げる仕掛け
  - ライブラリ（MATLABやNVIDIA Sionna等との連携機構をもたせ研究者も利用できるライブラリの設計と開発）
  - クラウド開発環境（Google Colabのようなブラウザ型開発環境。遠隔実験環境も必要。上記ライブラリで操作）
  - 競争型PF（長期的性能目標（問題設定と評価指標）を設定し、ライブラリとクラウド開発環境を整備）
  - オープンソース化
  - 大学連合

東京大学成末准教授との議論をもとに作成

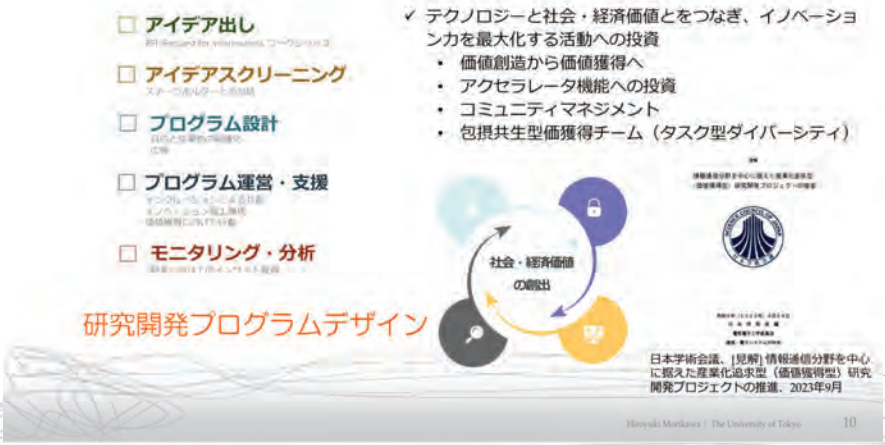
## ワイヤレス人材の裾野拡大

電子情報通信学会
情報通信エンジニアリング部門
（大学生への裾野拡大も一つのミッション）

WiCON（高専生への裾野拡大）

- ✓ ワイヤレス分野でのソフトウェア化により、研究開発から社会実装までのサイクルが短くなる
- ✓ （基礎研究以外の）研究開発のあり方を転換し、社会実装までのサイクルを素早く回す工夫が必要

## 研究開発



# 通信機器市場の現状認識について

2025年９月18日
日経BP 堀越功



## 自己紹介 堀越功　通信分野を長く取材してきたジャーナリストです

**■略歴**
日経ビジネスLIVE編集長。2004年から通信専門誌「日経コミュニケーション」記者として通信業界を取材。通信専門ニューズレター編集長を経て、17年から20年にかけて日本経済新聞社企業報道部（現ビジネス報道ユニット）で通信分野を担当する。日経クロステック副編集長、日経ビジネス副編集長を経て24年4月から現職。近著に『NTTの叛乱』（2024年）『通信地政学2030』（2022年）『官邸VS携帯大手』（2020年、いずれも日経BP）。大学講師や政府委員も務める。

**■主な社外役職等**
・**総務省 情報通信審議会 電波有効利用委員会 重点技術作業班**（2025年9月～）
・**総務省 情報通信審議会 IPネットワーク設備委員会 電気通信事業におけるパブリッククラウドシステム利用に関する検討作業班**（2025年7月～）
・**総務省情報通信審議会 IPネットワーク設備委員会 非常時における事業者間ローミング等に関する検討作業班 構成員**（2024年8月～）
・**総務省 情報通信審議会 IPネットワーク設備委員会技術検討作業班 構成員**（2023年1月～23年4月）
・**総務省 電気通信事故検証会議 周知広報・連絡体制WG 構成員**（2022年10月～23年3月）
・**総務省 非常時における事業者間ローミング等に関する検討会 構成員**（2022年9月～24年8月）
・**総務省 電気通信事故検証会議構成員**（2022年8月～）
・武蔵野美術大学デザイン情報学科特別講師（2020年～）
・日経電子版「Think!」エキスパート（2022年12月～）
・東京都スタートアップ支援事業「ソーシャルXアクセラレーション」審査員（2024年～）
・高専ワイヤレステックコンテスト（WiCON）審査員（2023年～）
・Interop Tokyoアワード審査員（2021年～）

ニュースを突く

# 日本製の通信機器、消滅の危機

通信

堀越 功
ほりこし・いさお

**日本の通信機器ベンダーはこの先も生き残れるのか。霞が関ではこんな危機意識が広がっている。日本勢の勝ち筋を見いだす議論が始まる。**

「このままでは5年後に、日本から通信機器ベンダーが消滅しかねない」。ある霞が関の関係者は筆者に対して、このような危機感を訴えてきた。

携帯電話の基地局などを開発・製造しているのが通信機器ベンダーだ。日本にはNECや、富士通が分社化した1FINITY（ワンフィニティ）、通信インフラ事業に再参入を果たした京セラ、そして、楽は、企業のデジタル化需要によるIT（情報技術）サービス分野のけん引によって絶好調だ。富士通は新光電気工業や富士通ゼネラルといった非IT分野の関連会社の株式を売却。NECも子会社の日本航空電子工業株を売却するなど、経営資源をIT分野へと集中させている。

同じようにNECと富士通が、経営の主流ではなくなった通信機器事業を売却するのではないか――。業界内ではこんな観測が浮上する。それが冒頭の霞が関における危機意識を高めている。

## 生き残れるか最後のチャンス

経営の視点から見ると、NECや富士通がIT分野に集中することは極めて正しい戦略だ。実際、両社の株価は、こうした経営戦略の正が効かなくなるようなことはしない」。あるNECの幹部はこのように打ち明ける。ただNECの通信インフラ事業は、開発費を抑えるなどして効率化が進む。防衛関連事業などへの人材シフトも進めており、事業が縮小へ向かっているのは事実だ。

日本の通信機器ベンダーのこの先の勝ち筋はどこにあるのか。もはや中国・華為技術（ファーウェイ）やエリクソン、フィンランドのノキアといった通信機器大手との差を日本勢が縮めることは難しい。

安全保障や国益の観点で、どの技術分野にフォーカスすべきなのか。そもそも日本に通信機器ベンダーが数社存在することが過剰で、生き残るためには1社でまとまった方がいいのではないか。

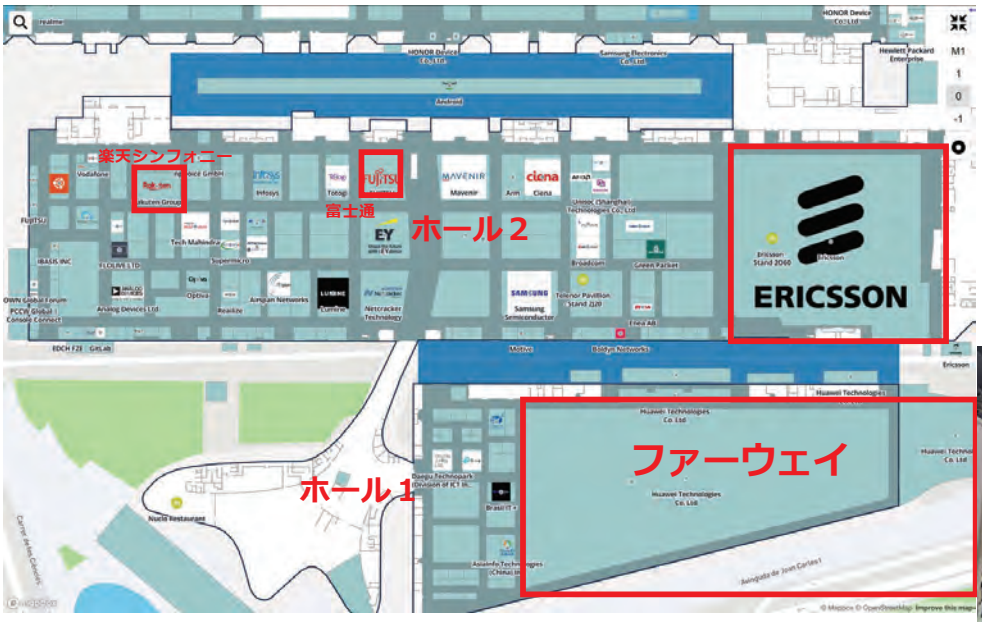


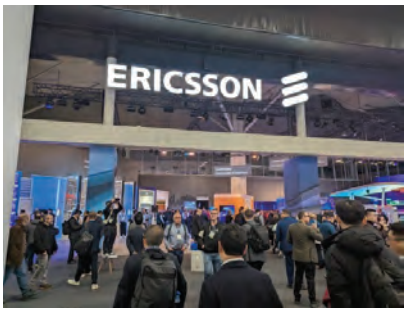
（出所＝日経ビジネス2025年9月1日号）

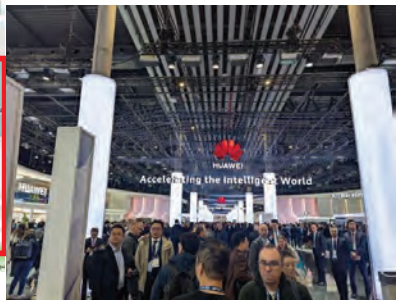
# MWC2025における日本の通信機器ベンダー

・日本勢は富士通、NEC、楽天シンフォニー、京セラなどが出展。**Open RANをメインに訴求。**NECは商談スペースメインに
・巨大ブースを展開する**中国・華為技術（ファーウェイ）、スウェーデン・エリクソン**と日本勢の差は、展示内容、面積を含めて**年々差が開いている印象**

# ファーウェイやエリクソンは巨大ブースを展開






# Open RAN市場は正念場に

（出所＝米デロー ロ・グループ）

ECHOSTAR

**EchoStar Announces Spectrum Sale and Hybrid Mobile Network Operator (MNO) Agreement, Steps Toward Resolving Federal Communications Commission's (FCC) Inquiries**

August 26, 2025

*EchoStar to sell 3.45 GHz and 600 MHz spectrum licenses to AT&T for approximately $23 billion.*

*Boost Mobile will continue to compete in the U.S. wireless market as a hybrid MNO, offering subscribers connectivity through Boost Mobile's cloud-native 5G core and AT&T's cell sites.*

ENGLEWOOD, Colo., Aug. 26, 2025 /PRNewswire/ – EchoStar has entered into a definitive agreement with AT&T to sell the company's 3.45 GHz and 600 MHz spectrum licenses – a total of 50 MHz of nationwide spectrum – for approximately $23 billion, subject to regulatory approval. In addition, the companies have amended their network services agreement to create a hybrid mobile network operator (MNO) relationship. This transaction is part of EchoStar's ongoing efforts to resolve the Federal Communications Commission's (FCC) inquiries.

ECHOSTAR

The license sale to AT&T will enable rapid deployment of the purchased spectrum to U.S. consumers across the country, as AT&T has the option to lease the spectrum, pending the closing of the spectrum sale. This arrangement benefits both AT&T and Boost Mobile subscribers.

"I'm enormously proud of the EchoStar team for deploying the world's first Open RAN network in record time, despite industry skepticism and in the face of the many challenges raised by the COVID-19 pandemic," said Charlie Ergen, co-founder and chairman, EchoStar. "EchoStar and Boost Mobile have met all of the FCC's network buildout milestones. However, this spectrum sale to AT&T and hybrid MNO agreement are critical steps toward resolving the FCC's spectrum utilization concerns."

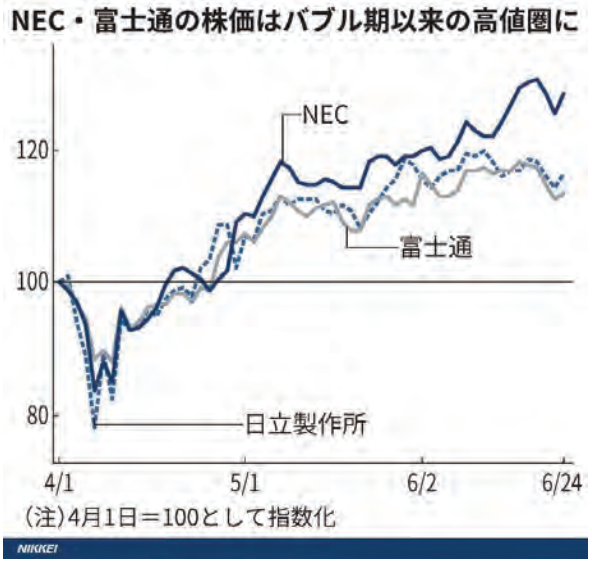
（出所＝米エコースター）

・米調査会社デロー ロ・グループによると、日本勢が期待を寄せていた**Open RAN市場は失速**。日本と米国の大規模導入で市場は急成長したが、その後は停滞し、**2年で約40%の売上減少**

・**米国第4の携帯電話事業者**として、Open RANや仮想化と活用した先進的なネットワークを展開してきた**米エコースター（旧ディッシュ）は25年8月末、米AT&Tに周波数を売却すると発表**。自社設備による無線アクセス網の展開を断念

・**Open RAN市場にさらなる打撃**を与える恐れ

# NECと富士通は成長分野に経営資源シフト




（出所＝日経電子版 2025年6月5日）

・（物言う）株主は資本効率性を求める。**本業以外の事業分野に対して切り離し圧力も。**富士通は新光電気工業や富士通ゼネラルの株式を売却。NECも日本航空電子工業株を売却
・NECは**防衛分野に通信系人材シフト**、富士通は**通信機器事業を分社化**
・NEC、富士通本体は、企業のDX需要が後押しして**バブル期以来最高の株価圏内に**



# 日本の通信機器ベンダー消滅は時間の問題

・日本から**通信技術やノウハウが無くなってしまうことが最大の懸念**。一度撤退すると再参入は大きなハードル
・生き残るためには少なくとも**事業構造の変革（合併・再編）が必要**
・Open RANが停滞している以上、今からファーウェイ、エリクソンに追いつくのは困難。**勝てる分野を見定めて、研究開発投資**を進めるべきではないか**（NTN、ミリ波分野など）**
・**経済安全保障上のボトルネックがどこにあるのか**精査が求められる（米国も英国も自国に大手基地局ベンダーを持たず、北欧ベンダーに頼る）
・通信市場だけではなく、**防衛関連などデュアルユース**を念頭に技術やノウハウを維持する視点も必要ではないか
・**何もしないことによるリスク**と、**手を打つリスク**を考えると、後者のほうが可能性があるのではないか

# AIネイティブネットワーク時代に向けた人材育成も

・6G時代は**AIトラフィックが支配的に**なる見込み
・AIに最適化したネットワーク構築のノウハウが今後は重要。**AIネイティブインフラが国力を左右**する可能性も
・**AIネイティブネットワーク時代の標準化をリードする人材**が、これから求められるのではないか
・選択と集中によって、**先回りして世界市場で生き残る**必要があるのではないか
・**海外の有力プレーヤーとも連携**し、日本のニーズを反映できる研究開発の枠組みも必要



# ご清聴、ありがとうございました

資料１－７

# 今後重視する技術とその考え方（私案）

総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会
電波有効利用委員会 重点技術作業班

クロサカタツヤ（株式会社 企／慶應義塾大学）

2025年9月18日

## 自己紹介：クロサカタツヤ

株式会社 企（くわだて） 代表取締役
慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 特任准教授
慶應義塾大学X-dignityセンター 副代表
ジョージタウン大学 客員研究員

【略歴】
1999年慶應義塾大学大学院修士課程修了。三菱総合研究所を経て、2008年に株式会社 企（くわだて）を設立。通信・放送セクターの経営戦略や事業開発などのコンサルティングを行うほか、様々な政府委員を務め、政策立案を支援。2016年からは慶應義塾大学大学院特任准教授、2024年から米国ジョージタウン大学客員研究員を兼務。近著『5Gでビジネスはどう変わるのか』（日経BP社、単著）、『生成AI時代の教養 技術と未来への21の問い』（風涛社、共著）。

「5Gでビジネスはどう変わるのか」（2019/11/14）

共著
「生成AI時代の教養 技術と未来への21の問い」(2024/4/22)

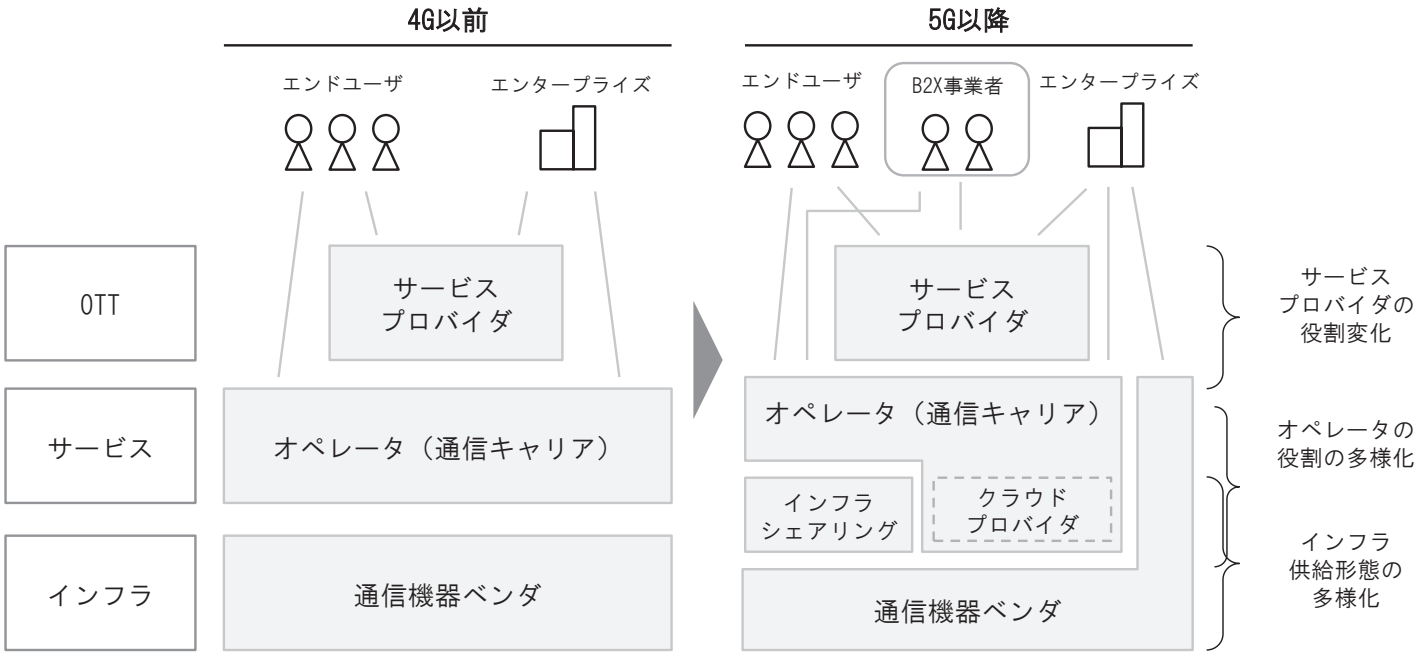
【主な公職・役職等】
- 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会 重点技術作業班 構成員（2025年～）
- 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波有効利用委員会 専門委員（2025年～）
- 経済協力開発機構(OECD) DFFT専門委員会 委員（2024年～）
- 一般社団法人日本ネットワークインフォメーションセンター（JPNIC）理事（2024年～）
- オリジネーター・プロファイル技術研究組合 事務局長（2022年～）
- 公正取引委員会 デジタルスペシャルアドバイザー（2021年～）
- 総務省 デジタル空間における情報流通の諸課題への対処に関する検討会 デジタル広告ワーキンググループ 構成員（2024年～）
- 総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会 IPネットワーク設備委員会 非常時における事業者間ローミング等に関する検討作業班 構成員（2024年～）
- 経済産業省 令和5年度 Web3.0・ブロックチェーンを活用したデジタル公共財等構築実証事業 有識者委員会（アドバイザリーボード）座長（2024年～）
- 総務省 電気通信事故検証会議 構成員（2022年～）
- 総務省 消費者保護ルールの在り方に関する検討会 構成員（2021年～）、他

© 2023- Kuwadate, Inc.

# ■ 5G時代の産業構造の考え方（私案）

総務省5Gビジネスデザイン WG（2023年3月24日）発表資料再掲

- 市場やプレーヤーの類型や役割の多様化・複合化、製品・ソリューションの拡大など、あらゆる面において、5G以降のモバイル通信産業は、4G以前の産業構造に比べて複雑化している
- 5Gのビジネスデザインにおいては、オペレータ（通信キャリア）が多様な役割を担うことを中心に据えつつ、それ以外のプレーヤーが様々な役割や機能を担いながらビジネスモデルが形成されることに、十分な留意が必要




© 2023- Kuwadate, Inc.



# ■ 注目テーマ(1)：OpenRAN

総務省5Gビジネスデザイン WG（2023年3月24日）発表資料再掲

- OpneRANは技術的な成熟の不足が長年指摘されてきたが、ここ1-2年で部分的には安定し始めており、経済安全保障を追い風にした事業化が進み始めている
- クラウド上でのvRAN実装も進み始めており、クラウドネイティブの先行事例の一つとしても取組が進む

- OpenRANはもともと通信キャリア側がベンダーに対する交渉力の確保を目的の一つとしていたことから、通信キャリア側での取組の説明が多い
- 一方、RAN（ラジオアクセスネットワーク：基地局からコアネットワークまでの区間）は、最終的には基地局（無線機）が物理的な存在として残ること、同区間の回線敷設に様々な方式（同軸ケーブル、光ファイバ、電波＝マイクロ波の伝送）があることなどから、「方言」の多い複雑な状況であり、キャリアも稼働の安定性や置き換えの可能性を確かめながら進めている
- 経済安全保障の意識の高まりを受けて、OpenRANは「自由主義・民主主義陣営の事業者による機器やサービスの提供」という戦略オプションとしても位置づけられており、NECや富士通等の復権など、MWC23でもこうした状況変化を反映した展示が多く見られた
- NTTはドコモを中心にOpenRANの取組の先導を、前述のような陣営の協調の観点も含めて目指しており、今回のMWC23ではO-REXというブランドでインテグレーション（コーディネーション）のビジネスを打ち出した

出所：弊社撮影（NTTドコモブース）

© 2023- Kuwadate, Inc.

# ■ 注目テーマ(2)：クラウドネイティブ

総務省5Gビジネスデザイン WG（2023年3月24日）発表資料再掲

- クラウドネイティブは2022年のAT&Tのネットワーク部門のマイクロソフトへの売却（及びそれを基礎としたAzure for Operatorsの商品化）を契機に、vRAN、コアネットワーク、OSS/BSS等に普及しつつある
- 具体的なユースケースが見えてきた他、ノキアがAWSやMSとの提携を発表するなど、既存事業者も事業構造の転換を迫られつつある

- クラウドネイティブはすでに大きなトレンドであり、AWSやMSの展示への関心は引き続き高まっている状況
- すでに導入した通信キャリアによるユースケースの説明等もあり、クラウドネイティブを牽引するマイクロソフトのブースでは英国BTのマネージャがAzure for Operator（Azureの通信事業者向けサービスパッケージ）の導入についてPros/Consを説明していた
- BTのマネージャによると、Azureが完璧というわけではなく、特にBTのような大規模市場を持つ寡占事業者かつ（顧客対応で）海外市場への進出が必要となる事業者は、マルチベンダ対応やクラウドネイティブ以外の代替策を持つ必要を強調、ただしそれでもクラウドネイティブのメリット（早さ、安さ、スケーラビリティ、オペレーション自動化）は大きく、今後BTクラスのキャリアは全員対応するだろうと説明
- 大手クラウド事業者だけでなく、NECやInfosys等のインテグレータ、また楽天シンフォニーもvRANと統合したソリューションを展示・説明するなど、各社の取組が増えている
- クラウドネイティブは伝統的ベンダービジネスの事業機会を奪うことにつながるため、3大ベンダーは原則としてネガティブ（消極的）だったが、ノキアがAWSやMSとの提携を発表し事業転換を図ることを発表するなど、大きな節目を迎えた

出所：弊社撮影（左 マイクロソフトブース、右 ノキアブース）

© 2023- Kuwadate, Inc.



# ■ 注目テーマ(3)：グリーン

総務省5Gビジネスデザイン WG（2023年3月24日）発表資料再掲

- 各社とも対応を強化しているが、機器やソリューションの入れ替え時にしか対応できないこともあり、プロダクトレベルでの日進月歩が進んでいる状況
- 実績の積み重ねという意味では5Gで先行する中国事業者（とりわけファーウェイ）に一日の長がある

- グリーンやサステイナビリティへの対応は各社とも強化しており、通信機器に関してはMWC22と比べて実装が進んだ印象
- 先行するのはファーウェイで、通信機器（基地局等）の効率化や小型化、ソフトウェア化で利用するブレードサーバ、データセンターの全体運用等で、それぞれグリーン対応（省電力化、効率化、小型化）の取組を具体化している
- 小型化や複数周波数帯や複数通信規格（2G-5G）の統合による効率化等を目指すアプローチはエリクソンやノキアも追随しており、機器の入れ替えや世代交代に伴い進展することを企図している
- 端末メーカーではSamsungがサスティナビリティに関する取組をブースの中央正面に配置し、また端末そのもののよりも、そのサスティナビリティへの配慮（リサイクルや半導体のサーキュラー化）のアピールを強調、これは今年のCESと同様の位置づけ

出所：弊社撮影（左 エリクソンブース、右 ファーウェイブース）

© 2023- Kuwadate, Inc.

# ■ 我が国企業の5Gビジネスの環境評価（SWOT分析）

総務省5Gビジネスデザイン WG（2023年3月24日）発表資料再掲

- 産業構造の複雑化に対して、日本の5Gビジネスの環境は、①モバイルブロードバンドの基礎的な需要の強さ、②4Gネットワークも含めた基礎的なインフラの充実、③オペレータが上位層のサービス（決済やポイント等）をカバーしていること等、5Gビジネスを促進させる潜在能力は高い
- 一方で①4Gの完成度が高いこと、②FWAが5Gの初期サービスとしにくいこと、③国際的なスケールが獲得しづらいこと、④クラウドネイティブ等の最新トレンドへの不調和、等の課題も存在する

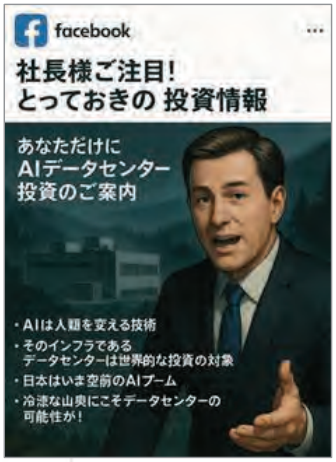
| | ポジティブ要因 | ネガティブ要因 |
|---|---|---|
| 内部環境 | **S**<br>• スマートフォンエコシステムが完成しており、モバイルブロードバンドの新規需要は（本来的には）喚起しやすい<br>• モバイルネットワーク敷設のためのインフラ（電力、回線、タワー等）が充実している<br>• 4G環境が充実しているためNSAをスタートさせやすい | **W**<br>• 完成度の高い4G環境により5G需要が顕在化しにくい<br>• 高付加価値ユーザが屋内（ビル内、電車内等）に滞在する時間が長く、高周波数帯の基地局整備の難易度が高い<br>• 5Gカバー率の算定要件が高く、事業者として敷設の取組が長期化しやすい<br>• 光ファイバ網の普及が進んでいるためFWAが5Gサービスの初期的なユースケースになりにくい<br>• LTE/4G時代の通信機器の国際競争に十分参加できずスケールが取りづらい |
| 外部環境 | **O**<br>• 4Gへの移行が順調に進み旧世代（2G/3G）を停波させやすい<br>• ネットワークに対する消費者の要求水準が高いため堅牢性が評価されやすい<br>• 独自の決済システムやポイントエコノミー等の普及・定着により、電気通信事業者が当該サービスやデータエコノミーに比較的アクセスしやすい<br>• スマホゲームが流行しており新しいビジネスモデルやマネタイズ手段にチャレンジしやすい | **T**<br>• 諸外国に比べてネットワーク構成が複雑化しやすく、マイグレーションの難易度が相対的に高い<br>• クラウドに対する理解や経験が不足しており、クラウドネイティブの興隆等に対して柔軟な対応が取りづらい<br>• 通信・デジタルセクターに対するカーボンニュートラル対応やESG対応の要請が高まっており対応が必要<br>• 経済安全保障意識の高まりを受けて事業者にとってのオプションが相対的に減少している<br>• シェアが高いiOSの対応状況にサービスが依存しやすい |

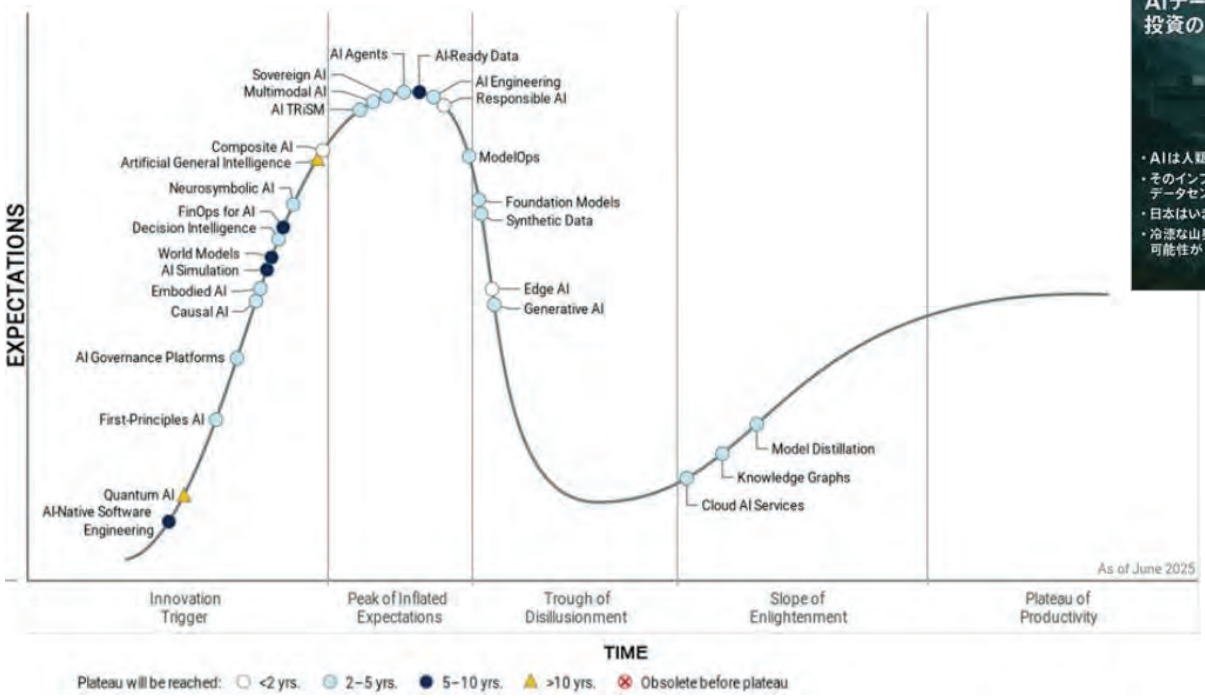
© 2023- Kuwadate, Inc.



# ■ AIをどう受け止めるか

- AIは確実にバブルの状態、しかしAIから逃れるわけにはいかない
- AIの「適正化」への取組が社会的に強く要請される…つまり「大きな需要」が生まれる



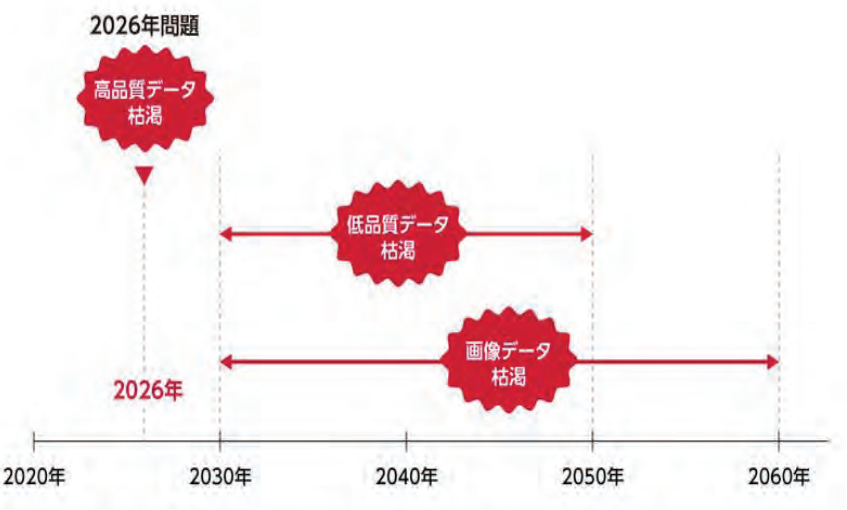

出所 右 Gartner Hype Cycle Identifies Top AI Innovations in 2025

© 2023- Kuwadate, Inc.

# ■ データの課題を理解し、必要なデータを改めて特定する

- 無節操に教師データを「乱獲」してとにかく大量に学習させて相関関係に基づくAIでは「信頼性」は得られない
- HPCにおけるシミュレーションと同様に、物理法則を理解して適正な利用局面で正確・精密な処理を行うAIが必要

- 圧倒的なデータ不足
  - 2026年問題
  - 「良質」な教師データが枯渇する
- データ不足の背景
  - 直接のきっかけはAIバブル
  - デジタイズ／デジタライズがまったく足りていない（DXの致命的な間違い）
- どのようなデータが必要か
  - ファーストパーティデータ(1st party data)
  - 新鮮なデータ(fresh data)
  - 検証可能なデータ(verifiable data)

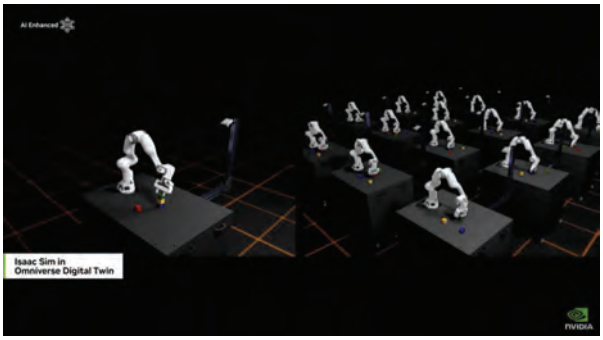



出所 NTTdocomoBusiness Watch https://www.ntt.com/bizon/glossary/j-n/2026-problem-ai.html

© 2023- Kuwadate, Inc.


# ■ フィジカルAIへの大きな期待

- LLMも機械学習の一つであり共変量シフトは不可避（ヒヨコの雄雌識別を学習させたAIに豚の年齢は当てられない）
- 無節操に教師データを「乱獲」してとにかく大量に学習させて相関関係に基づくAIでは「信頼性」は得られない
- HPCにおけるシミュレーションと同様に、物理法則を理解して適正な利用局面で正確・精密な処理を行うAIが必要




フィジカルAIにより、ロボットや自動運転車などの自律マシンは、現実の（物理的な）世界を認識、理解して、複雑な行動ができるようになります。また、洞察や実行すべきアクションを生成する能力もあることから、よく「生成フィジカル AI」とも呼ばれます。

生成AIモデル（GPTやLlamaなどの大規模言語モデル）は、主にインターネットから収集された膨大な量のテキスト データと画像データで学習されています。これらのAIには、人間の言語や抽象的な概念を生成する驚異的な能力がありますが、物理世界とその法則を理解する能力には限界があります。

生成フィジカル AI は、私たちみんなが暮らす3D世界の空間的な関係性と物理的な動作を理解することで、現在の生成AIを拡張します。これは、AIのトレーニング過程で、現実世界の空間的な関係性と物理的な法則に関する情報を含む追加データを提供することで行われます。

3Dトレーニングデータは、高精度なコンピューターシミュレーションから生成され、これがデータソースおよびAIトレーニングの基盤として機能します。

物理ベースのデータ生成は、まず工場などの空間のデジタル ツインから始まります。そして、この仮想空間にセンサーとロボットなどの自律マシンを追加します。現実世界のシナリオを模倣するシミュレーションが実行され、センサーは動きや衝突などの剛体力学や、環境における光の影響など、さまざまな相互作用を取り込みます。

出所 https://www.nvidia.com/ja-jp/glossary/generative-physical-ai/

© 2023- Kuwadate, Inc.

# ■ その技術は何にどう貢献するのか

- 技術そのものは簡単には変わらない
- 新しい「文脈」をどのようにもたらし、市場変化・環境変化と対峙するか

| | 従来の価値 | AIの台頭を念頭に置いた価値 |
|---|---|---|
| OpenRAN | • RANの効率化・最適化<br>• 水平分業による相互運用性<br>• ベンダーロックインの回避による陳腐化への対処 | • AI利用の拡大に向けた計算機資源の提供（例：AI-RAN）<br>• 物理世界の処理・制御により貢献するAI資源の提供（例：エッジAI、RAN間のオーケストレーション）<br>• ユースケースに最適化したRANの設置・運用（例：ドローン利用向け基地局等） |
| クラウドネイティブ | • スケールアウトの実現<br>• ビジネスモデル転換（変動費化）<br>• ネットワークAPIとの親和性に基づくアプリとネットワークの密結合化 | • 検証可能な教師データの供給（例：通信キャリアの認証に基づくデータの品質保証等）<br>• RAN以外の部分の多重化によるリアルタイムオペレーションの品質向上（例：24/7のデータ安定供給） |
| グリーン | • 環境性能の向上<br>• データセンタ開設可能性の拡大や利用の効率化<br>• 通信機器等の設置や置き換えの容易な実現 | • 通信資源や計算機資源の分散化と、それによる計算機資源ニーズへの動的な対応の実現<br>• 事業機会を含めた持続可能性の提供（AI利用機会の拡大） |

© 2023- Kuwadate, Inc.


KUWADATE

© 2023- Kuwadate, Inc.

総務省　情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会／重点技術作業班

# 日本の通信インフラを牽引する技術戦略

2025年10月8日
日本電気株式会社

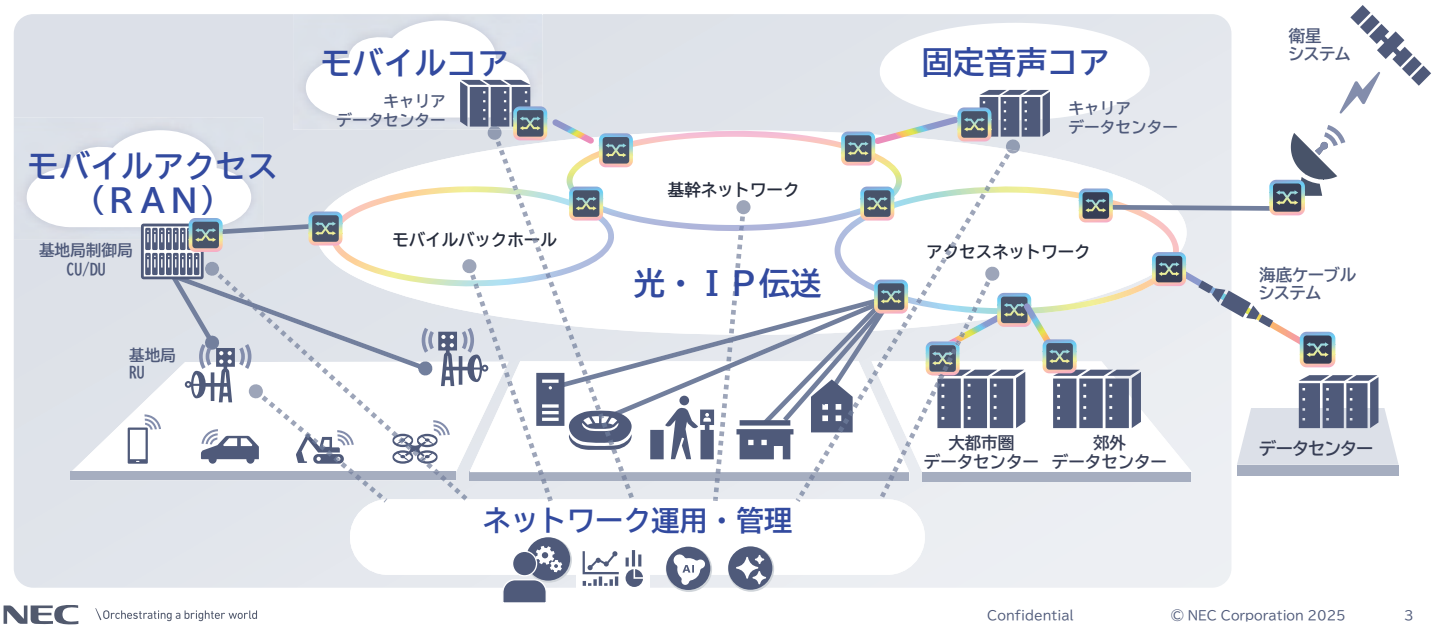
NEC \Orchestrating a brighter world

1. NECが目指す通信インフラのビジョン
2. NECの考える技術戦略
3. NECの考える未来に継承すべき国産技術


© NEC Corporation 2025

# NECの通信インフラ事業スコープ

基幹ネットワークからアクセスネットワーク、モバイルバックホール、基地局制御局、データセンターに至るまで、
End-to-Endの通信インフラ製品とソリューションを提供する、国内で唯一のベンダー






# 予測不能な社会情勢

## 次々と発生する社会課題

**地政学的リスクの増大**

ブロック経済化 / 米中経済対立 / 関税 / 紛争の長期化

**エネルギー問題**

価格の乱高下 / 供給の不安定化

**社会の複雑化**

価値観の多様化 / 情報過多と分断の加速 / 労働人口の減少 / サプライチェーン分断

**自然災害リスク**

異常気象 / 山火事 / 洪水 / 地震

NECが目指す未来のビジョン

人を尊重し、人の能力を高める

産業の質を高める

安全・安心な
社会・環境の持続性を高める

© NEC Corporation 2025


NECが目指す通信インフラのビジョン

AIとロボティクスが融合し、人の可能性を引き出すパートナーへ

AIネイティブ社会

AI
人と
「自然に協働する」パートナー

Robotics
人々を
「リアルに支える」パートナー

Network／通信インフラ


Confidential © NEC Corporation 2025

## 「AIネイティブ社会」を支える高度なネットワーク

AIネイティブ社会でネットワークに求められる **要件**

| Network for AI | | AI for Network | |
|---|---|---|---|
| 1 さまざまな条件下での通信品質維持 | 2 環境負荷の低減 | 3 ネットワークのサステナビリティ | 4 重要インフラとしての安全安心の実現 |



NECが提供する価値

## 高度なネットワークの実現

## 日本発のネットワーク技術と品質のグローバル展開

実現に向けて必要な要素

- 最先端技術開発の継続
- 国内商用実績
- 海外標準機能

構成員限り

1. NECが目指す通信インフラのビジョン

2. NECの考える技術戦略

3. NECの考える未来に継承すべき国産技術



## 通信インフラ業界を取り巻く環境

- 資本市場からグローバル通信機器トップベンダーも厳しい評価
- ハードウェア事業で市場シェアを求め激しい価格競争が進行
- 機能、付加価値がデバイスとソフトウェアに集約
- それにより、通信機器のコモディティ化が加速

構成員限り

# NECの市場ポジション

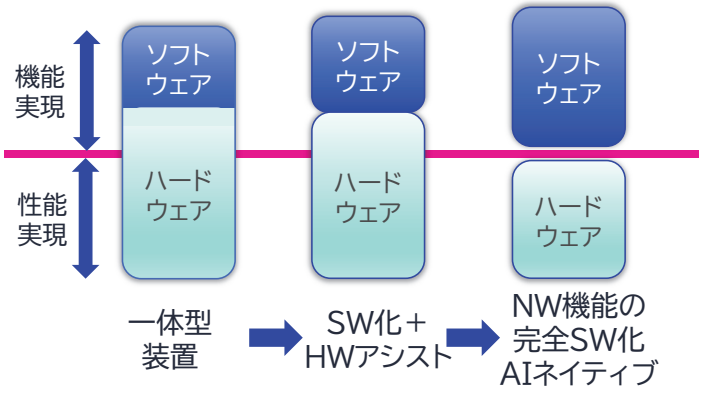
構成員限り



# 通信インフラのソフトウェア化に関する見通し

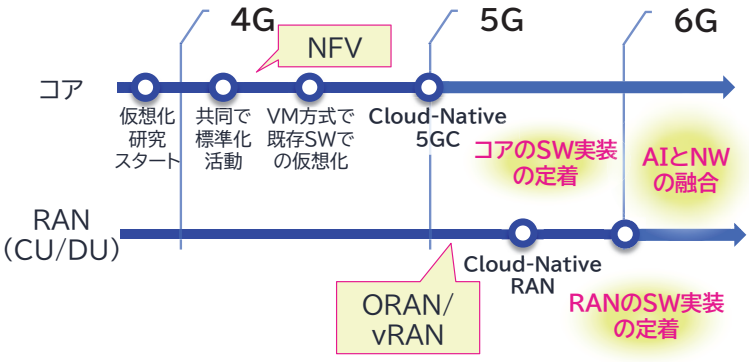
## ソフトウェアとハードウェアの分離

- コア、CU、DUはソフトウェア化が進行
- 機能はソフトウェア、性能は汎用ハードウェアで実現
- これにより、機能と性能の計画、サービスと設備の計画を分離可能




## ソフトウェア化の進展

- RANについても、コアの事例になぞらえると、6Gではソフトウェア化が定着すると予想
- vRANも、アーキテクチャ変更を乗り越えれば、ソフトウェアの機能追加のみで6G以降に対応可能



# NECの考えるレベル5完全自動化への道

- 複数のAIが連携するAgentic AIにより、インテリジェントに自動制御されるネットワークが形成可能
- 2028年のゼロタッチオペレーション、2030年の完全自律運用（AN5）実現

**Systemization/Data Integration**

- Introduction of digital workflows
- Development of a data accumulation platform
- Cloud-native technology

**AI/ML implementation**

- Advanced automation through AI/ML
- Continuous agile tuning of AI
- Utilization of local LLM

**Introduction of Intent Technology**

- Declarative instructions based on Intents.
- Automated optimization of business goals
- Level 5 Full automation



# NECの技術戦略

コモディティ化が進む通信機器市場において、付加価値のある部分と完成品の設計品質へ戦略的に投資

## 最先端技術 × 日本高品質

**情報を大容量かつ遠距離へ伝送する「通信の本質」を追求するハードウェア技術**

**強靭性および持続可能性を向上させるソフトウェア技術**

1. NECが目指す通信インフラのビジョン

2. NECの考える技術戦略

**3. NECの考える未来に継承すべき国産技術**



## 未来に継承すべき具体的な国産技術

具体的な技術領域は以下の通り
これらの技術は相互に関連し、相乗効果を発揮することで、より高度で信頼性の高い通信インフラの実現に貢献

01 ハードウェア技術 ソフトウェア技術
**高速大容量・高周波数効率の実現**
- 周波数バンド特性を考慮したmMIMO/ビームフォーミング技術
- 周波数横断活用を実現するマルチバンド無線制御技術

02 ハードウェア技術 ソフトウェア技術
**低消費電力化の追求**
- 無線の高度な電力管理技術
- 高周波回路設計手法と集積化技術
- 光電融合

03 ソフトウェア技術
**システム運用の高度化**
- 国産ソフトウェアとAIを活用したシステム自動化・最適化技術
- 仮想化・コンテナ化を活用した通信インフラ強靭化技術
- AI RAN

# 最後に



NECが提供する価値

## 高度なネットワークの実現
## 日本発のネットワーク技術と品質のグローバル展開

NECは、

通信の本質である「高速大容量・長距離伝送」を追求し、
日本が誇る高品質を掛け合わせることで、
グローバル競争を勝ち抜くことを目指します。

O-RANを通じたオープン化戦略や、技術アセットのマネタイズなど、
新たなビジネスモデルにも積極的に挑戦し、
日本発のネットワーク技術と品質をグローバルに展開することで、
より豊かな社会の実現に貢献します。

（ご参考）

構成員限り



構成員限り

構成員限り

構成員限り

構成員限り

構成員限り

構成員限り

構成員限り

構成員限り

NEC

\Orchestrating a brighter world

1FINITY
a Fujitsu company

# 1Finityビジネス状況

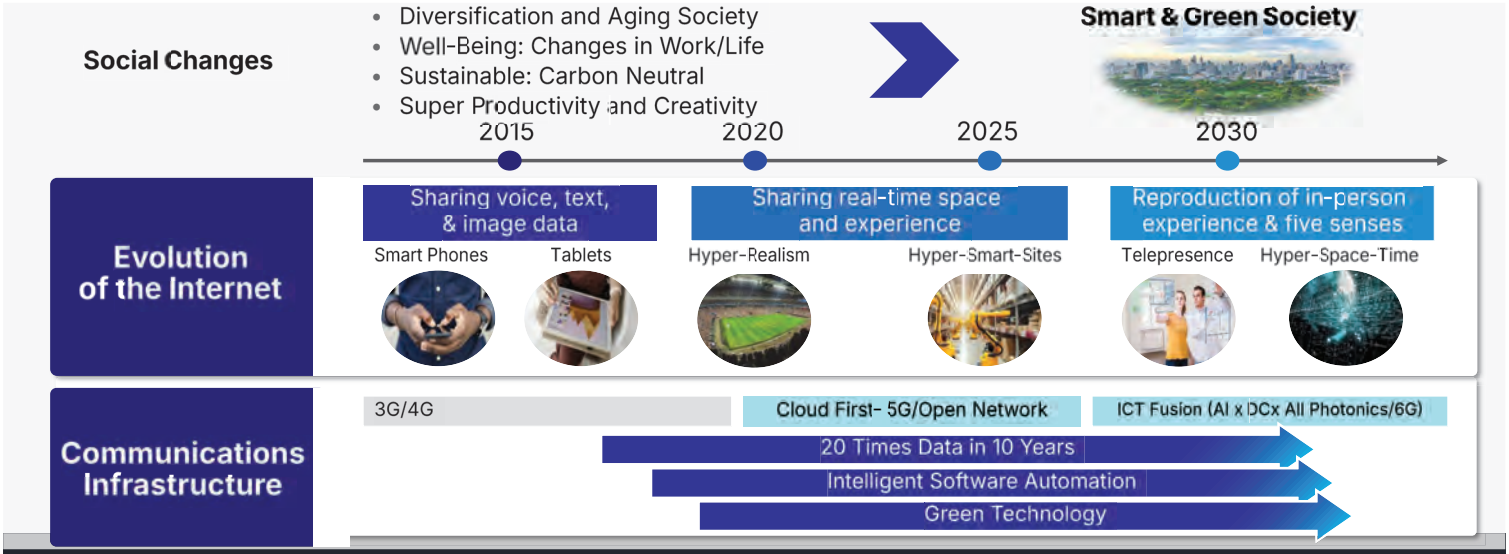
2025年10月8日

1Finity株式会社


© 1Finity Inc. 2025 | 1Finity-Restricted

## 2030年に向けた市場環境の変化

- 通信基盤からサービス創出基盤へ
- サービスの多様化（音声、映像、リアルタイム、データ、AI）により、データセントリックな通信PFと国家基盤PFの混在
- リソース枯渇により省人化、省電力化が必須となり、自働化、電力含めたコストを低減へ投資傾倒

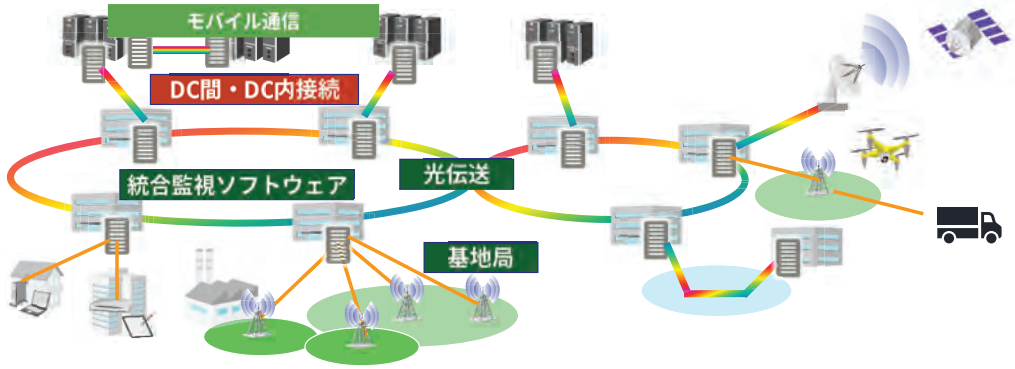




© 1Finity Inc. 2025 | 1Finity-Restricted
1FINITY

# 1Finityの注力領域

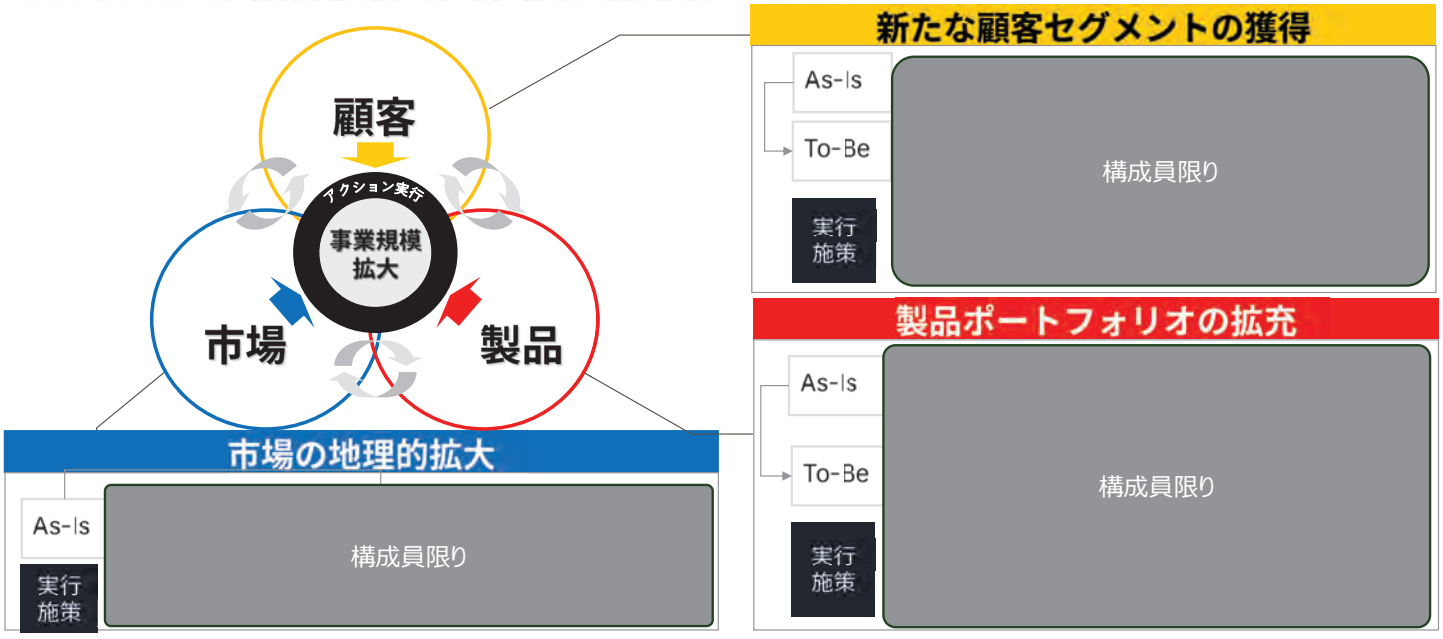
**日本発のテクノロジーで安心・安全な通信インフラの進化に貢献**




| | |
|---|---|
| 顧客 | 通信事業者に加え、ハイパースケーラーやデータセンター事業者へ顧客セグメント拡大 |
| 市場 | 北米に加え、アジア・欧州地域への地理的拡大、体制の強化、提供価値の強化 |
| 製品 | ポートフォリオの拡充 |


© 1Finity Inc. 2025 | 1Finity-Restricted

# 1Finityの事業成長へ向けた取り組み





© 1Finity Inc. 2025 | 1Finity-Restricted

# 核となる戦略とグローバル展開の課題

## 核となる戦略

構成員限り

## グローバル展開における課題

| | 課題領域 | 課題事象の例 |
|---|---|---|
| 1. | 人材不足<br>無線技術継承<br>ビジネス継続 | 無線要素技術に携わるエンジニアのリソース枯渇<br>• 無線エンジニア(PA,Filter等)リソース枯渇(高齢化・継承難)によるRU総合技術力の低下の懸念<br>• 無線エンジニアに関して希望する経験やスキルを持つ候補者が見つかりにくい状況（新人採用・キャリア採用、共に難しい状況）<br>グローバルビジネスを担う人材の継続的育成<br>• 1980～90年代に世界各国への通信機器輸出ビジネスを担った世代の引退。<br>• 海外研修・海外駐在・海外企業との提携プロジェクト等によって得られた知見・ノウハウが個人に留まり、組織知化せず。<br>• グローバルなケーパビリティを高める施策を実行することもあるが、短期的な損益状況の影響により継続せず。 |
| 2. | グローバル市場における当社の認知度 | • グローバル市場に向けた技術やケーパビリティのアピール不足。<br>• 様々なパスを活用した各国の政府・ステークホルダーへの積極的なリーチアウトが十分ではない。 |
| 3. | 社会インフラビジネスを担う各国での事業基盤 | • 現地の通信監督官庁との関係性構築が限定的。<br>• 現地における事業拠点構築の難しさ（自社拠点設立 vs. パートナー活用等）。<br>• ネットワーク運用実態の把握が不十分（顧客のペインポイント解決への貢献に必須）。 |
| 4. | 国際標準化への参画・成果創出 | • 大手競合他社と比した劣勢（参加人数）。<br>• 標準化は成果創出に時間がかかる特性を持つが、長期的な活動を支える財務体力面の困難さ。<br>• 標準化に参画する人材のキャリアパスの難しさ。 |


© 1Finity Inc. 2025 | 1Finity-Restricted
1FINITY

# モバイルシステム事業の現状と成長戦略

**1)現状認識**

- 当社は長年の特定顧客依存により、受託化傾向と営業の自律性低下が進行。3G以降のグローバル展開では Incumbentロックイン（世代間抱合せ・非公開インタフェース等）とRAN機能実装の不足が重なり、グローバル商談で競争力を欠いた
- 一方、RU事業はフロントホールのオープン化を追い風に採用実績を積み、当面の牽引役となりつつある(日米欧の事業者に採用)が、厳しい収益環境。

**2)当面の事業環境**

- 基地局の仮想化（vRAN）の本格的な移行は、性能面、事業的な意味から考えて、28年以降と見える。26–27年を、グローバル機能の実装とAI実装による差異化の仕込み期間（投資期間）と定義。
- 構成員限り
- RU事業に於いてフロントホールのオープン化が進んでおり、26年以降の商談機会が広がっているが、更なる市場活性化には圧倒的なTCO（価格×電力×運用）とローカライズによる機種バリエーションによる対応が鍵。

**3)主要課題**

- **RAN(CUDU, vRAN, AI-RAN)**
  - **RANの機能水準ギャップ補完：** 構成員限り
  - **AI実装と実証による効果検証：** 構成員限り
- **RU**
  - **RUの製品バリエーション拡大：** 構成員限り
  - **TCO削減の実現：** 構成員限り
- **共通**
  - **市場リーチャビリティ：** 構成員限り

**4)2030年までの成長計画**

- **2026-2028：フロントホールのオープン化によるRU事業が牽引、RAN事業に於いてはAI-RANを重点領域と位置付け実証と限定商用により知見を積む**
  - 構成員限り
- **2028-2030： RUのバリエーション強化とTCO削減効果により市場拡大、RANに対するAI実装の進展と同調する形での仮想化普及を契機にシェア奪還し売上貢献**
  - 構成員限り

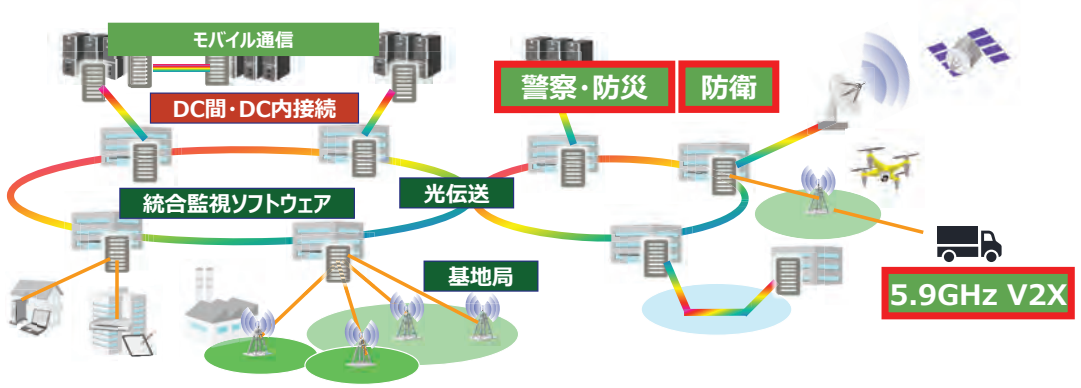
自社投資のみでは上記主要課題解決が難しい現状


© 1Finity Inc. 2025 | 1Finity-Restricted
1FINITY

# 一般的なモバイル移動通信以外への拡大

**電波活用の観点では、コア事業である基地局モバイル通信ビジネスに加え、AI-RANで下記領域に対応**

**日本発のテクノロジーで安心・安全な通信インフラの進化に貢献**





© 1Finity Inc. 2025 | 1Finity-Restricted

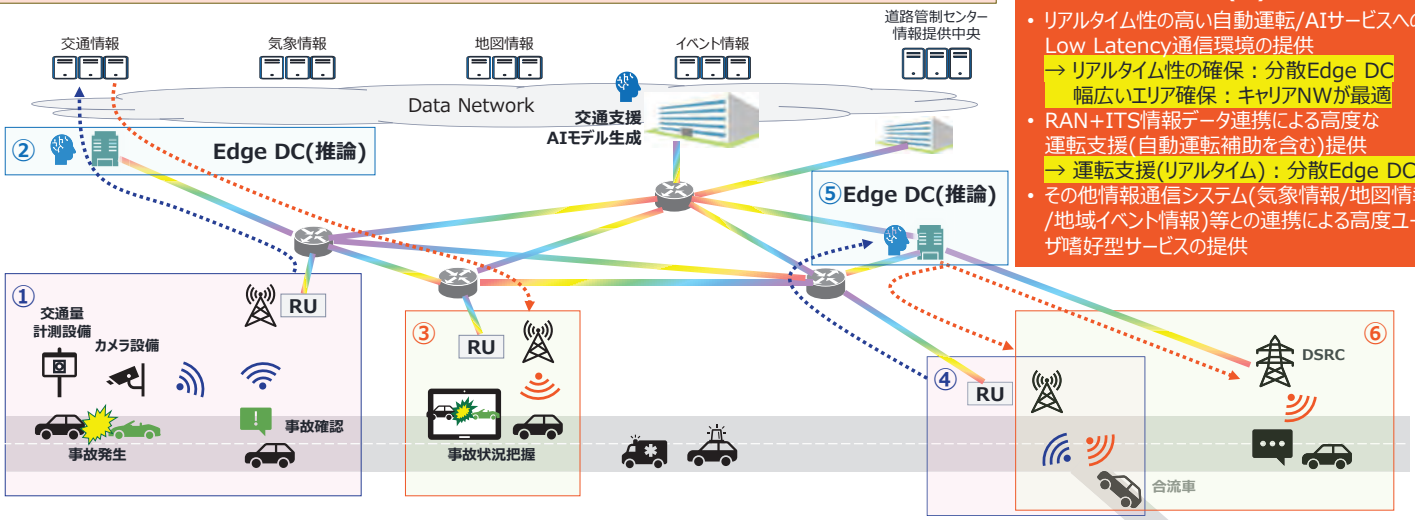
# 公共無線関連およびV2Xに関して

| | 範囲 | 概要 | 1Finityコメント |
|---|---|---|---|
| 1 | V2X | 5.9GHz帯V2X通信システムの導入に向けて、令和7年度中目途にV2X通信向けの割当てを可能とすることなどの周波数割当計画の変更を実施し、既存無線局の周波数移行を全国的に進めるとともに、公道での技術実証や共用検討などの技術的検討を推進する。 | 構成員限り |
| 2 | 防衛関連 | 電波利用としては、電子戦能力として電波を使った攻撃・防御・支援の用途。<br>通信利用については、Xバンド帯を用いたシステムなどがある。 | |
| 3 | 警察無線 | 警察では、車載通信系のIPR形警察移動無線通信システムの導入を進めている。<br>また、スマートフォンやタブレット端末で構成されるPIII（ポリストリプルアイ）を整備し、平成31年4月から全国で運用を開始しており、これらのデータ端末とIPRシステムの無線機をペアリングすることで、警察無線のエリアを更に広げることができている。 | |


© 1Finity Inc. 2025 | 1Finity-Restricted

# 高度道路交通支援システム with Edge-DC(概念)

**V2Xにおけるダイナミック情報(事故情報/危険予測(合流支援))提供ソリューション**




**エッジAI環境評価目的(仮)**

- リアルタイム性の高い自動運転/AIサービスへのLow Latency通信環境の提供
  → リアルタイム性の確保：分散Edge DC
  幅広いエリア確保：キャリアNWが最適
- RAN+ITS情報データ連携による高度な運転支援(自動運転補助を含む)提供
  → 運転支援(リアルタイム)：分散Edge DC
- その他情報通信システム(気象情報/地図情報/地域イベント情報)等との連携による高度ユーザ嗜好型サービスの提供

**リアルタイム事故/交通支援 (Level3-4自動運転補助)**

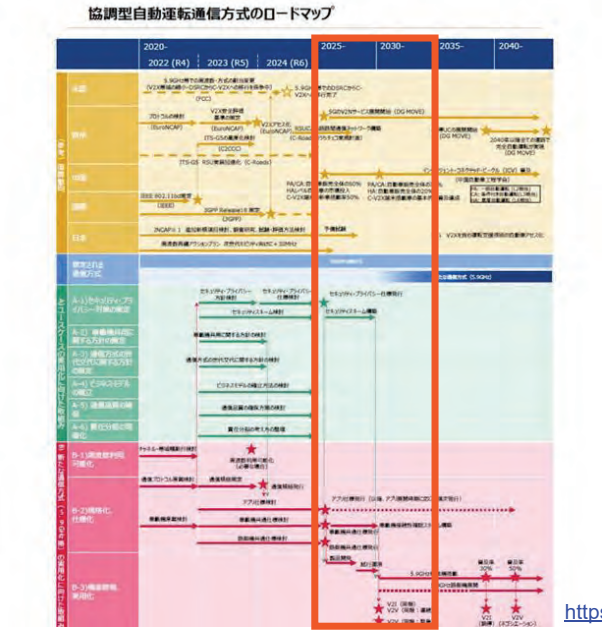
①事故検出情報のUpload：周辺設備/事故車ITSシステム
②事故/道路影響AI分析：分散DC（エッジAI処理）
③周辺車両への通知：無線システムによる周知

**合流支援情報提供 (Level3-4自動運転補助)**

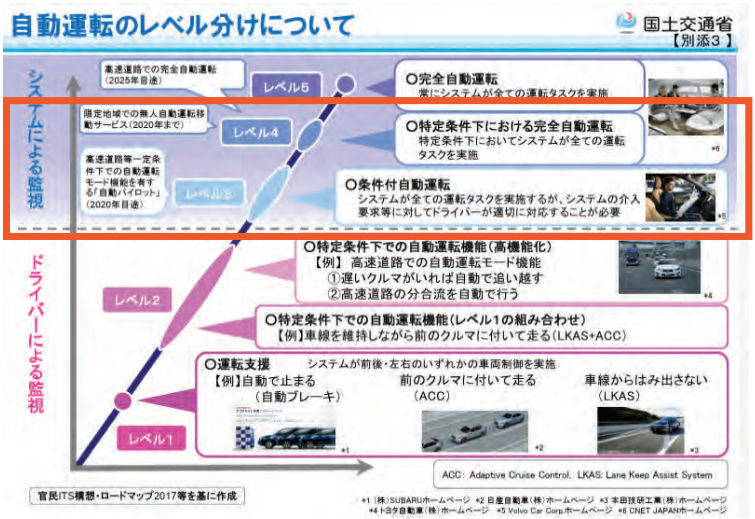
④車両位置情報の通知
⑤周辺車両/道路影響分析（エッジAI処理）
⑥周辺車両への通知：無線システムによる周知


© 1Finity Inc. 2025 | 1Finity-Restricted

# 大規模実証実験による実証内容ターゲット




https://www.soumu.go.jp/main_content/000889708.pdf




自動運転のレベル分けについて
https://www.mlit.go.jp/common/001226541.pdf


© 1Finity Inc. 2025 | 1Finity-Restricted

# 大規模実証での検証期待項目

| カテゴリ | 確認ポイント | 技術観点 | 運用観点 |
|---|---|---|---|
| リアルタイム事故/交通支援<br>(Level3-4自動運転補助) | 後続車への通知時間 | 必要システムレイテンシ(EtoE) | 後続車両への最速通知タイミング |
| 合流支援情報提供<br>(Level3-4自動運転補助) | 車速と通知タイミングの関係 | 必要システムレイテンシ(EtoE) | 周辺車両への最適通知タイミング |
| 共通 | コンピューティングリソース | Edge DC(推論)＋vRAN(周辺セル収容)の必要リソース | – |
| | RAN KPI | 最繁交通量に対する必要無線帯域(スライス確保量)、レイテンシ、等 | – |
| | 設備(道路カメラ類)の設置間隔 | – | 設備数と無線通信による通知のバランス |


© 1Finity Inc. 2025 | 1Finity-Restricted


1FINITY
a Fujitsu company

# Thank You

© 1Finity Inc. 2025 | 1Finity-Restricted

資料２－１

# 第2回重点技術作業班　ご説明資料

楽天モバイル株式会社
2025年10月20日

Rakuten Mobile

## アジェンダ

1.今後のワイヤレス分野における重点領域について
- vRAN/O-RANについて
- NTNサービスについて

2.ワイヤレス人材の採用/配置等の現況について
- ワイヤレス人材の採用・配置・育成について
- 無線従事者について

3.今後の日本の通信インフラ戦略について

# 1.今後のワイヤレス分野における重点領域について



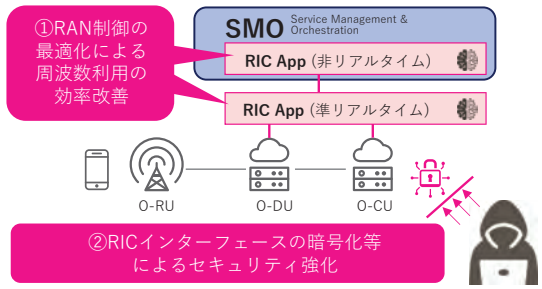
## 進行中の研究開発：Open RANおよびRICの研究開発（NICT）

採択済

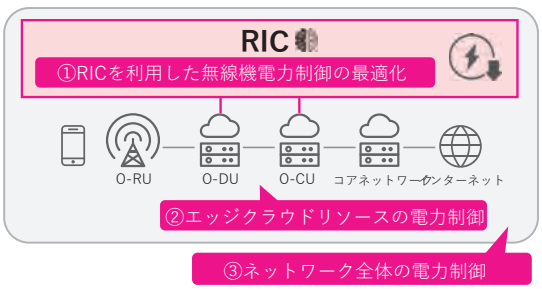
**2023年1月、NICTの「Beyond 5G研究開発促進事業」に採択**

**Beyond 5Gにおける高度RAN基盤を実現するOpen RAN無線通信技術の研究開発**

Open RANの高信頼・セキュアな
インテリジェント化のためのセクタ管理効率化




アンテナ送信制御とOpen RANの
電力制御最適化による周波数利用効率向上




**「RIC（RAN Intelligent Controller）」による高効率ネットワークの実現をめざす**

※NICT：国立研究開発法人情報通信研究機構

# 進行中の研究開発：地域社会DX推進パッケージ事業 AI検証タイプ (総務省)

## 2025年4月、総務省地域社会DX推進パッケージ事業（AI検証タイプ）に採択

採択済

### AIによる通信負荷低減と通信量を確保。地域・産業課題を解決する高度AIソリューション創出

【AI04兵庫県神戸市】　実施体制

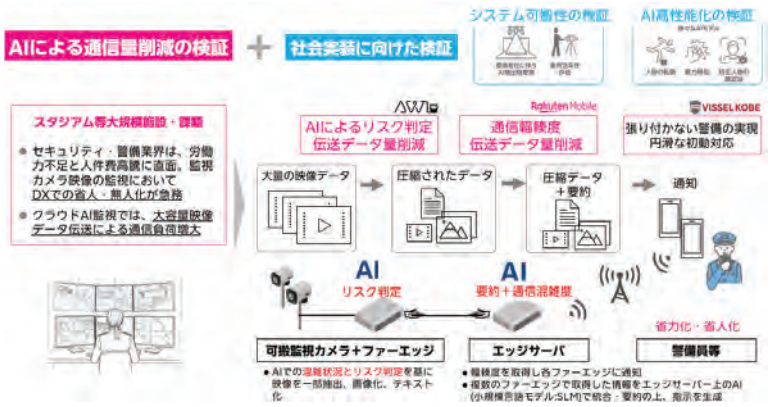
総務省 MIC

MRI 三菱総合研究所（管理事業者）

委託業務

| AIカメラ ソリューション提供 | 代表機関 | スタジアム・イベント提供 |
|---|---|---|
| ・ソフトウェア開発<br>・AIソリューション提供 | ・代表機関対応<br>・通信アーキテクチャ定義<br>・通信環境提供<br>・通信環境の技術評価<br>・要件・課題整理 | ・スタジアム提要<br>・イベント提供<br>・実証運営支援<br>・実証評価 |

スタジアムの監視カメラ映像をエッジAIで処理し異常を検知、リスクや通信混雑状況に応じて送信データ量を動的に削減し、状況を警備員等へ通知するソリューションの有効性を検証する



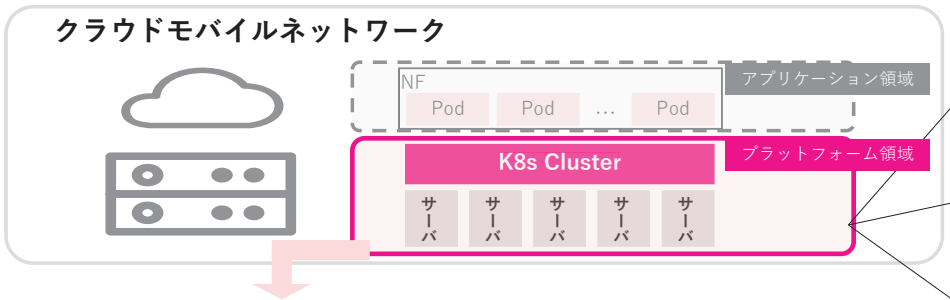



採択済

# 進行中の研究開発：セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術 (NICT)

## 2023年10月、NICTの「Beyond 5G (6G)基金事業社会実装・海外展開志向型戦略的プログラム」*に採択

### 次世代通信に向けたエッジクラウドの高度化技術に関する研究開発




① エッジデータファブリックの機能強化
- エッジと中央データセンター間の連携により、柔軟なストレージリソースの収容の実現

② エッジプラットフォーム最適化
- ソフトウェアの軽量化、ハードウェアリソースの利用効率向上を実現
- 故障原因の特定とモニタリング技術の両方の改善

③ 仮想化基盤の統合運用技術の研究開発
- コンテナと仮想マシンの統合ライフサイクル管理機能の実現
- 大規模クラスターでの効率的なリソース利用実現

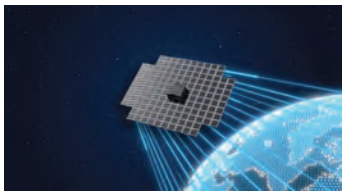
**エッジクラウドの高度化による、クラウドモバイルネットワーク全体の最適化・効率化**

**B5G/6Gの標準化を見越した次世代型クラウド技術を実現**

※本研究開発は、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）の助成事業（JPJ012368G50901）に採択されています。

# 楽天モバイルのNTNユースケース事例紹介

- **衛星ダイレクト通信(Rakuten最強衛星サービス)**
  スマホと衛星の直接通信の実現により、面積カバー率を大幅拡大
  基地局の設置が困難な山奥・離島でもスマホが利用可能に
  災害時に道路寸断により孤立したエリアでも通信の提供が可能


衛星ダイレクト通信

- **衛星モバイルバックホール**
  地上回線の利用が困難なルーラルエリアの基地局でも衛星通信を活用
  従来の静止衛星に加え、Starlinkの活用も推進中

衛星バックホール基地局

- **移動基地局車、可搬型基地局**
  災害等による基地局の損傷や停電の場合、衛星回線を利用した移動基地局車や可搬型基地局を出動させ、被災地域での携帯電話やメールなどの通信手段を確保

移動基地局車　　可搬型基地局



# 参考：衛星サービスにおけるベンダー選定に係る現状

**当社は、衛星サービスのプロバイダとして、静止衛星には日本企業であるスカパーJSAT社のサービスを活用し、低軌道コンステレーション・衛星ダイレクト通信には米国企業であるAST SpaceMobile社やSpaceX社のサービスを活用**

| 衛星サービスプロバイダ | スカパーJSAT | Starlink | AST SpaceMobile |
|---|---|---|---|
| 採用している衛星サービス | 静止衛星によるVSATサービス(バックホール利用) | 低軌道衛星コンステレーションによるVSATサービス(バックホール利用) | 低軌道衛星コンステレーションによる衛星ダイレクト通信 |
| 国籍 | 日本 | 米国 | 米国 |

## 日本企業としてはスカパーJSAT社以外に選択肢がない状況

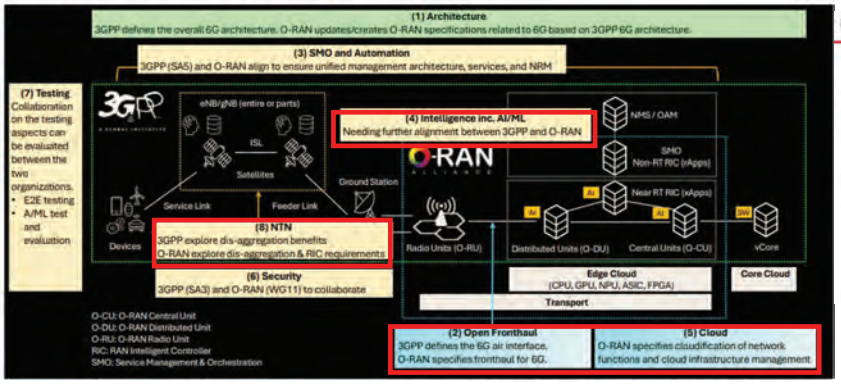
## 6Gに向けての動向

**6G仕様策定に向けて、O-RANと3GPPが共同議論開始。Beyond5GのvRANの流れを踏襲**

➢ **6Gのアーキテクチャ概要**

3GPP & O-RAN Joint Workshop on 6G Coordination

=HIGH LEVEL SUMMARY OF DISCUSSIONS ON TECHNICAL TOPICS




**NICTでBeyond5Gとして取り組んだ、RIC（AI）やCloud、NTNなどは6Gに組み込まれる見込み**

➢ **6GのOpen化**

Proposal docomo

1. 3GPP defines the 6G air interface.
2. O-RAN specifies the fronthaul interface including a Low Layer Split (LLS) for 6G.
3. 3GPP and O-RAN Alliance to cooperate from the outset of the 6G study phase to align specification work on 6G radio interface and fronthaul respectively.
   a. The 3GPP 6G architecture specifications include functional disaggregation, with a distinct functional block that identifies a Radio Unit (RU) and the interface between RU and other parts of 6G NodeB.
   b. The functions hosted by the RU as well as the interface (i.e. LLS) between RU and other parts of 6G NodeB are specified by O-RAN.
   c. 3GPP 6G Specifications include normative references to O-RAN LLS specifications.
   d. 3GPP 6G Specifications do not mandate implementation of a specific design for fronthaul interface.

**当社だけでなく、Docomo、AT＆T他多くの事業者が期初より6GのOpen化を提案（ベンダーロックイン解消）**



## 6Gに向けた課題と要望

**事業者の意向とは異なり、Huawei、Ericssonなど従来型メガベンダがOpen化の動きに後ろ向き一方で商用化のタイミングを考えると6Gの開発に向けては早急に官民連携した対策が必要**

| 2026 | 2027 | 2028 | 2029-30 |
|---|---|---|---|
| 6G仕様議論 | 6G仕様策定・開発 | 順次6G POC | 順次6G商用化 |

**課題**

- 今の研究開発を活かすため、オープン化に否定的なベンダーを説得する必要があるが民間企業だけでは困難
- 来年中に日本国に有利な6G仕様の標準化が必要だが、対応する優秀な標準化人材も資金も不足。
- 6Gの商用化に向け、開発者の育成も急務だが、日本ベンダー全体に6G向けの開発資金が不足

**対策**

- 各国政府を巻き込んで、全世界の事業者が6Gはオープン化のソリューション採用を推進する
- 日本国全体一体となって標準化を進めるべく、国策として6Gアーキテクチャ設計の為の国家プロジェクトを作る
- 世界の6Gの商用化が始まる前に、国策として6G実証実験用の研究開発の国家プロジェクトを作る

## 衛星ダイレクト通信の課題及び要望

**衛星ダイレクト通信は新しい取り組みであり、サービス実現・改善へ向けた課題があるため、下記要望についてご検討頂きたい**

| 課題 | 要望 |
| --- | --- |
| • 陸上移動局と移動携帯地球局の二重免許による電波利用料負担増 | • 電波利用料の二重負担解消に向けた制度的手当 |
| • 他無線システムとの干渉リスクによる回避コスト増と利用効率低下 | • 電波有効利用を促すための、共用等に係る国の介入 |
| • プラチナバンド周波数帯域の狭さによるキャパシティ制限 | • 衛星ダイレクト通信のための新たな周波数割当て |
| • 開設計画認定期間中の使途変更不可による市場対応の遅延 | • 認定期間中の使途変更を柔軟にする運用改善 |



# 2.ワイヤレス人材の採用/配置等の現況について

## ワイヤレス人材の採用・配置・育成

当社は世界中のベンダー等からワイヤレス人材を積極的に採用
また、従業員には**日本語・英語両方**で定期的な教育を実施

## 無線従事者に係る課題と要望

当社は運用部門等にも外国籍の社員が数多く在籍
**外国籍の方にも我が国の制度の理解**頂けるような制度改正も一案

# 3.今後の日本の通信インフラ戦略について



## 産業振興の現状と国民負担の最適化

**海外ベンダー前提の設備競争は、賃金やユーザー料金の改善につながりにくく、**
**日本全体の利益に結びつかない**

| かつての通信インフラと産業振興<br>（護送船団方式） | 現在の構図<br>（国内ベンダー採用の縮小） |
|---|---|
| **電気通信事業者は国内ベンダーを主に採用**<br>• 業界全体の底上げが進み、安定成長を実現<br>• 過剰気味の設備投資も国内の技術・雇用・供給網の蓄積に寄与 | **海外ベンダー比率の大幅な上昇**<br>• 利益とノウハウが海外へ流出<br>（継続的な調達競争で流出は拡大）<br>• 調達単価が下がっても総コストは下がりにくく、ユーザー料金の低廉化も限定的<br>（むしろ上昇局面に転換）<br>• 国内の供給網・人材基盤が細り、産業振興効果が弱体化 |

**料金・品質・国内付加価値等を両立させる、競争力あるインフラ基盤構築のため、**
**設備「所有競争」から「共有・運用効率」へと大きく舵を切るべき**

Rakuten Mobile

資料２－２

# 情報通信審議会　情報通信技術分科会
# 電波有効利用委員会
# 重点技術作業班（第2回）
# ご説明資料

2025年10月20日
ソフトバンク株式会社


© 2025 SoftBank Corp.

## 携帯電話市場



### トラフィックや5Gユーザー数は伸びていく一方、ARPUは下降トレンド

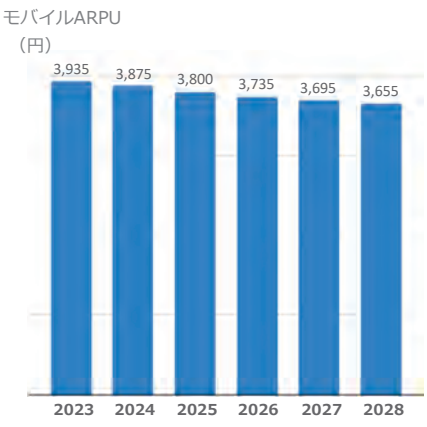
ソフトバンク 5G トラフィックの伸び*1

【構成員限り】

ソフトバンク 5Gユーザー数（累計）

【構成員限り】

日本のARPUトレンド*2



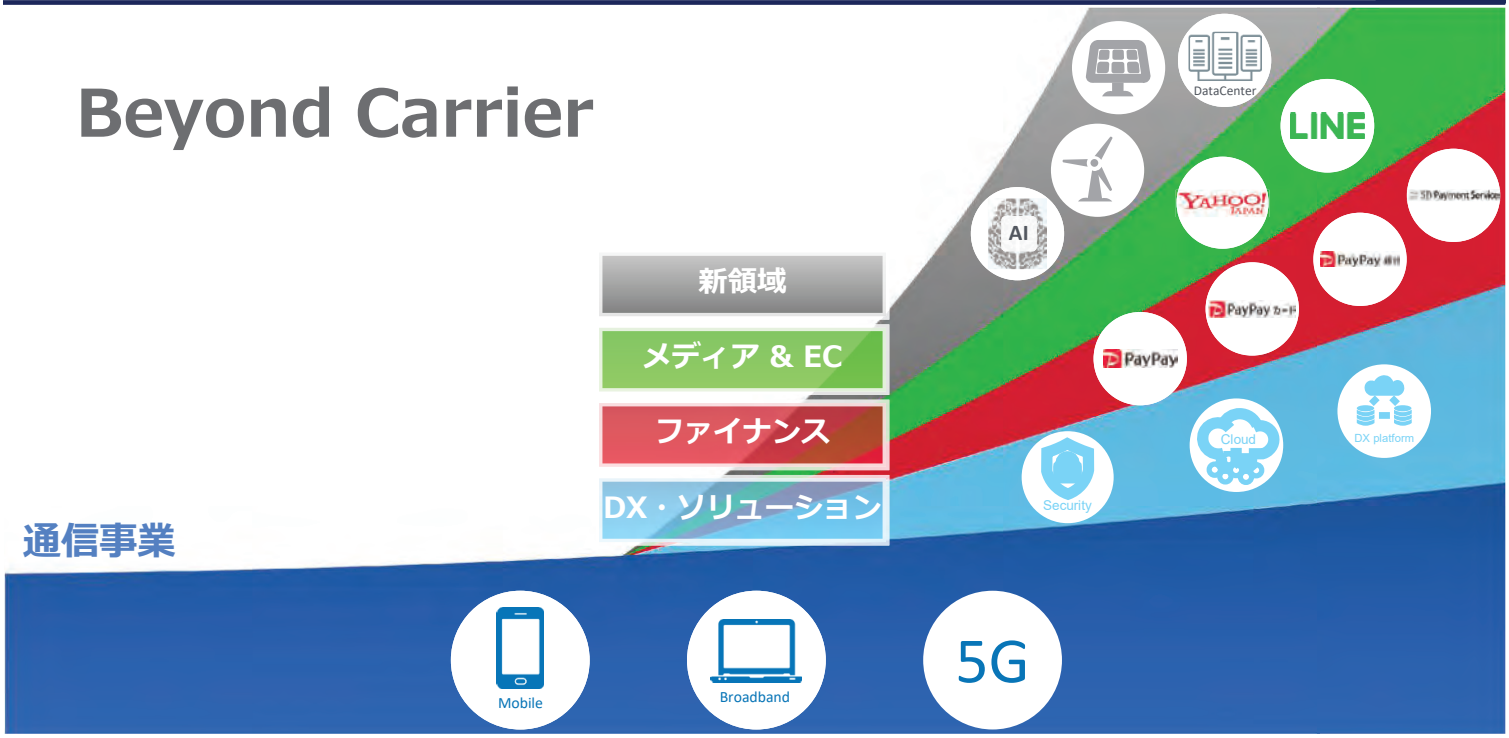

*1: the Ericsson Mobility Report 2024、ABI Researchより作成（モバイルトラフィックの年平均成長率を ~19%と推定した場合）
*2: PwC's Global Telecom Outlook 2024 reportより作成


© 2025 SoftBank Corp.

# ソフトバンクの成長戦略

3

## Beyond Carrier




電波有効利用委員会重点技術作業班（第2回）

© 2025 SoftBank Corp.

# ソフトバンクの強み

4

※1：ソフトバンク＝ﾓﾊﾞｲﾙ累計契約数(主要回線) (2025年6月末時点)　※2：LINE＝月間アクティブユーザー数(MAU)(日本)　(2025年6月時点)　※3：Yahoo! JAPAN＝月間利用者数(2024年1月～10月までの月平均利用者数)。　ニールセン TOPS OF 2024: DIGITAL IN JAPAN 日本におけるトータルデジタルリサーチTOP10を基に算出。　スマートフォンとパソコンのユーザー重複を含まない　※4：PayPay＝登録ユーザー数(2025年6月末時点)

電波有効利用委員会重点技術作業班（第2回）

© 2025 SoftBank Corp.

# AI社会に向けたデータ量の急増

膨大データを処理するAI社会

膨大なデータを処理できる
インフラ整備が不可欠

出所）第５回 半導体・デジタル産業戦略検討会議（経産省）を基に当社推計（現在の計算負荷の増大傾向を前提とする）

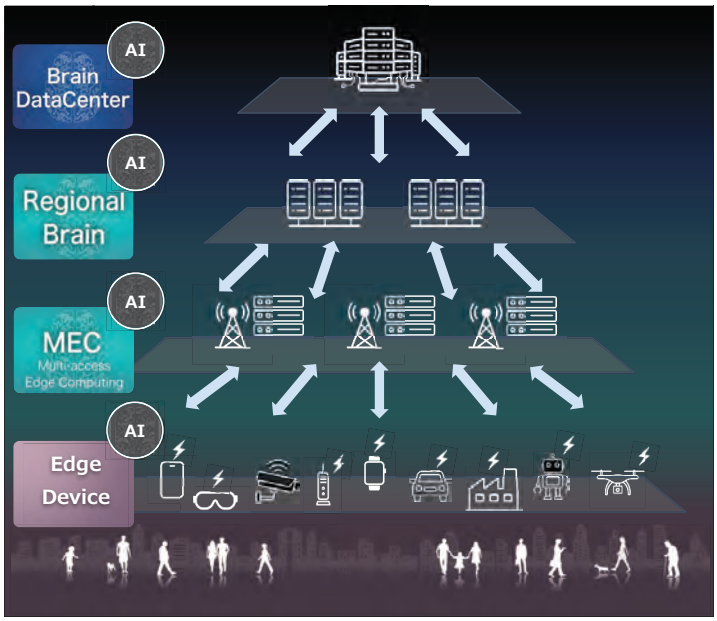


© 2025 SoftBank Corp.

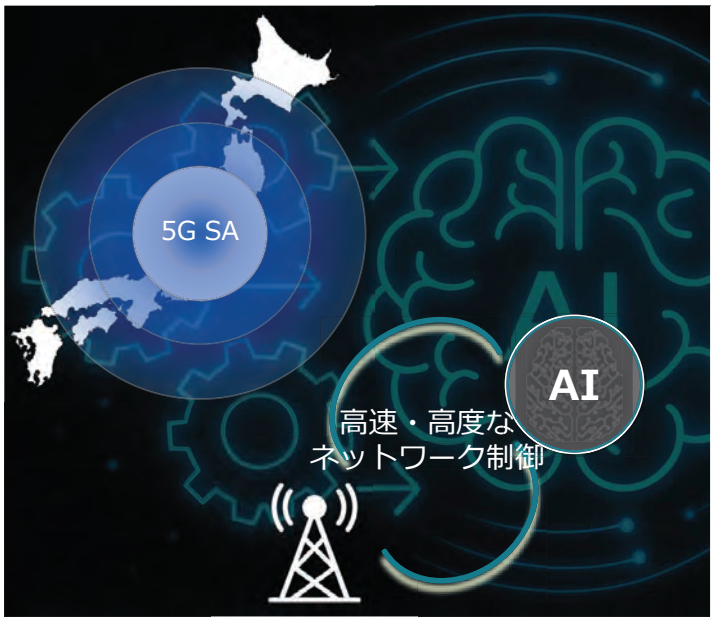
# AI社会を支えるネットワーク構造



## 次世代社会インフラのアーキテクチャ




## 5Gネットワーク基盤の進化






© 2025 SoftBank Corp.

# AIデータセンターの構築：Brain DataCenter

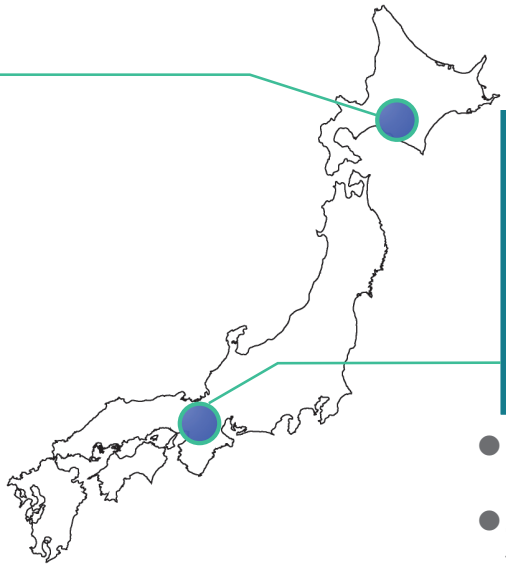


## 大規模なGPUを備えたAIデータセンター

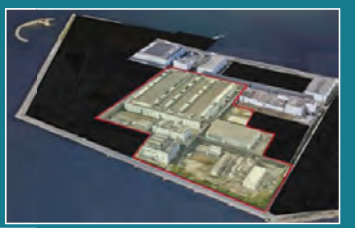
Brain DataCenter

**北海道苫小牧AI データセンター**

- 2026年度開業予定
- 最先端AI/ソブリンAI開発
- AIデータセンターを中心に産業集積地を目指す



**大阪堺AI データセンター**



- 2026年開業予定
- 生成AI関連の事業拠点
  外部企業や研究機関への提供予定



© 2025 SoftBank Corp.

# AI-RANの開発



AI-RAN

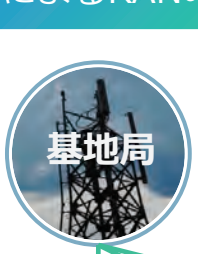
RAN(無線)とAI(人工知能)の技術の相互活用

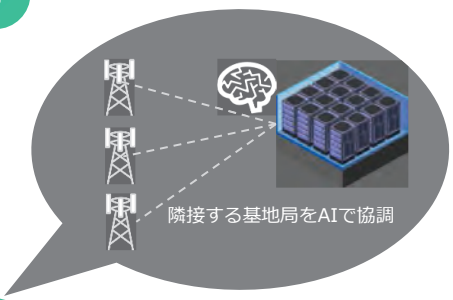
**RAN** Radio Access Network ＋ **AI**

**AI計算リソース基盤**

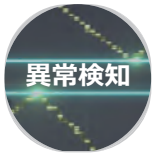
同一のハードウェア基盤上で動作

AIによるRANの高度化



電力の最適化




自動検知

高品質通信

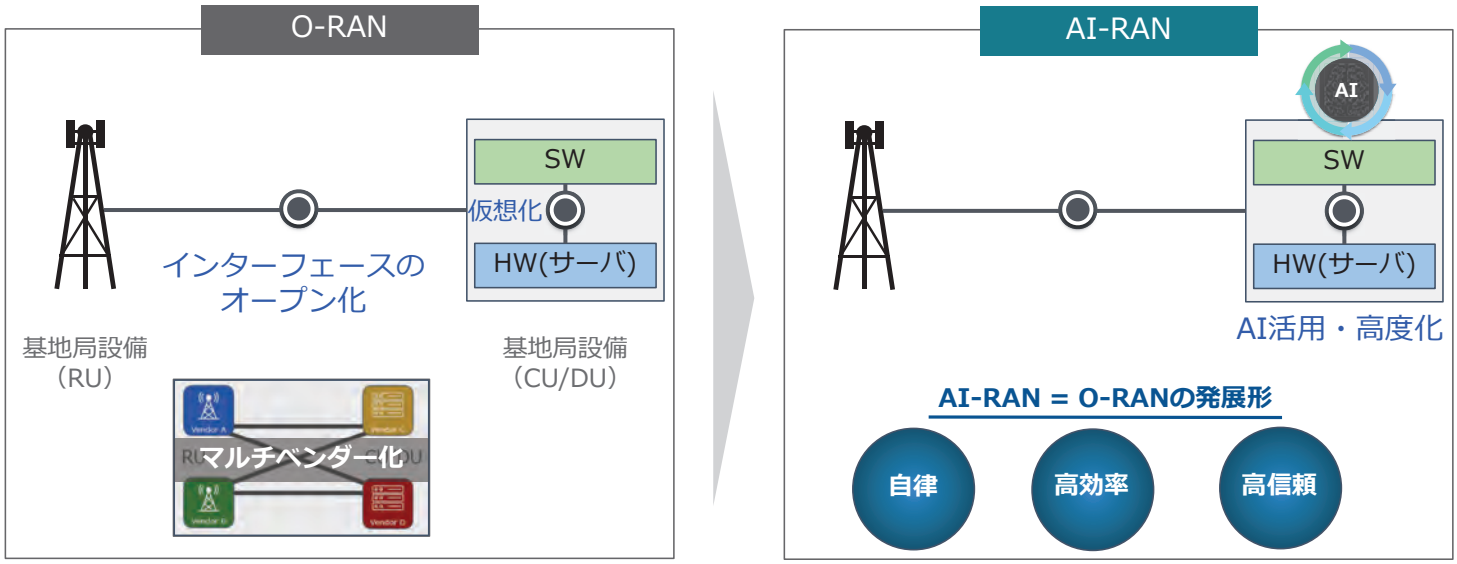


© 2025 SoftBank Corp.

# AI-RAN：O-RANの進化/発展形



RANの仮想化/オープン化 ＋ AI活用による高度化/ユースケース拡大






© 2025 SoftBank Corp.

# AI-RANアライアンス



**Founding Members (11)**

【構成員限り】

**General Members (83)**

【構成員限り】

*+ pending applications*

*As of May 8, 2025*



© 2025 SoftBank Corp.

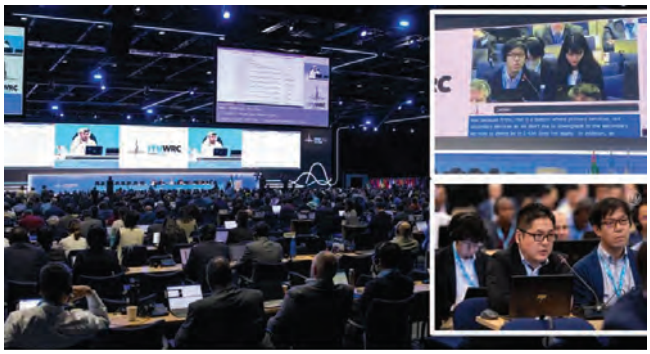
# NTN/HAPSの開発



## 国際標準化、技術開発の両面で業界をリード

### 国際標準化

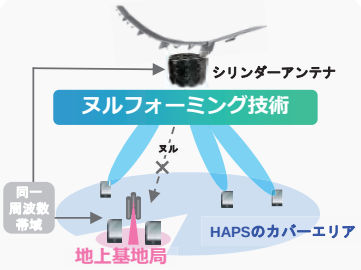
2023年世界無線通信会議において、
**HAPSの携帯電話基地局向け周波数**として
700-900MHz帯、1.7GHz帯、2.5GHz帯を追加



### 技術開発

#### ペイロード

地上局との周波数共用を実現する
**ヌルフォーミング技術**の実証実験※




**地上の通信品質は劣化しない**

#### バッテリー

高緯度長期航行を実現する
**バッテリー関連の研究開発**

**超軽量高効率**
**太陽電池**

**高エネルギー**
**密度蓄電池**

**通年長期航行の実現に向けて**

※本実証実験で実施した内容の一部は、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT（エヌアイシーティー））の「Beyond 5G 研究開発促進事業」の委託研究課題として、2022年に採択された「上空プラットフォームにおけるCPSを活用した動的エリア最適化技術」（JPJ012368C05701）に基づくものです。



© 2025 SoftBank Corp.

# HAPSの商用化に向けて



## LTA型HAPS導入で早期の商用化へ

**HTA型HAPS**

これまで開発に
取り組んできた
大型のHAPS

引き続き商用化に向けて開発

**LTA型HAPS**

・機体：軽くて丈夫な素材
・成層圏の過酷な環境下で
長時間の滞空が可能

**2026年に日本で**
**プレ商用サービスを開始**

**2026年**
災害時の限定的な通信提供

▶

**2027年以降**
災害時通信
＋
定常通信提供へ

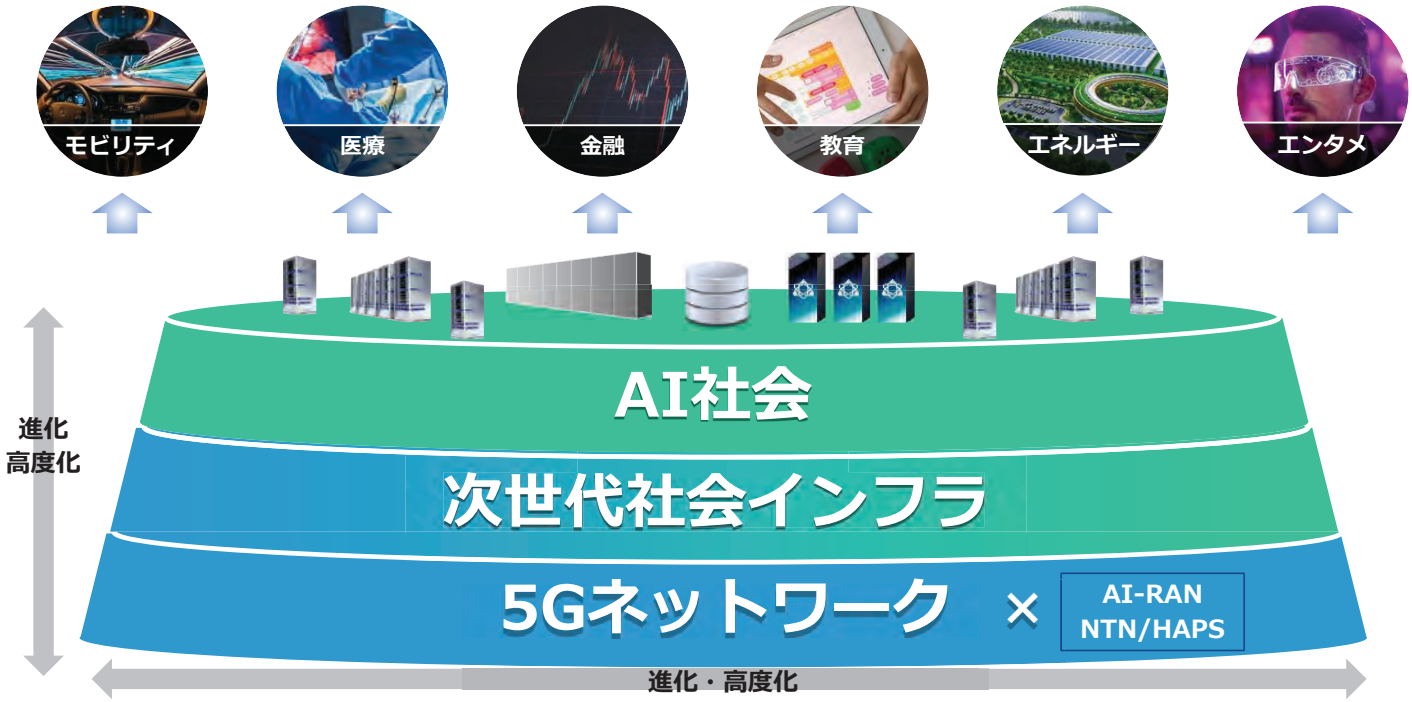
**商用化に向けてさらに加速**



© 2025 SoftBank Corp.

# AI社会を支える次世代社会インフラ






電波有効利用委員会重点技術作業班（第2回）

© 2025 SoftBank Corp.

# ソフトバンクを支える人材戦略



## 採用・配置 ー バリューに合う人材を採用し、配属のミスマッチを防ぐ

**行動指針：**
ソフトバンクバリュー

No.1　挑戦　逆算
スピード　執念

**求める人材像：**
変化を楽しみ、
何事もチャンスと捉え、挑戦する人

**多様な採用ルート**

| | | |
|---|---|---|
| Open選考<br>JOB-MATCH選考<br>総合コース/エンジニアコース | インターン<br>JOB-MATCH / 地方創生<br>※次頁参照 | 体験型ワークショップ<br>※次頁参照 |
| 障がい者採用 | 海外採用<br>【構成員限り】 | No.1採用 |

**ミスマッチ防止の取り組み**

| 学生向け | 採用活動時 | 入社後 |
|---|---|---|
| インターン<br>ワークショップ | 選考 | 初期配属⇒活躍 |

電波有効利用委員会重点技術作業班（第2回）

© 2025 SoftBank Corp.

# 採用に関する取り組み事例



## JOB-MATCHインターン

**就労体験×採用直結**

事業部門の協力の下
長期インターンを継続的に実施
定着率向上に寄与

業務内容

**1．ビジネスコース（文系・理系向け）**

コンシューマ営業、法人ソリューション営業、企画・マーケティング、財務、法務、人事・総務 など

**2．エンジニアコース（理系向け）**

ネットワークエンジニア、システムエンジニア、セキュリティエンジニア、ソリューションエンジニア、データサイエンティスト 、プロダクト開発・サービス開発、研究開発など

受け入れ人数

【構成員限り】

## 地方創生インターン TURE-TECH

**地方創生×ICT**

自治体が抱える課題について、現地に赴きフィールドワーク等を通じて
解決に向けた取り組みを実施

例）2025年プログラム概要

【構成員限り】

これまでに採択された提言例

（長野県塩尻市）
・インバウンド交流人口増加策
（宮城県東松島市）
・ふるさと納税のさらなる成長に向けた戦略施策
（愛媛県今治市）
・しまなみ海道を訪れるサイクリストの今治市内への誘導

## 業務体験型ワークショップ

「通信を支える仕事の重要性」、
「ソフトバンクの社会的意義」
を学生に実感してもらう

【構成員限り】

学生がリアルに「働くイメージ」を得られ、
**志望度向上に直結**



© 2025 SoftBank Corp.

# 人材育成に関する制度



**育成 ー 自ら手を挙げた人への成長機会の創出**

**全社員向け研修制度**

SoftBank University　2010年9月設立

**研修体系**

【構成員限り】

**後継者育成**

SoftBank Academia　2010年7月開校

**社内起業制度**

SoftBank InnoVenture　2011年8月開始

**新規事業への参画**

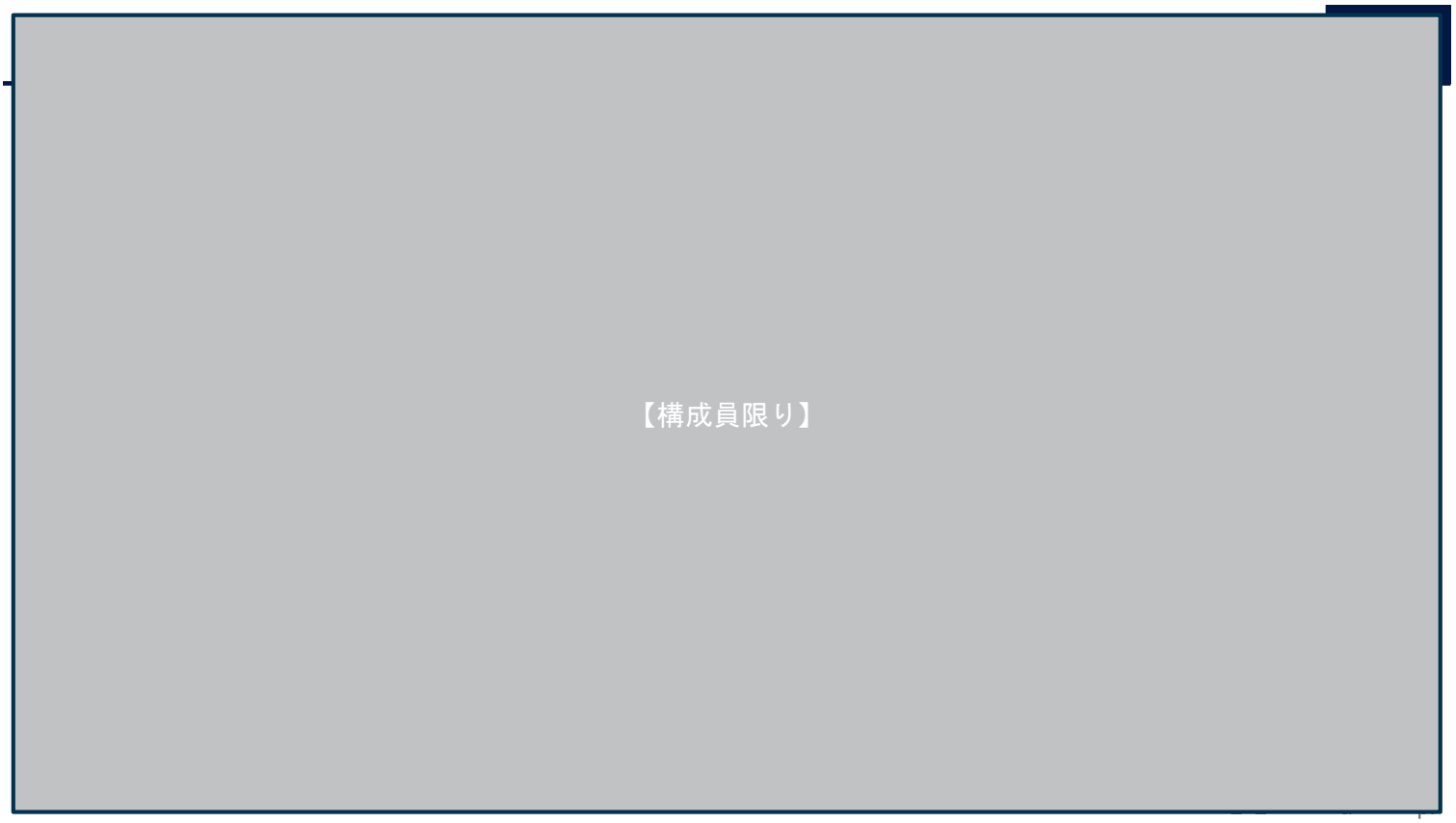
ジョブポスティング制度

**キャリアパス形成**

FA制度
（フリーエージェント）



© 2025 SoftBank Corp.


【構成員限り】

資料２－４

# 電波有効利用委員会
# 重点技術作業班　ヒアリング

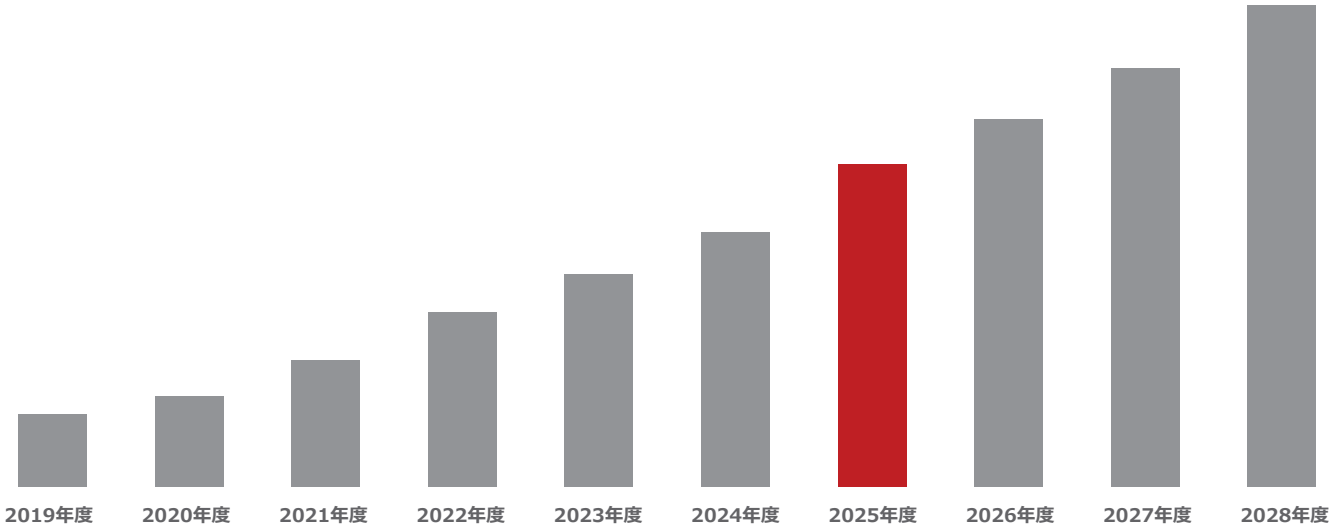
2025年10月20日

株式会社NTTドコモ

## 事業全般

## モバイルトラヒックの継続的な伸び

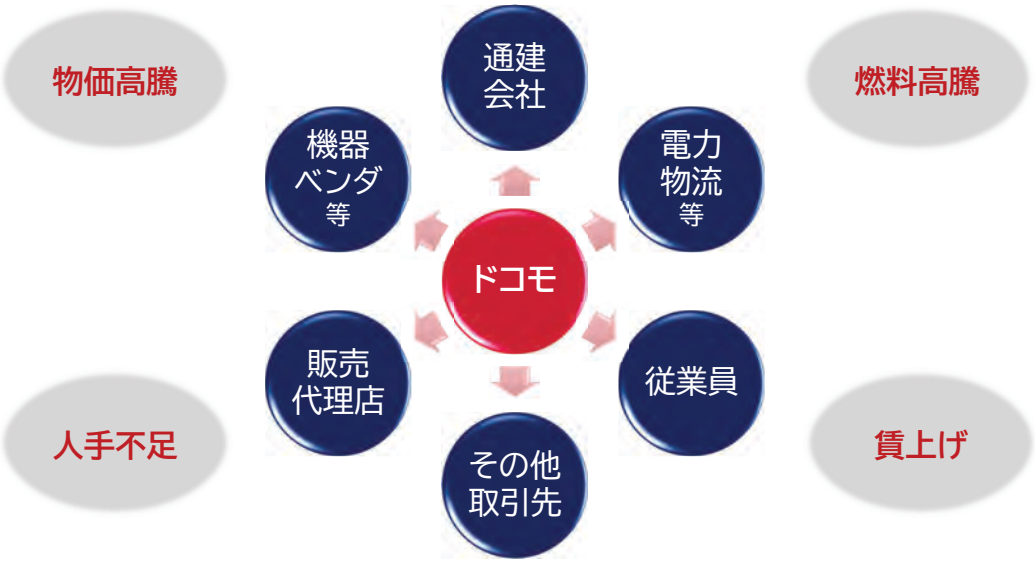
- モバイルトラヒックは継続的に増加。AIなどによる今後のトラヒック変化への対応が重要




© NTT DOCOMO, INC. All rights reserved. 

## ステークホルダーも含めた事業成長

- 昨今の物価高等の社会情勢等を踏まえ、当社より各ステークホルダーからの要請にお応えし、必要なサポートを行い、ともに成長していく




© NTT DOCOMO, INC. All rights reserved. 

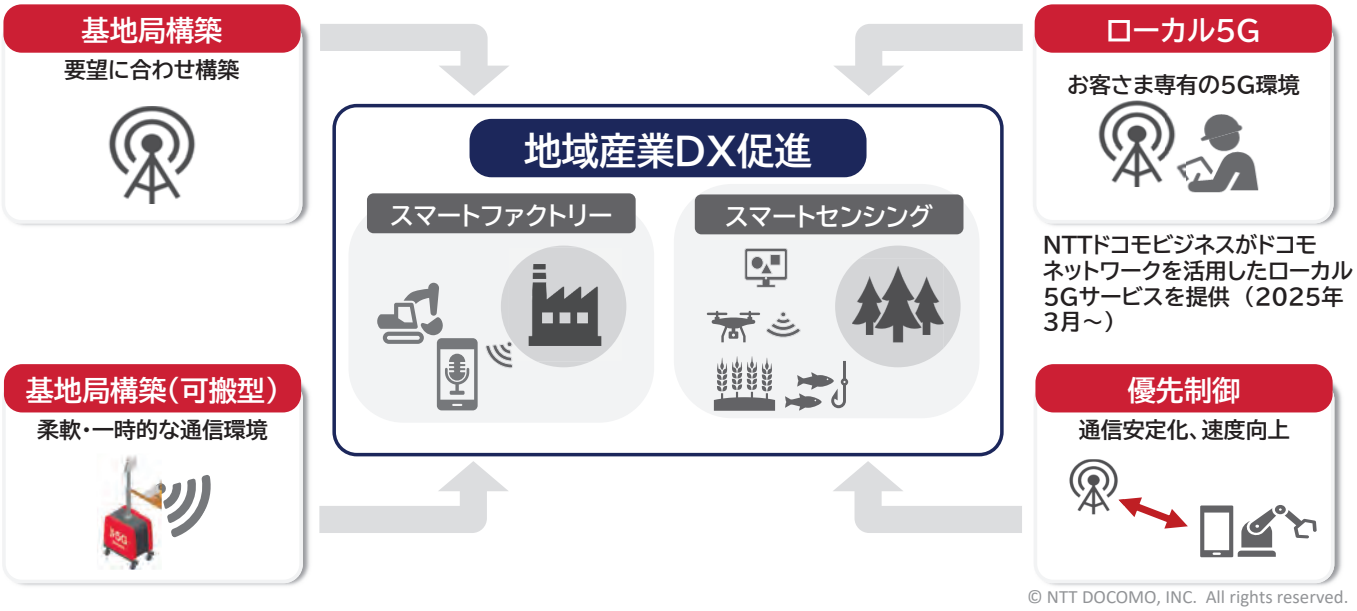
## コンシューマ事業戦略

構成員限り

© NTT DOCOMO, INC. All rights reserved. 

## DXを通じた地域活性化

- 非居住地域も含めた通信エリア構築サービスの提供を通じ、地域産業DX（スマートセンシング等）に貢献

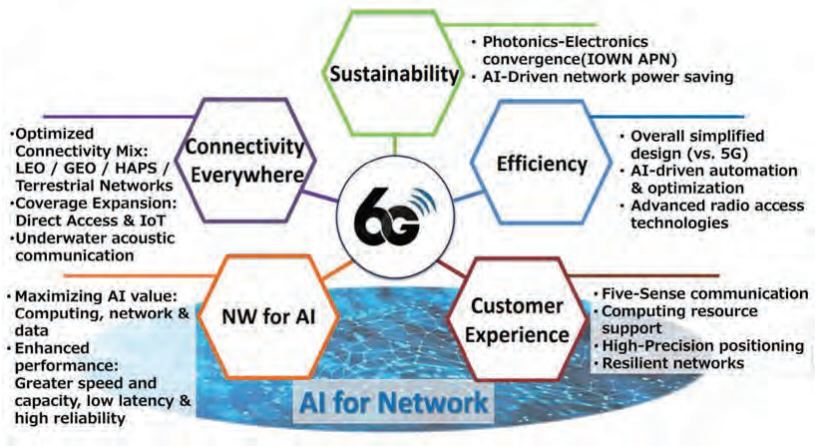



© NTT DOCOMO, INC. All rights reserved. 

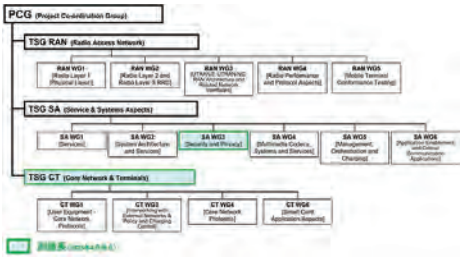
## テクノロジーにより社会を豊かに

- 通信技術、テクノロジーの進化を牽引し、常識をアップデートする
- 日本だけでなく世界において、積極的に新しい価値を生み出し続け、社会の成長をリード

### 6Gの展望
～心躍る価値創造で、世界を豊かに～




**3GPPの組織構成とドコモの議長・副議長就任状況**



**3GPP TSG-CT Vice Chair Hiroshi Ishikawa, Manager at R&D Strategy Department of NTT DOCOMO**

2030年頃の6G商用化をめざし、主要技術の標準化・実証実験を推進

© NTT DOCOMO, INC. All rights reserved. 

## IOWN構想におけるドコモの役割

- Well-beingな世界の実現をめざすIOWN構想において、ドコモは社会実装に向けた技術の実用化を推進

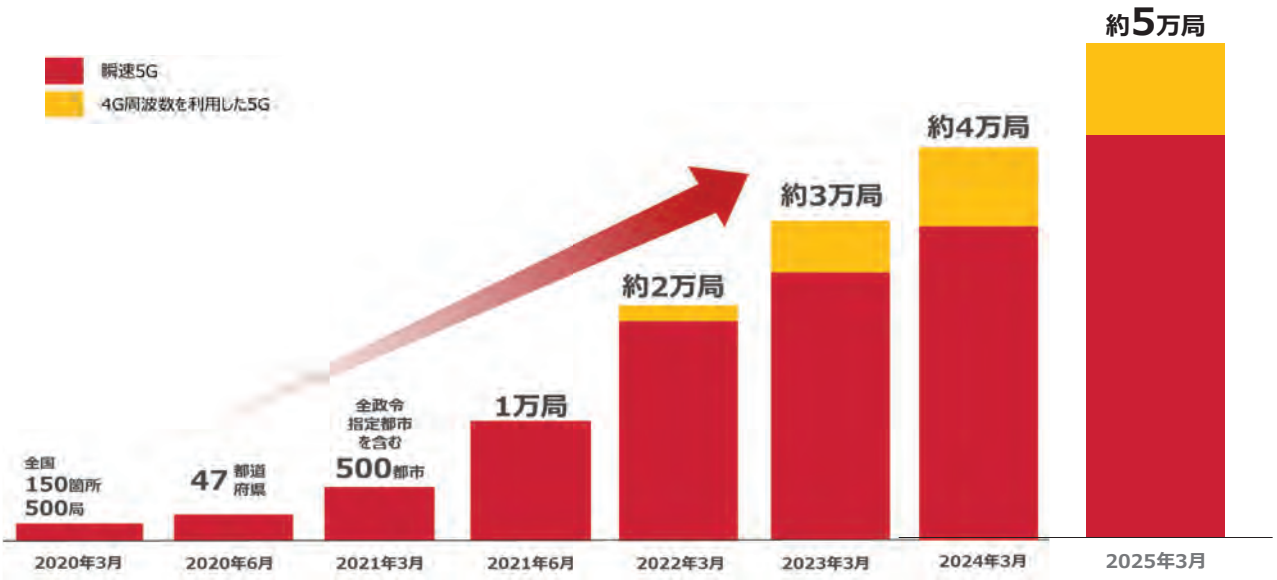
※1 Data Centric Infrastructure(DCI)から新名称 ※2 SMO：Service Management and Orchestration ※3 DPI：Deep Packet Inspection
※4 E2EO：End to End Orchestration ※5 ZTO：Zero Touch Operation

© NTT DOCOMO, INC. All rights reserved. 

# ネットワーク関連

## 5Gエリア構築状況

- 5Gエリアの拡大に向け、基地局構築を推進




© NTT DOCOMO, INC. All rights reserved. 

# ネットワークの高度化

- 5Gエリアの高度化や新技術の活用に積極投資し、付加価値の高いネットワークをめざす

## 5Gエリアの高度化

| | | |
|---|---|---|
| 5G SAエリア | 全国各地に拡大 | |
| ミリ波 | スタジアム・アリーナ等を中心に活用 | |
| NTN（LEO/HAPS等） | スマホ直接通信開始予定（26年～） | |

## 新技術の活用

| | | |
|---|---|---|
| スライシング | 実証中（法人向け） | |
| 優先制御（リソース優先割当） | 商用開始（法人向け） | |
| 仮想基地局（vRAN） | 本格活用開始 | |

© NTT DOCOMO, INC. All rights reserved. 

構成員限り

© NTT DOCOMO, INC. All rights reserved. 

構成員限り

© NTT DOCOMO, INC. All rights reserved. 

# 人材関連

構成員限り

© NTT DOCOMO, INC. All rights reserved. 

構成員限り

© NTT DOCOMO, INC. All rights reserved. 

つなごう。驚きを。幸せを。

NTT docomo

NTTドコモグループ

電波有効利用委員会
重点技術作業班

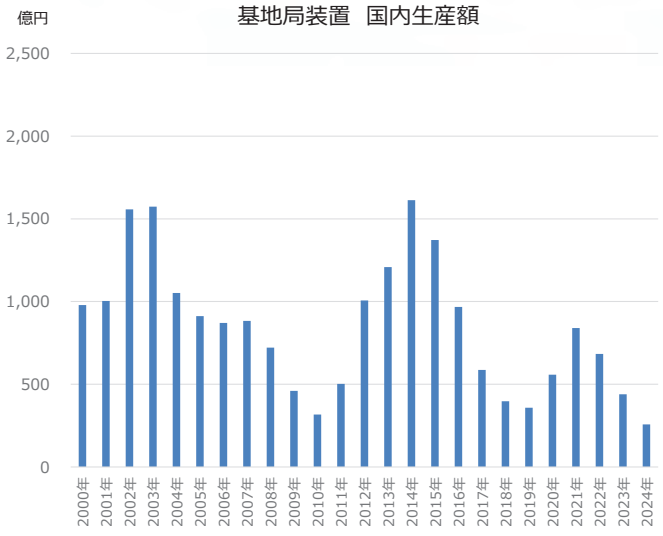
資料３－２

# 無線通信機器市場の現状と取り組むべき課題

2025年10月22日

一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会
常務理事　石井　義則

## 基地局装置の市場状況（国内生産額推移）




出展：CIAJ　通信機器生産・出荷統計情報

**国内ベンダーの状況**
- 2000年代　3G　国内キャリアに特化したビジネス
- 2010年代　4G　グローバル市場展開で海外ベンダーと格差拡大
- 2020年代　5G　O-RANでのグローバル展開、vRANの先行開発

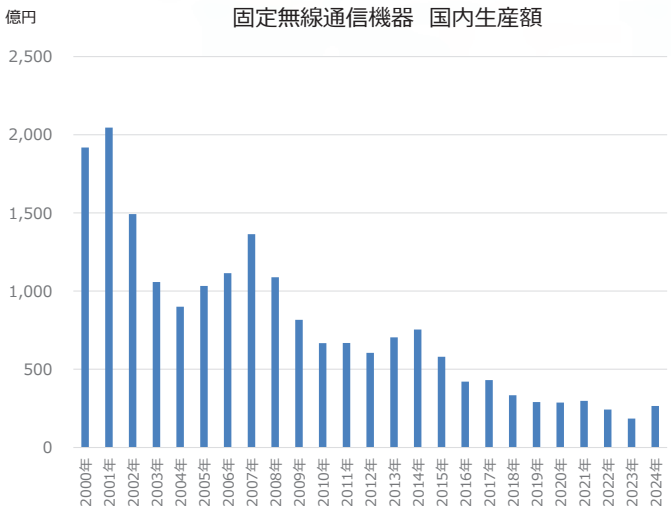
**現在の市場動向**
- 5G投資がグローバルで伸び悩み
- O-RAN/vRANの市場停滞
  - キャリアが新たな技術導入に消極的
  - 相互接続検証等によりトータルコストの優位性が不明
  - 既存ベンダーの抵抗
- 国内キャリアも自社ネットワーク品質改善のため海外ベンダー採用

↓

国内ベンダー売上減少
5Gでの開発投資回収が進まず、新たな開発投資抑制
O-RAN/vRANでのグローバル展開も苦戦
**このままでは事業継続の危機**

© 2025 Communications and Information Network Association of Japan

# 固定無線通信装置の国内生産額推移




出展：CIAJ　通信機器生産・出荷統計情報

**国内ベンダーの状況**
- 1980年代後半からマイクロ波多重無線装置で海外市場展開
  無線部性能、高品質で強み、高いシェアを獲得
- 2010年代からは中国勢が低価格攻勢で台頭
- 2020年代には海外市場からの撤退

**海外市場動向**
- モバイルバックホール向け多重無線市場拡大
- 中国ベンダーの低価格攻勢、携帯基地局大手による基地局とのバンドルにより市場が寡占

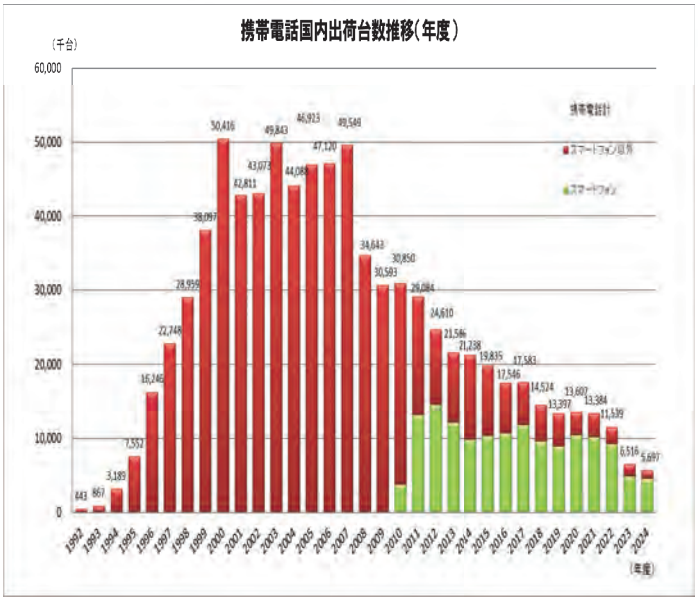
**国内市場動向**
- モバイルバックホールはほぼ光伝送へ
- 防災、警察、消防、自営無線（鉄道、電力など）の国内独自仕様の市場を国内ベンダーが確保

↓

日本独自仕様のニッチ市場で留まる
**将来のシステムの高度化への対応に課題**

© 2025 Communications and Information Network Association of Japan


# 携帯端末機器の国内出荷数推移




出展：JEITA・CIAJ 携帯端末生産・出荷統計情報

**国内ベンダーの状況**
- 2000年代はガラケーで多くのベンダーが市場参入。
- iPhoneの登場により、スマホへ市場移行。
- 国内ベンダーのスマホへの移行遅れ、韓国、中国ベンダー参入
- 国内ベンダーの市場シェア縮小、多くのベンダーが撤退

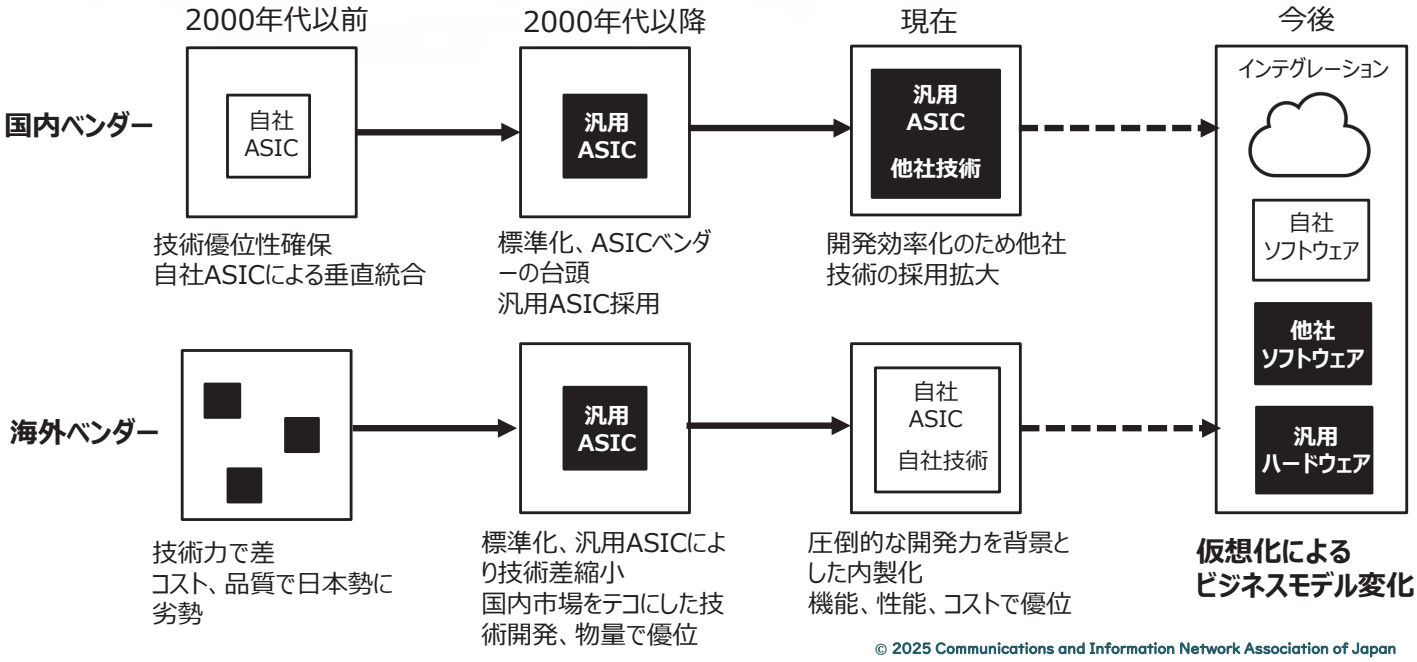
**現在の国内市場**
- 国内ベンダーは海外資本配下や特殊用途で生き残り
  - 映像やカメラと連動したエンターテイメント市場
  - 法人向け市場
  - 高齢者向け市場
  - 通信モジュール：車載、インフラ監視

↓

**特長を生かした領域で生き残り**
**単独でのグローバル展開、物量拡大は難しい**

© 2025 Communications and Information Network Association of Japan

## 国内通信機器ベンダーの競争力の低下（典型例）




© 2025 Communications and Information Network Association of Japan


## 通信機器事業における日本と中国の比較

2000年代以降の日本と中国の取り組みの比較

| 項目 | 日本 | 中国 |
|---|---|---|
| 国内市場 | キャリア間の競争を促進<br>海外ベンダーの参入機会拡大<br>国内市場での競争によりベンダーの体力消耗 | 国内市場を技術育成市場と位置付け<br>技術開発、大量導入によるコストダウンを実現<br>国内市場をテコにグローバル市場へ進出 |
| グローバル市場 | 国内市場重視、個別要求対応<br>グローバル市場への展開に消極的 | 後発技術から自主技術開発へ転換<br>標準化・知財に注力し、グローバル戦略を展開 |
| グローバル展開<br>ファイナンス | ODA縮小<br>途上国支援がハードインフラからソフト重視へ転換<br>通信機器競争力低下、案件減少 | 製品＋融資とのパッケージ戦略<br>政府系金融機関の長期融資によるインフラ輸出<br>途上国市場の多くを獲得 |
| 人材 | 不採算海外拠点を次々閉鎖<br>事業縮小により国内人材も流出<br>若手人材の確保難（魅力のない業界） | 海外にR&D拠点展開<br>グローバル人材の積極的採用 |

© 2025 Communications and Information Network Association of Japan

## 国内通信機器ベンダーの競争力の低下によるリスク

**このままいくと国内ベンダーの基地局ビジネスの継続が困難**
**固定無線もシステム高度化ではワイヤレス技術を海外依存** → **ワイヤレス技術の空洞化**

1. 国家安全保障、経済安全保障上のリスクの高まり
   - 技術力低下によるモバイルネットワークを基盤とするあらゆる産業への影響
   - 防衛、防災、警察、消防などの安心、安全のネットワークが海外依存
   - 災害や事故からの復旧も海外依存
   - 有事や地政学的リスクによる製品供給難、維持困難
   - 国内の競合がなくなることでの製品価格上昇

2. 人材確保
   - 事業縮小により人材流出
   - 若手にとって魅力のない業界（キャリアアップ、報酬に繋がらない）
   - 大学での研究の取り組みも減少
   - 人材難により将来の復活も困難

**今手を打たないと、永遠にこの領域でのリスクを抱え続ける**

© 2025 Communications and Information Network Association of Japan

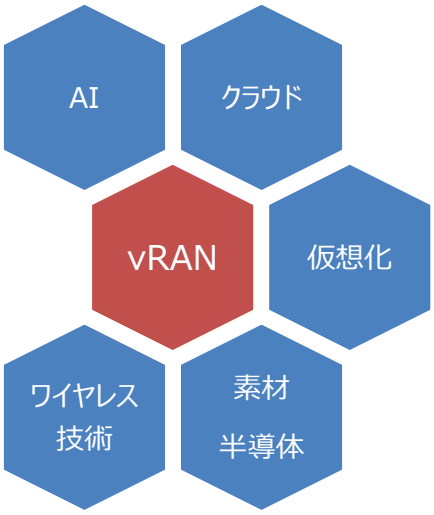

## ワイヤレス技術の発展に向け取り組むべき課題

### vRAN市場を戦略市場として捉え、国を挙げたグローバル市場展開

**国内ベンダーがvRAN市場で発展するための施策**
- グローバルでのvRAN市場の創出、早期導入
- グローバルvRAN市場での国内ベンダーの国際競争力強化
- 国内ベンダーのvRANビジネスの安定化

**vRANの戦略的重要性**
- ワイヤレス技術の発展
  高速化、高周波化（ミリ波、テラヘルツ波）などの技術発展の中心
- AIとの親和性と市場変化
  AI-RANによる新たな価値提供、市場拡大、ビジネスモデルに変化
- 国家安全保障と電波インフラ主権の確立
  防衛・エネルギー・金融・災害対応など、国家の根幹を支えるインフラ
  その技術的主権を握ることは国家安全保障上の重要
- 経済安全保障とvRAN依存産業への波及効果
  ソフトウェア・仮想化・クラウドなど次世代のデジタル基盤への波及性大
  あらゆる産業を支えるインフラであり、 経済安全保障上の重要領域

**vRANによる**
**技術、ビジネスの展開**




© 2025 Communications and Information Network Association of Japan

# vRANビジネス拡大に向けた政府への要望

## 1. 日本発のvRAN市場の創出

- 政府主導によるvRANの大規模実証実験の実施。その成果をグローバル市場に発信し、vRAN市場を創出する。
- vRAN商用導入加速に向けた環境整備（キャリアへのインセンティブ、キャリア間の協調）

## 2. 国際競争力確保に向けた研究開発支援

- RUハードウェア差別化開発
  グローバル市場に参入するには、RUのマルチベンダー化が現実的。RU市場競争において低コスト、低消費電力などの差別化や地域毎のバリエーション展開のための技術開発への支援
- vRANスケーラビリティ検証環境整備
  多様なプラットフォーム（サーバ/CPU/仮想化OS）の組合せ検証環境を整備し、vRANの安定運用、性能確保を検証し、グローバル市場へアピールする。多くのプラットフォーム事業者が参画することで、エコシステムを構築し、日本がvRAN市場を牽引。

## 3. 政府関連調達の戦略的活用

- 国家安全保障上、重要な回線、設備へのセキュリティ要件を強化した調達の制度化。
- 中長期的には、防衛、警察、消防、防災等へのvRANの活用やvRAN技術の適用とを進め、これらの領域でのセキュリティ要件を強化した調達の制度化。

© 2025 Communications and Information Network Association of Japan

資料３－３

# 経済安全保障からみる無線通信技術

2025年10月22日

**白石 和泰**

TMI総合法律事務所　弁護士
TMI防衛・経済安全保障プラクティスグループ共同代表
TMIモビリティサービス＆テクノロジープラクティスグループ発起人
慶応義塾大学大学院 政策・メディア研究科 特任教授
立教大学法学部兼任講師

＜ご注意＞

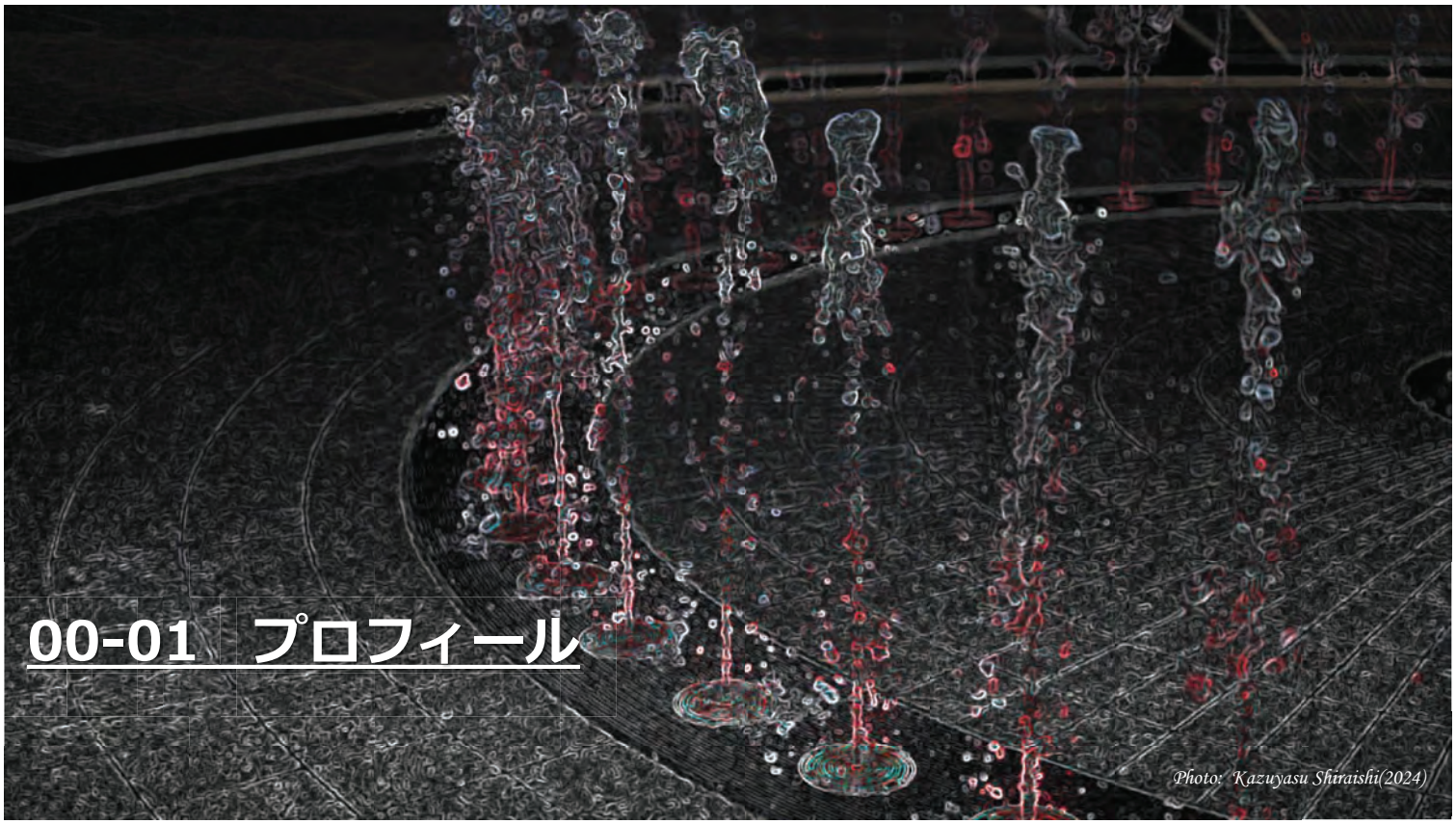
本スライドは、最近の国際情勢や法令等に関する情報提供の目的で作成されたものであり、本スライドのいかなる内容も講演者や講演者の所属団体の意見や見解を示すものではありません。

*Photo: Kazuyasu Shiraishi(2023)*

## 本日のアジェンダ

00　プロフィール
01　経済安全保障とは？
02　経済安全保障関連法・支援施策の概要
03　経済安全保障からみた無線通信技術戦略の方向性

*Photo: Kazuyasu Shiraishi(2022)*




# 00-01　プロフィール

## プロフィール：

### 白石　和泰（しらいし　かずやす）

TMI総合法律事務所　弁護士

TMI防衛・経済安全保障プラクティスグループ共同代表
慶応義塾大学大学院 政策・メディア研究科 特任教授
立教大学法学部兼任講師

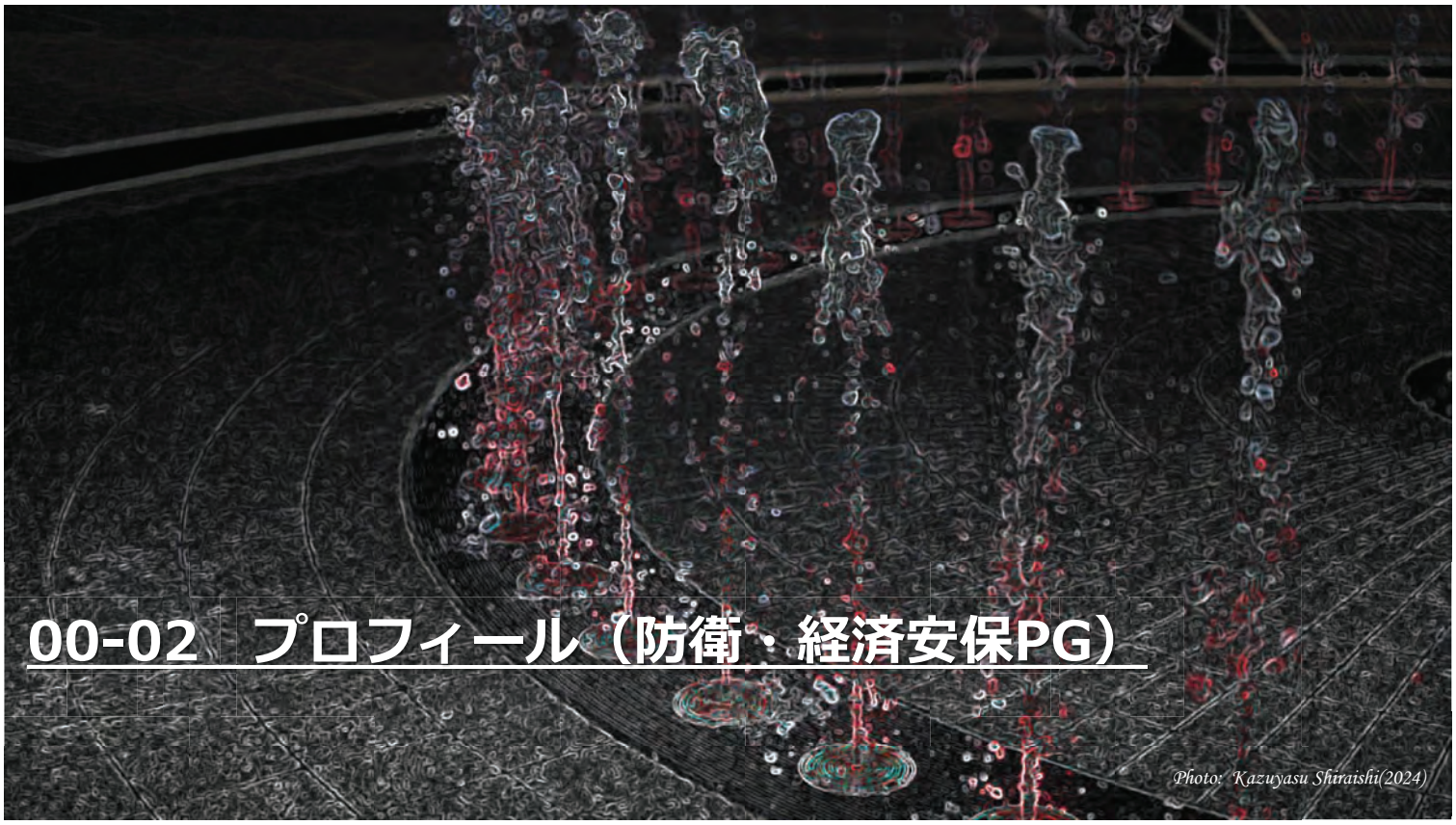
名刺QRコード

※ご質問などご遠慮なく下記又はQRコードの名刺の連絡先までご連絡ください。
E-mail : kshiraishi@tmi.gr.jp
URL : https://www.tmi.gr.jp/people/k-shiraishi.html

1991年3月　千葉県立安房高等学校卒業
1996年3月　早稲田大学政治経済学部政治学科卒業
1998年　　司法書士試験最終合格
2003年　TMI総合法律事務所入所
2013年　ワシントン大学ロースクール卒業
2013年9月～2014年5月　ワシントン州シアトルの Dorsey & Whitney LLP 及び Bracewell LLP にて研修
2014年7月～2015年3月　外務省経済局政策課（日本企業支援室）にて、専門員として、日本企業の海外進出支援、法曹の海外展開プロジェクト等を担当。ドローン検定1級。
5 年超に亘る大手電気通信事業者での駐在経験もあり、経済安全保障関連法務、個人情報保護法・サイバー（情報）セキュリティに関する法令を含む IT ・情報・通信関連法、自動運転・ドローン・ロボット等の先端技術分野に関する法務、その他幅広い分野を取り扱っている。

- 「わかる経済安全保障」（KINZAIバリュー叢書　2023年8月）
- 日本ナレッジセンターセミナー「経済安全保障に関する7大リスクと対応策」（2023年8月）
- TMI総合法律事務所&ウエストロー・ジャパン共催セミナー「日米中における経済安全保障の動向と日本企業に求められる実務対応～経済安全保障に潜むリスクマネジメントの強化～」（2023年4月）

など、著書・講演、多数。




# 00-02　プロフィール（防衛・経済安保PG）

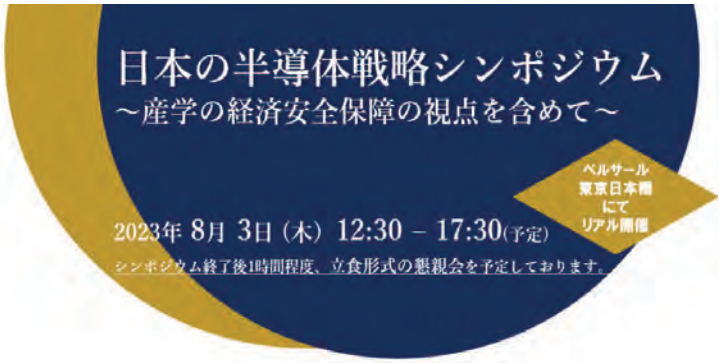
## ＴＭＩ防衛・経済安全保障プラクティスグループの創設

**2021年7月正式に立ち上げ（以前から構想していたものを他の法律事務所に先駆けて）**
初代国家安全保障局長の谷内先生を顧問としてお迎えしており、経産省、総務省、外務省等への出向経験者や、経済安全保障に関する実務を経験しているメンバーが在籍。
こうした**各関係省庁とのネットワーク、国際経験、経済安全保障分野の経験**を有する弁護士チームが、**海外に展開するオフィスと緊密に連携**して、依頼者のニーズに対応する**トータルな解決策を提供**することが可能なことが最大の強み。

## ＴＭＩ防衛・経済安全保障プラクティスグループ

# 防衛･経済安全保障シンポジウムの開催等

**岸田文雄内閣総理大臣を含む各界の最前線のキーパーソンを登壇者としてお招きし、2021年12月に防衛･経済安全保障シンポジウム、2023年8月には、日本の半導体戦略シンポジウムを開催。**



# 日本の半導体・デジタル戦略シンポジウム
## ～産学の経済安全保障の視点を含めて～

ベルサール東京日本橋にてリアル開催

2023年 8月 3日（木） 12:30 – 17:30(予定)

シンポジウム終了後1時間程度、立食形式の懇親会を予定しております。

半導体は，電子機器や自動車などの製造業はもちろん，通信，ＡＩ，宇宙，防衛など，広くあらゆる分野において不可欠となっています。そのような半導体の開発・生産能力が自国の不可欠性を大きく左右することとなることや，近年の半導体の供給不足が経済活動に深刻な影響を与えた事実，すなわち，半導体をめぐる経済安全保障上のリスクを踏まえ，世界各国の政府や企業が，半導体に関する政策・研究を，巨額の予算を投じて積極的に進めています。

このような世界情勢を踏まえ，日本の半導体をめぐる政策，研究，規制はどうあるべきか，日本の企業（半導体メーカーのみならず半導体のユーザーである他の全ての企業）は，世界各国による半導体をめぐる政策に対してどのように対応していくべきか（支援策を活用すべきか，半導体のサプライチェーンをどのように再編成していくべきか，等），国会議員の先生方・関係省庁のご担当者様・アカデミアの先生方・関係企業のご担当者様・法曹実務家にて，講演・パネルディスカッション形式で，日本企業における実務対応の道しるべとなるよう議論を深め，もって日本経済・日本企業の発展，日本の経済安全保障を支援します。

### 登壇者

- 岸田 文雄　内閣総理大臣 ※ビデオメッセージでのご出演を予定しております。
- 西村 康稔　経済産業大臣
- 甘利　明　衆議院議員／自由民主党半導体戦略推進議員連盟 会長
- 内閣府、総務省、文部科学省、経済産業省、防衛省の各ご担当の皆様
- 黒田 忠広　東京大学大学院工学系研究科 教授
- 細川 昌彦　明星大学教授／元経済産業省貿易経済協力局貿易管理部長
- 石村 和彦　国立研究開発法人産業技術総合研究所 理事長
- 五神　真　国立研究開発法人理化学研究所 理事長
- 東　哲郎　技術研究組合最先端半導体技術センター（LSTC）理事長
- 小池 淳義　Rapidus株式会社 代表取締役社長
- 髙橋 泰三　富士通株式会社 執行役員
- 伊藤　隆　三菱電機株式会社 経済安全保障統括室長
- 岩倉 正和　TMI総合法律事務所 弁護士/一橋大学大学院法学研究科ビジネスロー専攻 特任教授
- 境田 正樹　TMI総合法律事務所 弁護士／TMI防衛・経済安全保障PG共同代表
- 白石 和泰　TMI総合法律事務所 弁護士／TMI防衛・経済安全保障PG共同代表
- 上野 一英　TMI総合法律事務所 弁護士/学習院大学法学部法学科非常勤講師

共催　国立大学法人東京大学大学院工学系研究科 / 国立研究開発法人産業技術総合研究所
国立研究開発法人理化学研究所 / TMI総合法律事務所

後援：　一般社団法人 電子情報技術産業協会（JEITA） / 一般社団法人日本半導体製造装置協会（SEAJ）
SEMIジャパン / 一般財団法人 安全保障貿易情報センター（CISTEC）



ECONOSEC JAPAN 2025　経済安全保障対策会議・展示会　Economic Security Exhibition & Conference
2025.9.30火 > 10.1水　10:00 – 17:00　池袋・サンシャインシティ　展示ホールB・特別ホール501号室

エコノセック・ジャパン実行委員会　委員長
細川 昌彦
明星大学 教授

### 実行委員会委員

日本の経済安全保障を考え、その対策に取り組む各界第一人者の知見を結集します。

副委員長
鈴木 一人
東京大学 公共政策大学院 教授
公益財団法人 国際文化会館
地経学研究所長

泉谷 晃
アマゾン ウェブ サービス ジャパン合同会社
公共政策部 プリンシパル

板橋 功
公益財団法人 公共政策調査会
理事 研究センター長

伊藤 隆
株式会社 電通総研
経済安全保障研究センター
副センター長

上野 麻子
三菱電機株式会社
リスクマネジメント・経済安保戦略部
Chief Expert
新領域リスク・経済安全保障副統括

白石 和泰
TMI総合法律事務所
パートナー 弁護士
防衛・経済安全保障
プラクティスグループ共同代表

副島 一也
ニュートン・コンサルティング
株式会社
代表取締役社長

高澤 美奈
日本マイクロソフト株式会社
政策渉外・法務本部
政策渉外担当部長

ビヴェット 久美子
PwC Japan合同会社
地政学リスクアドバイザリー
ディレクター

久光 徹
株式会社FRONTEO
経済安全保障室 研究開発部長

2日目 A2-5 14:10-15:10 満員御礼

セッションD

### 能動的サイバー防御と官民連携
### ～企業などに今、求められること～

ゲスト
内閣官房
国家サイバー統括室
内閣サイバー官
飯田 陽一 氏

日本マイクロソフト（株）
執行役員 政策渉外・法務本部長
大島 葉子 氏

モデレーター
（公財）公共政策調査会
理事 研究センター長
板橋　功 氏

ゲスト
NTT（株） グループCISO
横浜 信一 氏

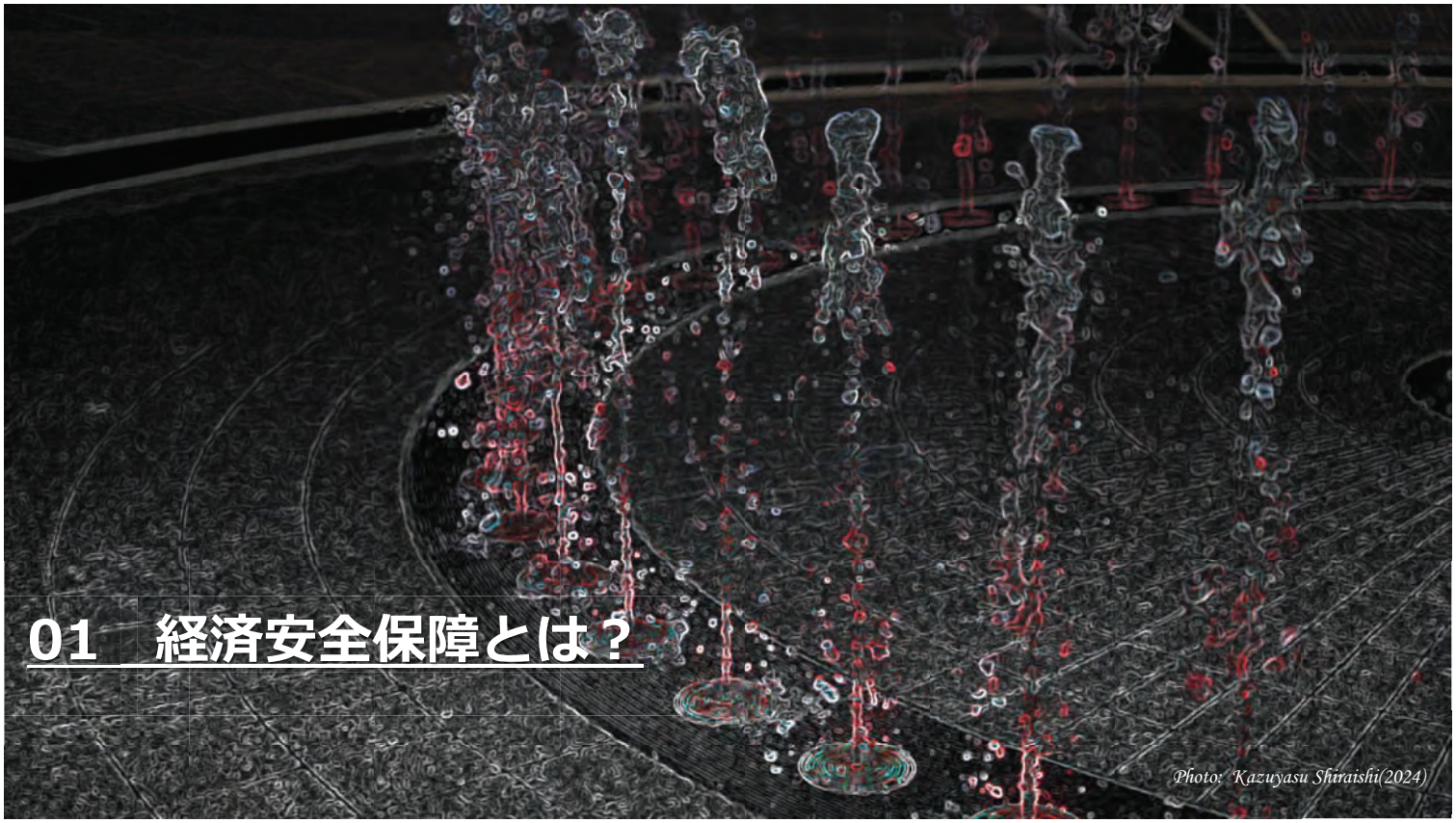
TMI総合法律事務所　パートナー 弁護士
防衛・経済安全保障プラクティスグループ共同代表
慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 特任教授
白石 和泰 氏

出典：https://econosec.jp/ ※レイアウトを加工しています。

**わかる経済安全保障**
**(KINZAIバリュー叢書L)**

●経済安全保障に関する最前線の案件に日々従事している弁護士が、投資局面、製造販売局面、研究開発局面、サイバー空間の場面ごとに認識すべき企業活動における経済安全保障上の法的リスクと対応を平易に解説。

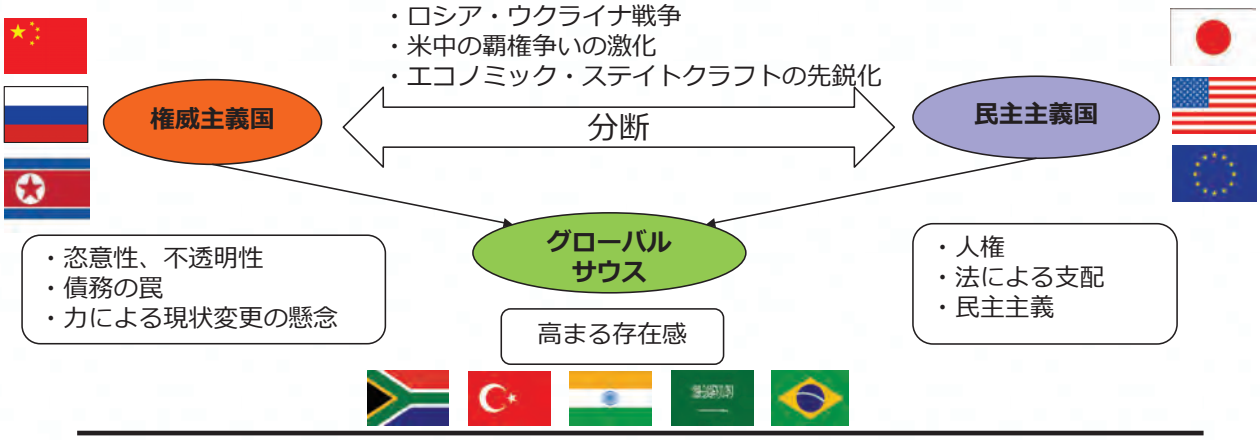
●キーパーソン（高市早苗先生、谷内正太郎先生、古谷知之先生、鈴木一人先生）のインタビューを収録。



# 01　経済安全保障とは？

*Photo: Kazuyasu Shiraishi(2024)*

# 続く分断・規制強化の流れ




**G7広島サミット（2023年5月20日）**

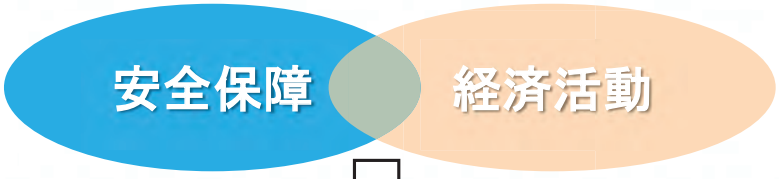
・G7サミットの議題としては**初めて経済的強靭性・経済安全保障**が取り上げられ、
（1）サプライチェーンや基幹インフラの強靭化、（2）非市場的政策及び慣行や経済的威圧への対応の強化、（3）重要・新興技術の適切な管理を含め、結束して対応していくことを確認
・「経済的強靭性及び経済安全保障に関するＧ７首脳声明」の発出。



# 経済安全保障とは

## 「国家の独立と生存及び繁栄を経済面から確保すること」

**＝主として、国が外国からの経済的手段による圧力（エコノミック・ステイトクラフト）に対抗できる能力を確保すること。**




ESの具体的な手法：

| | |
|---|---|
| ① **経済制裁** | （例：取引の停止、資産凍結） |
| ② **輸出管理** | （例：貨物と技術の提供につき許可制） |
| ③ **通商上の障害の設定** | （例：ロシアへの最恵国待遇の停止、トランプ政権による対中追加関税措置） |
| ④ **援 助** | （例：中国の一帯一路政策、関税引き下げ） |

# 経済安全保障とは

◆ **認識した脅威（ES）に対してどのように対応するか。**

- チョークポイントを**低減**する
  ＝**「戦略的自律性」の確保**
  （基幹インフラやサプライチェーン等の脆弱性解消）
  例えば、レアアース

- チョークポイントを**握る**
  ＝**「戦略的不可欠性」の維持・強化・獲得**
  （研究開発の強化等による技術・産業競争力の向上や機微技術情報の流出の防止）

**ワイヤレス分野における技術はまさに、自律性の確保に必須のものであり、かつ、不可欠性を狙えるもの**
**☞まずは、この2つの重要概念を理解した上で、現状の分析をすることが第一**



# 「戦略的自律性」と「戦略的不可欠性」

## 戦略的自律性：

わが国の国民生活及び社会経済活動の維持に不可欠な基盤を強靱化することにより、いかなる状況の下でも他国に過度に依存することなく、国民生活と正常な経済運営というわが国の安全保障の目的を実現すること

## 戦略的不可欠性：

国際社会全体の産業構造の中で、わが国の存在が国際社会にとって不可欠であるような分野を戦略的に拡大していくことにより、わが国の長期的・持続的な繁栄及び国家安全保障を確保すること

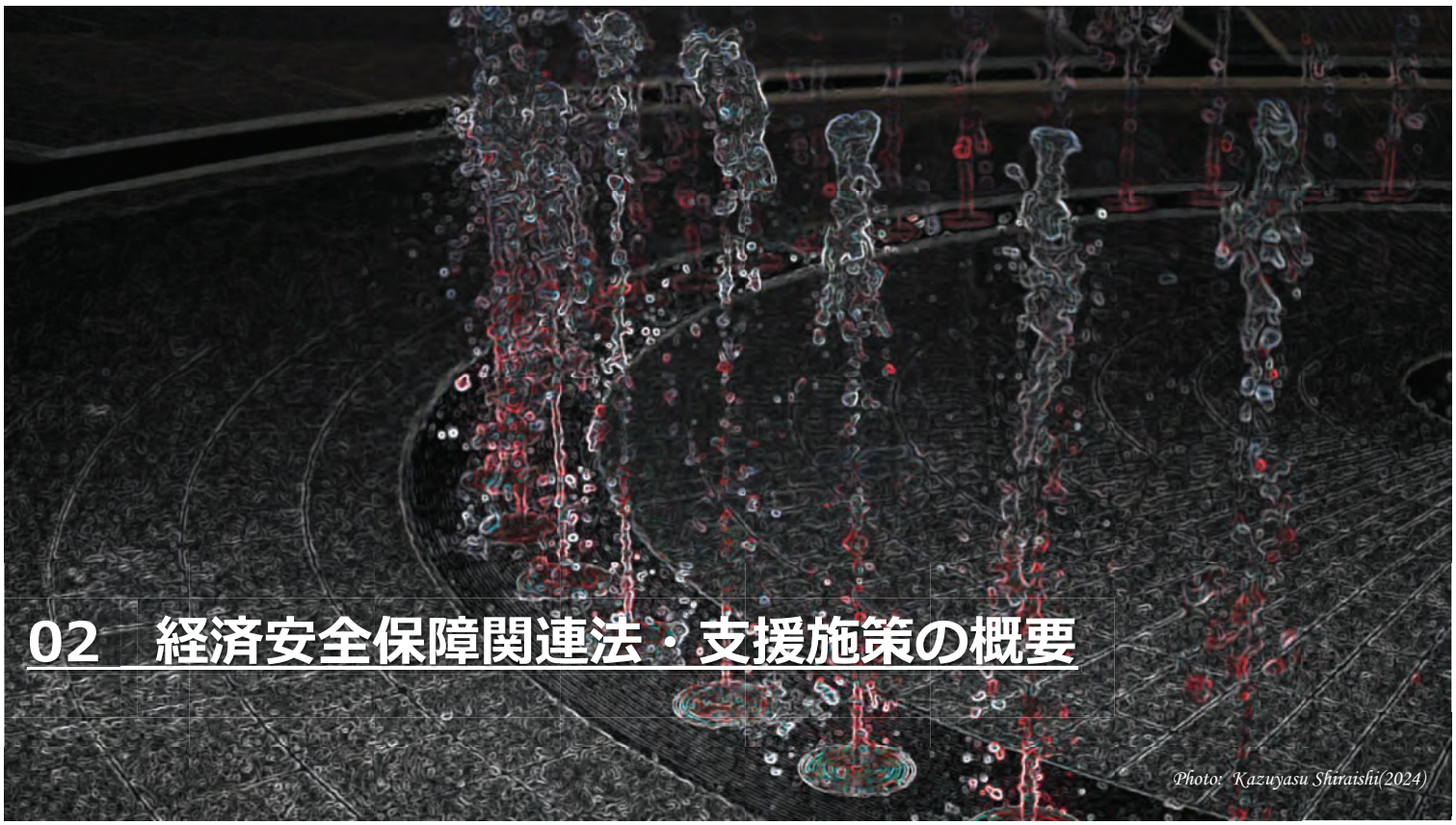
「提言 『経済安全保障戦略』の策定に向けて」（令和２年１２月１６日、自由民主党政務調査会新国際秩序創造戦略本部）（p3～4）より
＜ https://storage2.jimin.jp/pdf/news/policy/201021_1.pdf ＞

構成員限り



構成員限り

構成員限り

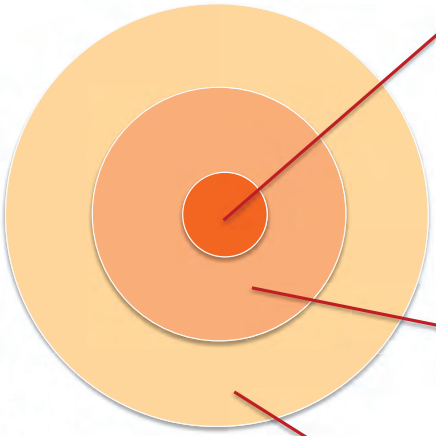


# 02　経済安全保障関連法・支援施策の概要

Photo: Kazuyasu Shiraishi(2024)

# 1　経済安全保障に関する法体系の理解

日本の法体系



外国の法体系・国際的な条約・枠組も同様に参照していく必要がある。

## 法律・政令

・経済安全保障推進法
・外為法
　①対内/対外投資行為の届出制（投資管理）
　②貨物・技術提供の事前許可制（輸出管理）
　③支払・貿易等の禁止（経済制裁）
・重要経済安保情報保護活用法（セキュリティクリアランス法）
・重要土地等調査法
・サイバー対処能力強化法・同整備法（ACD法）　等

## ガイドライン

- 輸出管理関連のもの
- 政府調達に関するもの（平成30年「IT 調達に係る国の物品等又は役務の調達方針及び調達手続に関する申合せ」等）
- 研究インテグリティの確保に係る対応方針（令和3年4月27日統合イノベーション戦略推進会議決定）
- 金融庁（「投資家と企業の対話ガイドライン」）
- 責任あるサプライチェーン等における 人権尊重のためのガイドライン（令和4年9月 ビジネスと人権に関する行動計画の実施に係る関係府省庁施策推進・連絡会議）等

## 自主基準

・コーポレートガバナンスコード（東証）等

# 「経済安全保障推進法」

**1．基本方針の策定 等（第１章）**
・経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する基本方針を策定。
・規制措置は、経済活動に与える影響を考慮し、安全保障を確保するため合理的に必要と認められる限度において行わなければならない。

**2．重要物資の安定的な供給の確保に関する制度（第２章）**
国民の生存や、国民生活・経済活動に甚大な影響のある物資の安定供給の確保を図るため、特定重要物資の指定、民間事業者の計画の認定・支援措置、特別の対策としての政府による取組 等を措置。

| 特定重要物資の指定 | 事業者の計画認定・支援措置 | 政府による取組 | その他 |
|---|---|---|---|
| ・国民の生存に必要不可欠又は国民生活・経済活動が依拠している物資で、安定供給確保が特に必要な物資を指定 | ・民間事業者は、特定重要物資等の供給確保計画を作成し、所管大臣が認定<br>・認定事業者に対し、安定供給確保支援法人等による助成やツーステップローン等の支援 | ・特別の対策を講ずる必要がある場合に、所管大臣による備蓄等の必要な措置 | ・所管大臣による事業者への調査 |

ハードルはあるが、無線通信分野での活用を模索することが考えられる

**支援措置**
2022年8月1日施行

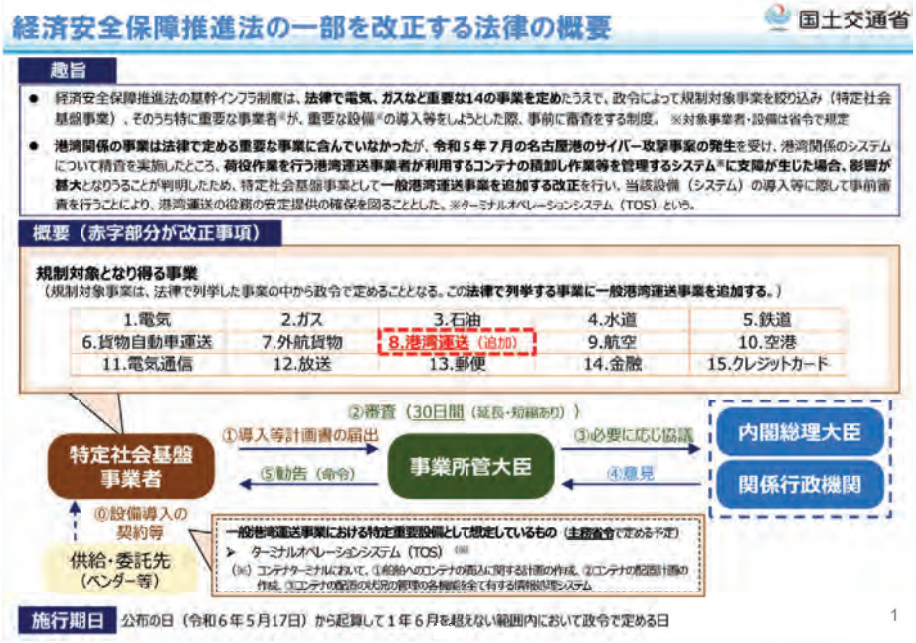
**3．基幹インフラ役務の安定的な提供の確保に関する制度（第３章）**
基幹インフラの重要設備が我が国の外部から行われる役務の安定的な提供を妨害する行為の手段として使用されることを防止するため、重要設備の導入・維持管理等の委託の事前審査、勧告・命令 等を措置。

| 審査対象 | 事前届出・審査 | 勧告・命令 |
|---|---|---|
| ・対象事業：法律で対象事業の外縁（例：電気事業）を示した上で、政令で絞り込み<br>・対象事業者：対象事業を行う者のうち、主務省令で定める基準に該当する者を指定 | ・重要設備の導入・維持管理等の委託に関する計画書の事前届出<br>・事前審査期間：原則30日（場合により、短縮・延長が可能） | ・審査の結果に基づき、妨害行為を防止するため必要な措置（重要設備の導入・維持管理等の内容の変更・中止等）を勧告・命令 |

**規制措置**
2024年5月17に運用開始

# 「経済安全保障推進法」

## 名古屋港の事案を受け、「一般港湾運送」を特定社会基盤事業に追加




出典：https://www.mlit.go.jp/kowan/content/001843335.pdf

# 特定重要物資としての指定

**特定重要物資の指定（政令指定）　【第7条】**

| | |
|---|---|
| 特定重要物資 | 国民の生存に必要不可欠又は広く国民生活・経済活動が依拠している重要な物資（プログラムを含む）で、当該物資又はその原材料等を外部に過度に依存し、又は依存するおそれがある場合において、外部の行為により国家及び国民の安全を損なう事態を未然に防止するため、安定供給の確保を図ることが特に必要と認められる物資 |

**指定要件：**

① **重要性**
　国民の生存に必要不可欠な又は広く国民生活若しくは経済活動が依拠している重要な物資であること

② **外部依存性**
　外部に過度に依存し、又は依存するおそれがあること

③ **外部行為による供給途絶等の蓋然性**
　外部から行われる行為により国家及び国民の安全を損なう事態を未然に防止する 必要があること

④ **安定供給確保のための措置の必要性**
　安定供給確保を図ることが特に必要と認められること

特定重要物資の安定的な供給の確保に関する基本指針（令和４年９月30日閣議決定）より
<https://www.cao.go.jp/keizai_anzen_hosho/suishinhou/doc/kihonshishin1.pdf>

# 特定重要物資としての指定

➢ 以下の**4要件を全て満たす**、特に安定供給確保を図るべき**重要な物資に絞り込んで適切に指定**する。

| | | |
|---|---|---|
| 要件1 | 国民の生存に必要不可欠<br>又は<br>広く国民生活又は経済活動が依拠 | 国民の生存に直接的な影響が生じる物資をいう。<br>国民の大多数に普及していたり、様々な産業に組み込まれていたりして、経済合理的な観点からの代替品がない物資をいう。 |
| 要件2 | 外部に過度に依存<br>又は<br>外部に過度に依存するおそれ | 供給が特定少数国・地域に偏っており、供給途絶等が発生した場合に甚大な影響が生じ得る物資をいう。<br>社会経済構造の変化や技術革新の動向（メガトレンド）等を踏まえ、我が国が措置を講じなければ将来的な外部依存のリスクの蓋然性が認められる物資をいう。 |
| 要件3 | 外部から行われる行為による供給途絶等の蓋然性 | 外部から行われる行為により供給途絶等が発生し、国民の生存や国民生活・経済活動に甚大な影響を及ぼす可能性を評価し、その蓋然性が認められること。 |
| 要件4 | 本制度による措置の必要性 | 要件1～3に加え、本制度による施策が特に必要と認められる場合に指定を行う。<br>①他制度による措置が既に講じられている場合には、本制度により措置を講ずる必要性は小さいと判断される。<br>②措置を講ずる優先度が高く、特にその必要性が認められる場合としては、例えば、次に掲げる場合が考えられる。<br>✓ 国民の生存に必要不可欠な物資又は基幹的な役割を果たすインフラ機能の維持に与える影響が顕著と考えられる物資のうち、例えば、近年、供給途絶等が発生した実績がある、供給途絶等のリスクが高まる傾向がみられるなど、早急に措置を講ずる必要がある場合<br>✓ 中長期的な社会経済構造の変化や技術革新の動向（メガトレンド）を踏まえ将来にわたって重要性や成長性が見込まれる場合や、我が国及び諸外国・地域における産業戦略や科学技術戦略での位置づけ等を総合的に勘案し、例えば、近年、国際環境の変化等を受け、諸外国・地域で物資の囲い込みが行われるリスクが高まっている、集中的な支援が検討されているなど、早急に措置を講ずる必要がある場合 |

➢ 指定にあたっては、**支援が効果的に実施**できるかどうかといった観点に留意。

➢ **解除の考え方**

安定供給確保のための措置を講ずる必要が小さくなったと考えられる特定重要物資について、将来の社会経済情勢や国際情勢等を見据えて**慎重に検討した上で、指定を解除**するものとする。

経済安全保障推進法に基づく重要物資の 安定的な供給の確保 （サプライチェーン強靱化） に関する制度全般や技術流出防止 について
<https://www.cao.go.jp/keizai_anzen_hosho/suishinhou/supply_chain/doc/sc_gaiyou.pdf >



# 特定重要物資としての指定

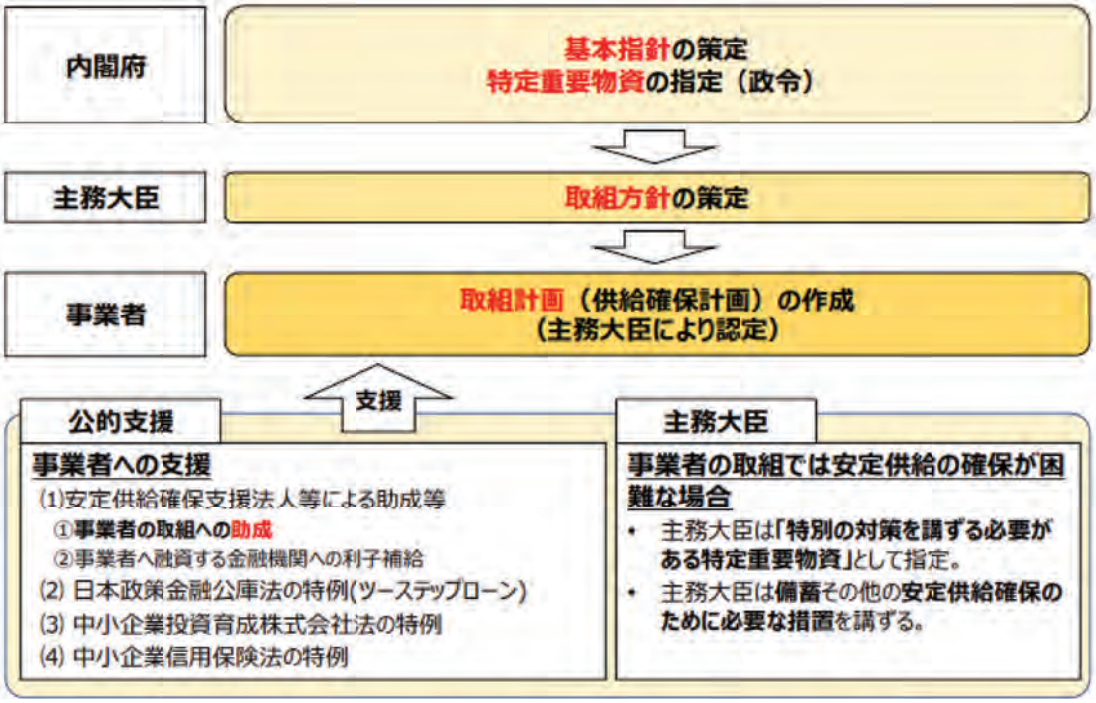
**特定重要物資の主な支援措置の内容**
**及び認定済計画数（計124件）**

（令和７年５月29日時点）

| | | |
|---|---|---|
| **抗菌性物質製剤**（厚労）（２件認定）<br>原材料及び原薬の生産基盤強化、備蓄 | **肥料**（農水）（12件認定）<br>備蓄 | **船舶の部品**（国交）（11件認定）<br>生産基盤強化 |
| ・βラクタム系抗菌薬 | ・りん酸アンモニウム<br>・塩化カリウム | ・エンジン（2ストローク・4ストローク）<br>・クランクシャフト<br>・ソナー<br>・プロペラ |
| **半導体**（経産）（23件認定）※<br>生産基盤強化、原料の供給基盤強化 | **蓄電池**（経産）（30件認定）※<br>生産基盤強化、技術開発 | **航空機の部品**（経産）（16件認定）※<br>生産基盤強化、研究開発等 |
| ・従来型半導体<br>・半導体製造装置（部素材含む）<br>・半導体部素材（部素材含む）<br>・半導体原料（黄リン、ヘリウム、希ガス、蛍石等） | ・蓄電池<br>・蓄電池製造装置<br>・蓄電池部素材 | ・大型鍛造品　・鋳造品<br>・CMC　・SiC繊維<br>・炭素繊維　・スポンジチタン |
| **永久磁石**（経産）（５件認定）<br>生産基盤強化、技術開発等 | **先端電子部品**（経産）（3件認定）※<br>生産基盤強化、研究開発 | **工作機械・産業用ロボット**（経産）（５件認定）※<br>生産基盤強化、研究開発 |
| ・ネオジム磁石<br>・サマリウムコバルト磁石<br>・省レアアース磁石 | ・MLCC・フィルムコンデンサ<br>・SAWフィルター・BAWフィルター<br>・電子部品製造装置（部素材含む）<br>・電子部品部素材（部素材含む） | ・CNC　・サーボ機構　・CNCシステム<br>・減速機　・PLC　・ボールねじ<br>・リニアガイド　・リニアスケール<br>・鋳物代替素材（ミネラルキャスト） |
| **重要鉱物**（経産）（５件認定）<br>探鉱、鉱山開発、精錬能力強化、技術開発 | **天然ガス**（経産）（１件認定）<br>戦略的余剰液化天然ガスの確保 | **クラウドプログラム**（経産）（11件認定）<br>プログラム開発・開発に必要な利用環境の整備 |
| ・マンガン　・ニッケル　・コバルト<br>・リチウム　・グラファイト　・レアアース<br>・ガリウム　・ゲルマニウム　・ウラン | ・天然ガス | ・基盤クラウドプログラム<br>・高度な電子計算機 |

経済安全保障推進法に基づく重要物資の 安定的な供給の確保 （サプライチェーン強靱化） に関する制度全般や技術流出防止 について
<https://www.cao.go.jp/keizai_anzen_hosho/suishinhou/supply_chain/doc/sc_gaiyou.pdf >

# 特定重要物資としての指定




経済安全保障推進法に基づく重要物資の 安定的な供給の確保 （サプライチェーン強靱化） に関する制度全般や技術流出防止 について
<https://www.cao.go.jp/keizai_anzen_hosho/suishinhou/supply_chain/doc/sc_gaiyou.pdf >



# 特定重要物資としての指定

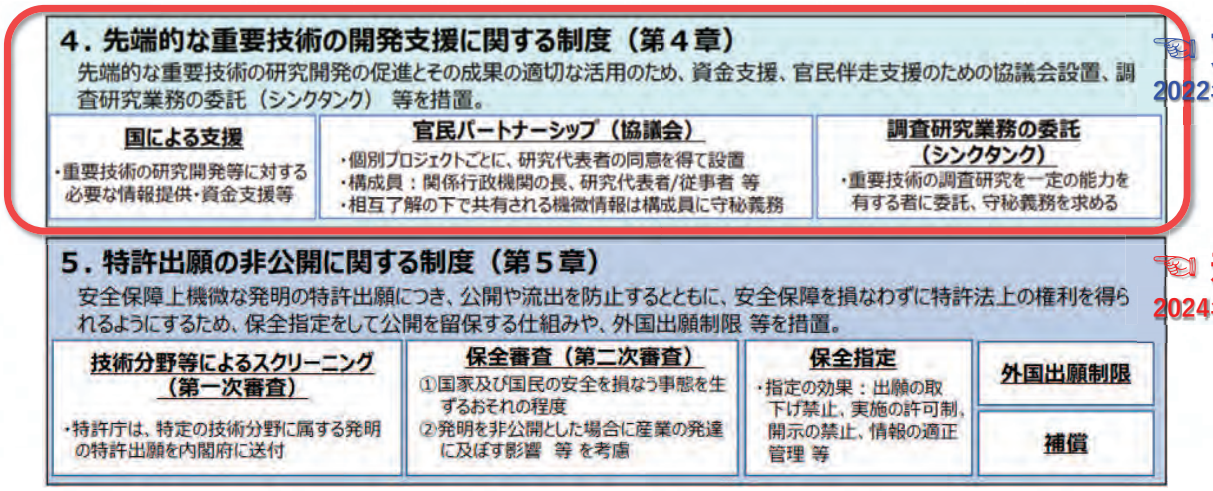
| 所管省 | 物資 | 総額 | 令和６年度補正予算 | 令和６年度当初予算 | 令和５年度補正予算 | 令和４年度補正予算 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **総計** | | **2兆3,827億円** | **1,981億円** | **2,300億円** | **9,172億円** | **1兆358億円** |
| 経済産業省 | 蓄電池 | 1兆52億円 | 1,778億円 | 2,300億円 | 2,658億円 | 3,316億円 |
| | 半導体 | 8,062億円 | － | － | 4,376億円 | 3,686億円 |
| | クラウドプログラム | 1,366億円 | － | － | 1,166億円 | 200億円 |
| | 重要鉱物 | 1,058億円 | － | － | － | 1,058億円 |
| | 航空機の部品 | 744億円 | － | － | 327億円 | 417億円 |
| | 可燃性天然ガス | 716億円 | 150億円 | － | 330億円 | 236億円 |
| | 工作機械・産業用ロボット | 494億円 | － | － | 78億円 | 416億円 |
| | 永久磁石 | 294億円 | 41億円 | － | － | 253億円 |
| | 先端電子部品 | 221億円 | 9億円 | － | 212億円 | － |
| 厚生労働省 | 抗菌薬 | 553億円 | － | － | － | 553億円 |
| 農林水産省 | 肥料（※） | 160億円 | － | － | － | 160億円 |
| 国土交通省 | 船舶の部品 | 106億円（国庫債務負担行為総額） | 2億円（国庫債務負担行為の内数） | － | 25億円（国庫債務負担行為の内数） | 63億円（国庫債務負担行為の内数） |

※ 肥料について、基金管理団体の業務に要する費用に係る予算のみを別途措置（R5当初：１億円、R6当初：0.3億円、R7予算案：0.3億円）

経済安全保障推進法に基づく重要物資の 安定的な供給の確保 （サプライチェーン強靱化） に関する制度全般や技術流出防止 について
<https://www.cao.go.jp/keizai_anzen_hosho/suishinhou/supply_chain/doc/sc_gaiyou.pdf >

# 「経済安全保障推進法」

無線通信分野での活用を模索することが考えられる




**支援措置**
2022年8月1日施行

**規制措置**
2024年5月1日に運用開始



# 特定重要技術の研究開発の促進（不可欠性獲得の観点）

## 特定重要技術：

将来の国民生活及び経済活動の維持にとって重要なものとなり得る先端的な技術のうち、当該技術若しくは当該技術の研究開発に用いられる情報が外部に不当に利用された場合又は当該技術を用いた物資若しくは役務を外部に依存することで外部から行われる行為によってこれらを安定的に利用できなくなった場合において、国家及び国民の安全を損なう事態を生ずるおそれがあるもの（経済安全保障法第61条）

⇒ **官民連携を通じた伴走支援のための協議会の設置、指定基金協議会の設置等による強力な支援、調査研究業務の委託等の枠組みを通じて、特定重要技術の研究開発の促進とその成果の適切な活用を図ることとしている**

内閣府HP　「先端的な重要技術の開発支援に関する制度」より
＜https://www.cao.go.jp/keizai_anzen_hosho/suishinhou/technology/technology.html＞

国立研究開発法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

# K Program とは

内閣府主導のもと創設された「経済安全保障重要技術育成プログラム」は、我が国が国際社会において中長期的に確固たる地位を確保し続ける上で不可欠な要素となる先端的な重要技術について、研究開発及びその成果の活用を推進するものです。

| | | |
|---|---|---|
| 2024/09/20 | プレスリリース | 経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program）における新規採択課題の決定について（令和５年度第3回募集 小型無人機等の自律制御・分散制御技術） |
| 2024/09/11 | イベント | 2024/09/19（木）開催<br>「海空無人機による海洋観測・監視・調査システムの構築」「海面から海底に至る空間の常時監視技術と海中音源自動識別技術の開発」キックオフシンポジウム<br>※外部サイトへリンクします |
| 2024/09/04 | プレスリリース | 経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program）における新規採択課題の決定について（令和５年度第3回募集 AIセキュリティ） |
| 2024/09/04 | お知らせ | 経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program）における令和６年度第５回研究開発課題の募集開始について |
| 2024/08/28 | プレスリリース | 経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program）における新規採択課題の決定について（令和５年度第3回募集 海中における革新的センシング技術） |
| 2024/08/07 | イベント | 2024/09/02（月）開催<br>「宇宙線ミュオンを用いた革新的測位・構造物イメージング等応用技術」公開シンポジウム |
| 2024/07/17 | プレスリリース | 経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program）における令和６年度第４回研究開発課題の募集開始について |
| 2024/06/20 | プレスリリース | 経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program）における令和６年度第３回研究開発課題の募集開始について |
| 2024/06/20 | | 経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program）における新規採択課題の決定につ |

 出典：https://www.jst.go.jp/k-program/

NEDO 国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構

経済安全保障重要技術育成プログラム

K Program
経済安全保障重要技術育成プログラム

関係府省・独法が連携して推進する「経済安全保障重要技術育成プログラム」（通称"K Program"）について、研究開発の取り組みや、イベント情報、公募情報等を集約して紹介するためのサイトです。

■研究開発ビジョン（第一次）に基づくプロジェクト

| 領域 | プロジェクト名 | プロジェクト型／個別研究型 | 関連リンク |
|---|---|---|---|
| 海洋 | 船舶向け通信衛星コンステレーションによる海洋状況把握技術の開発・実証 | プロジェクト型 | 研究開発構想<br>研究開発構想（概要）<br>「経済安全保障重要技術育成プログラム／船舶向け通信衛星コンステレーションによる海洋状況把握技術の開発・実証」に係る実施体制の決定について<br>2023年度「経済安全保障重要技術育成プログラム／船舶向け通信衛星コンステレーションによる海洋状況把握技術の開発・実証」ステージゲート審査の結果について<br>採択事業概要 |
| 宇宙・航空 | 光通信等の衛星コンステレーション基盤技術の開発・実証 | プロジェクト型 | 研究開発構想<br>研究開発構想（概要）<br>「経済安全保障重要技術育成プログラム／光通信等の衛星コンステレーション基盤技術の開発・実証」に係る実施体制の決定について<br>2023年度「経済安全保障重要技術育成プログラム／光通信等の衛星コンステレーション基盤技術の開発・実証」ステージゲート審査の結果について<br>採択事業概要 |
| 宇宙・航空 | 高感度小型赤外線センサ技術の開発 | 個別研究型 | 研究開発構想<br>研究開発構想（概要）<br>「経済安全保障重要技術育成プログラム／高感度小型赤外線センサ技術の開発」に係る実施体制の決定について<br>採択事業概要 |
| 宇宙・航空 | 小型無人機の自律制御・分散制御技術 | 個別研究型 | 研究開発構想<br>研究開発構想（概要）<br>「経済安全保障重要技術育成プログラム／小型無人機の自律制御・分散制御技術（研究開発項目（1））に係る実施体制の決定について<br>採択事業概要 |
| 宇宙・航空 | 航空安全等に資する小型無人機の飛行経路の監視・識別技術 | 個別研究型 | 研究開発構想<br>研究開発構想（概要）<br>「経済安全保障重要技術育成プログラム／航空安全等に資する小型無人機の飛行経路の監視・識別技術」に係る実施体制の決定について<br>2023年度「経済安全保障重要技術育成プログラム／航空安全等に資す |

 出典：https://www.nedo.go.jp/activities/k-program.html

# 「経済安全保障推進法」（不可欠性獲得の観点）

出典：https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/keizai_anzen_hosyohousei/r6_dai10/siryou6.pdf

# 【参考】経済安全保障重要技術育成プログラムにおいて支援されている特定重要技術

- 経済安全保障重要技術育成プログラム 研究開発ビジョン（第一次）より
  - **海洋領域**
    - **海洋観測・調査・モニタリング能力の拡大（より広範囲・機動的）**
      - 自律型無人探査機（AUV）の無人・省人による運搬・投入・回収技術
      - 自律型無人探査機（AUV）機体性能向上技術（小型化・軽量化）
      - 量子技術等の最先端技術を用いた海中（非 GPS 環境）における高精度航法技術
    - **海洋観測・調査・モニタリング能力の拡大（常時継続的）**
      - 先端センシング技術を用いた海面から海底に至る空間の観測技術
      - 観測データから有用な情報を抽出・解析し統合処理する技術
      - 量子技術等の最先端技術を用いた海中における革新的センシング技術
    - **一般船舶の未活用情報を海洋状況把握へ活用**
      - 現行の自動船舶識別システム（AIS）を高度化した次世代データ共有システム技術

経済安全保障重要技術育成プログラム 研究開発ビジョン（第一次）
＜https://www8.cao.go.jp/cstp/anzen_anshin/2_vision.pdf＞

# 【参考】経済安全保障重要技術育成プログラムにおいて支援されている特定重要技術

- 経済安全保障重要技術育成プログラム 研究開発ビジョン（第一次）より【続き】
  - 宇宙・航空領域
    - **衛星通信・センシング能力の抜本的な強化**
      - 低軌道衛星間光通信技術
      - 自動・自律運用可能な衛星コンステレーション・ネットワークシステム技術
      - 高性能小型衛星技術
      - 小型かつ高感度の多波長赤外線センサー技術
    - **民生利用のみならず公的利用における無人航空機の利活用の拡大**
      - 災害・緊急時等に活用可能な長時間・長距離等の飛行を可能とする小型無人機技術
      - 小型無人機を含む運航安全管理技術
      - 小型無人機との信頼性の高い情報通信技術
    - **優位性につながり得る無人航空機技術の開拓**
      - 小型無人機の自律制御・分散制御技術
      - 空域の安全性を高める小型無人機等の検知技術
      - 小型無人機の飛行経路における風況観測技術
    - **航空分野での先端的な優位技術の確保**
      - デジタル技術を用いた航空機開発製造プロセス高度化技術
      - 航空機エンジン向け先進材料技術
      - 超音速要素技術（低騒音機体設計技術）
      - **極超音速要素技術（幅広い作動域を有するエンジン設計技術）**


経済安全保障重要技術育成プログラム 研究開発ビジョン（第一次）
＜https://www8.cao.go.jp/cstp/anzen_anshin/2_vision.pdf＞

# 【参考】経済安全保障重要技術育成プログラムにおいて支援されている特定重要技術

- 経済安全保障重要技術育成プログラム 研究開発ビジョン（第一次）より【続き】

  - **領域横断・サイバー空間領域、バイオ領域**
    - ハイパワーを要するモビリティ等に搭載可能な次世代蓄電池技術
    - 宇宙線ミュオンを用いた革新的測位・構造物イメージング等応用技術
    - AI セキュリティに係る知識・技術体系
    - 不正機能検証技術（ファームウェア・ソフトウェア／ハードウェア）
    - ハイブリッドクラウド利用基盤技術
    - 生体分子シークエンサー等の先端研究分析機器・技術


経済安全保障重要技術育成プログラム 研究開発ビジョン（第一次）
＜https://www8.cao.go.jp/cstp/anzen_anshin/2_vision.pdf＞

# 【参考】経済安全保障重要技術育成プログラムにおいて支援されている特定重要技術

- 経済安全保障重要技術育成プログラム 研究開発ビジョン（第二次）より
  - **海洋領域**
    - **海洋観測・調査・モニタリング能力の拡大**
      - 海中作業の飛躍的な無人化・効率化を可能とする海中無線通信技術
    - **安定的な海上輸送の確保**
      - デジタル技術を用いた高性能次世代船舶開発技術
      - 船舶の安定運航等に資する高解像度・高精度な環境変動予測技術
  - **宇宙・航空領域**
    - **センシング能力の抜本的な強化**
      - 高高度無人機を活用した高解像度かつ継続性のあるリモートセンシング技術
      - 超高分解能常時観測を実現する光学アンテナ技術
    - **機能保証のための能力強化**
      - 衛星の寿命延長に資する燃料補給技術
    - **無人航空機の利活用の拡大**
      - 長距離物資輸送用無人航空機技術


経済安全保障重要技術育成プログラム 研究開発ビジョン（第二次）
＜https://www8.cao.go.jp/cstp/anzen_anshin/siryo1.pdf＞

# 【参考】経済安全保障重要技術育成プログラムにおいて支援されている特定重要技術

- 経済安全保障重要技術育成プログラム 研究開発ビジョン（第二次）より【続き】
  - **領域横断・サイバー空間領域、バイオ領域**
    - **サイバー空間領域**
      - 先進的サイバー防御機能・分析能力の強化
        - サイバー空間の状況把握・防御技術
        - セキュアなデータ流通を支える暗号関連技術
      - 偽情報分析に係る技術
      - ノウハウの効果的な伝承につながる人作業伝達等の研究デジタル基盤技術
    - **領域横断**
      - 多様なニーズに対応した複雑形状・高機能製品の先端製造技術
        - 高度な金属積層造形システム技術
        - 高効率・高品質なレーザー加工技術
      - 省レアメタル高機能金属材料
        - 耐熱超合金の高性能化・省レアメタル化技術
        - 重希土フリー磁石の高耐熱・高磁力化技術
      - 輸送機等の革新的な構造を実現する複合材料等の接着技術
      - 次世代半導体材料・製造技術
        - 次世代半導体微細加工プロセス技術
        - 高出力・高効率なパワーデバイス/高周波デバイス向け材料技術
      - 孤立・極限環境に適用可能な次世代蓄電池技術
      - 多様な機器・システムへの応用を可能とする超伝導基盤技術
    - **バイオ領域**
      - 多様な物質の検知・識別を可能とする迅速・高精度なマルチガスセンシングシステム技術
      - 有事に備えた止血製剤製造技術
      - 脳波等を活用した高精度ブレインテックに関する先端技術


経済安全保障重要技術育成プログラム 研究開発ビジョン（第二次）
＜https://www8.cao.go.jp/cstp/anzen_anshin/siryo1.pdf＞

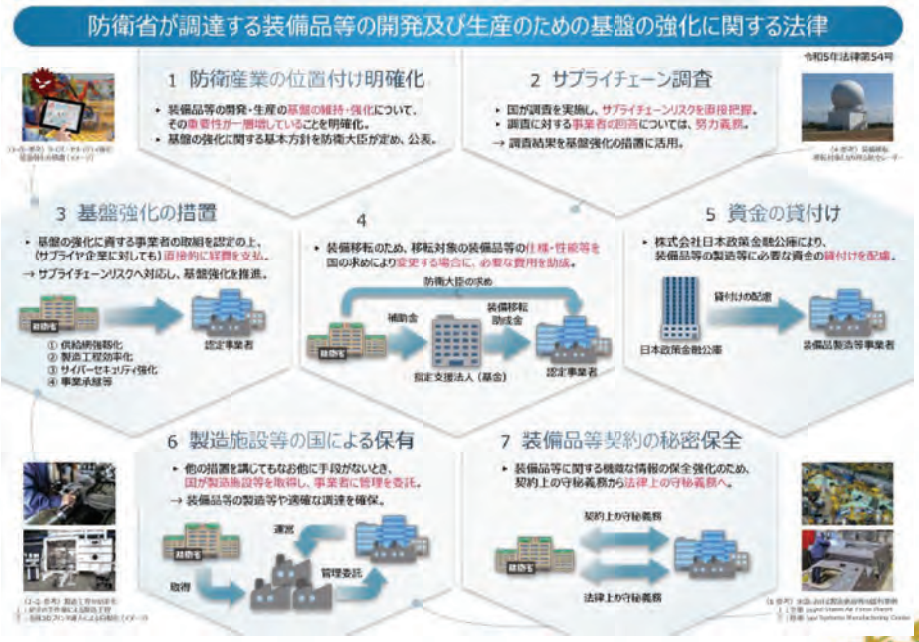
## 防衛上の必要性：

国家防衛戦略においては、「抜本的に強化された防衛力は新しい戦い方に対 応できるものでなくてはならない」とした上で、「我が国への侵攻そのものを 抑止するために、遠距離から侵攻戦力を阻止・排除できるようにする」「万が 一、抑止が破れ、我が国への侵攻が生起した場合には、（略）有人アセット、 さらに無人アセットを駆使するとともに、水中・海上・空中といった領域を横 断して優越を獲得し、非対称な優勢を確保できるようにする」「さらに、迅速 かつ粘り強く活動し続けて、相手方の侵攻意図を断念させられるようにする」 ことの必要性が挙げられている。 これらを実現するべく、**我が国の防衛上必要な７つの機能・能力（「スタン ド・オフ防衛能力」、「統合防空ミサイル防衛能力」、「無人アセット防衛能力」、「領域横断作戦能力」、「指揮統制・情報関連機能」、「機動展開能力・国民保護」 及び「持続性・強靭性」）が導出されているが、これらを強化するためには、 進展する次世代情報通信技術を効果的に取り込んでいくことが鍵となる**。（令和7年7月防衛省次世代情報通信戦略）



出典： https://www.mod.go.jp/j/press/news/2025/07/28a_04.pdf

## 防衛生産基盤強化法（自律性確保の観点）：

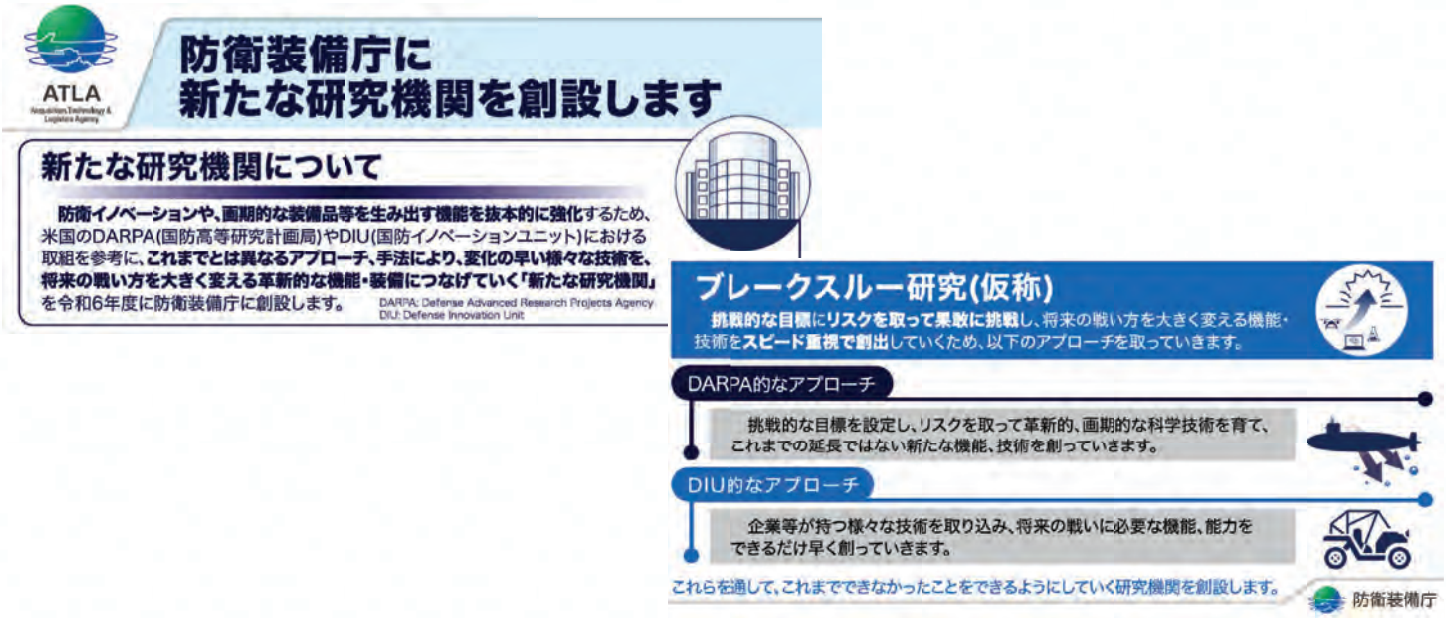



→無線通信分野での活用を検討する価値があるのではないか（コンサル費用も支援対象。）



出典： https://www.mod.go.jp/atla/hourei_dpb.html

# 防衛イノベーション科学技術研究所（日本版DARPA）（不可欠性獲得の観点）




出典：https://www.mod.go.jp/atla/research/ats2023/pdf_exhi_pos/P-39.pdf



# 防衛イノベーション科学技術研究所（日本版DARPA）（不可欠性獲得の観点）

（2024年10月1日時点）

| 氏名 | 所属機関等 | 専門分野 |
|---|---|---|
| 新井　宏之 氏 | 横浜国立大学大学院　教授 | 電磁波工学 |
| 石井　大智 氏 | 株式会社Japan Nexus Intelligence<br>ゼネラルマネージャー | 情報と社会 |
| 大司　達樹 氏 | 産業技術総合研究所　研究参与<br>米国セラミックス学会　元会長 | セラミックス及び関連材料 |
| 加藤　雅浩 氏 | 元　日経クロステック　先端技術編集長 | 情報通信<br>エレクトロニクス |
| 木村　睦 氏 | 信州大学先鋭材料研究所　教授 | 機能高分子化学 |
| 斎藤 久美子 氏 | 元　沖縄科学技術大学院大学<br>Postdoctoral scholar | ライフサイエンス |
| 佐々木 真人 氏 | 元　東京大学　准教授 | 高エネルギー素粒子天文学 |
| 佐藤　俊一 氏 | 元　防衛医科大学校<br>防衛医学研究センター長 | レーザ<br>バイオフォトニクス |
| 関 喜史 氏 | Fairy Devices 株式会社<br>執行役員 Chief Product Officer | 機械学習、データマイニング |
| 高本　陽一 氏 | 株式会社テムザック<br>代表取締役議長 | ロボット工学 |
| 中野　透 氏 | 元　ＪＭＵディフェンスシステムズ株式会社<br>取締役 | 航空工学 |
| 波多　英寛 氏 | 熊本大学大学院先端科学研究部　助教 | 宇宙衛星工学 |
| 古田　貴之 氏 | 千葉工業大学<br>未来ロボット技術研究センター(fuRo)　所長 | ロボット工学 |
| Cindy Daniell氏※ | 元　DARPA　Program Manager (PM) | AI、Image processing |

※契約に基づく参画

**ブレークスルー研究：**
革新型ブレークスルー研究
挑戦的な目標を設定し、これまでの延長ではない新たな機能、技術を創出

**実証型ブレークスルー研究：**
様々な技術を組み合わせ、将来の戦いに必要な機能、能力を早期に創出

 出典：https://www.mod.go.jp/atla/disti/files/pgm_mgr_20241001.pdf

# 安全保障技術研究推進制度（防衛省ファンディング）（不可欠性獲得の観点）

- 競争的研究費により先進的な民生技術に係る基礎研究について、外部の研究機関等に委託又は補助金を交付する制度。
- 外部有識者による審査の上、採択する研究課題を決定。革新性と成果の波及効果を重視しており、真理の探究のみを目的とした純粋な学術研究は対象外。
- 中長期的観点から有望な萌芽的技術を先手を打って発掘・育成することにより、新たな技術基盤を創り、将来にわたって我が国の技術的優越を確保することが狙い。
- いわゆるハイリスク研究も大いに推奨しており、たとえ目標自体が未達成でも、副次的な成果や波及効果の大きい成果があれば評価される。
- 民生分野において更に研究が進展することを期待する観点から、研究成果は積極的に公表することを推奨している。

 出典：https://www.mod.go.jp/atla/funding/gaiyo/R06leaflet.pdf

# 安全保障技術研究推進制度（防衛省ファンディング）（不可欠性獲得の観点）

## 公募の概要（令和7年度）

| 区分 | 委託事業（複数年度契約可） | | | 新設 補助事業 |
|---|---|---|---|---|
| | 大規模研究課題 | 小規模研究課題 | | |
| タイプ | タイプS | タイプA | タイプC | タイプD |
| 最大研究期間 | 5か年度 | 3か年度 | | 5か年度 |
| 最大研究費（1件あたり） | 20億円 / 5年 | 5,200万円 / 年 | 1,300万円 / 年 | 20億円 / 5年（少額の予算規模の提案も可） |
| 主な対象者 | 民間企業、研究機関、大学等 | | | 研究機関、大学等 |

本制度は競争的研究費として運営しています。経費の積算は、我が国の競争的研究費制度において共通して使用されている府省共通経費取扱区分表に基づきます。
その他、最新の公募等の詳細についてはHP（https://www.mod.go.jp/atla/funding.html）をご覧下さい。

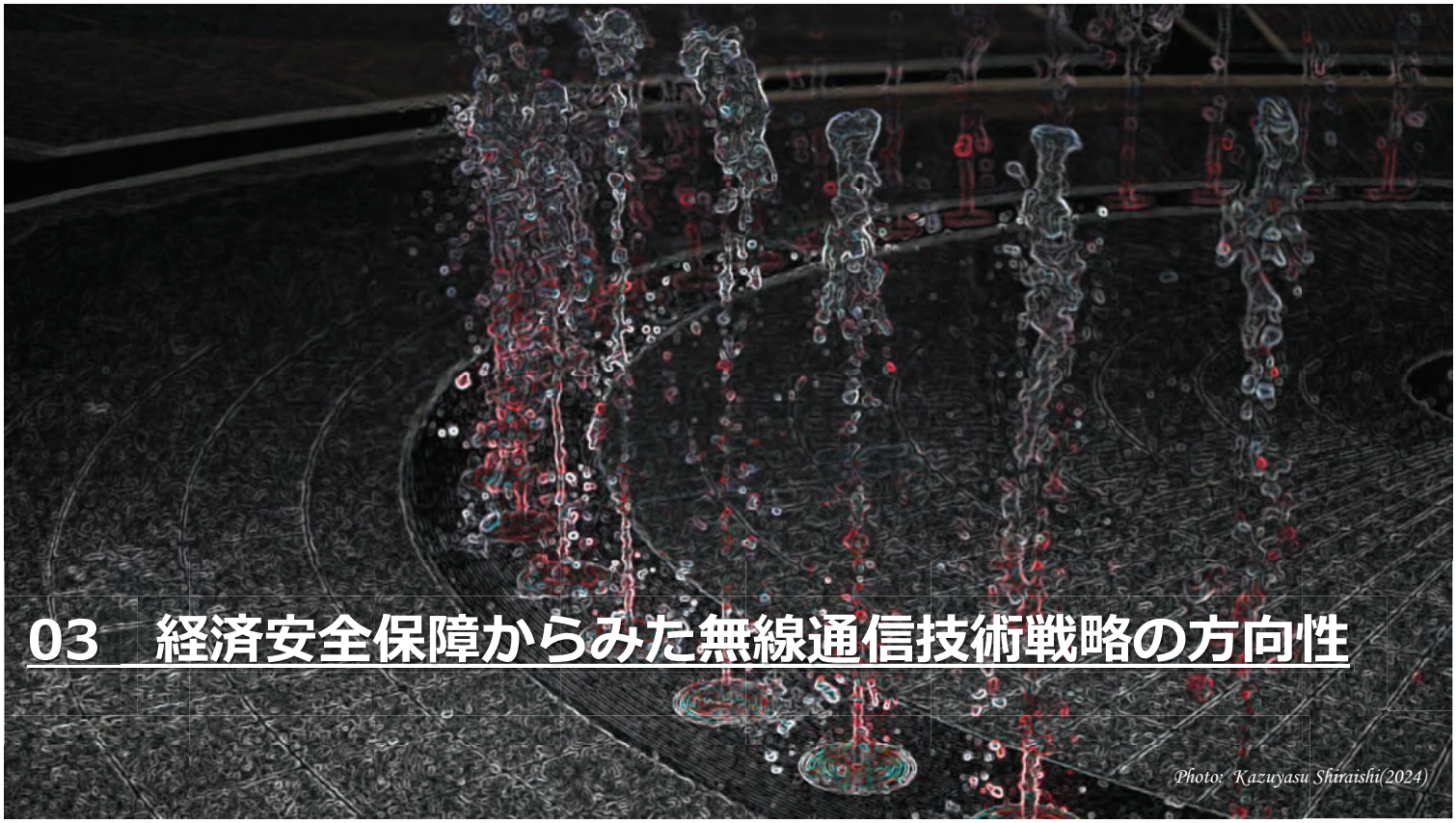
 出典：https://www.mod.go.jp/atla/funding/gaiyo/R06leaflet.pdf

## 【ご参考】防衛分野における情報通信技術の重要性

「科学技術の急速な進展は安全保障の在り方を根本的に変化させることか ら、各国は、将来の戦闘様相を一変させる、いわゆるゲーム・チェンジャ ーとなり得る先端技術の開発を行っている。こうした先端技術のうち、情 報通信技術の重要性は論を俟たず、防衛省も以前からその活用にかかる検 討を進めてきた。 」

（防衛省次世代情報通信戦略（防衛省　令和7年7月）https://www.mod.go.jp/j/press/news/2025/07/28a_04.pdf ）





# 今後の方向性

**■経済安全保障推進法上の特定重要物資（自律性の観点）**

☞通信機器が特定重要物資となる可能性も見据え、その観点からの分析・検討も考えられるのではないか？

※４要件の充足性については、無線通信技術の重要性（①）は自明と思われるが、特に③、④の要件が論点になる可能性あり。

**■経済安全保障推進法上の特定重要技術としての支援プログラムの活用（K-Program等への採択）（不可欠性の観点）**

☞次世代通信技術が支援対象となる可能性は十分あり、活用に向けた積極的なアピールを行っていくべきではないか？

**■防衛分野における重要性（自律性・不可欠性の観点）**

☞無線通信技術・機器はデュアルユースの典型。防衛分野における重要性（※）も踏まえて、自律性・不可欠性の観点から分析・検討することも必要ではないか？

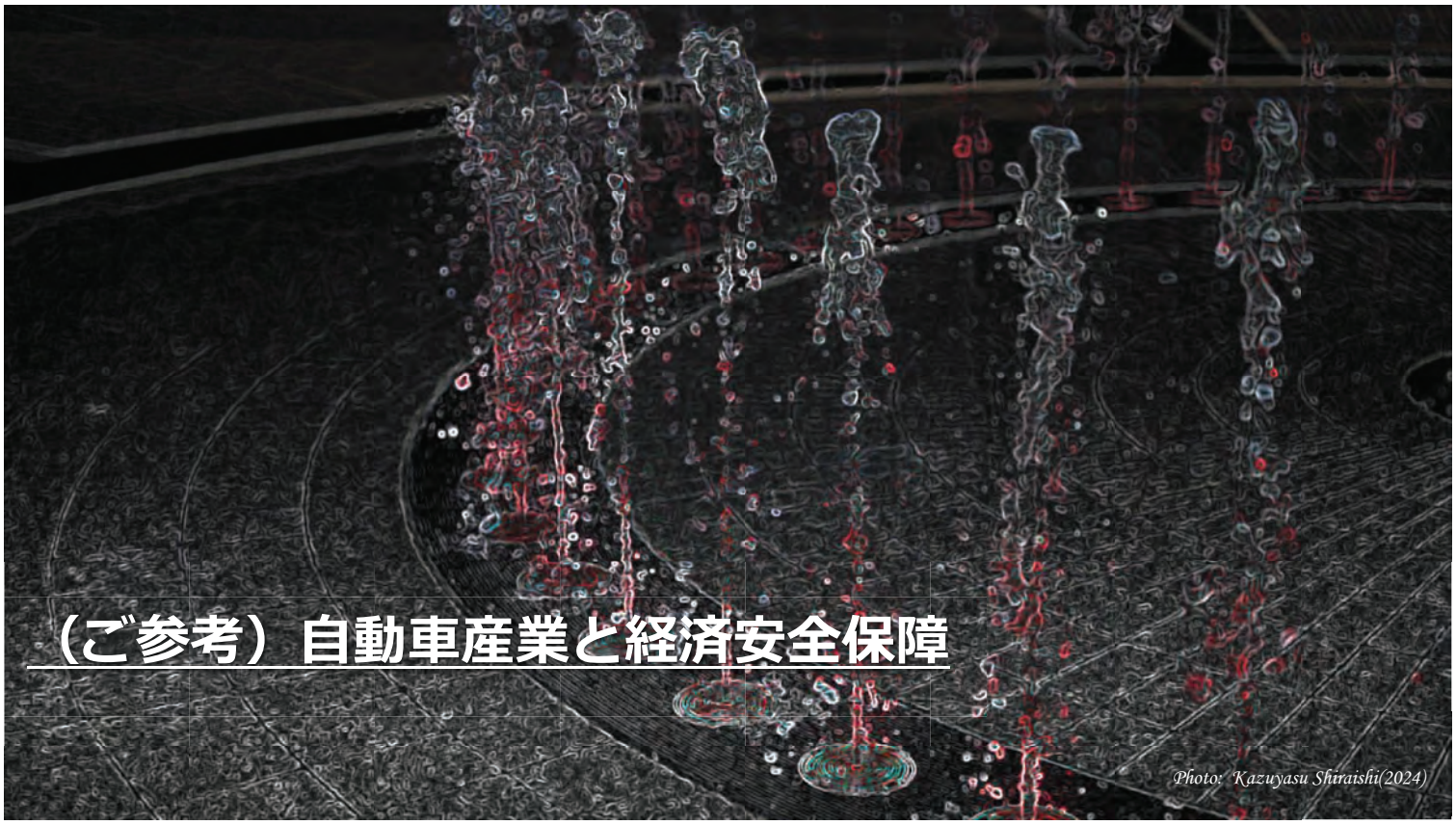
※「進展する次世代情報通信技術を効果的に取り込んでいく」との防衛省次世代情報通信戦略の記載からも、（抽象的な）ニーズがあることは明らか。その上で、積極的な国外移転なども見据えつつ、より具体的な防衛ニーズを把握し、深化させることが重要ではないか。



# 今後の方向性（つづき）

**⇒これらの前提として、現状の分析と将来の予想に基づき、自律性に与える影響及び不可欠性を獲得できる可能性を個別の技術を対象に、より具体的、詳細に分析・検討するのはどうか？（※）**

**※補助金はあくまで着火剤orブースター。海外の主要企業との連携、海外市場における販路拡大についての検討を含め、ビジネス上勝ち筋となり得る持続性のある戦略も併せて検討する必要があるのではないか。**




## 自動車産業と経済安全保障（概要）

構成員限り

ご清聴ありがとうございました。
Photo: Kazuyasu Shiraishi(2024)

資料３－４

# AI社会におけるデジタルインフラの方向性および課題

2025年10月22日

シャープ株式会社
CTO・専務執行役員

種谷　元隆

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

## アジェンダ

ひとの願いの、半歩先。 SHARP

1. 端末から見たワイヤレス分野における重点技術領域とAI
2. シャープの取り組み
   - ①無線通信標準化技術の取り組み
   - ②IoT向けB5G用SoCの取り組み
3. ワイヤレス分野に関する提言

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

# 1. 端末から見たワイヤレス分野における重点技術領域とAI

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION


## ワイヤレス端末からみた現状認識



日本企業は自社の強みに注力

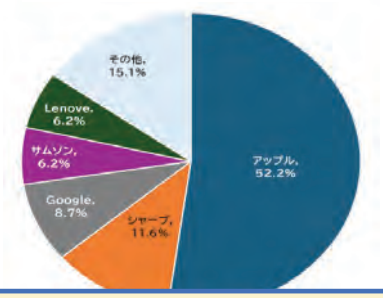
2025年GDP世界5位に後退

バリューチェーンで外国依存の部分が出来る
→ 大きな市場・成長分野から撤退していないか？

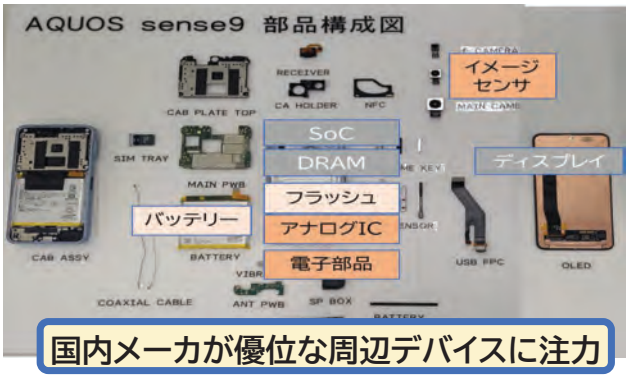
無線通信端末の位置づけ

基幹通信網 → オープンvRAN → 基地局 → 端末 / ネットワーク機器 → クラウドサービス → 応用サービス

24年度国内スマホシェア




スマホから国内メーカは撤退



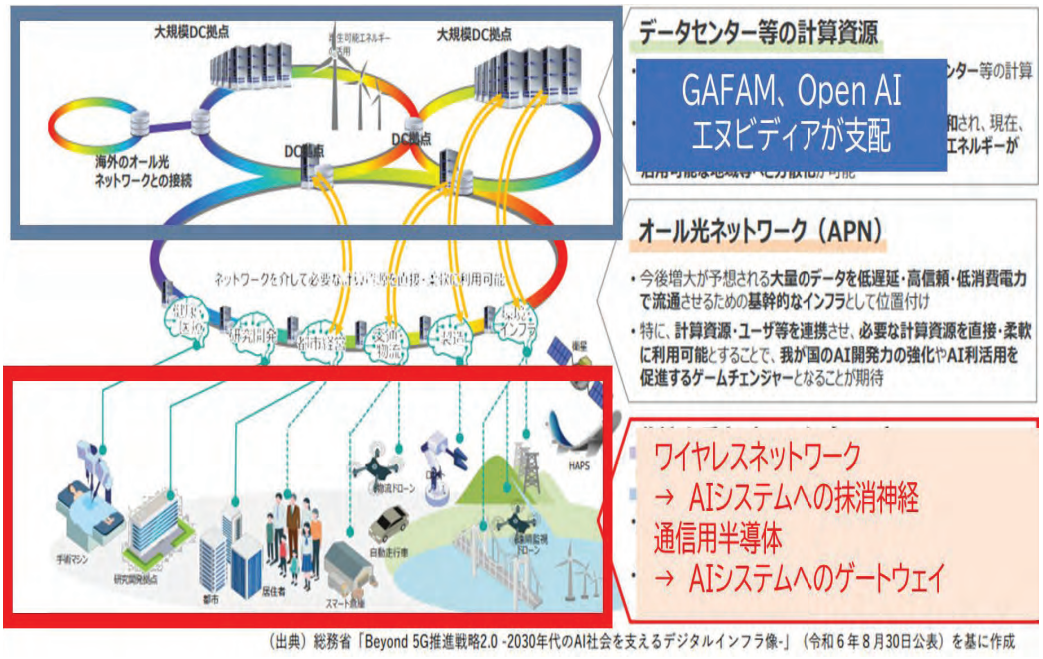

国内メーカが優位な周辺デバイスに注力

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

## 未来のワイヤレスの世界



### 2030年代のソブリンAIの実現を支えるデジタルインフラ




**データセンター等の計算資源**

GAFAM、Open AI
エヌビディアが支配

**オール光ネットワーク（APN）**

- 今後増大が予想される**大量のデータを低遅延・高信頼・低消費電力で流通**させるための**基幹的なインフラ**として位置付け
- 特に、**計算資源・ユーザ等を連携**させ、**必要な計算資源を直接・柔軟に利用可能**とすることで、**我が国のAI開発力の強化やAI利活用を促進するゲームチェンジャー**となることが期待

ワイヤレスネットワーク
→ AIシステムへの抹消神経
通信用半導体
→ AIシステムへのゲートウェイ

（出典）総務省「Beyond 5G推進戦略2.0 -2030年代のAI社会を支えるデジタルインフラ像-」（令和６年８月30日公表）を基に作成

**国内に残す産業**

強みの強化 ＋ 弱みの補完

産業全体のビジョンで
残すべきものは
国内で持つべき

**バリューチェーンのボトルネック解消が必要**

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION



## 国内に産業を残す為には？



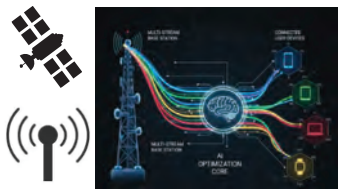
将来の次世代通信xAIによる Cyber･Physical融合の世界やいつもでも･どこでも繋がるサービスを
世界に先駆け提供するためにはボトルネックは標準化特許とSoC

通信接続は標準化が必須 → **標準化特許** AI

標準化仕様を具現化 → **SoC開発** AI

SoC活用で早期にPoC実証 → **ハードシステム実装** AI

世界に先駆けたサービスインが必要 → **サービス** AI

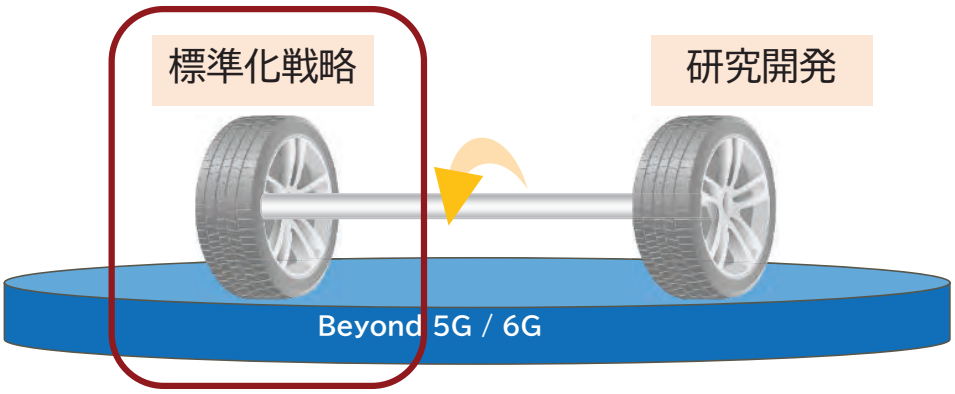


Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

## 2. シャープの取り組み

### ①無線通信標準化技術の取り組み

### ②IoT向けB5G用SoCの取り組み

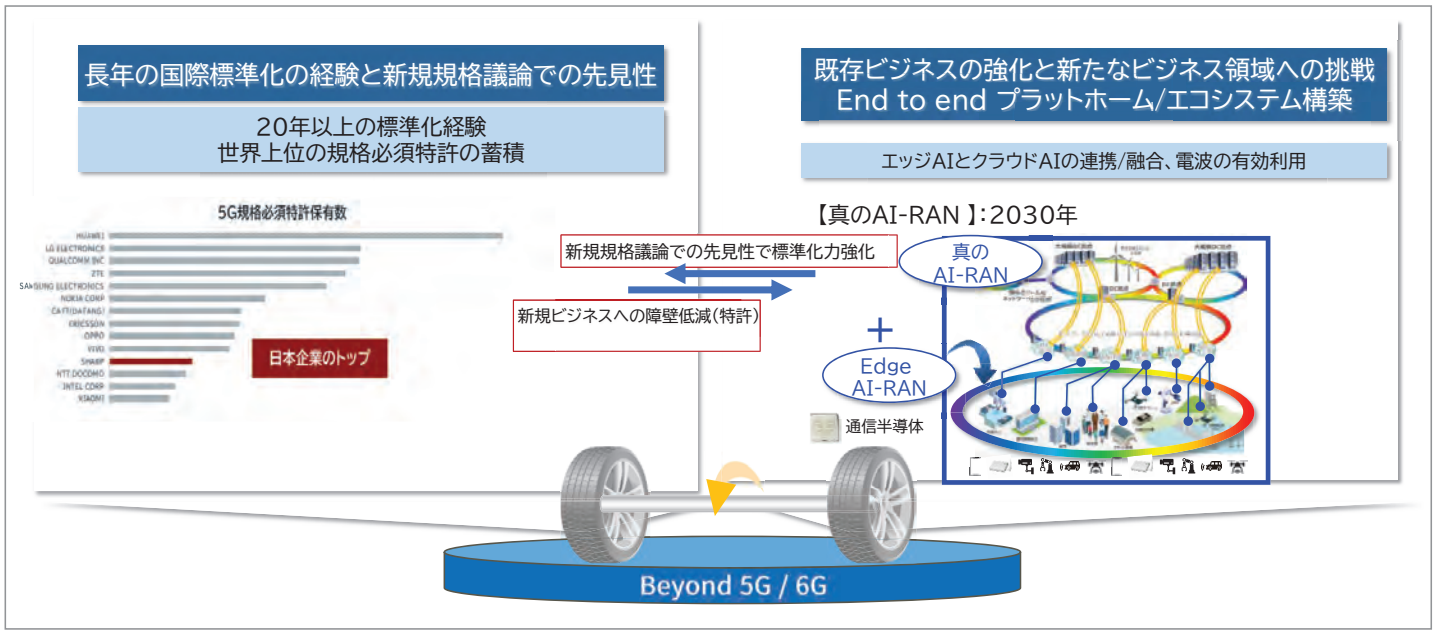



Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION




## シャープの無線通信技術開発の方針

・長年の国際標準化の経験と通信半導体などの新規ビジネスへの挑戦
・両輪であるデバイス開発と標準化に並行して取組み、国際競争力を強化




Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

# 次世代通信への取り組み



**DX・AI時代の社会インフラ**として、全社ソリューション事業を支える次世代通信技術を開発

**事業への応用**

モバイルソリューション / ワークプレイスソリューション / リテール向けDXソリューション / ロジスティックソリューション / スマートライフAIサービス / …

**通信技術開発**

**6G・次世代Wi-Fi**

✓ いつでもどこでもAIがサポートする世界の実現

**V2X技術**

✓ IoT 通信応用拡大

**衛星通信**

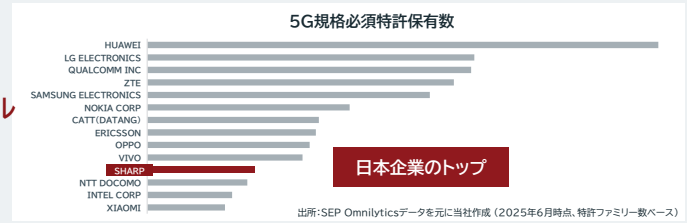
✓ 小型・軽量アンテナを核に非地上系ネットワークを拡大

**IoT向けB5G SoC**

✓ 新規標準化規格に即対応、応用先行

**標準化技術開発**

- 合計**8,500件**以上の無線通信規格必須特許を保有
- 5Gの規格必須特許保有数は**日本トップレベル**
- 6Gの国際標準化に向けても貢献を続け、**規格必須特許創出を強化**

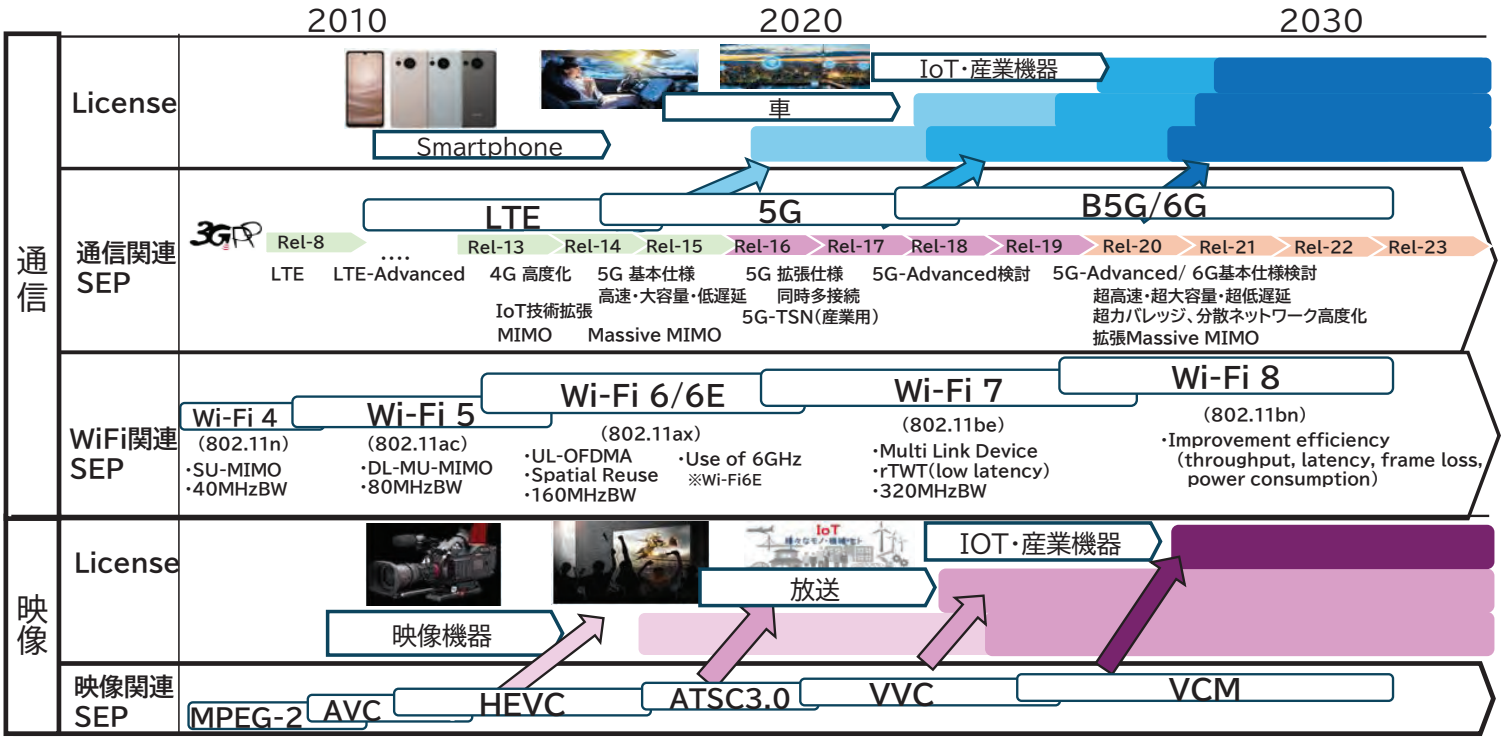



Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION



# 通信・映像　標準化技術の取り組み






Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

## 無線通信標準化特許のライセンス

構成員限り

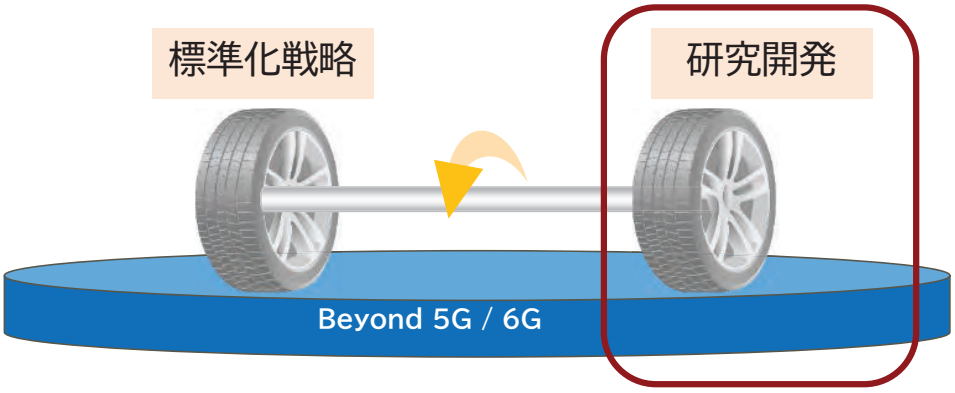
Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION




## 2. シャープの取り組み

①無線通信標準化技術の取り組み

②IoT向けB5G用SoCの取り組み



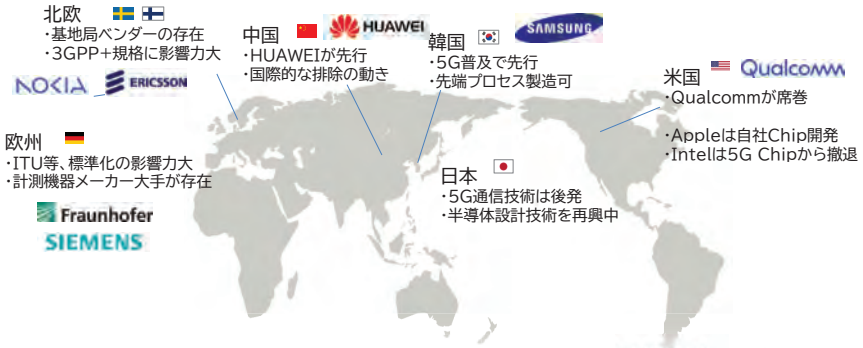

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

# 無線通信用SoC研究開発の必要性



- 5G商用サービス開始で日本は1年遅れ
- Q社をはじめとする海外大手ベンダー依存のバリューチェーンが固定化

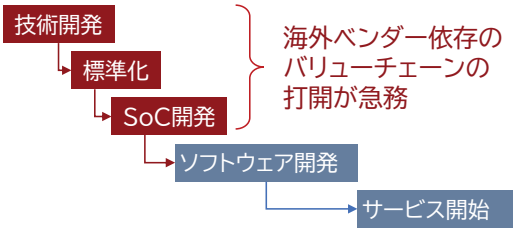
5G通信をめぐる各国の動向（21年～現在）




**■5G、ポスト5G市場はQ社/M社が席巻**

※我が国が無線通信用半導体設計技術を取り戻すための最後のチャンス

バリューチェーンの固定化




**B5G/6Gで設計技術を国内に取り戻す！**

21～25年度 B5G IoT SoC研究開発を推進

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

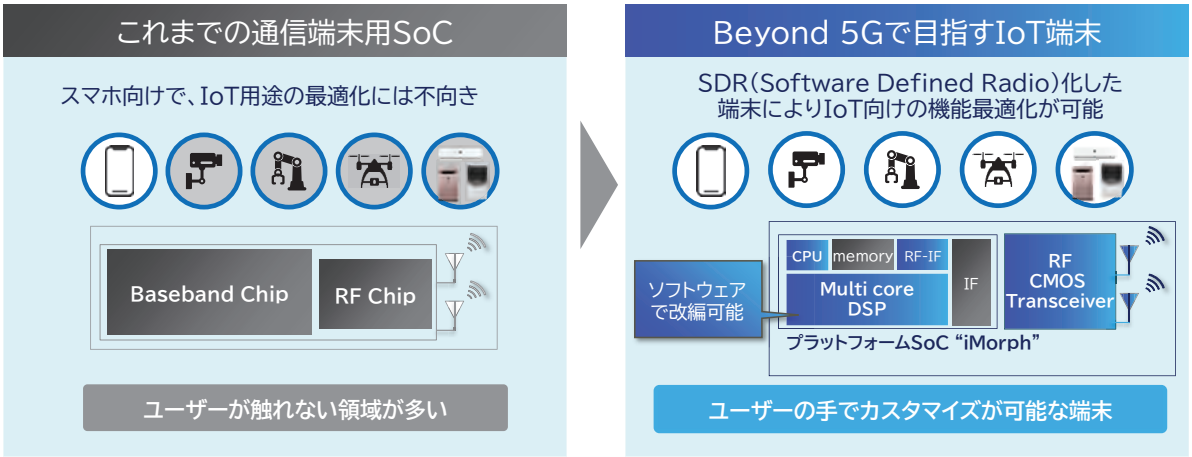


# B5G基金による研究開発　～シャープSoCの優位性-1～



NICTの委託研究（課題0C801）を推進（2021年10月～2026年3月）

・IoTの多様なユースケースに、ユーザーの手でカスタマイズが可能なSDR-Platformを構築




NICTの委託研究JPJ012368C00801

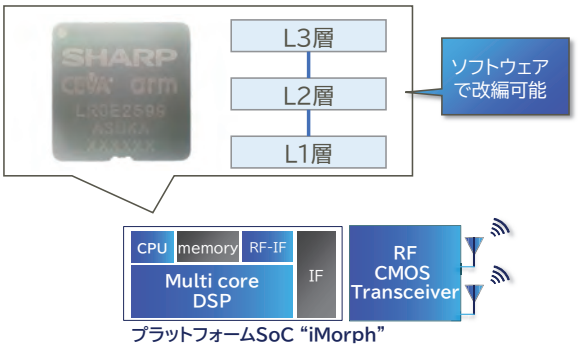
Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

## B5G基金による研究開発　～シャープSoCの優位性-1～



通信規格の進化への継続的な追従をソフトウェア変更で実現

① L1～L2/L3層までソフト変更で対応可能
② 標準化仕様の変更/追加に対応、長期間の使用可能




プラットフォームSoC “iMorph”

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION



## B5G基金による研究開発　～シャープSoCの優位性-2～

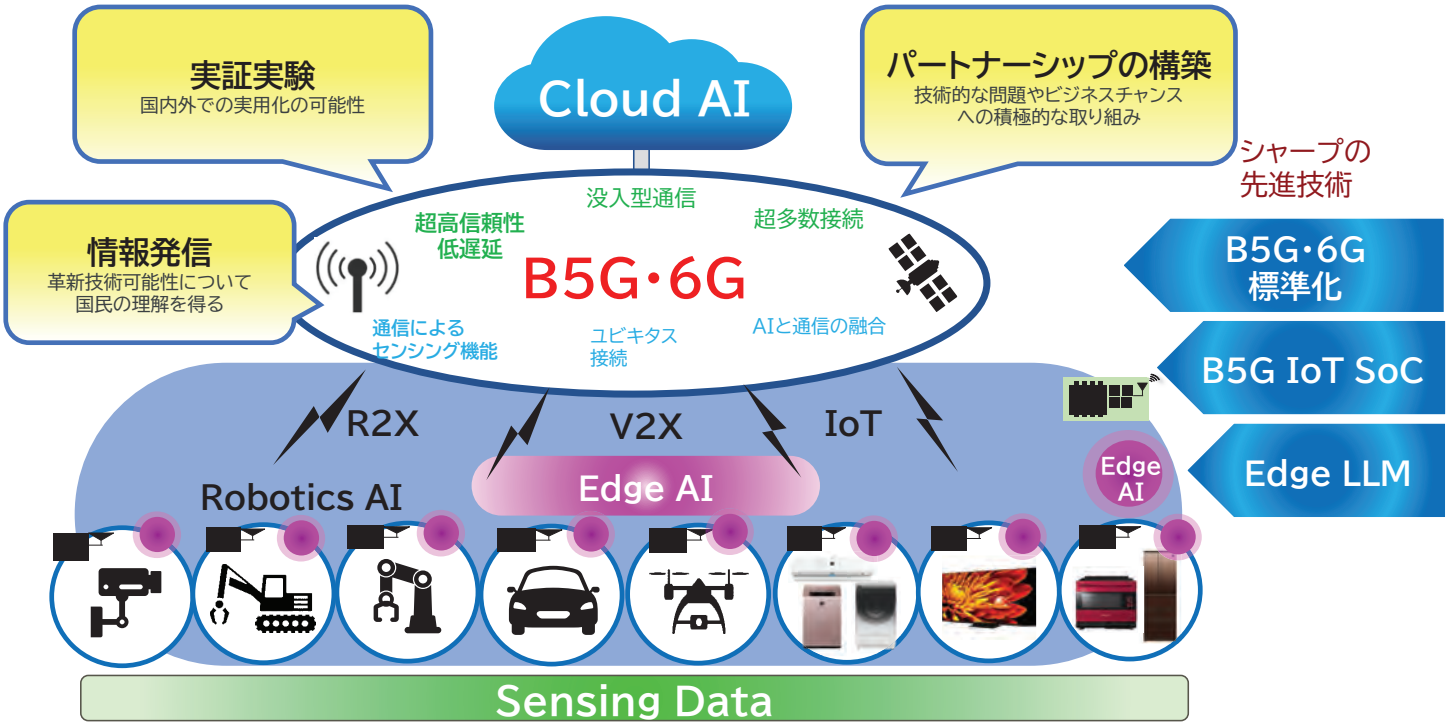


構成員限り

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

## 人との接点に注力



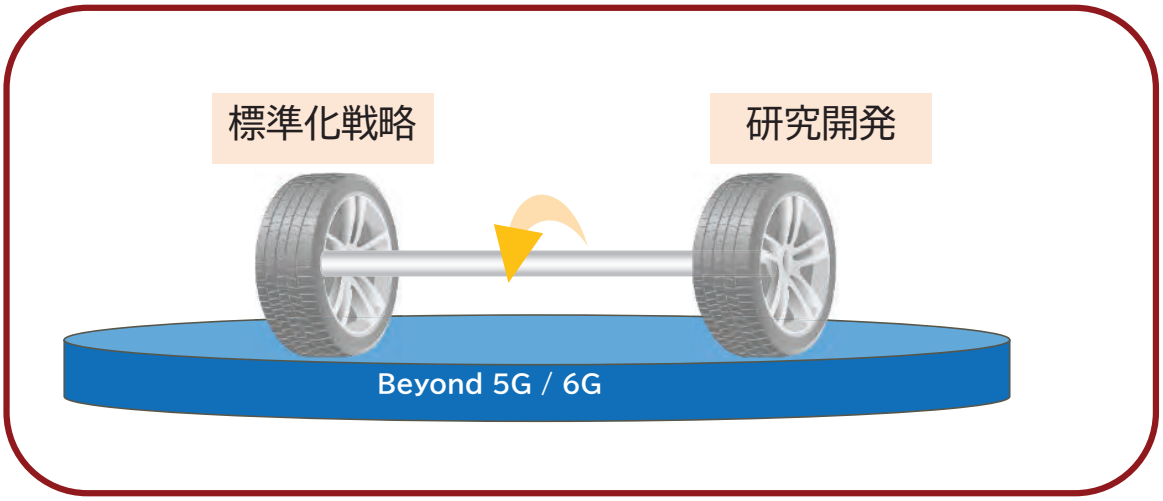



Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION





## 3. ワイヤレス分野に関する提言



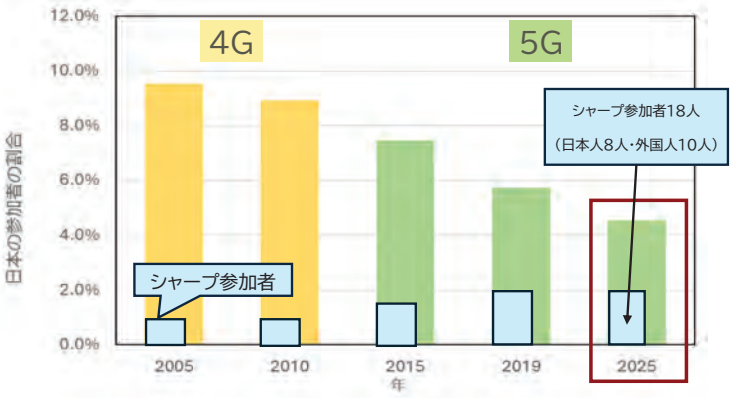

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

## 標準化人材の不足

SHARP

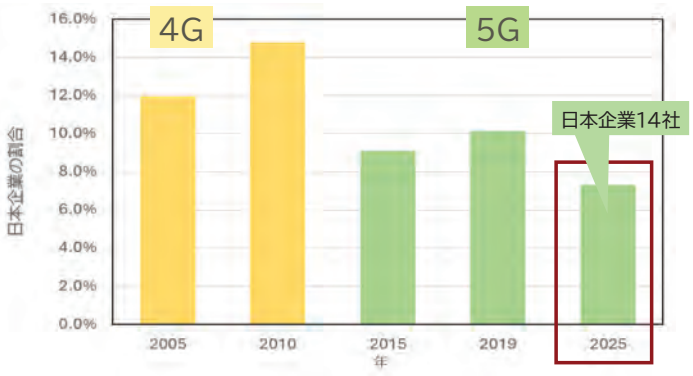
日本の参加者割合（3GPP RAN1/RAN2会合）

※各年4月における推定値




日本企業の割合（3GPP RAN1/RAN2会合）

※ 各年4月における3GPP RAN1/RAN2会合参加企業数




■日本の参加者および日本企業の割合は4Gから5Gで大きく減少
→ 2025年8月から開始されている6Gの標準化で日本の更なるプレゼンス低下が懸念

■Wi-Fi標準化のIEEE802.11やWi-Fi Allianceにおける議決は投票ベースで行われ、標準化会合への継続的な参加者のみが投票権を獲得
→ 中国企業は参加者数を爆増、日本企業からの参加者数との5倍以上もの差が開いている

**日本の標準化人材不足が課題**

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

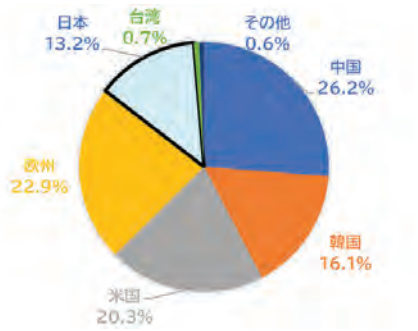


## 無線通信標準化の強化が必要

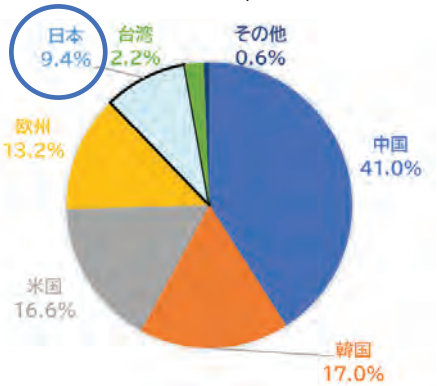
ひとの願いの、半歩先。 SHARP

無線通信標準化特許の国別シェア

2015年




2025年




韓・欧・米並みのシェア15%を目標に！

SEP OmniLyticsより

世界シェア15%に向けたご提案

■一般企業の標準化開発の支援 → 標準化人材強化の為の研究開発支援

■国の研究機関での標準化開発強化 → 標準化特許獲得強化・官民人材交流・学会への積極参加

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

## 電波資源の有効活用へ



ロボティクス・フィジカルAIを支える次世代通信

データ通信量2040年300倍に

周波数有効利用

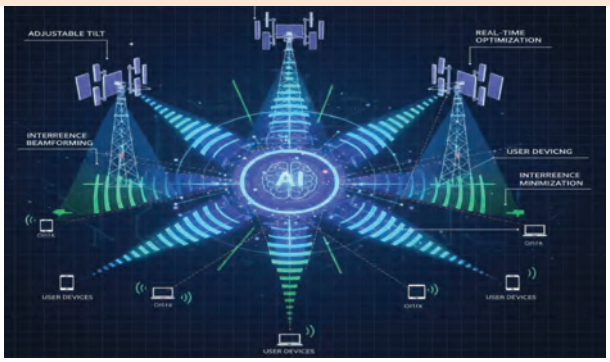
総合的な電波資源有効利用

データセンター電力需要2034年13倍に

電力有効利用

＜研究テーマ例＞

AIアシスト無線端末SoCと基地局の連携による無線アクセスネットワークとAIの融合




- 分散型AIインフラ
- レイヤ連携アクセス制御
- 動的リソース配分
- オーケストレーション
- AIによる自律制御
- トラフィック予測
- 需要連動制御
- 端末・基地局の超低消費電力化

ネットワーク・基地局・端末・データセンターの動的連携

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION



## ワイヤレス分野での提言



①標準化・知財の強化

②総合的な電波資源有効利用に向けたSoC強化
→世界に先駆けた実証・サービスイン実現

③上記①②の人材育成の為の研究開発支援

継続的な支援

長期的な視野

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

ひとの願いの、半歩先。

SHARP

資料２－１

# 重点技術作業班合同ヒアリング

京セラ株式会社
無線ネットワーク開発統括部

2025年11月5日

京セラ株式会社

Confidential



© 2025 KYOCERA Corporation

## アジェンダ

1. コーポレートメッセージ
2. 京セラの情報通信関連事業のご紹介
3. 通信関連部品事業 取り組みご紹介
5. 通信インフラ機器関連 取り組みご紹介
6. 5Gミリ波の利活用を促進する通信インフラ機器
7. 課題認識と改善に向けて

Confidential



© 2025 KYOCERA Corporation

Our Future, Together

# 世界中の人びとと、未来への一歩を。

世界を取り巻くさまざまな社会課題を技術の力で解決し、より良い未来をつくれないか。
その想いの原点は、人類や社会の進歩発展に貢献するという京セラの理念にあります。

ひとりの人間として、そして社会の一員として。私たちはこれまで培ってきた技術やノウハウといった強みを生かし、
これからも世界中の人びととともに社会課題の解決に向けた挑戦を続けてまいります。


© KYOCERA Corporation

# 京セラの情報通信関連事業のご紹介

KYOCERA

## 製品・ソリューション紹介

### 通信機器からサービスまでをトータルサポート

電子投開票システム
「デジ選」
※「デジ選」は京セラ株式会社の商標です

高耐久
スマートフォン

5Gミリ波
中継器

### お客様のビジネスに貢献するサービスを提供

複合機・プリンター/ECM※1・CSP※2ソリューション

複合機・プリンター

捺染インクジェットプリンター
商業用インクジェットプリンター

※1 ECM（Enterprise Content Management）※2 CSP（Content Services Platform）

### 情報通信社会の基盤となる部品を供給

電子部品/半導体部品

セラミック
コンデンサ

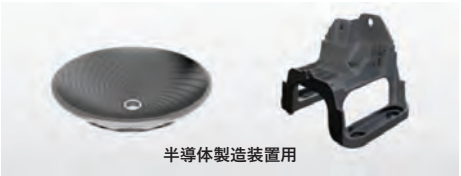
タンタル
コンデンサ

水晶デバイス

セラミックパッ
ケージ

有機パッケージ

半導体製造装置用　ファインセラミック部品



半導体製造装置用


© KYOCERA Corporation

# 通信関連部品事業
# 取り組みご紹介



© KYOCERA Corporation

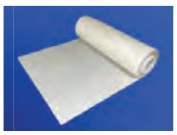


## 6G／テラヘルツ波利用を見据えた要素技術開発の取り組み

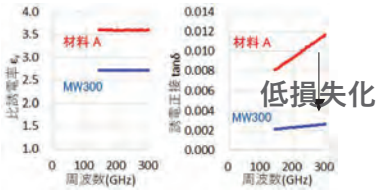
- 超スマート化社会に必要とされるデバイスにフォーカスした材料・パッケージ開発 -

### ■ 有機フィルム

低損失材料の開発



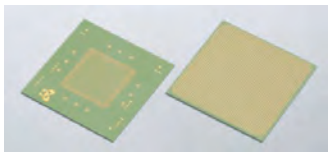
開発した低損失フィルム



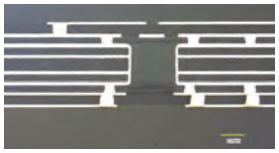

誘電特性の測定結果

### ■ セラミックパッケージ

自由度の高い多層構造が可能



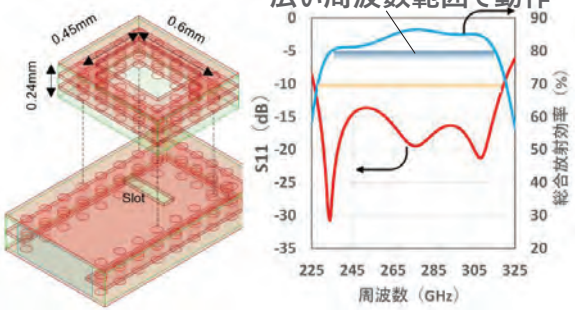
セラミックパッケージ



有機基板（断面）

### ■ 高周波設計技術

広帯域・高効率アンテナの実現




アンテナ設計例



© KYOCERA Corporation

# 通信インフラ機器関連
# 取り組みご紹介

Confidential



© 2025 KYOCERA Corporation

## 5Gミリ波の利活用を促進する通信インフラ機器

**5Gミリ波の「屋外のエリア改善」と「屋内のエリア拡張」に貢献する機器の研究・開発**

**インフラを整えユースケースを創出し端末が普及する好循環を生み出し次世代NW普及に貢献する**

### 5Gミリ波利活用促進に向けた課題

"三すくみ"からの脱却

エリア/基地局がない

ユースケースがない ⟷ 端末がない

### 京セラのアクション

#### 屋外エリア改善

5Gミリ波中継器

#### 屋内エリア拡張

5Gミリ波屋内通信システム（DAS）

Confidential



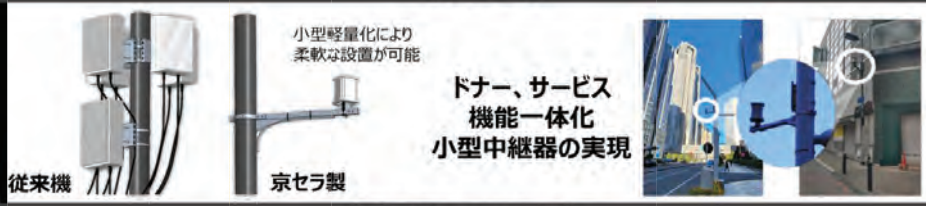
© 2025 KYOCERA Corporation

## 屋外エリア改善：　ミリ波中継器紹介＋技術テーマ

ミリ波 “三すくみ”からの脱却として、
小型で簡易にエリア展開が可能な
中継器を開発・展開中

優れたミリ波カバレッジの拡大と
圧倒的なTCO削減を実現

### 一体小型化




### 自律的なエリア形成

電源供給のみで運用可能。周囲360度サーチしてミリ波中継動作を開始

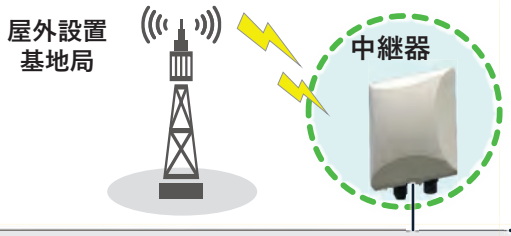
### 中継ルートの最適化　（動的メッシュ形成）

ミリ波中継中に経路遮断が発生した場合、遮断を瞬時に検出してルートを切り替え

© 2025 KYOCERA Corporation

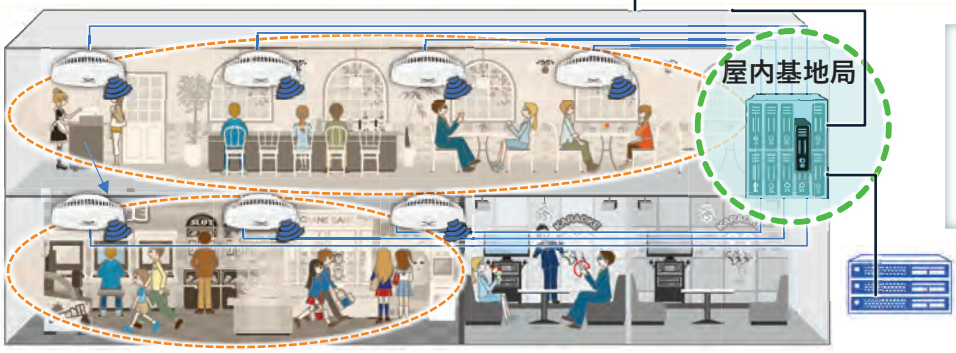
## 屋内エリア改善：　屋内通信ソリューション (DAS) 紹介＋技術テーマ

5Gの電波が届きにくい屋内環境のエリア・トラフィック対策として、ミリ波・Sub6対応の
無線引込型、及び周波数共用型のアンテナ分散システム（DAS）を開発中




### 無線引込型 DAS

屋外基地局の電波を屋内に引き込む
中継器引込方式により、基地局建設が不要
既存インフラを活用することで、初期投資を
抑えつつ、導入までのリードタイムを短縮




### 周波数共用型 DAS

MoRAN, MOCNに対応することで
複数キャリア様のサービス対応し、
低コストで屋内のエリア展開を実現


© 2025 KYOCERA Corporation

# 課題認識と改善に向けて

Confidential



© 2025 KYOCERA Corporation

## 課題認識と改善に向けて

### 京セラのアクションを進める上での課題

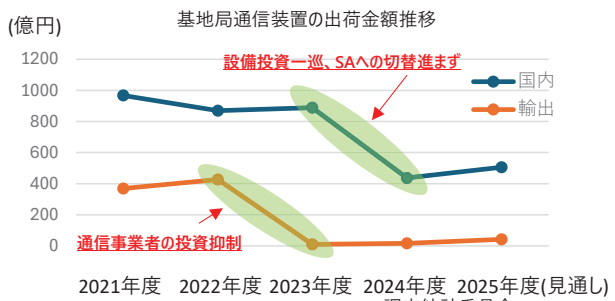
・大きな初期投資が必要な通信装置の研究・開発
・ローカライズ対応やセキュリティ対策等の
継続的な開発投資かつ市場投入スピードも必要

⇒国内需要が低迷する中、
海外展開には個社での投資は大きな負担

**京セラに限らず、日本メーカーの共通課題**

▼

**日本メーカーが世界でシェアを伸ばせず存続の危機**




CIAJ調査統計委員会(2025.09.30)

### 改善に向けたアクション案と具体的な要望

**① 需要の創出**

・国内需要の創出

構成員限り

・海外需要の創出

構成員限り

**② 技術開発支援**

・開発/評価環境の整備

構成員限り

・商用利用目的の通信領域における技術開発の研究テーマ化

構成員限り

Confidential



© 2025 KYOCERA Corporation

# 補足①　海外の5Gミリ波特区の事例

## 米国

米国では、連邦通信委員会（FCC）が
ミリ波帯の周波数を5Gなどの用途に開放

***特区の場所と運用例***
- 大学キャンパス
  *ニューヨーク大学、ミネソタ大学等
- 企業の研究施設
- 一部都市の指定エリア
  *都市中心部や郊外でのフィールドテスト

***規制緩和内容***
- 実験免許の申請手続きが簡素化
- 短期間（数か月～数年）での限定利用が可能
- 商用免許を持たない事業者でも研究目的で
  利用許可を得られる

***参照URL***
*FCC FACT SHEET: Innovation Zones:* *DOC-374118A1.pdf*

## 欧州

欧州委員会（European Commission）及び
各国規制当局が、特定の地域や施設を「試験環境
（Test Zone）」として開放する取り組みを実施

欧州5GアクションプランやHorizon 2020/Europe
プログラムの一環として、都市部や産業拠点での
ミリ波実験を実施

***実施国***
フィンランドのオウル市、イタリアのミラノなどが有名

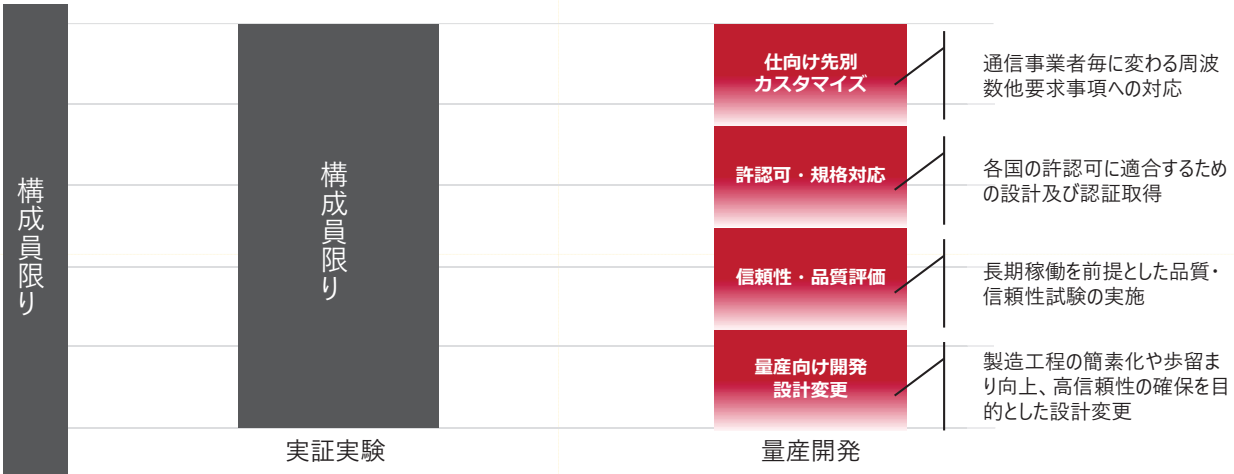
***規制面***
実験免許は期間限定で、研究機関・企業・自治体の連携
プロジェクトに付与される

***参照URL***
*https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/5g*


© 2025 KYOCERA Corporation

# 補足②　商用利用目的の通信領域における技術開発の研究テーマ化について

## 実用化にかかる開発費は実証実験に要する費用の約 構成員限り 倍




**AI関連や6G等の先進技術研究だけではなく、
実用化に向けた技術開発への支援も重要**


© 2025 KYOCERA Corporation

京セラ株式会社


© 2025 KYOCERA Corporation

# Appendix 1：設備共用しやすい法整備について（MOCN含む）

構成員限り


© 2025 KYOCERA Corporation

# Appendix 2：エリア整備の補助 / 支援

構成員限り


© 2025 KYOCERA Corporation

情報通信審議会　情報通信技術分科会
電波有効利用委員会・重点技術作業班合同ヒアリング（第2回）



資料２－２

# 自動車業界における無線人材の必要性

**2025年 11月 5日**
**トヨタ自動車株式会社**

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

## モビリティ社会に求められる要素技術

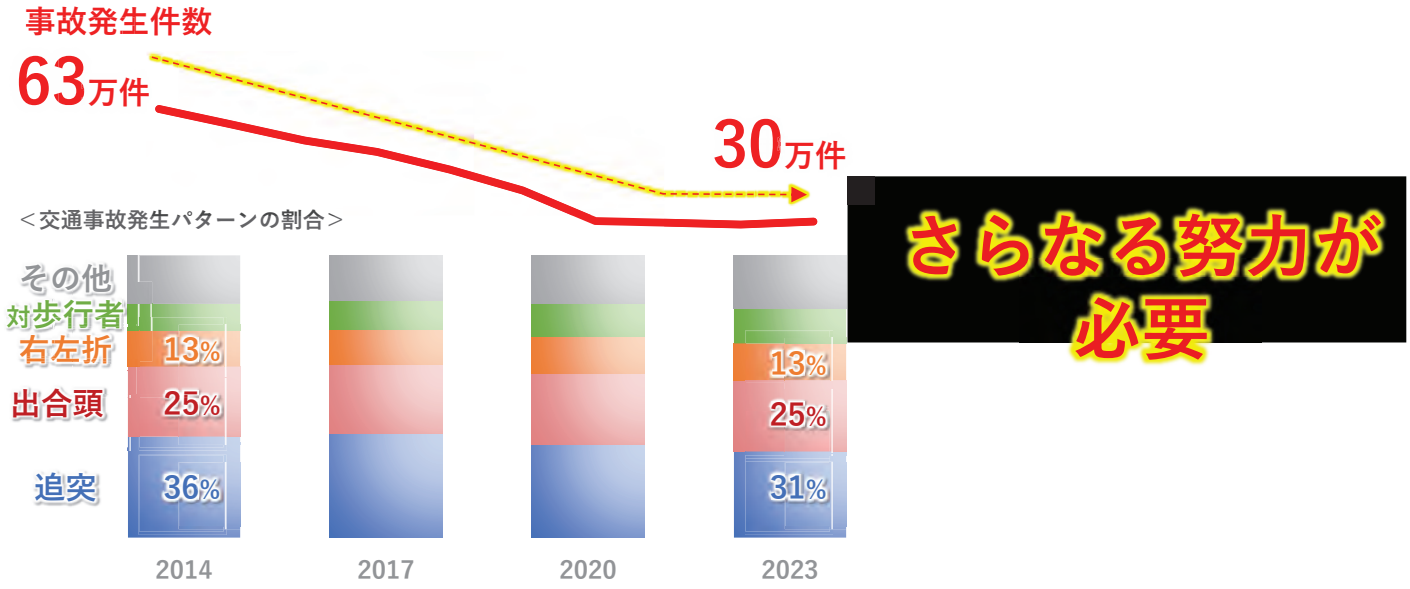
**モビリティの広がりで無線通信への期待は多岐に広がる**

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

# 日本における交通事故の状況



関係各位のご努力はじめ、予防安全技術の進化により、事故件数は10年で半減するも下げ止まり傾向




出典：警察庁(令和5年)

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

# トヨタがSDVで目指す方向



安全・安心を一丁目一番地とする自動運転と交通事故ゼロの実現

## 三位一体で 交通事故「ゼロ」

## すべての人に 移動の自由を

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

# 実現したいモビリティ社会



ヒトを中心として、通信利用・協調型ITSより、三位一体を強化、交通事故ゼロ社会の実現を目指す

サービス例

信頼性の高い通信基盤とそれを支える高度な無線人材の確保が不可欠

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

# 安全なモビリティを支える切れ目ない通信基盤



AIを用いて、さまざまな通信手段を適材適所で選択

「通信メディア・キャリアを跨いで、サービスに必要な品質で
通信を切れ目なく切り替えられる仕組み」の実現が必要

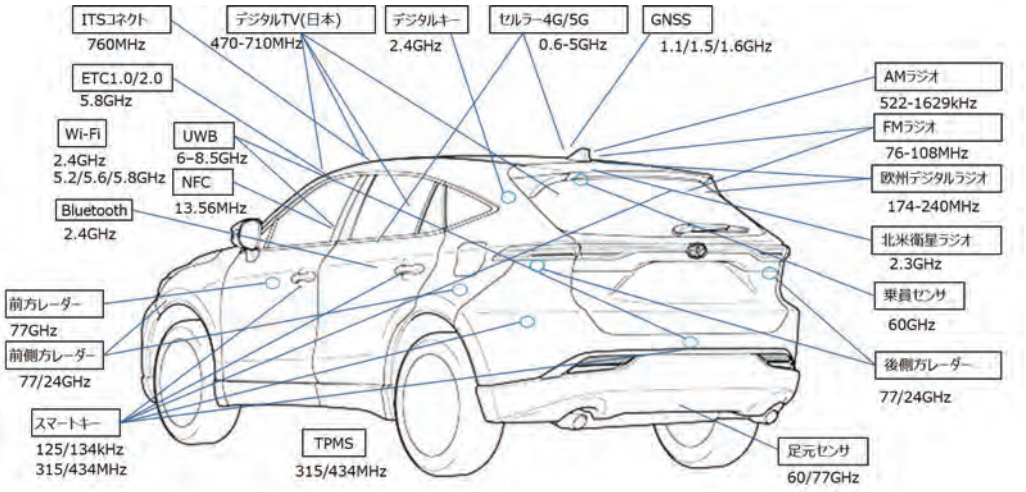
© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

# 車載アンテナの現状



**多様なメディアやセンシング機能に対応する様々なアンテナを搭載**

2025年時点のアンテナ配置例




構成員限り

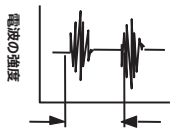
**量産車としてのデザインと性能が両立するアンテナ開発が困難**

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

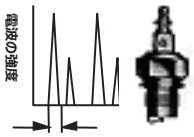
# クルマの中の複雑な電波環境



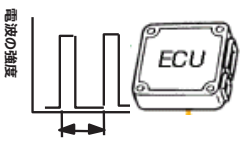
・ 高電圧系から放射される電波雑音



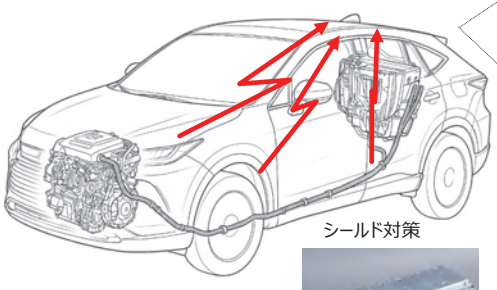

・点火装置から放射される電波雑音




・コンピュータ類から放射される電波雑音

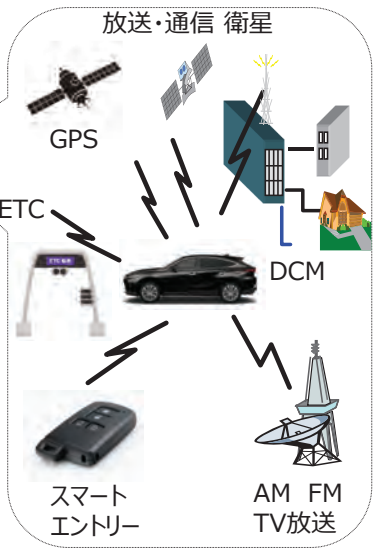



**フィルタ・コンデンサ・シールド**
**などで対策**



シールド対策

車載受信機性能確保




**電波の特性を理解した上で**
**機能・性能が発揮できるよう車両実装に織り込める人材の確保が必要**

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

# 自動車における通信基盤強化の方向性



**自動車のユースケースにおいて「安定的につながる」が重要**

**①利用できる通信の拡大**

**②利用する通信の賢い使い分け**

**③通信品質の向上**

**3つの方向性を実現可能となる開発が必要で、幅広いスキルセットを備えた人材が必要**

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

# クルマ業界に求められる人材要件



**部品設計** <必要な能力>

- 無線通信、高周波、アンテナ、半導体技術
  （4G、5G、V2X、Wi-Fi、衛星通信）
- アンテナ・DCMのハード設計
- 無線制御(QoS、複数チャネル活用、光通信)

システム要件理解 → アンテナ企画 → 搭載設計 → 送受信設計

**車両設計** <必要な能力>

- 車両仕様の理解
- 各国法規の理解
  OBD、SU、EMC、CS
- W/H、CAN、搭載、ブラケット設計技術

企画 → 各国法規調査 → 配線設計 → ブラケット設計

**規格化** <必要な能力>

- 規格構想力
- 通信規格の知識 (4G、5G、V2X、Wi-Fi)
- 団体運営力 (AECCなど)
- 業界人脈、通信業界との交渉力 (3GPP、GSMA、IEEE)

動向調査 → PoC → 特許出願 → 技術渉外 → 規格化

**実験・評価** <必要な能力>

- 各種評価技術
  EMC、性能、信頼性、耐久性
- 実験(電波暗室等)、解析の知識
- 実験法開発、評価施設提案

計画 → 機器準備 → 実験 → 解析

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

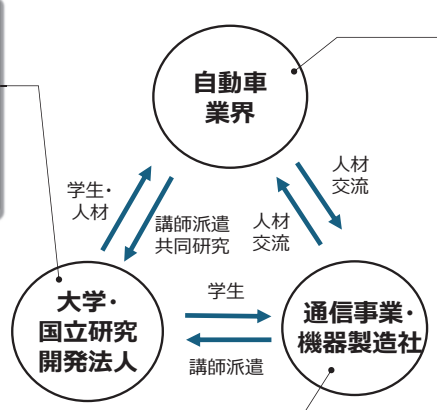
# 無線通信人材の確保・育成に向けた方向性（案）



## 無線通信関連の研究機関の強化

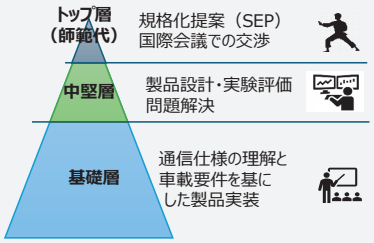
・世界をリードできる**無線通信関連の研究機関の設置と計画的な研究者の育成**
・大学・高専の学科、研究室の増強による、**産業界への継続的な卒業生の輩出**

**産官学が連携した活動**




## 自動車業界全体の無線通信技術者の底上げ

・将来に渡った計画的な人材育成スキームを構築
・インテリジェント通信基盤の実現に向け、基礎層、中堅層、トップ層まで、すべての層の車載通信技術者をバランス良く育成し、技術開発力の底上げ




## 自動車業界と連携した標準化推進

**次世代車載/ネットワーク通信規格を業界連携で具体化し、国内におけるSEP*創出人材を育成**

*:SEP(Standard Essential Patent)

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

# トヨタの具体的な取組み内容



構成員限り

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

# SEP人材創出についての必要性



構成員限り

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

# 自動車会社としての課題



構成員限り

**自動車業界に無線人材が活躍できる場があることを積極的に発信し、**
**学生・若手エンジニアへの魅力度向上を図る。**
**⇒　通信業界と連携して国内の無線通信技術を底上げしていく。**

**人材育成や国内の研究機関の研究が加速するためのご支援をお願いします**

© Toyota Motor Corporation All Rights Reserved.

公開用

総務省 情報通信審議会 情報通信技術分科会
電波有効利用委員会 重点技術作業班

資料２－３

# フィジカルAI時代におけるICT分野（無線通信）の技術開発の在り方に関する意見

2025年11月5日

東北大学　理事・副学長（企画戦略総括）・プロボスト・CDO
青木 孝文

## 自己紹介　青木孝文



### 役職歴（大学関係）

- 2006年11月～2012年3月
  **総長特任補佐**
  東日本大震災への対応など
- 2012年4月～2018年3月
  **副学長**（広報・社会連携・情報基盤）
  指定国立大学法人構想の策定など
- 2018年4月～
  **理事・副学長**（企画戦略総括）・**プロボスト**・CDO
  国際卓越研究大学（大学ファンド）への対応など
- 2023年5月～　**大学ICT推進協議会（AXIES）会長**

### 研究歴

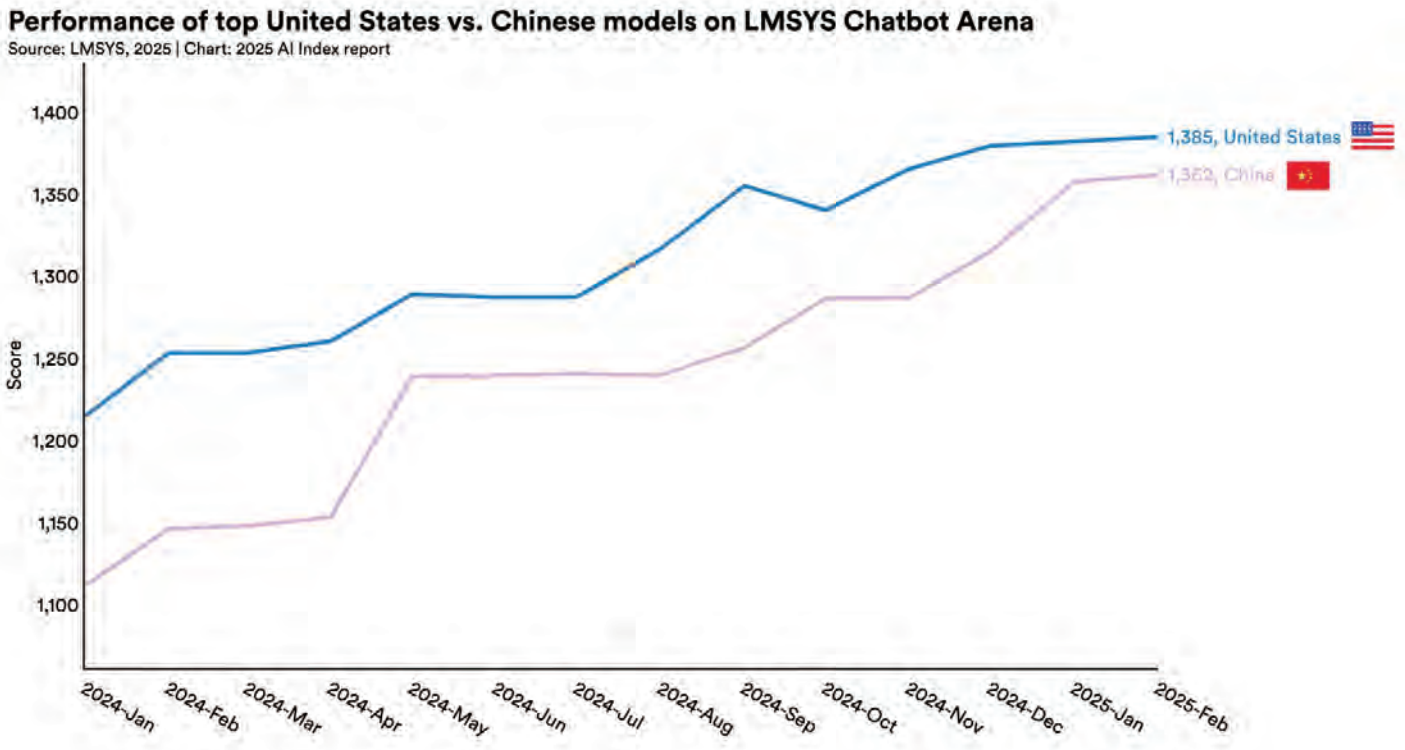
1992年　東北大学 大学院工学研究科（電子工学専攻）博士課程修了
2002年　東北大学 大学院情報科学研究科 教授

- 専門：コンピュータ工学、ディジタル信号処理、画像認識、バイオメトリクス（生体認証）とセキュリティ、法歯学と個人識別などの研究に従事
- 社会貢献：「東日本大震災における身元確認の支援」に関して、
  社会貢献財団社会貢献者表彰（2013年）、河北文化賞（2014年）など

# 【参考】The 2025 AI Index Report



**米国は依然としてAIモデルのリリース数でリードを保つが、**
**中国製モデルは品質面で急速に追い上げている**




The Stanford Institute for Human-Centered AI (HAI)
https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report

# 【参考】フィジカルAIの衝撃 ～ ヒューマノイドの例



## Unitree のヒューマノイドは箱から出したらすぐ歩く：技術レベルに皆が愕然とする！

東北大学 新青葉山キャンパスでのデデモンストレーション ～ 生活空間で活動するロボットの可能性を実感

## IEEE機関誌の2つの記事 ～ Boston Dynamics と Unitree Robotics

大規模行動モデル(LBM)がアトラスの業務遂行を支える
～ボストン・ダイナミクスの最新ビデオの舞台裏～
IEEE Spectrum (07 Sep 2025)
「ロボット基盤モデル」が登場

ここ数年で研究も急進展
基盤モデルが進化

LLM
Large Language Model
↓
VLM
Vision-Language Model
↓
VLA
Vision-Language-Action Model
LBM
Large Behavior Model など

脆弱性によりユニットリーロボット群の乗っ取りが可能に
～セキュリティ研究者がワーム化可能な脆弱性を発見～
IEEE Spectrum (25 Sep 2025)
フィジカルAIを支えるセキュアなインフラが鍵に

## (1) フィジカルAI時代の基盤技術

- 自動車、ドローン、ロボットなど、AIが実世界の多様な機器に実装され物理的タスクをこなす「フィジカルAI」の時代を迎えている。
- **AI半導体は産業の「頭脳」、情報通信は産業の「血液」**として、ともにフィジカルAIを支える戦略的に重要な基盤技術である。

【主要な半導体企業等による2030年以降の未来予測】

| | |
|---|---|
| Intel | 半導体が中心となる経済（Siliconomy:シリコノミー）が今後10年で15倍になり、AI、5Gの進展により、クラウド及びエッジにおける高速データ通信、保存、処理の需要が拡大することを予測。AI、自動運転、クラウド、エッジ、サイバーセキュリティ、半導体設計・製造分野における企業買収・出資・提携を実施。 |
| IBM | あらゆる産業でAIの活用が拡大することを予測。工場の自動化、医療AI、マテリアルズ・インフォマティクス、インフラ管理や物流の自動化など11業種におけるユースケースを分析。AI半導体や量子コンピュータの研究開発に投資。 |
| NVIDIA | AIと5Gの組み合わせにより工場や物流システム、自動車の自動化、会話型AIツールの拡大が進展することを予測。また、天体物理学や創薬、気候科学、エネルギー探査など科学研究におけるAIの活用が拡大することを予測。 |
| AMD | 現在の速度で技術が進展すれば、2030年台にスパコン1台の処理速度が現在の1,000倍になるものの、消費電力が原発1基分に近づくことを予測。このため、デバイスレベルからシステムレベルの効率化に資する研究開発に投資。 |

文部科学省「次世代次世代半導体のアカデミアにおける研究開発等に関する検討会報告書について」より抜粋
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/kaihatu/028/mext_00001.html



## (2) フィジカルAIにとっての重要インフラ(＝包括的ICT)

- 頭脳となるAI半導体は革新的技術の導入により、超低消費電力や演算処理能力が飛躍的に向上
  ※技術例:微細化、高帯域幅メモリ(HBM)、不揮発メモリ、スピントロニクス、アクセラレータ、3次元集積・実装技術 チップレット技術など
- 自動車、船舶、産業機器、ロボット、ドローン、AIグラスなど、生活・産業を便利にする多様な機器にAI半導体が「フィジカルAI」＝「エッジAI」として搭載
- センターAI(クラウド側)と連携した、エッジAIネットワークが重要な社会インフラとなる

**AI半導体分野の現在地**

- フィジカルAIの頭脳となるAIソフトウェアやAI半導体については米中が覇権を争う
- 米側サプライチェーンの一端を担う日本は設計・製造(前工程)から一度撤退した過去
- 巨額の政府投資により時間をかけて技術・人材の再構築へ(後工程や素材等には強み)

×

**情報通信分野への期待**

- モバイルネットワークはグローバルベンダーが市場を席巻するも、まだ撤退には至らず
- NTN、HAPS、高周波帯技術からMEMSまで我が国が強みを有する技術領域も多い

広く普及する**エッジAIネットワークを支える情報通信技術**を**包括的ICTと位置づけ**、
陸・海・空・宇宙をカバーする**フィジカルAI社会の重要インフラ**として、政府が積極的に投資すべき

# 2. 包括的ICTに関して着目すべき領域と技術の方向性



モバイルネットワークは海外メガベンダーが市場を席捲しているが、
5Gが世界的に刺さっていないことは日本にとって大きなチャンスなのではないか？
日本が強みを持つべき領域に注力することで国際競争力を維持・発展できるのではないか？

## 広義のインフラ関連領域

- 交通インフラ（例：鉄道、道路交通、輸送、etc.）、都市インフラ（例：電力、水道、耐災害、etc.）、製造インフラ（例：スマート工場、etc.）などのインフラ関連産業は、安全・安心に軸足を置く日本企業が今後も国際競争力を維持できる分野
  - ✓ 【例】鉄道は車両だけでなく、軌道や設備の管理、運行制御システムなど、日本企業が総合的な強みを有し、**『安心・安全』をバリューとすることで**、世界でも一定のプレゼンスを発揮
- 今後のフィジカルAIの普及拡大に伴いインフラ関連産業の概念そのものも拡大
  - ✓ 【例】日本の自動車産業は、純粋な車両メーカを脱して、**安全・安心な自動運転サービスを保証するインフラ産業として発展する可能性**（車両やAIそのものよりもシステム側に付加価値）

フィジカルAIの安全・安心なサービスを可能にする包括的ICTを産業政策として強化

## レジリエンス／セキュリティ領域

- 宇宙通信ではStarlink、Kuiperなどがサービス開始（日本の通信キャリアは使う側）
- EUでは官民連携により2030年からサービスを計画（約300機のLEO/MEO衛星）
- 圧倒的な資金力を有する海外事業者や政府支援を受ける海外事業者がNTNを席捲

民間主導を期待するのではなく、防災等も想定したレジリエントNTNを国主導で構築

# 【参考】Top 10 Telecommunications Stories of 2024



## IEEE 機関誌 Spectrum (28 Dec 2024)

https://spectrum.ieee.org/telecom-news-2024

- 通信業界の読者の目を最も惹きつけたニュース
- 特に無線のイノベーティブな技術に注目が集中

1. **China's Challenge to SpaceX's Starlink**
   中国は、千帆と呼ばれるメガコンステレーションで、2025年末までに14,000基の低軌道衛星を打上げ予定
2. **6G Terahertz Signals Curve Around Obstacles**
   THzスペクトルの一部の領域は、全体として曲線軌道を描き、直線見通し線を超えて拡張することが可能
3. **Qualcomm Brings AI to Wi-Fi**
   AI強化スペクトルを用いてWi-Fi信号を拡張するFastConnect 7900というチップを2024年にリリース
4. **European Telcos Wave a Slow Goodbye to Huawei and ZTE**
   EU指令で、域内の5GネットワークからHuaweiとZTEの機器を段階的に廃止
5. **Low-Power Wi-Fi Extends Signals Up to 3 Kilometers**
   Morse Microが、Wi-Fi HaLowネットワークの到達距離と通信範囲を3キロメートルを超える範囲に拡張
6. **Quantum Cryptography Has Everyone Scrambling**
   ポスト量子暗号（PQC）規格と量子鍵配送(QKD) システムの開発に向けた取組が並行して推進
7. **FCC Denies a Starlink Bid for Lower Orbit**
   Starlinkの遅延を低減するためSpaceXが衛星を超低軌道（VLEO）で周回させるという要請をFCCが却下
8. **Glass Antenna Turns Windows Into 5G Basestations**
   JTower社は、東京のオフィスビルの窓に5Gアンテナを組み込んだ革新的なソリューションを発表
9. **Wi-Fi Goes Long-Range on WiLo Approach**
   中国の研究チームはWi-Fiの適用範囲をより長距離の無線ネットワークへと拡大
10. **Satellites Are Becoming the New Cellphone Towers**
    携帯電話サービスが行き届いていない地域は、衛星軌道からのアプローチの恩恵を受けることが可能

# 2. 包括的ICTに関して着目すべき領域と技術の方向性



- フィジカルAIのためのICTインフラを**日本の産業競争力の源泉として強化すべき**ではないか
- **無限定環境で動作するエッジ側の多様な要素を安全・安定に制御する無線関連技術**が不可欠

【技術要素の例】

**① カバレッジ技術 ～ エッジAIを動的・広域にカバー**

- ✓ 複数HAPSによるカバレッジ技術
- ✓ NTN間（HAPS/LEO/GEO）の連携技術
- ✓ メタサーフェス等によるエリア補完技術
- ✓ 海中を含む極限環境をカバーする通信技術 など

**② システム連携技術 ～ エッジとクラウドを安全に連携**

- ✓ APNおよび無線通信の連携技術
- ✓ 認識・通信・制御・AIモデル等の防御・機密保護・信頼性確保などを含む総合的セキュリティ技術
- ✓ 耐量子暗号や量子通信等の次世代技術 など

**③エッジAIネットワーク技術 ～エッジ機能を高度化**

- ✓ エッジAIモデルとSW/HW技術
- ✓ ローカルネットワーク技術
- ✓ 無線電力伝送（ワイヤレス給電）技術
- ✓ MEMSや光接続等のエッジ機能集積技術 など

**「広義のインフラ関連領域」と「レジリエンス／セキュリティ領域」**について戦略的に重要度の高い技術群を見定め、国が支援することが重要

# 3. 具体的な推進の方向性



具体的に、以下の3点に注力していくことが重要

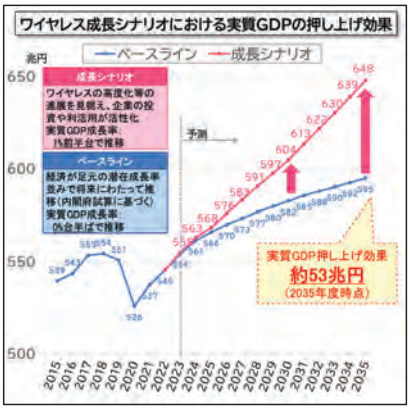
**（1）成長領域・先端的技術への展開**

**（2）DARPA型研究開発の導入**

**（3）研究開発コミュニティの拡大**

# 3. 具体的な推進の方向性

## （1）成長領域・先端技術の利用を意識した政府の研究開発投資




出典：情報通信審議会 情報通信技術分科会
電波有効利用委員会 重点技術作業班（第1回）

**従来型のキャリア⇔ベンダエコシステム**
**については成長ドライバが不在**

『インフラ関連領域』『レジリエンス／セキュリティ領域』
について新たな成長ドライバを生み出す研究開発投資が重要

キャリア⇔ベンダエコシステム

通信起点のベンチマーク？
成長のシナリオは主要ベンダが決定？

6G
5G
4G

**包括的ICTとして新たに投資すべき領域**

**インフラ関連領域**

インフラ産業（電力、鉄道など）、
自動車産業、製造装置産業等

**情報通信技術**
**（エッジAIネットワーク技術）**

産業用ロボ、自動運転ロボ、
4足歩行ロボ、ヒューマノイド、ドローン、AIグラス等に実装されるエッジAI

インフラとしての通信事業本体の高信頼化、運用効率向上、技術蓄積も重要課題

**レジリエンス／セキュリティ領域**

**情報通信技術**
**（災害時・有事のエッジAIカバー）**



# 3. 具体的な推進の方向性

## （2）DARPA型研究開発投資の導入

- ✓ イノベーション・成長を生み出すには、新たなプレイヤーの参画が不可欠
- ✓ 一方、5G、6G、XG、、、といったグローバルベンダー主導の標準化エコシステムについていくだけでは、日本から新たな技術のモメンタムが生まれないのではないか
- ✓ 現状のエコシステムへの支援は、既存プレイヤーの延命措置に終わっていないか

**新たなプレイヤーの参入や異業種との連携を目指した**
**DARPA型ファンディングを設け、日本の技術的な強みを創出していくべき**

- **迅速性・柔軟性と失敗の許容**
  多くの挑戦的なプロジェクト ⇒ 「スピード重視」、「外部技術の取り込み」、「ハイリスク・ハイリターン」、「早期の見極め」
- **PD設置と権限**
  従来の産業の延命や短期的な視点、技術本位ではなく、将来の非連続なビジネス成長を見据えた課題設定ができるPDの発掘・育成も重要

**加えて・・・政府のプログラムの整備が重要**
**⇒研究開発に係る設計が、新たな参入者や発想を促す仕組みとなっているか**

※例えば、電波法では電波利用料の使途として、
『おおむね五年以内に開発すべき技術に関する無線設備の技術基準の策定に向けた研究開発及び当該研究開発のための補助金の交付』 とある。

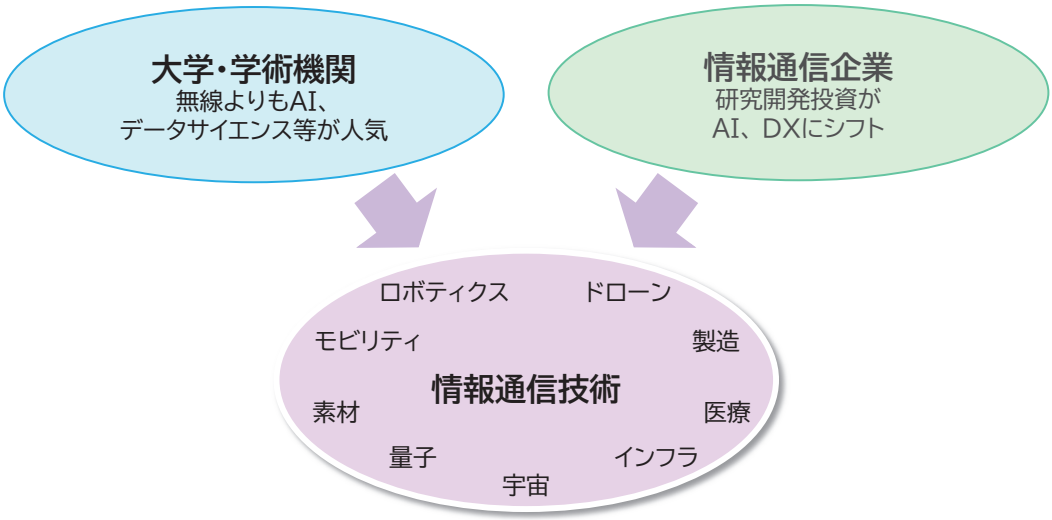
**⇒従来のキャリア・ベンダー中心の短期的成果（技術改良）を前提とする研究開発投資となっていないか**

# 3. 具体的な推進の方向性



## （3）技術開発コミュニティの拡大による競争力の強化

- ✓ 企業の研究開発投資の動向と学生の専攻分野の人気は強く相関する傾向
  - AI等の先端領域やサービスビジネス（金融サービス）などに人材が流出
  - もはや情報通信ネットワークの運用管理や技術伝承ができない懸念
- ✓ 情報通信分野の研究開発力を高めるためには、技術領域の裾野とコミュニティの拡大を視野に入れ、①人材育成および②産学連携に取り組むことが必要ではないか




**現在、人材や投資はAI・DX・量子などの技術トレンドへ流出**
**情報通信業界に閉じた視点ではなく、異分野を巻き込んでいく視点が重要**

# 4. 大学を核とした人材育成と産学連携



## （1）次世代の人材育成

【半導体人材育成の例】次頁以降

- ✓ 東北大学は設計・製造・組み立てまで一気通貫で研究できる施設・研究者が集中
- ✓ 企業・大学・高専等と連携し、学生・社会人を対象とする人材育成プログラムを創設

### 情報通信分野における戦略的な人材育成

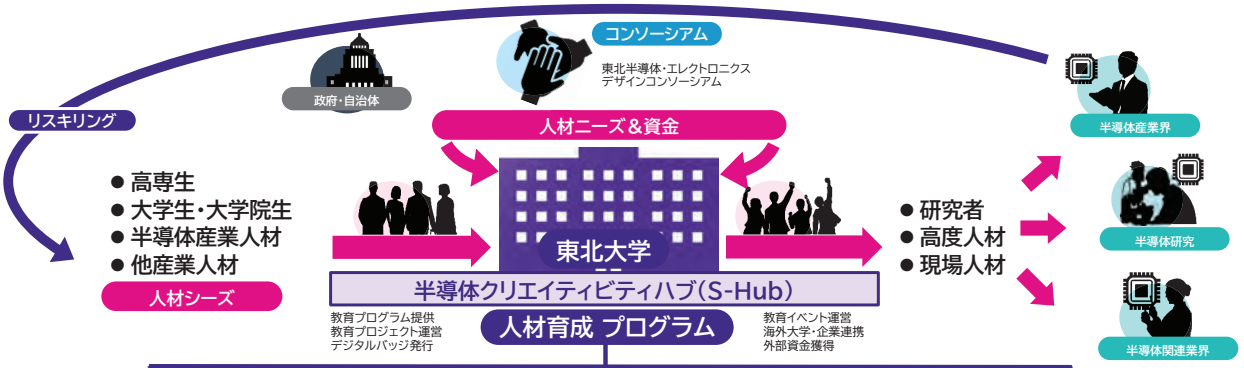
- **異分野の人材の巻き込み**
  フィジカルAI時代の新たな価値創造のために異分野の研究者・技術者を広く結集
- **各機関のリソースを活用した効果的な育成プログラムの開発**
  - ✓ 企業・大学・高専・国研が連携したカリキュラムの作成と運営
  - ✓ 研究機関のテストベッドや施設の活用、WiCONやハッカソンイベント等との連携などによる実践形式の導入
  - ✓ 研究開発成果の蓄積と施設の有効活用（高額装置等の共用促進）
- **日本に研究開発投資を行う海外企業の活用**
  - ✓ 国際的なトレンド、先端技術を学ぶ観点から、日本の人材に期待する海外企業の協力も重要

**半導体分野などの人材育成の取組を参考としながら、大学・高専・企業等が連携し、総合的な人材育成プログラムを構築することは可能**

# 【参考】半導体の人材育成例(半導体クリエイティビティハブの概要)



- 半導体を広く俯瞰してデザインシンキングに基づいた価値創造を実現するためには、従来の縦割りで専門性を重視したカリキュラムでは対応できない。
- 半導体分野において世界屈指の実績とリソースを誇る東北大学の多様な取組や学外連携をコーディネートするハブとして、質、量ともに優れた人材を研究開発と絡めて育成する体制を構築する。



- 国内大学最大規模クリーンルーム群(計8,500m²)やナノテラスをはじめとする半導体関連インフラ
- プロセスラインを用いた半導体実習や設計実習
- 学問領域、国境を越えた先進的な大学院教育プログラムによるグローバル人材の育成

他の国内主要大学は1,000～3,000m²程度

- 設計からアプリケーションまで半導体バリューチェーンをカバーする150名を超える研究者群
- 研究第一主義による高度人材育成

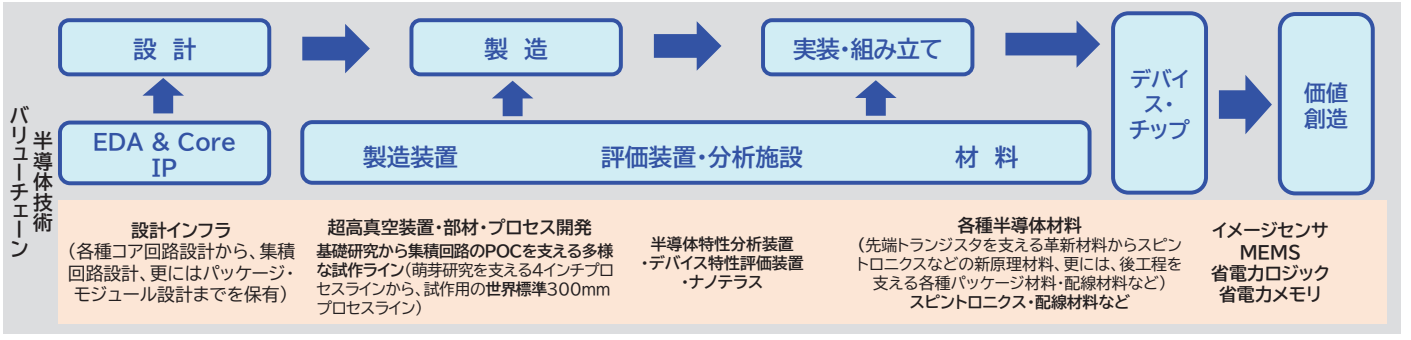
- 本学研究者と連携する川上から川下までの約400超の連携企業群との共同研究

本学の産学連携の実績(半学関係の産学官連携功労者表彰5件)

# 【参考】半導体の人材育成例(半導体クリエイティビティハブのプログラム)



比類なき研究開発リソースを有する東北大学にしかできない半導体全技術バリューチェーンを一気通貫する実践教育プログラム




国内最大規模のクリーンルーム・世界標準の300mmラインも活用する、本学にしかできない教育プログラム

# 4. 大学を核とした人材育成と産学連携



## （2）産学連携の拡大 ～ 異分野の研究者をいかに取り込むか

**情報通信企業が産学連携を拡大する際の課題**

**分野の異なる多様な研究者にコンタクトする際の心理的な壁**
**研究者が産学連携に参画する際のインセンティブの不足**

【東北大学の施策例】

- 企業が、大学のあらゆる分野の研究者、組織、施設、スタートアップ等へのアプローチできる産学共創プラットフォームとして**「共創研究所制度」**を創設し、これまでに44社が設置
- 研究者へのインセンティブの仕組みとして**「知的貢献費制度」**などを創設、意識改革を誘導

【政府がとるべき推進策】

- **産学連携を推進する研究開発プログラムの創設**
  - ✓ エッジAI、HAPS活用など一定程度のテーマを明確化したうえで産学連携PJに投資
  - ✓ 多様な研究者が企業と連携し、課題に対する技術アプローチを競える仕組みを導入（技術の独自性・先進性から出口戦略まで視野の広い評価体制も重要）
- **情報通信分野の変革を駆動できる民間人材「クリエイティブ・マネージャー（仮）」の配置**
  - ✓ 大学・国研等での民間人材登用を促進（文科省オープンイノベーション機構の整備事業等を参考）
  - ✓ 大学・国研等を指定したうえで情報通信分野の変革を駆動するプラットフォームを形成

【大学が取り組むべき課題】

- **イノベーション創出を主眼とする大学経営改革**
  - ✓ 産学連携の骨太化（共創研究所設置）やインセンティブ設計などシステム改革を推進
  - ✓ 価値創造の好循環の確立を志向（知的価値⇒社会価値⇒資金⇒戦略的経営の展開）

# むすびに ～ ICT分野の技術インテリジェンスを強化すべき

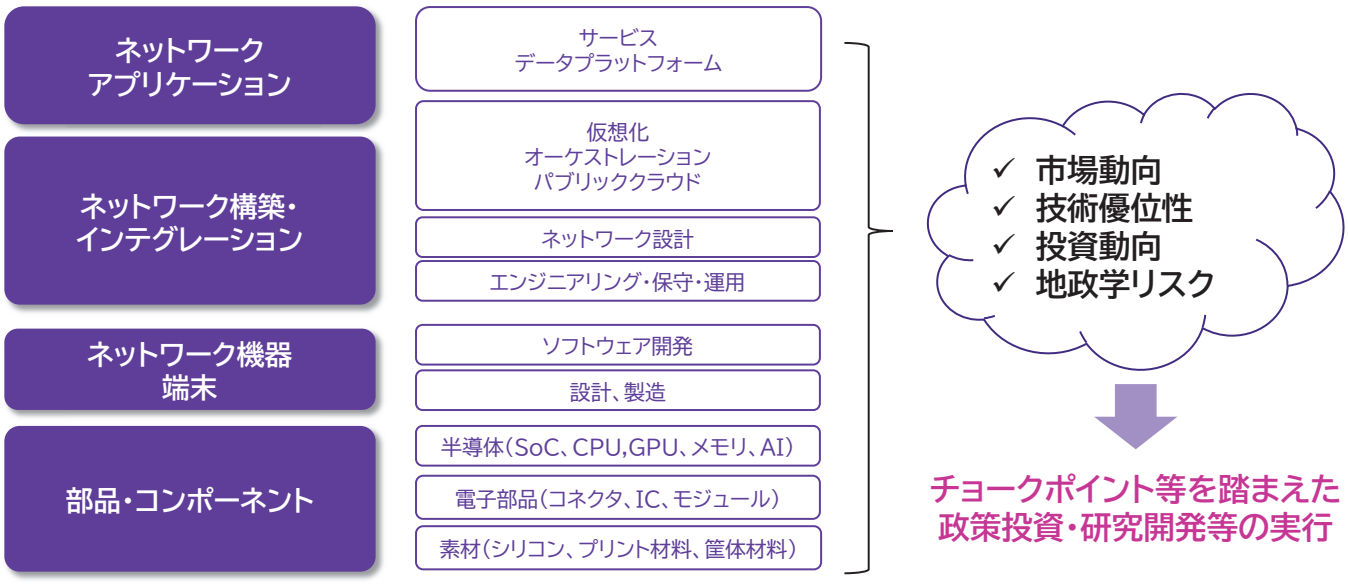


**経済安全保障を考慮した情報通信技術の戦略的研究開発を進めるためには、サプライチェーンを意識した企業・研究機関等の情報収集・分析が重要**

- 水平分業、ソフトウェア化等が進み、サプライチェーンは複雑化
- 地政学リスク、世界的経済・市場変動の影響も大

ICTシンクタンク機能の強化

**サプライチェーンの把握**



# ワイヤレス分野における エリクソンの認識と取組

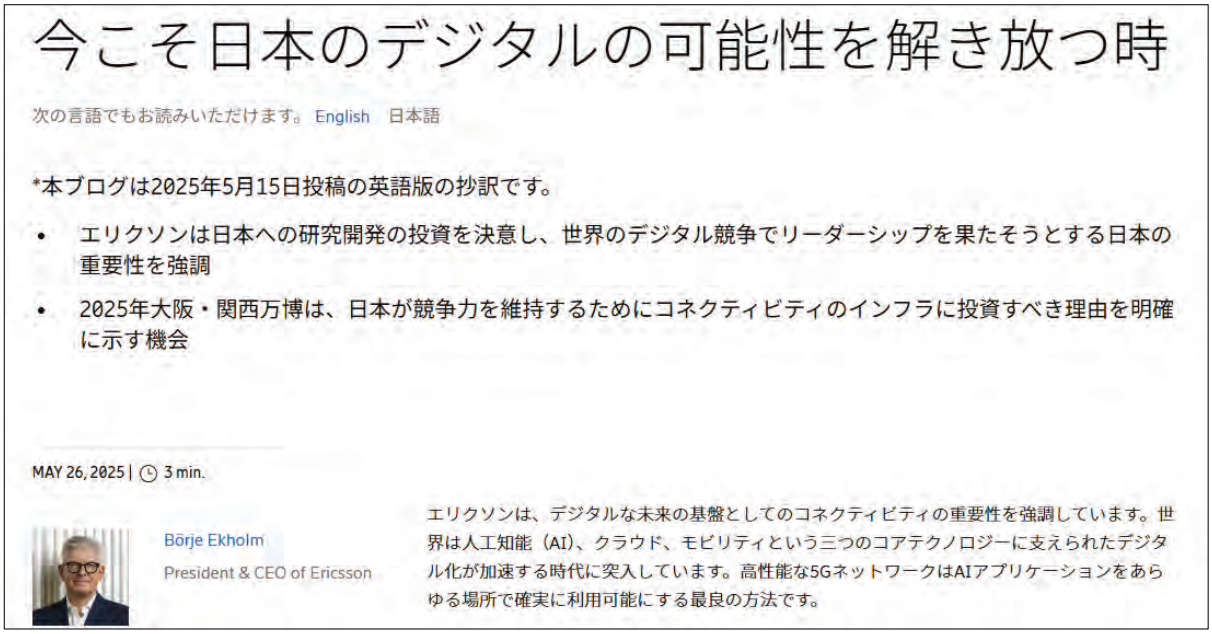
総務省 情報通信審議会情報通信技術分科会
電波有効利用委員会重点技術作業班

2025年11月27日

エリクソン・ジャパン株式会社



# 日本はグローバル企業にとって非常に重要な国



今こそ日本のデジタルの可能性を解き放つ時

次の言語でもお読みいただけます。 English 日本語

*本ブログは2025年5月15日投稿の英語版の抄訳です。

- エリクソンは日本への研究開発の投資を決意し、世界のデジタル競争でリーダーシップを果たそうとする日本の重要性を強調
- 2025年大阪・関西万博は、日本が競争力を維持するためにコネクティビティのインフラに投資すべき理由を明確に示す機会

MAY 26, 2025 | 3 min.

Börje Ekholm
President & CEO of Ericsson

エリクソンは、デジタルな未来の基盤としてのコネクティビティの重要性を強調しています。世界は人工知能（AI）、クラウド、モビリティという三つのコアテクノロジーに支えられたデジタル化が加速する時代に突入しています。高性能な5GネットワークはAIアプリケーションをあらゆる場所で確実に利用可能にする最良の方法です。



https://www.ericsson.com/ja/blog/2025/5/now-is-the-time-to-unlock-japans-digital-potential

# エリクソン研究所

ワイヤレス分野における国内外・産学の共同研究や研究者・学生の人材交流を促進

## 成果物と共同研究

- 3GPP 標準化 (Energy Savings、MIMO、NTN、AI & ML for Air Interface　など)
- 知財：121件の特許出願の共同発明者（2022~2025年度分）
- 出版物実績：国際論文17件、日本国内論文23件 (7-8割は日本の大学との共同研究)
- 産学連携：2022年より2研究室と継続的に共同研究
- 技術系インターンシッププログラム：2021年以降、10名の受け入れ枠を開設（期間：3~6か月）

ER Japan established in 2021

## エリクソンリサーチデイ（10月28日）@横浜

- 参加者：計74名（学術機関：27名、Ericsson：23名、通信事業者（CSP）：18名、NICT：3名、SONY：2名、その他：1名）
- 発表件数：12件（Ericsson：6件、大学連携先：5件、通信事業者（CSP）：1件）
- ポスター／デモ展示：11件（Ericsson：7件、大学連携先：4件）
- 主なトピック：ISAC、AIによる受信機設計、Telecom AI、量子技術と無線通信の融合領域、近距離無線信号処理技術



# エリクソンの教育・人材における貢献

## エリクソンデジタルラボ

- エリクソンのConnect to learnプログラムの一部

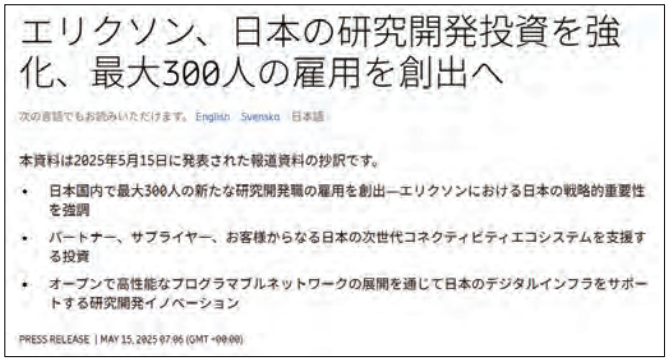
- LEGOブロックを使用しロボットを組み立て、ロボットの動きをPCを使用してプログラミングする体験教室
- 11~16歳対象
- 新しいテクノロジーを探求し、問題解決能力を身に着けられる

## 日本での活動

- 2022年：KDDIと共同で横浜の公立小学校にて実施
- 2024年：仙台で地域の子供たち向けに実施
- 2025年：KDDIと共にEXPOやKDDIのファミリーデーでも実施
- 2025年9月：KDDI本社とエリクソン仙台オフィスをつなぎ開催。今後はロボティックス/AI/ゲームなど、新しいプログラムも導入、複数拠点で展開予定
- 2025年9月：ソフトバンクとも開始

構成員限り

# エリクソンR&D



エリクソン、日本の研究開発投資を強化、最大300人の雇用を創出へ

次の言語でもお読みいただけます。English Svenska 日本語

本資料は2025年5月15日に発表された報道資料の抄訳です。

- 日本国内で最大300人の新たな研究開発職の雇用を創出―エリクソンにおける日本の戦略的重要性を強調
- パートナー、サプライヤー、お客様からなる日本の次世代コネクティビティエコシステムを支援する投資
- オープンで高性能なプログラマブルネットワークの展開を通じて日本のデジタルインフラをサポートする研究開発イノベーション

PRESS RELEASE | MAY 15, 2025 07:00 (GMT +00:00)

## 日本での研究開発を強化する目的

- 5G/Beyond 5Gの高度なRAN研究開発に投資し、パートナー、サプライヤー、お客様からなる日本の次世代コネクティビティエコシステムを支援
- 日本のエコシステムをエリクソンのグローバルエコシステムに一体化して統合する位置付け
- 最大300名規模の新たな研究開発者を日本の次世代の通信業界に創出

## 拠点設立の準備状況

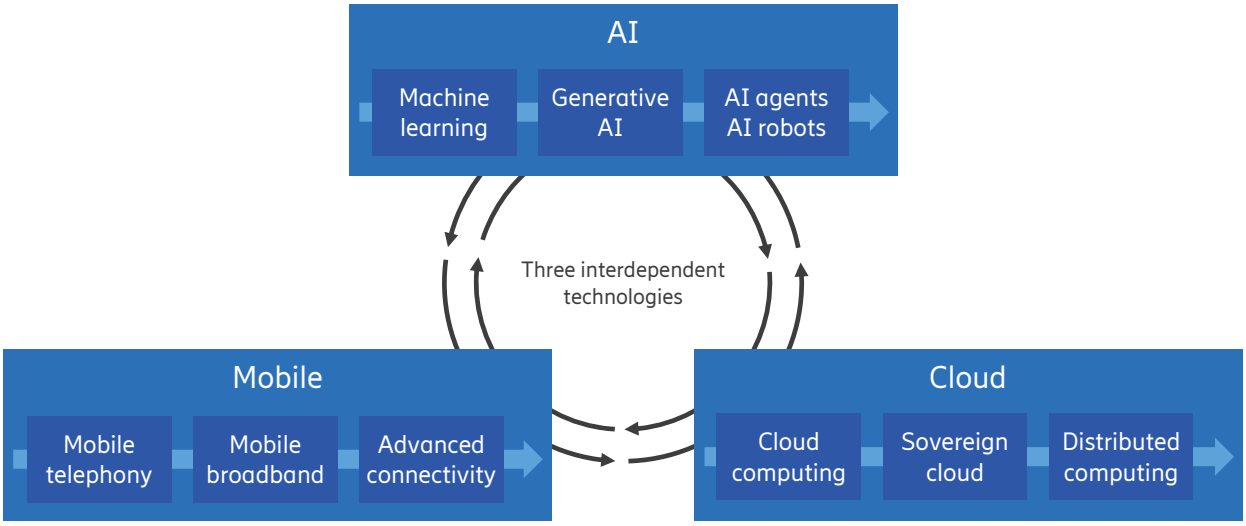
- 場所は首都圏を軸に検討中
- 採用計画を策定中、今後数カ月以内に採用活動を開始



# サプライチェーン
# 日本の重要性

構成員限り

# デジタル化を推進する3つの技術





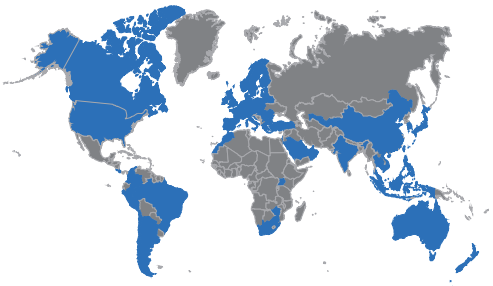

# モバイルネットワークにおける重点分野

# （日本が）5Gサービス創出をリードするには？

## - 日本のSA, Differentiated Connectivity, APIの活用を推進

### SA展開・利用で世界をリード

米国・インド・中国で導入が進み、
世界のSAの加入率が55%を超える

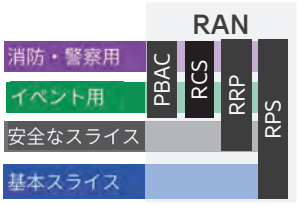


5G SAネットワークが存在する国・地域

GSA "5G Standalone August 2025" のデータを基に作成

### サービス差別化で世界をリード

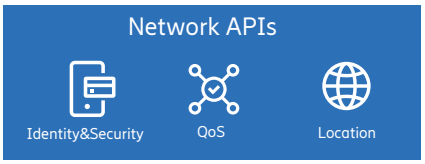
SA加入の高い事業者が、
スライシングなどを導入

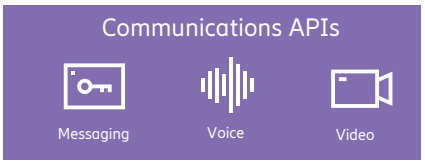



PBAC: Priority Based Admission Control
RCS: Rate Controlled Scheduling
RRP: Radio Resource Partitioning
RPS: Relative Priority Scheduling

### NW API活用で世界をリード

接続の価値を提供する
ネットワークの価値を提供




利活用において先行することで、グローバルに広がるサービスを発信する市場になる



# （日本が）5G産業エコシステムを推進するには？

- エリクソンも売上の20%程のR&D費をかけており、独自モバイルシステム開発はコストが高い
- 専用NW(PN: Private NW) に加え広域NW (Mission Critical NW) でも5Gの産業活用が拡大
- 各産業が5Gと共にグローバルなエコシステムを形成することが見込まれる
- グローバルエコシステムをリードする基盤として、日本に5G産業システムを作ることが重要
- 公共用途・民間用途の両方に活用されるインフラの構築の推進や、MCN周波数の割り当てなど、各国の取組状況の理解

**Mission Critical Network (MCN)**

**Private/Local Network (PN)**

# （日本が）自律的NWの実現をリードするには？

- TM Forumにおける自動化のレベル
- 多くの事業者が2030年頃のL4実現を目指す

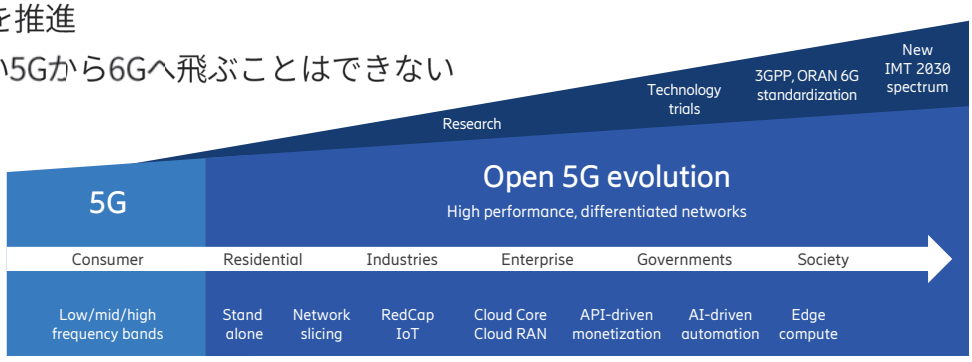
- 世界で導入が進み安定してから日本市場に導入するのか、あるいは日本が先進的な技術を生み出すような先行した市場になるような環境を作るのか？

（一般的に先行する市場にはグローバルの研究開発投資が向けられる傾向があると考えられる）



# （日本が）6Gをリードするには？

- 5Gの進化・活用を推進
  - 成熟していない5Gから6Gへ飛ぶことはできない

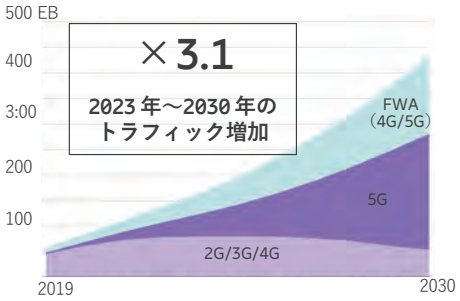



- 周波数
  - 6G向けの新しい周波数が必要（トラフィック増に対応）
  - 十分な周波数帯域をタイムリーに確保することが不可欠（制限は明確で少なく）
  - 周波数帯域の確保には時間がかかるため、早期に取り組む必要がある
  - 国際的な動向、広帯域化とカバレージを考慮すると、6~8GHz帯が有力

# （日本が）強力なネットワーク基盤を持つには？

## トラフィック増への対応

- Mid-bandとMassive MIMOの重要性
- AIは特にUL trafficを増加する見込み
- 将来のUL traffic増への対応のため FDD Massive MIMOの検討も開始




## ネットワーク展開の推進

- 屋内など展開が進みにくい場所の展開を進めるには？
- 各市場の商習慣によるが、ビルの価値を高めるために屋内ネットワークをビルとして整備するなど、ネットワーク展開の進みやすいビジネスモデルも存在
- アセットオーナーと通信事業者の費用負担のバランス

# 規制・ガイドラインなどに関して

## 国際調和のとれた、簡易で明確なルールの重要性

例）携帯電話基地局の認証の在り方

- ソフトウェアアップデートにより工事設計を変更する場合に同番認証を可能とする。
- 無線設備としての認証範囲の見直しとして、認証範囲をRUとする可能性の検討。

例）世代中立な周波数IMT割当の可能性

図：エリクソンの無線製品の多様化

例）将来的に課題となる可能性のあるもの

- 電波法・規則などの記載を無線専攻の若手人材がすぐに理解できるか？
- 若手エンジニアにとって馴染みのない漢数字、縦書き、など
- （無線全般に関し）過去の経緯を知らずに理解することが困難ではないか？

例）ネットワークスライシング

- 過去数年にわたり、ネットワーク中立性の観点から問題ないかという議論や質問が存在

# まとめ

- ネットワーク展開はサービス実現の基盤として、市場の形成のために必須
- ユースケース、ネットワーク、コンポーネント、人材のどれにおいても、海外からの投資やプレーヤーを呼び込む国になることが重要
- コンポーネントに関しては、ワイヤレス・ICT分野のサプライチェーンの重要な国
- AI・クラウド・モバイルが社会のデジタル化を推進
- サービスやデバイスのグローバルエコシステムの創出を可能にする土台を作る
  - SA, Differentiated Connectivity, APIなどを活用したサービスの創出
  - MCNなどの新しく拡大しているユースケースのグローバル市場を見据えたハーモナイズ
  - 独自モバイルシステム開発のコストを意識し、5Gシステムを可能な限り活用
- ワイヤレス分野においては、使いやすい、グローバルな周波数を、タイミングよく用意することが、スムーズな投資を促進する上で重要
- 自律的ネットワークはNetwork x AIとして重要なテーマであり、先行市場となる価値がある



ERICSSON

資料４－３

# Laying the groundwork for a thriving 6G future

November 2025

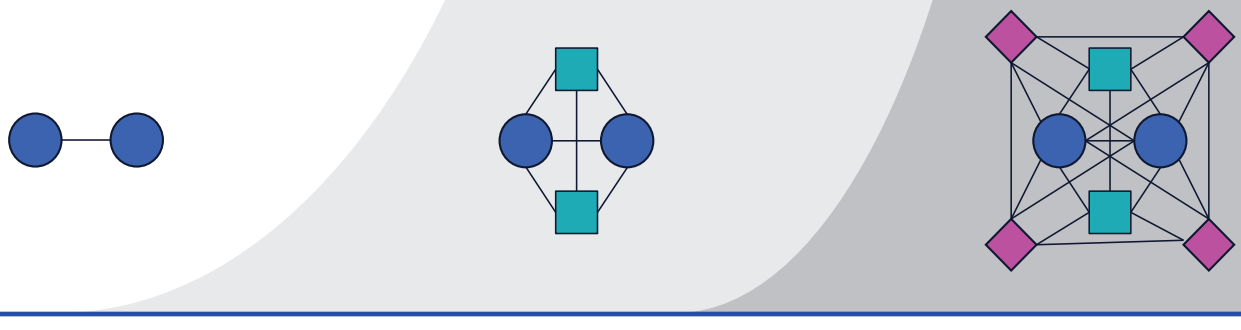
 © 2025 Nokia

## アジェンダ

- **Why – 未来の需要と6Gを形成するトレンドを予測**
- What – 6Gネットワークを設計する際の重要な考慮事項
- How – 6Gのタイムラインと戦略的な6G day-one の優先事項
- 長期的な目標 – 6G day-one のその先の革新
- 6Gエコシステムを前進させる – 成功に向けた共創

# AIとLLMの（進化）革命がネットワークのニーズを再定義

Humans Machines/IoTs AI agents



**2G & 3G**

Built mainly for human communications

**4G & 5G**

Expanded to support machine and IoT connectivity

**6G**

Extend further to connect AI agents and intelligence



NOKIA

# コネクティビティからインテリジェントへ

Humans Machines/IoTs AI agents

**Today's networks**

- Excel at connecting people and devices reliably and efficiently, optimizing speed, coverage and capacity
- They are still predominantly data transport systems

**Tomorrow's networks**

- Will evolve from connecting data to understanding and processing intelligence
- They will process AI tokens and inference tasks in addition to transmitting data

**2G & 3G**

Built mainly for human communications

**4G & 5G**

Expanded to support machine and IoT connectivity

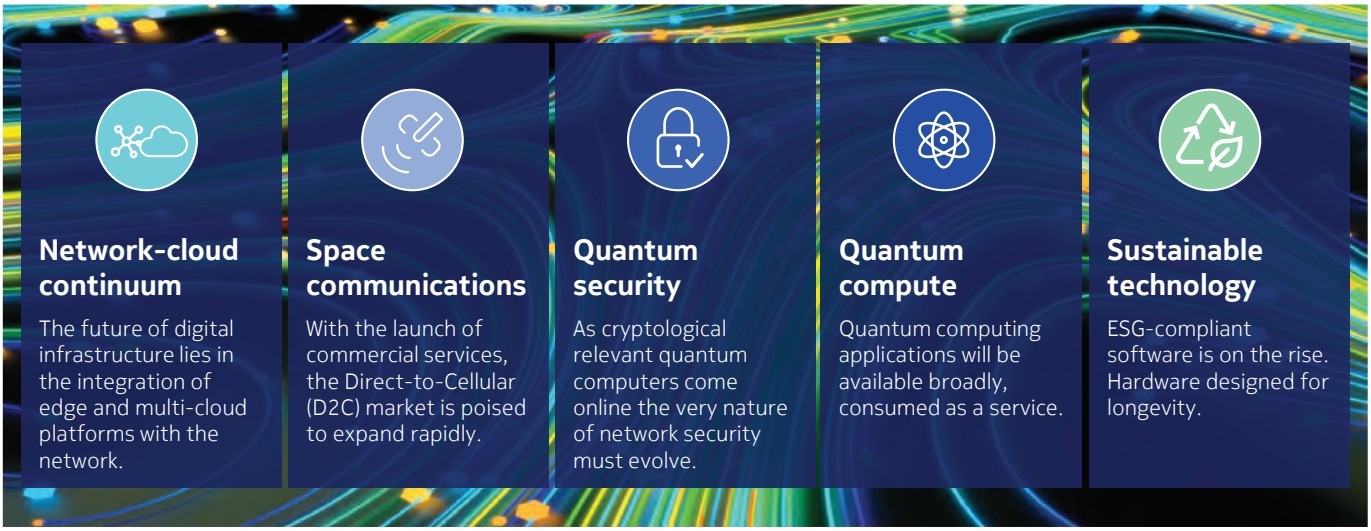
**6G**

Extend further to connect AI agents and intelligence



NOKIA

# さらに、新興技術は継続的なネットワークの進化を必要としています






# 6Gは進化的な飛躍であると同時に革命的な進展であり、未来の需要を満たし推進するために設計されています

### Support AI-powered devices and new form factors

- End-user devices will go beyond smartphones.
- With AI agents and TN/NTN integration, they will enable more intuitive and seamless communication.

### Enable new and enhanced services

- Immersive experience, digital twins and critical communications that began in 5G will mature in 6G, reaching scale.
- New services such as sensing-as-a-service will emerge.

### Unlock new business models

- Networks are evolving into versatile platforms beyond traditional connectivity.
- 6G will accelerate this with new and enhanced capabilities.

# アジェンダ

- Why – 未来の需要と6Gを形成するトレンドを予測
- **What – 6Gネットワークを設計する際の重要な考慮事項**
- How – 6Gのタイムラインと戦略的な6G day-one の優先事項
- 長期的な目標 – 6G day-one のその先の革新
- 6Gエコシステムを前進させる – 成功に向けた共創



NOKIA

## 6Gネットワークを構築する際の重要な考慮事項

### Performant

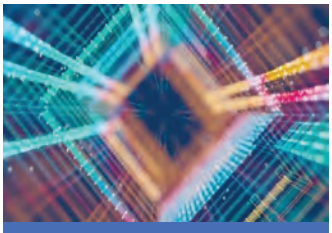
Driving performance, network efficiency, innovation, and unlocking a new spectrum to fuel economic growth

### Intelligent

Leveraging AI for network design, optimization, and operation, while ensuring seamless connectivity for devices and applications

### Sustainable

Supporting a low-carbon, circular future, whereas fostering greater equity for people and the planet



### Cyber-resilient & secure

Focusing on innovative security measures and pioneering quantum-safe technologies



NOKIA

# アジェンダ

- Why – 未来の需要と6Gを形成するトレンドを予測
- What – 6Gネットワークを設計する際の重要な考慮事項
- **How – 6Gのタイムラインと戦略的な6G day-one の優先事項**
- 長期的な目標 – 6G day-one のその先の革新
- 6Gエコシステムを前進させる – 成功に向けた共創



NOKIA

## 研究から標準化まで、6Gへの道のりは重要な節目に到達

NOKIA

# 効率的でスケーラブルな6Gの基盤（Rel 21）を確立することが成功の鍵

## 6G day-one basic services set

Immersive multimedia / Cloud gaming

Extended reality

NextG mobile broadband

Fixed wireless access

Integrated global connectivity

IoT/LPWA-native support

6G will build on 5G's success and do so in more efficient, economical, scalable and sustainable ways



NOKIA

# 6Gが day-one (Rel-21）にもたらすもの

## 1 Development of new and existing real estate

- Unlock new spectrum
- Improve efficiency in existing bands

## 2 A single architecture with a modular design

- A single architecture for smooth deployment
- Modular radio-protocol design

## 3 A strengthened foundation

- Non-Terrestrial Networks to support all device types
- Programmable networks and API native

## 4 AI and data driven

- End-to-end intelligent system and enablers
- AI-native framework

## 5 Elevated sustainability

- Green 6G and energy efficiency by design

## 6 Enhanced cyber-security

- Security and privacy framework
- Quantum-safe networking to counter new network threats



NOKIA

# アジェンダ

- Why – 未来の需要と6Gを形成するトレンドを予測
- What – 6Gネットワークを設計する際の重要な考慮事項
- How – 6Gのタイムラインと戦略的な6G day-one の優先事項
- **長期的な目標 – 6G day-one のその先の革新**
- 6Gエコシステムを前進させる – 成功に向けた共創



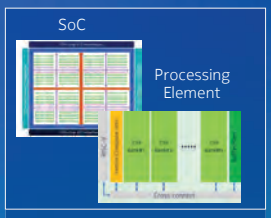
NOKIA

# 長期的な無線研究は変革的なイノベーションをもたらします

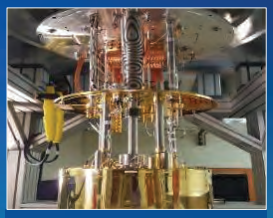
Nokia Bell Labs examples

Accelerating digital-physical fusion

Harnessing the full potential of AI




Exploring converged 6G and AI through parallelization and acceleration



Preparing for the quantum era

Advancing beyond a simple, scalable, secure 6G architecture

6G networks will be at the center of a hyper-digital future



NOKIA

# アジェンダ

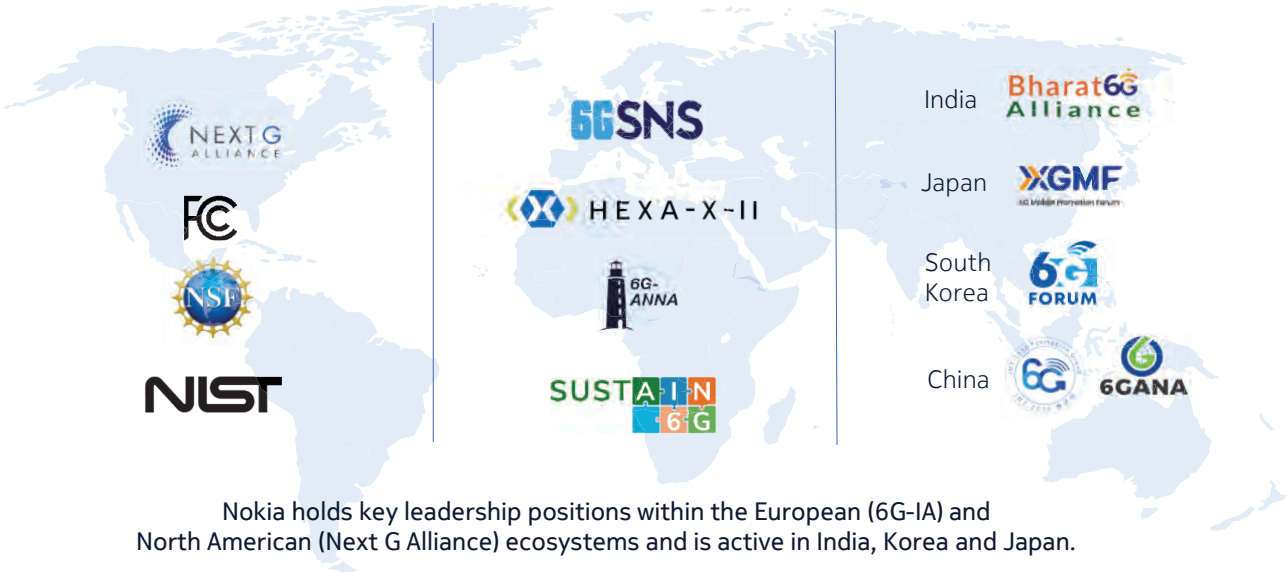
- Why – 未来の需要と6Gを形成するトレンドを予測
- What – 6Gネットワークを設計する際の重要な考慮事項
- How – 6Gのタイムラインと戦略的な6G day-one の優先事項
- 長期的な目標 – 6G day-one のその先の革新
- **6Gエコシステムを前進させる – 成功に向けた共創**



NOKIA

## 私たちは6Gを現実のものにするための道を切り開いています

世界中での官民連携への積極的な参加




Nokia holds key leadership positions within the European (6G-IA) and North American (Next G Alliance) ecosystems and is active in India, Korea and Japan.

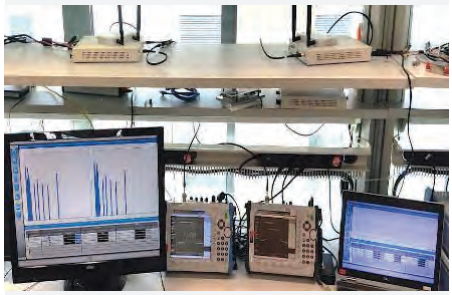


NOKIA

# 未来の技術の実験　(1/2)

## CSPや業界の仲間との提携

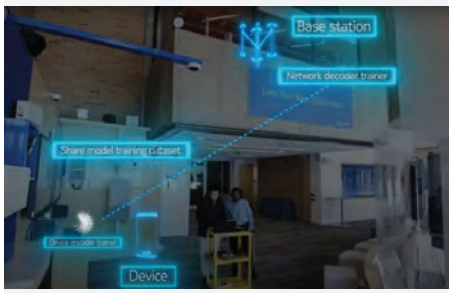
### 6G AI-native air interface



Joint research collaboration to improve performance and minimize energy consumption

docomo
NTT
SK telecom

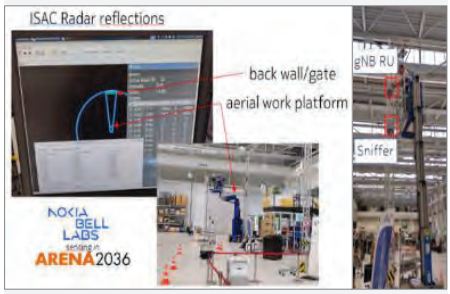
### Wireless AI Interoperability




Joint research on AI-interoperability technology to boost wireless capacity and performance

Qualcomm

### ICAS




Explore real-world use cases in an industrial environment and traffic scenarios

BOSCH
ARENA2036



NOKIA

# 未来の技術の実験　(2/2)

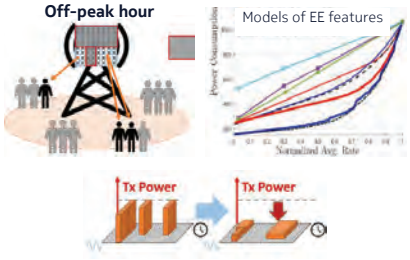
## CSPや業界の仲間との提携

### 6G AI receiver for distorted signals

Joint research on AI-based digital post-distortion receiver, HybridDeepRx, to improve 6G coverage and efficiency

ROHDE&SCHWARZ
Make ideas real

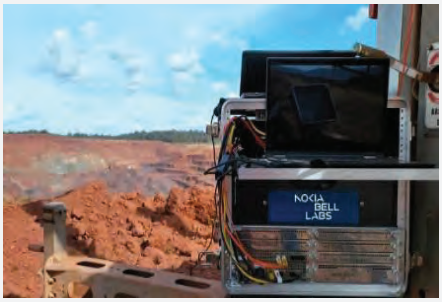
### 6G energy efficiency improvement




Jointly evaluating Energy Efficiency features by combining Nokia's EE model with KDDI's real network data.

KDDI

### Digital twins for mining operations




Research agreement signed to implement a cognitive monitoring network services, enhancing safety and productivity

VALE



NOKIA

# 研究協力を通じて未来を創造する
## 業界をリードする学術機関や研究機関との協力

NYU TANDON SCHOOL OF ENGINEERING
UC San Diego
PRINCETON UNIVERSITY
PURDUE UNIVERSITY
TEXAS
UNIVERSITY of WASHINGTON

**Brooklyn 6G Summit**
Communications Beyond 5G and into the 6G Era

A landmark industry event created by Nokia and the NYU WIRELESS research center in 2014 and rebranded in 2021.

Nokia is a member of 6G@UT, a funded collaboration between industry and University of Texas at Austin.

Aalto University
UNIVERSITY OF CAMBRIDGE
UNIVERSITY OF OULU
Inria
UNIVERSITY OF HELSINKI
cea
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
université PARIS-SACLAY
imec
Technische Universität München
TUM
AALBORG UNIVERSITET
University of Stuttgart Germany
KU LEUVEN
Fraunhofer IESE

In May 2018, Nokia became co-creator member of University of Oulu 6G flagship program.

KOREA UNIVERSITY
東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO
XIDIAN UNIVERSITY

In October 2023, Nokia established a 6G Lab at its Global R&D center in Bengaluru, India.



NOKIA

# まとめ

6Gはコネクティビティを超えて、インテリジェントでAIネイティブなプラットフォームとなり、未来の需要に対応します

それは進化的な飛躍であり、モジュール化された実装しやすい設計を備え、強力な新機能を導入する革命的な進歩でもあります

6Gの基盤は、広範なエコシステムの協力と共創を通じて今日築かれています



NOKIA

NOKIA

資料４－４

# 総務省 重点技術作業班向けヒアリング

株式会社　村田製作所
技術・技術開発本部　技術企画・新規事業推進統括部
ネットワーク技術開発部　次世代通信事業推進課

Document No : N2FN02500250

© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

## Agenda

- ムラタについて
- 国際競争力
- ミリ波市場創出

Document No : N2FN02500250

© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

# Agenda

## ムラタについて

- ありたい姿：Global No.1 部品メーカー
- 世界で高シェアな部品を多数有している
- 材料から製品まで垂直統合型の生産体制
- 既存(延長)と新規領域での技術革新

## 国際競争力

## ミリ波市場創出


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.


# ムラタの概要

村田製作所は、最先端の技術、部品を創出する総合電子部品メーカーです。
Innovator in Electronicsをスローガンに掲げ、豊かな社会の実現をめざします。

## ムラタの強み

- 最先端の材料を研究開発
- 広範囲な製品ラインアップ
- グローバルな生産、販売ネットワーク

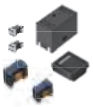
## ムラタのプロフィール

- 創業：　1944年
- 売上高：　1兆7千433億5千2百万円
- 企業数：　83社（国内29社、海外54社）
- 従業員数：　72,572名
  （国内34,786名、海外37,786名）

※売上高は、2025年3月期決算。
※従業員数は2025年3月31日時点のものです。
※グループ企業数は2025年3月31日時点のものです。
※村田製作所はグループ企業数に含まれておりません。


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

# 主要製品の世界シェア*

| | | | |
|---|---|---|---|
| | |  | |
| チップ積層<br>セラミックコンデンサ | 高周波インダクタ | EMI除去フィルタ<br>(EMIFIL®) | 表面波フィルタ |
| | | | |
| ショックセンサ | セラミック発振子 | 多層LCフィルタ<br>(フィルタ、バラン、<br>カプラなど) | |

*主要製品の世界シェアは当社推定値です。また市場や用途により異なります。

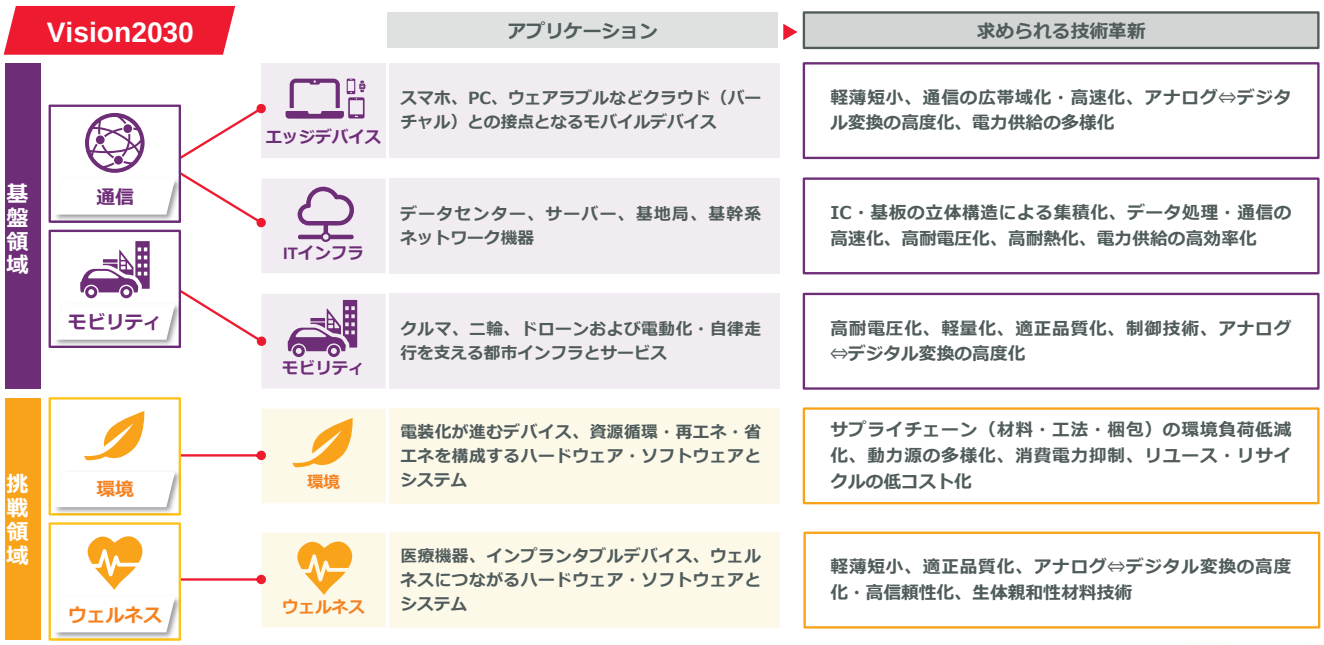

© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.


# ムラタの技術

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 材料技術 | 材料設計 | 材料プロセス | | | | | | | |
| 生産技術 | 積層 | 印刷 | 焼成 | 表面処理 | 精密加工 | 薄膜微細加工 | パッケージング | 計測・テスト | |
| | 設備設計 | 自動化 | IE | | | | | | |
| デバイス・<br>商品設計<br>技術 | パッシブ<br>デバイス設計 | 半導体・MEMS<br>デバイス設計 | 高周波設計 | 回路設計 | シミュレーション | モデリング | 高信頼性設計 | ソフトウェア | |
| 分析・評価<br>技術 | 材料分析 | 故障解析 | | | | | | | |


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

# ムラタの事業機会





© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

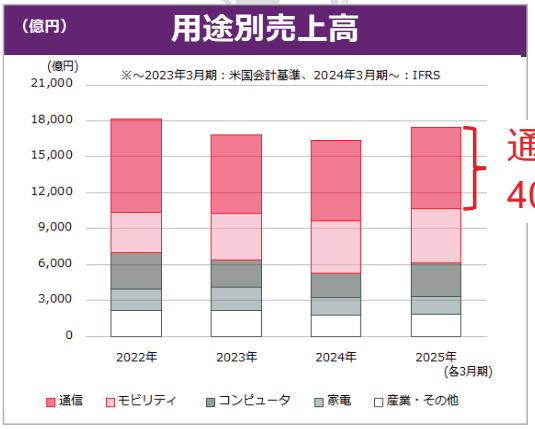

# Agenda

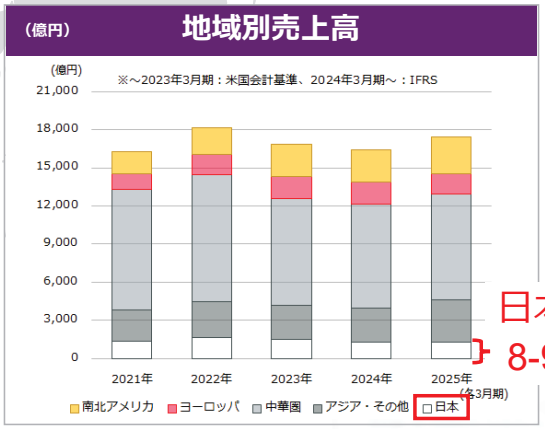
- ムラタについて
- 国際競争力
  - 通信の村田、世界の村田
  - 最先端の情報から 市場に求められる独自の製品を創出
  - グローバル共創(世界を見据えた共創、機会の提供)
- ミリ波市場創出


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

# 国際競争力

国際競争力=日本企業が国際的に活躍している状態



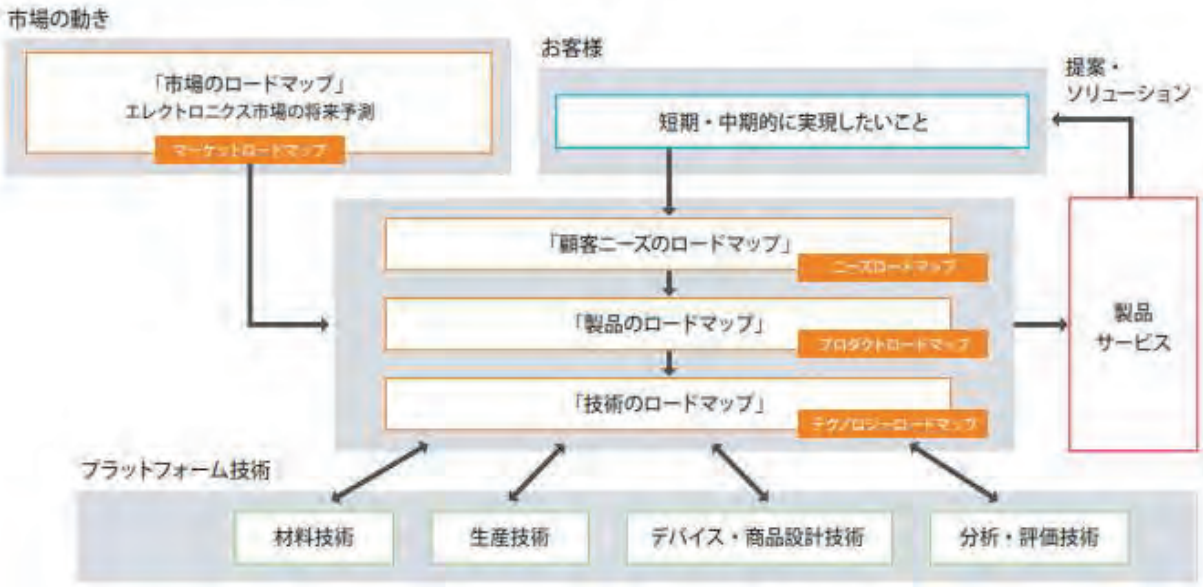




※ 2025年10月31日時点


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.


# 市場/技術動向予測

- 高い技術力、高いシェアの製品を提供しつづけることで、幅広い業界のお客様とコミュニケーションをとりながら、お客様のニーズを**「先読み」**し、最先端の市場・技術動向を予測

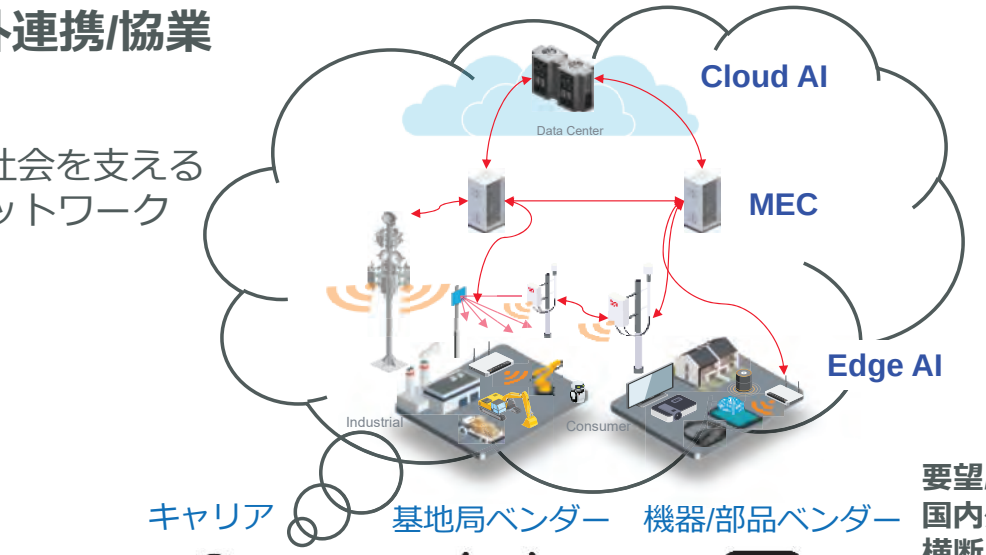




© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

# 社外連携/協業

AI社会を支える
ネットワーク




キャリア　基地局ベンダー　機器/部品ベンダー

**要望/期待：**
**国内外、異種ベンダーでの横断した協業・連携が必要**

**-> エコシステムの推進や機会の提供**

国際的な需要予測/見極め. 先行技術開発=国際競争力


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.


# Agenda

- ムラタについて
- 国際競争力
- **ミリ波市場創出**
  - **需要・市場を生み出しやすい環境作り**
  - **国や業界全体を巻き込んだ取り組み**


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

# 日本発！ミリ波の需要を生み出し、文化の発展に貢献

社　是

技術を練磨し
科学的管理を実践し
独自の製品を供給して
文化の発展に貢献し
信用の蓄積につとめ
会社の発展と
協力者の共栄をはかり
これをよろこび
感謝する人びとと
ともに運営する

ミリ波普及課題の相互相関

アタリマエに

使える

つながる

入っている

ミリ波推進のために具体的に相談したい点

構成員限り


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.


# 各提案を取り巻く現状と総務省への期待

| カテゴリ | 提案内容 | 現状 | 総務省への期待 |
|---|---|---|---|
| 構成員限り | | | |


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

## 使える｜アプリケーション開拓のための施策

構成員限り


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.


## つながる｜安定した通信インフラを実現するための施策

構成員限り


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

# 入っている｜ミリ波対応端末を増やすための施策

構成員限り


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.


# まとめ

- 村田製作所はGlobal No.1 部品メーカーを目指し、世界で求められる独自の製品を創出し、事業をグローバルに拡大
- 国際的な需要予測を国、業種を超えて連携・協業し、将来のありたい姿を共有し、技術/製品開発を進める。その為のエコシステムの推進や機会の提供、推進役を期待したい
- 具体的なミリ波の領域においては、下記について検討頂きたい

| カテゴリ | 提案内容 | 現状 | 総務省への期待 |
|---|---|---|---|

構成員限り


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

INNOVATOR IN ELECTRONICS



© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

# 追加資料(11/26)
# 人材育成

[ムラタの海外勤務 | 村田製作所 採用情報]



© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

# グローバルな人材配置・育成の推進

- 以下を狙いとし、グローバルな人材配置・育成を推進
  - グローバルな業務経験を通じた個人の能力の向上
  - 多様な価値観、経験を持つ人材の交流
  - これらを通じた組織の連携強化、新たな考えやアイデアの創出

- 2025年以降に、自国以外への異動や研修・リモートアサインメントでグローバルな経験をした国内外社員の累積数を目標値に設定

構成員限り

**全従業員にとってグローバルマインドを持つことが当たり前になっていくこと**


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.


# 次世代経営リーダーの育成

- グローバルリーダーに求められる人材要件を定義し、選抜教育プログラムを設計。一貫性のあるリーダー人材育成を実現
- 「経営幹部候補準備率」をKPIに設定し、経営リーダーの継続的な輩出を図っていく
- グローバルでの研修のスタート

構成員限り


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

# 多様な個を活かすための環境整備

■従業員の複線型キャリアパス

複線型キャリアパスを活用し、専門性で貢献する人材を処遇

構成員限り


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.


# その他


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

# 組織体制（2025年11月時点）

社長
中島　規巨

副社長
岩坪　浩

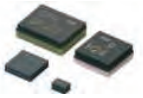
副社長
南出　雅範

- 技術・事業開発本部　村田　崇基
- 営業本部　森本　栄一
- セラミックコンデンサ事業本部　大森　長門
- コンポーネント事業本部　佐藤　俊幸
- 通信・センサ事業本部　泉谷　寛
- エナジー事業本部　利根川　謙
- 医療・ヘルスケア機器統括部
  - モノづくり統括部
  - モノづくり技術統括部
  - 調達統括部
  - 品質保証統括部
  - 薄膜技術開発統括部
  - モジュール技術開発統括部
- 管理本部　戸井　孝則
- 経営DX本部　須知　史行
- 法務・知財統括部

製造拠点


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.


# 製品ラインアップ（1/2）

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| コンデンサ<br>(キャパシタ) | インダクタ (コイル) | ノイズ対策部品<br>EMI除去フィルタ<br>ESD保護デバイス | 抵抗器 | サーミスタ<br>(温度センサ) |
| | | | | |
| センサ | タイミングデバイス<br>(水晶振動子/セラミック発振子) | 水晶応用製品 | 電源関連製品 | バッテリ |
| | | | | |
| マイクロメカトロ | RFID製品 | 基板製品 | バラン | カプラ |
| | |  | | |
| フィルタ | フェイズシフタ | RFスイッチ | フロントエンド<br>モジュール | 弾性波デバイス |


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

# 製品ラインアップ（2/2）

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| コネクタ | アンテナ<br>および関連製品 | 通信モジュール | イオナイザモジュール<br>オゾナイザモジュール | RFIDソリューション<br>id-Bridge |
| | | | | |
| 無線センシング<br>ソリューション | 作業者安全モニタリング<br>システム | m-FLIP | センサデータ<br>プラットフォームPifaa | 空間可視化ソリューション<br>AIRSual |
| | | | | PIECLEX<br>A Murata Company |
| Crossborder Co-DataBiz<br>Platform | 統合型再エネ制御ソリュー<br>ションefinnos | AI制御によるビル全体の<br>省エネ | 環境負荷低減ソリューション 工場<br>排ガス処理用 耐熱セラミック触媒 | ピエクレックス |
| | | Femtet | | |
| 疲労ストレス計 | 細胞向け分画フィルタ<br>CELLNETTA MZM1シリーズ | Femtet | ミライセンス | 医療機器 |


© Murata Manufacturing Co., Ltd. All rights reserved.

資料４－５

# 自営無線／レーダー分野における市場動向・技術動向及び課題

2025年11月27日

JRC 日本無線株式會社

## 日清紡グループにおける日本無線の位置付け

NISSHINBO

NISSHINBO 日清紡ホールディングス株式会社

創立　1907年
資本金　278億円
売上高　4,947億円
連結従業員　18,630名
2024年度12月現在

- 無線・通信事業
- マイクロデバイス事業（日清紡マイクロデバイス(株)）
- ブレーキ事業（日清紡ブレーキ(株)）
- 精密機器事業（日清紡メカトロニクス(株)）
- 化学品事業（日清紡ケミカル(株)）
- 繊維事業（日清紡テキスタイル(株)）

JRC 日本無線株式會社

<概要>
創立　1915年(大正4年)
資本金　14,704百万円
従業員（連結)5,456名
売上高（連結)140,613百万円
出資比率 100%

NAGANO 長野日本無線株式会社
JRC 上田日本無線株式會社

JRC モビリティ

<概要>
創立　2018年4月3日(平成30年)
資本金　490百万円
従業員　232名(2024.1.1時点)
売上高　（連結)20,296百万円
出資比率 100%

JRC Mobility Germany GmbH

国際電気

<概要>
創立　1949年(昭和24年)
資本金　1,000百万円
従業員（個別)1,469名
売上高（個別)52,947百万円
出資比率 80%

HYSエンジニアリングサービス
GOYO 株式会社 五洋電子

# 日本無線株式会社の事業セグメント

## マリンシステム事業

長年培った船用機器への知見と無線通信に関する高い技術力による高性能・高品質な製品を世界の船舶に提供しています。今後も将来の自動航行船舶に向けた安全・安心の提供を目指します。

船舶用レーダーアンテナ

スマートブリッジ導入事例：
株式会社ラクダ様／油タンカー様式会社様

○統合ブリッジシステム
○クラウド／情報サービス(船舶DX)
○航海計器
○船舶用通信機器
○漁労機器

## ソリューション事業

社会的に重要な防災インフラ関連などの業務を総合的に支援します。信頼性の高い製品をベースに、様々な事業に最適なソリューションを提供します。

防災向け河川監視システム(ドローン向け)

空港気象ドップラーレーダー
(画像：気象庁提供)

○防災情報システム
○河川管理システム
○航空監視システム
○気象レーダーシステム
○交通情報システム
○放送システム

自衛隊装備年鑑より引用

## 特機事業

防衛省向けに無線応用機器やシステムを提供しています。また成長分野として航空・宇宙分野への市場展開を目指しています。

無人移動体画像伝送システム
無人航空機

無人移動体画像伝送システム
地上ステーション

○レーダー装置・システム
○通信装置・システム
○無線応用装置・システム

○情報・通信機器
○自動生産設備
○車載用電子部品

## ICT・メカトロニクス事業

【長野日本無線株式会社】

IoTソリューションや自動生産設備、xEV(電動車)用電子部品などを通じて、スマートシティ・スマートファクトリーや脱炭素社会の実現に貢献しています。

電子ペーパータグ

自動組立ライン

車載用電子部品

○超音波医療用振動子・プローブ
○画像処理装置
○超音波応用機器
○分析装置
○ワイヤレスヘルスケア機器
○無線応用機器

## 医用機器事業

【上田日本無線株式会社】

得意とする超音波技術、無線技術をコアに、医療が求める高度な要求に対応した医療用エレクトロニクス機器を提供し、社会に貢献しています。

携帯型
超音波診断装置

アレルギースクリーニング
検査キット

要介護者
見守りシステム

○自動車・二輪車ETC2.0車載器
○コネクテッド車載端末
○周辺監視レーダー
○マルチバンド業務用無線機
○移動体通信用RF光伝送装置
○鉄道システム

## モビリティ事業

【JRCモビリティ株式会社】

モビリティ社会におけるコネクテッド、センシングシステム、モビリティインフラの分野で卓越した技術と高い生産力で社会に貢献しています。

ETC2.0対応車載器

ミリ波レーダー

マルチバンド車載無線機

JRC 日本無線株式會社

3

# ソリューション事業部 ＝ 防災トータル・ソリューション プロバイダー

国や地方自治体などが行う防災・減災対策、河川の治水対策、道路維持管理、防災無線通信設備、情報設備、制御監視設備など**総合防災サプライヤーとして、情報の収集→処理→提供をトータルでサポート**

JRC 日本無線株式會社

4

# ソリューション事業部の取り扱い製品・システム

官公庁向けを中心に、無線・情報処理技術を活かした
さまざまな防災向けシステムを開発・製造・納入(工事)・保守まで一貫で行っています

# 国内の消防・救急・防災等の重要無線における外国ベンダの進出状況

## 官公庁向け無線システムの海外ベンダ進出状況

### 現状

構成員限り

県市町村防災行政無線システム
⇒移動系無線(260MHz帯TDMAシステム　ARIB-STD T80 )
構成員限り 製 テトラシステム

県防災行政無線システムのサブシステム等として
⇒ 構成員限り

### 今後

低軌道衛星(LEO)の進出: 構成員限り など

# 日本(JRCが)が強みを持つ技術、今後開発すべき技術について

## 日本(JRCが)が強みを保つ技術

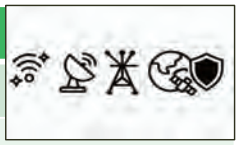
### 通信インフラ技術

狭帯域通信技術　⇒　周波数効率に優れた独自技術

構成員限り

多重:伝送容量 構成員限り 、多様なI/F対応、充実したIP化対応
V/H偏波状況による最適な経路切替機能

衛星-地上統合技術(5G、LDEO,GEO実証実験: 構成員限り )



### 高付加価値無線技術・特定用途技術

気象レーダ等　⇒　コモディティ化していない高付加価値の無線技術
(公共インフラ向け無線システムの設計・構築技術)

アンテナ技術　⇒　高度なニーズに応えるカスタムアンテナ設計技術

中波・短波(MF/HF)帯の大電力送信機の開発　⇒　遠距離伝送を支える無線機開発技術

### 長期運用技術

中波・短波(MF/HF)帯の大電力送信機に関する製造・運用支援の実績

構成員限り 長期供給・保守体制



# 日本(JRCが)が強みを持つ技術、今後開発すべき技術について

## 今後開発すべき技術(1/2)

### 高速・高効率通信技術

通信の高速化

多重の超多値変調: 構成員限り

長距離 構成員限り 通信

構成員限り 多重変調技術

### 無線回線の高信頼・自立運用技術

構成員限り 無線回線の無停止運用

構成員限り

衛星:回線制御、TDMモデム、 構成員限り

構成員限り VHFデータ通信の活用を通じたIoTの高度化

### 省電力・効率化技術

低消費電力技術 構成員限り

構成員限り 安価かつ長寿命な大電力中波・短波送信機の開発

# 日本(JRCが)が強みを持つ技術、今後開発すべき技術について

## 今後開発すべき技術(2/2)

### セキュリティ・次世代暗号基盤

セキュリティ技術 構成員限り

### 無線利用最適化技術

AI利用電波弁別技術

周波数共用技術

構成員限り

構成員限り



# JRCの事業戦略及び競合他社との違い

## 事業戦略の方向性と違いについて(JRCと無線通信機器中心の競合他社との違い)

**1. 統合型ソリューション提供**

単体機器販売ではなく、システム全体の設計／構築提案・運用(保守)までを一括提供。

構成員限り

→ 顧客客(自治体・官公庁)にとっては、ワンストップで導入・保守が可能。

**2. クラウド・IoT・AIとの融合**

無線通信と情報処理などの複合システムに強みを持ち、クラウド基盤やIoTセンサー、AI解析を組み合わせた防災・監視システムを構築。

構成員限り

**3. 公共インフラ向けの長期契約型ビジネスモデル**

無線通信機器売り切り型の他社と異なり、保守契約・運用支援を軸にしたB2G(Government)モデルを展開。

**4. 災害対応・冗長性重視のシステム提供**

単体無線機ではなく、多重無線・衛星通信・移動系システムなど多様なインフラを含む多層構造で災害時の通信を確保。

→ これにより地震・津波・台風時における通信断リスクの最小化を実現。

構成員限り

# 事業継続上の問題
# （収益率の低さ、人材不足による技術継承の困難性など）

企業経営を圧迫する問題点

・官公需向け自営通信システムは、ライフサイクルが長い
・防災向けシステムの性格上、稼働の安定性が求められる
・使用する部品の汎用性が低く、EOLが起きやすい
・特定の規格に則ったシステムが多く、汎用性が低い
・明確なフォアキャストがなく、又、入札案件の為、
　需要予測が立てづらい

| 事業継続の障害となっている課題・問題点 |
|---|
| ・更新期間が長い（10～15年）。 |
| ・市場が小さい（少量生産となる）。 |
| ・短納期対応のための製品手配による過剰在庫（コストUP） |
| ・棚卸資産削減が命題。受注生産の場合、製造部品のリードタイムが長いために単年度予算案件応札ができない。受注機会損失が生じる。 |
| ・短期間の部品EOLによる対応コストUP<br>採用部品の短期間での製造中止による代替部品の選定・設計変更等維持設計に関するコストが生じる。併せて新規開発業務が後回しになる弊害が生じる。 |
| ・安価な保守費用<br>①採用労務単価が安い。点検項目のみ採用。<br>②24時間の保守サービス体制の構築費用が難しい。コストとして反映できず。 |
| ・部品費/労務費の高騰。 |
| ・価格転嫁交渉も顧客側に採用されない可能性あり（一般公募・入札方式の背景）。 |
| ・官公庁案件の不透明な見込数量（フォーキャスト無し）。 |
| ・不透明な見込み数量により、設備投資の投資効果予測が困難。 |
| ・市場見通しが読みにくいため、研究開発費の投資効果予測が困難。 |
| ・周波数帯の国際互換が低いことによるマーケット規模。 |

左記対応のために、（現場）は、
部品の長期在庫
製造仕掛品の棚在庫　が必要

企業経営的に上記↑は、
CCC（※）が悪い　と判断

積極的な投資が行いづらい

リソース確保、研究開発への投資が行いづらい市場となっている。

CCC（Cash Conversion Cycle）：仕入れから代金回収までの所要日数を示す財務指標



# 事業継続のための補助金の創設・拡充

市場が活況となり、企業が積極的に投資を行える状態になるために、
自営通信網を必要とする官公需向けに下記のような補助メニューが必要

JRCが考える事業継続に必要な補助メニュー

| 事業継続のための補助金（要望） |
|---|
| ・緊急防災減災事業債の延期と条件の緩和 |
| ・年間保守点検に関する補助メニューの創設 |
| ・設備改修に関する補助メニューの創設 |
| ・新規・改版開発に関する補助メニューの創設 |
| ・新規システムの研究開発に関する補助メニューの拡充 |

**市区町村防災無線システムについては財政基盤が強固・脆弱に係わらず、（特に沿岸エリアの市町村では）一定レベル以上の防災無線システム（同報系）が国の補助金等で整備されるべき**

資料４－６

# 「自営無線に関する市場動向と事業展開の取組について」

2025/11/27

アイコム株式会社

## アイコムについて

商　　号：**アイコム株式会社**
設　　立：1964年
資本金　：70億8,122万円
従業員数：1,057人
売　　上：374億円
市場区分：東証プライム上場
事業内容：無線通信機器、ネットワーク
　　機器等の製造、販売

※2025年3月時点

## アイコムについて

### 経営理念

# コミュニケーションで創る楽しい未来・愉快な技術

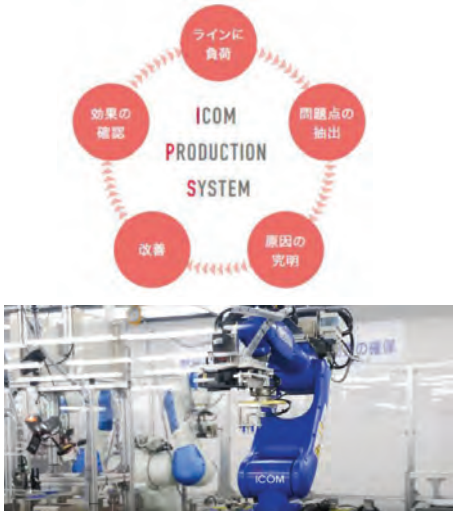
**我々は、顧客の信頼と満足度を高め、技術と品質を進化させるため日々研鑽と挑戦をかさねます。**



## アイコムの強み

### アイコムのこだわり：Made in Japan

自社生産／Made in Japanのこだわり




ICOM 和歌山アイコム株式会社
https://wakayama.icom.co.jp/

## 事業領域

### ■ アイコムが参入する各市場の推定規模（全世界対象）

アマチュア無線機

**市場動向（推定規模：300億円）：**
2021年の世界アマチュア人口（アクティブ・ハム・ユーザー）は、約175万人と推定。国内では約36万局、60代を中心とした高齢層からの支持が高い市場となっています。

陸上用無線機

**市場動向（推定規模：2.0兆円）：**
市場全体が狭帯域デジタルへ置き換わった後、現在は、当社が得意とするLTEへの置き換えが加速しています。
利便性の高くなったスマートホンアプリを含むLTE無線が各国のLTEインフラの成長と共に伸長している市場となっています。

海上用無線機

**市場動向（推定規模：3,000億円）：**
海上用無線機市場では、アイコムはブランド認知度、製品供給能力及び技術の革新により40年以上の間トップメーカーとなっています。
将来デジタル化の可能性と世界300万隻ともいわれる船舶数から国際VHF無線機にとって期待のできる市場と考えられます。

航空用無線機

**市場動向（推定規模：1,500億円）：**
アイコムは「グランド・ユース」用途として、ベンチマークとなっています。日本の無線機メーカーでは初めてTSO認証取得を実現しました。航空機用VHF帯無線機については航空機運航の安全性と効率化向上を目的としており安定した需要が今後も見込まれております。

ネットワーク製品

**市場動向（推定規模：8,500億円）：**
価格競争が激しいコンシューマー向けではなく、日本国内市場のニッチなユーザーをターゲットとしています。
無線LANトランシーバー、小規模向け電話システムが介護、ホテルからのニーズにマッチしており、今後も伸び行く市場と捉えております。



## 海外展開

### 海外現地法人

設立以来、国内外に当社の製品を広く届けるべくグローバルな拠点網を構築しています。海外ディストリビューターによる販売ネットワークは約180の国と地域をカバーしており、設立以来60年以上にわたって築き上げたブランド力で高品質な製品を世界中に展開しています。

**アジア**

**北米**

**ヨーロッパ**

**オセアニア**

## 海外事業の取り組み

### ■ MC-PTT（Mission Critical Push-to-Talk）

– 警察や消防などの公安機関が使用するLTE無線網のことで、今後MC-PTTは公安機関における世界的な通信システムとして、既存の公安用無線通信システムとの融合・併用が進むとされています。
当社ではIP無線機やネットワーク技術、PTT通信アプリにおけるノウハウを生かし、同市場への参入に向けての取り組みを続けております。

### ■ 衛星通信無線機

– ストックビジネスの伸長に貢献しているイリジウム衛星を利用したPTTビジネスはイリジウム社との協業開始からまもなく7年となります。現在に至るまで唯一のPTT専用ソリューションを提供する企業として累計3万台以上を販売し、国を超えて連携する国際機関や、災害時の通信手段を求める企業や自治体など、国内外の幅広いユーザーに利用いただいております。

さらに、イリジウム社が昨年発表しているように、当社は米国国防総省の次世代通信インフラManaged Access –DNX（イリジウム社のネクスト衛星）の開発においてイリジウム社のパートナー企業として技術検討を進めています。



## 国内主要製品ラインナップ

### 主な製品ジャンル

**– 一般業務用無線機／デジタル簡易無線／特定小電力**

・専用波を実装しミッションクリティカルな市場で運用される一般業務用無線機
・高出力でデジタル化してる免許申請、登録申請が必要な簡易無線局
・ライセンスフリーにより飲食店や店舗など様々なシーンで利用可能な特定小電力
– 用途 - 自治体・ライフライン・消防団・自治会・民間BCP 等

**– IP無線**

・4GLTEで日本全国が通話圏内となる、同時通話・多重通話に対応のIPトランシーバー
– 用途 – 自治体・防災・・ライフラン・民間BCP 等

**– 衛星無線**

・非静止衛星イリジウムを利用し世界中で同報通信が可能な衛星トランシーバー
– 用途 – 自治体・防災・民間BCP 等

**– ネットワーク機器**

・無線LAN機器並びに、SIP技術を生かした法人向けIP電話システム
– 用途 – ホテル・介護施設 等

**– アマチュア無線**

・全国のアマチュア無線愛好家向けの個人ユース向け製品

## 防災・公共分野への展開

■ **消防庁を中心とした移動系無線機の整備**

– 全国消防本部　署活動用無線機、消防デジタル受令機の製造販売

■ **災害時の通信確保のための無線整備**

– 総務省重要無線室 「災害対策用移動通信機器」の維持管理業務

■ **法務省向けデジタル無線システム**

– 全国の283か所の矯正施設のデジタル無線システムを製造販売

■ **自治体向けの防災無線**

– 全国自治体向けの防災行政無線システム（移動系）や同報利用機器の製造販売

構成員限り



## 防災・公共分野への展開

構成員限り

## ライフライン分野への展開

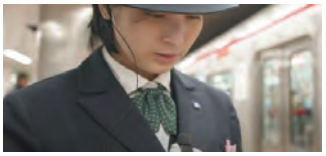
### ■ 航空業務関連

－空港内グランドスタッフ連絡用・航空機整備連絡用無線機の製造販売 ・・・ IP無線機

構成員限り

### ■ 鉄道業務関連

－駅員の連絡用、乗務員の連絡用無線機の製造販売 ・・・ IP無線機



構成員限り



## 技術力・研究開発

### アイコムの強み

#### ■ RF設計部分

－ 当社では無線通信において信号の送受信と処理を行う基盤技術に集積回路（IC）を使わず、ダイオード、抵抗、コンデンサなどの個別部品での設計を行っております。これは当社設計評価基準に満たないICが多いことからその採用を回避する狙いと機種コストを下げること、そして海外製部品に依存するリスクをヘッジすることを目的としております。

#### ■ 自社製SOC（System on Chip ※CPUやメモリなどすべての機能が実装された半導体チップ）開発

－ 無線機全体の設計において信号処理を担当するDSP（アナログ信号をデジタル化する技術）と各種デバイス制御及びマンマシンI/Fの制御を担当するCPUを搭載することになりますが、当社はそのキーデバイスを自社製のSOCとして開発しております。
そのSOCを搭載した公共向けの主な機種として以下がございます。
RF設計と同じく安定した品質を担保し、海外の情勢に左右されない生産を実現するため内製化をおこなっております。開発は第３世代に進化しており、そのSOCを搭載した公共向けの主な機種として以下がございます。

構成員限り

#### ■ 自社製コーデック開発

－ 特定小電力トランシーバーでは、自社開発したコーデック（TOKUDAER）が搭載されております。
音声のデジタル化及び圧縮／複合をするオリジナルアルゴリズムになります。

# 人材育成

## 公益財団法人アイコム電子通信工学振興財団

公益財団法人アイコム電子通信工学振興財団は、主として電気の基礎知識を重点にした若い技術者の育成を図るため、近畿地域の大学・大学院に学ぶ学生に対して奨学援助を行うとともに、次世代を担う若者に科学技術への興味を抱かせる活動を通じて、社会貢献に取り組んでいます。

**若手技術者の育成支援**
「電気の基礎知識の習得するアナログ技術者の育成」を重視し、電子通信工学の分野を志す学生に対して奨学金を給付しています。

**電子通信工学の振興**
電子通信工学に関する調査・研究を行う個人や団体へ調査・研究費の助成や次世代を担う、若者に科学技術への関心を高めるイベント事業への助成を行っています。

https://www.icom.or.jp/



# 課題と要望

## 課題

既製品のICやSOCをベースとした製品開発があたりまえの状況で、自らRF、SOCの開発の基礎から教育すること、またそれらの人員を確保することに苦心しており、大きな課題のひとつとなっています。

また無線機のユーザーは縮小傾向にあり、安価なICやSOCを採用する他企業との価格競争が激化するなかで独自の開発を行うことは利益圧迫につながり、経営的にも苦しい状況にあります。

## 要望

無線機の開発に必要な基礎教育の充実と、販売数が減少するなかで開発コストの回収は困難となりつつある中、安定した品質や世界情勢に左右されにくい独自開発を継続するための財政的な支援をいただけますと幸いです。

●アイコム株式会社、アイコム、ICOMロゴは、アイコム株式会社の登録商標です。●その他の社名及び製品名は、各社の商標または登録商標です。

# ワイヤレス分野の技術動向及び現状分析について

三菱総合研究所

2026/1/27

モビリティ・通信政策本部
ICTインフラ戦略グループ

## 目的・スコープ（本資料の位置づけ）

- 本資料は、我が国の電波・ワイヤレス関連産業について、**需要主体とバリューチェーンの構造**を起点に、産業全体の規模感、価値・雇用の分布、ならびに供給面における論点を整理することを目的とする。
- 具体的には、電波・ワイヤレス産業を、供給側のバリューチェーン（素材・部品、モジュール・機器、ネットワーク構築・運用、横断機能等）と、需要主体（共通・基盤、自営網、キャリア網）の二次元で整理し、生産額（売上相当）および雇用（従業者数）の推計結果をもとに、**産業エコシステムの全体像**を明らかにする。
- あわせて、産業構造の分析結果を踏まえ、**価値規模が大きい領域と、供給途絶時の影響が顕在化しやすい領域が必ずしも一致しない**という点等に着目し、本作業班における検討において重視すべき論点等を抽出する。
- 重点技術の検討に先立ち必要となる、産業構造・価値・雇用の偏在、市場・技術トレンドが産業構造に与える圧力、サプライチェーン上の論点など、**前提条件・評価観点等の整理**を行うものである。

**留意点**
- 本資料における生産額・雇用の数値は、情報通信産業連関表等を用いた推計結果であり、統計上の制約を含む（詳細は後掲スライド参照）。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 1. 需要主体 × バリューチェーンによる分析枠組み

- 電波・ワイヤレス関連産業は、単一の製品や市場として成立しているものではなく、**複数の需要主体と、多層的な供給構造が組み合わさることで成立する産業エコシステム**である。
- 産業構造を俯瞰的に捉えるため、需要主体（3区分）と供給側のバリューチェーン（5層）で体系化し、どの層・どの需要主体で価値（生産額）が生まれているか、どの層に雇用が集中しているか、需要主体ごとに産業構造がどのように異なるかなどについて分析を実施。

**対象**：電波・無線に直接・間接に関係する財・サービスを含む産業活動。
上流（素材・部品）から下流（ネットワーク構築・運用）および横断機能（ソフト・設計・計測・標準）までを含む。

| 需要 | 共通・基盤 | 自営網 | キャリア網 |
|---|---|---|---|
| | • 複数需要主体に横断投入される基盤供給 | • 公共・産業・閉域・自組織用 | • 公衆網向け |

| バリューチェーン | |
|---|---|
| 横断：ソフト・設計・計測・標準 | • 無線/ネットワーク制御ソフト、設計、試験、計測、認証、標準化、研究開発等<br>（含まないもの）無線と無関係な汎用ソフト/汎用SIのうち、無線寄与を識別できない部分 |
| ネットワーク構築・運用※ | • 公衆網の構築・運用、関連工事・保守、運用サービス等<br>（含まないもの）一般のIT運用（無線ネットワーク運用と無関係なもの） |
| モジュール・無線機器 | • 通信モジュール、無線装置、基地局無線部、端末組込無線、携帯端末等<br>（含まないもの）無線機能と関係しないアプリ/コンテンツの提供そのもの |
| 部品・デバイス | • RF部品、半導体、電子部品、センサ、アンテナ部品等<br>（含まないもの）無線との関係が識別不能な汎用電子部品のうち、無線比率を置けない部分 |
| 素材・基礎材料 | • 高周波材料、半導体材料、基板材料、磁性体・誘電体等<br>（含まないもの）無線用途を特定できない汎用材料のうち、無線との関係が識別不能な部分 |

※自営網の運用は、統計上独立計上されにくい性質があるため、結果の解釈ではその点に留意（当該活動が存在しないことを意味するものではなく、統計上の捕捉上の制約）。

Copyright © Mitsubishi Research Institute




# 2. 需要×バリューチェーンの定義

- 産業統計や事業者投資額等を踏まえ、各セルに含まれる代表的な製品・サービス・活動（例示）と、計上区分（算入有無／按分）を整理の上、推計を実施。
- ✓ 構築・運用×自営網は統計上独立計上されにくく分計が困難であるため、算入せずキャリア網に集約。
- ✓ 国内生産され海外に出荷される分（輸出）は含まれる一方、海外の事業所で生産され海外で販売される分（海外現地生産・現地売上）は含まれない。海外売上比率が高い企業については、企業連結売上と国内生産の間に乖離が生じ得る。

**データの起点**
- 情報通信産業連関表（77部門）の2023年名目生産者価格取引額表と雇用者数を使用
（計数編に77部門表・雇用者数が含まれる） ※主要事業者の投資額等も参照
- 無線に直接紐づく「通信サービス」「無線機器」「携帯端末」「周辺の技術支援」のうち、部門として観測できるものやそれを支える上流（素材・一般製造・対事業所サービス等）の「無線向け部分」を、投入構造で取り込む
- ある時点の産業構造であるため、産業構造や商流・取引状況の変化は見えない。

| レイヤ及び対応する産業部門 | 共通・基盤 | 自営網 | キャリア網 |
|---|---|---|---|
| **素材**<br>部門：化学、プラスチック・ゴム、窯業・土石、鉄鋼、非鉄 等 | **按分：**<br>高周波材料、基板材料、磁性/誘電/圧電材料（用途比率で按分） | **按分：**<br>自営向け機器・端末に組込（需要先/投資で按分） | **按分：**<br>基地局・NW装置に組込（需要先/投資で按分） |
| **部品・デバイス**<br>部門：半導体素子、集積回路、その他の電子部品 等 | **算入：**<br>RF部品、半導体、電子部品（汎用は用途比率で按分） | **算入/按分：**<br>産業機器・閉域装置向け部品 | **算入/按分：**<br>基地局・通信装置向け部品 |
| **モジュール・無線機器**<br>部門：携帯電話機、無線電気通信機器 等 | **算入：**<br>汎用通信モジュール、端末組込無線等 | **算入：**<br>閉域/構内無線装置、業務端末、GW等 | **算入：**<br>基地局無線部、通信装置、端末等 |
| **構築・運用**<br>部門：移動電気通信、電気通信に附帯するサービス、電気通信施設建設 等 | **算入しない**<br>（原則ゼロ） | **算入しない**<br>（統計上独立計上されにくい） | **算入：**<br>公衆網の構築・運用、保守、関連工事等 |
| **横断**<br>部門：SW、情報処理サービス、研究、対事業所サービス、通信機械器具賃貸業 等 | **算入/按分：**<br>設計、試験、計測、標準、無線制御ソフト等（寄与で按分） | **算入：**<br>導入支援、運用支援、設計・試験等 | **算入：**<br>運用高度化、制御ソフト、試験・標準対応等 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# （参考）推計手法

- 電波産業の生産額（売上）・雇用（従業員数）を再配分して推計する。

## 生産額（売上）再配分

区分別生産額を $X_c$、レイヤ×区分別生産額を $Y_{l,c}$とする。

$$Y_{l,c} = X_c \times w_{l,c}(\text{prod})$$

$$\sum_l w_{l,c}\,(\text{prod}) = 1$$

$w_{l,c}(\text{prod})$は、生産額を各レイヤへ配分する係数。係数は、情報通信産業連関表（77部門）をレイヤへ対応付け、需要先（中間需要・最終需要・固定資本形成等）の考え方に基づき、需要主体へ按分して作成。
混在部門や用途が複数に跨る部門は、需要先や投資主体等で按分。

## 雇用（従業員数）再配分

区分別従業者数を $E_c$、レイヤ×区分別従業者数を $F_{l,c}$とする。

$$F_{l,c} = E_c \times w_{l,c}(\text{emp})$$

ここで、$w_{l,c}(\text{emp})$ は雇用を各レイヤへ配分する係数である。雇用統計（産業分類）とレイヤ対応表に基づき係数を構成し、補助的に企業IR（研究開発人員、施工要員、運用要員等）を用いて妥当性を確認する。

## 生産性：クロスチェック用

セル別生産性を次式で定義。

$$\text{生産性}_{l,c} = \frac{Y_{l,c}}{F_{l,c}}$$

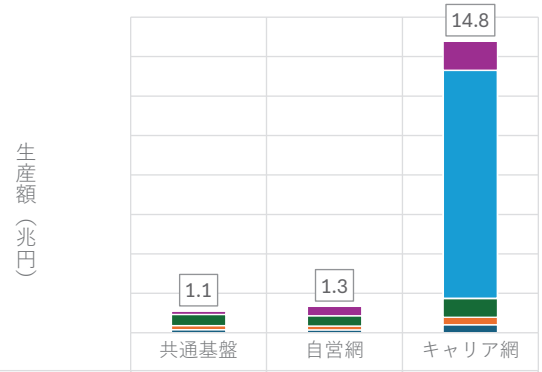
生産性の相対比較により、高付加価値・低人材／低付加価値・高人材の層を特定し、構造解釈を行う。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

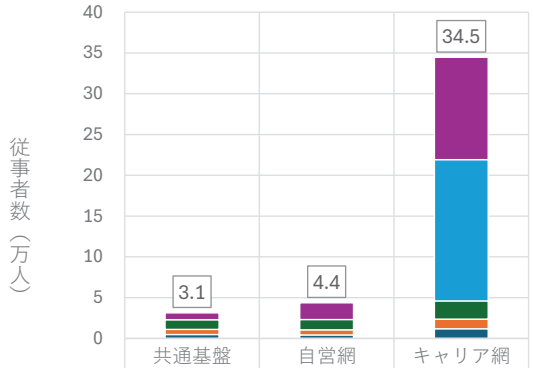



# 3.推計結果

- 生産額総計は全体として**約17.2兆円**で、うち共通・基盤：1.1兆円、自営網：1.3兆円、キャリア網：15兆円
- 雇用総計※は**約42万人**、うち共通・基盤：3.1万人、自営網：4.4万人、キャリア網：34万人
  ※同バリューチェーンに従事する者（例：キャリア網×構築・運用は、技術のみならず、サービス開発・マーケティング・営業等も含む）
- 生産額では「構築・運用」が12兆円ともっとも大きいが、雇用では「構築・運用」と「横断」の2つが大きい
- 生産性（生産額/雇用数）でみると、「構築・運用」×「キャリア網」が相対的に高く、「横断」×「キャリア網」が相対的に低い（雇用が厚くなり易い領域）




| | 共通基盤 | 自営網 | キャリア網 |
|---|---|---|---|
| 計 | 1.1 | 1.3 | 14.8 |
| 横断 | 0.2 | 0.5 | 1.5 |
| 構築・運用 | 0.0 | 0.0 | 11.6 |
| モジュール・機器 | 0.6 | 0.5 | 1.0 |
| 部品・デバイス | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| 上流素材 | 0.2 | 0.1 | 0.4 |



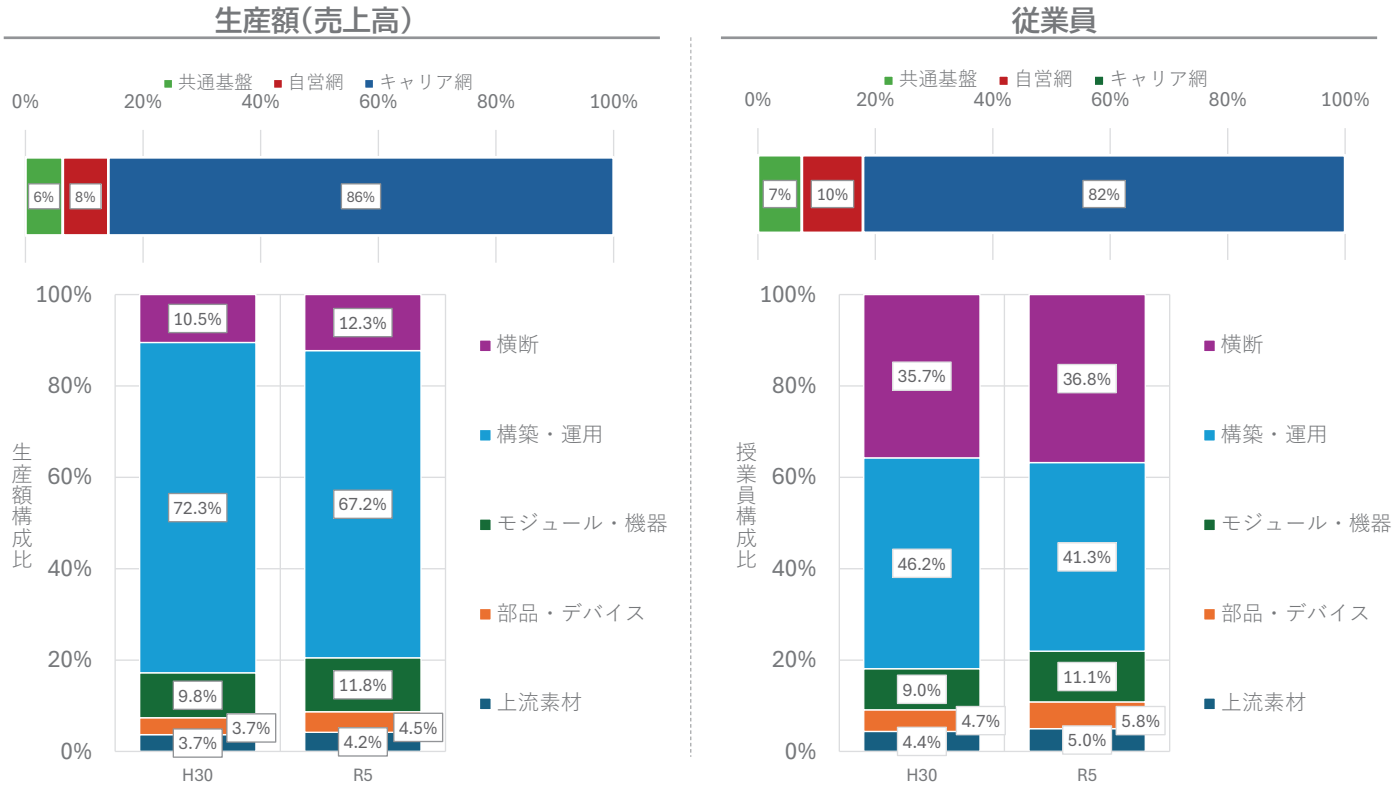

| | 共通基盤 | 自営網 | キャリア網 |
|---|---|---|---|
| 計 | 3.1 | 4.4 | 34.5 |
| 横断 | 0.8 | 2.1 | 12.5 |
| 構築・運用 | 0.0 | 0.0 | 17.3 |
| モジュール・機器 | 1.2 | 1.3 | 2.2 |
| 部品・デバイス | 0.6 | 0.6 | 1.2 |
| 上流素材 | 0.5 | 0.4 | 1.2 |

出所）三菱総合研究所推計

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 3.推計結果（内訳構成比）

- 生産額・雇用の規模感を踏まえ、需要主体別・バリューチェーン別の内訳構成を示す。




出所）三菱総合研究所推計　※参考として、構成比について平成30年と令和5年の二時点を比較

Copyright © Mitsubishi Research Institute




# 4.エコシステム全体像：価値（生産額）・雇用の集中層と論点

**価値が集中する層（生産額）**

- 本推計の範囲では、生産額は「ネットワーク構築・運用」に大きく集中している。
- 特にキャリア網において当該領域が厚い構造であり、公衆網の提供に伴う運用・付帯・工事等が、産業活動として大きな取引規模を形成しうることを示唆。
- 一方で、上流は生産額の構成比としては小さいが、無線システムの成立に必要であり、供給制約や技術差別化が論点化しやすい層である。
- H30→R5で、機器・装置や横断領域の比重が上昇（5G整備に伴う傾向と想定）。

**雇用を支える層**

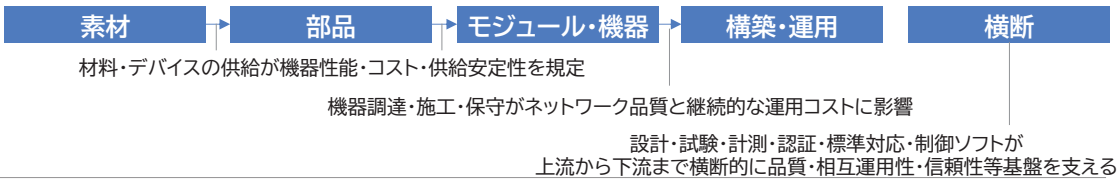
- 雇用は「ネットワーク構築・運用」に加えて「横断：ソフト・設計・計測・標準」が大きな比重を占める。
- 電波産業の雇用基盤は、運用・保守・工事等の現場系と、設計・試験・計測・標準対応等の横断機能に二極化しやすい構造であることが示唆。
- 横断領域は、価値（生産額）に対して雇用が厚くなりやすく、技能・人材・評価基盤の整備が重要。

**需要主体別の特徴**

- キャリア網は「ネットワーク構築・運用」が支配的であり、次いで「横断」「モジュール・機器」が続く。公衆網の運用・高度化・維持更新が経済規模と雇用に強く影響する構造となっている。
- 自営網は「モジュール・機器」と「横断」が中心。「構築・運用」が統計上独立計上されにくい点を踏まえると、自営網の実装実態を評価するには、導入費・支援費に加えて、運用費・保守委託費等の補足は必要。
- 共通・基盤は「ネットワーク構築・運用」の前後のバリューチェーンが基盤的活動が中心であり、特定の需要主体に固定されない横断的供給として位置付けられる。

**ボトルネック性**

- 上流～部品の供給集中（代替困難、製造拠点・材料制約）、機器の相互運用性（オープン化・ソフト化に伴う統合負荷）、評価・認証・標準対応（「横断領域」の能力・設備・人材）に現れやすい（次頁以降参照）。

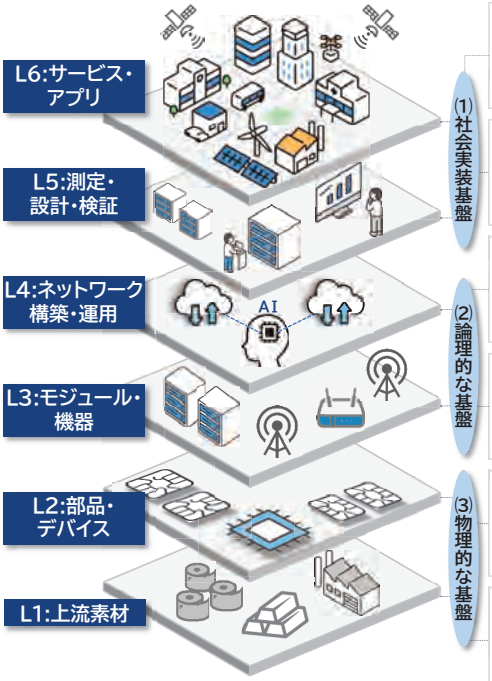



Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 1.ワイヤレス産業のサプライチェーン概要

- ワイヤレス産業は、需要(用途)を起点に、その要求がサプライチェーンの各層へ縦方向に連鎖的に波及する。<u>どこにどのような需要圧力・技術変化・競争優位・供給制約等が集中するか</u>把握することが重要。

※レイヤ(L1-L6)と基盤((1)-(3))に整理
※L5は前頁までの「横断」に相当




| | 特徴 | 市場・製品例 |
|---|---|---|
| L6:サービス・アプリ | • 需要(用途)が仕様を決める層であり、低遅延・高信頼・コスト等の要件が下流へそのまま降りる。<br>• 価値は接続から利活用(制御・最適化・SLA)へ移り、地上・衛星などの組合せ設計が重要になる。 | • 産業IoT、フィジカルAI<br>• 重要インフラ/防災・公共安全向け通信サービス<br>• スマートシティ/モビリティ向けサービス<br>• B2C向けサービス |
| L5:測定・設計・検証 | • 分解・オープン化(マルチベンダ化)ほど重要になる層であり、相互接続できることの証明が前提となる。<br>• モデル・エミュレーション・試験仕様(各種エンジニアリング等)が導入の速さを左右する。 | • 伝搬評価・チャネルサウンディング/エミュレーション、設計DX(デジタルツイン等)<br>• 計測・試験、規格適合試験、相互接続性検証(O-RAN/vRAN等のマルチベンダ検証) |
| L4:ネットワーク構築・運用 | • 運用で品質・省電力・復旧を継続改善する層であり、CAPEXの波をOPEX最適化で吸収しやすい。<br>• 装置分解が進むほど統合責任が重くなり、運用は「統合＋継続更新(自動化)」として価値化する。 | • O-RAN/vRAN(運用・統合・SI等)<br>• RIC(RAN Intelligent Controller)、AIによる無線制御、ゼロタッチ/自律ネットワーク(運用の自動化等) |
| L3:モジュール・機器 | • 多部品を統合して機能を実装する層であり、形状・RF・ソフト・IFが同時に効くため統合負荷が大きい。<br>• 投資サイクルの影響を強く受ける一方、多周波化・高周波化で複雑性と部材点数が増えやすい。 | • 基地局用アンテナ(Massive MIMO等)<br>• 基地局用RRH・RU<br>• セルラーIoT・産業用通信モジュール<br>• 衛星通信モジュール(端末側モジュール等) |
| L2:部品・デバイス | • 細分化された要素機能の集合であり、性能・量産性・代替性の制約からボトルネック部品が生まれやすい。<br>• 統合(モジュール化)と分離(最適設計)が併存し、用途・周波数・価格帯で勝ち筋が分かれる。 | • フィルターデバイス(SAW/LTCC/BAW等)<br>• RFフロントエンドモジュール(統合モジュール)<br>• 高周波パワーアンプ(端末向け・インフラ向け)<br>• タイミングデバイス |
| L1:上流素材 | • 物性が性能上限と設計自由度を決める層であり、下流のコスト・歩留まり・信頼性に連鎖して効く。<br>• 総じて、総額の伸びより「品目別の供給能力・品質安定」が需給を決める構造。 | • 半導体プロセス材料(フォトレジスト、高純度薬液等)<br>• パッケージ材料(ABF※、封止材、吸収材等)<br>• 基板材料/次世代基板(低損失材料、ガラスコア等)<br>• 鉱物・原材料(ガリウム等のレアメタル、タンタル等) |

※味の素ビルドアップフィルム

Copyright © Mitsubishi Research Institute




# 2.各レイヤの特徴 (1)社会実装基盤

- 多様・重要なユースケースの要求を、エンジニアリング力で実現することで社会実装が加速する。

## L6: サービス・アプリ

| | | | |
|---|---|---|---|
| 市場トレンド(グローバル) | • IoT通信:2024年 約6.3兆円で今後CAGR34%で拡大<br>• 接続端末:2024年180億→2035年500億超、データ収集・可視化・制御の需要が連鎖的に増加<br>• NTN:2035年 約2.3兆円、D2C:2035年 約1.5兆円<br>• 収益が、回線単体から<u>利活用(制御・最適化・SLA・安全)込みのサービス化</u>、単価の上方シフトが進展 | 技術トレンド | • 多分野への組み込みのため、低遅延・高信頼・広域冗長の同時達成(地上＋衛星＋専用無線の組合せが前提に)<br>• フィジカルAIの普及で、<u>端末～エッジのAI処理・即時フィードバックや自律化設計</u>が重要に(クラウド往復の削減等)<br>• NTNは、3GPP NTN対応で端末エコシステムに統合、端末側の対応チップ・機能実装が普及を加速 |
| 競争状況・日本の強み | • グローバルでは、衛星はコンステレーション主導の寡占寄り、地上側はMNO提携で市場が形成されていく<br>• 日本は、災害対応・混雑環境・大都市運用の経験が厚く、冗長化・優先制御・運用設計をパッケージ化しやすい<br>• 加えて、<u>通信×AI×ユースケースの統合提案(運用・SLA・現場導線まで含む)で差別化</u>も可能 | 不可欠性・自律性 | • 通信断は行政・防災・交通物流・医療・決済まで波及<br>• 災害時は有線の代替が限定的、移動基地局・衛星・専用無線の即応配備と切替運用が必要となる<br>• 特に、重要インフラ・ナショナルセキュリティ分野は「止まらない設計」が最優先であり、冗長化・優先度制御や運用ルールは一層重要になる |

## L5: 測定・設計・検証(エンジニアリング等)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 市場トレンド(グローバル) | • 計測・検証:2025年 約5.7兆円→2034年 約9.4兆円<br>• 高周波化・多周波化で設計の難度が上昇、現地設計・チューニング・再設計の工数が増大<br>• オープン化・仮想化(O-RAN/vRAN)で組合せが増え、設計→検証→導入の反復(手戻り削減)が投資対効果を左右する<br>• フィールド試験の限界が顕在化、<u>設計段階で再現できる検証への置換</u>が進展 | 技術トレンド | • 高周波化でチャネルモデル・サウンディング・エミュレーションが必須、設計→検証の前倒しが当たり前になる<br>• O-RANも「規格適合＋相互接続＋性能評価」を継続運用<br>• 計測のAI化により、測る→識別・異常検知・要因切り分け(解析ソリューション化)、試験期間の短縮が価値に<br>• 総じて、<u>エリア/回線設計、電波環境の計測・評価・エミュレーションが重要技術</u>となる |
| 競争状況・日本の強み | • 一般に、エンジニアリングはツールチェーン(設計・検証・自動化)を握る側が強く、寡占化しやすい構図<br>• 日本は、都市高密度・複雑伝搬(駅前・イベント等)の経験値が厚く、<u>設計ノウハウをモデル化しやすい</u><br>• 加えて、計測・評価(モバイル/基地局)に強い国内事業者が存在。設計→検証の一気通貫での対応、マルチベンダ導入での統合・調整(現地最適化)を実装知として蓄積しやすい | 不可欠性・自律性 | • 設計・検証が滞ると、導入・更改が遅延し、品質劣化や運用コスト増として顕在化。長寿命用途(インフラ・公共等)ほど、再設計・再認定の負担が重く、設計基盤の継続性が要点に<br>• モデル・試験仕様・評価ツールの組み合わせへの依存が強いほど切替・代替に手間がかかるため、<u>設計・評価手法を国内で持つほど現場最適化のスピードとマルチベンダ自由度が向上</u> |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 2.各レイヤの特徴 （2）論理的な基盤

- 統合（SI）と運用・自動化でマルチベンダ環境の複雑性に対応できるかが、品質・コスト・拡張性の競争力に。

## L4: ネットワーク構築・運用

| | | | |
|---|---|---|---|
| 市場トレンド（グローバル） | • O-RAN：2030年約7兆円規模へ統合込みで導入が進む<br>• vRAN：2030年 約10兆円規模へ汎用基盤化で裾野拡大<br>• RIC：2030年 約1兆円規模、制御アプリ市場が立上がる<br>• CAPEX最適化（更改の谷）をOPEX最適化（運用高度化等）で補う流れ、運用価値の比重が上昇 | 技術トレンド | • KPI最適化、省電力、設定・変更・障害対応の自動化などが、技術の中核になり、運用品質の均一化と人手依存を低減<br>• RICは、Near-RT（10ms～1秒）で無線の制御・最適化を行い、Non-RTで制御方針の策定や学習モデルの更新を継続<br>AIによる無線最適化、ゼロタッチ運用、キャリアグレードvRANなどの技術の実装が次世代通信の運用の前提になる |
| 競争状況・日本の強み | • RANは上位寡占が強い一方、運用・統合は地域要件・現場最適化で差別化余地が残る<br>• 大規模・高密度運用の経験を、運用ソフト・自動化テンプレ・運用設計として展開可能。そのため、仮想化・自動化を運用品質の要件に反映可能な人材・知見の蓄積が重要に<br>• 特に、重要インフラ・公共用途の要求（確実性・冗長・優先制御）を運用仕様へ反映することが望ましい | 不可欠性・自律性 | • 運用が止まると、品質劣化→障害長期化→社会機能（防災・交通・決済等）へ波及<br>• マルチベンダ化ほど統合責任が集中、検証・更新が詰まると更改が止まる。ソフト更新・運用データ・自動化ルールが資産化、欠落すると復旧・最適化が遅れる<br>• 守る領域：運用自動化・冗長化・更新継続<br>攻める領域：運用モデルの展開（SI/運用ソフト/手順）など |

## L3: モジュール・機器

| | | | |
|---|---|---|---|
| 市場トレンド（グローバル） | • 基地局アンテナは、2035年 約1兆円規模、Massive MIMO比率が上昇見込み<br>• RRH・RUは2035年 約1.6兆円規模、RU比率が上昇<br>• 需要の波は、投資サイクル（更改の谷→6G準備）に強く連動するも、ピーク時に供給制約が出やすい | 技術トレンド | • RU側の機能集約（ビームフォーミングIC等）、多周波化・広帯域化でRFフロントエンドが複雑化。<br>• アンテナは、セクタの多周波対応、Massive MIMO等の高度化が進展（ビーム制御・較正・同期の難易度が上昇）<br>• NTNでは、端末側モジュール統合、地上網との切替・冗長の設計が前提となる。 |
| 競争状況・日本の強み | • 基地局装置は海外大手の寡占、機器単体の価格・性能競争は厳しく、スケーラビリティ確保できない企業は参入困難<br>• 装置の一部領域（アンテナ/RU周辺）の高度化＋統合・運用（SI/最適化）との組み合わせ、端末・産業向けモジュールの用途特化（現場要件・認証・耐環境）による差別化、上流部材・計測・運用と束ねたトータル提案などが競争優位につながる可能性あり | 不可欠性・自律性 | • 機器供給が止まると、増設・更改が止まり、品質・冗長性・災害対応力が低下<br>• RU/アンテナは多部品の統合体、ボトルネック部品（フィルタ/パワーアンプ/タイミングデバイス等）で全体が止まり得る<br>• 認証・相互接続・保守部材の制約で、代替調達が「物はあっても使えない」状態になり得る<br>• 守る領域：代替可能設計・保守性・検証<br>攻める領域：高付加価値RU/アンテナ＋統合力の展開など |

Copyright © Mitsubishi Research Institute




# 2.各レイヤの特徴 （3）物理的な基盤

- 代替確保と量産の安定性の両立＋強みの次世代領域への拡張で、下流の設計自由度と供給継続性を確保。

## L2: 部品・デバイス

| | | | |
|---|---|---|---|
| 市場トレンド（グローバル） | • 需要構造は、総じて民生単独依存→車載・産業・インフラ向け比重の上昇、品質・長期供給の要求が強まる<br>• RFフロントエンドモジュール：2025年 約4.4兆円→2030年 約8.2兆円規模へ、統合化で市場が大きく拡大見込み<br>• 上記市場の大きな割合を占めるフィルタは、2035年 約1.4兆円規模へ、多周波化で搭載点数・単価が上昇<br>• タイミングデバイスは、2035年 約0.35兆円と、金額は横ばいでも構成変化（高精度・低ジッタへのシフト等）が進行 | 技術トレンド | • 多周波・広帯域化でRFフロントエンドが複雑化しており、損失・発熱・干渉などの同時最適化が重要に<br>• フィルタは、帯域・周波数でSAW/BAWの使い分けが進む一方、ハイエンド領域は寡占化しやすい<br>• パワーアンプは、高周波化で効率低下と放熱が支配要因となり、基地局ではGaN等による高効率・高耐圧が重要に<br>• RFフロントエンドの制御・補償・較正はSoC側へ集約され、部品仕様（直線性・雑音・位相・同期）に直結 |
| 競争状況・日本の強み | • フィルタは上位集中、ローエンドは価格競争、ハイエンドは技術・特許・歩留まりが競争軸<br>• BAW/FBARは海外先行のため特定領域で外部依存が残るも、日本はSAWで存在感を有し、高付加価値（温度補償・高耐入力等）で差別化。受動部品・高周波実装の総合力（材料・プロセス・品質）を発揮することが望ましい | 不可欠性・自律性 | • 欠品は、機器出荷の停止やネットワーク増設・更改の遅延に<br>• ハイエンド部品は代替供給先を確保しにくく、代替品への切替には再設計・再認証の負担が生じる<br>• 世代移行期は品薄と生産終了が同時に進み、保守・交換部材の確保が運用継続を左右する<br>• 守る領域：ボトルネック部品の継続供給と置換設計<br>攻める領域：ハイエンド部品と実装技術の展開 |

## L1: 上流素材

| | | | |
|---|---|---|---|
| 市場トレンド（グローバル） | • 高周波化と高集積化が進展し、前工程だけでなく後工程（パッケージ）起点で材料需要が増える<br>• 6G・サブテラ波で低損失基板の必要性が拡大、材料選定が性能とコストを同時に規定する傾向<br>• ガラス基板は、パイロット→量産の立上げ局面、実装・検証を含むエコシステム形成が勝負 | 技術トレンド | • 新周波数対応・RFモジュール高度化を支える材料・基板が基盤要件となる<br>• 具体的には、低損失・低誘電・低歪み・放熱の同時達成、材料物性が周波数上限と設計自由度を規定する傾向<br>• ガラス基板（TGV等）では、微細配線・低損失・寸法安定、量産条件（加工・実装・検査）の確立が鍵となる |
| 競争状況・日本の強み | • 寡占化しやすく、品質・安定供給・暗黙知で参入障壁が立つ<br>• 日本企業は、ABF（>90%）、先端フォトレジスト（>85%）、高純度フッ化水素（>70%）、封止材（70%）など高シェアを保有し、材料→部品→実装までの一気通貫（品質・工程適合・信頼性）を握れる領域が多い<br>• ただし、鉱物・原材料は偏在が残り、上流の強さと資源依存が同居 | 不可欠性・自律性 | • 素材供給が止まると、半導体・無線部品の製造が止まり、装置・運用まで連鎖して停止する恐れ。代替は物性だけでは決まらず、工程適合・量産安定・信頼性の再実証も必要になる<br>• 原材料の輸出管理・地政学で供給が揺れやすい、複線化・在庫・工程代替等のリスク低減策が必要<br>• 守る領域：高シェア素材の量産・品質継続<br>攻める領域：次世代基板・低損失材料など |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 3.レイヤ別分析の集約及び俯瞰

- 各レイヤで整理した市場・技術トレンド等の分析結果を集約し、想定される論点・方向性等を整理。

（表中の記載内容は主な例示）

| | | 市場トレンド | 技術トレンド | 日本の強み | 不可欠性・自律性等 |
|---|---|---|---|---|---|
| L6:サービス・アプリ | (1)社会実装基盤 | ★★★<br>• 回線接続性→利活用（制御・最適化・SLA）化、重要インフラ需要の常在化、NTN上乗せ<br>→重点ユースケース集中 | ★★<br>• 低遅延・高信頼・冗長（地上×衛星）前提、端末～エッジAI、閉ループ設計<br>→運用込み設計 | ★★<br>• 災害・混雑・大都市運用の実装知、通信×AI×ユースケースの統合<br>→実装知のモデル化・横展開 | ★★★<br>• 通信断の社会波及、代替手段への切替は運用上の制約大<br>→冗長化・優先制御等の運用設計を自律的に確保 |
| L5:測定・設計・検証（エンジニアリング等） | | ★★<br>• 高周波・多周波化で設計難度上昇、検証需要増、前倒し設計<br>→手戻り削減重視 | ★★★<br>• モデル更新、デジタルツイン/エミュレーション、試験自動化<br>→再現性重視 | ★★<br>• 高難度環境設計・評価ノウハウ国内連携で一気通貫<br>→設計・評価力の集積 | ★★★<br>• 実装力・評価能力等が導入速度を左右、海外依存もリスク<br>→設計・検証基盤の国内維持 |
| L4:ネットワーク運用 | (2)論理的な基盤 | ★★★<br>• CAPEXの波→OPEX価値化、統合・運用が収益点<br>→運用モデル価値化 | ★★★<br>• RIC＋AI最適化、ゼロタッチ、閉ループ運用<br>→自律運用前提 | ★★<br>• 大規模運用・高度化実績、重要インフラ運用知見<br>→統合責任で差別化 | ★★★<br>• 運用停止の社会影響大、更新継続が鍵<br>→運用データ体制の確保 |
| L3:モジュール・機器 | | ★★<br>• 投資サイクル連動、RU比重増、多周波化で複雑化<br>→用途特化 | ★★<br>• RU機能集約、相互接続前提、保守考慮設計<br>→統合前提設計 | ★<br>• 装置単体は不利、RU/アンテナ＋運用・検証と束ねて優位<br>→機器＋運用・検証一体提供、技術基盤連携 | ★★<br>• 機器停止で更改・災害対応が停滞、外部依存がリスク<br>→国内自律性の確保 |
| L2:部品・デバイス | (3)物理的な基盤 | ★★★<br>• RFFE統合で市場拡大、ハイエンド偏重、車載・産業比重増<br>→高付加価値化 | ★★★<br>• 高周波化で損失・熱・直線性が支配的、無線部品ASIC設計が部品仕様に直結<br>→制御込み設計 | ★★<br>• 受動部品・実装品質に強み、材料・工程と束ねて優位<br>→次世代周波数帯域への拡張 | ★★★<br>• 代替困難なアナログ技術が競争力と安全性の源泉<br>→アナログ技術の「技術の盾」 |
| L1:素材 | | ★★<br>• 後工程（パッケージ）起点で需要増、低損失材料が鍵<br>→量産供給の成立 | ★★★<br>• 物性で性能上限規定、ガラス基板は工程確立が鍵<br>→材料×工程×実装 | ★★★<br>• ABF/先端レジスト/封止材の高シェア、品質・工程適合力<br>→上流の交渉力 | ★★★<br>• 材料停止＝製造停止、資源偏在・地理集中が影響<br>→複線化・工程代替の設計 |

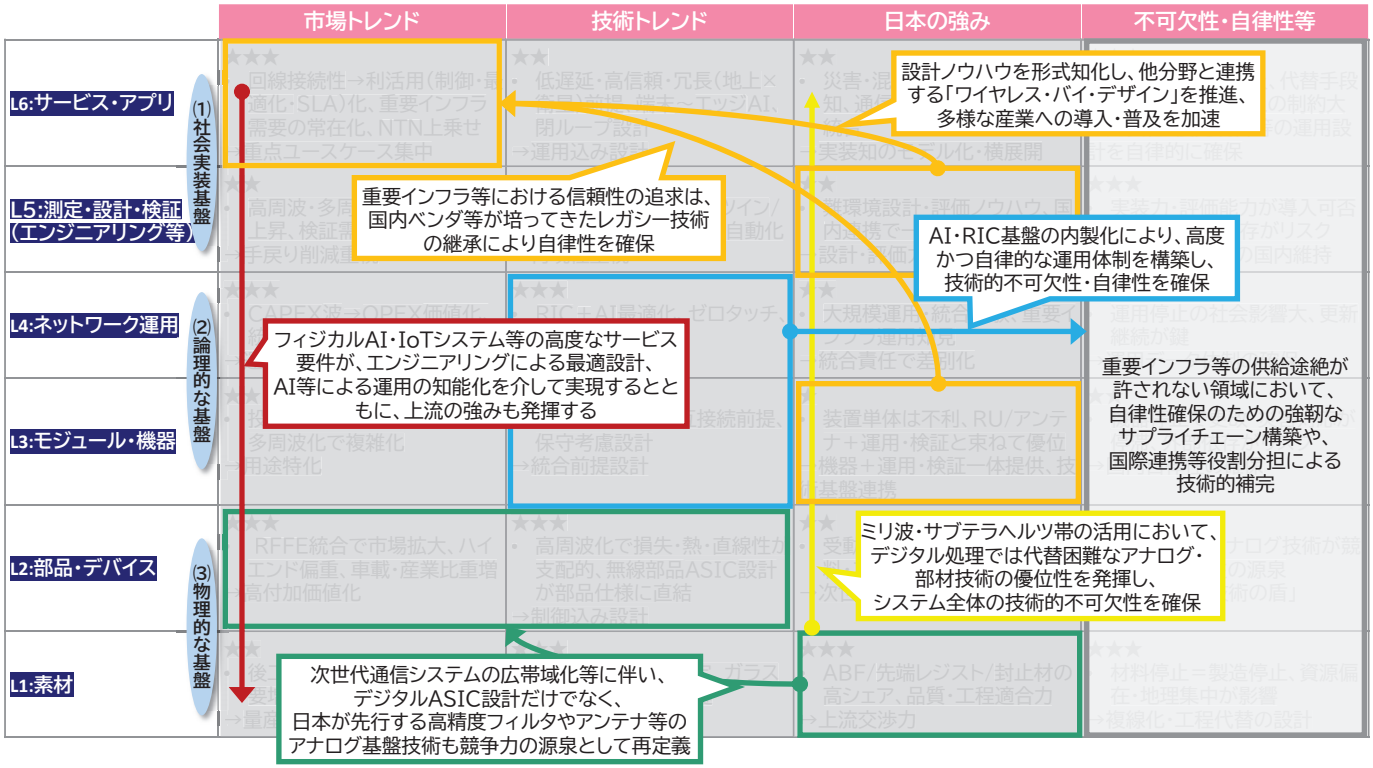
★は各列内での相対的な重要度を示す（★★★:圧力が集中し、戦略・論点への影響が大 / ★★:条件付きで影響、周辺レイヤとの組合せ等が前提 / ★:単独では影響は限定的

Copyright © Mitsubishi Research Institute




# 4.横断的関係性を踏まえた検討の方向性（仮説）

- レイヤ別に整理した分析結果を俯瞰・横断的に重ね合わせ、技術・供給・運用の関係性から考え得る方向性を仮説として可視化・例示。




Copyright © Mitsubishi Research Institute

# まとめ

## 1 ワイヤレスの社会インフラ化に伴う産業構造・価値提供の変化

- ワイヤレスは多分野の現場・機器・モビリティへ組み込まれ、コネクティビティそのものから、**制御・最適化・SLAを伴う継続運用**へ価値の中心が移り、**「産業のワイヤレス化」から「ワイヤレスの社会インフラ化」**へと構造変化が進む。
- 産業エコシステムとしては、価値規模（生産額）はネットワーク構築・運用に集中しやすい一方、雇用は構築・運用に加えて横断領域が厚くなりやすい構造。そのため、デジタル基盤（ここでは、ワイヤレスを社会インフラとして安定運用するための基盤と定義）の整備においては、人材や実装基盤（エンジニアリング等）の確保も極めて重要になる。
- オープン化・仮想化・AI対応等の進展により、装置一体から分業・統合へ移行し、**相互運用性の担保、統合検証、運用自動化等**といった横断機能や関連技術が、自律性や競争力を左右しやすい構造になりつつある。
- ワイヤレス全体を俯瞰すると、**日本は多様な領域に強み**を有しており、これらを積極的に活用しつつ、継続的に維持・強化することが重要と考えられる。

## 2 供給面の論点

- 価値規模が大きい領域と、供給制約が顕在化しやすい領域は必ずしも一致しない構造。従って、価値規模（構築・運用）と、供給制約が顕在化しやすい領域（素材～モジュール・機器）を切り分けつつ、重点技術を検討することが望ましい。
- サプライチェーン上は、素材・部品＝代替可能性・在庫・調達余地、モジュール・機器＝調達多様化・相互運用性・統合検証、構築・運用＝維持更新・運用高度化の投資配分、横断＝計測・評価・人材基盤等が論点となる。
- 安定供給の確保に加え、調達容易性・再設計負荷の低減等が、国内外でのビジネス展開速度にも直結するといえる。これらの論点は、リスク低減にとどまらず、我が国の強みが発揮できる領域に着目することで、**インフラ整備の確実性や展開速度を高め、国内外の事業機会にもつながる**と考えられる。

## 3 重点技術の考え方への示唆（「守る」「攻める」技術）

- 重点技術については、社会インフラとしての基盤の不可欠性と、国内の運用実態・周波数利用等に即した自律性の確保の観点から、**ボトルネックと差別化領域が集中する箇所に注目する**ことも重要と考えられる。
- 「守る」技術としては、例えば重要インフラなど供給途絶が許されない領域を起点に、継続運用を成立させる基盤（供給継続、代替・更新可能性、長期保守、レガシー継承、実装確実性等）を確保する領域が挙げられる。
- 「攻める」技術としては、我が国の強みを梃子に、例えば高周波数帯の優位性、エンジニアリング×運用知能化、ワイヤレス・バイ・デザインによる普及加速等を基盤に、海外でも展開できる領域が注目される。併せて、AI・RIC等の実装による運用品質の継続改善や収益化も、エコシステム維持やデジタル基盤の発展、海外展開においても重要になろう。

Copyright © Mitsubishi Research Institute


*未来を問い続け、変革を先駆ける*

MRI 三菱総合研究所

住友電工
Connect with Innovation

資料７－１

# 住友電気工業株式会社提出資料
# (ワイヤレス関連技術についての意見)

住友電気工業株式会社
研究開発本部

2026年2月6日

SUMITOMO ELECTRIC GROUP

## コーポレートデータ

| | |
|---|---|
| 商号 | 住友電気工業株式会社 |
| 創業 | 1897年4月 |
| 資本金 | 99,737百万円 |
| 社長 | |
| 連結従業員数 | 288,145人 |
| グループ会社 | 連結対象会社　421社（国内103社、海外318社） |
| 業績 | 連結売上高　4兆6,798億円<br>連結営業利益　3,207億円 |

（2025年3月末時点）

# 2030ビジョン（注力領域）

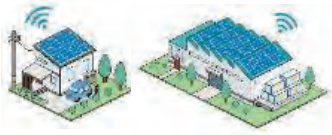
## ―グリーンな地球と安全・快適な暮らしの実現へ―

脱炭素化

情報化社会

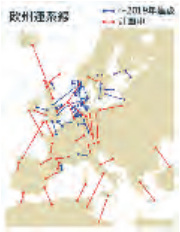
### 電力需要の多様化（×情報通信）

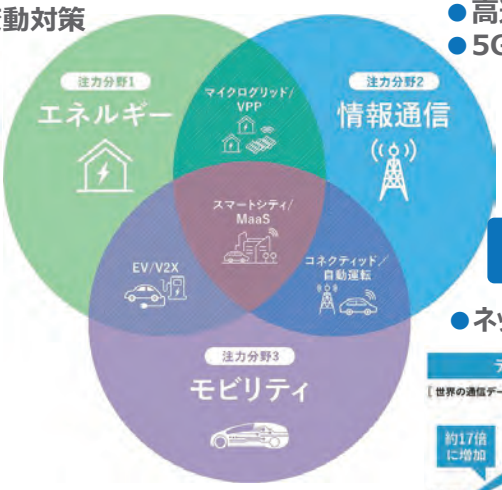
- AI・IoTによる需給調整・電圧変動対策



### 効率的な送電系統

- 高い技術力による効率的な送電系統の構築



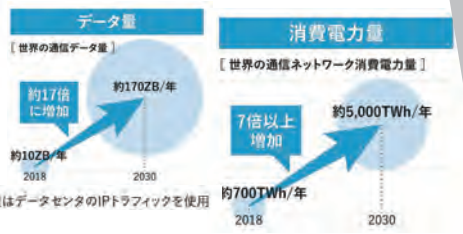



### 大容量光・無線通信

- 高速大容量のマルチコア技術
- 5G⇒6Gへの進展に対応する技術

### 低消費電力

- ネットワークの低消費電力化




### 電動化・高速通信化（×エネルギー・情報通信）

- アルミハーネス
- コネクタ
- ECU

→

- 光ハーネス
- 高速・大電流コネクタ
- ゾーンECU

住友電工 Connect with Innovation



SUMITOMO ELECTRIC GROUP

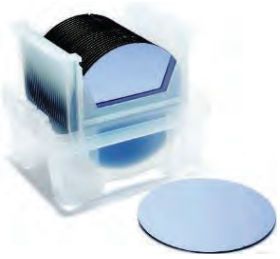
## 情報通信

増加するデータトラフィックに応え、
大容量高速通信時代の実現に挑む。

光ファイバ

光ケーブル

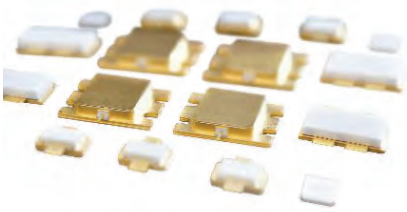
融着接続機



化合物半導体（GaAs、InP）

ブロードバンド
ネットワークシステム・機器

光デバイス



電子デバイス

住友電工 Connect with Innovation



SUMITOMO ELECTRIC GROUP

# 情報通信分野の事業戦略

2025 成長戦略

**売上高・利益目標（25年）**

| | 売上高 | 営業利益 |
|---|---|---|
| 22年 | 2,503億円 | 219億円 |
| ⋮ | | |
| 25年 | 2,800億円 | 250億円 |

**事業環境**

データドリブン社会の進展により通信データ量は年率約30%で増加、通信ネットワークの大容量・低遅延化がますます求められる中、多彩な製品・サービスでソリューションを提案し、低消費電力型通信ネットワークの実現に貢献します

**取組方針**

**1 データセンタ内・間の光通信関連製品**

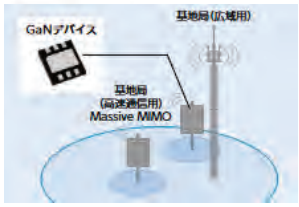
- 圧送用高密度光ケーブルの展開
- 極低損失光コネクタにより、低消費電力化
- 光通信用InPデバイスの高速化・省エネ性能向上とInP基板品質向上

**2 大容量光通信向け高機能・高付加価値製品**

- マルチコア光ファイバを大陸間海底光通信で実用化
- 光ファイバ融着接続機にAI／DX機能を搭載し、施工業務を高度化
- 光ファイバの高性能化（極低損失・耐曲げ性能向上）

**3 大容量携帯無線通信（5G／B5G）向けデバイス・機器**

- 携帯無線基地局用GaNデバイスの広帯域化と省エネ性能向上、生産能力の増強
- 工場／交通向けなどの産業用5G端末、5Gアクセス光伝送装置供給開始






# デバイス・材料(化合物半導体)レイヤの研究開発

**市場 / 技術の動向**

- ■光デバイス；DC向け市場の拡大。高速化(800G⇒1.6T)と低消費電力化のニーズ増
- ■電子デバイス；基地局市場は当面停滞。高性能化と低コスト化の要求は継続
- ■化合物半導体材料；DC光デバイス用InP基板の所要拡大と大口径化(4”⇒6”)の加速

## ■光デバイス市場

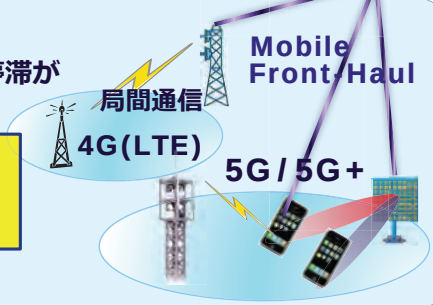
- DC棟内：高速化(800G⇒1.6T)と高密度低電力化（Co-packaged Opticsへ）

- 400G/chの高速光デバイスのニーズ
- シリコンフォトニクス用超高出力CW-LD
- 光電融合プラットフォーム

## ■電子デバイス市場

- 基地局市場：5G投資は停滞が継続し、競争激化

無線用GaNデバイス
- 高性能化と低コスト化
- 非基地局向け展開




## ■化合物半導体材料市場

- InP基板：DC光デバイス向け需要拡大

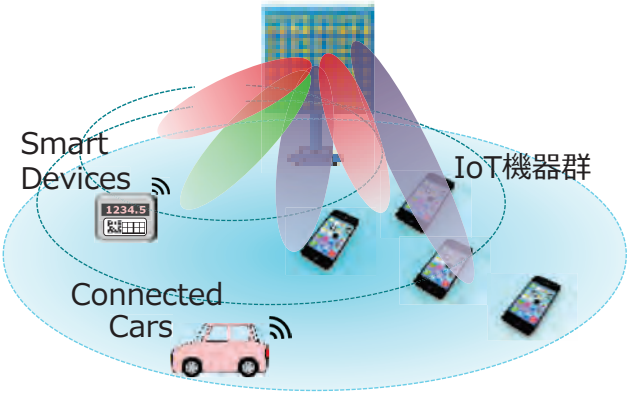
- 大口径化（InP:6“,GaAs:8”）
- 高品質化（低欠陥密度）

# GaNデバイス適用分野

・通信基地局では低消費電力に優れるGaNデバイスの普及が進む
・当社は5Gで用いられるマクロ基地局、MIMO基地局のそれぞれに適した製品をラインナップし、高速・大容量通信へ貢献していく

**マクロ基地局** 低周波数、高出力により**広範囲**での高速伝送をカバー

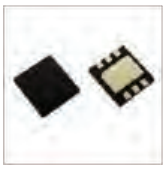
**5G Massive MIMO基地局** Phased Array Antennaを使ったBeamforming技術により基地局あたりの伝送の**大容量化を実現**




## 当社製品(GaNデバイス)

- 200W~800W

- ~100W





# 当社GaNデバイスビジネス状況

構成員限り

・地政学リスクはサプライチェーンの懸念となります。具体的には製造国が限られるSiC基板やレアメタルであるガリウム(Ga)などの供給安定化をお願いします

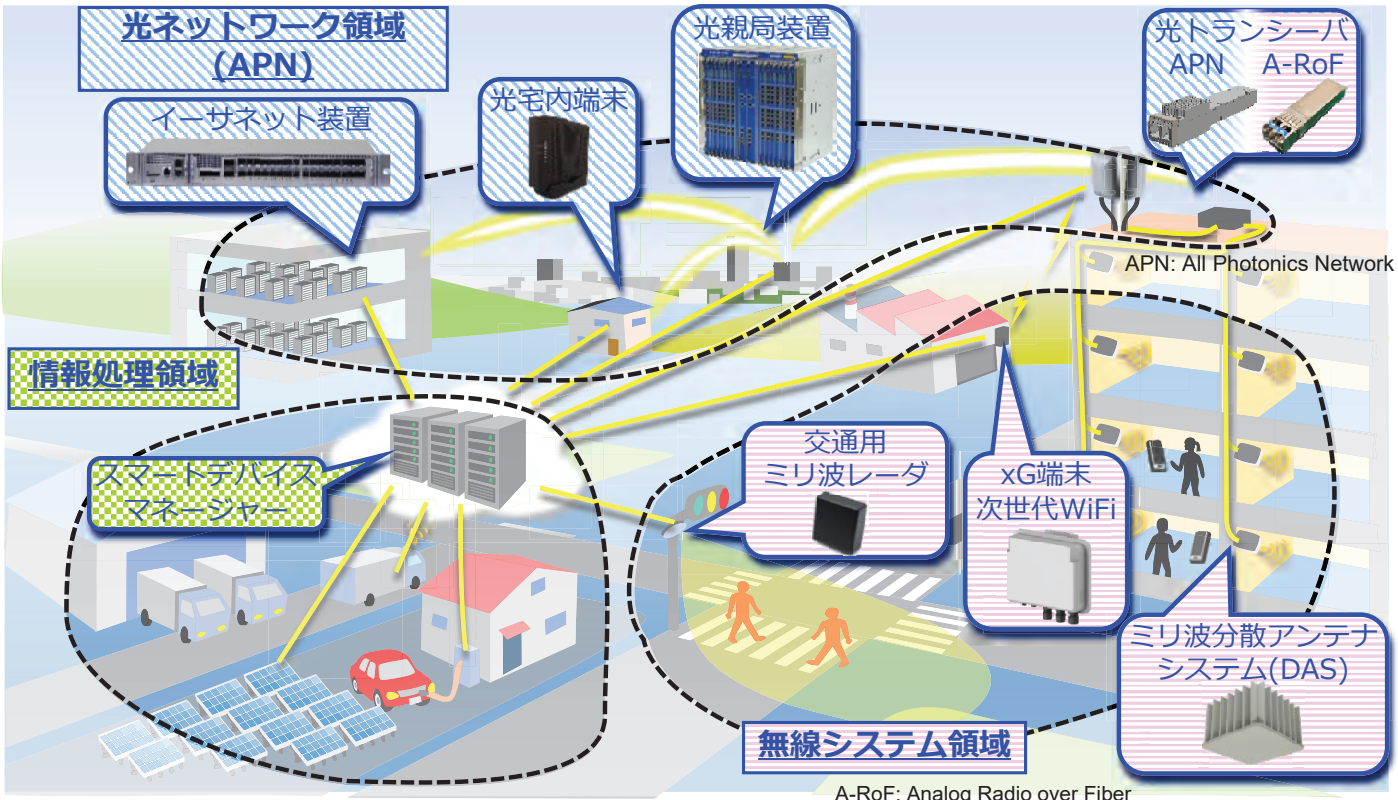
# 基地局ベンダーの国際比較

構成員限り



# ネットワーク装置レイヤの研究開発

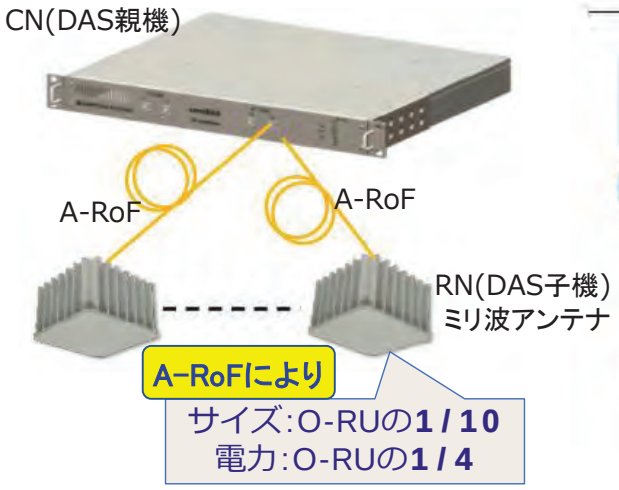
**情報通信(光ネットワーク・無線システム)・情報処理領域で、
安全・快適でグリーンな社会を支える製品・サービスの研究開発を行っています**




A-RoF: Analog Radio over Fiber
DAS: Distributed Antenna System

# 【 A-RoF/DAS 】分散アンテナシステムへの応用

- A-RoF技術を活用しミリ波分散アンテナ(DAS子機)を小型・低消費電力化
- Beyond5G/6Gに必須となるミリ波アンテナの普及拡大に貢献
- インフラシェアリングへの応用可能



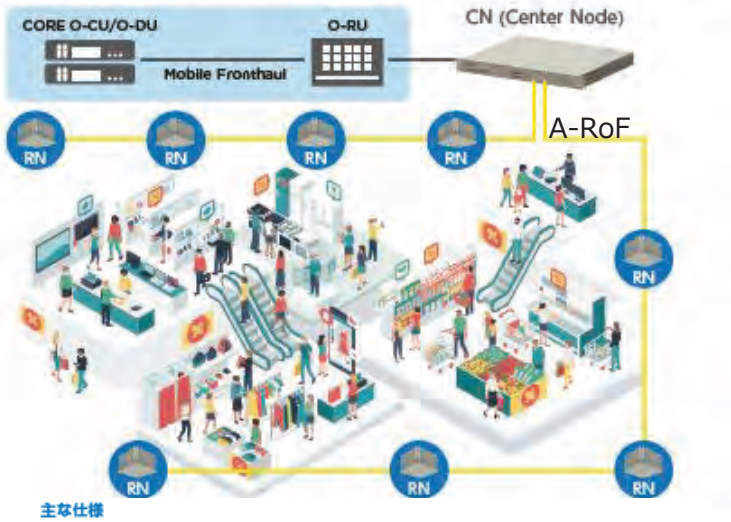

**特徴**

- 超小型/軽量な Remote Node
- 低消費電力な Remote Node

**ユースケース**

- 屋内密集エリアでの大容量通信
  (ショッピングセンター、博物館、スタジアム)
- スマート工場・スマート倉庫
- メタバースなど特定用途での低遅延高速通信

大型ショッピングモールへの導入例




主な仕様

| 項目 | CN (Center Node : 親機) | RN (Remote Node : 子機) |
|---|---|---|
| 対応周波数 | 27~29.5 GHz | |
| サイズ (幅 x 高さ x 奥行き) | 434 x 44.5 x 355 mm以下 (突起部除く) | 105 x 61 x 105 mm以下 (突起部除く) |
| 重量 | 10 kg以下 | 1 kg以下 |
| 備考 | ・SISO仕様(1TX/1RX)、最大4分岐<br>・同軸コネクタによるRUとのRF接続<br>・AC100 V電源仕様 | ・SISO仕様(1TX/1RX)<br>・ミリ波EIRP 30 dBm<br>・消費電力15 W以下 |

住友電工 Connect with Innovation



SUMITOMO ELECTRIC GROUP

# 住友電工からの意見

構成員限り

## 2．企業の取組みにおいて、課題やボトルネックとなる点

- 地政学的なリスクの悪化が懸念される中で、デバイス製造の為のサプライチェーンの確保と維持（新たに開拓が必要となるケースも）には国の関与も必要
- ワイヤレス分野(アナログ技術)の若年人材不足、設計・開発・製造に関わるエンジニア高齢化と技術継承に課題
- 国内でもミリ波帯の需要は極めて限定的、開発のモチベーションから量産前段階まで、国主導での大規模PoC等による活用シーン創出に期待

住友電工 Connect with Innovation



SUMITOMO ELECTRIC GROUP

## 3．国に支援を希望する内容

- 若手技術者育成のための産官学連携プログラム
- 先進かつ重要な技術を事業に繋げる為の機会創出（国内大規模PoC等）
- グローバル展開支援　現地の無線局免許取得支援
  無線装置の海外展開の際のサポートとして、現地の法令、技術基準、ライセンス等の情報提供と国内でワンストップで現地の必要なライセンスが取得できるしくみの整備



住友電工
Connect with Innovation

https://sumitomoelectric.com/jp/

資料７－２

# 第7回　重点技術作業班

2026/2/6

三菱電機株式会社

1. 三菱電機の事業概要
2. 三菱電機における電波の利用状況
3. Serendieによるビジネスモデルの変革
4. 重点技術領域に対する取組例

# 1. 三菱電機の事業概要

エネルギー

交通

ビル

公共

産業・FA

自動車機器

**12の事業分野**

**“家庭”から“宇宙”まで**

防衛・宇宙

通信

ITソリューション

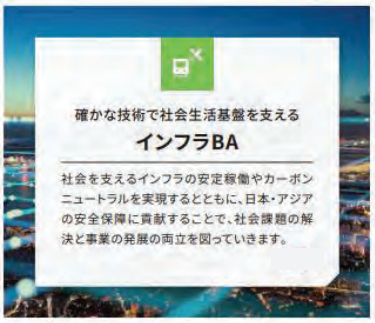
半導体・
電子デバイス

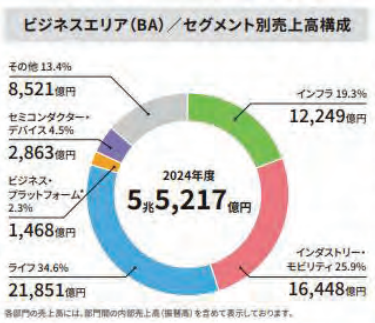
空調・冷熱

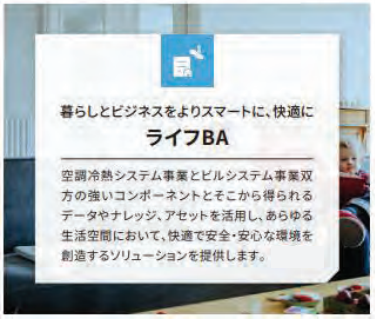
ホーム
エレクトロニクス


© Mitsubishi Electric Corporation


# 1. 三菱電機の事業概要





引用 当社統合報告書2025より一部抜粋

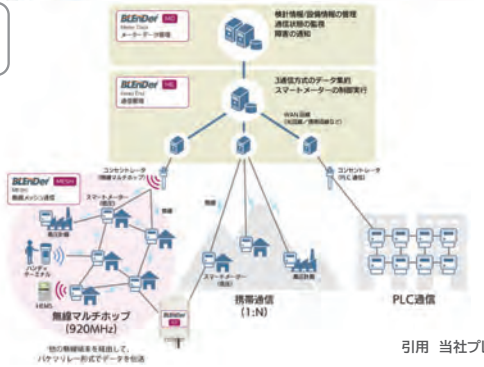

© Mitsubishi Electric Corporation

## 2. 三菱電機における電波の利用状況

当社はさまざまな分野において電波を利用したシステムを提供しています。その一例を以下に示します。

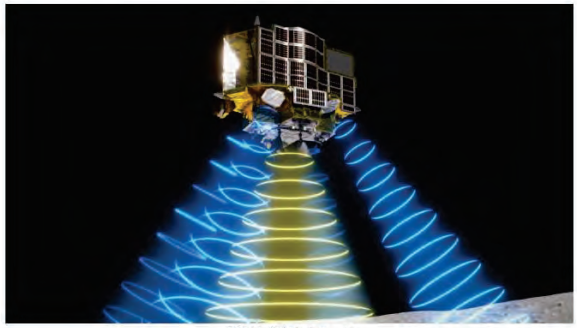
**社会システム**

**電力・産業システム**




**防衛・宇宙システム**

**小型月着陸実証機「SLIM」が世界初となる月面への高精度着陸を達成**
三菱電機の航法誘導制御技術が精度 100 メートル以内の着陸実現に貢献



SLIM 着陸時イメージ
©JAXA

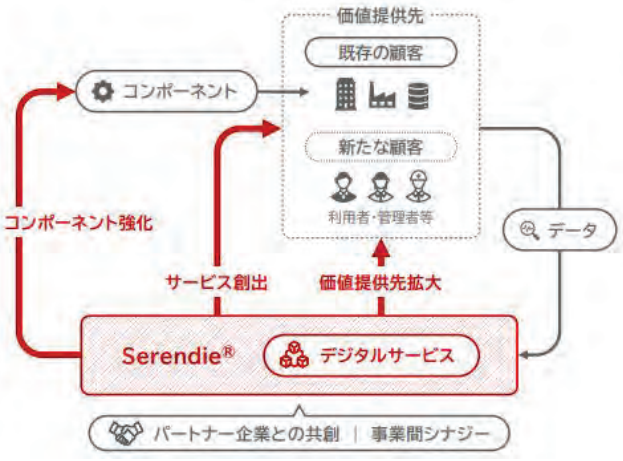
当社がSLIM全体の設計・製造・試験を担当

引用 当社プレスリリース／当社HPより一部抜粋

© Mitsubishi Electric Corporation


## 3. Serendieによるビジネスモデルの変革

コンポーネントを利用することで生まれるデータを起点にビジネスモデルの変革を推進




**サービス創出**

データを分析し、課題解決に向けたサービスを新たに創出

**価値提供先拡大**

既存の顧客から、その先の利用者や管理者へ
価値の提供先を拡大

**コンポーネント強化**

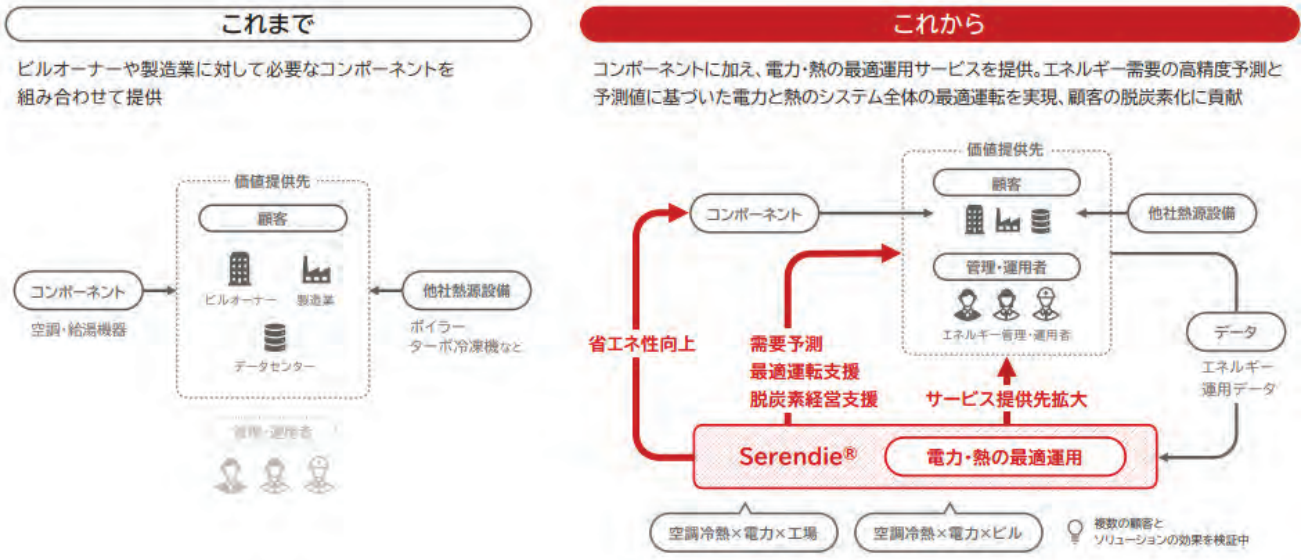
設計・製造の知見に現場の使用データを組み合わせ
コンポーネントをさらに強化

> Serendie関連事業 1.1兆円 (30年度売上高)

引用 当社IR DAY 2025より一部抜粋

© Mitsubishi Electric Corporation

## 3. Serendieによるビジネスモデルの変革




引用 当社IR DAY 2025より一部抜粋



## 4. 重点技術領域に対する取組例

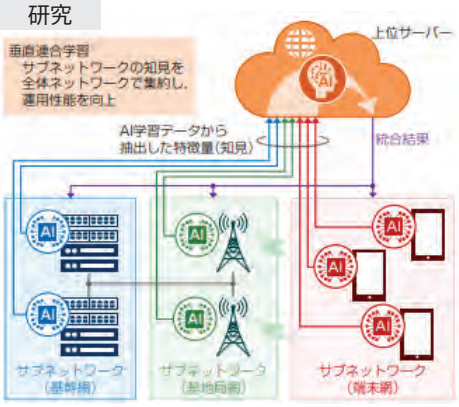
| | 重点技術領域 | 重点技術領域の特徴（五つの軸からの整理） | 個別の重点技術の例（⇒今後具体的に特定） | 目標・工程表・推進方策 |
|---|---|---|---|---|
| システム技術領域 | 1-1 フィジカルAI・IoTシステム | （1）共通・基盤的<br>（3）先進的・不可欠性<br>（4）先進的・自律性 | ・ワイヤレス接続性の拡張（地上系・NTNとの連携等）<br>・ワイヤレス自律再構成技術<br>・Software Defined SoC技術 ・・・ | 第７回以降の作業班において具体的に検討 |
| | 1-2 重要インフラ・ナショナルセキュリティシステム | （2）公共分野<br>（5）高度な技術等 | ・極限環境で確実に通信可能な運用技術<br>・レーダ基盤技術<br>・長波・中波・短波帯通信技術 ・・・ | |
| | 1-3 次世代通信システム（B5G） | （3）先進的・不可欠性<br>（4）先進的・自律性 | ・キャリアグレードのvRAN構成技術<br>・マルチバンド・広帯域RF技術<br>・マルチユーザMIMO・DBF技術 ・・・ | |
| コア技術領域（共通技術領域） | 2-1 AI・フロンティア領域 | （1）共通・基盤的<br>（3）先進的・不可欠性<br>（4）先進的・自律性<br>（5）高度な技術等 | ・ゼロタッチプロビジョニング、保守運用自動化技術<br>・AIによる無線通信路最適化技術<br>・ミリ波・サブテラヘルツなど新たな周波数の開拓、新たな無線通信技術の開発 ・・・ | |
| | 2-2 素材・部品・デバイス領域 | （1）共通・基盤的<br>（2）公共分野<br>（3）先進的・不可欠性<br>（4）先進的・自律性 | ・無線部ASIC設計・開発技術<br>・RFモジュール、フィルタ、アンテナ技術 ・・・ | |
| | 2-3 エンジニアリング・デザイン領域 | （1）共通・基盤的<br>（2）公共分野<br>（3）先進的・不可欠性<br>（4）先進的・自律性<br>（5）高度な技術等 | ・エリア設計、回線設計技術<br>・電波環境の計測・評価、エミュレーション技術 ・・・ | |

引用 総務省重点技術作業班（第6回）より一部抜粋

# 4. 重点技術領域に対する取組例

## フィジカルAI・IOT

研究




ネットワーク運用自動化に向けた
垂直連合学習の適用

引用 三菱電機技報 2026年01月号より一部抜粋

## 重要インフラ・ナショナルセキュリティ

取り組み

複雑かつ高度な防衛システムの要求に対
応した柔軟なキーデバイスの開発・製造

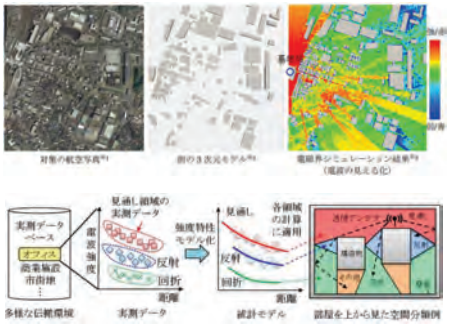
ディープスペースレーダ

引用 三菱電機 防衛事業説明会
（2025年3月12日）

## エンジニアリングデザイン領域

研究

IoT を支える「電波見える化技術」を開発



引用 当社ニュースリリースより一部抜粋

引用 総務省重点技術作業班（第6回）より一部抜粋


© Mitsubishi Electric Corporation


MITSUBISHI ELECTRIC
Changes for the Better

資料７－３

# ワイヤレス人材の育成について
# （無線従事者制度の見直し関係）

令和８年２月６日

一般財団法人　情報通信振興会

## 一般財団法人　情報通信振興会（ＤＳＫ）の概要



### 1　沿　革

**ＤＳＫ：電波で社会に貢献**

・1950年6月　電波振興会（任意団体）として設立【電波３法施行】
・1985年8月　財団法人電気通信振興会【電気通信事業法施行】
・2011年6月　一般財団法人情報通信振興会【公益法人改革】

### 2　目　的

情報通信関係者の知識技能の向上、情報通信の普及発達への寄与

### 3　出版事業

・法令集：電波法令集、告示集、審査基準　等
・法令解説：電気通信事業法逐条解説、放送法逐条解説、電波法要説　等
・国際関係：国際電気通信連合無線通信規則（和訳版）
・養成課程用標準教科書（総務大臣認定）：１５資格
・国家試験受験学習用：参考図書、問題解答集　等

### 4　eラーニング事業

・第一級陸上無線技術士（技術系最上位資格）の受験対策（４科目：約１２０時間）
・第二級、第三級陸上特殊無線技士（入門資格）の養成課程　構成員限り

### 5　ICT普及振興事業（公益目的事業：電波協力会、受信障害の防止に関する事業）

# ワイヤレス人材育成における課題（無線従事者制度の観点から）



## 1　ワイヤレス人材としての無線従事者

・無線従事者（電波法に基づく必置資格）は、陸海空などの利用分野別に23資格（参考１参照）
・資格取得方法は、国家試験又は養成課程で受験・受講者数は、年間約7.6万人
・無線従事者は、社会的基盤である通信の確保などワイヤレス人材として重要な役割を担っている

## 2　ワイヤレス人材（無線従事者）の育成における課題

【小中学校】
・ワイヤレスに興味、関心をもつ生徒は、極めて少ない
・ワイヤレス人材育成に関して国、自治体、企業、学校等が連携した取組みが少ない

【普通・商業高校】
・無線従事者資格を取得する学生は、極めて少ない
・必須科目となった「情報」にワイヤレスの記載がない

【大学、高専、短大、高校（工業科等）】
・無線工学、法規を教える教師の後任者が極めて少ない
・必要な科目を履修しても資格取得には卒業が要件

【社会人、シニア】
・知識・技能の更新したことのインセンティブが少ない
・ワイヤレスに関する社会貢献活動の仕組みが少ない

無線工学の知識はすべての資格に必要なのか？

無線従事者制度の見直しなどによる人材育成に向けた取組みが必要

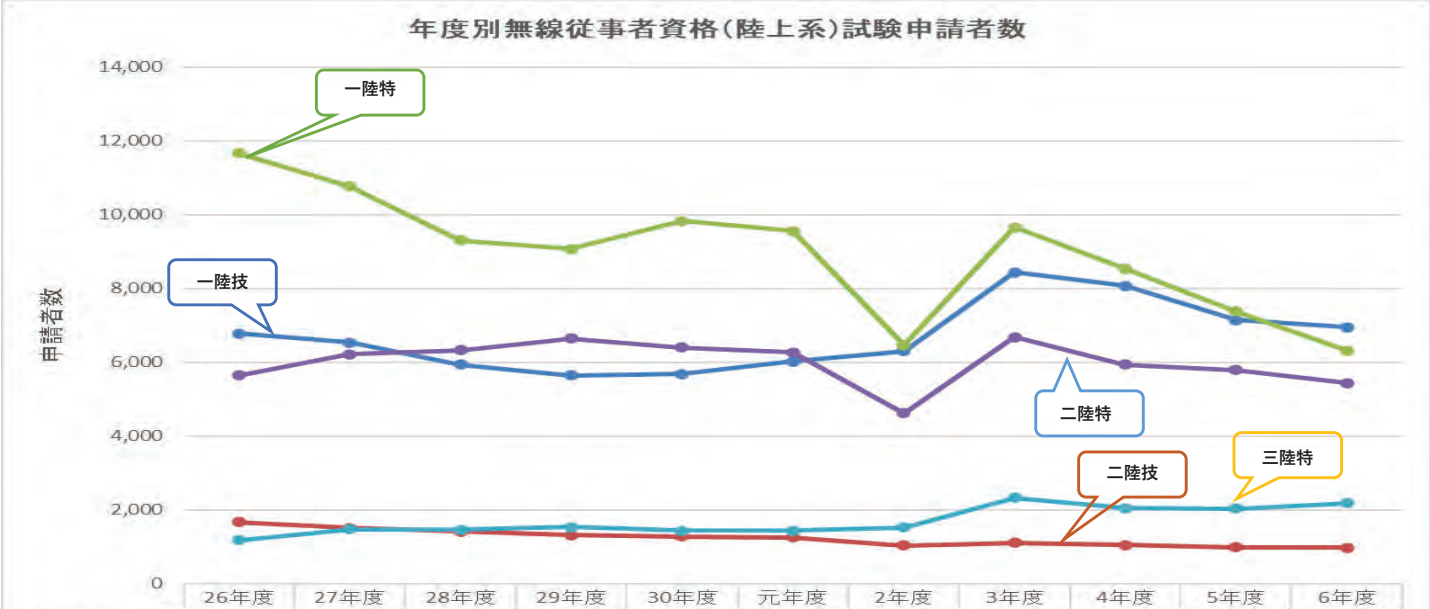
無線従事者資格を活用したワイヤレスとICTの両方の知識・技能を有する人材の育成

ワイヤレス・ICT人材の活躍できる環境の構築

# 無線従事者国家試験申請者数の推移



無線従事者全資格の試験申請者数は、平成26年度に比べ約45,000人から約36,800人と大幅に減少
陸上関係資格（１・２陸技、１・２・３陸特）の試験申請者数は、ドローン、ローカル５Gなどの電波利用が拡大しているが、グラフのとおり約27,000人から約21,800人と約８％減少している。

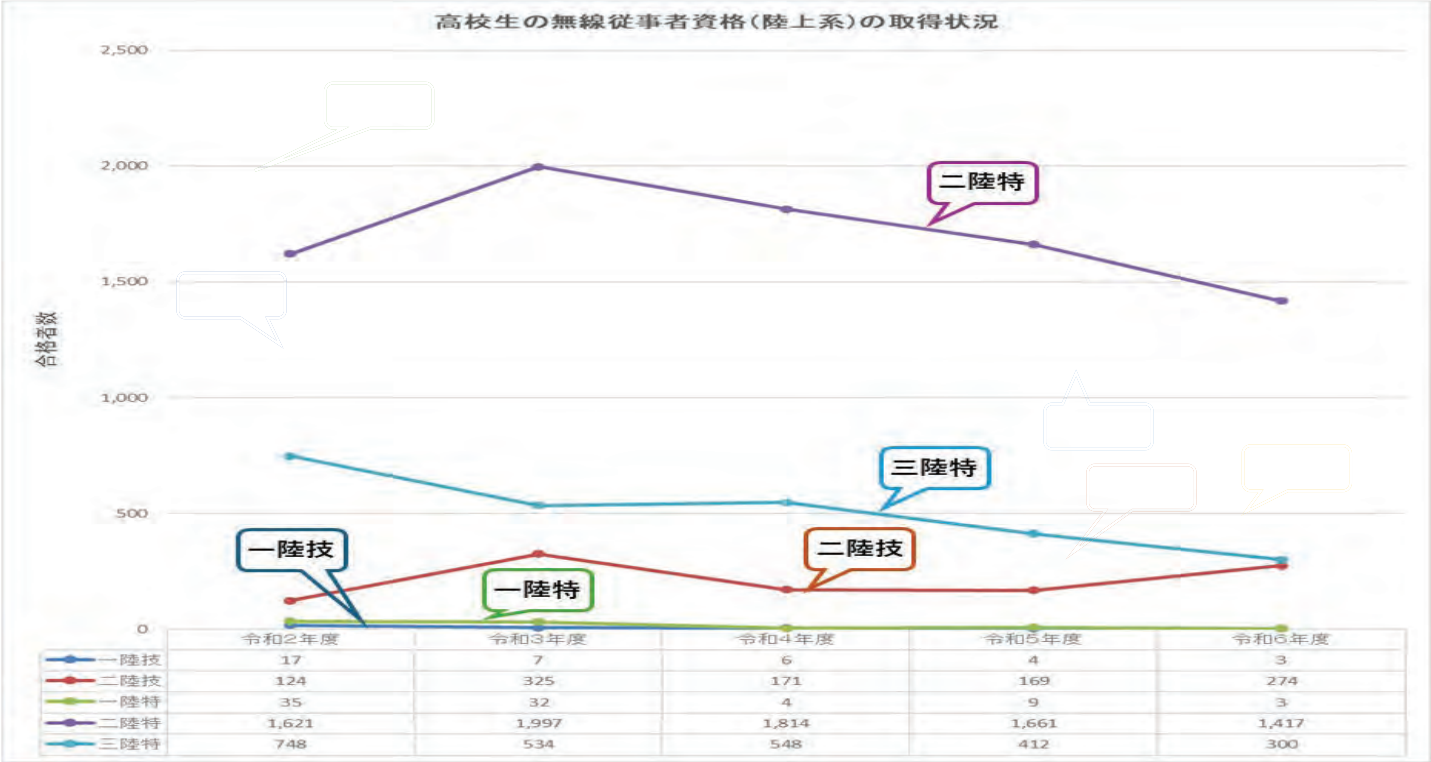



| | 26年度 | 27年度 | 28年度 | 29年度 | 30年度 | 元年度 | 2年度 | 3年度 | 4年度 | 5年度 | 6年度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 一陸技 | 6,773 | 6,540 | 5,937 | 5,639 | 5,680 | 6,018 | 6,299 | 8,439 | 8,066 | 7,139 | 6,948 |
| 二陸技 | 1,674 | 1,512 | 1,412 | 1,320 | 1,285 | 1,253 | 1,031 | 1,105 | 1,054 | 984 | 969 |
| 一陸特 | 11,670 | 10,768 | 9,301 | 9,070 | 9,824 | 9,561 | 6,462 | 9,659 | 8,531 | 7,373 | 6,318 |
| 二陸特 | 5,640 | 6,212 | 6,331 | 6,644 | 6,404 | 6,268 | 4,621 | 6,683 | 5,935 | 5,792 | 5,432 |
| 三陸特 | 1,188 | 1,473 | 1,461 | 1,536 | 1,434 | 1,438 | 1,524 | 2,330 | 2,047 | 2,034 | 2,185 |

# 工業系高校生の陸上関係無線従事者の資格取得者数の推移



全国工業高等学校長協会（工業系約590校）の陸上関係資格（１・２陸技、１・２・３陸特）の合格者数は、2,500人から2,000人と５年間で20％減少している。工業系生徒の履修内容との共通性やジュニアマイスター顕彰制度で高い得点が得られる第二級陸上特殊無線技士資格取得者が最も多い。




| | 令和2年度 | 令和3年度 | 令和4年度 | 令和5年度 | 令和6年度 |
|---|---|---|---|---|---|
| 一陸技 | 17 | 7 | 6 | 4 | 3 |
| 二陸技 | 124 | 325 | 171 | 169 | 274 |
| 一陸特 | 35 | 32 | 4 | 9 | 3 |
| 二陸特 | 1,621 | 1,997 | 1,814 | 1,661 | 1,417 |
| 三陸特 | 748 | 534 | 548 | 412 | 300 |

出典：（公財）全国工業高等学校長協会HP

# 将来のワイヤレス人材の裾野となるワイヤレス利用者の育成



【小中学校】

①入門資格⇒資格取得の容易化、周知・広報の促進
②電波教室⇒開催回数の拡大、民間の電波教室への支援

＋

③eネットキャラバン
⇒ワイヤレスを追加

【高校（普通科、商業科）】

④３陸特⇒無線工学と法規の試験科目の統合
⑤特殊無線技士⇒文系も資格取得意欲の湧く名称へ変更

＋

⑥情報Ⅰ・Ⅱ教材（情報通信ネットワーク）
⇒ワイヤレスを追加

| 学校等 | | 現状・課題等 |
|---|---|---|
| 小中学校 | ① | ・入門資格試験受験者に占める小中学生の割合（４級アマチュア約0.3%、３陸特約0.4%（R6））<br>・入門資格取得に向けた周知・広報に係る手段・方法・場所・回数等が極めて少ない |
| | ② | ・電波適正利用推進員（全国で約８００名が総務省から委嘱）が電波教室（わかりやすくまとめたDVDの視聴、電波を使った実験、ラジオキット工作等）を実施、民間でも電波教室を実施 |
| | ③ | ・（一財）マルチメディア振興センターが企業等のCSR活動として「安心・安全なICT利活用」の周知・啓発の無料講座等（eネットキャラバン）にはワイヤレスの内容が含まれていない |
| 高校（普通科、商業科） | ④ | ・第3級陸上特殊無線技士（入門資格）の試験受験者に占める18歳以下の割合は約6.4%（R6）<br>・試験科目「無線工学」は、普通科、商業科の学生にはハードル |
| | ⑤ | ・特殊無線技士の「特殊」、「技士」の名称も普通科、商業科の学生にはハードル |
| | ⑥ | ・必須科目情報Ⅰ及び選択科目情報Ⅱの教材にはワイヤレスの記載がない |

# 高度なワイヤレス・ICT の知識・技能を有する技術者の育成



【大学、高専、短大、高校（工業科等）】

上位資格⇒①科目履修で資格取得可能化、②eラーニングの活用、③学校への（短期）養成課程の導入 ＋ 情報通信ネットワーク、セキュリティ、データサイエンス等の科目履修

ワイヤレス人材（無線従事者）
技術の進展への対応、人材育成促進等のための国家試験・養成課程等の制度見直し
④求める知識・技能（試験科目、試験内容）、試験実施方法の見直しによる負担軽減
⑤業務経験を活用した上位資格へのステップアップ　等

ICT人材
（電気通信主任技術者、工事担任者等）

ワイヤレス・ICT新資格
（⑥知識技能の更新認定講習を毎年受講）

企業等で活動・専門性の向上 ＋ ⑦ワイヤレス・ICT人材育成支援活動への貢献

| 学校等 | | 現状・課題等 |
|---|---|---|
| 大学、高専、短大、高校（工業科等 | ① | ・資格の取得及び試験科目の一部免除には、必要な科目履修に加えて「卒業」が要件となっている |
| | ② | ・大学等での無線工学の講師の高齢化、電波法令の外部講師の不足が進んでいる<br>・eラーニングを実施するための環境（教材の作成、コストの確保等）が整備されていない |
| | ③ | ・工業系高校等は長期養成課程（無線通信に関する科目を開設する教育課程を認定）のみで、（短期）養成課程（例えば２陸特：法規５時間、無線工学４時間）の実施は認められていない |
| ワイヤレス人材（無線従事者） | ④ | ・求められる知識・技能に共通部分が多いが、全２３資格が別々に試験・養成課程を実施している |
| | ⑤ | ・業務経験を活用した上位資格へのステップアップは、一部の資格のみで長時間の講習受講が必要 |
| | ⑥ | ・知識・技能の更新は、努力義務（省令）であり毎年実施するインセンティブが少ない |
| | ⑦ | ・電波適正利用推進員、災害復旧支援士（仮称）、工業高校の教師などの活躍の場の拡大が必要 |

# ワイヤレス・ICT人材育成のイメージ（案）



ワイヤレス・ICT人材育成のためには、２本の柱が重要⇒無線従事者制度の見直しが必要
①将来のワイヤレス人材の裾野（小・中・高）となるワイヤレス利用者の育成（入門資格）を拡大
②高度なワイヤレス・ICT の知識・技能を有する技術者（大学・高専等）の育成を規制緩和で推進

【小中学校】

入門資格⇒資格取得の容易化、周知・広報の促進
電波教室⇒開催回数の拡大、民間の電波教室への支援 ＋ eネットキャラバン ⇒ワイヤレスを追加

【高校（普通科、商業科）】

３陸特⇒無線工学と法規の試験科目の統合
特殊無線技士⇒文系も資格取得意欲の湧く名称への変更 ＋ 情報Ⅰ・Ⅱ教材（情報通信ネットワーク）⇒ワイヤレスを追加

【大学、高専、短大、高校（工業科等）】

上位資格⇒科目履修で資格取得可能化、eラーニングの活用、学校への（短期）養成課程の導入 ＋ 情報通信ネットワーク、セキュリティ、データサイエンス等の科目履修

ワイヤレス人材（無線従事者）
技術の進展への対応、人材育成促進等のための国家試験・養成課程等の制度改正

〇求める知識・技能（試験科目、試験内容）、試験実施方法の見直しによる負担軽減
〇業務経験を活用した上位資格へのステップアップ　等

ICT人材
（電気通信主任技術者、工事担任者等）

ワイヤレス・ICT新資格
（知識技能の更新認定講習を毎年受講）

企業等で活動・専門性の向上 ＋ ワイヤレス・ICT人材育成支援活動への貢献

# 無線従事者制度見直しの概要（要望）



無線従事者制度全体（資格、試験、養成課程等）について、国家試験受験者、養成課程受講者の負担軽減、資格取得意欲の向上、無線通信技術の進展、無線の利用実態等を踏まえた見直しが必要

| 法令 | 制度 | 見直し項目 | 改正内容等（青字は前ページに記載のないもの） |
|---|---|---|---|
| 電波法 | 資格 | ①特殊無線技士の名称変更 | 受験者・受講生にとって馴染みやすい資格名称への改正 |
| | | ②資格の統廃合 | １海通の１総通への統合、２海通の２総通への統合（モールス廃止） |
| | 養成 | ③卒業要件の緩和 | 科目確認における卒業要件を廃止し、必要な科目の履修修了で資格を取得 |
| 施行令 | 資格 | ④災害時での操作範囲の拡大 | 臨時災害放送局（２陸技）を１陸特で操作の可能化 |
| 無線従事者規則 | 試験 | ⑤３陸特の試験の見直し | 難解な無線工学を縮小し、法規と科目統合（普通科・商業科の学生も受験） |
| | | ⑥特殊無線技士の試験科目の名称変更 | 試験科目（無線工学）を情報通信と関連付けた名称に改正 |
| | | ⑦試験科目免除の卒業要件の緩和 | 学校認定の卒業要件を廃止し、必要な科目の履修修了で試験科目を免除 |
| | | ⑧試験科目のモジュール化 | 陸上関係資格の無線工学及び法規をベースとして、専門科目（海上、航空、アマチュア）を追加する方式を検討 |
| | 養成 | ⑨初級アマチュアの資格取得の促進 | 小・中学校生でも資格取得が可能な見直し、周知・広報の推進 |
| | | ⑩学校への（短期）養成課程制度導入 | 学校での長期養成課程に加えて（短期）養成課程による資格取得も可能化 |
| | 講習 | ⑪知識・技能の更新講習の導入 | 知識・技能の更新するための講習を認定し、講習修了証明（資格）を付与 |
| 告示 | 養成 | ⑫講師不足への対応 | 科目確認、長期養成課程等におけるeラーニングの活用（特に法規） |
| 審査基準 | 養成 | ⑬ステップアップ制度の拡充 | 主任無線従事者の下での業務経験の要件を追加することで、養成課程の授業時間数を軽減 |

【参考１－１】



## 無線従事者、主任無線従事者

無線従事者とは、無線設備の操作又はその監督を行う者であって、総務大臣の免許を受けたもの【電波法２条】

無線従事者は、総合、海上、航空、陸上、アマチュアの５つに区分され、それぞれ免許を受けた資格に応じて操作できる無線設備などが異なる【電波法施行令第２条】

選任された主任無線従事者の監督のもとに、無資格者が操作ができる【電波法39条】

無線従事者の23資格（赤色：総合（海上・航空・陸上）、青色：海上、緑色：航空、茶色：陸上、黒色：アマチュア）
（　）内は通称、【　】内は操作できる範囲の一例

＊ 第一級総合無線通信士（１総通）【国際航海をするGMDSS※対応船舶で船上保守、モールスあり】
＊ 第二級総合無線通信士（２総通）【近海航路の貨物船舶等でモールスあり】
＊ 第三級総合無線通信士（３総通）【漁船、漁業用海岸局でモールスあり】

＊ 第一級海上無線通信士（１海通）【国際航海をするGMDSS対応船舶で船上保守】
＊ 第二級海上無線通信士（２海通）【国際航海をするGMDSS対応船舶で予備設備交換保守のみ】
＊ 第三級海上無線通信士（３海通）【国際航海をするGMDSS対応船舶で陸上保守のみ】
＊ 第四級海上無線通信士（４海通）【国際航海をしない小型船舶】

＊ 第一級海上特殊無線技士（１海特）【沿海を航行するGMDSS対応船舶で陸上保守のみ】
＊ 第二級海上特殊無線技士（２海特）【沿海を航行する内航船舶】
＊ 第三級海上特殊無線技士（３海特）【沿岸で操業する小型漁船、プレジャーボート】
＊ レーダー級海上特殊無線技士（レーダー特）【船舶に搭載されたレーダー】

※「海上における遭難及び安全に関する世界的な制度」（GMDSS：Global Maritime Distress and Safety System）は、従来のモールス通信に替えて、デジタル通信技術や衛星通信技術による捜索救助活動を可能とするシステム

【参考１－２】

無線従事者の23資格（赤色：総合（海上・航空・陸上）、青色：海上、緑色：航空、茶色：陸上、黒色：アマチュア）
（　）内は通称、【　】内は操作できる範囲の一例

＊ 航空無線通信士（航空通）　【運送事業用航空機、航空交通管制】
＊ 航空特殊無線技士（航空特）【自家用航空機】

＊ 第一級陸上無線技術士（１陸技）【大規模放送局、空中線電力2kw超】
＊ 第二級陸上無線技術士（２陸技）【中規模放送局、空中線電力２kw以下】

＊ 第一級陸上特殊無線技士（１陸特）【多重無線設備を使用した防災行政無線、無線中継放送局】
＊ 第二級陸上特殊無線技士（２陸特）【コミュニティ放送局、気象レーダー】
＊ 第三級陸上特殊無線技士（３陸特）【消防・警察無線、業務用ドローン、ローカル５G】
＊ 国内電信級陸上特殊無線技士（国内電信）【自衛隊モールス通信固定局】

＊ 第一級アマチュア無線技士（１アマ）【すべてのアマチュア無線局】
＊ 第二級アマチュア無線技士（２アマ）【空中線電力200w以下】
＊ 第三級アマチュア無線技士（３アマ）【空中線電力50w以下】
＊ 第四級アマチュア無線技士（４アマ）【空中線電力20w以下】



【参考２】

## 工事担任者（電気通信事業法）のステップアップの仕組み

出典：（一財）日本データ通信協会の資料

⇒無線従事者にも同様の仕組み（試験科目のモジュール化、業務経験の活用）を導入

資料７－４

# ワイヤレス人材育成の現状と課題

2026.2.6

**MCPC**

## モバイルコンピューティング推進コンソーシアム


Copyright© 2026　Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# MCPCについて

MCPC：Mobile Computing Promotion Consortium
モバイルコンピューティング推進コンソーシアム

DXを推進する MCPC

**MCPCは、通信キャリア、ハードウェアメーカ、ソフトウェアメーカ、システムインテグレータ等により1997年に設立。**
**目標：DXシステムの構築　運用に、先導的役割を果たす（技術・普及・人材育成）**

**MCPC会長　安田 靖彦**
**東京大学名誉教授**
**早稲田大学名誉教授**
**元　電波監理審議会会長、他**

**副会長：NTTドコモ・KDDI**
**監事　：伊藤忠テクノソリューションズ**

**◆1997年 設立◆会員数170社◆登録活動メンバー790名（2026年2月現在）**

| | |
|---|---|
| 幹事会社（7社） | docomo、HITACHI Inspire the Next、KDDI、NEC、SoftBank、TOSHIBA、SHARP |
| 正会員（27社） | 楽天モバイル、NECネッツエスアイ、三菱電機、京セラ、デンソー、パイオニア、日本ノーベル、ソニーグループ、伊藤忠テクノソリューションズ、NTTテクノクロス、ゼネテック、東芝テック、クレオ、パナソニックコネクト、フォルシアクラリオン・エレクトロニクス、日本アンテナ、日本自動車工業会、アイシン、ミツミ電機、セイコーソリューションズ、FCNT他 |
| 賛助会員（90社） | 太陽誘電、JVCケンウッド、KDDIテクノロジー、情報処理学会、インターコム、エクシオグループ、IoT-EX、ホシデン、インプレス、カシオ計算機、KDDI財団、玉川大学、日本電子専門学校、岩崎学園、電波新聞社、日立AC、大塚商会、三和電子、NTTソノリティ、トレンドマイクロ、AKKODiSコンサルティング、中部産業連盟、日本コムシス、アルファシステムズ他 |

**相互協力会員（38団体）**

| | |
|---|---|
| 日本貿易振興機構(JETRO) | (一社)電子情報通信学会(EiC) |
| 大韓貿易投資振興公社(KOTRA) | (一社)次世代センサ協議会(JASST) |
| (一社)電波産業会(ARIB) | (一社)ソフトウェア協会(SAJ) |
| (一財)電波技術協会(Reea) | (一社)情報通信ネットワーク産業協会(CIAJ) |
| (一社)電子情報技術産業協会(JEITA) | (特非)日本Androidの会 |
| (特非) ITコーディネータ協会（ITCA) | (一社)日本コンピュータシステム販売店協会(JCSSA) |
| (一社) 企業情報化協会(IT協会) | (特非)日本プロジェクトマネジメント協会（PMAJ) |
| 工業技術研究院 資訊與通訊研究所(台湾) | (一社)日本ベンチャーキャピタル協会(JVCA) |
| | (一社)組込みシステム技術協会(JASA) |

**協調団体（10団体）**

**IEEE**（USA）
**Bluetooth-SIG**（USA）
USB-IF、IrDA（USA）、
Wavefront（Canada）、
Cambridge Wireless（U.K)、
Philippine Software Industry Association(PSIA)、
Biocom、
Continua/PCHA


Copyright© 2026　Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# ワイヤレス人材育成に関する課題

## 1.　ワイヤレス技術者の漸減

通信・キャリア企業の技術者は、かつては
「無線通信・ネットワークの専門家」が中心だったが、
現在は”通信 × IT × AI × セキュリティ × データ”を
横断する“総合エンジニア”が求められ、相対的に
ワイヤレス技術者の比重が低下している。
大手電機メーカも同様で通信事業から撤退、端末
メーカも減少し、技術者も他の分野にシフトしている。

⇒　・**検定（講習含む）**などにより技術認定を行い、
技術者数と活動領域の拡大を図る
・**海外人材**の活用を図る


Copyright© 2026　Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# 人材育成の好循環

Copyright© 2026　Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# MCPC検定実績

2026.2.1現在

（備）2020年～2024年コロナ禍で受験者減

| 区　分 | | レベル | 累計受験者数 |
|---|---|---|---|
| モバイル | モバイルシステム技術検定<br>(開始：2005年12月<br>20年経過) | 基礎・実務 | 構成員限り |
| | | ２級 | |
| | | １級 | |
| | | SMC | |
| | IEEE WCET資格試験（2011年秋～2019年秋） | | |
| | **モバイル小計** | | |
| IoT | IoTシステム技術検定<br>(開始：2016年4月　9年経過) | 基礎 | |
| | | 中級 | |
| | | 上級 | |
| | ワイヤレスIoTプランナ | | |
| | **IoT小計** | | |
| ローカル５G実践研修講座（7回実施） | | | |
| **総合計** | | | **115,650** |


Copyright© 2026　Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# MCPC検定制度の認知度・活用・効果

| 検定試験 | 認知度・活用・効果 |
|---|---|
| モバイルシステム技術検定 | モバイル各種検定についての認知度は移動通信会社、その関連会社などで、会社によってはモバイル検定2級の取得推奨（ある程度の強制的）し、社内での業務ベクトルと符合した、との表明もあり。<br>移動通信に関連の販売会社やシステム構築会社、通信工事会社などでも社内紹介いただくなど強制的ではないにしても取得推奨が進められています。 |
| IoTシステム技術検定 | IoTシステムに関連して、通信会社やIT関連の方に多数受験いただいています。特に一部通信会社の有線技術者の無線対応へのシフトに向けて、無線技術習得に活用いただいています。<br>また、ある電機メーカでは、技術者の取得推奨資格に認定いただき社内で試験対策講座が開催されています。 |
| ワイヤレスIoTプランナ検定 | ある通信会社では、全社員の有線から無線シフトに伴う技術力底上げのため、認定資格として採用され、多数の方に受験いただき、その結果、用語の共通化が図られるようになるりました。 |


Copyright© 2026　Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# スキルレベルの見える化（１）

## モバイルシステム技術検定のスキルレベル

| ITSS スキル レベル | レベルの定義 | SMC | モバイル 1級 | モバイル 2級 | モバイル 基礎 | スマホ・ モバイル 実務 | (参考)情 報処理技 術者試験 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 世界で通用 | | | | | | |
| 6 | 国内のハイエンド | | | | | | |
| 5 | 企業内のハイエンド | | | | | | |
| 4 | 独力で業務上の課題の発見と解決をリード | | | | | | 高度情報（IEEE WCET） |
| 3 | 要求された作業を全て独力で遂行 | | | | | | 応用情報 |
| 2 | 上位者の指導の下に、要求された作業を担当 | | | | | | 基本情報 |
| 1 | 最低限必要な基礎知識 | | | | | | ITパス ポート |

ITSS:ITスキルスタンダード(IPA)
SMC:シニアモバイルシステムコンサルタント
WCET: The Wireless Communication Engineering Technologies

Copyright© 2026 Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# スキルレベルの見える化（2）

## IoTシステム技術検定のスキルレベル

| ITSS スキル レベル | レベルの定義 | 上級 | 中級 | 基礎 | ワイヤレス IoT プランナー | (参考)情 報処理技 術者試験 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 世界で通用する | | | | | |
| 6 | 国内のハイエンド | | | | | |
| 5 | 企業内のハイエンド | | | | | |
| 4 | 独力で業務上の課題の発見と解決をリード | | | | | 高度情報（IEEE WCET） |
| 3 | 要求された作業を全て独力で遂行 | | | | | 応用情報 |
| 2 | 上位者の指導の下に、要求された作業を担当 | | | | | 基本情報 |
| 1 | 最低限必要な基礎知識 | | | | | ITパス ポート |



Copyright© 2026 Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# 各検定が目指す人材像（１）

| 検定 | 人材像 |
|---|---|
| SMC | 日本のモバイルクラウドシステムの企画・設計・構築・運用をリードできる高度専門人材で、モバイルシステムの“戦略的構築”をリードでき、経営層の意思決定を補佐できるレベルの知識と提案力、企業内外で指導的役割を担える人材の育成を目指す。（2年毎の更新、総務省課長の講演あり） |
| モバイル1級<br>(3科目構成) | モバイルシステムの高度な専門家で、モバイルネットワーク、端末、セキュリティ、クラウド、アプリケーションなどモバイルシステム全体を俯瞰して理解し、最適な構成を設計できる人材の育成を目指す。 |
| モバイル2級 | モバイルシステムの基礎を理解し、実務で活用できる技術者で、モバイルネットワーク、端末、セキュリティ、クラウドなどの基本的な技術要素を体系的に理解している人材の育成を目指す。 |
| モバイル基礎 | モバイル技術の基本（例　電波の特性）を理解した社会人・学生で、モバイル活用の初歩的な実務に対応できる人材の育成を目指す。 |
| スマホ実務 | スマートフォンなどモバイル機器の業界の知識、技術知識、法知識を備えた主に販売スタッフの育成を目指す。<br>（総務省後援） |


Copyright© 2026　Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# 各検定が目指す人材像（２）

| 検定 | 人材像 |
|---|---|
| IoT上級 | IoTシステム全体を“設計・構築・運用”まで統括できる高度技術者でありIoT導入プロジェクトをリードできるプロジェクト推進者の育成を目指す。資料は最新情報も含めたHand Outを都度製本する。<br>（早稲田大学スマートエスイー修了者も対象） |
| IoT中級 | IoTシステムを“自ら構成できる”実務レベルの技術者で、IoTシステム全体を理解し、基本的な構築ができ、無線通信・ネットワークの特性を理解し、適切に選定できる人材の育成を目指す。（早稲田大学スマートエスイーとの連携） |
| IoT基礎 | IoTの基本構造を理解し、現場での導入・運用を理解でき、IoT特有のリスクや課題がわかり、安全に扱える人材の育成を目指す。 |
| ワイヤレスIoTプランナ | ユーザ企業、自治体、団体などにあって、IoT導入の基礎知識を持ち、ワイヤレス技術を理解し、現場でIoT活用を推進できる人材の育成を目指す。（総務省後援） |


Copyright© 2026　Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# 検定のテキスト（１）　原則2年毎の更新

**モバイルシステム技術検定テキスト（現在の）推薦者**

| | | |
|---|---|---|
| （株）NTTドコモ | ：前田義晃 | 社長 |
| KDDI（株） | ：松田浩路 | 社長 |
| ソフトバンクグループ（株） | ：宮川潤一 | 社長 |
| 楽天モバイル（株） | ：矢澤俊介 | 社長 |


Copyright© 2026　Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# 検定のテキスト（２）　原則2年毎の更新

**IoTシステム技術検定推薦者**

| | | |
|---|---|---|
| 東京大学 | 森川博之 | 教授 |
| 早稲田大学 | 鷲崎弘宜 | 教授 |

**ワイヤレスIoTプランナ検定推薦者（総務省後援）**

| | | |
|---|---|---|
| 東京科学大学 | 高田潤一 | 執行役副学長 |


Copyright© 2026　Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# ベンダ/ユーザ間のギャップ（例）

| 現象 | ユーザ | ベンダ |
|---|---|---|
| **障害物があると電波が届かない** | 障害物があるので、電波が届かないのは仕方がない | **回折性の低下**<br>周波数が高いほど波長が短くなり、障害物の影に回り込み（回折）が弱くなる |
| **雨が降ると電波の状態が悪い** | 雨の日に調子が悪いのは仕方がない | **雨減衰（rain attenuation）**<br>雨粒によって電波が吸収・散乱され、特に高周波（マイクロ波・ミリ波）で顕著に弱まる |

⇒ **ユーザ企業の企画・モバイルシステム導入責任者・担当者向け**
**『ワイヤレスIoT プランナ検定』（総務省後援）**


Copyright© 2026 Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# MCPC「Wireless IoTグローバル技術検定（仮）」による外国人材の育成

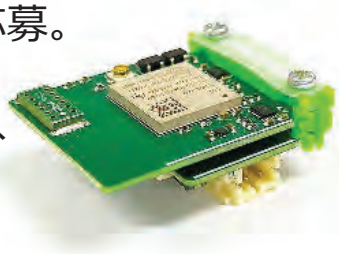
- **日本の社会の変化とそれに伴う人材不足の深刻化**
  - ✓ 情報産業の人材不足の深刻化（69.9%）**（帝国データバンク2025年4月調べ）**
  - ✓ 製造業を中心に幅広い産業でIoT化が進む（製造、農林水産、エネルギー、インフラ、医療）
- **自由で開かれたインド太平洋を基盤とする日本と東南/南アジア諸国との包括的連携の推進（技術、人材交流）**
  - ✓ 日本との技術協力、人的交流により東南/南アジア諸国の若者の日本のワイヤレス技術に対する理解を深め、興味を高める
  - ✓ **上記を通し、日本の技術的優位性を促進、経済安全保障の強化、インフラ海外展開の推進（次世代通信ネットワークへの移行を促進）**
- **システムエンジニア不足は、長期化の見通し。MCPCが長年培ってきた「ワイヤレスIoT検定」を通して、優秀な外国人材が日本の技術の現状、その方向性を学び、上記の支えとなってもらう ⇒検定試験の英語化「Wireless IoTグローバル技術検定」（まずインド、インドネシア対象）**


Copyright© 2026 Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

# 魅力あるワイヤレス業界と
# するために

- **MCPCアワード**による優秀事例の表彰
  グランプリ・総務大臣賞から奨励賞まで約20事例を表彰
  ローカル５G賞の新設によるL5G活用の推進
  ⇒“成功したモバイル/IoT活用事例”を発行、展博などで配布

- **ナノコン応用コンテスト**に若手技術者の参加
  企業の他、大学・専門学校の若手技術者が多数応募。
  注）ナノコン（Arduino互換のマイコン・
  モジュールを搭載する超小型オープンソース
  ハードウェア / ソフトウェア）
  協力；東京大学桜井研究室/
  トリリオンノード研究会




Copyright© 2026 Mobile Computing Promotion Consortium All rights reserved.

今日も会員のために

MCPC

モバイルコンピューティング推進コンソーシアム

# ワイヤレス分野の重点技術に関する検討

MRI 三菱総合研究所

2026/3/26

モビリティ・通信政策本部
ICTインフラ戦略グループ

## 本資料の位置づけ

### ＜目的＞

- 重点技術作業班にて示されている重点技術領域において、今後我が国として重点技術として　注目すべき技術の例を抽出し、市場性や重要性、社会実装の時間軸等を整理することで、今後の研究開発等工程表策定に資する基礎資料を示すこと。

### ＜位置づけ＞

- 本資料は、ワイヤレス分野における重点技術について、今後の研究開発の重点化及び推進方策の検討等に資するため、現時点（2026年3月）の見通しに基づき整理した内容である。
- 個別の技術例は、現時点での代表例を示すものであり、固定的な結論ではなく、今後の技術インテリジェンス、市場・競争環境、政策動向等を踏まえて継続的に更新していく前提とする。
- 研究開発対象の抽出に主眼を置く一方で、供給継続性、自律性、保守運用性等の観点から維持すべき技術や能力・体制については、推進方策の検討に含まれるものとする。

### ＜各技術の抽出及び評価方法＞

- 国内外の市場・研究開発動向に関する文献調査（研究論文含む）、関係者へのヒアリング等を通じ、重点技術領域ごとに技術類型及び代表的技術例を抽出し、以下の2軸で評価・整理した。
- 市場性：関連市場の規模・成長性、用途・ユースケースの広がり、主要プレイヤー・競争環境、標準化・制度整備や社会実装の進展可能性、2030年代に向けた我が国の競争優位となり得るか等
- 重要性：不可欠性・自律性を確保すべきか、他分野への波及性・基盤性を有するか、国内で維持すべき設計・製造・施工・保守運用能力に関わるか等

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 工程表の作成にあたって

## 1. 時間軸の設定

- 各領域の工程表は、個別技術の厳密な年表ではなく、社会実装に向けた発展段階の目安を示した。
- 着手時期や実装時期は、技術成熟度だけでなく、標準化、制度整備、評価・認証基盤、調達更新サイクル、先行需要の有無によって前後し得る。そのため、各工程表では年次を固定的に捉えるのではなく、研究開発→実証→初期導入→基盤化・横展開といった流れを基本に整理した。

## 2. 研究開発の類型の考え方

- 重点技術を対象とした研究開発の目的・狙いが一様ではなく、社会実装までの律速要因も異なる。そのため工程表では、研究開発の主目的と社会実装上のボトルネックの違いなどを踏まえて、進め方の例として類型化した。

  - **標準化型**
    研究開発の主眼が、相互接続性、共通仕様、試験法、認証条件の確立にある類型。
    技術が成立していても、標準化や評価・認証基盤が整わなければ普及・展開しにくいため、社会実装に向けては国際標準化、試験、認証スキーム構築が主要な節目となる。
  - **ユースケース先行型**
    研究開発の主眼が、現場での有効性や運用成立性の実証にある類型。
    技術単体の性能よりも、先行利用者との実証、導入効果の可視化、運用体制や費用負担の整理等が普及・展開の前提となる。
  - **社会実装型**
    研究開発の主眼が、制度、調達、責任分界、安全要件等を含めて社会に組み込める形を整えることにある類型。
    技術の成熟だけでなく、制度設計、調達要件、継続運用モデルの整備等が工程を左右する。
  - **デバイス型**
    研究開発の主眼が、性能実現に加えて、量産歩留まり、供給安定性等まで含めて事業化を成立させることにある類型。
    このため、仕様への組込み、評価・認定、量産立上げ、サプライチェーン確保等が主要な節目となる。

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 重点技術領域の概要

| 区分 | 領域 | 領域の位置づけ・役割 | 市場性 | 重要性 | 日本の強み（例） |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 システム技術 | 1.1 フィジカルAI・IoT | AI・センサ・通信を用いて現実世界の設備・機械・環境をデジタル化・自律化する | 製造、物流、農業、建設、モビリティなど現場課題起点で市場が立つ | 産業競争力の実装面を左右する基盤技術 | 現場品質、ロボティクス、センサ統合、社会システム実装 |
| | 1.2 重要インフラ・ナショナルセキュリティ | 通信、電力、交通、防災など社会機能を支える基幹システムを安定運用する | 公共投資、インフラ更新、運用保守市場 | 停止が社会機能に直結する不可欠領域 | 高信頼運用、保守、制度設計、インフラ統合 |
| | 1.3 次世代通信システム（B5G/6G） | 社会・産業システムを支える次世代通信基盤を構築する | 通信事業者投資、産業ネットワーク、インフラ更改 | 国の通信基盤として自律性・主権性が高い | 運用技術、実証基盤、部分技術 |
| 2 コア技術 | 2.1 AI・フロンティア | AIと先端ワイヤレスなどの新原理技術により通信・計算・制御の構造を非連続に高度化する | 研究・実証主導で立ち上がり、将来市場形成 | 将来の技術主導権や標準化競争に直結 | 実証基盤、計測、標準化、要素技術 |
| | 2.2 素材・部品・デバイス | 通信・計算機器の性能を支える材料・電子部品・半導体など物理基盤を担う | BtoB部材供給市場として安定的に拡大 | 供給網の主導権を左右する不可欠領域 | 電子部品、材料、精密部材、実装 |
| | 2.3 エンジニアリング・デザイン | 要素技術を統合し、性能・コスト・信頼性を満たすシステム設計・実装・最適化を担う | 設計、統合、評価、装置・システム開発に付加価値 | 技術を社会実装できるかを決定する統合能力 | システム統合、実装設計、品質設計 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 1.1 フィジカルAI・IoTシステム領域

- 本領域は、フィジカルAIやIoTを**現場で実装・運用可能にするための共通基盤**を担う領域であり、ロボット、物流、産業IoT、モビリティ、インフラ保守等の先行市場形成に直結する。
- 通信性能に加え運用・保守・安全性まで含めて現場で運用が回る仕組みとして整えることが重要であることから、状況を把握する(認識・位置・時刻)、切れずに接続する(接続・収容)、安全に動かし続ける(制御・運用)機能を一体で高度化することが求められる。そのため、個別要素の性能競争だけでなく、**多様な産業現場に横展開できる共通基盤**として成立性を見極める観点が重要である。

| 技術の類型 | | 主な技術(例) | |
|---|---|---|---|
| **認識・時空間技術** | 状況把握と位置・時間整合を担う技術 | 高精度PNT (Positioning,Navigation,Timing) | 屋内外や移動体でも位置・時刻を高精度にそろえ、ロボット・車両・作業員の**協調制御や安全運行**を成立させる。 |
| | | 近距離測位・センシング | 人・物・環境の状態を近距離で常時把握し、**見守り・異常検知・動線把握**を省配線・低負担で実現する。 |
| **接続・収容技術** | 多数端末・移動体・広域環境でも接続を維持する技術 | NTN(非地上網) | 地上網と衛星・HAPSを組み合わせ、山間部・海上・災害時を含めた**切れ目ない広域接続**を実現する。 |
| | | Ambient IoT | 電池交換の負担を極小化し、貼る・置くレベルの超多数センサを長期運用して、**常時データ収集の面的展開**を可能にする。 |
| | | Massive IoT | 膨大なIoT端末を衝突・遅延を抑えて効率的に収容し、工場・物流・インフラ現場での**同時計測・一斉制御**を可能にする。 |
| | | モビリティ向け通信 | 高速移動中でも低遅延・高信頼に接続し、自動運転、遠隔操縦、隊列走行、ドローン運航などの**移動体サービス等の安定運用**を支える。 |
| **制御・運用技術** | 低遅延制御と運用・保守・安全を現場で成立させる技術 | 自律再構成無線 (Self-Organizing Network等) | 障害や環境変動に応じて通信経路や設定を自動最適化・復旧し、**途切れにくい通信と省人運用**を実現する。 |
| | | MECフェデレーション | 複数拠点のエッジ資源を連携させ、データを近傍で分散処理することで、**低遅延AI・映像解析・地域横断運用**を可能にする。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 1.1 フィジカルAI・IoTシステム領域　各技術の分析

| 技術 | 市場性・競争環境 | 重要性 | 社会実装シナリオ |
|---|---|---|---|
| 高精度PNT | • 自動運転、物流AGV、インフラ保守で高精度測位・時刻同期需要が拡大。<br>• Trimble等海外勢が先行、GNSS基盤は米欧中主導。日本は準天頂衛星システム(QZSS)/MADOCAを軸に、高精度化と性能評価に強み。 | • 測位と高精度時刻はロボット制御、送電・通信同期、災害対応の共通基盤で途絶等は社会機能停止に直結。<br>• 受信機設計・PNT多重化・妨害耐性・検証評価・時刻供給など国内能力の維持が望ましい。 | -2030:ロボット・ドローン・自動運転等限定用途で初期市場形成。<br>-2035:調達要件化、代替測位・冗長同期・異常検知など実装進展。<br>-2040:移動体・産業制御の共通基盤として定着。 |
| 近距離測位・センシング | • 倉庫・工場/人流/安全見守りでWi-Fiセンシングなどが普及、既設AP活用で導入障壁は比較的低い。<br>• Wi-Fiチップベンダ等が市場を牽引。日本は機器実装・現場適用で差別化余地あり。 | • 屋内人・物認識はロボット協調や物流自動化の前提、センシング基盤の安全設計・プライバシー確保が重要。<br>• 電波評価、アルゴリズム、端末/アンテナ実装、現場検証能力の維持が望ましい。 | -2030:人・物体検知や位置推定等工場向けなど初期市場形成<br>-2035:スマートファクトリ・ビル管理で導入拡大、ロボット・設備制御連携型の常設センシング基盤化。<br>-2040:都市空間等に展開・定着。 |
| NTN | • 当面は遠隔地バックホール・災害/海上向け需要が先行、2030年前後にD2D衛星やHAPS連携拡大と想定。<br>• SpaceX、Eutelsat、Amazon等の寡占色が強い。日本は衛星/地上局・端末実装と運用SIに強み。 | • 広域災害・地政学リスク下での通信継続は不可欠。<br>• 衛星/地上局設計、運用監視・冗長化等の国内基盤化で有事等の自律運用に資する。 | -2030:限定導入、地上網と衛星/HAPSの切替運用を実装。<br>-2035:一体設計が普及、端末・運用管理・測位連携まで統合。<br>-2040:地上/非地上一体の接続基盤として定着。 |
| Ambient IoT | • 2030年前後から物流等のトレーサビリティで電池レスタグが本格化し得るが、読取インフラ投資と単価低下が成否を左右し不確実性は高い。<br>• Wiliot等が先行、3GPPで標準化が進行中。日本は印刷・部材と現場導入設計に強み。 | • 電池交換が困難なインフラ・広域設備で常時センシングを可能にし、保守コストと廃電池を大幅に減らす。<br>• エナジーハーベスティング、超低消費設計、タグ量産、読取配置設計、データ信頼性評価を国内で持つことで産業競争力にも寄与。 | -2030:工場・物流等で実証、電池交換削減など導入評価が進展。<br>-2035:現場の大量導入で市場立上げ、認証・鍵管理・更新設計込みの提供が進展。<br>-2040:超多数端末を前提とした運用モデルとして拡大。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

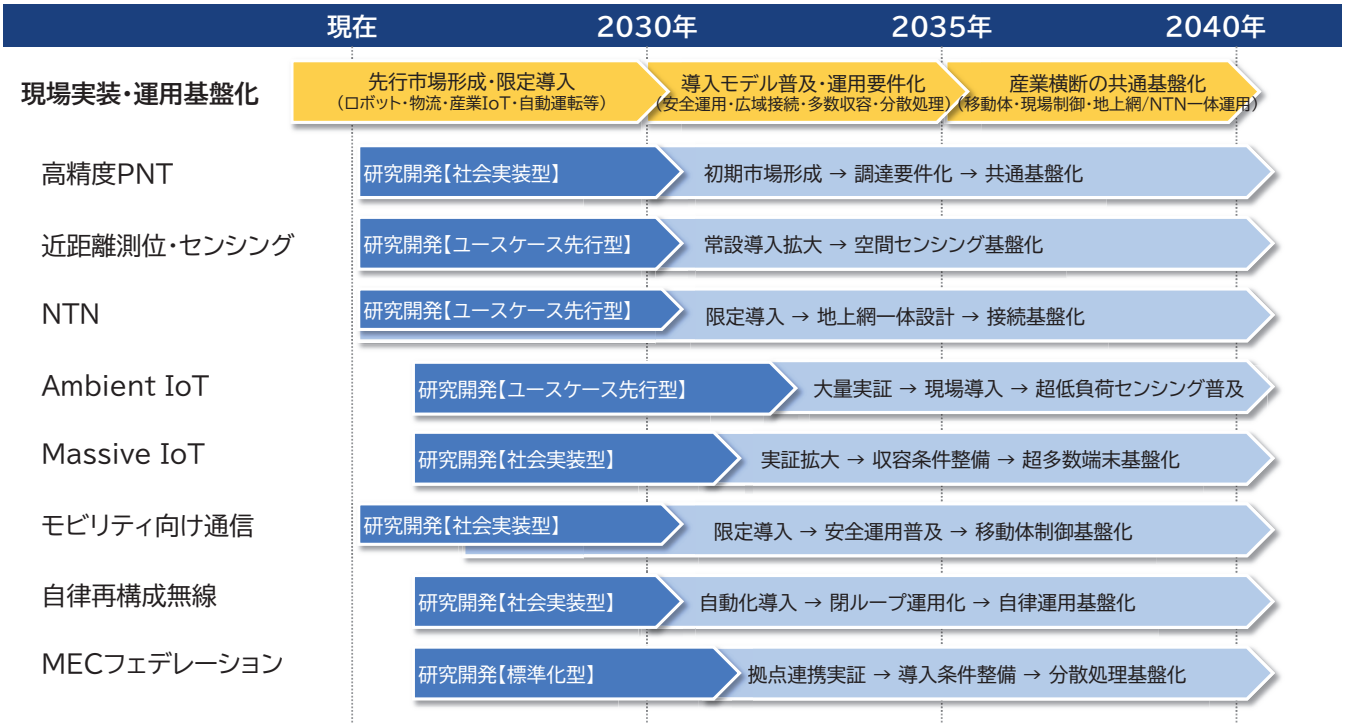
# 1.1 フィジカルAI・IoTシステム領域　各技術の分析

| 技術 | 市場性・競争環境 | 重要性 | 社会実装シナリオ |
|---|---|---|---|
| Massive IoT | • スマートメータ・資産管理・環境監視でLPWAが拡大し、2030年までに各種規格が用途別に棲み分ける。<br>• Quectel/Fibocom等モジュールベンダが強く寡占傾向、日本は村田製作所等がモジュール、機器、運用基盤等で優位。 | • 災害時の被害把握や需給最適化など社会インフラの低コスト・常時状態把握を実現する基盤。<br>• ID管理、認証・更新、電池寿命設計、電波品質評価、長期運用の保守体制の国内維持により継続運用が可能。 | -2030:産業IoTで実証拡大、低オーバヘッド接続・衝突回避方式の適用を開始。<br>-2035:限定普及し、多数収容を前提としたKPI/試験条件が整備。<br>-2040:超多数端末収容の基盤技術として定着。 |
| モビリティ向け通信 | • ドローン物流の他、V2N/V2X高度化・関連制度整備と連動して自動運転が徐々に本格化。<br>• ハード系は自動車OEM/Tier1（Bosch等）とC-V2Xチップベンダが主導。日本は車載実装、実証・運用設計等に強み。 | • 自動運転・協調走行では通信が安全機能の一部となる。<br>• 認証・暗号、機能安全/セキュリティ評価、運行管理と通信監視を国内で一体対応できる能力が不可欠。 | -2030:公共交通等限定導入、遠隔監視・協調制御用途中心に展開。<br>-2035:自動運転/ロボット/ドローン等へ普及し、冗長運用込みの設計が一般化。<br>-2040:安全制御と広域接続を支える基盤通信として定着。 |
| 自律再構成無線 | • 工場・物流・インフラの自営網で、自動復旧・自動最適化機能の需要が拡大。自営5Gや産業Wi-Fiの運用機能として市場形成。<br>• 大手外資ベンダ等が先行するも、日本は現場実装、SI、運用で強み。 | • 無線は現場デジタル化の基盤であり、故障復旧や設定最適化を人手に依存すると安定運用上のリスクは増大。<br>• 自動化ロジック、セキュリティ検証基盤等の国内保持は、事故時に原因究明・復旧に資する。 | -2030:多拠点IoT・自営網で実証拡大、基本機能を導入。<br>-2035:運用自動化と閉ループ制御が普及、高可用SLAを支える。<br>-2040:マルチベンダ環境でも自律運用が前提機能化。 |
| MECフェデレーション | • 現場AI推論・映像解析等需要でMECの展開が進展。<br>• 大手クラウド・通信キャリアが競合し、寡占化傾向。日本はデータ主権・運用SLAを武器に連携基盤に期待。 | • フィジカルAIの推論・制御を現場近傍で完結させ、クラウド集中依存リスクを低減。<br>• 分散運用、ゼロトラスト、SLA運用など機能の国内能力が望ましい。 | -2030:閉ループ制御やAI活用用途で初期市場形成、拠点間連携の実装が始動。<br>-2035:エッジ間連携APIと責任分界を含む相互運用が普及。<br>-2040:分散計算基盤として定着。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 1.1 フィジカルAI・IoTシステム領域　工程表

- 現場ニーズが既に顕在化している認識・時空間把握／モビリティ系と、運用条件や責任分界の整理を経て立ち上がる接続・分散処理系に分かれる。




Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 1.2 重要インフラ・ナショナルセキュリティ領域

- 本領域は、災害・有事・極限環境下でも**社会機能を止めずに維持するための通信・監視・運用基盤**を担う領域であり、電力、交通、防災、公共安全等の継続性に直結する。
- 単一の通信方式に依存せず、指揮・連携を維持する（継続通信）／必要最低限の情報を届ける（代替伝達）／妨害下でも位置・監視を維持する（耐妨害・監視）／長期にわたり認証・更新を守る（長期防護）機能を一体で整えることが重要であることから、**継続運用性・保守継続性・供給継続性**として着目。

| | 技術の類型 | | 主な技術（例） | |
|---|---|---|---|---|
| 継続通信・代替伝送 | 継続通信・指揮連携技術 | 障害・有事下でも指揮・連携・制御を維持する技術 | 重要インフラ向け無線 | 電力・交通・公共施設等の設備監視や制御を止めず、**平時から災害時まで安全運用と保守連携を維持**する。 |
| | | | ミッションクリティカル通信（MCX等） | 事故・災害時でも現場と指揮拠点の即時連携を確保し、**優先通信・確実な指示伝達・緊急対応**を成立させる。<br>MCX:Mission Critical Communications |
| | 代替伝送・広域バックアップ技術 | 地上網の毀損時でも広域・端末等へ最低限伝送する技術 | 長距離・代替通信技術 | 地上網が毀損した場合でも遠距離へ最低限の情報を届け、**広域バックアップ通信**を実現する。 |
| | | | 放送・マルチキャスト型伝送（5G-MBS等） | 多数の端末・住民に一斉に情報を届け、**避難情報・警報・公共情報の確実な周知**を実現する。<br>5G-MBS:5G Multicast-Broadcast Service |
| 耐妨害・長期防護 | 耐妨害・監視技術 | 妨害下でも位置・時刻・広域監視を維持する技術 | PNT妨害耐性設計 | GNSS妨害や遮断環境下でも位置・時刻を維持し、**重要インフラや防災活動の継続運用**を支える。<br>GNSS:Global Navigation Satellite System |
| | | | 電波センシング・レーダ | 広域監視や侵入検知、異常兆候の把握を高信頼に行い、**危険予兆の早期把握と状況認識**を実現する。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 1.2 重要インフラ・ナショナルセキュリティ領域　各技術の分析

| 技術 | 市場性・競争環境 | 重要性 | 社会実装シナリオ |
|---|---|---|---|
| 重要インフラ向け無線 | • 製造・電力・港湾等でローカル5G等自営網の導入が増え、設備更改と運用保守（監視・障害対応・セキュリティ運用）で市場が拡大。<br>• 大手ベンダの他、国内中堅ワイヤレスベンダが機器＋施工SI・保守運用と併せた強みを有する。 | • 停電・災害下でも重要設備の監視制御と現場作業連絡を維持し、復旧初動を支える無線基盤。<br>• 海外ベンダ依存が増すと脆弱性対応や保守継続が滞るため、設計・施工・運用・評価、部材調達の国内能力の保持が望ましい。 | -2030:更新期に、冗長化・自己診断機能などの高信頼化が進展。<br>-2035:設備更新に合わせて高度化や保守性込みの最適化が進展。<br>-2040:社会基盤を維持する標準設計として定着。 |
| ミッションクリティカル通信 | • 公共安全・鉄道・インフラ向けに公衆網へ移行・併用が進展、端末・サーバ・鍵管理・移行SIと24/365運用等高SLA化で市場が形成。<br>• 海外はMotorola SolutionsやAirbusなど。日本は専用網整備＋アプリ/SIなど強い。 | • 指揮統制の共通基盤として、音声に加え位置・映像・データを優先制御しつつ共有できることが不可欠。<br>• 災害時の相互運用、暗号化・端末認証、代替通信設計など国内で維持し、統制力・継続運用力の確保が重要。 | -2030:防災・公共安全・現場運用で導入拡大、優先制御やグループ通信の実装が進展。<br>-2035:相互運用・オフネット運用を含めて普及。<br>-2040:官民が利用できる共通基盤として定着。 |
| 長距離・代替通信技術 | • 大規模障害時のバックアップ等としてLW/MW/HF・可搬型無線・衛星端末の調達、備蓄更新、保守など官需中心に継続。<br>• 日本は統合運用などに強み。 | • 災害の長期化や有事でも最低限の連絡・指揮を確保できる手段。<br>• 可搬局の展開、必要な機器設置、保守体制強化などで、復旧初動や継続運用につながる。 | -2030:維持更新期として最低限の能力確保が進展。<br>-2035:非常時バックアップ通信として近代化・運用高度化。<br>-2040:衛星・携帯網不達時の代替基盤として定着。 |
| 放送・マルチキャスト型伝送 | • 同報機能の実装、防災行政無線の補完として更新需要が継続。<br>• 海外では5G-MBS規格は大手ベンダ主導で実証-準商用段階。 | • 輻輳時・停電下でも一対多で確実に届け、受信端末の自動起動も可能なため避難・救援の初動を左右する。 | -2030:公衆警報・一斉配信用途などの機能高度化。<br>-2035:公共用途中心に普及。<br>-2040:非常時同報伝達の基盤機能として定着。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

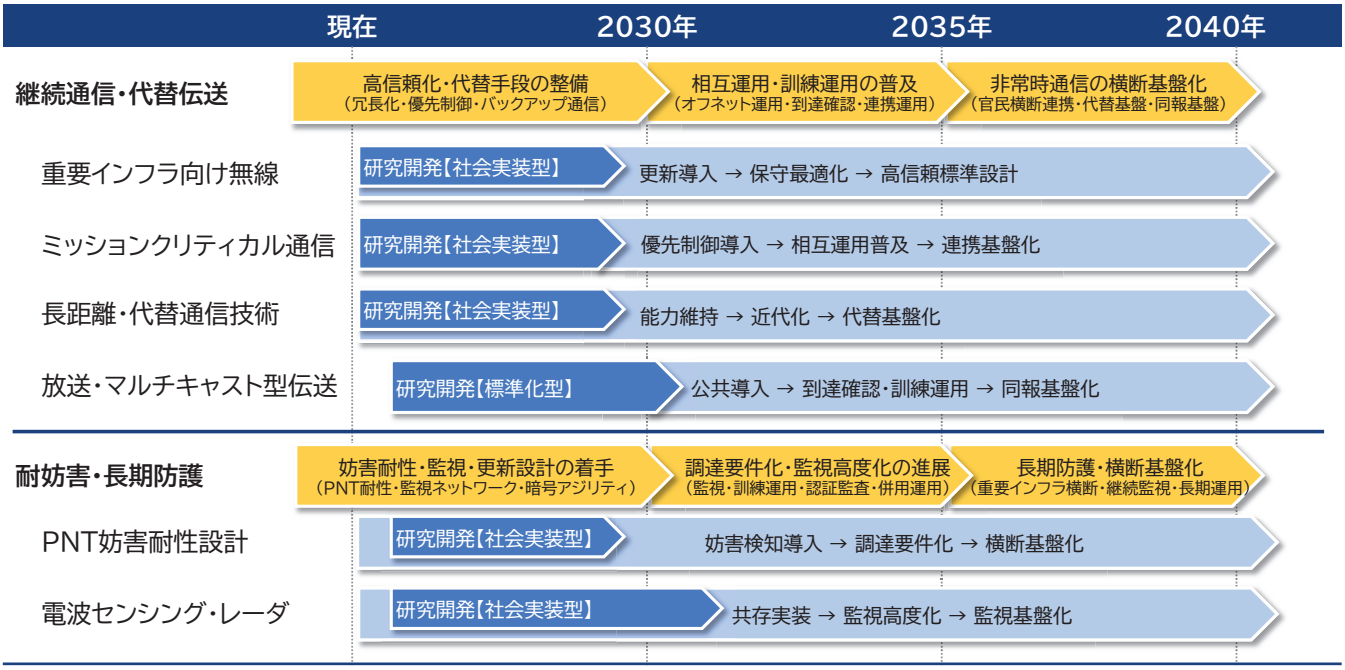
# 1.2 重要インフラ・ナショナルセキュリティ領域　各技術の分析

| 技術 | 市場性・競争環境 | 重要性 | 社会実装シナリオ |
|---|---|---|---|
| PNT妨害耐性設計 | • 衛星測位妨害への対策需要の拡大、2026年以降は監視センサ、耐妨害アンテナ、認証対応受信機、代替時刻源の市場立ち上がりが進展。<br>• 海外は受信機メーカー等が先行する一方、日本は評価・監視運用等に強み。 | • 通信・電力・交通・航空では、測位だけでなく時刻同期の喪失も広範な障害につながるため、妨害に強いPNTの確保が重要。<br>• 安全な運用継続と障害時の適切な復旧判断のため、受信機評価、干渉監視、代替時刻配信など国内で継続できる体制が重要。 | -2030:交通・電力等で実装拡大、妨害検知と冗長切替を導入。<br>-2035:調達要件化が進み、監視・訓練込みの運用が定着。<br>-2040:重要インフラ横断の基盤技術化。 |
| 電波センシング・レーダ | • 監視・防護用途のレーダは、重要施設や境界監視等で更新・高度化需要が継続する。<br>• Thales、Lockheed Martin、Raytheon等海外勢による寡占傾向だが、領域によっては国内ベンダも性能・実装・保守面で強い。 | • 侵入監視や空域・沿岸監視の即応性を支える中核センサであり、サプライ途絶時も維持が必要。<br>• レーダ設計、信号処理、設置校正・修理、運用データ評価、サイバー防護まで国内能力がないと継続監視が困難。 | -2030:共存・妨害耐性・ネットワーク化の実装が進展。<br>-2035:装置更新と一体で高度化が進み、監視・評価市場が拡大。<br>-2040:安全保障・社会監視の基盤技術化。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 1.2 重要インフラ・ナショナルセキュリティ領域　工程表

- 設備更新や訓練運用を通じて比較的早期に社会実装へ移行しやすい継続通信・代替伝達系技術と、監視強化や要件化、長期的な移行対応を前提とする耐妨害・長期防護系技術に大別。




Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 1.3 次世代通信システム(B5G/6G)領域

- 本領域は、地上網・非地上網を含む多様な接続形態を一体で扱いながら、**高性能化(広帯域・低遅延)と運用成立性(複雑さの吸収)を両立する基盤**を担う領域である。
- そのため、オープン化・自動化を安全に運用する(アーキテクチャ・制御)／分散・高密度環境でも品質を維持する(分散無線・高性能実装)／通信機能の拡張や伝搬環境の活用を成立させる(機能融合・環境適応)技術を一体で整える必要があるため、**標準・評価・実装を通じて競争優位を確保し得る領域**として着目。

| 技術の類型 | | 主な技術(例) | |
|---|---|---|---|
| アーキテクチャ・制御技術 | オープン化・自動化・多ベンダ化を、安全に運用可能な形で成立させる基盤 | RAN高度化技術(ORAN/vRAN等) | 特定ベンダに閉じない柔軟な構成を可能にし、拡張・更改しやすい無線アクセス網を実現する。 |
| | | RIC(RAN Intelligent Controller) | 通信状況に応じて無線資源や品質を動的に最適化し、高効率なネットワーク運用を実現する。 |
| | | ゼロトラストRAN | 多ベンダ・クラウド化したRANでも安全性を担保し、オープン化とセキュリティの両立を実現する。 |
| 分散無線・高性能実装技術 | 分散・高密度環境でも容量・遅延・品質を維持する基盤 | Massive MIMO(高精度ビームフォーミング等) | 高密度エリアや大規模セルでも容量・品質を維持し、多ユーザ環境での高効率通信を実現する。 |
| | | 分散RAN高精度同期 | 多地点の無線装置を高精度に協調させ、分散配置された基地局の一体運用を実現する。 |
| | | セルフリー大規模MIMO(分散AP協調) | 複数のアクセスポイントを分散・協調配置し、混雑環境でも安定した接続品質を実現する。 |
| 機能融合・環境適応技術 | 通信機能の拡張と伝搬環境活用を、実装・評価可能な形で成立させる基盤 | ISAC(通信＋センシング) | 通信を行いながら位置・状態・周辺環境も把握し、通信とセンシングの一体利用を実現する。<br>ISAC:Integrated Sensing and Communications |
| | | メタサーフェス(RIS/IRS) | 伝搬環境を能動的に制御し、遮蔽や反射の不利を補って、つながりにくい場所での通信品質向上を実現する。<br>RIS: Reconfigurable Intelligent Surface, IRS: Intelligent Reflecting Surface |

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 1.3 次世代通信システム(B5G/6G)領域　各技術の分析

| 技術 | 市場性・競争環境 | 重要性 | 社会実装シナリオ |
|---|---|---|---|
| RAN高度化技術 | • 5G更新投資でO-RAN・vRANは機能追加の高速化とTCO低減目的に段階的に導入。<br>• Ericsson、Nokia、Huawei等海外大手ベンダで寡占。日本はRU・SI/評価等の強みの発揮に期待。 | • RANの開放・仮想化は装置の供給制約や特定ベンダ依存を下げ、災害・不足時の代替調達を可能にする重要基盤。<br>• 国内でSI、運用、評価、無線実装の一体能力を維持しないと自律的改良が困難となる。 | -2030:導入拡大、マルチベンダ統合と仮想化基盤の実装が進展。<br>-2035:相互運用・運用自動化・セキュリティ監査含む構成が一般化。<br>-2040:調達・運用の自律性を支えるRAN基盤として定着。 |
| RIC | • 無線制御の最適化・省電力・保守自動化などで、商用導入が進むが本格普及は2030前後と予想。<br>• 楽天シンフォニー、海外大手ベンダが先行。国内は運用知見とアプリ開発等に強み。 | • 自律運用・省電力・品質最適化は将来の多層NW運用コストを左右。<br>• RICは運用データとAI/制御ロジックを国内に保持できる要であり、失うと運用自動化と最適化アルゴリズムの主導権を海外に依存。 | -2030:普及段階に入り、rApp/xApp活用で運用高度化が進展。<br>-2035:制御ポリシー管理とアプリ検証が成熟。<br>-2040:監査可能な閉ループ制御基盤として定着。 |
| ゼロトラストRAN | • クラウド化・マルチベンダ化による攻撃リスク増大により、RAN防御は必須領域として需要が増える。<br>• 日本はSBOM/試験・認証で強いが、ベンダ・クラウド各社、セキュリティ専業が強く、寡占化傾向。 | • ゼロトラスト適用を欠くと多ベンダ運用時の侵害拡大や継続運用が脆弱化。<br>• 国内で要件定義、脅威分析、検証、脆弱性対応、暗号・認証実装の能力を維持することが不可欠。 | -2030:多ベンダ・クラウド化を背景に実装が進展。<br>-2035:常時監査・真正性確認・最小権限運用が定着。<br>-2040:RAN防御の前提アーキテクチャとして基盤化。 |
| Massive MIMO | • ミッドバンド等高周波数帯で、広域での容量・カバレッジ拡張にMassive MIMO/大開口アレーの需要が継続。<br>• Ericsson、Nokia、Huawei、Samsung等の大手ベンダの寡占。日本はRU・部材で展開中。 | • 周波数逼迫下での容量確保と省電力化に直結し、都市・地方の通信品質と産業DXの前提となる。<br>• 国内で高周波RF、アンテナ実装、熱設計、量産製造、無線評価の基盤化により、基地局更新の自律性を確保。 | -2030:5G-Advanced更改とともに高度化。<br>-2035:都市部・高密度エリアを中心に普及。<br>-2040:高収容・高体感品質を支える標準機能として定着。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

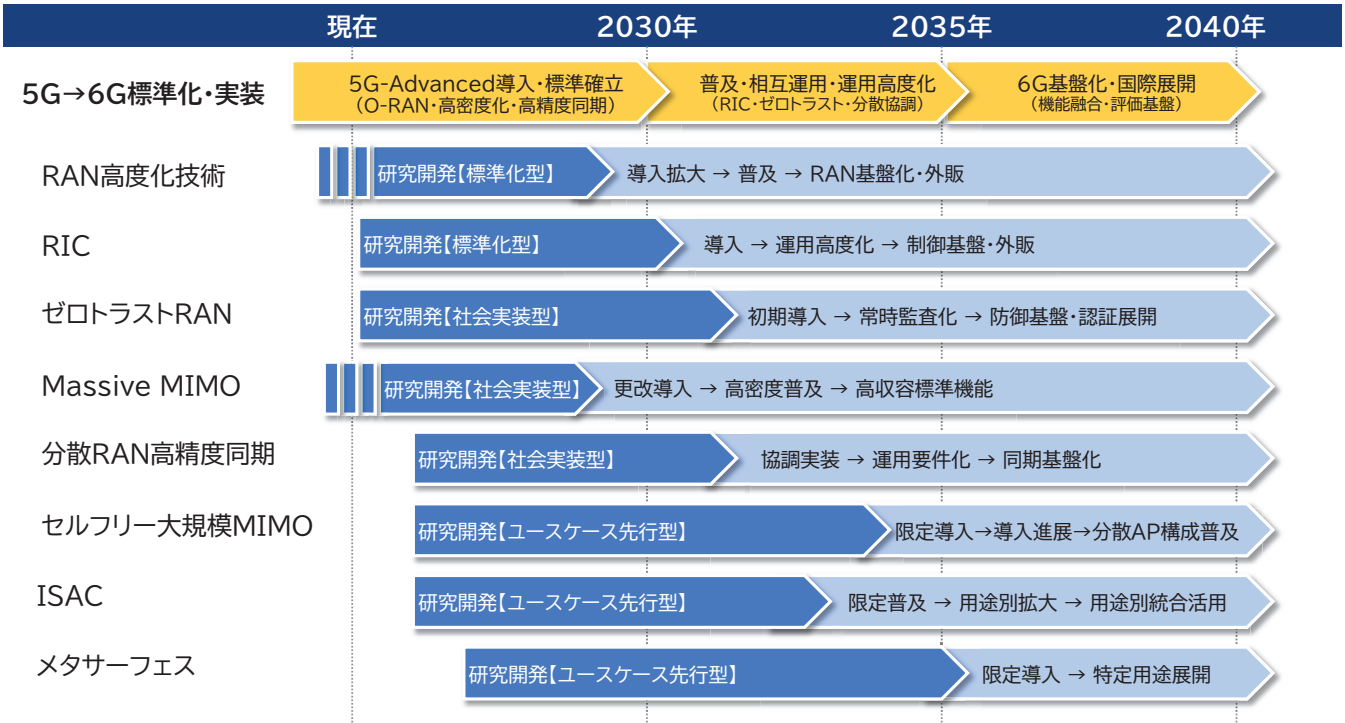
# 1.3 次世代通信システム(B5G/6G)領域　各技術の分析

| 技術 | 市場性・競争環境 | 重要性 | 社会実装シナリオ |
|---|---|---|---|
| 分散RAN<br>高精度同期 | • 次世代通信網の実装では高精度時刻同期が成否を左右し、5G高度化～6Gに向け需要が底堅い。<br>• 大手ベンダに加え、タイミングIC・計測/検証ベンダが競合。日本は計測・評価と運用設計で参入余地あり。 | • 時刻同期はフロントホール、協調送受信、省電力運用の土台であり、分散化・自動化の性能保証を左右。<br>• 国内で同期設計、故障解析、試験・認証の能力を保持し、継続運用を担保することが重要。 | -2030:高度化段階へ分散協調を前提とした同期監視・切替が進展。<br>-2035:普及し、同期品質の維持が運用要件化。<br>-2040:分散RAN成立の基盤条件として定着。 |
| セルフリー<br>大規模<br>MIMO | • 干渉低減と一様品質を狙うも、技術・運用上の課題で、商用は2030年以降の限定導入。<br>• 大手ベンダ・研究機関で競争、アルゴリズム/SIに差別化余地あり。日本は実証と評価に強み。 | • 工場等屋内空間の高信頼・低遅延を実現し、波及性が大きい。<br>• 分散信号処理、同期、無線リソース制御、現場設計・施工、性能評価の能力を維持し、6G向けの運用ノウハウや知財に資する。 | -2030:実証段階で、高密度エリア向けに成立条件を整理。<br>-2035:一部普及し、施工・保守・品質維持等の導入モデルが確立。<br>-2040:分散アンテナ構成の有力選択肢として普及。 |
| ISAC<br>(通信＋<br>センシング) | • 通信に測位・センシングを統合、交通監視、ドローン検知等の新市場が拡大。3GPPでNR向け検討が進むが、立上りは2030年前後と予想。<br>• 端末・チップ・レーダ企業など参入、日本は自動車・製造などユースケースに強み。 | • 災害対応・インフラ監視・物流自動化などで通信とセンシングの一体運用が不可欠となる可能性あり。<br>• 国内で電波センシング評価、位置推定アルゴリズム、セキュリティ/プライバシ設計、など重要データと運用主導権を保持する必要あり。 | -2030:実証中心で、通信QoSとセンシング性能を両立させる評価枠組みが整備。<br>-2035:交通・製造・公共などで限定普及。<br>-2040:用途別に拡大し、評価指標が標準化。 |
| メタ<br>サーフェス<br>(RIS/IRS) | • 実環境での再現や制御・標準の未整備で、立上りは2035年以降と予想。<br>• 材料・アンテナ・機器ベンダ＋新興企業で寡占は進んでいない。日本勢は材料・製造技術や屋内実装に強み。 | • 高周波化による遮蔽等を解消し、NW設計の自由度を広げる基盤要素。<br>• メタ材料設計、量産プロセス、EM評価、インフラ実装能力向上で屋内外最適化で主導権保持が望ましい | -2030:PoC段階で、実環境利得の再現性評価が進展。<br>-2035:限定導入され、効果と運用コストの見極めが進む。<br>-2040:適用領域を限定し拡大 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 1.3 次世代通信システム(B5G/6G)領域　工程表

- 5G-Advancedの更改・商用化に直結し、標準・相互運用・運用条件の整備と並行して導入が進む基盤技術と、用途別の成立性や評価条件の確立を経て6G期に本格化する機能融合・環境適応系技術に大別。




Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 2.1 AI・フロンティア領域

- 本領域は、**AIを活用して通信網の性能・運用・持続性を高度化**するとともに、**高周波数帯、量子、通信・計算融合等の将来フロンティア技術**を通じて、次世代ネットワークの新たな可能性を切り拓く領域である。
- 通信性能の向上に加え、AIを安全に導入・管理する／ネットワークや無線を自律的に最適化する（自律運用・統合）／品質・省電力・継続運用を両立させる（無線高度化・持続性）／高周波数帯・量子等により非連続な拡張を図る（将来フロンティア）機能などが重要であることから、**足元の実装力と中長期の技術主導権の双方を確保する観点**に着目。

| 技術の類型 | | 主な技術（例） | |
|---|---|---|---|
| AI導入・管理技術 | 学習・配備等管理し、安全に使い続ける技術 | AI/ML運用管理基盤 | 学習・配備・更新・監査を一元管理し、AIを安全に使い続けられる運用基盤を実現する。 |
| 自律運用・統合技術 | 運用・RAN・計算資源を閉ループで最適化する技術 | ゼロタッチ運用 | 設定変更、障害対応、最適化を自動化し、省人で止まりにくいネットワーク運用を実現する。 |
| | | AI-RAN | AI処理と無線資源を連携させ、AI需要にも対応可能なRAN運用基盤を実現する。 |
| 無線高度化・持続性技術 | 品質・省電力・継続運用を両立させる技術 | AI/ML無線インタフェース | 電波環境に応じて変調・受信・ビーム制御等を最適化し、無線性能の継続的な自律向上を実現する。 |
| | | 省電力・エネルギー効率化NW | 品質を維持しながら電力消費や設備負荷を抑え、持続可能なネットワーク運用を実現する。 |
| 将来フロンティア技術 | 将来の安全性・大容量化に先行対応する技術 | 量子安全通信（PQC/QKD連携） | 高度な安全性や新たな通信機能を見据え、次世代の信頼性・秘匿性基盤を実現する。<br>PQC：Post-Quantum Cryptography, QKD: Quantum Key Distribution |
| | | サブTHz/THz通信 | 超大容量・高密度通信を可能にし、将来の高負荷ユースケースへの対応を実現する。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 2.1 AI・フロンティア領域　各技術の分析

| 技術 | 市場性・競争環境 | 重要性 | 社会実装シナリオ |
|---|---|---|---|
| AI/ML運用管理基盤 | • 5G-Advancedの複雑化とOPEX削減で、2030年にかけて通信AIOps/MLOps導入が加速。障害予兆・閉ループ最適化が主用途。<br>• 主要はEricsson、Nokia、Huawei、AWS。日本は運用基盤/SIに強み。 | • 運用自動化は災害・輻輳時の継続運用と経済安全保障に直結。<br>• テレメトリ収集、運用データの統治、モデル検証、閉ループ制御を国内で掌握できないと、基盤運用が海外クラウド/ベンダー依存となり危機時の裁量を失う。 | -2030：AIモデルの管理要件の整備を開始。<br>-2035：AIネイティブ運用の普及に合わせ、モデル配布・更新・監査の基盤が市場化。<br>-2040：監査可能な自律運用の前提機能として定着。 |
| ゼロタッチ運用 | • 自律運用への需要が高まり、運用条件に応じて自動で判断・制御するゼロタッチ運用が段階的に拡大。<br>• 主要はAmdocs、Ericsson、Huawei、Netcracker（NEC傘下）、通信事業者内製。日本は標準化と運用知見に強み。 | • 熟練者不足とネットワーク複雑化の中で、ゼロタッチは品質・保守性を支える運用基盤。<br>• スライス/クラウド/無線を跨ぐポリシー、閉ループの安全設計を国内に残さないと、復旧・改修の主体性と監査可能性が低下するリスクあり。 | -2030：一部領域で導入が始まり、運用コスト削減を目的とした自動化が進展。<br>-2035：判断根拠の説明、異常時の切戻し、権限管理を備えた自動運用が定着。<br>-2040：監査可能な自動運用基盤として一般化。 |
| AI-RAN | • vRAN/クラウドRANとGPU活用を背景に、AIとRANを同一基盤で動かすAI-RANが2030年にかけて実証から商用初期へ。<br>• NVIDIA/Ericsson/Nokia/Samsung、AWS/Microsoftなど欧米ベンダ・通信キャリアが目立つ。日本は通信キャリアが主導、AI-Allianceでのプレゼンスなど強み。 | • AI-RANはRANの制御点を基地局から共有計算基盤・オーケストレーションへ移行を加速。<br>• GPU/クラウド依存が固定化すると、性能・省エネ・セキュリティの最適化余地を失うため、国内で統合運用・検証能力の維持が望ましい。 | -2030:限定導入、AI処理とRAN処理の統合アーキテクチャを商用網で試行。<br>-2035:普及し、運用条件・責任分界・評価法が整備。<br>-2040:AI統合RANが基盤化。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

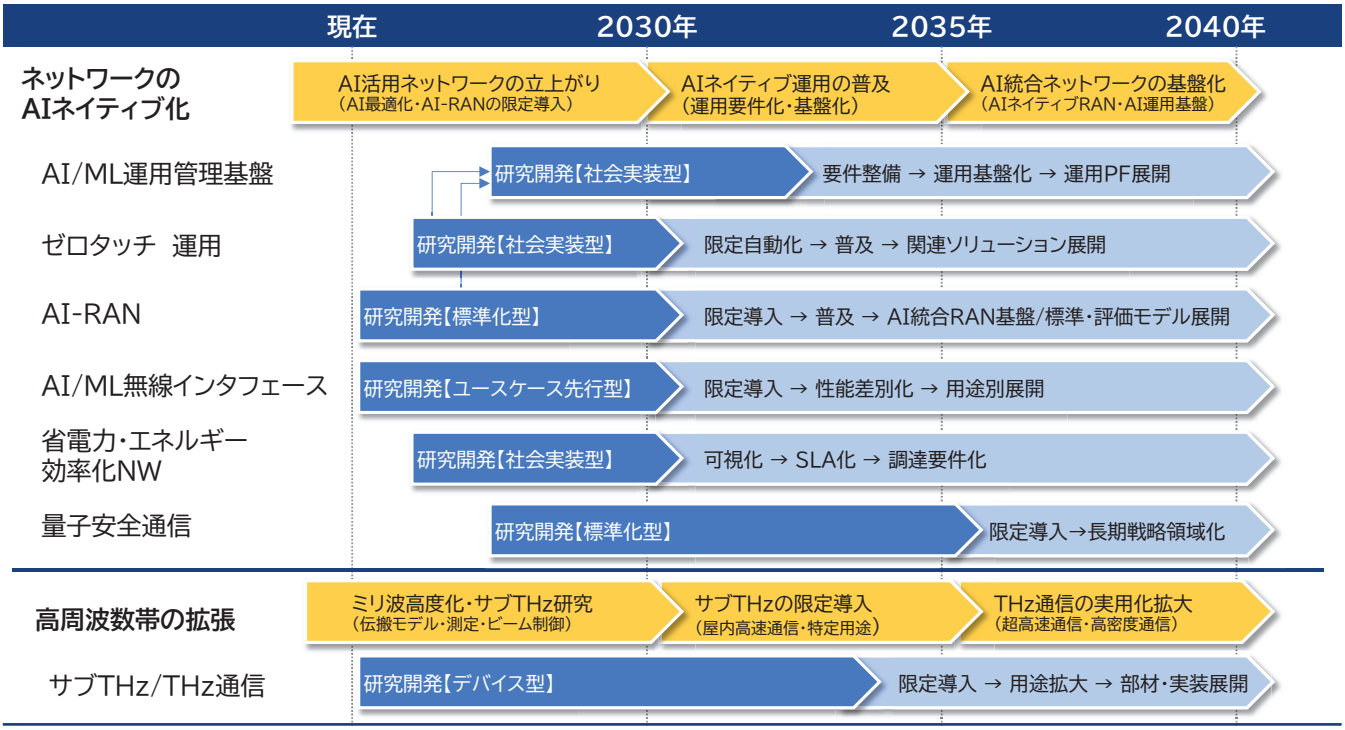
# 2.1 AI・フロンティア領域　各技術の分析

| 技術 | 市場性・競争環境 | 重要性 | 社会実装シナリオ |
|---|---|---|---|
| AI/ML<br>無線インタフェース | • 商用は2030前後(機能限定)～2035以降が中心と想定。用途はCSI/ビーム管理等受信処理高度化。<br>• Qualcomm、Samsung等の大手チップ/ベンダが強い。 | • 物理層は通信の根幹であり、秘匿通信や防災通信に必要な性能の実現に方式設計と実装技術が重要。<br>• データ/モデルの妥当性検証、適合試験、性能保証、信頼性設計を国内保持が望ましい。 | -2030:限定導入/実証、ソフト更新で性能改善を用途別に実装。<br>-2035:一部普及し、性能差別化要素として定着。<br>-2040:物理層から運用まで広く基盤化。 |
| 省電力・<br>エネルギー<br>効率化NW | • 電力コスト上昇と脱炭素要請を背景に、省電力化したRAN/コアや運用最適化の市場はすでに拡大。AIを活用した負荷分散や電力管理も進展。<br>• 大手ベンダが先行するも、日本は部材や運用設計に強み。 | • 省電力化はコスト削減だけでなく、電力制約下でも通信を維持する危機管理要件となる。<br>• 電力KPI計測、スリープ制御の安全設計、光/電源/冷却を含む設備設計・保守力の国内保持により持続性と復旧力を維持できる。 | -2030:KPI整備段階で、省電力の見える化と比較評価を確立。<br>-2035:SLA化が進み、品質と省電力の両立が契約・運用条件化。<br>-2040:調達要件化され、継続運用の前提になる。 |
| 量子安全<br>通信 | • 政府・金融・重要インフラの鍵配送/保管用途で当面は実証～限定導入に留まり、不確実性は大きい。<br>• Toshiba、ID Quantique、中国勢が強い。日本はテストベッドや光デバイスに強み。 | • 量子暗号通信等による装置・鍵管理・運用基盤構築は将来的な鍵供給停止や脆弱性対応において不可欠。<br>• 関連デバイス、認証評価、試験、運用手順など国内で先行し、維持することが望ましい。 | -2030:研究・PoC中心で、適用候補と評価枠組みを整理。<br>-2035:限定実証、量子安全・最適化との接続条件を具体化。<br>-2040:調達・標準化議論に接続し、長期戦略領域として定着。 |
| サブ<br>THz/THz<br>通信 | • 2030年前後にバックホール等の用途から導入が始まり、広いエリアを対象とするモバイル利用は2035年以降。標準化と制度整備が前提。<br>• 大手ベンダ、Rohde&Schwarz、Keysight等。日本は計測基盤と高周波部材に強み。 | • 高周波帯は将来の超大容量・センシング統合の基盤であり、周波数主導権と産業競争力に直結。<br>• デバイス/パッケージ/アンテナ/計測標準・較正を国内保持は、製造・検査・制度整備、実装主導権確保につながる。 | -2030:試作・評価中心、成立条件を整理。<br>-2035:限定導入、初期市場は試作・測定・評価需要が中心。<br>-2040:高周波数帯の活用領域が拡大。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 2.1 AI・フロンティア領域　工程表

- 既存NWの高度化・運用効率化に直結し2030前後の実装が見込まれるAI運用系技術と、高周波数帯・量子等の長期的な技術成熟と評価枠組みの整備を要し、2035以降の展開が想定される探索型技術に大別。




Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 2.2 素材・部品・デバイス領域

- 本領域は、通信の高周波化・広帯域化・低電力化・多アンテナ化が進む中で、**システム性能と量産成立性を左右する物理実装基盤**を担う領域である。
- そのため、性能・省電力の上限を決める（コアデバイス）／高周波・多バンドを量産可能にする（RF・実装統合）／品質・放熱・供給安定性を支える（材料・供給）技術を一体で整える必要があり、**保有アセットを活かして競争優位と自律性を確保できる領域**として重点化する必要がある。

| 技術の類型 | | 主な技術（例） | |
|---|---|---|---|
| コアデバイス | 通信性能・省電力・将来帯域の上限を左右する技術 | 無線SoC／ASIC | 通信機能・制御・省電力処理を高集積化し、**高性能かつ実装しやすい無線機器基盤**を実現する。<br>SoC：System on Chip, ASIC：Application Specific Integrated Circuit |
| | | 高効率PA・広帯域ADC-DAC | 高周波・広帯域でも電力効率と信号品質を両立し、**高性能無線機の成立条件**を支える。<br>PA：Power Amplifier,ADC/DAC：Analog-to-Digital Converter/Digital-to-Analog Converter |
| | | サブTHz／THzデバイス | 超高速・高密度通信に必要な周波数帯を扱い、**将来の大容量通信基盤**を実現する。 |
| RF・実装統合技術 | 高周波化・多バンド化を量産可能な形で成立させる技術 | マルチバンドRFFE | 複数の周波数帯や方式を柔軟に扱い、**多様な通信規格に対応できる端末・装置**を実現する。<br>RFFE：RF Front End |
| | | 先端パッケージ | 高周波部品やチップを高密度・低損失で実装し、**高性能と量産性を両立する実装基盤**を実現する。 |
| 材料・供給技術 | 品質・信頼性、供給安定性を支える技術 | 低損失基板材料／ABF等 | 放熱・低損失・信頼性を確保し、**高周波・高密度実装を支える部材基盤**を実現する。<br>ABF：Ajinomoto Build-up Film |

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 2.2 素材・部品・デバイス領域　各技術の分析

| 技術 | 市場性・競争環境 | 重要性 | 社会実装シナリオ |
|---|---|---|---|
| 無線SoC／ASIC | • 5G-AとAI端末/産業IoTで無線SoC需要は拡大し、端末・CPE・vRANで統合化と低電力化が進む。<br>• Qualcomm、MediaTek、Samsung電子、Broadcom等で寡占。日本勢は、用途特化ASICと検証・評価など競争優位の領域を見出す必要あり。 | • 無線SoCは通信性能・消費電力・セキュリティを規定する中核で、調達途絶は端末/通信機器の供給と更新を直撃する。<br>• 国内で要求定義・検証・セキュア実装・量産移管の能力を維持し、代替設計と継続運用に備える必要あり。 | -2030:用途特化設計の重要度が上昇し、高信頼供給・検証能力が差別化要素化。<br>-2035:高周波数帯や省電力用途等で採用拡大。<br>-2040:装置性能・更新性を左右する中核デバイスとして基盤化。 |
| 高効率PA・広帯域ADC-DAC | • Massive MIMO基地局、NTN等で高効率PAと広帯域ADC/DACの需要が拡大し、省電力化が導入判断に直結。<br>• Infineon Technologies、NXP Semiconductors、Analog Devices・Texas Instruments など海外主導。日本は実装・熱設計と評価・測定などに強みあり。 | • PAとデータ変換器は到達距離・容量・消費電力を左右し、装置の国産競争力と更新速度を規定する。<br>• 素子・線形化・熱設計・信頼性評価を一体で回せないと規格追従と量産認定が遅れ、供給継続性を損なうリスクがある。 | -2030:装置更新を背景に需要拡大。<br>-2035:電力と性能のトレードオフ最適化が競争点として定着。<br>-2040:広帯域・省電力システムのボトルネック部品として基盤化。 |
| サブTHz／THz デバイス | • 6G向け候補技術として検討が進む一方、デバイスや実装技術はまだ発展途上、市場立ち上がりには不確実性あり。当面は短距離の超高速通信やバックホール用途が中心。<br>• 欧米・韓国のベンダや研究機関が先行、日本は研究・評価インフラに強み。 | • 周波数資源拡張は将来の容量限界と国際標準の主導権を左右する。<br>• 国内でのデバイス試作、電波伝搬評価、計測、アンテナ/パッケージ実装は、6G移行における技術根拠の供給や発言力等につながる。 | -2030:試作・評価・測定需要が中心。<br>-2035:限定導入が始まり、初期市場を形成。<br>-2040:将来帯域の実装部品として拡大。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

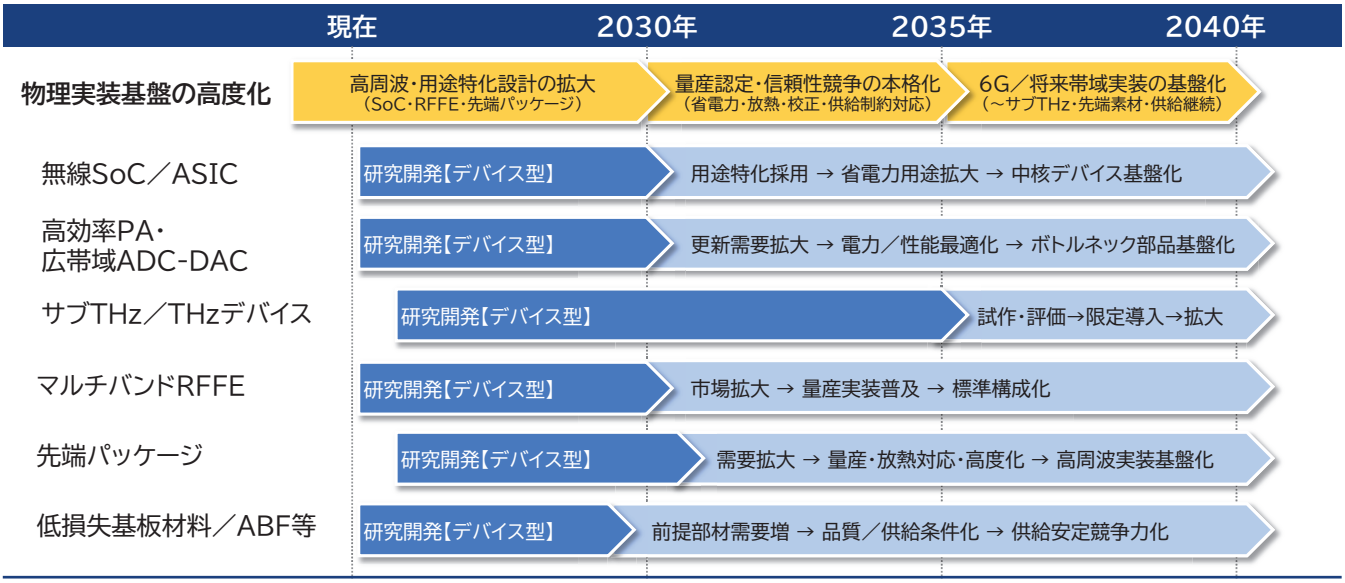
# 2.2 素材・部品・デバイス領域　各技術の分析

| 技術 | 市場性・競争環境 | 重要性 | 社会実装シナリオ |
|---|---|---|---|
| マルチバンドRFFE | • 5Gの高周波帯やWi-Fi7等では対応周波数が増えるため、複数帯域に対応するRFFEは、端末や宅内機器向けを中心に高付加価値化が続く。<br>• Qualcomm、Broadcom、村田製作所など少数の主要企業が主導、設計力が競争力を左右。日本勢は、フィルタやモジュールなどの部材に強み。 | • RFFEは電波利用効率、端末電池寿命、干渉耐性を決め、5G/6Gの社会実装コストに直結。<br>• 部材供給が途絶すると端末・IoT更新が止まるため、高周波部品、モジュール実装、量産認定、信頼性評価能力を維持することが不可欠。 | -2030:端末・基地局の更新需要に合わせて市場が拡大。<br>-2035:多バンド対応、省電力化、出荷前の調整・補正まで含む量産実装が普及。<br>-2040:高周波・多バンド運用を支える標準構成として定着。 |
| 先端パッケージ | • 高周波化で損失/放熱/小型化の制約が厳しくなり、AiP/AoP/SiPが端末・基地局RUの差別化要因。<br>• TSMC、ASE Technology Holding、Amkor Technology等の先端パッケージ大手が参入。ミリ波AiPの村田製作所など日本勢は基板・材料・信頼性評価に強み。 | • 装置性能や量産時の歩留まりを左右し、当該能力を失うと装置開発が海外製造工程に大きく左右される。<br>• 国内で基板設計、実装、熱・電磁両立性(EMC)対策、検査・信頼性評価、量産立上げ(認定)を維持することは、自律性の確保と危機時の安定供給に直結。 | -2030:RFとデジタルの一体実装拡大で需要が増え、実装工程の供給制約が表面化。<br>-2035:量産能力、放熱対応、信頼性確保が主要な競争軸に。<br>-2040:高周波実装を支える基盤技術として定着。 |
| 低損失基板材料／ABF等 | • 高周波数帯では伝送損失が通信性能を左右し、低損失基板材料や高周波対応材料、ABFなど需要が増加。<br>• Ajinomoto(ABF)、Panasonic Industry等参入。量産認定の取得と安定供給能力が参入障壁。競争力は投資継続性と供給リスクへの対応力が左右、日本勢は材料・基板分野に強み。 | • 低損失材料と基板は通信装置の性能・省電力・信頼性を担う物理基盤で、サプライ途絶は国内装置の量産・保守を停止させ得る。<br>• 材料設計、基板加工、評価・加速試験、トレーサビリティを国内に維持が望ましい。 | -2030:高周波・高密度化を支える前提部材として需要増。<br>-2035:品質ばらつき管理と長期供給が採用条件化。<br>-2040:材料供給安定性そのものが競争力の一部として定着。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 2.2 素材・部品・デバイス領域　工程表

- 短期的な更改需要や性能向上ニーズに直結し、顧客製品への採用と量産化を通じて比較的早期に立ち上がる基幹部材技術と、量産条件や用途進展を踏まえつつ中長期的に立ち上がる将来帯域対応技術に大別。




Copyright © Mitsubishi Research Institute

# 2.3 エンジニアリング・デザイン領域

- 本領域は、新しい無線方式そのものではなく、無線の高度化を支える**設計・評価・制度実装の共通基盤**を担う領域であり、社会実装の前提を押さえる上で不可欠である。
- 実環境を把握・再現する（計測・再現）／実運用条件で性能や回復性を検証する（品質・運用評価）／共用・責任分界・制度まで設計する（共用・制度設計）技術を一体で整える必要があり、**他技術を導入可能にする横断基盤**として着目。

| 技術の類型 | | 主な技術（例） | |
|---|---|---|---|
| 計測・再現技術 | 実際の電波環境を把握・再現し、設計・選定・導入の前提を作る技術 | 電波環境可視化 | 混雑、干渉、遮蔽などの実環境を把握し、**設計・運用改善の前提となる状況把握**を実現する。 |
| | | 電波環境評価／チャネルエミュレーション | 実際の利用環境を試験環境で再現し、**導入前に性能や課題を見極める評価基盤**を実現する。 |
| 品質・運用評価 | 実運用条件で性能・品質・回復性を継続検証する技術 | OTA・耐障害性試験 | 実運用に近い条件で性能・品質・回復性を検証し、**現場導入に耐える品質保証**を実現する。<br>OTA:Over-The-Air |
| 共用・制度設計技術 | 共用・責任分界・監視まで含めて社会実装を成立させる技術 | 周波数共用・干渉管理 | 異なるシステムが同一・近接周波数を安全に使えるようにし、**共用前提の社会実装**を実現する。 |
| | | インフラシェアリング | 複数主体で設備を共同利用しつつ品質や責任分界を整理し、**効率的かつ持続可能なインフラ運用**を実現する。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 2.3 エンジニアリング・デザイン領域　各技術の分析

| 技術 | 市場性・競争環境 | 重要性 | 社会実装シナリオ |
|---|---|---|---|
| 電波環境可視化 | • 小セル化・周波数逼迫で、曝露説明・違法無線検知など面でも、電界強度/電波監視を地図・ダッシュボード化する需要が拡大。<br>• Rohde&Schwarz、アンリツ等の計測機器とデータ統合/解析SIが主要な商材。 | • 電波の可視化の精緻化により干渉・品質劣化の原因究明や住民説明、周波数有効利用評価が可能となる。<br>• 災害時の混信・違法局対策でも、計測設計、校正、データガバナンス、解析人材を国内で保持することが自律性の要となる。 | -2030：施設・工場・重要インフラ等で設計改善や障害対応が拡大<br>2035：自動解析・広域把握、干渉対策・品質改善等モデルが普及。<br>-2040：継続的な可視化・評価、が電波利用の設計・運用・共用管理等を支える基盤として定着。 |
| 電波環境評価／チャネルエミュレーション | • 5G-A/NTNや6G向けに実環境を再現するエミュレーション需要がR&D・試験所等で増加。デジタルツインで設計短縮・再現性確保が進む。<br>• Keysight、Rohde & Schwarz、Spirent、VIAVI等で、規格追従と高周波実装の参入障壁から大手数社が優位になりやすい。日本はアンリツなど、試験装置やテストベッド等を核に、シナリオ/データ・SIに強み。 | • 再現性のある評価基盤がないと、周波数共用、性能保証、認証の前提となる電波の伝わり方や干渉条件を国内で十分に検証できず、海外の試験方法に依存せざるを得なくなる。<br>• チャネルモデルの実装、エミュレータの校正、評価シナリオの作成、検証の自動化に関する能力を国内で維持することが、電波利用の安全性確保と産業競争力の基盤に。 | -2030：相互運用、高周波・多アンテナ評価の需要が拡大。<br>-2035：伝搬・OTAを含む再現評価が、開発・調達の前提化。<br>-2040：高周波・多アンテナ領域を支える標準評価基盤として定着。 |
| OTA・耐障害性試験 | • 新たな周波数帯対応など端末・基地局の認証や量産試験への投資が継続。6G候補周波数帯・NTNへの対応も見据え、試験手法の更新が必要。<br>• Keysight、アンリツ、Rohde & Schwarz、試験所・チャンバー事業者などが中心で、日本は試験装置に強みを持つ一方、認証要件自体は国際的な枠組みに依存。 | • OTA試験や耐障害試験が不十分だと、基地局や端末の性能・安全性を十分に確認できず、災害時や重要インフラでの継続運用に影響する不具合を見逃すおそれがある。<br>• 試験方法づくりへの参画、試験所の運用、校正や測定精度の評価、試験装置・チャンバー整備の能力を国内で維持することが重要である。 | -2030:B2B用途やスライシング拡大に伴い、E2E品質保証の要件化。<br>-2035:KPI/SLA計測や回帰試験の自動化が普及。<br>-2040:契約・課金・運用を支える評価基盤として定着。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute

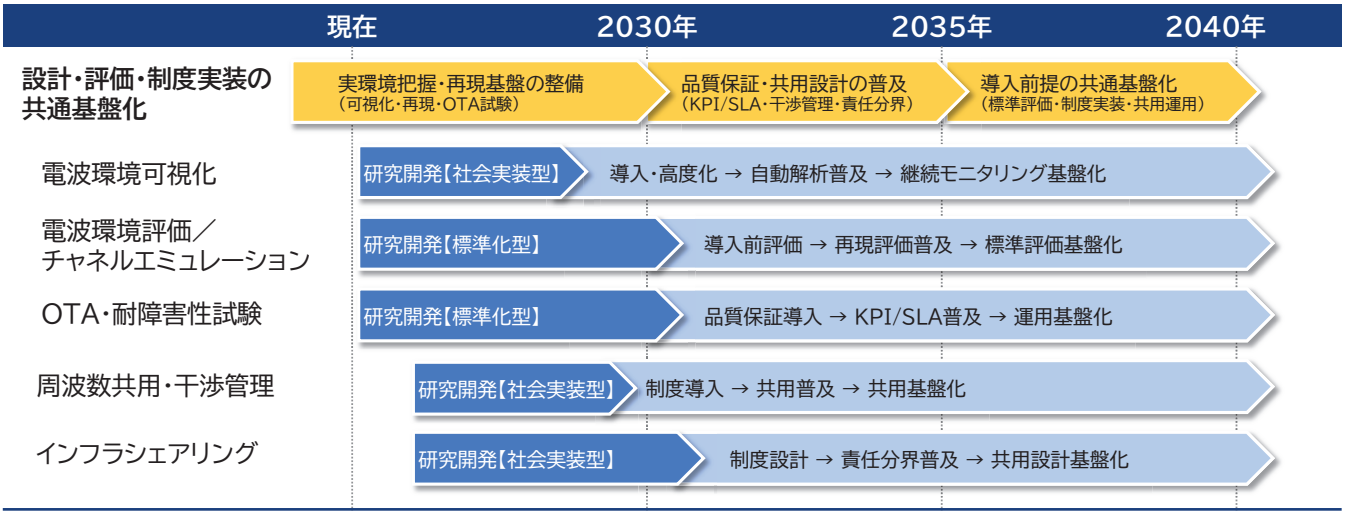
# 2.3 エンジニアリング・デザイン領域　各技術の分析

| 技術 | 市場性・競争環境 | 重要性 | 社会実装シナリオ |
|---|---|---|---|
| 周波数共用・干渉管理 | • 電波利用増と周波数帯再編で、測定・計算・運用ルールを組み合わせて制度を機能させるための中核。6Gに向けて重要性はさらに高まる。<br>• 国際的にはITU・ETSIなど枠組みの下、AFCなどのデータベース事業者や計測ベンダも参入、事業機会は運用やシステム構築の領域など。日本は、制度整備と一体となった研究開発や実装面に期待。 | • 電波有効利用の面、重要システム間の有害干渉やサービス停止リスク回避の観点から、共用・干渉管理技術は必須。<br>• 互換・共用評価（伝搬/干渉モデル）、監視・検知技術、運用ルール設計、執行の能力を国内で持つことが継続運用の要。 | -2030:周波数逼迫下で動的共用と干渉評価の制度・実装が進展。<br>-2035:共用ルールやセキュアな制御基盤が普及。<br>-2040:産業利用拡大のための前提技術として基盤化。 |
| インフラシェアリング | • 5G/ローカル5Gで基地局設備が増える中、屋内設備や今後は無線機器の共用など投資効率の向上と早期整備の鍵に。<br>• 海外では、タワー会社や中立ホストによる多様な共用形態が進展。日本は運用ノウハウ、施設・地域整備と連動した運用モデル設計に強み。 | • インフラ共用は、基地局整備のコスト・工程が肥大化の抑制、条件不利地域や災害対応で必要な冗長性確保に寄与。<br>• ガイドラインに基づく契約・施工・保守の標準化、共用設備の安全設計、運用監視を国内で維持することが通信レジリエンスの基盤に。 | -2030:投資効率・カバレッジ確保の要請から制度・運用設計需要が増大。<br>-2035:責任分界・安全性・監査設計が普及。<br>-2040:レジリエンスとTCOを両立する共用設計基盤として定着。 |

Copyright © Mitsubishi Research Institute


# 2.3 エンジニアリング・デザイン領域　工程表

- 他領域の実証・導入に当たり早期から必要となる可視化・再現評価系技術と、KPI/SLA、責任分界、共用ルール等の制度・運用条件の整備と連動しながら社会実装が進む共用・運用設計系技術に大別。




Copyright © Mitsubishi Research Institute

未来を問い続け、変革を先駆ける

MRI 三菱総合研究所

**参考資料４**

**１．情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会**
**電波監視作業班　構成員名簿**

（令和８年４月 27 日現在　敬称略）

| 役職 | 氏　名 | 主　要　現　職 |
|---|---|---|
| 主　任 | 菊間　信良 | 国立大学法人名古屋工業大学　名誉教授 |
| 主任代理 | 田久　　修 | 国立大学法人信州大学　学術研究院（工学系）　教授 |
| 構成員 | 加藤　千早 | 一般財団法人電波技術協会　技術顧問 |
| 構成員 | 佐野　康二 | 一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター<br>電磁環境・較正事業本部　電磁環境試験部　部長 |
| 構成員 | 鈴木　宗俊 | 一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会<br>共通技術部長　兼　インフラ整備事業推進室長 |
| 構成員 | 永井　徳人 | 光和総合法律事務所　弁護士 |
| 構成員 | 橋本　昌史 | 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構<br>周波数管理室　室長 |
| 構成員 | 山本　真之 | 国立研究開発法人情報通信研究機構<br>電磁波研究所　電磁波伝搬研究センター　総括研究員 |

（計８名）

## ２．情報通信審議会　情報通信技術分科会　電波有効利用委員会<br>電波監視作業班　開催経緯

令和７年２月３日　第 52 回総会にて諮問

令和７年２月 13 日 第 185 回情報通信技術分科会にて電波有効利用委員会を設置

■電波有効利用委員会

令和７年５月 29 日　第２回

(1)　WX 推進戦略アクションプランの進捗状況について

(2)　電波監視作業班の設置について

令和８年１月 19 日　第 10 回

(1)　電波有効利用委員会におけるこれまでの議論等について

(2)　900MHz 帯における新たな無線利用について（事業者へのヒアリング）

令和８年４月 27 日　第 13 回

(1)　電波有効利用委員会報告（案）について

■電波監視作業班

令和７年５月 30 日　第１回

(1) 作業班の設置・運営等について

(2) 電波監視における現状及び課題について

(3) その他

令和７年６月 27 日　第２回

(1) 不法無線局や混信の未然防止の取組について

(2) 関係団体等からのヒアリング

(3) その他

令和７年８月５日　第３回

(1) 電波監視作業班での主な意見について

(2) NTN 時代の電波監視について

(3) 関係団体等からのヒアリング等について

(4) その他

令和７年８月 28 日　第４回

(1) 前回作業班までの主な意見について

(2) 電波監視の基本体制について
(3) 関係団体等からのヒアリング等について
(4) その他

令和７年 10 月 10 日　第５回
(1) 電波監視の基本体制について
(2) 不法無線局や混信の未然防止の取組について
(3) 関係団体等からのヒアリング等について
(4) その他

令和７年 11 月 25 日　第６回（無線設備の認証の在り方作業班(第４回) 合同会議）
(1) 技適マークの表示の現状
(2) 技適マークの表示に係る課題
(3) 技術基準不適合設備の流通抑止の取組の現状
(4) 技適マークの表示方法の在り方（案）

令和７年 12 月 25 日　第７回
(1) 作業班中間とりまとめ案について
(2) その他

令和８年３月６日　第８回
(1) 報告書骨子（案）について
(2) その他

令和８年４月 17 日～21 日　第９回（メール審議）
(1)　報告書（案）について