

情報通信審議会 情報通信技術分科会

放送システム委員会報告(案)

— 放送事業用システムの技術的条件 —

目次

I	審議事項	1
II	委員会構成	1
III	審議経過	1
	1. 放送システム委員会での審議	1
	2. 放送事業用システム作業班での審議	1
IV	審議概要	2
V	審議結果	2
	別表1(放送システム委員会構成員)	3
	別表2(放送事業用システム作業班構成員)	4
	別紙(審議概要)	6
	はじめに	7
	1. 放送事業用システムの種類	7
	2. 放送事業用システム用の周波数帯	8
	第1 デジタル方式音声STL/TTL/TSL、デジタル方式映像TSL及びデジタル方式監視・制御用固定回線	12
	1 デジタル方式音声STL/TTL/TSL	13
	1.1 審議の背景	13
	1.2 審議に際しての考え方	14
	1.3 デジタル方式音声STL/TTL/TSLの技術的条件	15

2	デジタル方式映像TSL	27
2.1	審議の背景	27
2.2	審議に際しての考え方	28
2.3	デジタル方式映像TSLの技術的条件	29
3	デジタル方式監視・制御用固定回線	40
3.1	審議の背景	40
3.2	審議に際しての考え方	40
3.3	デジタル方式監視・制御用固定回線の技術的条件	41
第2	UHF帯デジタル方式映像TTL	53
1.	審議の背景	54
2.	審議に際しての考え方	54
2.1	基本的考え方	54
2.2	周波数の有効利用	56
2.3	検討対象方式	56
3.	UHF帯デジタル方式映像TTLの技術的条件	56
3.1	IF伝送方式を用いたUHF帯デジタル方式映像TTLの技術的条件	56
3.2	TS伝送方式を用いたUHF帯デジタル方式映像TTLの技術的条件	76
第3	ミリ波帯デジタル方式FPU	85
1	審議の背景	86
1.1	HDTV素材のニーズ	86
1.2	ミリ波利用と放送アプリケーションの適切性等	86

2 基本的考え方	87
2.1 実態を踏まえたニーズ、要求要件(伝送距離、伝送方式)	87
2.2 検討対象とするミリ波番組素材伝送システム	92
3 ミリ波帯デジタル方式FPUの技術的条件	95
別紙1 A帯音声STL/TTL/TSLの地区別無線局の分布状況	109
別紙2 M帯におけるデジタル方式音声STL/TTL/TSL及びデジタル方式監視・制御用固定回線の周波数配置	110
別紙3 N帯におけるデジタル方式音声STL/TTL/TSL及びデジタル方式監視・制御用固定回線の周波数配置	111
別紙4 M帯のチャンネル配列全体図	112
別紙5 N帯のチャンネル配列全体図	113
別紙6 M帯 放送事業用と既存業務用の周波数配置図	114
別紙7 N帯 放送事業用と既存業務用の周波数配置図	115
別紙8 音声回線、監視・制御回線における全干渉波の総和に対する混信保護値	116
別紙9 干渉軽減係数(IRF)各方式間の組合せ表	117
別紙10 送信電カスペクトル特性	129
別紙11 目標回線品質を満足するための所要フェージングマージン(Fmr)及び回線瞬断率規格を満足するための所要フェージングマージン(Fms)の算出方法	130
別紙12 M・N帯におけるデジタル方式映像TSLの周波数配置	140
別紙13 映像TSLにおける全干渉波の総和に対する混信保護値	141
別紙14 M・N帯における映像TSLの各変調方式とのIRF	142
別紙15 送信電カスペクトル特性	143

別紙16 A帯監視・制御用固定回線の地区別無線局の分布状況	144
別紙17 送信電力スペクトル特性	145
別紙18 C/N配分(IF伝送方式)	146
別紙19 送受信空中線特性	147
別紙20 フェージングマージン	149
別紙21 C/N配分(TS伝送方式)	153
参考資料	154

I 審議事項

放送システム委員会は、情報通信審議会諮問第2023号「放送システムに関する技術的条件」のうち、「放送事業用システムの技術的条件」について審議を行った。

II 委員会構成

別表1のとおり。

III 審議経過

1 放送システム委員会での審議

本件に関する放送システム委員会の審議経過は、次のとおりである。

(1) 第6回(平成19年5月16日)

委員会運営方針、放送事業用システム作業班の設置及び同運営方針、検討スケジュール等について審議を行った。

(2) 第7回(平成19年7月5日)

衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件に係る要求条件(案)に関する審議を行った。

なお、衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件及び放送事業用システムの技術的条件に関する有識者からの意見陳述の申し出はなかったため、同意見の聴取は行わなかった。

(3) 第8回(平成19年8月30日)

放送事業用システムの技術的条件に係る報告(案)の審議を行った。

(4) 第9回(平成19年10月)

放送事業用システムに関する「放送システム委員会報告(案)」に対する意見募集の結果を踏まえ、「放送システム委員会報告」及び答申(案)を取りまとめた。

2 放送事業用システム作業班での審議

「放送システムに関する技術的条件」のうち「放送事業用システムに関する技術的条件」に関する調査について、委員会が調査するために必要とする情報を収集し、技術的条件についての調査を促進させるために放送事業用システム作業班が設置された(作業班の構成員は別表2のとおり)。

放送事業用システム作業班の審議経過は、次のとおりである。

(1) 第1回(平成19年5月25日)

作業班における検討事項、検討スケジュール等について審議を行った。

(2) 第2回(平成19年8月1日)

放送事業用システムに関する放送システム委員会報告(案)について審議を行い、取りまとめた。

IV 審議概要

別紙のとおり。

V 審議結果

「放送システムに関する技術的条件」のうち「放送事業用システムに関する技術的条件」について、別添のとおり答申(案)を取りまとめた。

情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会 構成員

(敬称略、専門委員は五十音順)

氏名		主要現職
主査	伊東 晋	東京理科大学 理工学部 教授
主査代理	都竹 愛一郎	名城大学 理工学部 教授
〃	井家上 哲史	明治大学 理工学部 教授
〃	小川 博世	独立行政法人 情報通信研究機構 新世代ワイヤレス研究センター長
〃	甲藤 二郎	早稲田大学 理工学部 教授
〃	小林 哲	社団法人 電波産業会 常務理事
〃	佐藤 明雄	東京工科大学 コンピュータサイエンス学部 教授
〃	高田 潤一	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
〃	野田 勉	日本ケーブルラボ 部会担当部長
〃	山田 孝子	関西学院大学 総合政策学部 教授

情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会
放送事業用システム作業班 構成員

(敬称略、構成員は五十音順)

氏 名		主 要 現 職	備 考
主任	小林 哲	社団法人電波産業会 常務理事	
主任代理	広谷 光	株式会社日立国際電気 放送・映像事業部 技師長	
〃	荒井 浩昭	株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ 無線アクセス開発部 無線基地局担当 担当課長	
〃	稲田 智徳	株式会社フジテレビジョン 技術局技術開発室室長 兼 同企画開発部部长	第2回から
〃	今井 俊夫	日本電業工作株式会社 電子回路部 主査	
〃	小倉 敏彦	社団法人日本民間放送連盟 企画部 主幹	
〃	加藤 久和	日本放送協会 技術局 計画部 担当部長	
〃	川島 修	株式会社エフエム東京 編成制作局 技術部長	
〃	小木曾 真二	電気事業連合会 情報通信部 副部長	
〃	小松 章夫	財団法人電波技術協会 技術本部 部長	
〃	篠田 成彦	株式会社WOWOW 放送・事業統括本部 技術局 制作技術部制作技術グループ チーフエンジニア	

氏 名		主 要 現 職	
構成員	菅原 直文	株式会社東京放送 (株)TBSテレビ技術本部 技術局 ステーション技術センター送信設備計画 部長	
"	関野 昇	電気興業株式会社 機器統括部 技術部 マイクロ 回線専任課長	
"	出来 裕三	株式会社フジテレビジョン 技術局 設備対策室 専 任局次長	第1回 まで
"	西川 健二郎	日本電信電話株式会社 NTT未来ねっと研究所 主 任研究員	
"	野路 幸男	池上通信機株式会社 放送通信事業本部 マーケテ ィング部 部長	
"	樋口 裕二	日本電気株式会社 放送映像事業部 エキスパート エンジニア	
"	広瀬 慎介	株式会社東芝 社会システム社 放送・ネットワーク システム事業部 放送システム技術部 放送システ ム技術第二担当 参事	
"	曲淵 正敏	日本無線株式会社 通信機器事業本部 放送機ユ ニット ユニット長	
"	牧野 鉄雄	日本テレビ放送網株式会社 技術統括局技術戦略セ ンター技術開発部 開発担当副部長	
"	吉野 洋雄	株式会社テレビ朝日 技術局 技術業務部 兼 事 業局CS事業部 局次長待遇	
"	吉本 博	株式会社テレビ東京 技術局 技術業務部長	
"	渡辺 信一	株式会社文化放送 編成局 技術部 次長	

審議概要

はじめに

放送を行うために必要な放送事業用の無線システムの技術的条件については、これまでに、情報通信審議会諮問第110号「番組中継用デジタル回線の技術的条件」答申(平成14年1月28日)があり(平成16年11月29日には無線設備のスプリアス発射の強度の見直しを実施)、これを受けて速やかに関係無線局の技術基準等の整備が行われてきている。

放送事業用システムの現状等は、次のとおりである。

1 放送事業用システムの種類

(1) 放送番組中継用

品質を確保しつつ放送番組を伝送するもの。

ア 放送局のスタジオと送信所を結び番組を伝送する固定無線回線(STL:Studio to Transmitter Link)

イ 送信所と送信所を結び番組を伝送する固定無線回線(TTL:Transmitter to Transmitter Link)

(2) 放送番組素材中継用

放送番組素材を取材現場等からスタジオ等に伝送するもの。特にテレビジョン放送用のものは、放送番組として編集加工するため、放送番組中継用のもの比べて高品質な伝送が要求される。

ア 取材現場と固定局又は放送局のスタジオを結び番組素材を伝送する移動無線回線(FPU:Field Pick-up Unit)

イ 固定局と放送局のスタジオを結び番組を伝送する固定無線回線(TSL:Transmitter to Studio Link)

(3) 無線設備の監視・制御用及び連絡用

上記(1)及び(2)のほかに、無線設備の監視・制御用の固定無線回線及び放送番組の取材等の連絡用移動無線回線がある。

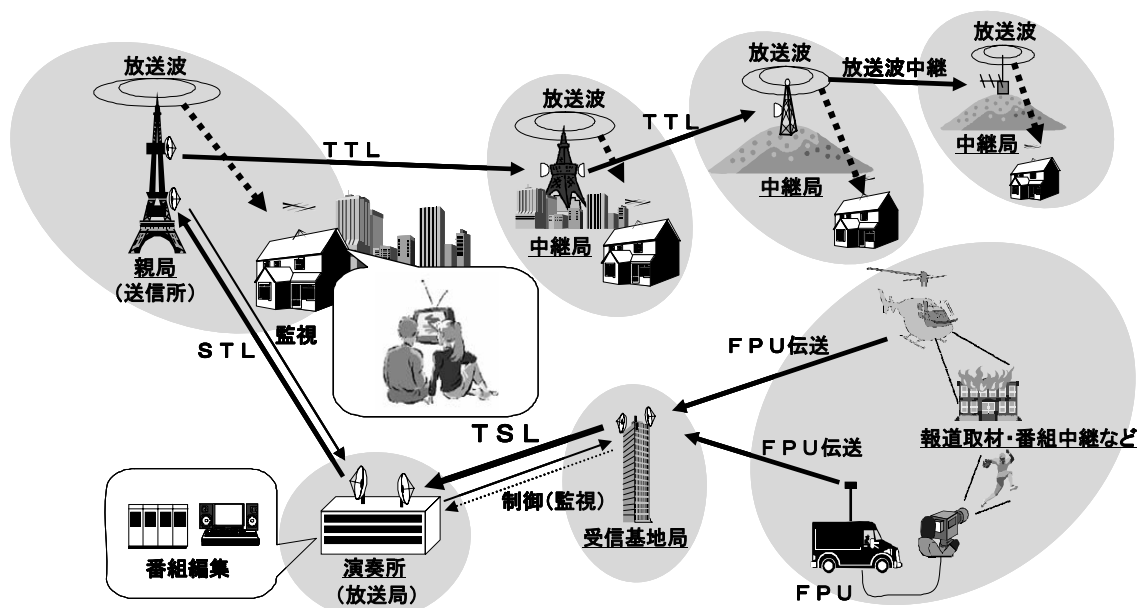


図1 テレビジョン放送ネットワーク例

2 放送事業用システム用の周波数帯

放送事業用システムが使用できる周波数帯は表1のとおりであり、A帯(3.5GHz帯)の周波数を使用するものは、M帯(6.5GHz帯)やN帯(7.5GHz帯)等の他の周波数帯への移行が求められている。

具体的には、次のとおり。

(1) SHF帯

A帯については、「平成18年度電波の利用状況調査の評価結果の概要」(平成19年3月14日公表)によると、今後はこの周波数帯を第4世代移動通信システム等の移動通信に確保するため、同周波数帯を使用する音声STL/TTL/TSL、映像STL/TTL/TSL、監視・制御用固定回線及び音声FPUには、他の周波数帯への移行が求められている。

A帯を使用する音声STL/TTL/TSL、映像TSL及び監視・制御用固定回線については、電気通信業務用、公共業務用等の固定局のほか、デジタル方式映像STL/TTLに使用されているM帯、N帯の周波数を共用できるようにするための検討が求められている。

なお、音声FPUは、その他の周波数帯への移行が検討されている。

(2) UHF帯(470～770MHz帯)

地上デジタル放送の全国展開に資するため、放送波中継、SHF帯映像TTLでは伝送困難な長距離離島向け映像TTLにおいて、UHF帯を使用できるようにするための検討が求められている。

(3) ミリ波帯(42GHz帯、55GHz帯)

30GHz帯以上の周波数帯は、利用が進んでいないことから、HDTVワイヤレスカメラ等の大容量の情報伝送を必要とする番組素材伝送システムでの利用促進のための検討が求められている。

【参考】

「周波数再編アクションプラン(平成18年10月改定版)」(平成18年10月31日)では、30GHz以上の周波数帯は、「電波の利用があまり進んでいないことから、広帯域幅の周波数を割り当てることが可能であり、例えば、高精細な動画像伝送や光ファイバ等に匹敵する大容量のデータ伝送システム等、新たな電波利用システムへの割当てに適している。このことを踏まえ、新たな電波利用システムへの割当先としての未利用周波数帯の利用を推進する」とされており、その具体的事例として、「HDTVワイヤレスカメラ等の番組素材伝送システムについて、平成19年頃の実用化を目指す」ことが明記されている。

表 1 放送事業用システムの使用周波数帯

システム		UHF 帯	SHF帯									ミリ波帯
			A	B	C	D	E	F	G	M	N	
テレビジョン (映像)	STL		△	○	○	○	○	○	○	○	○	
	TTL	●	△	○	○	○	○	○	○	○	○	
	TSL		△	○	○	○	○	○	○	●	●	
	監視・制御		△							●	●	
	FPU	○		○	○	○	○	○	○			●
ラジオ (音声)	STL		△							●	●	
	TTL		△							●	●	
	TSL		△							●	●	
	監視・制御		△							●	●	

- UHF 帯 800MHz帯(テレビジョン TTL は、470-770MHz ● →今回の検討対象)
- A 帯 3. 5GHz帯 △ → 周波数移行の対象
- B 帯 6GHz帯
- C 帯 6. 4GHz帯
- D 帯 7GHz帯
- E 帯 10GHz 帯
- F帯 10. 5GHz帯
- G 帯 13GHz帯
- M 帯 6. 5GHz帯 ● → 今回の検討対象
- N 帯 7. 5GHz帯 ● → 今回の検討対象
- ミリ波帯 42GHz帯、55GHz帯 ● → 今回の検討対象

今回、情報通信審議会情報通信技術分科会放送システム委員会は、上記の電波の利用状況調査の評価結果を踏まえた周波数の再編、ミリ波帯の周波数の一層の有効利用の観点から、放送事業用システムの次の事項に係る技術的条件について、

審議を行った。

表 2 審議対象の放送事業用システム

システム	審議事項	理由
SHF帯デジタル方式音声 STL/TTL/TSL	M帯及びN帯の周波数の電波を使用可能とするための技術的条件	A帯の周波数の電波を第4世代移動通信システム用に確保するための周波数再編に対応できるようにするため
SHF帯デジタル方式映像 TSL		
SHF帯デジタル方式監視・制御用固定回線		
UHF帯デジタル方式映像 TTL	長距離中継用としてUHF帯の周波数の電波を使用可能とするための技術的条件	地上デジタル放送の円滑な全国普及に向けて、長距離離島用中継回線用として、UHF帯を利用した長距離中継回線を実現するため
ミリ波帯デジタル方式FPU (ワイヤレスカメラ等の番組素材伝送システム))	ミリ波(42GHz帯及び55GHz帯)の周波数の電波を使用可能とするための技術的条件	できる限り遅延の少ないHDTV番組素材伝送等のニーズに対応するとともに、ミリ波の有効利用を図るため

本件審議結果は、電波開放戦略に基づく周波数の有効利用を着実に促進するとともに、早急な対応が求められる地上デジタルテレビジョン放送(以下「DTV」という。)の普及、放送ネットワークの円滑な整備等に資するものであり、本審議結果を踏まえて技術基準等の整備がなされ、速やかな実効が確保されることを期待する。

第1 デジタル方式音声STL/TTL/TSL、デジタル
方式映像TSL及びデジタル方式監視・制御
用固定回線

1 デジタル方式音声STL/TTL/TSL

1.1 審議の背景

放送事業者は、放送番組及び番組素材の伝送を行うため、主としてA帯(3.5GHz帯)を使用する無線回線(音声STL/TTL/TSL)を使用している。

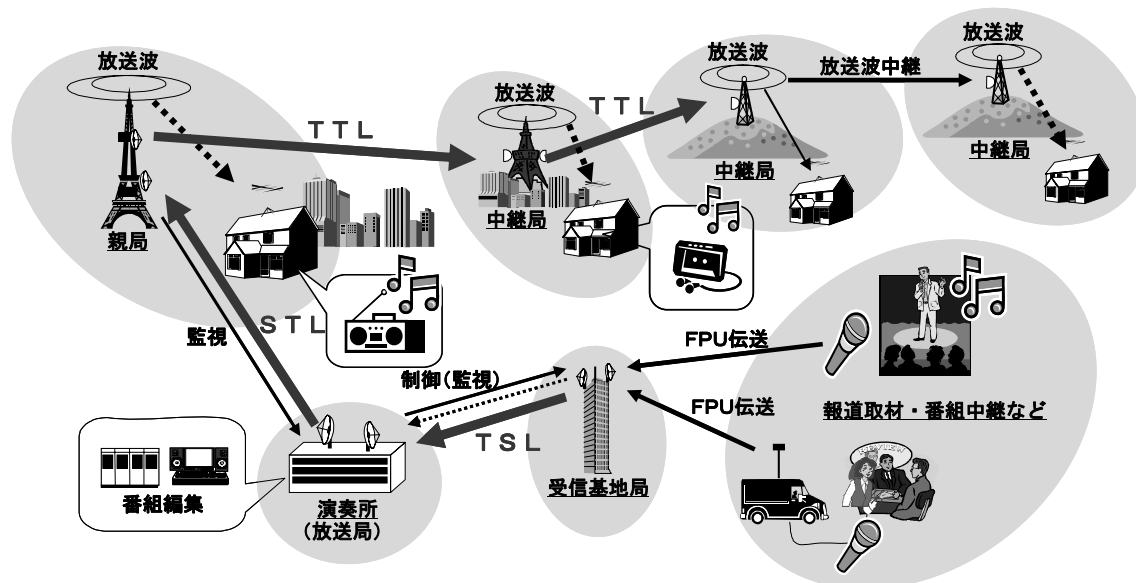


図1-1 音声STL/TTL/TSLの例

演奏所から親局(送信所)への放送番組伝送(音声STL)については、ほとんどの回線が平野、距離50km以内の見通し回線として構成されている。その他の運用形態は、図1-1のように様々である。

これらの回線は、放送本線を伝送する回線であるため、システムとして冗長措置を講じることにより回線断が発生しないことが求められると同時に劣化のない音声を伝送することが求められる。

音声TSLは送信所から演奏所の番組素材伝送や音声モニターの他に音声折り返しとして使用されている。

これらの回線は、これまで主としてA帯を使用してきたが本周波数帯は昨今急激に利用が進んでいる移動通信に適する周波数帯であり、移動通信向けの周波数が逼迫する中、周波数再編アクションプランの方針に沿って、6GHz以上の周波数に移行することが望ましいとされている。

一方、移行先として放送事業用のB帯、C帯及びD帯は、地上デジタルテレビジョン放送(DTV)の普及に伴い、逼迫状態にある。また、音声STL/TTL/TSLは、映像回線に比べて狭帯域であるため周波数の有効利用を図るためには、無線局配置形態の違いや周波数配置の状況等を考慮する必要がある。

本報告は、既存A帯から他の放送事業用周波数帯への周波数移行にあたり、移行先での無線局配置形態の違いを考慮して、新たにM帯(6.5GHz帯)・N帯(7.5GHz帯)も利用可能とする「デジタル方式音声STL/TTL/TSLの技術的条件」について審議を行った結果を取りまとめたものである。

1.2 審議に際しての考え方

1.2.1 基本的考え方

音声 STL/TTL/TSL は現在主に A 帯が使用されており、別紙 1 に示すように、全国の音声回線のうち 27.8%の回線でデジタル化が行われている。現在は設備更新に合わせてアナログ方式からデジタル方式へ順次移行が行われている。

この実態を踏まえて M・N 帯へ移行する場合に考慮すべき事項を以下に示す。

- ・ M・N 帯で使用されている既存回線との親和性から、デジタル方式に限定するのが適当である。
- ・ 高品質化、低遅延化に伴う伝送容量増加に対応すべく、多値変調方式の採用を図る。
- ・ 無線周波数の変更での早期移行を可能とするように、現行 A 帯音声デジタル方式の諸元も適用可能とする。
- ・ 現在、演奏所変調方式のアナログコンポジット伝送を採用している回線については、デジタル化の技術検討が今後の課題であることから、今回の対象から除外した。

1.2.2 周波数の有効利用

音声回線は所要帯域幅が現行 M・N 帯の他の回線に比べて狭帯域であり、10MHz 帯域、20MHz 帯域と同列に配置することは周波数の有効利用の観点から避けるべきである。このため M・N 帯の低群と高群の間に周波数割当てを限定する等特別な配慮を行った。

1.2.3 検討対象方式

対象方式は固定回線であることから、変調方式は周波数有効利用の観点からも多値変調方式が適当である。

1.3 デジタル方式音声STL/TTL/TSLの技術的条件

1.3.1 対象周波数帯

M・N帯内の公共業務・一般業務・電気通信業務用(以下、「既存業務用」という。)回線は、複信での運用形態からその周波数配置を低群と高群に分けており、低群と高群との間にガードバンドを設けて運用している。また、既存業務用としては伝送容量、チャンネル幅及び変調方式が複数存在しておりチャンネル幅別に周波数配置されている。

今回検討する音声回線は、チャンネル幅が狭帯域であり参考資料1に示す既存回線との干渉妨害検討結果から、一部小容量方式との周波数共用は図れるものの、中容量方式、大容量方式との同じ周波数帯域内での共用は電波有効利用の観点から望ましくない。従って、中容量方式、大容量方式の既存業務用回線と共存を図りながら既存A帯からの速やかな周波数移行を可能とするためには、一定のガードバンドを設けることが望ましい。また、既存業務用小容量方式(チャンネル幅:5MHz)とは一部周波数を共用することになるが、参考資料1に示すように干渉検討の結果から上記低群と高群の間及び高群の上側に配置することが適当である。

- (1) M帯 低群と高群の間(6700.375MHz～6719.875MHz)
及び高群の上側(6860.375MHz～6867.875MHz)
- (2) N帯 低群と高群の間(7571.375MHz～7584.875MHz)
及び高群の上側(7731.375MHz～7742.375MHz)

1.3.2 通信方式

単向通信方式とすることが適当である。

1.3.3 周波数配置(周波数間隔)

周波数の有効利用を図り、かつ、既存業務用回線との共存を図る必要がある。ま

た「1.2.1項 基本的な考え方」に示すとおり、デジタル化に際しては低遅延や高音質の確保が求められており、これら要求条件において1.3.6項の伝送容量を確保する必要がある。一方、周波数の有効利用の観点から変調方式は多値化することが望ましい。これらの条件から周波数間隔を500kHzとする、別紙2及び別紙3に示す周波数配置とすることが適当である。

また、放送事業用と既存業務用の周波数配置は別紙4及び別紙5に示す関係となる(詳細は別紙6、別紙7参照)。

また、他回線へ最も影響の少ない周波数の使用方法としては、M帯のMAF-20ch～MAF-39chを優先的に使用し、MAF-39chからMAF-38chへ向かって低い方へ周波数配置していくことが望ましい(参考資料1)。

1.3.4 変調方式

周波数有効利用の観点から多値化し、デジタル方式映像STL/TTL及び既存業務用の回線と同様の変調方式とすることが望ましい。

従って、変調方式は64QAM方式を基本とし、32QAM、16QAM 及び4PSKの各方式を備えることも可とすることが適当である。特に64QAM方式以外の方式は、伝搬路状況等により回線断を生じる可能性がある場合に他回線への干渉量を増加させない限りにおいて使用することが適当である。

また、現行のA帯高周波部(周波数変換部を含む)を変更することでM・N帯への速やかな周波数移行を促すため、現行4PSK方式についても使用できることが適当である。

1.3.5 復調方式

変調方式としてQAM方式を採用することから、QAM系の復調方式としては、遅延検波方式及び同期検波方式が考えられる。遅延検波方式では遅延された搬送波を検波の基準波とするため、復調に使用する基準搬送波には受信C/Nの劣化分が含まれる。一方、同期検波方式では受信側で再生した搬送波を基準として復調するため基準信号には受信C/Nの劣化分が含まれず、遅延検波方式より優れている。従って、復調方式は同期検波方式とすることが適当である。

1.3.6 伝送容量

高品質、低遅延での伝送容量を確保し周波数有効利用の観点から、音声STL/TTL/TSLの伝送容量は2250kbps以下が適当である(参考資料2)。

1.3.7 クロック周波数

周波数の有効利用を図りながら、チャンネル幅500kHzにて1.3.6項の伝送容量を確保するため、クロック周波数は375kHz以下とすることが適当である。

1.3.8 空中線電力の最大値

既存業務の回線と親和性を図りながら、標準区間での伝送を可能とするため、空中線電力の最大値は2Wとすることが適当である。

1.3.9 偏波

現行の放送事業用、既存業務用固定局との共存が前提であり、M・N帯での偏波が原則として垂直偏波であることから、偏波は垂直偏波を原則とした直線偏波とすることが適当である。

なお、水平偏波を用いることにより周波数の有効利用を図ることができる場合は、水平偏波を選定することができることを適当である。

1.3.10 占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅は、クロック周波数とロールオフ係数から求められる。周波数の有効利用から2250kbpsの最大伝送容量を確保しつつ隣接チャンネルとの周波数共用を図るためには、ロールオフ係数を小さくする方がよい。現在実用化されている最小のロールオフ係数が0.2(送受信平方根配分)であり、1.3.6項の伝送容量を確保した上でロールオフ係数を0.2とすると、占有周波数帯幅は405kHz以下となる。そのため占有周波数帯幅の許容値は405kHzとすることが適当である。

1.3.11 補助信号の伝送方式

補助信号の用途及びその伝送容量は事業者及び回線ごとに異なっており、一義的にその伝送容量を規定できないため、必要に応じて、1.3.6項の伝送容量に収まる

範囲で、打合せ信号、ラジオ同期放送用信号、放送所内の放送機器及び設備機器の制御信号等を補助信号として時分割多重にて伝送できるものとするのが適当である。

1.3.12 自動等化器(波形歪補償)

多値QAM方式においては、安定した伝送品質を確保するために自動等化器を使用することが一般的であり、自動等化器による波形歪補償を行うのが適当である。

1.3.13 交差偏波干渉補償器(XPIC)

垂直/水平偏波を使用した同一チャンネル伝送(以下「コチャンネル伝送」という。)を行わないため、該当しない。

1.3.14 誤り訂正機能

装置の残留符号誤りの低減等、回線品質向上のため、誤り訂正機能は必須である。誤り訂正機能を有するのが適当である。

1.3.15 中継方式

周波数の有効利用を確保した上で、各事業者が構築する回線の信頼度を十分確保するためには、検波再生中継方式とすることが適当である。

ただし、検波再生中継方式によることが置局条件等により困難と認められる場合には、回線設計及び回線品質の条件を満足する範囲において、非再生中継方式を用いることができるのが適当である。

1.3.16 無給電中継方式

周波数の有効利用を確保した上で、各事業者が構築する回線の信頼度を十分確保するためには、無線局の集中する地域では原則として無給電中継装置を使用しないのが適当である。

ただし、電力供給が困難である等の相当の理由がある場合には、回線設計や回線品質を満足する場合は使用できるとすることが適当である。

1.3.17 スペースダイバーシチ

他回線との干渉軽減及び周波数有効利用を図るためにも、海上伝搬等フェージングの厳しい区間において、他回線との干渉を軽減する等周波数の有効利用が図れる場合には、原則として、スペースダイバーシチを使用することが適当である。

1.3.18 回線設計(受信入力)

限られた周波数帯幅の中では、M・N帯における既存業務用回線と放送事業用回線とが互いに干渉せず、周波数の有効利用を図りつつ回線を構築する必要がある。

既にデジタル方式映像STL/TTL用としてM・N帯にて放送事業者が使用している回線と同様の回線品質を確保する観点から、デジタル方式映像STL/TTLの標準受信入力を基準とし、その受信帯域幅との関係及び参考資料1の結果から、これより11dB低い値を最低受信電力とし、異ルートからの干渉妨害を軽減する観点からフェージングマージンの1/2を加算した値を標準受信入力とすることが適当である。

従って、受信入力電力(設計値)は、原則として、表1-1のとおりとすることが適当である。

なお、このとき、受信入力は、表1-1に示す標準受信入力の値±3dBの範囲内の値とし、海上伝搬等回線構成上やむを得ない場合には、他回線との干渉を考慮し、表1-1に示す最大受信入力を上限とする受信入力を設定できることとする。

表 1-1 受信入力(設計値)

標準受信入力	最大受信入力
$-65.5\text{dBm} + \text{Fmr}/2$	-36dBm(注 1)

注1: 単一受信の場合最大受信入力は-44dBmとする。

注2: Fmr: 所要フェージングマージン。

1.3.19 回線設計(回線品質)

運用形態を考えると中継段数や全伝送区間の距離は一定とならないので、基本的に回線品質は回線全体で規定するより単位距離当たりで規定することが適当と考えられる。また回線断となった場合のネットワーク全体の影響はデジタル方式映像STL/TTLと同等となる。これらを踏まえて、回線品質の回線瞬断率は以下のとおりと

することが適当である。

回線瞬断率：フェージングによる回線瞬断率を 4×10^{-7} (1/km)とする。

注：回線断の定義は「1.3.22 搬送波電力対熱雑音電力比」の熱雑音C/Nによる。

1.3.20 等価等方輻射電力の制限値

ITU-R勧告SF.356-4及びITU-R勧告S.483-3に従い規定されている電波法関係審査基準に準じて、以下のとおりとすることが適当である。

(1) 等価等方輻射電力の制限値

正対方向以外への等価等方輻射電力は現行M・N帯の各方式に比較して狭帯域のため、表1-2に示す制限値以下とすることが適当である。

表 1-2 正対方向以外の等価等方輻射電力の制限値

周波数帯	空中線の放射角度(θ)	等価等方輻射電力の制限値 [dBm]
M 帯 N 帯	$4^\circ \leq \theta < 40^\circ$	$68.5 - 27.5 \log \theta$
	$40^\circ \leq \theta < 90^\circ$	24.5
	$90^\circ \leq \theta < 110^\circ$	$92.0 - 0.75 \theta$
	$110^\circ \leq \theta$	9.5

(2) M帯での静止衛星軌道方向への等価等方輻射電力の制限値

最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が2度以内の場合には、等価等方輻射電力が35dBW以下とすることが適当である。

1.3.21 混信保護

M・N帯では各種の変調方式が混在しており、各方式間の混信保護比も大きく異なっている。従って、ある特定の干渉に対してそれぞれ混信保護比を設定するとともに、その総和を規定することにより回線の良否を判断することが適当である。

(1) 混信保護値

混信保護値は、既存業務用の各変調方式相互間で用いられているものを適用することが適当である。混信保護比(1波当たりの干渉電力に対する搬送波電力

対干渉波受信電力比又は全干渉波電力の総和に対する搬送波電力対干渉波受信電力比のいずれか)は表 1-3 の値を満足することが適当である。

表1-3 混信保護値

干渉波1波当たりの値 [dB]		全干渉波の総和に対する値 [dB]
同一経路	異経路	
39 (平常時)	35+Fmr(注) (平常時)	30.5 (フェージング時)

注：Fmrは所要フェージングマージン

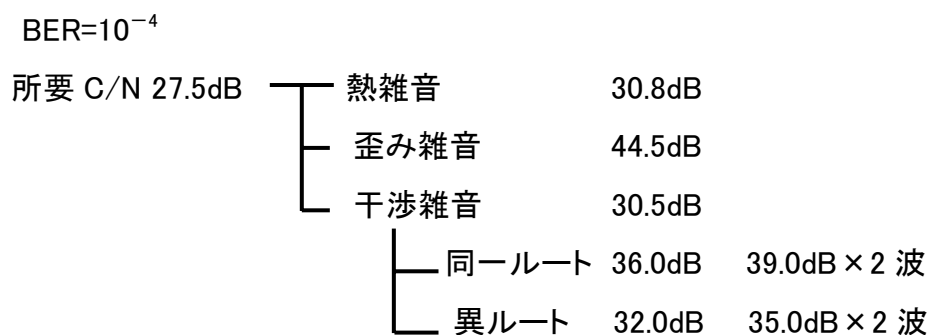
全干渉波の総和に対する混信保護値[C/Ia]は別紙8により求める。

(2) 干渉軽減係数(IRF)

各方式間の組合せ及びそれらの干渉軽減係数(IRF)を別紙9に示す(参考資料1)。

1.3.22 搬送電力対熱雑音電力比

64QAM方式のデジタル方式映像STL/TTLでは、符号誤り率(BER)が 1×10^{-4} (リードソロモン(255,239)符号相当の誤り訂正能力を有する誤り訂正を行う前段階でのBERとし、その誤り訂正によってエラーフリー(QEF)状態とする。)となる場合の雑音配分を以下のようにしている。



従って、デジタル方式音声STL/TTL/TSLでも同じ64QAM方式を用いることから、搬送波電力対熱雑音電力比は、30.8dB以下とすることが適当である。

なお、接続符号等他の変調方式を使用する場合の搬送波電力対熱雑音電力比（外符合の誤り訂正を行う前のBERが 1×10^{-4} となる搬送波電力対熱雑音電力比）は、別に提出される資料によることができることとする。

1.3.23 周波数の許容偏差

周波数の許容偏差は、いかなる場合においてもスペクトルマスクが隣接チャンネルにかからない値とすることが適当である。音声回線（最大伝送容量2250kbps）の場合、クロック周波数を375kHz、ロールオフ率を0.2とすると、スペクトル帯域は450kHzとなる。1.3.3項に示すようにチャンネル間隔は500kHzなので隣接チャンネルとのガードバンドは25kHzとなり、周波数の許容偏差を 2×10^{-6} と規定した場合、N帯においてもスペクトルマスクが隣接チャンネルにかからない値となる。

従って、周波数の許容偏差は、 2×10^{-6} とすることが適当である。

1.3.24 送信電力スペクトル特性

周波数の有効利用を図るため、スペクトルはできるだけ低減する必要がある。平行回線での隣接及び隣隣接チャンネルの使用を考慮し、スペクトルマスクの許容値は以下のとおりとすることが適当である。

$$f_0 \pm 250\text{kHz} \text{にて } -37\text{dB以下}$$

$$f_0 \pm 750\text{kHz} \text{にて } -48\text{dB以下}$$

$$f_0: \text{中心周波数}$$

送信電力スペクトル特性を別紙 10 に示す。

1.3.25 送受信ろ波特性

(1) 送受信高周波ろ波特性

M・N帯はA帯に対して、約2倍の周波数となり、A帯と同じ特性の送受信高周波ろ波特性を得るには、挿入損失が増加する。また、高周波ろ波特性のみの規定では、隣接チャンネルとの干渉除去に対する効果は得られないことから、挿入損失を増やしてまで狭帯域特性を要求する意味が薄い。

現在の送受信高周波ろ波器と同等な挿入損失が得られ、表1-4-1に示す値以上減衰するものとするのが適当である。

表 1-4-1 送受信高周波ろ波特性

周波数偏差	10MHz	15MHz
減衰量	25dB 以上	50dB 以上

(2) 等価送信ろ波特性

送信電力スペクトル特性とも関係するものであり、表1-4-2に示す値以上減衰するものが適当である。

(等価送信ろ波特性とは高周波ろ波特性に中間周波ろ波特性、デジタル部のろ波特性を加えたもの)

表 1-4-2 等価送信ろ波特性

周波数偏差	250kHz	750kHz	3MHz	8MHz	10MHz
減衰量	37dB	48dB	48dB	60dB	70dB

(3) 等価受信ろ波特性

等価受信ろ波特性は、隣接チャンネルでの平行回線、同一空中線使用、隣接チャンネルでの使用も考慮した、表1-4-3に示す値以上減衰するものが適当である。

(等価受信ろ波特性とは高周波ろ波特性に中間周波ろ波特性、デジタル部のろ波特性を加えたもの)

表 1-4-3 等価受信ろ波特性

周波数偏差	250kHz	750kHz	1.5MHz	10MHz	15MHz
減衰量	40dB	70dB	80dB	80dB	80dB

(4) 4PSK方式の等価受信ろ波特性

現行A帯デジタル方式音声STLを周波数変更のみでM・N帯へ移行する場合は

表1-4-4に示す等価受信ろ波特性も使用できることとすることが適当である。

表 1-4-4 4PSK 方式を用いる等価受信ろ波特性

周波数偏差	250kHz	500kHz	750kHz	1.5MHz	10MHz	15MHz
減衰量	25dB	60dB	70dB	80dB	80dB	80dB

1.3.26 等価雑音帯域幅、雑音指数

等価雑音帯域幅はデジタルフィルタを構成するPLD(プログラマブル ロジック デバイス)の進歩により理論値に近似できるデジタルフィルタが容易に入手(設計)できる状況にあるため、クロック周波数の値と同じとすることが適当である。

また、雑音指数は、現在の受信装置の実力値及び標準受信電力での十分な回線信頼度を確保するため、以下のとおりとすることが適当である。

等価雑音帯域幅は、375kHz以下とする。

雑音指数は、4dB以下とする。

1.3.27 総合伝送特性

現行の4PSK規格において、ロールオフ率 α は0.5を使用していることから、ロールオフ率 α は0.5以下とし、次式を満たすような α を選ぶことが適当である。

$$\Delta f(\alpha) \leq 450\text{kHz}$$

ここで、 $\Delta f(\alpha)$ はスペクトル帯域幅であり、次式で定義される。

$$\Delta f(\alpha) = f_c(1 + \alpha)$$

(f_c : クロック周波数)

1.3.28 送受信空中線特性

M・N帯は、デジタル方式映像STL/TTL及び既存業務用回線との共用が前提であることから、これらと同じ条件とすることが望ましい。そのため開口径に関わりなく表1-5とすることが適当である。

表 1-5 送受信空中線特性

周波数帯	空中線の放射角度(θ)	送受信空中線特性[dBi]
M 帯 N 帯	$0^\circ \leq \theta < 4^\circ$	$48.0 - 1.28 \theta^2$
	$4^\circ \leq \theta < 40^\circ$	$44.0 - 27.5 \log \theta$
	$40^\circ \leq \theta < 90^\circ$	0
	$90^\circ \leq \theta < 110^\circ$	$67.5 - 0.75 \theta$
	$110^\circ \leq \theta$	-15

現在、開口径0.9mφ程度の空中線においても性能の向上に伴い上記特性を満足するものが製作可能となっている。これらの空中線においても表1-5の値を満足することを条件に使用可能とすることが適当である(参考資料3)。

1.3.29 交差偏波識別度

デジタル方式映像STL/TTLは、M・N帯における交差偏波識別度を電波法関係審査基準において25dB以上と規定している。

よって、デジタル方式音声STL/TTL/TSLにおいても同様の25 dB以上と規定することが適当である。

1.3.30 フェージングマージン及び降雨減衰マージン

伝送路途中で発生するフェージング及び降雨による減衰は、回線品質に大きな影響を与えるため、これらの値を正しく推測することが回線設計上重要である。

これらの影響度は使用する周波数帯により相違があり、10GHz帯以下ではフェージングが支配的であり、10GHz帯以上では降雨減衰が支配的となる。

従って、M・N帯ではフェージングについて考慮する。

フェージングマージンの算出は、電波法関係審査基準の「6.5GHz帯(6.57GHzから6.87GHzまで)及び7.5GHz帯(7.425GHzから7.75GHzまで)の周波数の電波を使用して

通信系を構成する固定局(放送事業用固定局を除く。)」のフェージングマージンの算出方法に準じて、別紙11に示す方法で算出することが適当である。

1.3.31 電波の型式

D7W又はG7Wとすることが適当である。

1.3.32 スプリアス発射の強度の許容値について

スプリアス発射の強度の許容値は、無線設備規則第7条(スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値)で規定されており、M・N帯を用いた既存業務用回線及び現行のデジタル方式映像STL/TTLについても、同規定を適用している。

従って、現行規則と同じとすることが適当である。

- (1) 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値は、 $100\mu\text{W}$ 以下とする。
- (2) スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、 $50\mu\text{W}$ 以下とする。

2 デジタル方式映像TSL

2.1 審議の背景

テレビジョン放送事業者は放送番組制作のため、番組素材の伝送を行う手段として、主として SHF 帯を使用する無線回線FPU/TSL を使用している。

放送するための番組素材は、現場の中継車等からFPUで近隣の受信基地局に伝送される。この回線は、現場が不特定で広域に渡り、また移動することから SHF 帯での伝送が必須となっている。受信基地局は、山頂等光ファイバ回線の敷設がない場所に設置することが多く、放送番組素材は演奏所まで TSL により伝送される。

都市部等では TSL に光ファイバ回線を使用している例もあるが大災害時においても確実に回線を確保する必要性から、SHF 帯を使用する無線回線が多いのが現状である(図 1-2)。地上デジタルテレビジョン放送(DTV)は、より豊かな国民生活の実現に貢献するものとしての普及が進んでいる。これまで、「番組中継用デジタル回線の技術的条件(諮問第 110 号)」について審議が行われ平成 14 年 1 月 28 日に答申を行った。これによりデジタル方式 FPU/TSL/STL/TTL の運用が開始されたが、放送事業用の B 帯、C 帯及び D 帯は、アナログサイマル放送及び DTV の普及に伴い逼迫状態となった。

本報告は、国の施策により、映像 TSL について、A 帯から他の放送事業用周波数帯への周波数移行を進めるにあたり、移行先の無線局配置形態の違いを考慮して新たに M・N 帯も利用可能とする「デジタル方式映像 TSL の技術的条件」について審議を行った結果を取りまとめたものである。

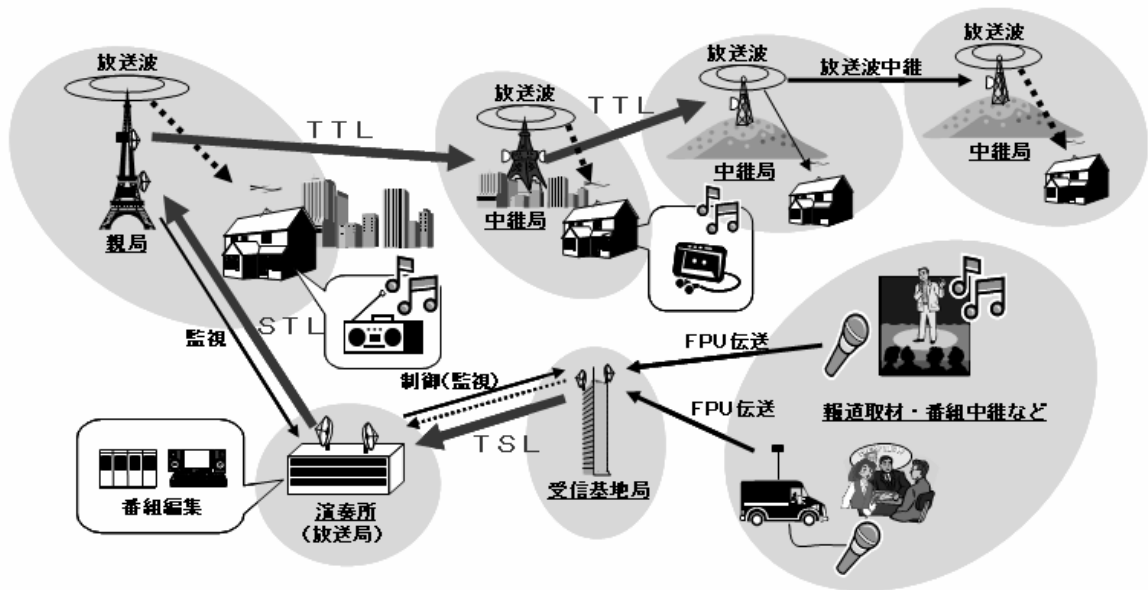


図 1-2 映像 TSL の例

2.2 審議に際しての考え方

2.2.1 基本的考え方

A 帯映像 TSL は雨や霧による影響が少ないため中・長距離の映像伝送等に適し、使用されている。この実態を踏まえて M・N 帯へ移行する場合に考慮すべき事項を以下に示す。

- ・ M・N 帯で使用されている既存回線との親和性を図る。
- ・ 現行 A 帯は、50km を超える伝送を行っているケースもあるため、移行後もできる限り伝送距離等現行の運用に即した規格であることが望ましい。
- ・ 既存 TSL に関する電波法関係審査基準を基に検討する。
- ・ 周波数有効利用の観点から垂直/水平偏波を使用したコチャネル伝送についても検討する。また、この場合水平偏波と垂直偏波で伝送する信号は非同期でも可能とする。

2.2.2 周波数の有効利用

映像 TSL の周波数間隔は、放送事業用周波数において 18MHz であるが、周波数有効利用の観点及び M・N 帯の既存業務の回線との親和性から周波数間隔は現行既存業務用大容量方式と同じ周波数間隔とすることが適当である。また、コチャネル

伝送も導入し、より周波数の有効利用に貢献することとした。

2.2.3 検討対象方式

変調方式としては、既存放送事業用の映像 TSL と同様に多値変調方式が適当である。

2.3 デジタル方式映像TSLの技術的条件

2.3.1 対象周波数帯

「平成18年度電波の利用状況調査の評価結果の概要」(平成19年3月14日公表)により、A帯に使用されている映像TSLについては、第4世代移動通信システム等が円滑に導入できるよう、周波数の使用期限を早期に設定することと6GHz帯以上の周波数帯への周波数移行が必要であるとされている。このため、B帯、C帯、D帯及びM・N帯は逼迫状態にあるものの、既にデジタル方式映像TSL回線が構築可能なB帯、C帯、D帯に加え、無線局配置形態の違い等から新たな回線を構築できる可能性のあるM帯(6,570MHz～6,870MHz)及びN帯(7,425MHz～7,750MHz)を検討周波数帯とすることが適当である。

2.3.2 通信方式

映像TSLは放送局演奏所への映像番組素材伝送に使用されるので、単向通信方式とすることが適当である。

2.3.3 周波数配置

M・N帯における周波数配置については、既存業務用回線との親和性を図ることが必要である。映像TSLは広帯域伝送システムであるため、これに最も近い方式である既存業務用大容量方式(104Mbps)に合わせ、20MHzの周波数間隔と周波数配置とすることが望ましい。従って、別紙12に示す周波数配置が適当である。

また、周波数の有効利用の観点からコチャネル伝送も可能とする。

なお、デジタル方式映像TSLに割り当てられているB帯、C帯及びD帯においても同様に周波数の有効利用の観点からコチャネル伝送を可能とすることが適当である。

2.3.4 変調方式

映像番組はHDTVが標準的となっており、映像素材伝送のためには2.3.6項に示す伝送容量を確保する必要がある。現行のデジタル方式映像TSLにおいて運用されている多値変調方式の64QAM方式が適当である。

気象条件によって伝搬路条件が劣悪になり64QAM方式による回線の確保が困難な場合であっても映像素材を伝送するために、他回線への干渉量を増加させないことを条件として、伝送容量を低減させた32QAM方式、16QAM方式又は4PSK方式による伝送も必要となる。

従って、変調方式は64QAM方式のほか、32QAM、16QAM 及び4PSKの各方式を備えることも可とする。64QAM方式以外の方式は、伝搬路状況等により回線断を生じる可能性がある場合に他回線への干渉量を増加させない限りにおいて使用することができるとすることが適当である。

2.3.5 復調方式

変調方式としてQAM方式を採用することから、QAM系の復調方式としては、遅延検波方式及び同期検波方式が考えられる。遅延検波方式では遅延された搬送波を検波の基準波とするため、復調に使用する基準搬送波には受信C/Nの劣化分が含まれる。一方、同期検波方式では受信側で再生した搬送波を基準として復調するため基準信号には受信C/Nの劣化分が含まれないので遅延検波方式より優れている。従って、復調方式としては同期検波方式とすることが適当である。

2.3.6 伝送容量

伝送容量は、現行のデジタル方式映像TSLと整合を取る必要がある。従って、伝送容量は、現行のデジタル方式映像TSLと同じ1キャリア当たり84Mbps以下とすることが適当である。

2.3.7 クロック周波数

クロック周波数は、現行のデジタル方式映像TSLと整合を取る必要がある。従って、クロック周波数は14MHz以下とすることが適当である。

2.3.8 空中線電力の最大値

他の既存業務用回線や現行のデジタル方式映像STL/TTLと周波数共用することになるので、既存の他方式との親和性を図ることが必要である。従って、空中線電力の最大値は1キャリア当たり2Wとすることが適当である。

2.3.9 偏波

現行の放送事業用、既存業務用回線との共存が前提であり、M・N帯での偏波が原則として垂直偏波であることから、偏波は垂直偏波を原則とした直線偏波とすることが適当である。

なお、水平偏波を用いることにより周波数の有効利用を図ることができる場合は、水平偏波を選定できるとすることが適当である。

2.3.10 占有周波数帯幅の許容値

B帯～G帯デジタル方式映像TSLの占有周波数帯幅と同じとすることが要求される。また、B帯～G帯デジタル方式映像TSLの占有周波数帯幅は16.2MHz以下でありM・N帯における既存業務用の大容量方式(104Mbps)周波数間隔の20MHz以内となっている。従って、16.2MHzとすることが適当である。

2.3.11 補助信号の伝送方式

現行のデジタル方式映像TSLの補助信号は主信号であるTS信号に時分割多重して伝送している。従って、TS信号に時分割多重することが適当である。

2.3.12 自動等化器(波形歪補償)

多値QAM方式においては、安定した伝送品質を確保するために自動等化器を使用することが一般的であり、現行のデジタル方式映像TSLにも使用されている。従って、自動等化器による波形歪補償機能を有することが適当である。

2.3.13 交差偏波干渉補償器(XPIC)

コチャンネル伝送を行う場合にはXPICにより交差偏波干渉量の改善を図ることが一般的である。従って、M・N帯を使用する映像TSLにおいてコチャンネル配置を行う場合

は、交差偏波干渉補償器(XPIC)を用いることとし、XPICによる改善効果は18dB以上とすることが適当である。ただし、XPICを用いなくても回線品質を満足する場合はこの限りではない。

なお、B帯、C帯及びD帯を使用するデジタル方式映像TSLについても周波数の有効利用の観点からコチャネル伝送を行う場合には同様とすることが適当である。

2.3.14 誤り訂正機能

装置の残留符号誤りの低減等回線品質向上のためは、現行のデジタル方式映像TSLと同じく、誤り訂正機能を有することが適当である。

2.3.15 中継方式

既存業務用回線と同様に、検波再生中継方式とすることが適当である。ただし、検波再生方式によることが置局条件等により困難と認められる場合には、回線設計及び回線品質を満足する範囲において、非再生中継方式も使用することができることが適当である。

2.3.16 無給電中継方式

周波数の有効利用と回線の信頼度を十分確保するためには、無線局の集中する地域では原則として無給電中継装置を使用しないことが適当である。

ただし、電力供給が困難である等の相当の理由がある場合には、回線設計や回線品質を満足する場合は使用できるとすることが適当である。

2.3.17 スペースダイバーシチ

他回線との干渉軽減及び周波数有効利用を図るためにも、海上伝搬等フェージングの厳しい区間において、他回線との干渉を軽減する等周波数の有効利用が図れる場合には原則としてスペースダイバーシチを使用することが適当である。

2.3.18 回線設計(受信入力)

受信入力の値は標準的な回線において所定の回線品質を確保できるような値であり、かつ、他の回線との干渉条件が同等となる値となることが必要である。

M・N帯では多くの免許人が共用することになり、互いに干渉せず、回線を構築する必要がある。

伝搬距離(50km)において所定の回線信頼度(5×10^{-5})が確保できる受信入力であることと、IRF値から既存の回線の間で干渉妨害を起こさない値にすることを基本とし、他の固定回線において異ルートからの干渉妨害等を軽減する観点から、B帯、C帯及びD帯の現行のデジタル方式映像TSLと同様の基準値にフェージングマージンの1/2を加算した値を標準受信入力とする。

また、コチャネル伝送時における標準受信入力値は2.3.22項に示すC/N配分でXPDの有無による熱雑音C/Nの差を考慮した値を加えている。

従って、受信入力(設計値)は、1キャリア当たり、原則として、表1-6のとおりとすることが適当である。

なお、このとき、受信入力は、表1-6に示す標準受信入力の値 ± 3 dBの範囲内の値とし、海上伝搬等回線構成上やむを得ない場合には、他回線との干渉を考慮し、表1-6に示す最大受信入力を上限とする受信入力を設定できることとする。

表1-6 受信入力(設計値)

標準受信入力	最大受信入力
$-58.5\text{dBm} + F_{\text{mr}}/2$	-36dBm (注1)

注1: 単一受信の場合最大受信入力は -44dBm とする。

注2: F_{mr} : 所要フェージングマージン。

注3: コチャネル伝送を行う場合は上記数値に 2dB 加えた値を標準受信入力とする。

2.3.19 回線設計(回線品質)

回線品質は、回線断となる時間率で定義する。M・N帯においては回線断を生ずる原因はフェージングの影響が支配的であり、フェージング時において2.3.22項のC/N配分された熱雑音C/Nの許容値以下となる時間率を回線瞬断率とし、回線断となる熱雑音C/Nが 25.2dB 未満(コチャネル伝送を行う場合は 26.3dB 未満)とする。

B帯、C帯及びD帯のデジタル方式映像TSLでは標準的な回線距離を 50km として回線瞬断率を 5×10^{-5} としているが、M・N帯においては既存業務用回線、現行のデジ

タル方式映像STL/TTLとの親和性を図るために回線瞬断率を単位距離あたりの回線瞬断率で表すことが適当である。

回線瞬断率:フェージングによる回線瞬断率を 1×10^{-6} (1/km)とする。

2.3.20 等価等方輻射電力の制限値

ITU-R勧告SF.356-4及びITU-R勧告S.483-3に従い規定されている電波法関係審査基準に準じて以下のとおりとすることが適当である。

(1) 等価等方輻射電力の制限値

正対方向以外への等価等方輻射電力は表1-7に示す制限値以下とすることが適当である。

表 1-7 正対方向以外の等価等方輻射電力の制限値

周波数帯	空中線の放射角度(θ)	等価等方輻射電力の制限値 [dBm]
M帯 N帯	$4^\circ \leq \theta < 40^\circ$	$73 - 27.5 \log \theta$
	$40^\circ \leq \theta < 90^\circ$	29.0
	$90^\circ \leq \theta < 110^\circ$	$96.5 - 0.75 \theta$
	$110^\circ \leq \theta$	14

(2) M帯での静止衛星軌道方向への等価等方輻射電力の制限値

最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が2度以内の場合には、(1キャリアあたりの)等価等方輻射電力が35dBW以下とすることが適当である。

2.3.21 混信保護

M・N帯では各種の変調方式が混在しており、各方式間の混信保護比も大きく異なっている。従って、ある特定の干渉に対してそれぞれ混信保護比を設定するとともに、その総和を規定することにより回線の良否を判断することが適当である。

(1) 混信保護値

混信保護値は、既存業務用回線の各変調方式間で用いられている方式を適用

することが適当である。混信保護比(1波当たりの干渉電力に対する搬送波電力対干渉波受信電力比又は全干渉波電力の総和に対する搬送波電力対干渉波受信電力比のいずれか)は表 1-8 の値を満足することが適当である。

表1-8 混信保護の許容値

1波当たりの干渉波電力に対する値(dB)		全干渉波の総和に対する値 (dB)
同一経路	異経路	
32.3 (平常時の値)	30.0+Fmr(注) (平常時の値)	25.0 (フェージング時の値)

注:Fmrはフェージングマージン

全干渉波の総和に対する混信保護値[C/Ia]は別紙13により求める。

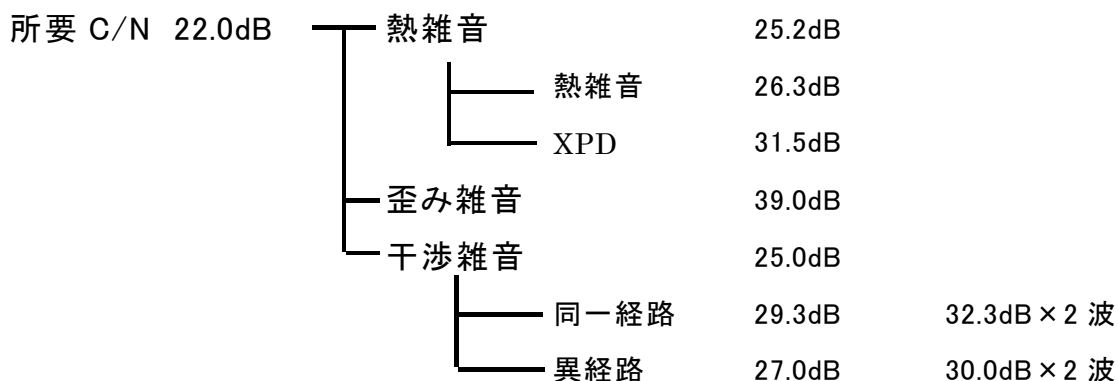
(2) 干渉軽係数(IRF)

各方式間の組合せ及びそれらの干渉軽減係数(IRF)を別紙14に示す。

2.3.22 搬送波電力対熱雑音電力比

64QAM方式のデジタル方式映像TSLでは、接続符号を用いることにより所要 C/N22dBで外符号の内側での符号誤り率(BER)が 1×10^{-4} となり外符号による誤り訂正によってエラーフリー(QEF)状態となる。この場合のC/N配分を以下に示す。

また、コチャネル伝送時のC/N配分を規定しXPDにC/Nを配分したほか干渉雑音についても同一経路と異経路のC/N配分値を規定した。



注:コチャネル伝送を行わない場合はXPD分をすべて熱雑音に配分する。

現行のデジタル方式映像TSLは帯域が広いとため、より周波数を有効に利用できるように接続符号を基本としている。よって、搬送波電力対熱雑音電力比を25.2dB以下とすることが適当である。

2.3.23 周波数の許容偏差

無線設備規則第5条関係別表第1号の注31(10)放送中継を行う無線局の送信設備の(ア)項のD7W電波又はG7W電波3.456GHzを超え13.25GHz以下の電波を使用するものとして周波数の許容偏差は 20×10^{-6} と規定されている。

周波数の許容偏差は、スペクトルマスクが隣接チャンネルにかからない値とする必要がある。デジタル方式映像TSLではクロック周波数を14MHz、ロールオフ率を0.3とすると、スペクトル帯域は18.2MHz以下となり、チャンネル間隔は20MHzであるので隣接チャンネルとのガードバンドは900kHzとなる。周波数の許容偏差は 20×10^{-6} であれば隣接チャンネルにかからない値となる。

従って、周波数の許容偏差は 20×10^{-6} とすることが適当である。

2.3.24 送信電力スペクトル特性

送信電力スペクトル特性は同一場所で隣接周波数の使用が可能ないように、スペクトルの広がりを抑えるためのものである。現行のデジタル方式映像TSLの送信電力スペクトル特性としては中心周波数 ± 9 MHzにおいて -37 dB以下、中心周波数 ± 19 MHzにおいて -48 dB以下とするスペクトル特性を設定し、M・N帯に隣接するC帯(C8チャンネル)、D帯(D1チャンネル)で採用していたが、M・N帯用デジタル方式映像TSLにおいてもその有効性が確認された。

送信電力スペクトル特性を別紙15に示す。

2.3.25 送受信ろ波特性

(1) 送信ろ波特性

送信電力スペクトル特性と組み合わせ、所要の電力減衰量を確保するために送信ろ波器が使用される。M・N帯においては既存業務用回線、現行のデジタル方式映像STL/TTLにおいては、送信ろ波器を挿入することを前提としており、デジタ

ル方式映像TSLにおいても送信ろ波器を挿入することを前提とすることが適当である。ろ波特性は、現行のデジタル方式映像TSLの特性と同様とする。表1-9に示す送信ろ波特性を有するろ波器を送信機で使用することが適当である。

表1-9 送信ろ波特性

周波数偏差	20MHz	35MHz	70MHz
減衰量	15dB	35dB	60dB

(2) 受信ろ波特性

受信ろ波特性は、現行のデジタル方式映像TSL用として現行電波法関係審査基準に規定されるチャンネル番号C8、D1の特性を用いることが望ましい。

従って、表1-10に示す等価受信ろ波特性を満足することが適当である。

表1-10 等価受信ろ波特性

周波数偏差	14MHz	20MHz	60MHz
減衰量	40dB	55dB	80dB

(等価受信ろ波特性とは、高周波ろ波特性に中間周波数帯(デジタル部を含む)のろ波特性を加えたもの)

2.3.26 等価雑音帯域幅、雑音指数

(1) 等価雑音帯域幅

現行のデジタル方式映像TSLの等価雑音帯域幅は16.2MHz以下とされている。しかし、現在は、デジタルフィルタの普及から、等価雑音帯域幅はクロック周波数と同じ値とすることが適当である。

よって、14MHz以下とすることが適当である。

なお、現行のデジタル方式映像TSLにおいても、同様に等価雑音帯域幅は、クロック周波数と同一の値とすることが適当である。

(2) 雑音指数

既存業務用回線においては、M・N帯では4dBとしており、現在のSHF帯受信装

置も同等以上の性能を有している。

よって、雑音指数は4dB以下とすることが適当である。

2.3.27 総合伝送特性

近年、限られた伝送帯域幅で少しでも多くの情報を伝送するため、ロールオフ係数を0.3とする機器が多い。

2.3.24.項の送信電力スペクトル特性を満足すれば、既存業務用回線と共存が可能であることが確認されており、この特性はロールオフ係数を0.3とすることで実現可能である。このため、送受信装置の総合の伝送特性は、ロールオフ係数 α が0.3以下であることが適当である。

ただし、クロック周波数との関係で、次式を満たすような α を選ぶこととする。

$$\Delta f(\alpha) \leq 17.5\text{MHz}$$

ここで、 $\Delta f(\alpha)$ はスペクトル帯域幅であり、次式で定義される。

$$\Delta f(\alpha) = f_c(1 + \alpha)$$

(f_c :クロック周波数)

2.3.28 送受信空中線特性

M・N帯は、デジタル方式映像STL/TTL及び既存業務用との共用が前提であることから、これらと同じ条件とすることが望ましい。そのため開口径に関わりなく表1-11とすることが適当である。

表 1-11 送受信空中線特性

周波数帯	空中線の放射角度(θ)	送受信空中線特性[dBi]
M帯 N帯	$0^\circ \leq \theta < 4^\circ$	$48.0 - 1.28 \theta^2$
	$4^\circ \leq \theta < 40^\circ$	$44.0 - 27.5 \log \theta$
	$40^\circ \leq \theta < 90^\circ$	0
	$90^\circ \leq \theta < 110^\circ$	$67.5 - 0.75 \theta$
	$110^\circ \leq \theta$	-15

(参考資料3 参照)

2.3.29 交差偏波識別度

他回線との干渉軽減及び周波数有効利用の観点から交差偏波識別度を規定することが必要である。既存業務用では、コチャネル伝送を行う場合は38dB以上、行わない場合は25dB以上と規定されており、これらに対応した空中線は広く使用されていることから同一とすることが適当である。

なお、B帯、C帯及びD帯を使用するデジタル方式映像TSLについても周波数の有効利用の観点からコチャネル配置を行う場合には同様とすることが適当である。

2.3.30 フェージングマージン及び降雨減衰マージン

伝送路途中で発生するフェージング及び降雨による減衰は、回線品質に大きな影響を与えるため、これらの値を正しく推測することが回線設計上重要である。

これらの影響度は使用する周波数帯により相違があり、10GHz帯以下ではフェージングが支配的であり、10GHz帯以上では降雨減衰が支配的となる。

従って、M・N帯ではフェージングについて考慮する。

フェージングマージンの算出は、電波法関係審査基準の「6.5GHz帯(6.57GHzから6.87GHzまで)及び7.5GHz帯(7.425GHzから7.75GHzまで)の周波数の電波を使用して通信系を構成する固定局(放送事業用固定局を除く。)」のフェージングマージンの算出方法に準じて、別紙11に示す方法で算出することが適当である。

2.3.31 電波の型式

D7W又はG7Wとすることが適当である。

2.3.32 スプリアス発射の強度の許容値について

スプリアス発射の強度の許容値は、無線設備規則第7条(スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値)で規定されており、M・N帯を用いた既存業務用固定回線及び現行のデジタル方式映像STL/TTLについても、同規定を適用している。

従って、現行規則と同じとすることが適当である。

- (1) 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値は、100 μ W 以下とする。
- (2) スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、50 μ W 以下とする。

3 デジタル方式監視・制御用固定回線

3.1 審議の背景

テレビジョン放送事業者及びラジオ放送事業者は送信所(親局)及び中継局の機器の状態の監視及び制御並びに連絡用無線の音声を送送するための固定回線として、主としてSHF帯を使用する無線回線を使用している。

演奏所から送信所等の監視・制御用固定回線は都市部等では補完回線として有線回線を使用している例もあるが、非常災害時に信頼性の高い無線(放送事業用A帯(3.5GHz帯))を主として使用しているのが現状である。

このA帯(3.5GHz帯)は、他の放送事業用周波数帯への周波数移行が求められている。本報告は、移行先での無線局配置形態の違いを考慮して、新たにM・N帯も利用可能とする「デジタル方式監視・制御用固定回線の技術的条件」について審議を行った結果を取りまとめたものである。

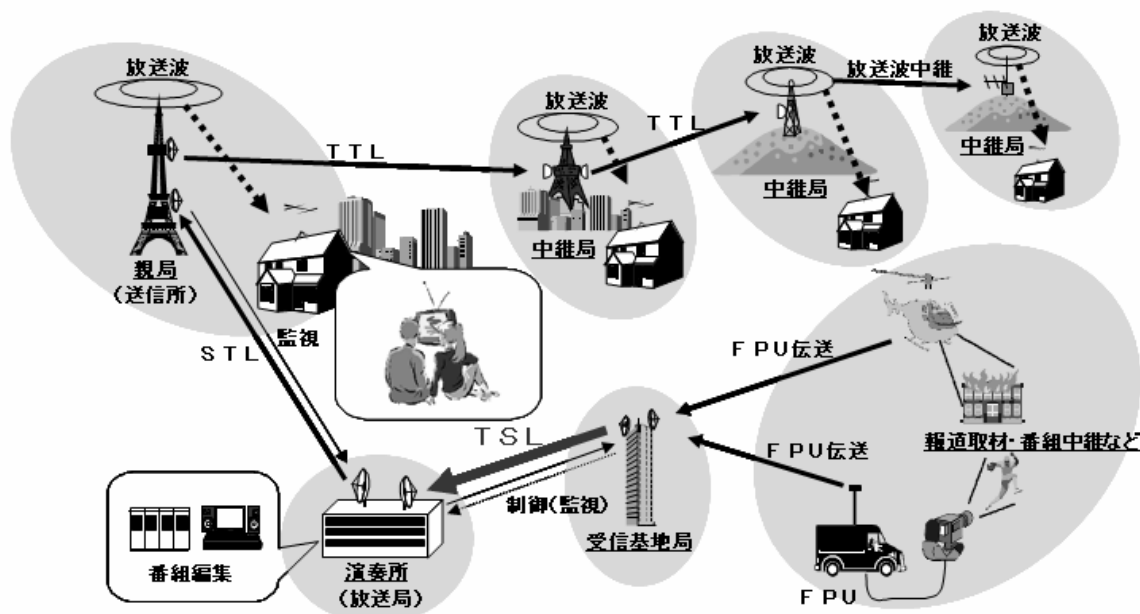


図 1-3 監視・制御用固定回線の例

3.2 審議に際しての考え方

3.2.1 基本的考え方

監視・制御用固定回線には、A帯が使用されており、別紙16に示すように、全回線のうち35.5%の回線でデジタル化が行われている。

近年、基地局での監視・制御項目の増大、連絡用無線の回線数増大から伝送容

量増加の対応が求められており、これらの伝送容量増加に対応すべく、多値変調方式の採用が望ましい。

一方、監視・制御用固定回線の特徴は、監視と制御が双方向の回線であるため、現行の回線では、使用周波数をローチャンネル(3400.25MHz～3404.25MHz)とハイチャンネル(3422.75MHz～3426.25MHz)に分けて送受分離を行っていること、また、音声 STL 回線と制御が同一方向(演奏所→送信所)、監視が逆方向(送信所→演奏所)であり周波数割当てにおける周波数間隔の確保が必要となることから、周波数間隔を配慮したチャンネル数の確保が必要である。

3.2.2 周波数の有効利用

M・N 帯の他の回線に比べて狭帯域であり、10MHz 帯域、20MHz 帯域と同列に配置することは周波数の有効利用の観点から避けるべきである。このため周波数配置については低群と高群の間に配置を限定する等特別な配慮を検討した。

3.2.3 検討対象方式

変調方式は周波数の有効利用の観点から多値変調方式が適当である。

3.3 デジタル方式監視・制御用固定回線の技術的条件

3.3.1 対象周波数帯

M・N帯の既存業務用回線の周波数配置において、低群と高群の間、高群の上側の使用されていない帯域及び小容量方式で使用している帯域に配置するのが適当である。中容量回線及び大容量回線と同じ帯域に配置した場合には、狭帯域回線のために、後から中容量回線及び大容量回線を確保することが難しくなり、周波数の有効利用の観点からは好ましくない。

従って、デジタル方式制御・監視用固定回線は、表1-12に示す周波数帯を使用することが適当である。

表 1-12 周波数帯

周波数帯	周波数
M 帯	6700.375MHz～6719.875MHz
	6860.375MHz～6867.875MHz
N 帯	7571.275MHz～7584.775MHz
	7731.375MHz～7742.375MHz

3.3.2 通信方式

監視信号と制御信号は双方向に伝送、又は、TSL等との組合せて利用するので、通信方式は、単向通信方式及び複信方式とすることが適当である。

3.3.3 周波数配置(周波数間隔)

周波数間隔を250kHzとする、別紙2及び別紙3に示す周波数配置とすることが適当である。

他の回線への影響が少ない周波数の使用方法として、MS-39ch～MS-78chを優先使用とし、MS-78chからMS-77chへ向かって低い方へ周波数配置していくことが適当である。詳細は別紙6、別紙7参照。

3.3.4 変調方式

周波数有効利用の観点から多値化し、現行のデジタル方式映像STL/TTL及び既存業務用の回線と同様の変調方式とすることが望ましい。

従って、変調方式は64QAM方式を基本とし、32QAM、16QAM 及び4PSKの各方式を備えることも可とすることが適当である。特に64QAM方式以外の方式は、伝搬路状況等により回線断を生じる可能性がある場合に他回線への干渉量を増加させない限りにおいて使用することが適当である。

3.3.5 復調方式

変調方式としてQAM方式を採用することから、QAM系の復調方式としては、遅延検波方式及び同期検波方式が考えられる。遅延検波方式では遅延された搬送波を検波の基準波とするため、復調に使用する基準搬送波には受信C/Nの劣化分が含ま

れる。一方、同期検波方式では受信側で再生した搬送波を基準として復調するため基準信号には受信C/Nの劣化分が含まれないので遅延検波方式より優れている。従って、復調方式としては同期検波方式とすることが適当である。

3.3.6 伝送容量

FPU受信基地局等のデジタル化に際して求められる監視・制御項目数の増加に対応するため高速な通信回線が必要である。また連絡無線の基地局が併設されるケースが多く、その音声信号及び現場への送り返し音声信号等も多重して伝送することが望まれている。

伝送容量としては、表1-13のとおり、これらの信号に誤り訂正符号等も加えた、1125kbps以下とすることが適当である。

表 1-13 伝送容量(例)

項目	容量	備考
FPU リモコン	64kbps	
AUX リモコン(送信機等)	64kbps	
連絡無線用音声	64kbps × 10ch	又は 128kbps × 5ch
連絡回線	24kbps	
現場送り返し音声	128kbps	
小計	920kbps	
誤り訂正信号等	205kbps	
計(最大伝送容量)	1125kbps	

3.3.7 クロック周波数

3.3.6項の伝送容量(1125kbps)を、64QAM方式で伝送するために必要なクロック周波数は、188kHzとなる。

従って、クロック周波数は、188kHz以下とすることが適当である。

3.3.8 空中線電力の最大値

既存他方式の回線と親和性を図りながら、標準区間での伝送を可能とするため、空中線電力の最大値は2Wとすることが適当である。

3.3.9 偏波

現行の放送事業用と既存業務用回線との共存が前提であり、M・N帯での偏波が原則として垂直偏波であることから、偏波は垂直偏波を原則とした直線偏波とすることが適当である。

なお、水平偏波を用いることにより周波数の有効利用を図ることができる場合は、水平偏波を選定することができるとうことが適当である。

3.3.10 占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅は、クロック周波数とロールオフ係数から求められる。周波数の有効利用から1125kbpsの最大伝送容量を確保しつつ隣接チャネルとの周波数共用を図るためには、ロールオフ係数を小さくする方がよい。現在実用化されている最小のロールオフ係数が0.2(送受信平方根配分)であり、3.3.6.項の伝送容量を確保した上でロールオフ係数を0.2とすると、占有周波数帯幅は203kHz以下となる。そのため占有周波数帯幅の許容値は203kHzとすることが適当である。

3.3.11 補助信号の伝送方式

本項は該当しない。

3.3.12 自動等化器(波形歪補償)

多値QAM方式においては、安定した伝送品質を確保するために自動等化器を使用することが一般的であり自動等化器による波形歪補償を行うことが適当である。

3.3.13 交差偏波干渉補償器

垂直/水平偏波を使用したコチャネル伝送を行わないため該当しない。

3.3.14 誤り訂正機能

装置の残留符号誤りの低減等、回線品質向上のため、誤り訂正機能は必須である。

誤り訂正機能を有することが適当である。

3.3.15 中継方式

周波数の有効利用を確保した上で、回線の信頼度を十分確保するためには、検波再生中継方式とすることが適当である。

ただし、検波再生中継方式によることが置局条件等により困難と認められる場合には、回線設計及び回線品質の条件を満足する範囲において、非再生中継方式を用いることができることが適当である。

3.3.16 無給電中継方式

周波数の有効利用と回線の信頼度を十分確保するためには、無線局の集中する地域では原則として無給電中継装置を使用しないことが適当である。

ただし、電力供給が困難である等の相当の理由がある場合には、回線設計や回線品質を満足する場合は使用できるとすることが適当である。

3.3.17 スペースダイバーシチ

他回線との干渉軽減及び周波数有効利用を図るためにも、海上伝搬等フェージングの厳しい区間において、他回線との干渉を軽減する等周波数の有効利用が図れる場合には原則としてスペースダイバーシチを使用することとすることが適当である。

3.3.18 回線設計(受信入力)

限られた周波数帯幅の中では、M・N帯の既存業務用回線と放送事業用回線とが互いに干渉せず、周波数の有効利用を図りつつ、回線を構築する必要がある。

64QAM方式のデジタル方式映像STL/TTLの標準受信入力を基準とし、受信帯域幅の関係及び干渉検討の結果より、12dB低い値とすることが適当である。

従って、受信入力(設計値)は、原則として、表1-14に示すとおりとすることが適当である。

なお、このとき、受信入力は、表1-14に示す標準受信入力の値±3dBの範囲内の値とし、海上伝搬等回線構成上やむを得ない場合には、他回線との干渉を考慮し、表1-14に示す最大受信入力を上限とする受信入力を設定することができることと

する。

表 1-14 受信入力(設計値)

標準受信入力	最大受信入力
-66.5dBm+Fmr/2	-36dBm(注1)

注1: 単一受信の場合最大受信入力は-44dBmとする。

注2: Fmrlは所要フェージングマージン。

3.3.19 回線設計(回線品質)

運用形態を考えると中継段数や全伝送区間の距離は一定とならないので、基本的に回線品質は回線全体で規定するより単位距離当たりで規定することが適当と考えられる。また回線断となった場合のネットワーク全体の影響はデジタル方式映像STL/TTLと同等となる。これらを踏まえて、回線品質の回線瞬断率は以下のとおりとすることが適当である。

回線瞬断率: フェージングによる回線瞬断率を 4×10^{-7} (1/km)とする。

注: 回線断の定義は3.3.22項の熱雑音C/NIによる。

3.3.20 等価等方輻射電力の制限値

ITU-R勧告SF.356-4及びITU-R勧告S.483-3に従い規定されている電波法関係審査基準に準じて以下のとおりとすることが適当である。

(1) 等価等方輻射電力の制限値

正対方向以外への等価等方輻射電力は現行M・N帯の各方式に比較して狭帯域であるため、表1-15に示す制限値以下とすることが適当である。

表 1-15 正対方向以外の等価等方輻射電力の制限値

周波数帯	空中線の放射角度(θ)	等価等方輻射電力の制限値 [dBm]
M 帯	$4^\circ \leq \theta < 40^\circ$	$68.5 - 27.5 \log \theta$
N 帯	$40^\circ \leq \theta < 90^\circ$	24.5

	$90^\circ \leq \theta < 110^\circ$	$92.0 - 0.75 \theta$
	$110^\circ \leq \theta$	9.5

(2) M帯での静止衛星軌道方向への等価等方輻射電力の制限値

最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が2度以内の場合には、等価等方輻射電力が35dBW以下とすることが適当である。

3.3.21 混信保護

M・N帯では各種の変調方式が混在しており、各方式間の混信保護比も大きく異なっている。従って、ある特定の干渉に対してそれぞれ混信保護比を設定するとともに、その総和を規定することにより回線の良否を判断することが適当である。

(1) 混信保護値

混信保護値は、既存業務用回線の各変調方式間で用いられている値を適用することが適当である。混信保護比(1波当たりの干渉電力に対する搬送波電力対干渉波受信電力比又は全干渉波電力の総和に対する搬送波電力対干渉波受信電力比のいずれか)は表 1-16 値を満足することが適当である。

表1-16 混信保護値

1波当たりの干渉波電力に対する値(dB)		全干渉波の総和に対する値 (dB)
同一経路	異経路	
39.0 (平常時の値)	$35.0 + F_{mr}$ (注) (平常時の値)	30.5 (フェージング時の値)

注:F_{mr}はフェージングマージン

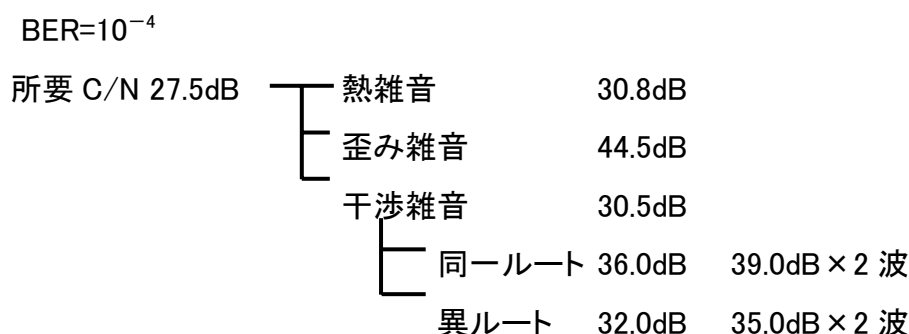
全干渉波の総和に対する混信保護値[C/I_a]は別紙8により求める。

(2) 干渉軽減係数(IRF)

各方式間の組合せ及びそれらの干渉軽減係数(IRF)を別紙9に示す。

3.3.22 搬送電力対熱雑音電力比

64QAM方式を用いているデジタル方式音声STL/TTLでは、符号誤り率(BER)が 1×10^{-4} (リードソロモン(255,239)符号相当の誤り訂正能力を有する誤り訂正を行う前段階でのBERとし、その誤り訂正によってエラーフリー(QEF)状態とする。)となる場合の雑音配分を下記のようにしている。



従って、デジタル方式監視・制御用固定回線でも同じ64QAM方式を用いることから、搬送波電力対熱雑音電力比は、30.8dB以下とすることが適当である。

なお、接続符号等他の変調方式を使用する場合の搬送波電力対熱雑音電力比(外符合の誤り訂正を行う前のBERが 1×10^{-4} となる搬送波電力対熱雑音電力比)は、別に提出される資料によることができることとする。

3.3.23 周波数の許容偏差

周波数の許容偏差は、スペクトルマスクが隣接チャンネルに重ならない値とすることが適当である。

監視・制御用固定回線の場合、クロック周波数を187.5kHz、ロールオフ係数を0.2とすると、スペクトル帯域は225kHzとなり、チャンネル間隔の250kHzに対して上下12.5kHzのガードバンドが確保される。

従って、M・N帯を用いるデジタル方式監視・制御用固定回線の周波数の許容偏差は、 1×10^{-6} とすることが適当である。

3.3.24 送信電力スペクトル特性

周波数の有効利用を図るため、監視・制御用固定回線のスペクトルはできるだけ低減する必要がある。平行回線での隣接及び隣隣接チャンネルの使用を考慮し、スペクト

ルマスキの許容値は以下のとおりとすることが適当である。

$f_0 \pm 125\text{kHz}$ にて -37dB 以下

$f_0 \pm 375\text{kHz}$ にて -48dB 以下

f_0 : 中心周波数

送信電力スペクトル特性を別紙17に示す。

3.3.25 送受信ろ波特性

(1) 送受信高周波ろ波特性

M・N帯はA帯に対して、約2倍の周波数となり、現在と同じ特性の送受信高周波ろ波特性を得るには、挿入損失が増加する。また、高周波ろ波特性のみの規定では、隣接チャンネルとの干渉除去に対する効果は得られないことから、挿入損失を増やしてまで狭帯域特性を要求する意味が薄い。

現在の送受信高周波ろ波器と同等な挿入損失が得られ、表1-17-1に示す値以上減衰するものとするが適当である。

表 1-17-1 送受信高周波ろ波特性

周波数偏差	10MHz	15MHz
減衰量	25dB 以上	50dB 以上

(2) 等価送信ろ波特性

送信電力スペクトル特性とも関係するものであり、表1-17-2に示す値以上減衰するものが適当である。

(等価送信ろ波特性とは高周波ろ波特性に中間周波ろ波特性、デジタル部のろ波特性を加えたもの)

表 1-17-2 等価送信ろ波特性

周波数偏差	125kHz	375kHz	3MHz	8MHz	10MHz
減衰量	37dB	48dB	48dB	60dB	70dB

(3) 等価受信ろ波特性

等価受信ろ波特性は、隣接チャネルでの平行回線、同一空中線使用、次隣接チャネルでの使用も考慮した、表1-17-3に示す値以上減衰するものが適当である。

(等価受信ろ波特性とは高周波ろ波特性に中間周波ろ波特性、デジタル部のろ波特性を加えたもの)

表 1-17-3 等価受信ろ波特性

周波数偏差	125kHz	375kHz	750kHz	10MHz	15MHz
減衰量	40dB	70dB	80dB	80dB	80dB

3.3.26 等価雑音帯域幅、雑音指数

等価雑音帯域幅はデジタルフィルタを構成するPLD(プログラマブル ロジック デバイス)の進歩により理論値に近似できるデジタルフィルタが容易に入手(設計)できる状況にあるため、クロック周波数の値と同じとすることが適当である。

また雑音指数は、現在の受信装置の実力値及び標準受信電力での十分な回線信頼度を確保するため、次のとおりとすることが適当である。

等価雑音帯域幅は188kHz以下とする。

雑音指数は4dB以下とする。

3.3.27 総合伝送特性

現行の4PSK方式の規定においてロールオフ率 α は0.5を使用していることから、ロールオフ率 α は0.5以下とし、次式を満たすような α を選ぶことが適当である。

$$\Delta f(\alpha) \leq 225\text{kHz}$$

ここで、 $\Delta f(\alpha)$ はスペクトル帯域幅であり、次式で定義される。

$$\Delta f(\alpha) = f_c(1 + \alpha)$$

(f_c : クロック周波数)

3.3.28 送受信空中線特性

M・N帯は、現行のデジタル方式映像STL/TTL及び既存業務用回線との共用が前提であることから、これらと同じ条件とすることが望ましい。そのため開口径に関わり

なく表1-18とすることが適当である。

表 1-18 送受信空中線特性

周波数帯	空中線の放射角度(θ)	送受信空中線特性[dBi]
M 帯 N 帯	$0^\circ \leq \theta < 4^\circ$	$48.0 - 1.28 \theta^2$
	$4^\circ \leq \theta < 40^\circ$	$44.0 - 27.5 \log \theta$
	$40^\circ \leq \theta < 90^\circ$	0
	$90^\circ \leq \theta < 110^\circ$	$67.5 - 0.75 \theta$
	$110^\circ \leq \theta$	-15

現在、開口径0.9mφ程度の空中線においても性能の向上に伴い上記特性を満足するものが製作可能となっている。これらの空中線においても表1-18の値を満足することを条件に使用可能とすることが適当である(参考資料3)。

3.3.29 交差偏波識別度

他回線との干渉軽減及び周波数有効利用の観点から交差偏波識別度を規定することは必要であり、デジタル方式映像STL/TTLと同様に25dB以上とすることが適当である。

3.3.30 フェージングマージン及び降雨減衰マージン

伝送路途中で発生するフェージング及び降雨による減衰は、回線品質に大きな影響を与えるため、これらの値を正しく推測することが回線設計上重要である。

これらの影響度は使用する周波数帯により相違があり、10GHz帯以下ではフェージングが支配的であり、10GHz帯以上では降雨減衰が支配的となる。

従って、M・N帯ではフェージングについて考慮する。

フェージングマージンの算出は、電波法関係審査基準の「6.5GHz帯(6.57GHzから6.87GHzまで)及び7.5GHz帯(7.425GHzから7.75GHzまで)の周波数の電波を使用して通信系を構成する固定局(放送事業用固定局を除く。)」のフェージングマージンの算出方法に準じて、別紙11に示す方法で算出することが適当である。

3.3.31 電波の型式

D7W又はG7Wとすることが適当である。

3.3.32 スプリアス発射の強度の許容値について

スプリアス発射の強度の許容値は、無線設備規則第7条(スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値)で規定されており、M・N帯を用いた既存業務用固定回線及び現行のデジタル方式映像STL/TTLについても、本規則を適用している。

従って、現行規則と同じとすることが適当である。

- (1) 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値は、 $100\mu\text{W}$ 以下とする。
- (2) スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、 $50\mu\text{W}$ 以下とする。

第2 UHF帯デジタル方式映像TTL

1 審議の背景

平成15年12月1日に東京、大阪及び名古屋で開始された地上デジタルテレビジョン放送(DTV)は、平成18年1月には全国の都道府県庁所在地において開始され、視聴可能エリアの拡大や受信機の普及は概ね順調に進んでいる。放送事業者は、平成23年7月24日までにアナログテレビジョン放送の終了、DTVへの全面移行に向けて中継局の整備を進めているところである。

従来、アナログテレビジョン放送の中継局への番組中継は、放送区域内に輻射された電波を他の放送区域で受信する放送波中継、あるいはそれによることが困難な場合は、SHF波帯映像TTLによって行われ、後者の場合で比較的長距離の伝送には、3.5GHz帯が使われてきた(参考資料5)。

しかしながら、地上テレビジョン放送のデジタル化に伴い放送用周波数がVHF帯からUHF帯に変わるため、放送波中継の場合は長距離中継ではフェージング等による品質低下が懸念される。また、3.5GHz帯は第4世代移動通信システム等移動業務への移行が予定されており、他のSHF波帯TTLの適用は困難である。

多数の離島を有する我が国では、長距離海上伝搬による放送映像番組中継を必要とする箇所があるため、これらの地域の中継局整備には、地上デジタル放送の放送波に混信等の影響を与えないことを前提に、該当地区において使用可能な地上デジタル放送のチャンネルを利用した、安定的な伝送回路を導入することが必要となってきている。

本報告はこのような状況を踏まえ、離島等への長距離番組中継を安定に行うこと及び放送用周波数の有効利用を図るため、UHF帯を使用したデジタル方式映像TTLの技術的条件について審議を行った結果を取りまとめたものである。

2 審議に際しての考え方

2.1 基本的考え方

UHF帯を用いたデジタル方式映像TTL(以下「UHF帯映像TTL」という。)を導入するにあたり考慮すべき事項を以下のとおりとした。

(1) 使用周波数

放送用UHF帯(13~62ch)での割り当て可能なチャンネルとする。

(2) 適用ルート

SHF 帯デジタル方式映像 TTL による伝送が困難な区間であって、海上伝搬の多い離島回線を主な適用ルートとして想定するが、平野・山岳にも適用可能な方式であること。

(3) 伝送距離(単区間、総延長)

単区間での伝送距離は離島の実態等から最大 170km 程度を目標とすること。総延長距離は 300km(東京)、600km(鹿児島)を目標とすること。

(4) 後段中継数

我が国の離島の実態や放送ネットワーク例(情報通信審議会諮問第 2023 号「放送システムに関する技術的条件」のうち「地上デジタル放送の中継局に関する技術的条件」に関する一部答申)から、中継段数は、放送波中継による中継段数を含め最大で 7 段程度を目標とすること。

(5) 伝送内容

DTV のデジタル方式映像 TTL としての機能が求められるものであり、伝送方式・伝送容量等は、SHF 帯デジタル方式映像 TTL と同等を基本とする。

(6) 回線品質

地上デジタル放送の放送波中継の参考値を目安とし、一区間等の年間回線瞬断率 0.1%を目標とすること。フェージングに対しては、99.9%時間率を目安とすること。

(7) 機器の互換性、コスト

コストを最小限に抑えるために、UHF 帯映像 TTL の機器は、放送波中継システムの機器との共通化を考慮すること。

(8) ダイバーシチ

特に離島回線ではスペースダイバーシチ(以下「SD」という。)を基本とすること。

(9) 所要フェージングマージン

見通し回線について、伝搬距離、伝搬路種別による所要フェージングマージンを算出可能とすること。UHF 帯におけるフェージングの実測結果や、各地での過去の観測データを分析し、所要フェージングマージンの推定方法を新たに設定すること。

(10) SD の効果

UHF 帯映像 TTL における SD 受信時の、スペース相関係数及び SD 改善効果を新たに検討し、導入すること。

(11) 放送波との混信検討

UHF 帯は放送波との周波数共用が前提であり、放送波との混信がないこと。

2.2 周波数の有効利用

周波数の有効利用の観点から現行放送用 UHF 帯(13~62ch)と同様の 6MHz 間隔の周波数割当てが原則となる。

ただし、地上デジタル放送の受信に混信を与えない条件で、他の周波数間隔の利用の可能性も検討することとした。

2.3 検討対象方式

UHF 帯映像 TTL の方式は、IF 伝送方式及び TS 伝送方式とし(参考資料 6)、このうち独立同期 IF 伝送方式の使用を原則とする。

ただし、DTV の受信に混信を与えない条件等が整った場合は、従属同期 IF 伝送方式及び TS 伝送方式の採用を検討すること。

3 UHF帯デジタル方式映像TTLの技術的条件

3.1 IF伝送方式を用いたUHF帯デジタル方式映像TTLの技術的条件

3.1.1 周波数帯

離島等への映像放送番組の長距離中継用としては、比較的電波の減衰を受けに

低い周波数の利用が有効である。放送事業用には比較的低い周波数として3.5GHz帯の割当てがされていたが、この周波数帯については第4世代移動通信システムへの変更が予定されている。DTVに割り当てられているUHF帯は長距離中継伝送用に適しており、この周波数の共用は周波数有効利用の観点から有効である。

従って、470～770MHzが適当である。

なお、周波数リパックを考慮することが必要である。

3.1.2 通信方式

UHF帯デジタル方式映像TTLは映像放送番組中継用として中継局と中継局との間の映像放送番組を伝送するために使用される固定回線であり、単向通信方式とすることが適当である。

3.1.3 変調方式

IF伝送方式は、中継局間のOFDM信号を主信号として使用し、必要に応じて、送信所の制御及び連絡通信用に使用されるサービスチャネル信号(以下、「SC信号」という。)並びにパイロット信号をIF信号として伝送する方式である。

従って、変調方式としては主信号にOFDM変調方式、SC信号は4PSK変調、パイロットは無変調とすることが適当である。

3.1.4 復調方式

IF伝送方式は、周波数変換して中継するものであり、復調方式は特に規定しないことが適当である。

3.1.5 伝送容量

主信号はDTV用信号と同じなので伝送容量もDTV用OFDM信号と同一とし、SC信号が必要な場合には、その容量は現行のIF伝送方式SHF帯デジタル方式映像TTLと同一(160kbps以下)とすることが適当である。

3.1.6 クロック周波数

IF伝送方式は再生中継を行わないので クロック周波数は特に規定しないことが

適当である。

3.1.7 空中線電力の最大値

想定される最大伝送距離は170km程度であり、この伝送に必要な空中線電力は100W程度となる。また、等価等方輻射電力を現行のSHF帯デジタル方式映像TTLと比較すれば表2-1のとおりとなり、ほぼ同等の値とみなされる。

従って、空中線電力の最大値は100Wとすることが適当である。ここで空中線電力は主信号の電力とし、平均電力であらわされる。

空中線電力の許容偏差は、独立同期方式の場合にはDTV用中継局と同様に+10%/-20%とすることが適当である。

表2-1 SHF帯とUHF帯のデジタル方式映像TTLの空中線電力の最大値比較

項目	SHF帯TTL	UHF帯TTL	備考
空中線電力の最大値	2W	100W	
空中線利得	40dBi	23dBi	3mΦ相当
等価等方輻射電力	73dBm	73dBm	

注：給電線損失、共用器損失は含んでいない。

3.1.8 周波数配置(周波数間隔)

独立同期方式の伝送信号はDTVと同じなので周波数間隔は6MHzとし、その他の方式では現行の従属同期IF伝送方式SHF帯デジタル方式映像TTL従属同期と同様に9MHzとすることが適当である。

独立同期方式では地上テレビジョン放送の周波数配置と同じとし、その他の方式では3チャンネル分の18MHzを2分割して2波を割り当てることとし、表2-2に示す周波数間隔が適当である。

表2-2 IF伝送方式UHF帯デジタル方式映像TTLの周波数間隔

方式	周波数間隔
独立同期方式	6MHz
独立同期 SC 伝送方式	9MHz
従属同期標準方式	
従属同期低雑音方式	

3.1.9 偏波

地上デジタルテレビジョン放送(DTV)と周波数共用されるので、DTVと同様に直線偏波(水平偏波又は垂直偏波)とすることが適当である。

3.1.10 占有周波数帯幅の許容値

IF伝送方式の伝送信号は、主信号、SC信号及びパイロット信号(従属同期方式の場合)で構成されている。

占有周波数帯幅の許容値は現行のSHF帯デジタル方式映像TTLと同じく各信号ごとに規定するものとし、主信号の占有周波数帯幅の許容値は5.7MHz、SC信号の占有周波数帯幅の許容値は110kHz及びパイロット信号は無変調とすることが適当である。

独立同期方式(SC信号なし)は5.7MHz、その他の方式は上記の条件を満たした上で、主信号、SC信号及びパイロット信号の全体のスペクトルは、周波数間隔8.4MHzの範囲内にあることが適当である。

3.1.11 補助信号の伝送方式

IF伝送方式で使用される補助信号はSC信号及び周波数制御等のためのパイロット信号である。

主信号の周波数安定度を確保するための方式として、独立方式は非常に周波数安定度の良い高周波発振器を使用し周波数の制御を特に行わない方式であり、従属同期方式は送信側で周波数安定度の高いパイロット信号を主信号に周波数多重し、受信側でパイロット信号を利用し受信局発を制御する方式であり、パイロット信号としては1又は2波が使用され、主信号、SC信号及びパイロット信号は周波数多重伝

送される。

主信号、SC信号及びパイロット信号の配置の例を図2-1に示す。また、伝送信号の電力比を現行のIF伝送方式SHF帯デジタル方式映像TTLと同様とし、それを表2-3に示す。

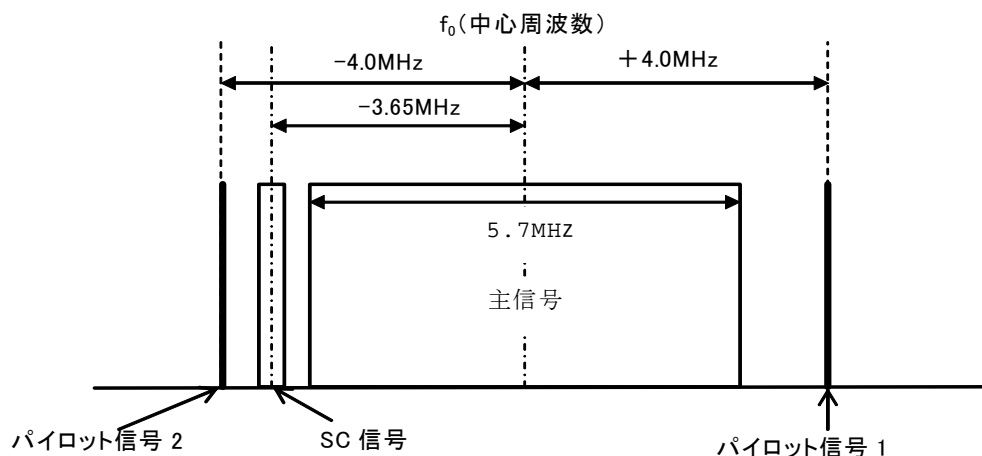


図2-1 伝送信号周波数配置の例

表2-3 伝送信号の電力比

伝送信号 方式	電力比			
	主信号	パイロット 信号1	パイロット 信号2	SC信号
独立同期方式	1	—	—	—
	1	—	—	0.01
従属同期(標準)方式	1	0.017	—	—
	1	0.017	—	0.01
	1	0.017	0.017	—
	1	0.017	0.017	0.01
従属同期(低雑音)方式	1	0.17	—	—
	1	0.17	—	0.01
	1	0.17	0.17	—
	1	0.17	0.17	0.01

注:パイロット信号1とパイロット信号2の各項を入れ替えて適用することができる。

2波以内のパイロット信号及び1波以内のSC信号を主信号に周波数多重して伝送することができるということが適当である。

3.1.12 自動等化器

伝送路で発生するマルチパス歪等の特性補償を行うことにより安定した伝送品質を確保することが可能になる。必要に応じてマルチパス等化装置等の等化器を使用することが適当である(参考資料7)。

3.1.13 交差偏波干渉補償器(XPIC)

OFDM方式ではXPICが技術的に確立されていないために、IF伝送方式では同一周波数配置を行わないこととする。従って、XPICの使用については特に規定しないことが適当である。

3.1.14 誤り訂正機能

IF伝送方式の主信号には接続符号による誤り訂正符号が挿入されており、テレビジョン受像機で誤り訂正されるため、IF伝送方式において誤り訂正機能は特に規定しないことが適当である。

3.1.15 中継方式

IF伝送方式は、主信号については周波数変換して中継を行うものであることから、中継方式は非再生中継方式とすることが適当である。

なお、伝送路の条件が厳しい場合には再生中継方式を用いることもできることとする。

3.1.16 無給電中継方式

現行のSHF帯デジタル方式映像TTLでは反射板等による無給電中継方式を使用することができるが、波長の長いUHF帯映像TTLにおいては、物理的条件より無給電中継方式は実用的ではなく、周波数の有効利用の観点より使用しない

こととするのが適当である。

3.1.17 SD

UHF帯映像TTLでは海上伝搬を含む回線や伝送距離が長い回線等に使用されることが考えられる。このような伝送路条件が厳しい回線ではフェージングによる影響が大きいが、SD受信方式を使用すればその影響を改善することになり有効な手段となる(参考資料8)。

伝送路条件が厳しい回線ではSDを使用することが望ましいとすることが適当である。

3.1.18 回線設計(受信入力)

標準受信入力は-71dBmにフェージングマージンを加えた値とすることが適当である(参考資料9)。

受信入力(設計値)は標準受信入力の±3dBの範囲とする(参考資料10)。

UHF帯デジタル方式映像TTLでは非再生中継方式による多段中継が使用されることを考慮し、最大受信入力は規定しないこととする。

3.1.19 回線設計(回線品質)

(1) 技術条件

C/N配分を別紙18に示す。回線品質は回線断となる時間率で定義し、回線断はフェージング時における熱雑音C/Nが28dB以下となる状態とする(参考資料11)。

フェージング時の熱雑音C/Nはマルチパス分を含むこととする。

(2) 回線瞬断率

UHF帯映像TTLの回線瞬断率の許容値は距離によらず一定とし、0.1%(1×10^{-3} 、回線信頼度を99.9%)とする(参考資料12)。

3.1.20 等価等方輻射電力の制限値

UHF帯は静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限はない。また、正対方向以外への等価等方輻射電力の制限についてもUHF帯での反射・回折等の伝搬特性から判断して放送波中継においても特に制限を設けておらず、UHF帯デジタル方

式映像TTLにおいて特に制限を設けることは適当でないと考えられる。

正対方向以外への等価等方輻射電力の制限は設けない。また静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限も設けないことが適当である。

3.1.21 混信保護

(1) 混信保護値

混信保護値は、表 2-4に示す 1 波あたりの干渉波電力に対する搬送波電力対干渉波受信電力比又は全干渉波の総和に対する搬送波電力対干渉波受信電力比のいずれかを満足することが適当である。かつ、一波当りの干渉波の受信電力がスケルチレベルから 3dB 減じた値以下であること。

表2-4 混信保護値

干渉波1波当たりの値 (dB)		全干渉波電力の総和に対する値 (dB)
同一経路	異経路	45
49.5	53.5 + F	

注1: F: 差動フェージングの影響を考慮した補正值

F_{mr} (所要フェージングマージン) が13.5dB以上の場合は $F = F_{mr} - 13.5$ 、その他の場合は

$F = 0$

注2: 搬送波電力対干渉波受信電力比(C/I)は、次の式により算出する。

$$C/I = D/U + IRF$$

ただし、

D/U: 希望波受信電力対妨害波受信電力比 (dB)

IRF: 干渉軽減係数 (dB)

全干渉波電力の総和に対する C/I は、次式により求める。

$$C / I = -10 \log \sum_{i=1}^n 10^{-\frac{C / I_i}{10}}$$

n: 妨害波の数

C/I_i: i番目の干渉波による搬送波電力対干渉波受信電力比 (dB)

$$C/I_i = D/U_i + IRF_i$$

D/U_i: i番目の妨害波による希望波受信電力対妨害波受信電力比 (dB)

なお、妨害波の回折損失が見込まれる場合には、電波法関係審査基準別紙1別図第23号及び別図第24号により損失量を求め加算する。

IRFi: 希望波とi番目の妨害波間の干渉軽減係数(dB)

(2) 混信保護比

地上テレビジョン放送(アナログ及びデジタル)に影響を与えないことが確保されていることが必要である(参考資料13)。

放送エリア内では表2-5に示す混信保護比を満足している条件が適当である。

従属同期方式をテレビジョン放送に使用されている周波数と同一及び隣接する周波数で使用することはないので、妨害波が従属同期方式の場合の混信保護比は規定しない。

表2-5 地上テレビジョン放送波とUHF帯映像TTLの混信保護比

希望波	妨害波	妨害波と希望波のチャンネル関係	混信保護比 (dB)
アナログ 放送波	独立同期方式 IF TTL波	妨害波と希望波が同一チャンネルの場合	45
		妨害波が希望波の上隣接チャンネルの場合	10
		妨害波が希望波の下隣接チャンネルの場合	0
デジタル 放送波	独立同期方式 IF TTL波	妨害波と希望波が同一チャンネルの場合	28(注)
		妨害波が希望波の上隣接チャンネルの場合	-29
		妨害波が希望波の下隣接チャンネルの場合	-26

注: DTV放送局とUHF帯デジタル方式映像TTLとが、単一周波数中継の関係にある場合は、この値によらないことができるが、その判断に必要な受信状況に関する資料の提出を当該申請者から求めること。

(3) 干渉軽減係数(IRF)

ア 独立同期方式

IF伝送独立同期方式の送信機出力に後述の表2-10に示す送信ろ波特性のフィルタを装備、アナログ/デジタルテレビジョン放送の放送波は標準的な送信電力スペクトル特性とし、IF伝送独立同期方式の受信機に表2-12に示す特性の高周波受信ろ波器を使用し、かつ、表2-14に示す等価受信ろ波特性を満足する

場合についてのIRFを表2-6に示す。

表2-6 独立同期方式IRF(1)

希望波	干渉波	干渉軽減係数 IRF(dB)					
		周波数差(MHz)					
		0	6	12	18	24	30
IF 伝送 独立同期	IF 伝送独立同期	-1	67	80	80	80	80
	アナログ放送波	6	72	80	80	80	80
	デジタル放送波	-1	67	80	80	80	80

IF伝送従属同期方式及びTS伝送方式はDTVの受信に混信を与えない条件等が整った場合において採用を検討する。

以上の条件で、希望波をIF伝送独立同期方式とし、干渉波としてIF伝送従属方式及びTS伝送方式とした場合のIRFを表2-7に示す。

表2-7 独立同期方式IRF(2)

(送信機にろ波器を装備し、受信機に高周波受信ろ波器を使用しかつ等価受信ろ波特性を満足する場合)

希望波	干渉波	干渉軽減係数IRF(dB)										
		周波数差 (MHz)										
		0	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5
IF伝送 独立同期	IF伝送 従属同期標準	-	0	3	50	59	72	80	80	80	80	80
	IF伝送 従属同期低雑音	-	0	2	49	57	68	80	80	80	80	80
	TS伝送	-	0	3	41	47	60	72	80	80	80	80

イ 従属同期方式

IF伝送従属同期方式はDTVの受信に混信を与えない条件等が整った場合において採用を検討し、希望波をIF伝送従属同期方式とし、干渉波としてIF伝送方式、TS伝送方式とした場合のIRFを表2-8に示す。

表2-8 従属同期方式IRF

(送信機にろ波器を装備し、受信機に高周波受信ろ波器を使用しかつ等価受信ろ波特性を満足する場合)

希望波	干渉波	干渉軽減係数IRF(dB)													
		周波数差(MHz)													
		0	1.5	4.5	7.5	9	10.5	13.5	16.5	18	19.5	22.5	27	28.5	30
IF伝送 従属同期 標準	IF伝送 独立同期	-	0	3	50	-	60	72	80	-	80	80	-	80	-
	IF伝送 従属同期標準	0	-	-	-	54	-	-	-	80	-	-	80	-	-
	IF伝送 従属同期低雑音	0	-	-	-	53	-	-	-	80	-	-	80	-	-
	TS伝送	0	-	-	-	42	-	-	-	74	-	-	80	-	-
IF伝送 従属同期 低雑音	IF伝送 独立同期	-	0	0	36	-	53	67	79	-	80	80	-	80	-
	IF伝送 従属同期標準	0	-	-	-	51	-	-	-	80	-	-	80	-	-
	IF伝送 従属同期低雑音	0	-	-	-	48	-	-	-	80	-	-	80	-	-
	TS伝送	0	-	-	-	40	-	-	-	74	-	-	80	-	-

3.1.22 搬送波電力対熱雑音電力比

別紙18に示すC/N配分より搬送波電力対熱雑音電力比は表2-9とすることが適当である。

表2-9 搬送波電力対熱雑音電力比

搬送波電力対熱雑音電力比 (平常時)	搬送波電力対熱雑音電力比 (フェージング時)
40dB	28dB

3.1.23 周波数の許容偏差

(1) 送信周波数の許容偏差

ア 独立同期方式

無線設備規則第5条(別表第1号7の1(2)ア)では470MHzを超え2,450MHz以下の固定局で100W以下では 100×10^{-6} と規定されている。

独立同期方式ではUHF帯テレビジョン放送との周波数共用も考慮に入れ、送信周波数の許容偏差についてもテレビジョン放送のデジタル放送を行う放送局の規定(無線設備規則第5条(別表第1号7の4))にあわせることが望ましい。

UHF帯デジタル方式映像TTLは上位局がある場合の0.5W超に相当することから、周波数の許容偏差を3kHzとすることが適当である。

イ 従属同期方式

無線設備規則第5条(別表第1号7の1(2)ア)の規定では470MHzを超え2,450MHz以下の固定局で100W以下では 100×10^{-6} と規定されている。

IF伝送従属同期方式のスペクトル帯域幅は8.4MHzであり、周波数間隔は9MHzなのでガードバンドは300kHzとなる。770MHzで周波数偏差を 100×10^{-6} とすれば周波数変動は77kHzとなり上記ガードバンド内となり、隣接チャンネルにかかることはない。

従って、送信周波数の許容偏差は 100×10^{-6} とすることが適当である。

(2) 受信 IF 出力周波数許容偏差

IF伝送方式を用いた映像TTLでは、受信IF出力周波数を周波数変換した放送波により放送を行うことから、受信IF出力周波数は安定度の高いものが望ましい。

3.1.24 送信電力スペクトル特性

(1) 送信電力スペクトル特性

送信電力は、中心周波数からの周波数差が0MHzの場合の電力を基準として、図2-2～図2-4に示す相対電力を超えないこととすることが適当である。

現行のSHF帯デジタル方式映像TTLの規定では帯域外平坦部の減衰量は-47dBであったが、使用周波数がUHF帯でありIMIによる歪みの低減が期待されることより-50dBとした。また、図2-2～図2-4の送信電力スペクトル特性では周波数帯域幅の規定をDTVのスペクトルマスク(無線設備規則第37条の27の10第4項(別図第4号の8の8))に合わせ ± 15 MHzとした。

図2-4に示す送信電力スペクトル特性はIF伝送従属同期低雑音方式の場合を示し、パイロット信号を周波数の安定と位相雑音の圧縮を目的とする方式である。

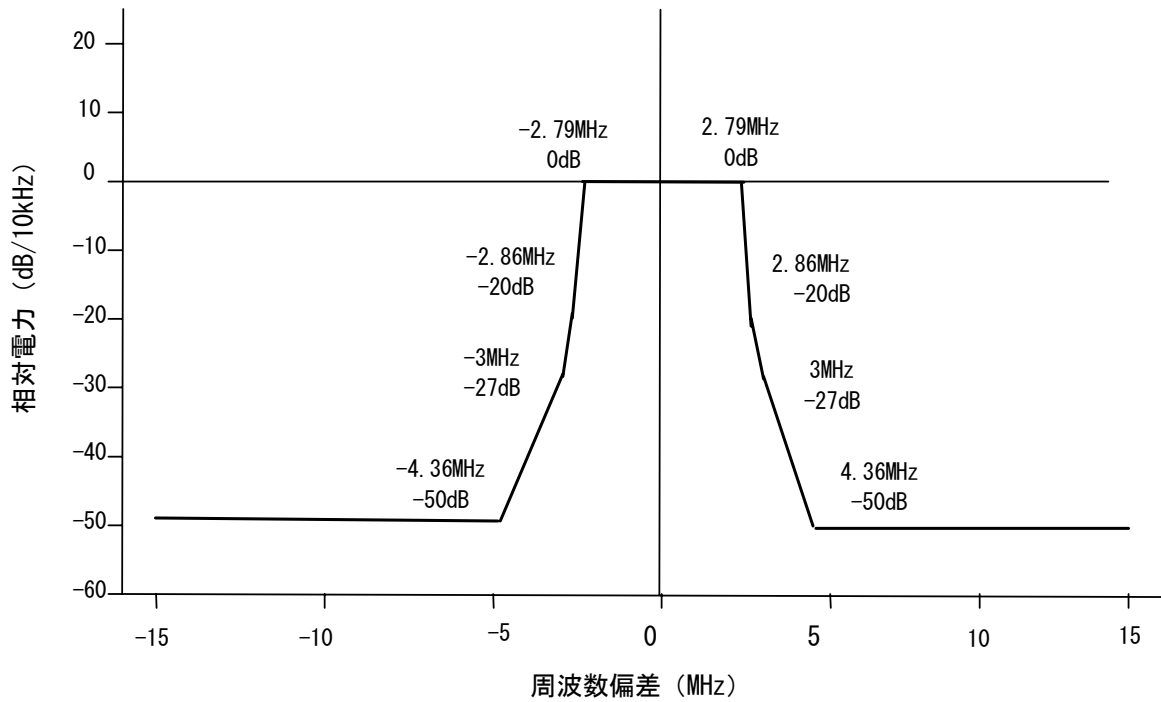


図2-2 送信電力スペクトル特性

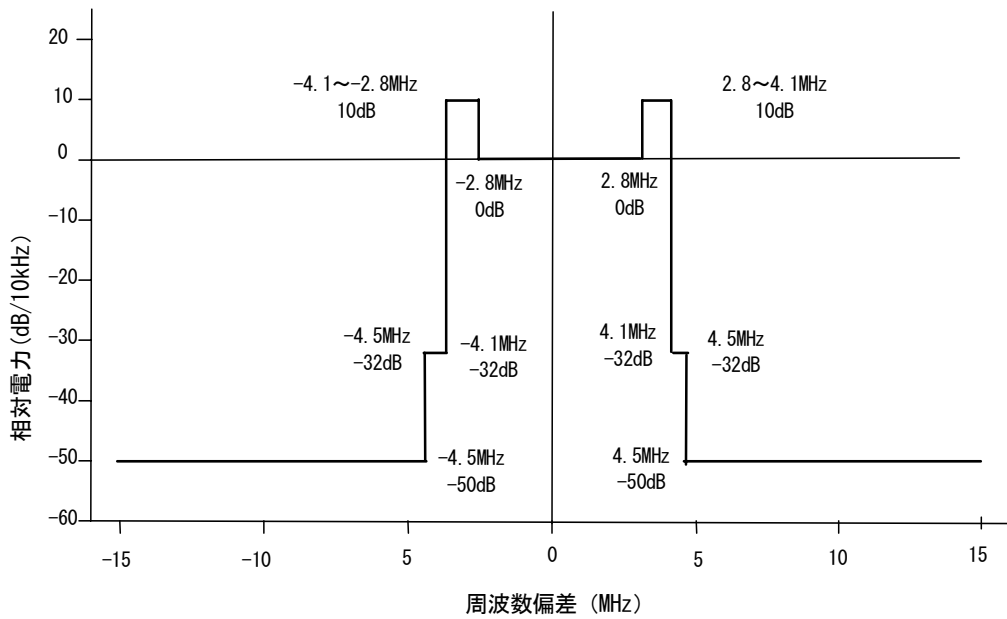


図2-3 送信電力スペクトル特性

(従属同期標準方式及びSCチャネル信号を使用する独立同期方式の場合)

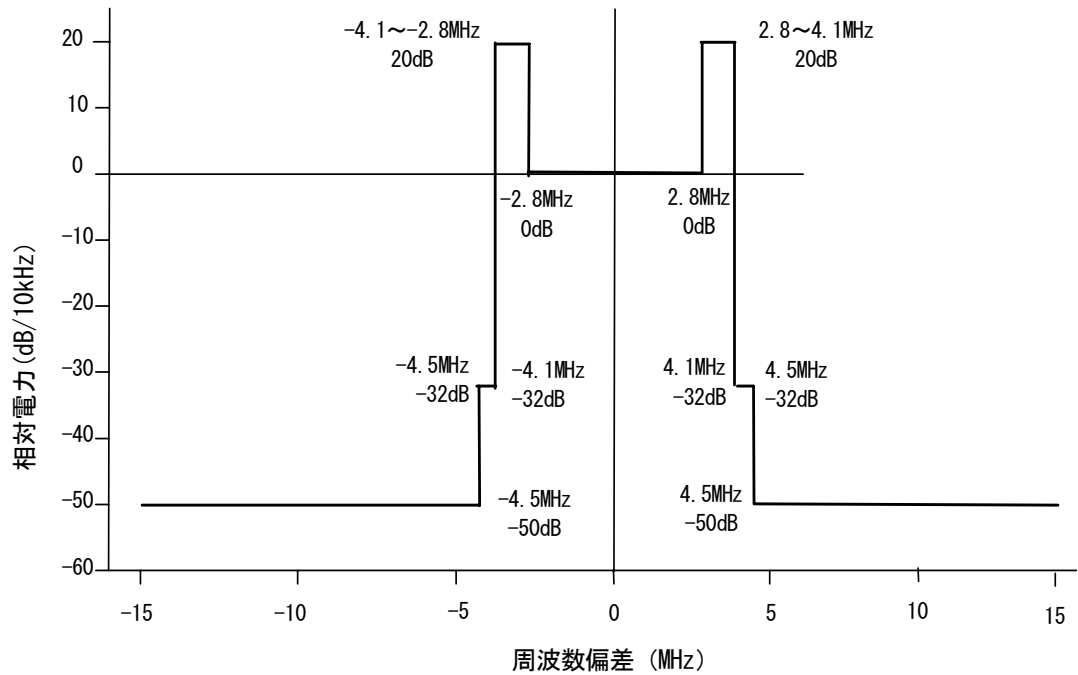


図2-4 送信電力スペクトル特性
(従属同期方式(低雑音方式)の場合)

(2) 受信IF出力電力スペクトル特性

図2-5に示すとおりとすることが適当である。

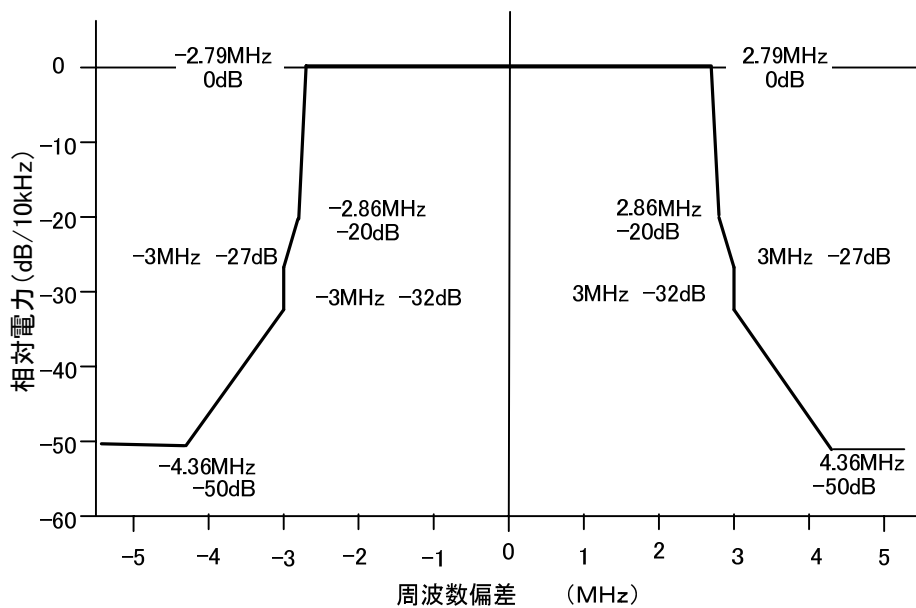


図2-5 受信IF出力電力スペクトル特性

3.1.25 送受信ろ波特性

(1) 送信ろ波器特性

ア 独立同期方式送信ろ波特性

独立同期方式はDTVと同様のスペクトル特性となることより、DTVで一般的に使用されている送信ろ波器を用いることが有益であり、その特性に合わせた。

独立同期方式の送信ろ波特性は表2-10に示す送信ろ波特性を満足することが適当である。

表2-10 送信ろ波特性(独立同期方式)

	周波数偏差	
	4.36MHz	6~9MHz
減衰量	15dB	15dB

イ 従属同期方式の送信ろ波特性

従属同期方式の送信ろ波特性は表2-11に示す送信ろ波特性を満足することが適当である。

表2-11 送信ろ波特性(従属同期方式)

	周波数偏差		
	6.25MHz	8~12MHz	35MHz
減衰量	15dB	20dB	35dB

(2) 受信ろ波特性

ア 高周波受信ろ波特性

(ア) 独立同期方式の高周波受信ろ波特性

独立同期方式はDTVと同様のスペクトル特性となることより、DTVで一般的に使用されている高周波受信ろ波器を用いることが有益であり、その特性に合わせた。

独立同期方式の高周波受信ろ波器は、表2-12に示すろ波特性を満足することが適当である。

表2-12. 高周波受信ろ波特性(独立同期方式)

	周波数偏差	
	4.36MHz	6～9MHz
減衰量	15dB	15dB

(イ) 従属同期方式受信機の高周波ろ波特性

従属同期方式の高周波ろ波器は、表2-13に示すろ波特性を満足することが適当である。

表2-13 受信機の高周波ろ波特性(従属同期方式)

	周波数偏差		
	6.25MHz	8～12MHz	35MHz
減衰量	15dB	20dB	35dB

イ 等価受信ろ波特性

等価受信ろ波特性は高周波ろ波特性に中間周波数増幅部のろ波特性を加えたものである。

(ア) 独立同期方式の等価受信ろ波特性

独立同期方式の等価受信ろ波特性は、表2-14に示すろ波特性を満足することが適当である。

表2-14 等価受信ろ波特性(独立同期方式)

	周波数偏差		
	3.5MHz	4.36MHz	6～9MHz
減衰量	30dB	45dB	45dB

(イ) 従属同期方式の等価受信ろ波特性

従属同期方式の等価受信ろ波特性は表2-15に示す主信号(OFDM)に対

する等価受信ろ波特性を満足することが適当である。

表2-15 主信号(OFDM)に対する等価受信ろ波特性(従属同期方式)

	周波数偏差			
	3.5MHz	4.5MHz	10MHz	20MHz
減衰量	30dB	40dB	50dB	75dB

3.1.26 等価雑音帯域幅、雑音指数

(1) 等価雑音帯域幅

主信号の占有数波数帯幅の許容値は5.7MHzであり、この信号を劣化させないで伝送するには5.7MHz以上必要であり、狭帯域フィルタを使用してこの信号を抽出するとすればフィルタの通過帯域を考慮に入れ、等価雑音帯域幅としては6MHz以下とする。ただし、回線設計は放送波中継で通常使用されている値に合わせて、5.7MHzとする。

6MHz以下(回線設計では5.7MHzとする) とすることが適当である。

(2) 雑音指数

SHF帯デジタル方式映像TTLの雑音指数と同等又はそれ以上の性能が必要になること及び実現性を考慮に入れ、4dB以下とすることが適当である。

3.1.27 総合伝送特性

IF伝送方式ではロールオフ率を規定する必要がないため、総合伝送特性は特に定めない。

3.1.28 送受信空中線特性

送受信空中線特性は他回線との干渉に大きく影響し、与干渉、被干渉を考える上で重要である。可能な限り良好な指向特性をもつ送受信空中線を使用することが望ましい。

現在UHF帯の空中線としては、デジタル放送用中継局受信空中線が一般に使用されている。

UHF帯デジタル方式映像TTLに使用する送・受信空中線については機器の共通化の観点から、中継局用受信空中線と同じものをそのまま適用することが望ましい。

UHF帯デジタル方式映像TTL用空中線の主要な性能を別紙19に示す。

3.1.29 交差偏波識別度

UHF帯では電波伝搬において大地の反射等による干渉が大きく、偏波の識別度が劣化するため交差偏波識別度の規定は設けないこととする。

3.1.30 フェージングマージン及び降雨減衰マージン

伝送路途中で発生するフェージング及び降雨による減衰は回線品質に大きな影響を与えるため、これらの値を正しく推計することが回線設計上重要である。

UHF帯では降雨減衰よりもフェージングが支配的なので、フェージングについてのみ規定する。

フェージングマージンは別紙20によることが適当である。

なお、フェージングマージンの確認ができている場合にはその値を使用することができる(別紙20により求めたフェージングマージンの値以下となる場合に限る。)

回線設計例を参考資料14に示す。

3.1.31 電波の型式

主信号の電波の型式はX7W、パイロット信号の電波の型式はNONとすることが適当である。

SC信号の電波の型式は、伝送情報の型式及びチャンネル数により異なることから、表2-16に示す例のとおりとすることが適当である。

表2-16 SC信号の電波の型式(例)

主信号を変調する信号の性質	伝送情報の型式	電波の型式
デジタル信号である単1チャンネルのもの (変調のための副搬送波を使用しないもの)	データ伝送、遠隔測定 又は遠隔指令	G1D
デジタル信号である2以上のチャンネルのもの	データ伝送、遠隔測定 又は遠隔指令	G7D
デジタル信号である2以上のチャンネルのもの	複数型式の組み合わせ のもの	G7W

3.1.32 スプリアス発射の強度の許容値について

(1) 独立同期方式

独立同期方式では地上デジタルテレビジョン放送(DTV)と周波数共用を行うのでスプリアス発射又は不要発射の強度の許容値は無線設備規則第7条(別表第3号5(6))を適用することが適当である。

独立同期方式スプリアス発射の強度の許容値は表2-17とすることが適当である。

表2-17 スプリアス発射の強度の許容値(独立同期方式)

空中線電力	帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値	スプリアス領域における不要発射の強度の許容値
25Wを超えるもの	20mW以下であり、かつ、基本周波数の平均電力より60dB低い値	12mW以下であり、かつ、基本周波数の平均電力より60dB低い値
1Wを超え25W以下のもの	25 μ W以下	25 μ W以下
1W以下のもの	100 μ W以下	

(2) 従属同期方式

従属同期方式では地上デジタルテレビジョン放送(DTV)と使用チャンネルが一致

しないことでもあり、スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値は無線設備規則第7条(別表第3号2(1))を適用することが適当である。

従属同期方式のスプリアス発射の強度の許容値は表2-18とすることが適当である。

表2-18 スプリアス発射の強度の許容値(従属同期方式)

空中線電力	帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値	スプリアス領域における不要発射の強度の許容値
50Wを超えるもの	20mW以下であり、かつ、基本周波数の平均電力より60dB低い値	50 μ W以下又は基本周波数の搬送波電力より70dB低い値
25Wを超え50W以下のもの		基本周波数の搬送波電力より60dB低い値
1Wを超え25W以下のもの	25 μ W以下	25 μ W以下
1W以下のもの	100 μ W以下	50 μ W以下

3.2 TS 伝送方式を用いた UHF 帯デジタル方式映像 TTL の技術的条件

3.2.1 周波数帯

周波数帯はIF伝送方式の場合(3.1.1項)と同様に470～770MHzとすることが適当である。

なお、周波数リパックを考慮することが必要である。

3.2.2 通信方式

IF伝送方式の場合(3.1.2項)と同様に単向通信方式とすることが適当である。

3.2.3 変調方式

3.2.5項「伝送容量」に示す値以上の伝送容量を確保する必要があり、かつ3.2.10項「占有周波数帯幅」に示す占有周波数帯幅以下という条件を満たす変調方式として、多値変調方式の64QAM方式とすることが適当である。

3.2.4 復調方式

変調方式として64QAM方式を採用することから、QAM方式系の復調方式として特性的に優れた同期検波方式を用いることが適当である。

3.2.5 伝送容量

TS信号の伝送に必要な伝送容量約32.5Mbpsに、付加信号(AC信号等)、SC信号及び誤り訂正信号を付加すると、最終的に必要となる伝送容量は約40.2Mbpsとなる(参考資料15)。

これから、伝送容量を40.2Mbps以下とすることが適当である。

3.2.6 クロック周波数

TTLのクロック周波数 f_c は f_s (TS信号のクロック周波数)及び C (畳込み符号化率)から決定されるが、クロック再生のためには、TS信号のクロック周波数と1TS内のバイト数が整数比になっている必要がある。この条件下で、1TS内のバイト数が210バイト及び $C=5/6$ の場合に、 f_c は最大値として所要の伝送容量を確保可能な $f_c \cong 6.7\text{MHz}$ をとることが知られている(参考資料15)。

これから、クロック周波数 f_c を6.7MHz以下とすることが適当である。

3.2.7 空中線電力の最大値

空中線電力の最大値はIF伝送方式の場合(3.1.7項)と同様に100Wとすることが適当である。

3.2.8 周波数配置(周波数間隔)

UHF帯においては、既存のアナログテレビジョン放送方式及びデジタルテレビジョン放送方式が6MHz間隔で割り当てられている。

一方、必要な伝送容量を確保するための占有周波数帯幅として3.2.10項に示すように7.6MHz程度、スペクトル帯域幅として8.5MHz程度必要であることから、既存の放送方式の6MHz間隔の3倍の周波数幅に2波を割り当てるのが合理的であり、9MHz間隔とすることが適当である。

3.2.9 偏波

IF伝送方式の場合(3.1.9項)と同様に水平偏波又は垂直偏波とすることが適当である。

3.2.10 占有周波数帯幅の許容値

3.2.5項での伝送容量を確保しつつ周波数間隔を9MHz以内とするためには、スペクトル帯域幅を8.51MHz程度に収める必要がある。

一方、スペクトル帯域幅 Δf とクロック周波数 f_c 、ロールオフ率 α の間には以下に示す関係がある。

$$\Delta f = f_c (1 + \alpha)$$

ロールオフ率 α は、特に誤り訂正として接続符号を使用する場合に0.27としていること(3.2.27項参照)及びスペクトル帯域幅を8.51MHzとすると、占有周波数帯幅は7.59MHzと計算される。

これから、占有周波数帯幅の許容値を7.6MHzとすることが適当である。

3.2.11 補助信号の伝送方式

TS伝送方式における補助信号はSC信号である。

SC信号は主信号と時分割多重し伝送することが適当である。

3.2.12 自動等化器

安定した伝送品質を確保するため、自動等化器による波形歪補償を行うことが適当である。

3.2.13 交差偏波干渉補償器

交差偏波干渉補償器はIF伝送方式の場合(3.1.13項)と同様に規定しないこととすることが適当である。

3.2.14 誤り訂正機能

誤り訂正機能を使用することにより、所要C/Nを低くするとともに耐干渉性能を向上させることができる。また、より小さな空中線電力での伝送及び隣接周波数伝送が可能となる。

このため、誤り訂正機能を有することが適当である。

3.2.15 中継方式

UHF帯はSHF帯に比較して長距離伝送に適しており、非再生中継方式においても回線品質を満足する場合が想定される。

このため、検波再生中継方式又は非再生中継方式とすることが適当である。

3.2.16 無給電中継方式

IF伝送方式の場合(3.1.16項)と同様に使用しないこととすることが適当である。

3.2.17 SD

IF伝送方式の場合(3.1.17項)と同様に、伝送路条件が厳しい回線にはSD受信方式を使用することが望ましい。

3.2.18 回線設計(受信入力)

標準受信入力は -64.8dBm にフェージングマージンを加えた値とすることが適当である(参考資料 9)。

受信入力(設計値)は標準受信入力の $\pm 3\text{dB}$ の範囲とする(参考資料 16)。

また、非再生中継方式による多段中継を行う場合には、最終段の受信機において所要 C/N の値として 27.5dB を確保することとする。

最大受信電力は非再生中継方式による多段中継を行う場合を想定し規定しないこととすることが適当である。

3.2.19 回線設計(回線品質)

回線品質は、回線断となる時間率で定義することとし、回線断は受信信号の熱雑音 C/N が 30.8dB 以下となる状態とすることが適当である(別紙 21)。

また回線瞬断率の許容値は IF 伝送方式の場合(3.1.19 項)と同様に、距離によらず一定とし、 0.1% (1×10^{-3} 、回線信頼度を 99.9%)とする。

3.2.20 等価等方輻射電力の制限

等価当方輻射電力の制限はIF伝送方式の場合(3.1.20項)と同様に規定しないこととすることが適当である。

3.2.21 混信保護値

干渉計算法については、SHF 帯デジタル方式の映像 STL/TTL、自営用のデジタルマイクロ固定局及び電気通信業務用固定局で用いられている方法が適用可能であることから、この方法を使用し求めた混信保護値(1 波あたりの干渉波電力に対する搬送波電力対干渉波受信電力比又は全干渉波電力の総和に対する搬送波電力対干渉波受信電力比のいずれか)を満足することが適当であり、その値は表 2-19 に示すとおりとすることが適当である(別紙 21)。

表 2-19 混信保護値

干渉波 1 波あたりの値 (dB)		全干渉波の総和に対する値 (dB)
同一経路	異経路	
39 (平常時)	35+Fmr (注 1) (平常時)	30.5 (フェージング時)

注 1: Fmr は所要フェージングマージン

注 2: 搬送波電力対干渉波受信電力比 C/I は、次式により算出する。

$$C/I = D/U + IRF$$

ただし、

D/U: 希望波受信電力対干渉波受信電力比

IRF: 干渉軽減係数

干渉軽減係数 IRF 値は表 2-20 による。

表 2-20 IRF 値

希望波	妨害波	干渉軽減係数 IRF (dB)						
		周波数 (MHz)						
		7.5	9	13.5	16.5	18	19.5	22.5
TS 伝送	TS 伝送	—	40	—	—	50	—	—
	IF 伝送 (独立)	20	45	47	50	50	52	55
	IF 伝送 (従属)	—	40	—	—	50	—	—
	デジタル 放送波	20	45	47	50	50	52	55

3.2.22 搬送波電力対熱雑音電力比

外符号にリードソロモン符号を使用する場合、リードソロモン復号前にビット誤り率

が 10^{-4} 以下となっていれば、リードソロモン復号によりビット誤り率 10^{-11} 以下の擬似エラーフリー状態にできる。この場合、所要C/Nは27.5dBとなることから、C/N配分により、搬送波電力対熱雑音電力比は30.8dBとなる(別紙21)。

これから、搬送波電力対熱雑音電力比は30.8dB以下とすることが適当である。

3.2.23 周波数の許容偏差

無線設備規則第5条(別表第1号7の1(2)ア)の規定では470MHzを超え2,450MHz以下の固定局で100W以下では 100×10^{-6} と規定されている。

TS伝送方式のスペクトル帯域は8.51MHzであり、周波数間隔は9MHzなのでガードバンドは245kHzとなる。770MHzで周波数偏差を 100×10^{-6} とすれば周波数変動は77kHzとなり、このガードバンド内となり、隣接チャンネルにかかることはない。

IF伝送従属同期方式と同様に、該当周波数帯の周波数の許容偏差である 100×10^{-6} とすることが適当である。

3.2.24 送信電力スペクトル特性

SHF帯デジタル方式映像TTLの規格では、同一場所でのアナログ方式とデジタル方式又はデジタル方式同士の隣接周波数の使用が可能となるよう、スペクトルの広がりを抑えることとしている。

UHF帯デジタル方式映像TTLでは、DTVと隣接周波数の関係になる可能性があるが、これらの放送とUHF帯デジタル方式映像TTLとでは、送信電力の違い、送信空中線利得の違いにより、等価等方輻射電力が異なることが想定され、送信電力スペクトル特性の制限により混信の保護を担保することはできない。

従って、混信の保護に関しては、個別の回線ごとに検討を行うことが必要となる。

また、混信の保護の方法としては、送信ろ波器の使用やダイバーシチの採用による等価等方輻射電力の低減が考えられる。

以上により、送信電力スペクトル特性はSHF帯デジタル方式映像STL/TTLの規格と同様の図2-6に示すとおりとすることが適当である。

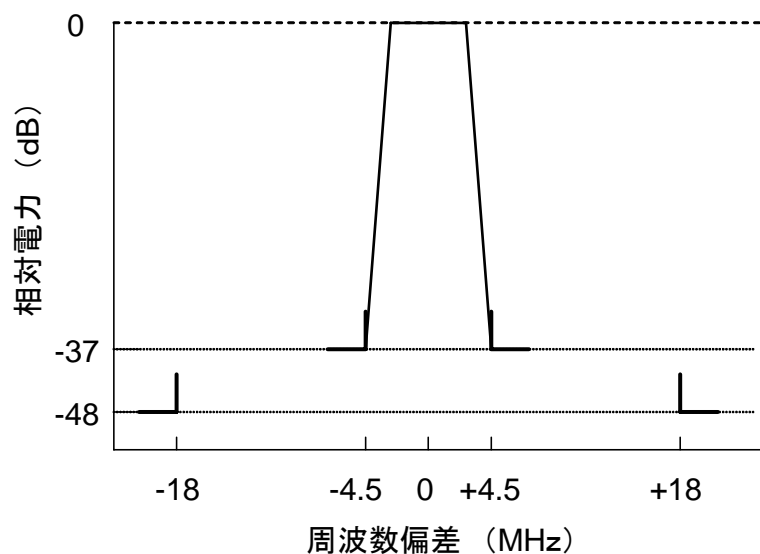


図2-6 送信電力スペクトル特性

3.2.25 送受信ろ波特性

TS 伝送 UHF 帯デジタル方式映像 TTL 相互の回線への影響を考慮して、表 2-21、表 2-22 に示す送受信ろ波特性が適当である。

表 2-21 送信ろ波特性

	周波数偏差		
	20MHz	35MHz	70MHz
減衰量	15dB	35dB	60dB

表 2-22 受信ろ波特性

	周波数偏差			
	4.5MHz	6.7MHz	20MHz	60MHz
減衰量	25dB	50dB	55dB	80dB

3.2.26 等価雑音帯域幅、雑音指数

(1) 等価雑音帯域幅

等価雑音帯域幅はクロック周波数の値と同一とすることが適当である。このため、3.2.6項においてクロック周波数は6.7MHz以下と規定されていることから、等価雑音

帯域幅は6.7MHz以下となる。

(2) 雑音指数

雑音指数はIF伝送方式の場合(3.1.26項)と同様に4dB以下とすることが適当である。

3.2.27 総合伝送特性(ロールオフ率)

限られたスペクトル帯域幅で多くの情報を伝送するためロールオフ率を0.3程度に抑えることが一般的である。

こうした現状を踏まえ、総合伝送特性として、ロールオフ率を0.3以下とすることが適当である。ただし、所要C/Nを低下させるため誤り訂正機能として接続符号を使用する場合はスペクトル帯域幅を8.51MHzとするため、ロールオフ率を0.27とすることが適当である。

3.2.28 送受信空中線特性

送受信空中線特性は他回線との干渉に大きく影響し、与干渉、被干渉を考える上で重要である。可能な限り良好な指向特性をもつ送受信空中線を使用することが望ましい。

現在、UHF帯の空中線としては、デジタル放送用中継局受信空中線が一般に使用されている。

UHF帯デジタル方式映像TTLに使用する送・受信空中線については機器の共通化の観点から、中継局用受信空中線と同じものをそのまま適用することが望ましい。

UHF帯デジタル方式映像TTL用空中線の主要な特性を別紙19に示す。

3.2.29 交差偏波識別度

交差偏波識別度はIF伝送方式の場合(3.1.29項)と同様に定めないこととすることが適当である。

3.2.30 フェージングマージン

フェージングマージンは別紙20によることが適当である。

なお、フェージングマージンの確認ができている場合にはその値を使用することができる。

3.2.31 電波の形式

D7Wとすることが適当である。

3.2.32 スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値は従属同期IF伝送方式の場合(3.1.32項)と同様に表2-23に示す無線設備規則第7条(別表第3号2(1))の規定を適用することが適当である。

表2-23 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値
及びスプリアス領域における不要発射の強度の許容値

空中線電力	帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値	スプリアス領域における不要発射の強度の許容値
50Wを超えるもの	20mW以下であり、かつ、基本周波数の平均電力より60dB低い値	50 μ W以下又は基本周波数の搬送波電力より70dB低い値
25Wを超え50W以下のもの		基本周波数の搬送波電力より60dB低い値
1Wを超え25W以下のもの	25 μ W以下	25 μ W以下
1W以下のもの	100 μ W以下	50 μ W以下

第3 ミリ波帯デジタル方式FPU

1 審議の背景

1.1 HDTV素材のニーズ

地上デジタルテレビジョン放送(DTV)は、高画質のHDTV放送を第一の特長としており、これに合った大型平面ディスプレイの普及も著しい。このような状況で放送事業者はHDTV番組放送の比率を高めており、すでにNHK総合では90%以上、民放でも75%以上に達している。

このようにHDTV放送番組の増加に合わせて、放送局外のスタジオ、ホール、競技場等で開催されるイベントやスポーツ等の中継においてもHDTV化が進んでいる。このため、中継先内の伝送及び中継先から放送局への伝送に使用するHDTV番組素材伝送システムの需要が増加している。

現在、この要求に応えているのが、マイクロ波帯やUHF帯のFPUである。マイクロ波の電波はパラボラアンテナを利用することで長距離の伝送が可能であり、また、UHF帯FPUでは市街地等での見通し外伝送やロードレースでの移動体からの伝送にも利用できるという利点がある。

ただし、これらのシステムではチャンネル幅の制限から伝送容量には限りがあり、情報の圧縮率を高くしなければならない。定められた伝送容量の制限の下HDTV放送番組素材としての画質を考慮すると、HDTVコーデックにフレーム間符号化方式の使用が不可欠である。現在は十数映像フレーム間にわたる映像情報の参照を行っており、0.3秒以上(1映像フレームは1/30秒)の処理遅延時間がある。そのため、番組中の送受信間の掛け合いをできるだけ避ける演出としたり、同一ショットのカメラとの映像切替えを避けたりする等運用上の制約を伴うことになる。

新しいHDTV番組素材伝送システムは、低遅延、高画質といったニーズや、干渉が少なく、使いやすいといったニーズに応えていくことが求められる。

1.2 ミリ波利用と放送アプリケーションの適切性等

波長の短いミリ波は、自由空間伝搬損失が大きいことから伝搬範囲は限られ、干渉が生じにくいという特徴がある。このため、100メートル程度の短距離伝送に向き、基本的に送受信間見通しの環境で使用される。従って、放送事業用では主にワイヤレスカメラや短距離のFPUとして利用される。

また、ミリ波は周波数帯域を広く確保できるため、チャンネル幅を最適化することによ

り、HDTV素材を高画質のまま、1～2映像フレーム内の低遅延で伝送できる。このため、番組中の掛け合い及び複数の同一ショットのテレビカメラ映像とのスイッチングが可能となり、さらにリモコン式カメラでの制御精度も向上するという利点がある。まさに、新しい番組素材伝送システムのニーズに応えるものである。

また、波長の短いミリ波は、小型の空中線でも鋭い指向性や高い利得を実現でき、超小型FPUが実現できる。また、各種部品が小型化することで、ワイヤレスカメラへの実装が容易となり、機動性も高まる。

2 基本的考え方

2.1 実態を踏まえたニーズ、要求要件(伝送距離、伝送方式)

2.1.1 要求条件

ア HDTV 番組素材伝送に必要な画質(コーデック)とビットレート

HDTV番組素材伝送に必要な画質は、低遅延コーデックを使用した場合に140～440Mbps程度のビットレートが必要となる。また、非圧縮方式ではHDTVの有線インタフェース規格であるHD-SDIと同等の信号を伝送する期待があり、その目標ビットレートは1.5Gbps程度となる(参考資料17)。

イ 運用形態ごとの許容遅延時間

番組中の掛け合いや映像切替え、送り返し映像を用いてのカメラマンの操作を考慮すると、許容される映像の遅延時間は66ミリ秒(2映像フレームに相当)以内である。

ウ 伝送距離と周波数有効利用

ワイヤレスカメラで利用する場合には、送信空中線は比較的広角な指向性を用いる。特に、無指向性アンテナを用いる場合には、受信側に35dBiという高い利得のアンテナを用いても伝送距離は高々数百mである(参考資料18表3)。

ほぼ静止した環境でより長距離をFPUで伝送する場合には、送受共に高利得の空中線で運用するが、そのアンテナのシャープな指向性範囲外ではほとんど干渉が生じない。また指向性の範囲内においても、自由空間損失に加え、大気(酸素)吸収の影響(1dB/km @42GHz、5dB/km @55GHz)や降雨の影響(強度

20mm/hの降雨で5.3dB/km @42GHz (偏波V)、7.0dB/km @55GHz(偏波V))も大きく、送受合わせて利得60dBiのアンテナを用いてさらに伝送方式を選んでも高々数kmでの利用が限界である。

このように、ミリ波は比較的狭い範囲で利用されるため、同一周波数を空間的に使い分けることが容易であり、この特性を活かして広帯域な周波数帯を有効に利用する必要がある。

エ その他の要求条件

その他、ミリ波FPU(以下ではより一般的にミリ波番組素材伝送システムと呼称する)として必要な条件を表3-1に要求条件としてまとめた。

表 3-1 ミリ波番組素材伝送システム要求条件

利用装置 項目	ワイヤレス カメラ	レール カメラ	FPU
最大伝送距離	屋内 50m 屋外 250m	屋内 250m 屋外 250m	屋外 1km
遅延時間 映像フレーム以内	1 又は 2	1	1 又は 2
移動及び マルチパス対策	要す	要す	要す
目標情報ビットレート	140Mbps～ 1.5Gbps (注 1)	1.5Gbps	140Mbps～ 1.5Gbps (注 1)
同時使用 チャンネル数	1 以上 最大 8 程度 (注 2)	1	1 以上 最大 8 程度 (注 2)
送り返し回線数	1 以上	0 以上	0 以上

注 1:コーデックは、例えば MPEG-2(フレーム内符号化のみ)及び JPEG2000 等が想

定される。

注 2: 例えば、映像 FPU を実際に使用している在京の放送事業者(日本放送協会、広域民間放送事業者、県域放送事業者、衛星放送事業者)の数からすると、8チャンネル程度あれば同じ現場から同時に利用できると考えられる。

2.1.2 ミリ波番組素材伝送システムのニーズ及び利用イメージ

ミリ波帯を利用した番組素材伝送は、他の周波数帯と比較して伝送距離が短い反面、周波数帯が広く、チャンネルを最適化することにより、HDTVの高画質、低遅延の伝送が可能になる。表3-2に示すミリ波伝送装置に期待される仕様が実現できれば、表3-3に挙げるアプリケーションが可能となる。

表 3-2 ミリ波番組素材伝送装置に期待される仕様

項目	期待される仕様
高画質	スタジオカメラ相当の高画質伝送
低遅延	HD 非圧縮伝送、もしくは低遅延コーデックの導入による遅延時間2フレーム以内の伝送
小型化	波長が短いことによるシステムの小型化
機動性	システムの小型化による機動性の確保 無指向性アンテナ及びマルチキャリア変調による追尾不要な安定受信の実現

表 3-3 想定されるアプリケーション例

使用用途	運用ケース	期待される効果
ワイヤレス カメラ (スタジオ)	・音楽番組、トーク番組(特に演者に近い場所での撮影)	・遅延量の大幅減少による、リップシンクずれの解決、ライブスイッチングの実現。
ワイヤレス カメラ (中継番組)	・ゴルフ、野球、陸上競技等におけるフィールド上、及び観客席等 ・報道中継現場	・ケーブルレスによる、これまで不可能であった撮影の実現。(特に演者の周りを一周するような撮影等) ・報道現場における機動性のある撮影及び中継の実現
移動式カメラ	・スピードスケート等の併走用レール走行式カメラ ・陸上競技、サッカー等で利用されるワイヤー移動式カメラ	・小型無線システムと、超小型カメラを合せた移動式カメラの簡便利用及びこれに伴う演出効果の増大 ・低遅延化によるカメラ制御の精度向上、ライブスイッチングの実現
リモコン式 カメラ	・大相撲、格闘技における、コーナーカメラ、吊カメラ ・サッカーゴール裏カメラ	・有線システムから無線システムへ移行することによる、人件費、機材費の低減 ・ケーブル設置困難な場所からの撮影による演出効果の増大 ・低遅延化によるカメラ制御の精度向上、ライブスイッチングの実現
緊急報道 中継	・場所が特定できない緊急報道現場からの中継 ・複数社が集まる報道現場からの中継	・人込み、道路渡し等ケーブル敷設が困難な場所からの迅速な中継 ・低遅延化による掛け合い中継のスムーズ化 ・システム小規模化による収録目的から中継対応への簡便化

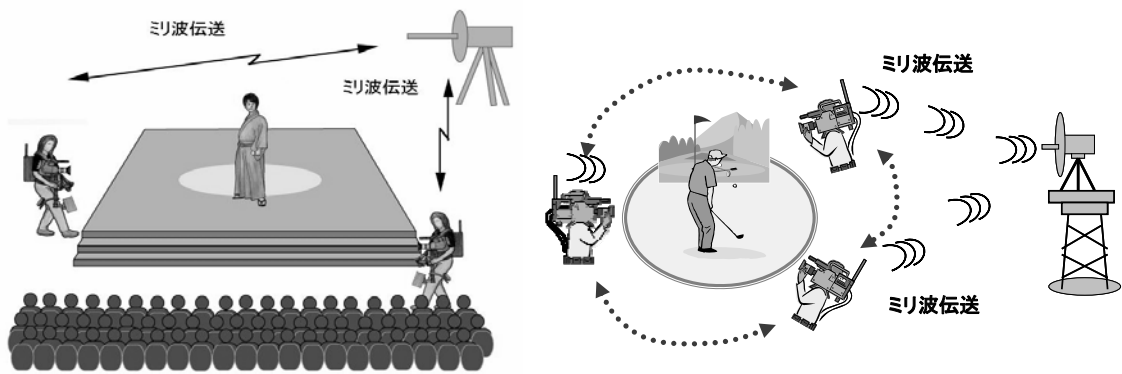


図 3-1 スタジオ(左)及び中継(右)でのワイヤレスカメラ運用例

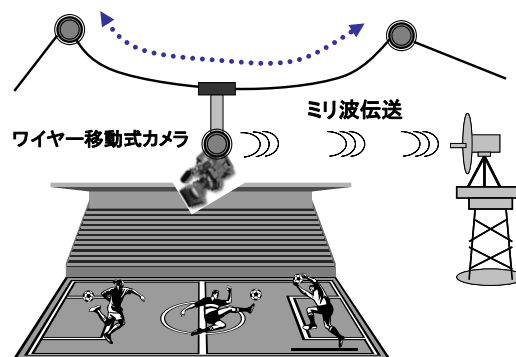


図 3-2 移動式(ワイヤー移動式)カメラにおけるミリ波伝送の運用例

2.1.3 ミリ波番組素材伝送の運用形態と利活用への期待

ミリ波システムは今後の需要増が予想されるHDTV番組素材伝送の新たな手段を提供するものである。スタジオ・ホール等屋内で使用するワイヤレスカメラシステム、ゴルフ中継等屋外イベントで使用するワイヤレスカメラシステム、また短距離番組素材伝送システムとして活用する。

本システムを利用するスタジオ・ホール等は電磁シールド環境であることや、建物の壁等による外部への電波の減衰が期待できることを考慮すると、隣接スタジオでも同一周波数の繰り返し利用が期待できる。放送局では複数スタジオを運用する例が多く、同時に複数のミリ波システムの利用が可能である。またホール等では局地的な電波利用となる等から、同一地域であっても複数システムが利用可能となる。また、番組制作においても低遅延かつ高画質で伝送できるカメラシステムは、有線カメラとの親和性が向上するため、新規に採用することも期待できる。

機器の小型化、低廉化のためには、ミリ波集積回路技術が必要である。また、広帯

域のデジタル信号を劣化なく増幅する広帯域高出力電力増幅器の開発が必要となる。さらに、非常に高いビットレートを扱うための高速デジタル信号処理が必要となる。

これらのデバイスは既に一部、製品化されつつあり、今後各放送局のスタジオや中継現場で採用され、活発に利用されていくことが期待できる(参考資料19)。

2.2 検討対象とするミリ波番組素材伝送システム

前項で検討した利用イメージに基づく運用形態ごとに適用するミリ波番組素材伝送システムを表3-4に示す。ここでは、チャンネル幅の異なる3つのシステムを各周波数帯に想定し、そのチャンネル幅を呼称に冠し125MHzシステム、500MHzシステム及び1GHzシステムとする。

125MHzシステムは、周波数帯域内で8チャンネルを確保し、移動しながらの撮影等、主にワイヤレスカメラとして同時に複数台の使用が求められる環境で使用する。すなわち、スタジオ、スポーツ中継の現場(トラック競技、野球場、ゴルフのグリーン上等)、あるいは各種取材で使うことが想定される。

500MHzシステムと1GHzシステムは、処理遅延及び画質の要求とチャンネル数のバランスを考慮して使い分ける。より高画質のHDTV映像を低遅延で伝送するため、高指向性、高利得アンテナと共に主にFPUとして利用される。移動に要する軌道が決まっていれば、レールカメラやワイヤー吊りカメラ等のように移動しながらの撮影にも用いる。

表 3-4 ミリ波番組素材伝送システムの分類

システム 呼称	チャネル 幅	運用形態	変調方 式の例
125MHz システム	125MHz	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同一場所で複数のワイヤレスカメラ等を使用する場合。特に報道現場等で複数の放送事業者が同時利用できることを想定。 ・ 近距離での移動伝送等に利用する場合。 	16QAM -OFDM 等
500MHz システム	500MHz	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低次の PSK により 125MHz システムよりも伝送距離が必要な場合。 ・ 多段中継接続をしても高画質を維持しての伝送が必要な場合。 ・ アンテナの指向特性等で相互の混信等を回避できる場合。 	BPSK QPSK 等
1GHz システム	1GHz	<ul style="list-style-type: none"> ・ より高画質で HD-SDI 相当の非圧縮伝送が必要な場合。 ・ アンテナの指向特性等で相互の混信等を回避できる場合。 	QPSK 8PSK 等

このうち、125MHzシステムは、さらに、3つに分類する。チャネル幅全域を用いるフルモード、そのチャネル幅を半分ずつ2つに分けて用いるハーフモード、そして最新のMIMO (multiple-input multiple-output) 伝送技術を適用し、伝送容量をアンテナ数倍(ここでは、2倍)に増量して用いる場合である。表3-5にその分類を運用例とともに示す。

表 3-5 125MHz システム

モード	変調方式の例	情報 ビットレ ート (注 1)	運用例
フル モード	16QAM-OFDM 符号化率 3/4	210 Mbps	ワイヤレスカメラ。 通常の使用方法。
ハーフ モード	16QAM-OFDM 符号化率 2/3	70M~ 100 Mbps	送り返しの映像伝送、カメラ制御信号の伝送に使用。 フルモードあるいはハーフモード MIMO による本線と組み合わせて使用。
	16QAM MIMO-OFDM 符号化率 3/4 (注 2)	210 Mbps	双方向ワイヤレスカメラの本線として使用。 アンテナを複数台設置でき、反射波が多く比較的狭い環境で使用。

注1: 情報ビットレートは、TSのペイロードビットレート、つまり、正味のビットレートであり、映像、音声、カメラ制御信号その他の信号のビットレートの合計を指す(参考資料17)。

注2: MIMO伝送方式の多重数(送信アンテナ数)を2とした例。

フルモードは、ワイヤレスカメラとして低遅延及び高画質を要求する通常の利用を想定したものである。

ハーフモードは、次のように使用する。

例えば、生放送の番組でかつ複数のカメラが使用される環境では、カメラマンがカット割り等を理解するためや出演者に向けた映像伝送のために行う送り返し信号の伝送も併せた双方向の伝送が必要である。アイリスや色の調整等カメラのリモート制御のための信号伝送もカメラごとに必要となる。撮影した映像を伝送する本線は所要の品質を確保した信号を伝送する必要から帯域を分割する余裕はないので、送り返

し信号を伝送する系統が別途必要となる。ただし、必ずしも本線信号と同じ伝送容量である必要はない。

そこで、ハーフモードを用いれば、双方向伝送が可能なワイヤレスカメラを同時に使用できる台数を増やすことができる。5台のワイヤレスカメラを使用する場合を例とすると、撮影した5系統の映像をフルモードで伝送(フルモード5チャンネルの使用)する一方、5系統あるカメラの1台ごとに送り返し映像とカメラ制御信号を伝送する。同じ周波数帯で残るチャンネルはフルモードの場合3チャンネルであるが、ハーフモードを採用すれば最大6チャンネルの割り当てが可能となり、カメラごとの送り返し伝送が可能となる。

また、壁等からの反射波が多く存在するスタジオやホール等主に屋内の番組制作では、移動範囲は比較的狭く、かつ、特に安定した伝送を可能とするために本線を受信するアンテナを複数台設置することができる。このような環境では、MIMO伝送技術を適用することにより、ハーフモードにおいてもフルモードと同じ伝送容量を確保し、高画質、低遅延のワイヤレスカメラを最大8台双方向で利用することも可能となる。

3 ミリ波帯デジタル方式FPUの技術的条件

以下、ミリ波番組素材伝送システムの技術的条件の各項目について、その検討結果をそれぞれの考え方とともに記述する。

3.1 周波数帯

各放送事業者が緊急報道時等に自由に周波数(チャンネル)を使えるようにするためには、例えば在京の放送事業者の需要を考慮すると、8チャンネル以上を同時に利用できることが望ましい。

一方、ミリ波の特徴の一つである広帯域性を利用した、高画質、低遅延の伝送のためには、映像情報の圧縮符号化を利用したとしても、少なくとも100MHz程度の占有周波数帯幅が必要である(参考資料18)。

42GHz帯においては、チャンネル間隔及び占有周波数帯幅を考慮して8チャンネル確保するには、現行の500MHz幅(41.5~42.0GHz)の周波数帯では不足するため、少なくとも1GHz幅の周波数帯が必要となる。

ミリ波はその伝搬特性から伝搬範囲は限られる。さらに、複数の放送事業者で同一周波数帯を共用することが前提であって、運用調整(事前の運用調整及び緊急報

道等の事前調整ができない場合であっても現場で電波を発射する前に受信機等により状況を把握)してから運用することとなるため、仮に他のシステムと周波数を共用することとなっても運用実態から干渉は回避できる。

また、すでに1GHz幅の周波数帯を利用できる55GHz帯と、変復調器等の仕様の共通化が図れ、機器の低廉化及び運用上の利便性向上が見込め、ミリ波の需要拡大につながる。

よって、周波数帯は、表3-6に示すものとするのが適当である。

表 3-6 周波数帯

周波数帯の呼称	125MHz システム、500MHz システム、1GHz システム
42GHz 帯	41.0～42.0GHz
55GHz 帯	54.27～55.27GHz

3.2 通信方式

FPU、ワイヤレスカメラの本線としての使い方は「単向通信方式」、ワイヤレスカメラのリターン信号(カメラへの送り返し信号)の伝送及びカメラ個々の制御/ステータス情報の伝送も「単向通信方式」である。なお、ワイヤレスカメラのリターン信号の伝送及びステータス情報の伝送は「同報通信方式」で複数のカメラで共通に利用されることもある。

地上デジタル放送を直接現場で受信して制作時のモニターとして使うことは、放送画像の遅延が大きいことから難しい。従って、デジタル放送時代には、低遅延の送り返し伝送のニーズが高まり、FPUにも双方向の伝送が要求される。

よって、通信方式は表3-7に示すものとするのが適当である。

表 3-7 通信方式

125MHz システム、500MHz システム、1GHz システム
単向通信方式、又は同報通信方式

3.3 周波数配置

表3-4の分類にしたがい、125MHzシステム、500MHzシステム、1GHzシステムの3

種類を想定し、1GHzの周波数帯幅をそのチャンネル幅を基準にシステムごとに分割して利用できるようにすることが適当である。

125MHzシステムは、高画質、低遅延の移動伝送が可能なFPUやワイヤレスカメラを複数台同時に利用することを主に想定している。42GHz帯又は55GHz帯の1GHz幅の周波数帯を8分割するものをフルモードとすることにより、報道現場等で各放送事業者が集まった場合でも同時に使用可能となる。

なお、2.2項及び表3-5で示したように、125MHzシステムにハーフモードを導入することは、導入の初期段階での機器の実現性や運用の柔軟性を考慮すると、ミリ波の早期の実用化や利用拡大に寄与する。このため、125MHzシステムへのハーフモード導入は適当である。

ここで、周波数配置は42GHz帯と55GHz帯の間で共通である。

以上のことから、周波数配置は表3-8及び図3-3に示すものとするのが適当である。

表 3-8 周波数配置(チャンネル数)

125MHz システム (注)	500MHz システム	1GHz システム
125MHz × 8ch	500MHz × 2ch	1GHz × 1ch

注：125MHzシステムは、チャンネル幅125MHzを2分割した62.5MHzのチャンネル幅で使用することができることとする。これをハーフモードと呼称する。これに対し元の125MHzのチャンネル幅で用いるものをフルモードと呼称する。

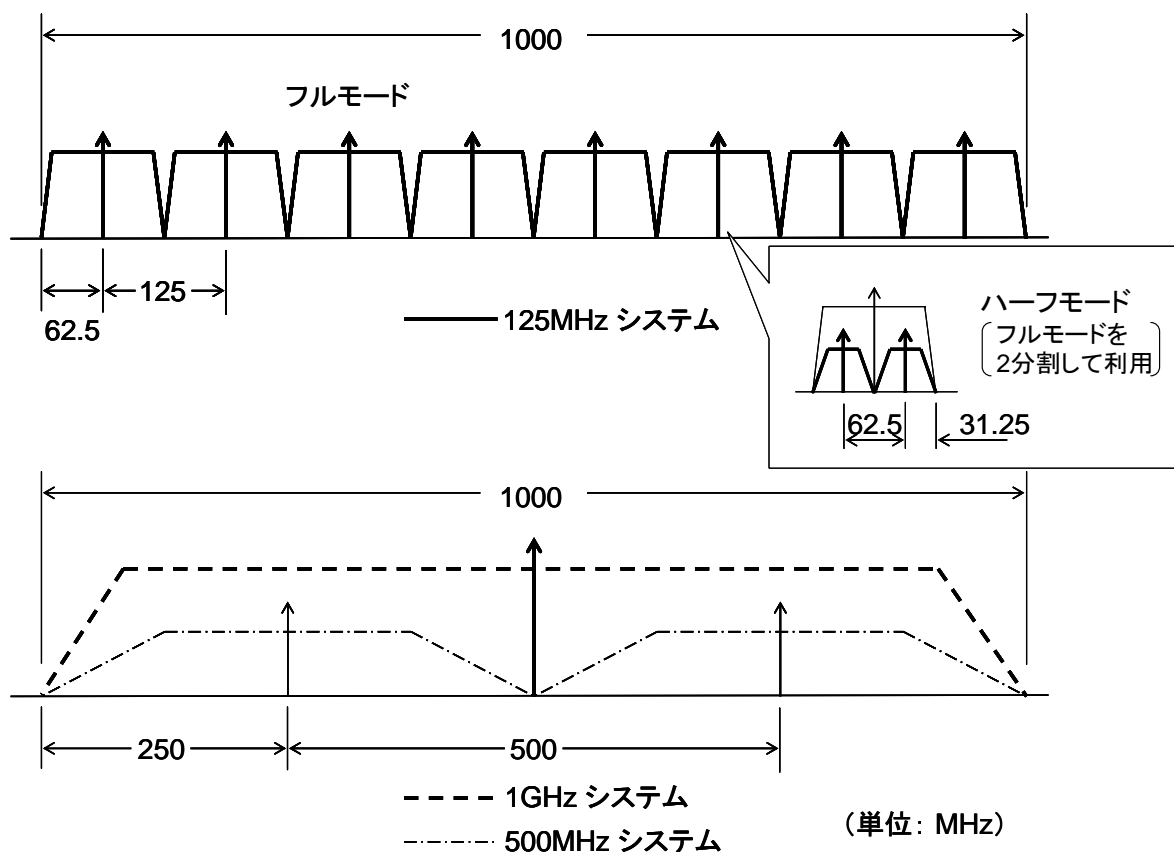


図 3-3 42GHz 帯／55GHz 帯チャンネル配置

3.4 変調方式

これまでに行われた実証試験では、16QAM-MIMO-OFDMとHDTVコーデックを用いてHDTV信号を圧縮符号化して42GHz帯又は55GHz帯で伝送する125MHzシステムの有効性を実証しており、変調方式として直交振幅変調による直交周波数分割多重変調を技術的条件に取り入れることが求められる。

マルチパスの少ない環境下ではシングルキャリア方式の8PSK等位相変調での実用化の可能性がある。ミリ波の利用拡大のためには、今後の新しいアプリケーションにも対応可能なように、各種の変調方式が使えることが望ましいことから、変調方式は、表3-9に示すものとするのが適当である。

表 3-9 変調方式

125MHz システム、500MHz システム、1GHz システム
位相変調もしくは直交振幅変調 又は直交周波数分割多重変調であること

3.5 復調方式

電波伝搬等を考慮した回線設計等の観点から、一般に復調方式には同期検波が用いられる。

ただし、ミリ波の利用拡大の観点から、3.4項で規定する各種の変調方式ごとに最適な復調方式が利用できることが適当である。

3.6 伝送容量

ミリ波の利用拡大のためには、今後の新しいアプリケーションにも対応可能なように、表3-10のとおり伝送帯域幅と各種の変調方式から決まる伝送容量を許容することが適当である。

表 3-10 伝送容量

125MHz システム、500MHz システム、1GHz システム
伝送帯域幅と変調方式から決まる値

具体的な値については、参考資料17に示した情報ビットレートに基づいて、参考資料20から例示することができる。これによる、最大伝送容量の例を表3-11に示す。

表 3-11 システムごとの最大伝送容量の例

システム名	変調方式	最大伝送容量
125MHz システム フルモード	16QAM OFDM	446Mbps
125MHz システム フルモード	16QAM-SC	350Mbps
125MHz システム ハーフモード	16QAM OFDM	239Mbps
125MHz システム ハーフモード	16QAM-SC	167Mbps
125MHz システム ハーフモード MIMO	16QAM MIMO-OFDM (MIMO2 多重)	446Mbps
500MHz システム	BPSK-SC	350Mbps
500MHz システム	QPSK-SC	749Mbps
1GHz システム	8PSK-SC	2210Mbps

注：SCはシングルキャリア方式

3.7 シングルキャリア方式のクロック周波数

ミリ波の利用拡大のためには、今後の新しいアプリケーションにも対応可能なように、各種の変調方式を許容する。よって、シングルキャリア方式のクロック周波数は、要求される情報ビットレートの伝送を実現する変調方式と誤り訂正符号の組合せのうち、クロック周波数が最大となる組合せを選び、その周波数を最大クロック周波数とする。

ただし、変調方式において各種の変調方式を規定する意味合いから、シングルキャリア方式のみのクロック周波数を規定する根拠が薄いため、本項目は規定しない。

参考として、表3-12に参考資料20から求めたシステム毎に最大となるクロック周波数を示す。

表3-12 システム別最大クロック周波数

システム	情報ビットレート (Mbps)	変調方式	最大クロック周波数 (MHz)
125MHzシステム	210	8PSK(5/6)	94
500MHzシステム	210	BPSK(2/3)	350
	450	QPSK(2/3)	375
1GHzシステム	1495	8PSK(3/4)	737

3.8 偏波

ミリ波の有効利用のためには、各種のアプリケーションに合わせた最適な偏波を利用できることが望ましいことから、電波の偏波は特に規定しないことが適当である。

3.9 占有周波数帯幅の許容値

ミリ波の利用拡大のためには、今後の新しいアプリケーションにも対応可能なように、各種の変調方式を許容する。よって、指定の占有周波数帯幅を満足する範囲において、クロック周波数及びロールオフ率は自由に選べるのが、ミリ波の利用拡大からも望ましい。

しかしながら、規定される各システムのチャンネル幅から送信周波数の許容偏差を差し引いた周波数帯幅に、100%エネルギー帯幅が収まる占有周波数帯幅とすることが適当である。

なお、シングルキャリア方式の占有周波数帯幅の算出には、参考資料18で検討したクロック周波数を基に、次式の関係(電気通信技術審議会一部答申 諮問110号「番組中継用デジタル回線の技術的条件」のうち「マイクロ波帯のデジタル方式のFPU/TSLの技術的条件」(H17.3.27)別紙7より引用)を用いた。

$$\frac{(1-\alpha)B}{2} + \frac{\Delta F}{2} + \left(\frac{B\alpha}{\pi}\right) \sin\left[\frac{\pi \Delta F}{2B\alpha} - \frac{(1-\alpha)\pi}{2\alpha}\right] = 0.99B$$

ここで、 ΔF が占有周波数帯幅、 B がクロック周波数、 α がロールオフ率である。3.7項のクロック周波数の基準値を B として、この関係から ΔF を解くと、占有周波数帯幅が算出される。ロールオフ率 α の値は、自由に選べるとするが、占有周波数帯幅 ΔF の算出のため、装置の実現性を考慮して0.3~0.5として計算を行う。

一方、OFDM方式の場合は、変調方式と誤り訂正符号の組合せを考慮して、最大のFFTサンプリング周波数となる組合せを選び、FFTサイズ、ガードインタバル比及び総サブキャリア数との関係から占有周波数帯幅を算出する。ここでも参考資料18を基本とした。なお、ガードインタバル比は、これまでにを行った実証試験の結果から、1/8又は1/16とすることが適当である。

算出した占有周波数帯幅の許容値を表3-13に示す。

表 3-13 占有周波数帯幅の許容値

周波数帯の呼称	125MHz システム (注)	500MHz システム	1GHz システム
シングル キャリア方式	106MHz	425MHz	841MHz
OFDM 方式	112MHz	対象外	対象外

注：フルモードを記載。ハーフモードの場合は、42GHz帯及び55GHz帯においてシングルキャリア方式 54MHz、OFDM方式 60MHzとなる。

3.10 補助信号の伝送方式

補助信号の伝送方式は、アプリケーションに応じて選択される伝送方式に合わせて自由に利用できるものとするのが適当である。

ミリ波番組素材伝送システムにおいても、主信号以外の補助信号の伝送が必要となる場合がある。しかしながら、OFDM方式とシングルキャリア方式がある他、アプリケーションごとに補助信号の使用目的も異なる。

3.11 空中線電力の最大値及び許容偏差

これまでに行われた実証試験において、42GHz帯及び55GHz帯の125MHzシステム自体の有効性は検証されたが、ミリ波を利用した番組素材伝送システムの要求条件にある伝送距離の条件を満たすためには、100mW程度でも空中線電力が不足している。55GHz帯の空中線電力の最大値も、現行の42GHz帯の最大値と同じ1W程度へ

増力することが望ましい。

この回線設計事例を参考資料18で検討した。空中線電力の最大値として1Wの有効性が確認できる。

55GHz帯の空中線電力の最大値を1Wとすることで、ワイヤレスカメラやFPU等が運用形態や要求条件に即した形となり、ミリ波の利用拡大につながる。

ミリ波増幅器の現状と開発動向を参考資料19に記載する。現在のカタログ仕様によると、55GHz帯の高出力電力増幅器は50mW程度であるが、今後の需要の高まりに伴う製造技術のブレークスルーを前提に、5年後程度に現状の5倍から10倍の高出力化が期待できる。

よって、空中線電力の最大値は表3-14に示すものとするのが適当である。

なお、MIMO伝送方式の場合には、空中線電力の総和が表3-14の条件を上限とすることが適当である。

表 3-14 空中線電力の最大値

125MHz システム、500MHz システム、1GHz システム
1W

空中線電力の許容偏差は、現行の無線設備規則第14条の6及び9を適用し、表3-15に示すものとする。

表 3-15 空中線電力の許容偏差

125MHz システム、500MHz システム、1GHz システム
上限 50%、下限 50%の範囲内であること

3.12 誤り訂正機能

伝送品質及び回線設計の観点から所要C/Nの改善が必要であり、誤り訂正機能は不可欠である。

これまでに実現した、ミリ波番組素材伝送システムでは、内符号に畳み込み符号（パンクチャにより符号化率を1/2、2/3、3/4又は5/6の中から適宜選択）、外符号にリードソロモン符号(RS(204, 188))を使用している。本報告ではこれを前提として検討

を進めているが、さらに今後開発されるより性能の高い新しい誤り訂正符号の導入も期待される。

3.13 回線設計（回線品質）

本システムは番組素材伝送を目的として様々なアプリケーションで利用され、移動を基本とし、固定回線としての運用は想定しない。従って、中継方式、スペースダイバシティ、MIMO伝送の運用方法等の回線設定方法については自由に行えることが適当である。

振幅位相変調方式では、通常、波形歪補償が行われる。このような場合にも、変調方式と使用環境に合わせて等化回路構成等を選択することが適当である。なお、125MHzシステムのOFDM方式の場合には、無指向性の空中線を使用し、マルチパス伝搬路のある環境で移動しながら信号の送受信を行うため、通常、パイロットキャリアを基準とした波形等化が行われる。

また、伝搬路条件や気象条件は使用形態により様々であるため、その都度フェージングマージンを考慮した回線設計を行うことは困難であり、実際の運用においては、個々の伝搬路状況に合わせて空中線の種類及び空中線電力を適正に選択して、適正な受信入力確保することになる。

これらのことから、本システムにおいて瞬断率及び不稼働率は規定しない。

3.14 等価等方輻射電力の制限値

本システムはミリ波の移動業務であり、自由空間損失や降雨減衰、大気吸収も大きく、通常使用するアンテナでは同じ帯域で割り当てられた他業務との共用は可能である。従って、特にこれを定めない。

3.15 混信保護

ミリ波は直進性が強く、遮へい等により電波の電力の減衰が大きいので、空中線等運用を考慮することにより、干渉等の影響を除去して利用することが可能である。よって、混信保護を特に規定しない。

3.16 搬送波対熱雑音電力比

3.13項の回線設計(回線品質)と同様な考え方で、特に規定しない。

3.17 送信周波数の許容偏差

マイクロ波帯の放送業務用FPUでは、OFDM方式を用いる場合の送信周波数の許容偏差は、 7×10^{-6} 以内とキャリア同期の関係からシングルキャリア方式の場合より小さな値としている。ミリ波帯のOFDM方式でも考え方は同じであることから、125MHzシステムのOFDM方式の場合にはマイクロ波帯と同じ偏差とするのが望ましい。

これまでに行われた実証試験で用いた125MHzシステム試験機器の送信スペクトルの帯域外サイドローブ特性と周波数変動による干渉雑音の増減を考慮すると、55GHz帯の場合、 7×10^{-6} 以内は0.385MHz以下の周波数変動であり、隣接する3波が干渉し合う場合に中央の1波が受ける干渉の大きさの変化は0.1dB程度となる。従って、隣接干渉への影響の観点でも、 7×10^{-6} 以内とすることが望ましい。

125MHzシステムでもシングルキャリア方式の場合には、占有周波数帯幅のチャネル幅に対する比率をOFDM方式に比べて狭くして用いるので、実効的なチャネル間隔をより広く取ることができる。そこで、類似した42GHz帯の現行設備の規定と同じ 25×10^{-6} 以内とすることにより、キャリア同期及び隣接チャネル干渉のいずれにおいても支障なく伝送できるようにすることが望ましい。

500MHzシステム及び1GHzシステムの場合には、同様に、 25×10^{-6} 以内とすることで回路の共通化が図れ、ミリ波の利用拡大につながるため、この基準とすることが望ましい。

よって、送信周波数の許容偏差は表3-16に示すものとするのが適当である。

表 3-16 送信周波数の許容偏差

125MHz システム		500MHz システム
OFDM 方式	シングルキャリア方式	1GHz システム
7×10^{-6}	25×10^{-6}	25×10^{-6}

3.18 送信電力スペクトル特性

ミリ波の利用拡大の観点から、送信電力スペクトル特性を特に規定しないことが望ましい。

各システムにおいては、占有帯域幅とスプリアス規定を満たす範囲であれば良いこととし、特にスペクトル特性を定めない。

3.19 送受信ろ波特性

送信ろ波特性は、ミリ波の利用拡大の観点から特に規定しない。各システムにおいては、占有帯域幅とスプリアス規定を満たす範囲であれば良いこととする。

受信ろ波特性は、利用する変調方式及び復調方式に対し最適となる特性を選択して用いる必要がある。

3.20 等価雑音帯域幅、雑音指数

本システムは移動業務であり、3.13項で回線品質を規定しないことから、等価雑音帯域幅と雑音指数については、特に定めない。

なお、回線設計を行う場合の等価雑音帯域幅は、伝送方式や利用するフィルタに応じて占有周波数帯幅の値以下の値を用いることとし、雑音指数はデバイスの開発動向等を考慮して10dB以下とする(ミリ波デバイスの開発動向は参考資料19参照)。

3.21 総合伝送特性

総合伝送特性は、3.4項の変調方式及び3.5項の復調方式の組合せにより決定するが、ミリ波利用拡大の観点でさまざまなアプリケーションが適用できるように復調方式を定めないため、特に規定しない。ただし、シングルキャリア方式はスペクトル整形を目的とするロールオフを行い、そのロールオフ率は、周波数有効利用の観点と共に、ミリ波利用拡大、伝送装置の実現性ならびに普及を考慮して0.5以下とすることが望ましい。

一方、OFDM方式は帯域の外側で急激にそのエネルギーが減少するため、ロールオフは不要であり、特に定めない。

3.22 送受信空中線特性

送受信空中線特性は特に規定しないことが適当である。

ミリ波の番組素材伝送システムは、アプリケーション、伝送距離、伝搬環境に応じて使用する空中線の指向特性や利得は異なる。このため特に空中線特性は規定せず、各種のアプリケーションに対応できる空中線を使えることが望ましい。実際の利用

例を参考資料21に記載する。

3.23 交差偏波識別度

ミリ波は広帯域信号であり、空中線等運用を考慮することにより、干渉等の影響を除去して利用することが可能である。このため、通常は交差偏波によるコチャネル伝送は行わない。よって、交差偏波識別度を特に規定しない。また、交差偏波干渉補償器についても特に規定しない。

3.24 フェージングマージン及び降雨減衰マージン

気象条件は使用形態により様々であるため、その都度フェージングマージンを考慮した回線設計を行うことは困難であり、実際の運用においては、個々の伝搬路状況に合わせて空中線の種類及び空中線電力を適正に選択して、運用することになる。従って、フェージングマージンは特に規定しない。

回線設計を行う場合に用いるフェージングマージンは、参考資料18に議論するマルチパスマージン(マルチパスにより生じる劣化分のマージン)とし、静止環境あるいは準静止環境におけるマルチパスマージンと、ミリ波番組素材伝送システムの送信装置が移動している環境におけるマルチパスマージンを考える。

これまでに行った実証試験の結果によると、変調方式ならびに屋内あるいは屋外、MIMO伝送方式の採用の有無を勘案し、静止／準静止環境では、3～5.5dB、移動環境では13dBのマルチパスマージンを想定する。

その他のマージンとしては、大気吸収と降雨減衰がある。大気吸収のうち主要なものは酸素吸収である。大気吸収マージン及び降雨減衰マージンの算出には、ITU-R 勧告P.676及びP.838の算出方法を用いることが望ましい。参考資料22と参考資料23にこれらの結果を示す。

これによると、例えば電波が1km伝搬する間に酸素分子によって受ける電力の減衰量は、42GHz 帯で1dB、55GHz帯で 5dBである。また、降雨強度20mm/hの降雨の中、垂直偏波の電波が1km伝搬する間に生じる降雨減衰量は、42GHz 帯で5.3dB、55GHz 帯で7.0dBである。

3.25 電波の型式

用途や目的によりHDTV映像信号のほか音声信号、制御監視信号、その他各種のデータ信号等2以上のデジタル信号を変調信号とし、また、3.4項に示すように変調方式として位相変調もしくは直交振幅変調又は直交周波数分割多重変調の使用が想定される。

ミリ波の利用拡大のためには、今後の新しいアプリケーションにも対応可能なように、使用する変調信号と変調方式から決まる電波の型式とすることが望ましい。

よって、電波の型式は表3-17に示すものとする。

表 3-17 電波の型式

125MHz システム、500MHz システム、1GHz システム
G7W、D7W、X7W

3.26 スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

現行の無線設備規則の値を変える必要性が認められないことから、現行の規定のままとすることが望ましい。よって、スプリアス発射の強度又は不要発射の強度は表3-18に示すものとするが適当である。

表 3-18 スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

周波数帯の呼称	125MHz システム、500MHz システム、1GHz システム	
	帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値	スプリアス領域における不要発射の強度の許容値
42GHz 帯	100 μ W 以下	50 μ W 以下
55GHz 帯	50 μ W 以下	50 μ W 以下

なお、MIMO伝送方式を用いる場合には、スプリアス発射又は不要放射の電力値の全送信装置にわたる総和の最大値が表3-18を満たすように規定する。

A帯音声STL/TTL/TSLの地区別無線局の分布状況

(平成15年度電波の利用状況調査結果の概要(平成16年3月総務省報道資料より整理。))

	北海道	東北	関東	信越	北陸	東海	近畿	中国	四国	九州	沖縄	全国
免許人	5	12	15	6	6	9	12	11	8	16	3	87
無線局数	16	27	41	15	13	41	29	44	34	42	4	306
送信装置数	35	54	76	32	25	77	41	72	53	85	7	557
	50.5%	77.8%	85.4%	39.4%	84.6%	90.2%	85.4%	56.8%	64.7%	83.3%	71.4%	66.6%
変調方式	56.3%	40.7%	14.6%	60.6%	38.5%	12.2%	14.6%	45.5%	32.0%	33.3%	28.6%	27.8%
	38.5%	21.4%	18.9%	52.4%	4.0%	12.8%	24.1%	22.1%	18.6%	30.5%	44.4%	24.2%
空中線	42.7%	39.4%	17.7%	66.7%	0%	42.4%	23.5%	32.7%	19.7%	29.4%	44.4%	27.3%
注1												
伝送距離:10km超	68.6%	59.9%	66.7%	78.8%	16.7%	45.0%	81.3%	59.7%	23.1%	59.3%	12.7%	56.5%
	52.5%	37.0%	46.3%	66.7%	69.2%	68.3%	51.7%	44.7%	55.9%	71.4%		55.9%
運用年数												
	62.5%	70.3%	73.2%	80.8%	100%	80.5%	69.0%	6.5.9%	70.6%	85.7%	50.5%	74.5%
送信装置平均使用年数	8.9年	10.9年	14.4年	6.2年	10.0年	8.5年	9.7年	8.2年	12.2年	11.0年	3年	10.1
使用実態	97.1%	97.1%	92.2%	93.9%	100%	96.7%	96.9%	95.2%	100%	100%	100%	96.7%
	2.9%	2.9%	7.8%	6.1%	----%	3.3%	3.1%	4.8%	----%	----%	----%	3.3%
有効利用	60.5%	38.0%	8.2%	74.1%	28.0%	11.4%	11.8%	38.9%	26.7%	19.8%	28.6%	27.6%
計画	23.7%	40.0%	39.3%	7.4%	52.0%	42.9%	60.8%	41.7%	46.6%	45.3%	71.4%	41.5%
注2												

注1 アンテナ口径が2mφ以上

注2 デジタル方式

別紙 2

周波数 [MHz]	チャンネル番号	チャンネル番号	周波数 [MHz]	チャンネル番号	チャンネル番号	周波数 [MHz]	チャンネル番号	チャンネル番号
6700.375								
6700.500	MS-1		6709.625		MAF-19	6718.750	MS-74	
6700.625		MAF-1	6709.750	MS-38		6719.000	MS-75	
6700.750	MS-2		6710.000	MS-39		6719.125		MAF-38
6701.000	MS-3		6710.125		MAF-20	6719.250	MS-76	
6701.125		MAF-2	6710.250	MS-40		6719.500	MS-77	
6701.250	MS-4		6710.500	MS-41		6719.625		MAF-39
6701.500	MS-5		6710.625		MAF-21	6719.750	MS-78	
6701.625		MAF-3	6710.750	MS-42		6719.875		
6701.750	MS-6		6711.000	MS-43		6860.375		
6702.000	MS-7		6711.125		MAF-22	6860.500	MS-79	
6702.125		MAF-4	6711.250	MS-44		6860.625		MAF-40
6702.250	MS-8		6711.500	MS-45		6860.750	MS-80	
6702.500	MS-9		6711.625		MAF-23	6861.000	MS-81	
6702.625		MAF-5	6711.750	MS-46		6861.125		MAF-41
6702.750	MS-10		6712.000	MS-47		6861.250	MS-82	
6703.000	MS-11		6712.125		MAF-24	6861.500	MS-83	
6703.125		MAF-6	6712.250	MS-48		6861.625		MAF-42
6703.250	MS-12		6712.500	MS-49		6861.750	MS-84	
6703.500	MS-13		6712.625		MAF-25	6862.000	MS-85	
6703.625		MAF-7	6712.750	MS-50		6862.125		MAF-43
6703.750	MS-14		6713.000	MS-51		6862.250	MS-86	
6704.000	MS-15		6713.125		MAF-26	6862.500	MS-87	
6704.125		MAF-8	6713.250	MS-52		6862.625		MAF-44
6704.250	MS-16		6713.500	MS-53		6862.750	MS-88	
6704.500	MS-17		6713.625		MAF-27	6863.000	MS-89	
6704.625		MAF-9	6713.750	MS-54		6863.125		MAF-45
6704.750	MS-18		6714.000	MS-55		6863.250	MS-90	
6705.000	MS-19		6714.125		MAF-28	6863.500	MS-91	
6705.125		MAF-10	6714.250	MS-56		6863.625		MAF-46
6705.250	MS-20		6714.500	MS-57		6863.750	MS-92	
6705.500	MS-21		6714.625		MAF-29	6864.000	MS-93	
6705.625		MAF-11	6714.750	MS-58		6864.125		MAF-47
6705.750	MS-22		6715.000	MS-59		6864.250	MS-94	
6706.000	MS-23		6715.125		MAF-30	6864.500	MS-95	
6706.125		MAF-12	6715.250	MS-60		6864.625		MAF-48
6706.250	MS-24		6715.500	MS-61		6864.750	MS-96	
6706.500	MS-25		6715.625		MAF-31	6865.000	MS-97	
6706.625		MAF-13	6715.750	MS-62		6865.125		MAF-49
6706.750	MS-26		6716.000	MS-63		6865.250	MS-98	
6707.000	MS-27		6716.125		MAF-32	6865.500	MS-99	
6707.125		MAF-14	6716.250	MS-64		6865.625		MAF-50
6707.250	MS-28		6716.500	MS-65		6865.750	MS-100	
6707.500	MS-29		6716.625		MAF-33	6866.000	MS-101	
6707.625		MAF-15	6716.750	MS-66		6866.125		MAF-51
6707.750	MS-30		6717.000	MS-67		6866.250	MS-102	
6708.000	MS-31		6717.125		MAF-34	6866.500	MS-103	
6708.125		MAF-16	6717.250	MS-68		6866.625		MAF-52
6708.250	MS-32		6717.500	MS-69		6866.750	MS-104	
6708.500	MS-33		6717.625		MAF-35	6867.000	MS-105	
6708.625		MAF-17	6717.750	MS-70		6867.125		MAF-53
6708.750	MS-34		6718.000	MS-71		6867.250	MS-106	
6709.000	MS-35		6718.125		MAF-36	6867.500	MS-107	
6709.125		MAF-18	6718.250	MS-72		6867.625		MAF-54
6709.250	MS-36		6718.500	MS-73		6867.750	MS-108	
6709.500	MS-37		6718.625		MAF-37	6867.875		

注1:MAF-**は、デジタル方式音声STL/TTL/TSLのチャンネル番号

注2:MS-*は、デジタル方式監視・制御用固定回線のチャンネル番号

M帯におけるデジタル方式音声STL/TTL/TSL及び
デジタル方式監視・制御用固定回線の周波数配置

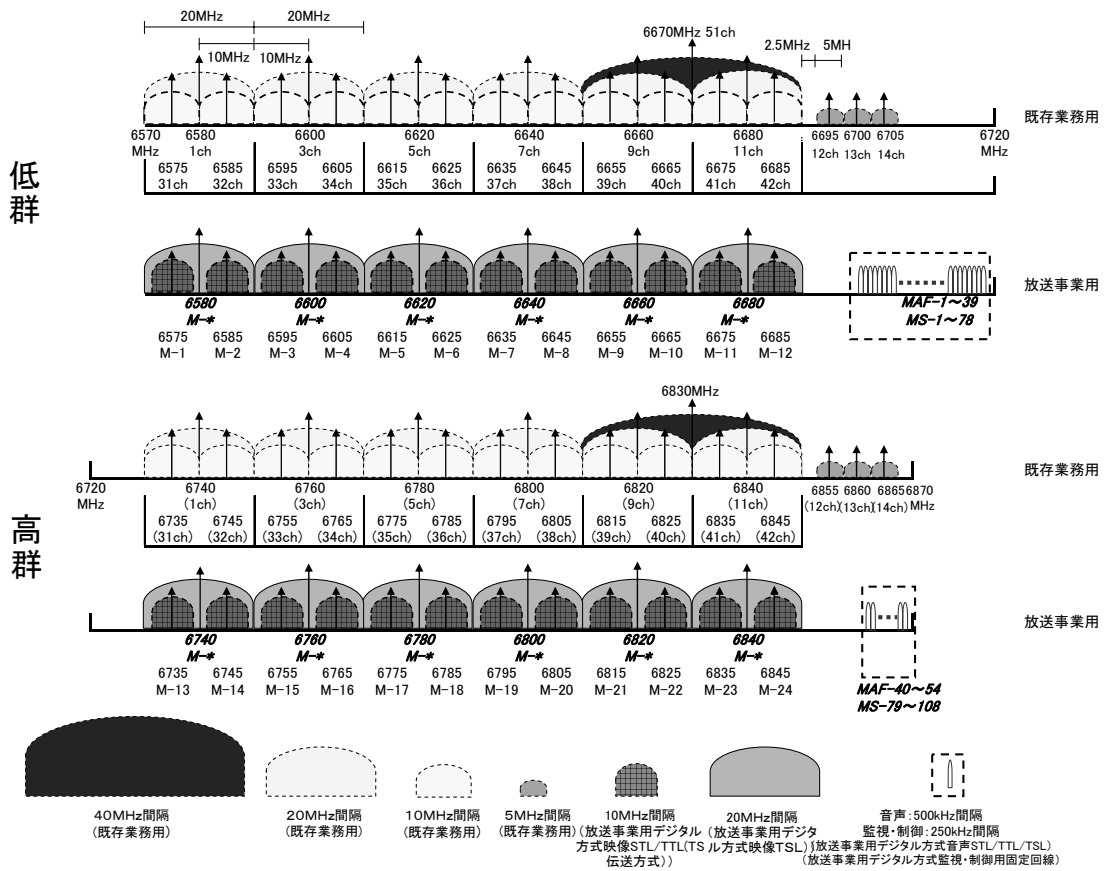
別紙 3

周波数 [MHz]	チャンネル番号	チャンネル番号	周波数 [MHz]	チャンネル番号	チャンネル番号	周波数 [MHz]	チャンネル番号	チャンネル番号
7571.375								
7571.500	NS-1		7580.625		NAF-19	7735.625		NAF-36
7571.625		NAF-1	7580.750	NS-38		7735.750	NS-72	
7571.750	NS-2		7581.000	NS-39		7736.000	NS-73	
7572.000	NS-3		7581.125		NAF-20	7736.125		NAF-37
7572.125		NAF-2	7581.250	NS-40		7736.250	NS-74	
7572.250	NS-4		7581.500	NS-41		7736.500	NS-75	
7572.500	NS-5		7581.625		NAF-21	7736.625		NAF-38
7572.625		NAF-3	7581.750	NS-42		7736.750	NS-76	
7572.750	NS-6		7582.000	NS-43		7737.000	NS-77	
7573.000	NS-7		7582.125		NAF-22	7737.125		NAF-39
7573.125		NAF-4	7582.250	NS-44		7737.250	NS-78	
7573.250	NS-8		7582.500	NS-45		7737.500	NS-79	
7573.500	NS-9		7582.625		NAF-23	7737.625		NAF-40
7573.625		NAF-5	7582.750	NS-46		7737.750	NS-80	
7573.750	NS-10		7583.000	NS-47		7738.000	NS-81	
7574.000	NS-11		7583.125		NAF-24	7738.125		NAF-41
7574.125		NAF-6	7583.250	NS-48		7738.250	NS-82	
7574.250	NS-12		7583.500	NS-49		7738.500	NS-83	
7574.500	NS-13		7583.625		NAF-25	7738.625		NAF-42
7574.625		NAF-7	7583.750	NS-50		7738.750	NS-84	
7574.750	NS-14		7584.000	NS-51		7739.000	NS-85	
7575.000	NS-15		7584.125		NAF-26	7739.125		NAF-43
7575.125		NAF-8	7584.250	NS-52		7739.250	NS-86	
7575.250	NS-16		7584.500	NS-53		7739.500	NS-87	
7575.500	NS-17		7584.625		NAF-27	7739.625		NAF-44
7575.625		NAF-9	7584.750	NS-54		7739.750	NS-88	
7575.750	NS-18					7740.000	NS-89	
7576.000	NS-19		7584.875			7740.125		NAF-45
7576.125		NAF-10				7740.250	NS-90	
7576.250	NS-20		7731.375			7740.500	NS-91	
7576.500	NS-21		7731.500	NS-55		7740.625		NAF-46
7576.625		NAF-11	7731.625		NAF-28	7740.750	NS-92	
7576.750	NS-22		7731.750	NS-56		7741.000	NS-93	
7577.000	NS-23		7732.000	NS-57		7741.125		NAF-47
7577.125		NAF-12	7732.125		NAF-29	7741.250	NS-94	
7577.250	NS-24		7732.250	NS-58		7741.500	NS-95	
7577.500	NS-25		7732.500	NS-59		7741.625		NAF-48
7577.625		NAF-13	7732.625		NAF-30	7741.750	NS-96	
7577.750	NS-26		7732.750	NS-60		7742.000	NS-97	
7578.000	NS-27		7733.000	NS-61		7742.125		NAF-49
7578.125		NAF-14	7733.125		NAF-31	7742.250	NS-98	
7578.250	NS-28		7733.250	NS-62				
7578.500	NS-29		7733.500	NS-63		7742.375		
7578.625		NAF-15	7733.625		NAF-32			
7578.750	NS-30		7733.750	NS-64				
7579.000	NS-31		7734.000	NS-65				
7579.125		NAF-16	7734.125		NAF-33			
7579.250	NS-32		7734.250	NS-66				
7579.500	NS-33		7734.500	NS-67				
7579.625		NAF-17	7734.625		NAF-34			
7579.750	NS-34		7734.750	NS-68				
7580.000	NS-35		7735.000	NS-69				
7580.125		NAF-18	7735.125		NAF-35			
7580.250	NS-36		7735.250	NS-70				
7580.500	NS-37		7735.500	NS-71				

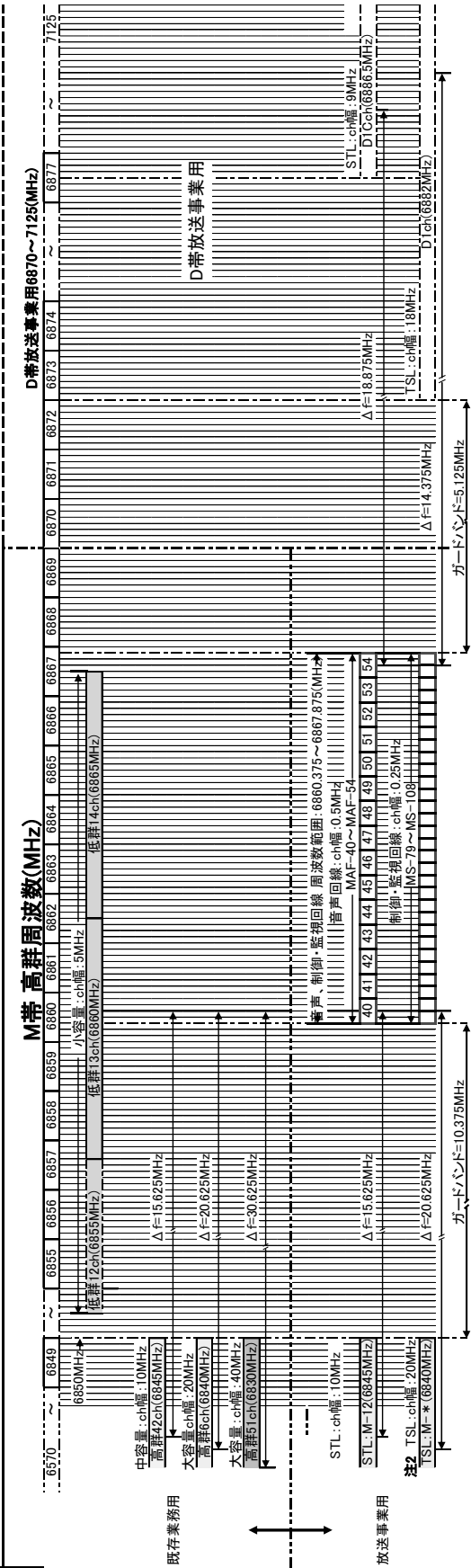
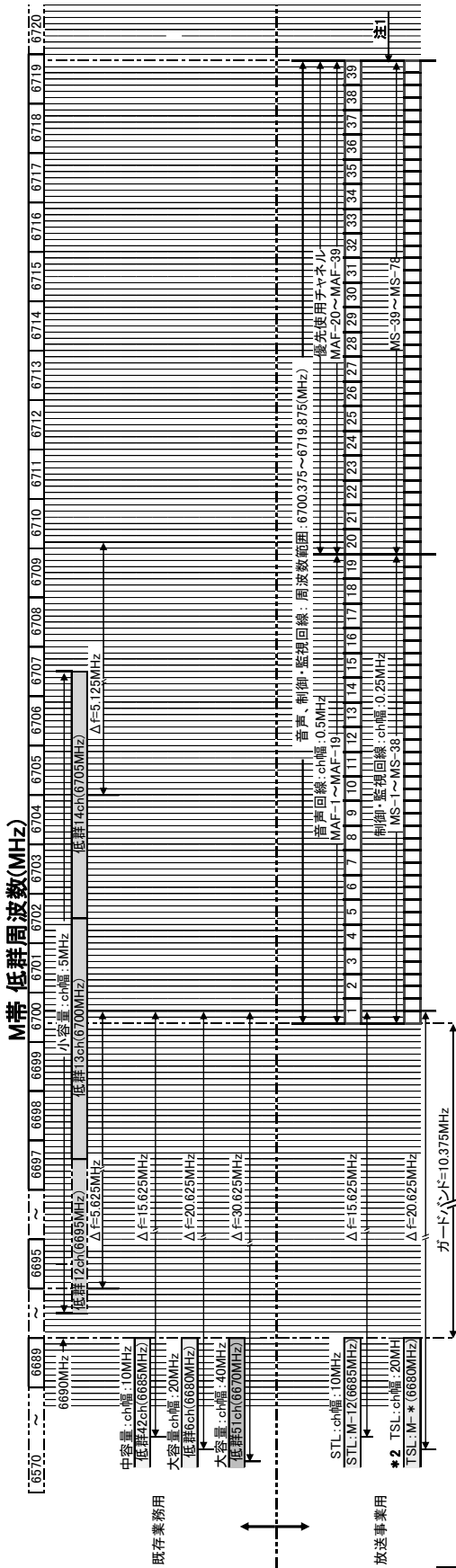
注1: NAF-**は、デジタル方式音声STL/TTL/TSLのチャンネル番号

注2: NS-*は、デジタル方式監視・制御用固定回線のチャンネル番号

N帯におけるデジタル方式音声STL/TTL/TSL及び
デジタル方式監視・制御用固定回線の周波数配置

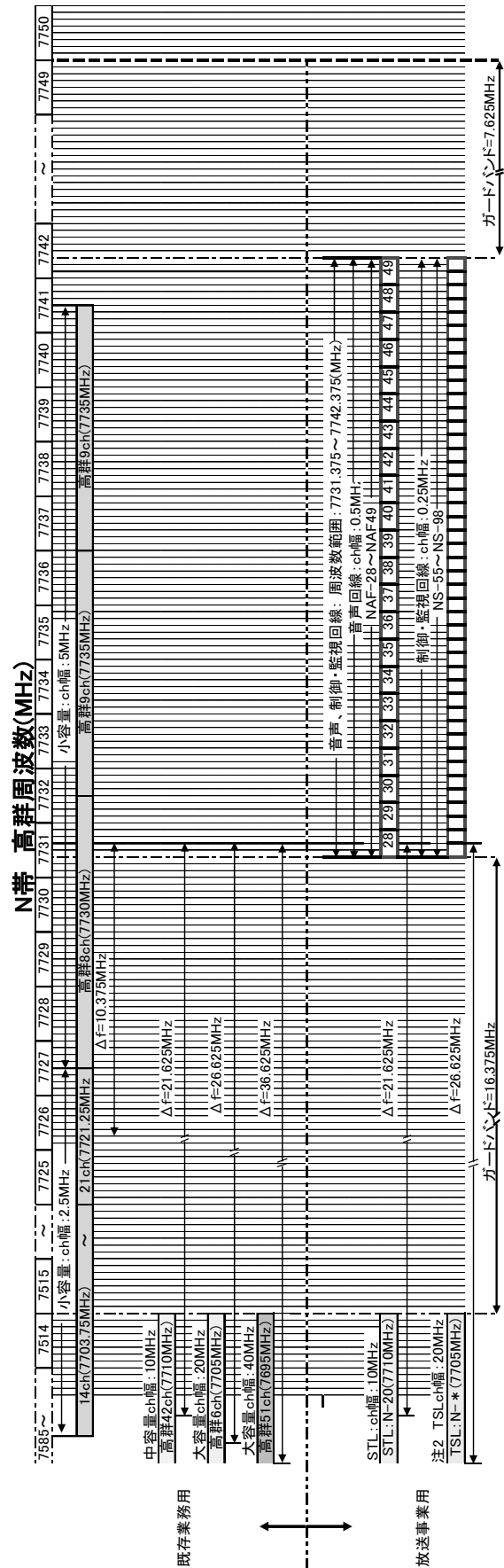
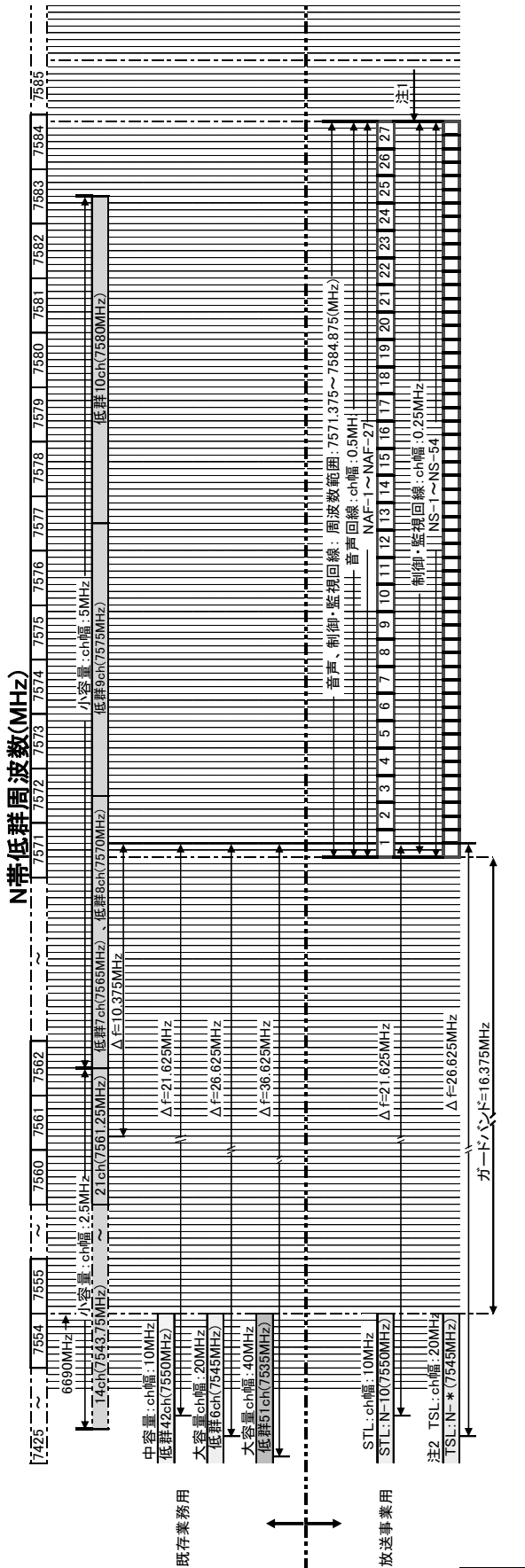


M帯のチャンネル配列全体図



注1 高群の既存業務用中容量31ch(6735MHz)/STL-M-1(6735MHz)と低群の音声・制御・監視回線のガードバンド周波数:10.125MHz。注4 Δf:各チャネル(ch)の中心周波数差を示す。
 注2 STLは新規設定。
 注3 (**MHz)はチャネル中心周波数を示す。

M帯 放送事業用と既存業務用の周波数配置図



注1 高群の既存業務用中容量31ch(7600MHz)/STL:M-13(7600MHz)と低群の音声、制御・監視回線の周波数間隔:10.125MHz。注4 Δf:各チャネル(ch)の中心周波数差を示す。
 注2 TSLは新規設定。
 注3 (***)MHz)はチャネル中心周波数を示す。

N帯放送事業用と既存業務用の周波数配置図

音声回線、監視・制御回線における全干渉波の総和に対する混信保護値

全干渉波の総和に対する混信保護値[C/Ia]は次式により求める。

$$[C/Ia] = -10 \times \log \left(\sum_{i=1}^m 10^{-(C/I_i)/10} + \sum_{j=1}^n 10^{-(C/I_j)/10} \right)$$

m: 同一経路の妨害波の数

C/I_i: 希望波と同一経路のI番目の妨害波による搬送波電力対干渉波受信電力比
[dB]

$$C/I_i = D/U_i + IRF_i$$

D/U_i: 希望波と同一経路のI番目の妨害波による希望波受信電力対妨害波受信電力比
[dB]

なお、妨害波の回折損失が認められる場合には、電波法関係審査基準の別紙1別図第23号及び別図第24号により求め加算する。

IRF_i: 希望波と同一経路のI番目の妨害波間の干渉軽減係数[dB]

n: 異経路の妨害波の数

C/I_j: 希望波と異経路のj番目の妨害波による搬送波電力対干渉波受信電力比[dB]

$$C/I_j = D/U_j + IRF_j$$

D/U_j: 希望波と異経路のj番目の妨害波による希望波受信電力対妨害波受信電力比
に所

要フェージングマージン(10GHz未満の場合)を差し引いた値[dB]

なお、妨害波の回折損失が認められる場合には、電波法関係審査基準の別紙1別図第23号及び別図第24号により求め加算する。

IRF_j: 希望波と異経路のj番目の妨害波間の干渉軽減係数[dB]

表 1 干渉軽減係数(IRF)各方式間の組合せ表(1/4)

希望波	妨害波		参照表番号
音声 STL/TTL(64QAM)	音声 STL/TTL(64QAM)		表 2
	音声 STL/TTL(4PSK)		
	監視・制御		
音声 STL/TTL(4PSK)	音声 STL/TTL(64QAM)		
	音声 STL/TTL(4PSK)		
	監視・制御		
監視・制御	音声 STL/TTL(64QAM)		
	音声 STL/TTL(4PSK)		
	監視・制御		
音声 STL/TTL(64QAM)	4PSK	6Mbps	表 3
音声 STL/TTL(4PSK)			
監視・制御			
音声 STL/TTL(64QAM)	4PSK	3Mbps	表 4
		13Mbps	
		19Mbps	
	16QAM	26Mbps	
		52Mbps	
	128QAM	52Mbps	
		104Mbps	
	64QAM	156Mbps	
	音声 STL/TTL(4PSK)	4PSK	
13Mbps			
19Mbps			
16QAM		26Mbps	
		52Mbps	
		52Mbps	

	128QAM	52Mbps	
		104Mbps	
	64QAM	156Mbps	
監視・制御	4PSK	3Mbps	
		13Mbps	
		19Mbps	
	16QAM	26Mbps	
		52Mbps	
	128QAM	52Mbps	
		104Mbps	
	64QAM	156Mbps	

表 1 干渉軽減係数(IRF)各方式間の組合せ表(2/4)

希望波	妨害波	参照表番号
音声 STL/TTL(64QAM)	デジタル TSL	表 5
音声 STL/TTL(4PSK)		
監視・制御		
音声 STL/TTL(64QAM)	デジタル STL TS 伝送	
音声 STL/TTL(4PSK)		
監視・制御		
音声 STL/TTL(64QAM)	デジタル STL IF 伝送 独立同期	
	デジタル STL IF 伝送 従属同期標準	
	デジタル STL IF 伝送 従属同期低雑音	
音声 STL/TTL(4PSK)	デジタル STL IF 伝送独立同期	
	デジタル STL IF 伝送 従属同期標準	
	デジタル STL IF 伝送 従属同期低雑音	
監視・制御	デジタル STL IF 伝送独立同期	
	デジタル STL IF 伝送 従属同期標準	
	デジタル STL IF 伝送 従属同期低雑音	

表 1 干渉軽減係数(IRF)各方式間の組合せ表(3/4)

希望波		妨害波	参照表番号		
4PSK	6Mbps	音声 STL/TTL(64QAM)	表 6		
		音声 STL/TTL(4PSK)			
		監視・制御			
4PSK	3Mbps	音声 STL/TTL(64QAM)	表 7		
	13Mbps				
	19Mbps				
16QAM	26Mbps				
	52Mbps				
128QAM	52Mbps				
	104Mbps				
64QAM	156Mbps				
4PSK	3Mbps			音声 STL/TTL(4PSK)	
	13Mbps				
	19Mbps				
16QAM	26Mbps				
	52Mbps				
128QAM	52Mbps				
	104Mbps				
64QAM	156Mbps				
4PSK	3Mbps	監視・制御			
	13Mbps				
	19Mbps				
16QAM	26Mbps				

	52Mbps		
128QAM	52Mbps		
	104Mbps		
64QAM	156Mbps		

表1 干渉軽減係数(IRF) 各方式間の組合せ表(4/4)

希望波	妨害波	参照表番号
デジタル TSL	音声 STL/TTL(64QAM)	表 8
	音声 STL/TTL(4PSK)	
	監視・制御	
デジタル STL TS 伝送	音声 STL/TTL(64QAM)	表 9
	音声 STL/TTL(4PSK)	
	監視・制御	
デジタル STL IF 伝送 独立同期	音声 STL/TTL(64QAM)	表 10
デジタル STL IF 伝送 従属同期標準		
デジタル STL IF 伝送 従属同期低雑音		
デジタル STL IF 伝送 独立同期	音声 STL/TTL(4PSK)	
デジタル STL IF 伝送 従属同期標準		
デジタル STL IF 伝送 従属同期低雑音		
デジタル STL IF 伝送 独立同期	監視・制御	
デジタル STL IF 伝送 従属同期標準		
デジタル STL IF 伝送 従属同期低雑音		

表 2 各変調方式との干渉軽減係数(IRF)

希望波	妨害波	IRF[dB]															
		周波数差[MHz]															
		0	0.125	0.375	0.5	0.625	0.875	1	1.125	1.375	1.5	1.625	1.875	2	2.125	2.375	2.5
音声 STL/TTL (64QAM)	音声STL/TTL (64QAM)	0	—	—	49	—	—	80	—	—	80	—	—	80	—	—	80
	音声STL/TTL (4PSK)	0	—	—	33	—	—	59	—	—	60	—	—	61	—	—	62
	監視制御	—	0	52	—	67	80	—	80	80	—	—	—	—	—	—	—
音声 STL/TTL (4PSK)	音声STL/TTL (64QAM)	0	—	—	38	—	—	65	—	—	80	—	—	80	—	—	—
	音声STL/TTL (4PSK)	0	—	—	42	—	—	60	—	—	62	—	—	63	—	—	63.5
	監視制御	—	0	34	—	43	60	—	78	80	—	80	80	—	—	—	—

希望波	妨害波	IRF[dB]															
		周波数差[MHz]															
		0	0.125	0.25	0.375	0.5	0.625	0.875	1	1.125	1.25	1.375	1.5	1.625	1.75	1.875	2
監視制御	音声STL/TTL (64QAM)	—	0	—	44	—	60	68	—	80	—	80	—	80	—	—	—
	音声STL/TTL (4PSK)	—	0	—	58	—	73	76	—	78	—	80	—	80	—	80	—
	監視制御	0	—	53	—	67	—	—	80	—	80	—	80	—	—	—	—

表 3 各変調方式との干渉軽減係数(IRF)

希望波	妨害波	IRF[dB]																	
		周波数差[MHz]																	
		0.125	0.625	1.125	1.625	2.125	2.625	3.125	3.625	4.125	4.625	5.125	5.625	6.125	6.625	7.125	7.625	8.125	
音声STL/TTL (64QAM)	4PSK	6Mbps	0	2	3	5	10	37	47	48	49	49	60	62	72	76	76	77	77
音声STL/TTL (4PSK)			1	2	4	9	13	36	48	49	50	51	60	63	75	76	76	77	77

希望波	妨害波	IRF[dB]																	
		周波数差[MHz]																	
		0	1	1.5	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4	4.25	4.5	4.75	5	5.25	
監視制御	4PSK	6Mbps	3	3	6	11	17	26	43	44	47	50	52	54	61	61	62	62	62

IRF[dB]		
周波数差[MHz]		
55	57.5	6
62	71	80

表 4 各変調方式との干渉軽減係数(IRF)

希望波	妨害波		IRF[dB]			
			周波数差[MHz]			
			10.375	15.375	20.375	30.625
音声 STL/TTL (64QAM)	4PSK	3Mbps	80	—	—	—
		13Mbps	—	80	—	—
		19Mbps	—	—	80	—
	16QAM	26Mbps	—	80	—	—
		52Mbps	—	—	80	—
	128QAM	52Mbps	—	80	—	—
		104Mbps	—	—	80	—
	64QAM	156Mbps	—	—	—	65

希望波	妨害波		IRF[dB]			
			周波数差[MHz]			
			10.375	15.375	20.375	30.625
音声 STL/TTL (4PSK)	4PSK	3Mbps	80	—	—	—
		13Mbps	—	80	—	—
		19Mbps	—	—	80	—
	16QAM	26Mbps	—	80	—	—
		52Mbps	—	—	80	—
	128QAM	52Mbps	—	80	—	—
		104Mbps	—	—	80	—
	64QAM	156Mbps	—	—	—	70

希望波	妨害波		IRF[dB]			
			周波数差[MHz]			
			10.375	15.25	20.25	30.5
監視・制御	4PSK	3Mbps	80	—	—	—
		13Mbps	—	80	—	—
		19Mbps	—	—	80	—
	16QAM	26Mbps	—	80	—	—
		52Mbps	—	—	80	—
	128QAM	52Mbps	—	80	—	—
		104Mbps	—	—	80	—
	64QAM	156Mbps	—	—	—	68

表 5 各変調方式との干渉軽減係数(IRF)

希望波	妨害波	IRF[dB]															
		周波差[MHz] (※1)															
		1435	1485	1535	1585	1635	1685	1735	1785	1835	1885	1935	1985	2035	2085	2135	2185
音声SIL/TTL (64QAM)	デジタルISL	43	46	48	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	70	71	74
音声SIL/TTL (4PSK)		55	59	61	64	66	68	70	72	74	76	78	80	80	80	80	80

(※1)デジタルISL D1ch → MF-54chから低いチャネルへ

希望波	妨害波	IRF[dB]				
		周波差[MHz] (※2)				
		20625	21125	21625	22125	22625
音声SIL/TTL (64QAM)	デジタルISL	70	72	74	76	78
音声SIL/TTL (4PSK)		80	80	80	80	80

(※2)デジタルISL M11/M12ch → MF-1ch ~

希望波	妨害波	IRF[dB]															
		周波差[MHz] (※3)															
		1425	145	1475	15	1525	155	1575	16	1625	165	1675	17	1725	175	1775	18
監視制御	デジタルISL	48	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63

希望波	妨害波	IRF[dB]															
		周波差[MHz] (※3)															
		1825	185	1875	19	1925	195	1975	20	2025	205	2075	21	2125	215	2175	22
		64	65	66	67	68	69	70	71	72	72	73	74	75	76	77	78

(※3)周波差1425MHzからはデジタルISL D1ch → MF-54chから低いチャネルへ

周波差205MHzからはデジタルISL M11/M12ch → MS-1ch ~

表 6 各変調方式との干渉軽減係数(IRF)

希望波	妨害波	IRF[dB]												
		周波数差[MHz]												
		9.875	10.375	10.875	11.375	11.875	12.375	12.875	15.625	13.375	13.875	14.375	14.875	15.375
音声 STL/TTL (64QAM)	デジタル STL TS 伝送	65	66	66	66	67	68	70	72	74	76	78	79	80
音声 STL/TTL (4PSK)		78	79	79	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80

希望波	妨害波	IRF[dB]															
		周波数差[MHz]															
		9.75	100	1025	105	1075	110	1125	115	1175	120	1225	125	1275	130	1325	135
監視・制御	デジタル STL TS 伝送	68	68	68	69	69	69	69	70	71	71	72	72	73	74	75	76

表 7 各変調方式との干渉軽減係数(IRF)

希望波		妨害波	IRF[dB]			
			周波数差[MHz]			
			10.375	15.375	20.375	30.625
4PSK	3Mbps	音声 STL/TTL (64QAM)	80	—	—	—
	13Mbps		—	80	—	—
	19Mbps		—	—	80	—
16QAM	26Mbps		—	80	—	—
	52Mbps		—	—	80	—
128QAM	52Mbps		—	80	—	—
	104Mbps		—	—	80	—
64QAM	156Mbps		—	—	—	50

希望波		妨害波	IRF[dB]			
			周波数差[MHz]			
			10.375	15.375	20.375	30.625
4PSK	3Mbps	音声 STL/TTL (4PSK)	80	—	—	—
	13Mbps		—	80	—	—
	19Mbps		—	—	80	—
16QAM	26Mbps		—	80	—	—
	52Mbps		—	—	80	—
128QAM	52Mbps		—	80	—	—
	104Mbps		—	—	80	—
64QAM	156Mbps		—	—	—	50

希望波		妨害波	IRF[dB]			
			周波数差[MHz]			
			10.375	15.25	20.25	30.5
4PSK	3Mbps	監視・制御	80	—	—	—
	13Mbps		—	80	—	—
	19Mbps		—	—	80	—
16QAM	26Mbps		—	80	—	—
	52Mbps		—	—	80	—
128QAM	52Mbps		—	80	—	—
	104Mbps		—	—	80	—
64QAM	156Mbps		—	—	—	50

表 8 各変調方式との干渉軽減係数(IRF)

希望波	妨害波	IRF[dB]										
		周波数差[MHz]										
		9.875	10.375	10.875	11.375	11.875	12.375	12.875	13.375	13.875	14.375	14.875
デジタルSTL TS伝送	音声STL/TTL (64QAM)	61	64	66	68	70	72	74	76	77	79	80
	音声STL/TTL (4PSK)	61	64	66	68	70	72	74	76	77	79	80

希望波	妨害波	IRF[dB]																
		周波数差[MHz]																
		9.75	10.0	10.25	10.5	10.75	11.0	11.25	11.5	11.75	12.0	12.25	12.5	12.75	13.0	14.0	14.5	15
デジタルSTL TS伝送	監視制御	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	78	80	80

表 9 各変調方式との干渉軽減係数(IRF)

希望波	妨害波	IRF[dB]	
		周波数差 [MHz]	
		14.25	14.375
デジタル TSL	音声 STL/TTL (64QAM)	—	80
	音声 STL/TTL (4PSK)	—	80
	監視・制御	80	—

表 10 各変調方式との干渉軽減係数(IRF)

希望波	妨害波	IRF[dB]														
		周波数MHz														
		8375	8875	9375	9875	10375	10875	11375	11875	12375	12875	13375	13875	14375	14875	15375
デジタルSTL IF伝送 独立同期	音声STL/TTL (64QAM)	43	47	50	52	55	57	59	61	63	65	67	68	70	71	72

希望波	妨害波	IRF[dB]														
		周波数MHz														
		9875	10375	10875	11375	11875	12375	12875	13375	13875	14375	14875	15375	15875	16375	16875
デジタルSTL IF伝送 従属同期標準	音声STL/TTL (64QAM)	52	55	57	59	61	63	65	67	68	70	71	72	73	74	75
デジタルSTL IF伝送 従属同期誤差	音声STL/TTL (64QAM)	52	55	57	59	61	63	65	67	68	70	71	72	73	74	75

希望波	妨害波	IRF[dB]														
		周波数MHz														
		8375	8875	9375	9875	10375	10875	11375	11875	12375	12875	13375	13875	14375	14875	15375
デジタルSTL IF伝送 独立同期	音声STL/TTL (4PSK)	44	47	50	52	55	57	59	61	63	65	67	68	70	71	72

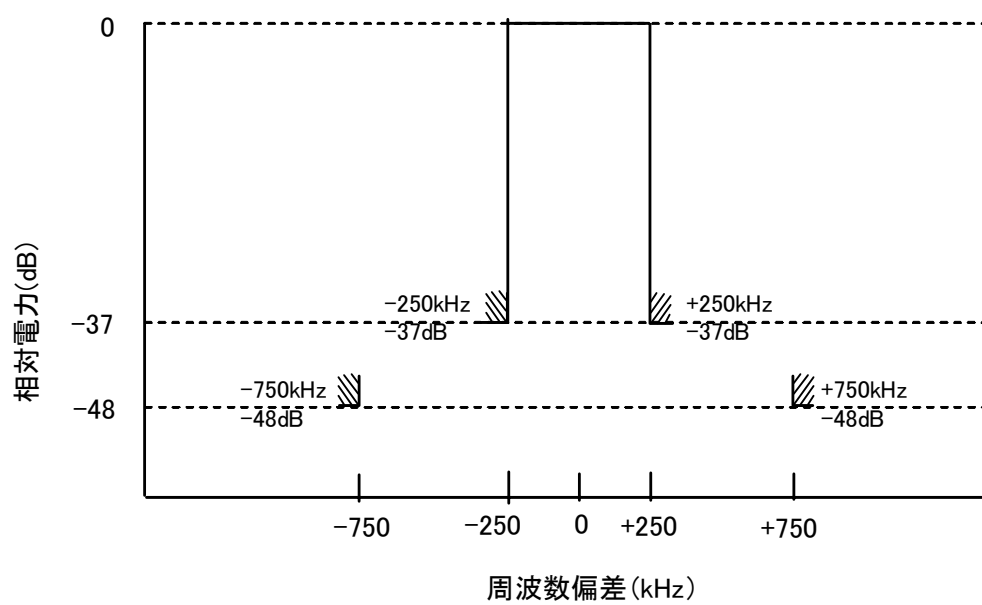
希望波	妨害波	IRF[dB]														
		周波数MHz														
		9875	10375	10875	11375	11875	12375	12875	13375	13875	14375	14875	15375	15875	16375	16875
デジタルSTL IF伝送 従属同期標準	音声STL/TTL (4PSK)	52	55	57	59	61	63	65	67	68	70	71	72	73	74	75
デジタルSTL IF伝送 従属同期誤差	音声STL/TTL (4PSK)	52	55	57	59	61	63	65	67	68	70	71	73	74	75	76

希望波	妨害波	IRF[dB]															
		周波数差MHz															
		8.25	8.5	8.75	9	9.25	9.5	9.75	10	10.25	10.5	10.75	11	11.25	11.5	11.75	12
デジタルSTL IF伝送 独立同期	監視制御	41	43	44	46	47	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59

IRF[dB]													
周波数差MHz													
12.25	12.75	13	13.25	13.5	13.75	14	14.25	14.5	14.75	15	15.25	15.5	15.75
60	61	63	64	64	65	66	66	67	68	69	70	71	71

希望波	妨害波	IRF[dB]															
		周波数差MHz															
		9.75	10	10.25	10.5	10.75	11	11.25	11.5	11.75	12	12.25	12.5	12.75	13	13.25	13.5
デジタルSTL IF伝送 従属同期標準	監視制御	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	63	64
デジタルSTL IF伝送 従属同期改善		50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	63	64

IRF[dB]													
周波数差MHz													
13.75	14	14.25	14.5	14.75	15	15.25	15.5	15.75	16	16.25	16.5	16.75	17
65	66	67	67	68	69	69	70	70	70	71	71	71	71
65	66	67	67	68	69	69	70	70	70	71	71	71	71



送信電カスペクトル特性

目標回線品質を満足するための所要フェージングマージン(Fmr)及び回線瞬断率規格を満足するための所要フェージングマージン(Fms)の算出方法

1 M・N 帯の音声・制御・監視回線及び TSL の所要フェージングマージン(Fmr 及び Fms)の算出方法(無給電中継方式を使用する区間を除く)は以下のとおりとする。

(1)4PSK 方式の場合

ア 単一受信時

$$Fmr = 10\log\left(\frac{k \cdot PR}{Pir \cdot d}\right) \quad , \quad Fms = 10\log\left(\frac{k \cdot PR}{Pis \cdot d}\right)$$

イ SD 受信時

$$Fmr = 10\log\left(\frac{k \cdot PR}{Pir \cdot d \cdot A}\right) \quad , \quad Fms = 10\log\left(\frac{k \cdot PR}{Pis \cdot d \cdot A}\right)$$

ただし、Fmr(又はFms)<5dBの場合は、Fmr(又はFms)=5dBとする。

ここで、

k :年変動による増加係数で2とする。

PR :レーレーフェージング発生確率であり3.1項により求める。

Pir :目標回線瞬断率で、次式により求める。

$$\text{音声回線} : 4 \times 10^{-7} (1/Km)$$

Pis :回線瞬断率規格で、次式により求める。

$$\text{音声回線} : 4 \times 10^{-7} (1/Km)$$

d :実伝送距離(km)

A :SD による改善率であり、次式に示したフェージングマージン(Fm)及びスペース相関係数(ρ)により、別図第46号から求める。

$$Fm = Pr - Prni - C/Ntho$$

Pr :平常時受信入力(dBm)

Prni :受信機の熱雑音電力(dBm)

C/Ntho:熱雑音に対するC/N値(dB)

$$\rho = \exp\left(-0.0021 \cdot \Delta h \cdot f \cdot \sqrt{0.4 \cdot d + s^2 \cdot 10^4 \cdot \gamma^2 / (1 + \gamma^2)^2}\right)$$

ただし、 $\rho < 0.5$ の場合には、 $\rho = 0.5$ とする。

Δh : アンテナ間隔 (m)

f : 周波数 (GHz) (3.1 項の表 1 参照)

γ : 実効反射係数

$$\gamma = 10^{-(D/Ur)/20}$$

s : 直接波と反射波の路程差 (m)

ただし、単一方式で D/Ur (実効減衰量で、5.1 項の表 7 に掲げる点における反射減衰量に送受アンテナの指向性減衰量及びリッジ損を加えたもの) が 20dB 以下のときには、Pr 及び D/Ur により別図第 49 号から求める等価レーレーフェージング発生確率 (Pre) を用いること。

(2) 64QAM 方式、32QAM 方式及び 16QAM 方式の場合

ア 単一受信時

$$F_{mr} = 10 \log\left(\frac{\alpha \text{MAIN} \cdot (\text{PR} - \text{Pa}) + \beta a \cdot \text{Pa}}{\text{Pir} \cdot d - \text{Pd} \cdot \text{PR}}\right) - \eta$$

$$F_{ms} = 10 \log\left(\frac{\alpha \text{MAIN} \cdot (\text{PR} - \text{Pa}) + \beta a \cdot \text{Pa}}{\text{Pis} \cdot d - \text{Pd} \cdot \text{PR}}\right) - \eta$$

イ SD 受信時

$$F_{mr} = 5 \log\left(\frac{\alpha \text{SD} \cdot (\text{PR} - \text{Pa}) + \beta a^2 \cdot \text{Pa}}{(\sqrt{\text{Pir} \cdot d} - \sqrt{\text{Pd} \cdot \text{PR}})^2 \cdot (1 - \rho)}\right) - \eta - A$$

$$F_{ms} = 5 \log\left(\frac{\alpha \text{SD} \cdot (\text{PR} - \text{Pa}) + \beta a^2 \cdot \text{Pa}}{(\sqrt{\text{Pis} \cdot d} - \sqrt{\text{Pd} \cdot \text{PR}})^2 \cdot (1 - \rho)}\right) - \eta - A$$

ただし、 F_{mr} (又は F_{ms}) $< 5.6\text{dB}$ の場合は、 F_{mr} (又は F_{ms}) $= 5.6\text{dB}$

ここで、

Pa : 減衰性フェージング発生確率。

3.2 項により求める。

P_d : 波形歪みによる瞬断率。

4 項により求める。

α_{MAIN} : 単一受信時のフェージングの長周期変動による増加係数。

5.1 項により求める。

α_{SD} : SD受信時のフェージングの長周期変動による増加係数。

5.1 項により求める。

β_a : 減衰性フェージング発生時の中央値低下。

5.2 項により求める。

ρ : SDアンテナ空間相関係数。

6 項により求める。

η : 広帯域受信電力フェード量減少係数。

7 項により求める。

A : SD受信時改善量(dB)。A=1とする。

PR : レーレーフェージング発生確率であり 3.1 項により求める。

P_{ir} : 目標回線瞬断率

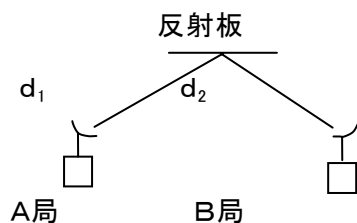
音声・監視・制御回線 : 4×10^{-7} (1/Km)

TSL : 1×10^{-6} (1/Km)

d : 実伝送距離

2 目標回線品質を満足するための所要フェージングマージン(F_{mr})及び回線瞬断率規格を満足するための所要フェージングマージン(F_{ms}) (無給電中継方式を使用する区間に限る。)の算出方法は以下のとおりとする。

なお、方式は1箇所反射板を用いる中継方式とし、単一受信時とする。



d_1 : A局及び反射板間の距離

d_2 : 反射板及びB局間の距離

(7) 4PSK 方式の場合

$$F_{mr} = 10 \log \left(\frac{k(PR_1 + PR_2)}{P_{ir} \cdot d} \right) \quad F_{mr} = 10 \log \left(\frac{k(PR_1 + PR_2)}{P_{is} \cdot d} \right)$$

(1) 16QAM 方式及び 64QAM 方式

$$F_{mr} = 10 \log \left(\frac{\alpha MAIN_1 \cdot (PR_1 - Pa_1) + \beta a_1 \cdot Pa_1}{(P_{ir} \cdot d - Pd_1 \cdot PR_1) \cdot 10^{\eta_1/10}} + \frac{\alpha MAIN_2 \cdot (PR_2 - Pa_2) + \beta a_2 \cdot Pa_2}{(P_{ir} \cdot d - Pd_2 \cdot PR_2) \cdot 10^{\eta_2/10}} \right)$$

$$F_{mr} = 10 \log \left(\frac{\alpha MAIN_1 \cdot (PR_1 - Pa_1) + \beta a_1 \cdot Pa_1}{(P_{is} \cdot d - Pd_1 \cdot PR_1) \cdot 10^{\eta_1/10}} + \frac{\alpha MAIN_2 \cdot (PR_2 - Pa_2) + \beta a_2 \cdot Pa_2}{(P_{is} \cdot d - Pd_2 \cdot PR_2) \cdot 10^{\eta_2/10}} \right)$$

3 フェージング発生確率の算出方法

3.1 レーレーフェージング発生確率 (PR) の算出方法は以下のとおりとする。

$$PR = Q \cdot (f/4)^{1.2} \cdot d^{3.5}$$

d: 実伝送距離 [km]

f: 周波数 [GHz] 表1による。

表 1 周波数

周波数帯 [GHz]	6.57~6.87	7.425~7.75
f	6.7	7.6

Q: 伝搬路係数

表 2 に示す。

表 2 伝搬路係数

伝搬路種別	平均伝搬路高 h[m]	Q
平野	$h \geq 100$	5.1×10^{-9}
	$h < 100$	$2.35 \times 10^{-8} \times (1/h)^{(1/3)}$
山岳	—	2.1×10^{-9}
海	$h \geq 100$	$3.7 \times 10^{-7} / \sqrt{h}$
	$h < 100$	$3.7 \times 10^{-6} / h$

$$h = (h_1 + h_2) / 2 - h_m$$

h_1 、 h_2 : 両局の空中線の海拔高[m]

h_m : 平均地表高[m]。ただし、伝搬路が海上の場合は 0 とする。

なお、上表の伝搬路種別の分類は表 3 のとおりとする。

表 3 伝搬路種別の分類

分類	伝搬路
山岳	山岳地帯が大部分を占めている場合
平野	1 平野が大部分を占めている場合
	2 山岳地帯であるが、湾や入り江があつて海岸（水際より 10km 程度までを含む。）又は海上が含まれる場合
海	1 海上
	2 海岸（水際より 10km 程度までを含む。）で平野

3.2 減衰性フェージング発生確率 (P_a) の算出方法は以下のとおりとする。

$$P_a = \frac{Q_t}{2} \cdot \exp\left(\frac{-2\sqrt{3} \cdot (2000 \Delta\Delta H / d^2 + 157 + \Delta N)}{15\sigma_5\sigma}\right)$$

ΔH : 送受信空中線高の高低差

$$\Delta H = |h_1 - h_2|$$

ΔN 、 $\sigma \Delta N$: 大気屈折率傾斜度の平均値及び標準偏差

表 4 のとおりとする。

表 4 大気屈折率傾斜度の平均値及び標準偏差

区 域	北海道	東 北	本 州 (東北を除く。)	四国・九州	沖 縄
ΔN	-44.2	-52.5	-53.5	-53.5	-49.4
σ ΔN	12.8	13.0	13.5	13.9	14.5

Qt : 伝搬路係数

表 5 のとおりとする。

表 5 伝搬路係数

伝搬路種別	平 野	山 岳	海 上
Qt	0.4	0.16	1

ただし、 $P_a > 0.6 \cdot P_R$ のとき、 $P_a = 0.6 \cdot P_R$ とする。

4. 波形歪による瞬断率 (Pd) の算出方法

波形歪による瞬断率 (Pd) の算出方法は以下のとおりとする。

$$\text{(単一受信時)} \quad P_d = \frac{(P_R - P_a)u_i + P_a u_a}{P_R}$$

$$\text{(SD 受信時)} \quad P_d = \frac{(P_R - P_a)U_i + P_a U_a}{P_E}$$

P_R : レーレーフェージング発生確率であり 3.1 項により求める。

P_a : 減衰性フェージング発生確率であり 3.2 項により求める。

$$\text{ここで、} u_x = \frac{1-z}{\sqrt{(1+z)^2 - 4 \cdot \Delta f_x \cdot z}}$$

$$U_x = (3/2)u_x^2 - (1/2)u_x^3$$

ただし、添字 x は i 又 a を指す。

$\rho \Delta f_i$: 通常フェージング時のクロック周波数 [MHz] 離れの周波数相関係数

$\rho \Delta f_a$: 減衰性フェージング時のクロック周波数 [MHz] 離れの周波数相関係数

z : 波形歪による瞬断率 (Pd) の算出方法

表 6 のとおりとする。

表 6 波形歪による瞬断率(Pd)の算出方法

符号誤り率	自動等化器なし	自動等化器付き
1×10^{-4}	2.75	5.37

注：括弧内は、64QAM を用いた方式の場合の値

ただし、表に掲げるもの以外の場合は別途資料の提出による。

なお、通常フェージングとは、レーレーフェージングのうち、以下の減衰性フェージング以外のものをいう。

減衰性フェージングとは、大気屈折率の逆転層(ダクト)の発生により直接波が受信アンテナに到達しないような屈折率分布となって、受信レベルが連続的に大幅に低下するフェージングをいう。

5 レーレーフェージングの長周期変動による増加係数(α)及び減衰性フェージング発生時の中央値低下(β_a)の算出方法

5.1 レーレーフェージングの長周期変動による増加係数(α)の算出方法は以下のとおりとする。

$$(\text{単一受信時}) \quad \alpha_{\text{MAIN}} = 10^{(-0.0228 + 0.0427\sigma - 0.00181\sigma^2 + 0.00467\sigma^3)}$$

$$(\text{SD受信時}) \quad \alpha_{\text{SD}} = 10^{(-0.105 + 0.341\sigma - 0.201\sigma^2 + 0.0648\sigma^3)}$$

ただし、 $\alpha > 20$ の場合は $\alpha = 20$ 、 $\alpha < 1$ の場合 $\alpha = 1$ とする。

ここで、 $\gamma \geq 0.2$ の場合 $\sigma_0 = \sigma_1$

$\gamma < 0.2$ の場合 $\sigma_0 = \sigma$

$$\sigma_1 = 10^{[0.7457 - 0.7279 \log \sigma + 0.1956 (\log \sigma)^2 - 0.06496 (\log \sigma)^3]}$$

$$\sigma_2 = 10^{[1.289 - 1.965 \log \sigma + 0.1302 (\log \sigma)^2 + 0.2532 (\log \sigma)^3]} \cdot (1 + \gamma^2)^2 / (1 + 0.4 \gamma^2 + \gamma^4)$$

γ : 実効反射係数

$$\gamma = 10^{-D/Ur/20}$$

ここで、 D/Ur : 実効反射減衰量 [dB]

表 7 の反射減衰量にアンテナ指向減衰量及びリッジ損失を加えた値とする。

表 7 反射面の分類による反射減衰量

反 射 面	水 面	水 田	畑、乾田	都市、森林、山岳
反射減衰量	0	2	6	14

なお、実効反射減衰量の算出は、すべて平面大地として計算する。

σ : 中央値変動の標準偏差 [dB]

$$\sigma = 0.75 \cdot Q' \cdot (f/4)^{0.3} \cdot d^{0.9}$$

f : 周波数 [GHz] (3項参照)

d : 実伝送距離 [km]

Q : 伝搬路係数

表 8 伝搬路係数(Q')

伝搬路種別(注)	平均伝搬路高 h[m](注)	Q'
平 野	≥ 100	0.0591
	< 100	$0.087 \times (1/h)^{0.085}$
山 岳	—	0.0471
海	≥ 100	$0.177 \times (1/h)^{0.13}$
	< 100	$0.32 \times (1 \times h)^{0.26}$

注: 伝搬路種別及び h については、3.1 項参照。

5. 2 減衰性フェージング発生時の中央値低下 (βa) の算出方法は以下のとおりとする。

$$(4\sigma > D/U_r \text{ の場合}) : \beta a = 1/\gamma^2$$

$$(4\sigma \leq D/U_r \text{ の場合}) : \beta a = 10^{2\sigma/5}$$

ただし、 $\beta a < \alpha \text{ MAIN}$ の場合、 $\beta a = \alpha \text{ MAIN}$

$$\beta a^2 < \alpha \text{ SD} \text{ の場合、} \beta a^2 = \alpha \text{ SD}$$

とする。

6 SD アンテナ空間相関係数(ρ)の算出方法

SD アンテナ空間相関係数(ρ)の算出方法は以下のとおりとする。

($\gamma \geq 0.5$ の場合) : $\rho = \rho 1$

($0.5 > \gamma \geq 0.2$ の場合) : $\rho = \frac{\gamma - 0.2}{0.3} \cdot \rho 1 + \frac{0.5 - \gamma}{0.3} \cdot \rho 2$

($\gamma < 0.2$ の場合) : $\rho = \rho 2$

$$\rho 1 = \frac{1 + \Gamma^2 + \Gamma \cos\left(\frac{4\pi \Delta h \cdot H\gamma}{1000 \cdot \lambda \cdot d}\right) \exp\left\{-\frac{1}{2} \left(\frac{2\pi \Delta h \cdot d l^2 \cdot \rho \Delta N}{\lambda \cdot d \cdot \sqrt{h_0 \gamma}}\right)^2 \cdot 10^{-9}\right\}}{1 + \Gamma + \Gamma^2}$$

$$\Gamma = \gamma^2 \cdot 10^{\sigma/10} + 0.0172 \gamma^{0.804} \cdot 10^{0.0402 \sigma}$$

$$\rho 2 = \exp\left\{-0.0021 \cdot \Delta h \cdot f \cdot \sqrt{0.4 \cdot d + s^2 \cdot 10^4 \cdot \gamma^2 / (1 + \gamma^2)^2}\right\}$$

ここで、

Δh	: アンテナ間隔	[m]	
$h_0 \gamma$: 反射点からの両空中線高のうち高い方の値	[m]	
$h_1 \gamma$: 送信空中線の反射点からの高さ	[m]	
f	: 周波数	[GHz]	表 1 参照
λ	: 波長	[m]	
d	: 伝送路長	[km]	
$d l$: 送信点反射点間距離	[km]	
$\sigma \Delta N$: 大気屈折率傾斜度の標準偏差		表 4 参照
σ	: 中央値変動の標準偏差	[dB]	5.1 項参照
γ	: 実効反射係数		5.1 項参照
s	: 直接波と反射波の路程差	[m]	
	$s = 0.3 \times \tau$		
τ	: 直接波と反射波の伝搬時間差	[ns]	

ただし、実効反射減衰量 $D/U_r \geq 30\text{dB}$ の場合は、 $\tau = 0$ とする。

D/U_r の算出については、5.1 項参照。

なお、伝搬路時間差の算出についても、平面大地により行う。

ただし、 $\rho < 0.4$ のとき $\rho = 0.4$ とする。

7 広帯域受信電力フェード量減少係数(η)の算出方法

広帯域受信電力フェード量減少係数(η)の算出方法は以下のとおりとする。

$$\eta = A0(\nu) + A1(\nu) \cdot \log Ps + A2(\nu) \cdot (\log Ps)^2$$

$$A0(\nu) = -48.17 + 160.48\nu - 185.5\nu^2 + 88.1\nu^3 - 14.92\nu^4$$

$$A1(\nu) = -53.22 + 166.8\nu - 186.54\nu^2 + 87.85\nu^3 - 14.92\nu^4$$

$$A2(\nu) = -17.95 + 49.06\nu - 49.84\nu^2 + 22.45\nu^3 - 3.73\nu^4$$

$$\nu = 1.76 + 0.239 \cdot \log(1 - \rho \Delta f) + 0.012 \cdot \{\log(1 - \rho \Delta f)\}^2$$

$\rho \Delta f$: 通常フェージング時のクロック周波数 [MHz] 離れの周波数相関係数

$\rho \Delta f$: 通常フェージング時のクロック周波数 [MHz] 離れの周波数相関係数

ただし、64QAM を用いた方式の場合は

$$\nu = \frac{2.1 + 0.62 \log(1 - \rho \Delta f / 3) + 0.086 \{\log(1 - \rho \Delta f / 3)\}^2}{\rho \Delta f / 3}$$

$\rho \Delta f / 3$: 通常フェージング時の [クロック周波数 [MHz] / 3] 離れの周波数相関係数

P_s : (単一受信時) $P_s = \rho_0$

(SD 受信時) $P_s = \sqrt{(1 - \rho) \cdot \rho_0 / \alpha SD}$

ρ_0 : $\rho_0 = 5 \times 10^{-5} \cdot (d/D) / PR$

d : 実伝送距離 [km]

D : 全伝送区間の距離 [km]

PR : レーレーフェージング発生確率。3.1 項参照

αSD : 長周期変動による増加係数。5.1 項参照

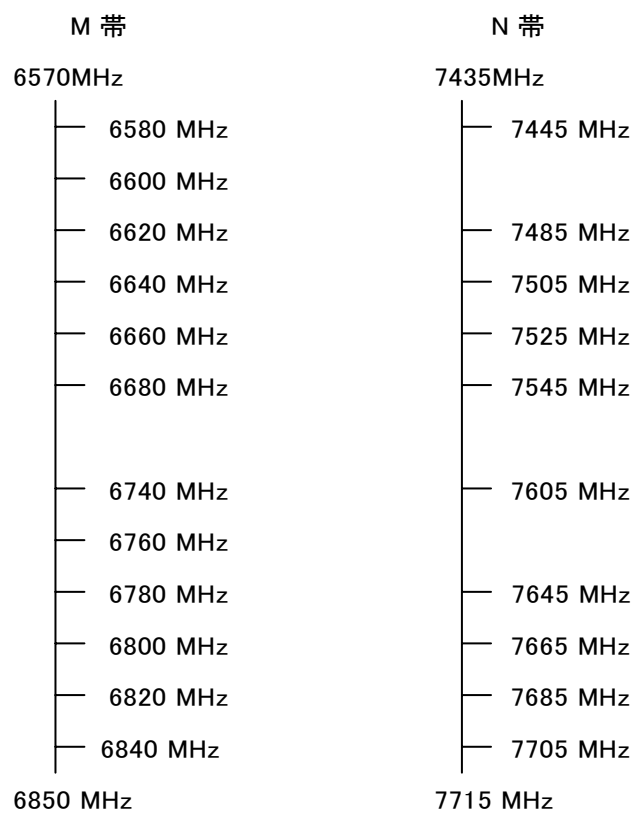
ρ : SD アンテナ相関係数。6 項参照

ただし、(単一受信時) $\eta > 5$ のとき $\eta = 5$

(SD 受信時) $\eta > 2$ のとき $\eta = 2$

また、 $\eta < 0$ のとき $\eta = 0$

とする。



M・N 帯におけるデジタル方式映像 TSL の周波数配置

映像TSLにおける全干渉波の総和に対する混信保護値

全干渉波の総和に対する混信保護値[C/Ia]は次式により求める。

$$[C/Ia] = -10 \times 1 \log \left[\sum_{i=1}^m 10^{-(C/I_i)/10} + \sum_{j=1}^n 10^{-(C/I_j)/10} \right]$$

m: 同一経路の妨害波の数

C/I_i: 希望波と同一経路の i 番目の妨害波による搬送波電力対干渉波受信電力比[dB]

$$C/I_i = D/U_i + IRF_i$$

D/U_i: 希望波と同一経路の i 番目の妨害波による希望波受信電力対妨害波受信電力比[dB]

なお、妨害波の回折損失が認められる場合には、電波法関係審査基準の別紙1別図第23号及び別図第24号により求め加算する。

IRF_i: 希望波と同一経路の i 番目の妨害波間の干渉軽減係数[dB]

n: 異経路の妨害波の数

C/I_j: 希望波と異経路の j 番目の妨害波による搬送波電力対干渉波受信電力比[dB]

$$C/I_j = D/U_j + IRF_j$$

D/U_j: 希望波と異経路の j 番目の妨害波による希望波受信電力対妨害波受信電力比に所要フェージングマージンを加えた値[dB]

IRF_j: 希望波と異経路の j 番目の妨害波間の干渉軽減係数[dB]

なお、妨害波の回折損失が認められる場合には、電波法関係審査基準の別紙1別図第23号及び別図第24号により求め加算する。

表 1 M・N 帯における映像 TSL の各変調方式との IRF(1/3)

希望波	妨害波	IRF[dB]																				
		周波数差[MHz]																				
		0	1.25	3.75	6.25	8.75	11.25	13.75	15	16.25	18.75	20	21.25	23.75	25	26.25	28.75	30	31.25	35	40	
4PSK	1.5Mbps	デジタルTSL	10	10	10	10	20	40	50	-	59	69	-	80	80	-	80	80	-	80	-	-
	3Mbps		5	5	5	5	15	43	50	-	57	62	-	69	80	-	80	80	-	80	-	-
	6Mbps		-	-	-	-	-	-	-	45	-	-	60	-	-	65	-	-	80	-	80	80
デジタルTSL	1.5Mbps	4PSK	-5	-5	-5	-5	7	40	41	-	43	45	-	46	47	-	48	48	-	49	-	-
	3Mbps		-3	-3	-3	-3	10	35	41	-	45	50	-	53	57	-	59	62	-	65	-	-
	6Mbps		-	-	-	-	-	-	-	42	-	-	55	-	-	60	-	-	70	-	74	80

表 1 M・N 帯における映像 TSL の各変調方式との IRF(2/3)

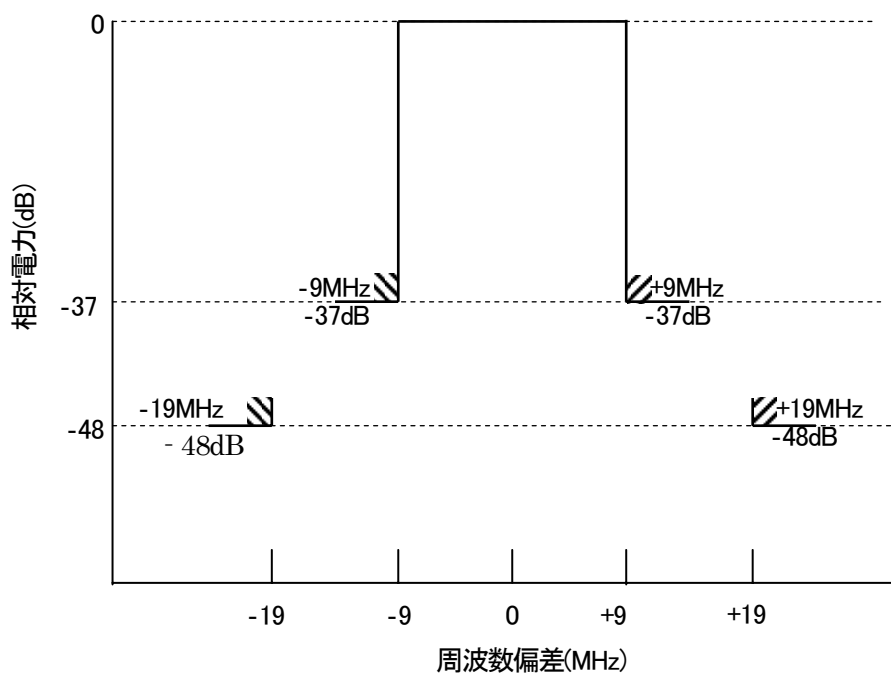
希望波	妨害波	IRF[dB]																				
		周波数差[MHz]																				
		0	5	10	14.5	15	18	19	20	23.5	25	30	32.5	34.5	35	36	37	37.5	40	41.5	43.5	45
デジタルTSL	デジタルTSL	0	-	-	-	-	45	50	51	-	-	-	-	-	-	80	80	-	80	-	-	
TS伝送STL/TTL		-	0	-	30	31	-	-	-	52	55	-	39	70	70	-	-	72	-	75	77	80
4PSK		13Mbps	-	1	-	-	30	-	-	-	60	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	80
		19Mbps	0	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-
16QAM		26Mbps	-	0	-	-	30	-	-	-	58	-	-	-	73	-	-	-	-	-	-	80
		32Mbps	0	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-
		39Mbps	0	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-
		52Mbps	0	-	-	-	-	-	-	42	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-
128QAM		52Mbps	-	0	-	-	30	-	-	-	60	-	-	-	80	-	-	-	-	-	-	80
		104Mbps	0	-	-	-	-	-	-	43	-	-	-	-	-	-	-	-	65	-	-	-
デジタルTSL	TS伝送STL/TTL	-	0	-	43	45	-	-	-	62	64	-	-	72	73	-	-	75	-	80	80	80
	4PSK	13Mbps	-	-1	-	-	25	-	-	-	55	-	-	-	66	-	-	-	-	-	-	80
		19Mbps	0	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-
	16QAM	26Mbps	-	0	-	-	20	-	-	-	56	-	-	-	65	-	-	-	-	-	-	80
		32Mbps	0	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-
		39Mbps	0	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-
		52Mbps	0	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-
	128QAM	52Mbps	-	0	-	-	22	-	-	-	58	-	-	-	70	-	-	-	-	-	-	80
104Mbps		0	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	80	-	-	-	

表 1 M・N 帯における映像 TSL の各変調方式との IRF(3/3)

希望波	妨害波	IRF[dB]		
		周波数差[MHz]		
		10	30	50
64QAM 156Mbps	デジタルTSL	0	40	60
デジタルTSL	64QAM 156Mbps	0	53	80

表 2 M 帯にデジタル TSL を配置した場合の IF 伝送 STL/TTL との IRF

希望波	妨害波	IRF[dB]						
		周波数差[MHz]						
		13	14.5	19	23.5	25	31	37.5
独立同期	デジタルTSL	30	-	50	-	70	80	-
従属同期標準		-	35	-	69	-	-	80
従属同期低雑音		-	5	-	35	-	-	80
デジタルTSL	独立同期	35	-	52	-	60	67	-
	従属同期標準	-	40	-	65	-	-	80
	従属同期低雑音	-	38	-	65	-	-	80



送信電カスペクトル特性

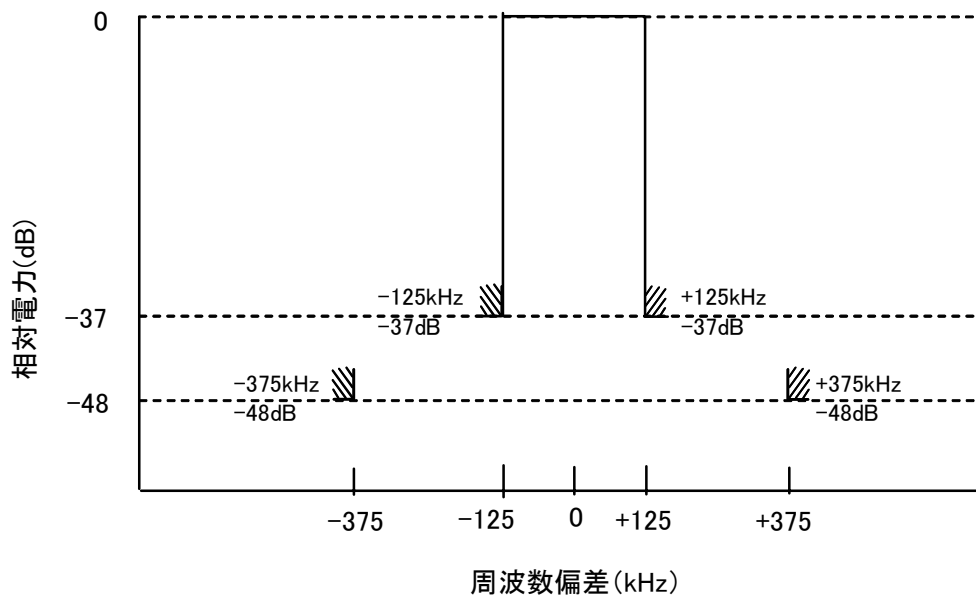
A帯監視・制御用固定回線の地区別無線局の分布状況(平成15年度電波の利用状況調査結果の概要(平成16年3月総務省報道資料より整理。))

	北海道	東北	関東	信越	北陸	東海	近畿	中国	四国	九州	沖縄	全国
免許人	1	1	6	5	4	7	3	3	1	2		24
無線局数	18	22	17	14	14	15	23	26	6	28		183
送信装置数	23	31	34	23	21	16	24	41	8	39		260
変調方式	60.9%	59.1%	94.1%	78.6%	57.1%	100%	79.2%	56.1%	50.0%	46.4%		68.3%
デジタル	39.1%	50%	5.9%	21.4%	42.9%	0%	20.8%	35.5%	50.0%	60.7%		35.5%
空中線 注1												
送信	35.1%	28.5%	63.3%	56.3%	0%	40.0%	25.5%	21.5%	0%	0%		32.1%
受信	39.7%	34.6%	60.5%	61.5%	0%	48.3%	25.5%	26.9%	0%	0%		34.0%
伝送距離：10km超	89.5%	47.1%	68.2%	85.7%	61.5%	78.5%	69.6%	70.8%	33.3%	64.7%		68.5%
運用年数	72.2%	50.0%	76.5%	92.9%	50.0%	33.3%	73.9%	73.1%	66.7%	78.6%		67.8%
10年以上	83.3%	68.1%	88.2%	100%	78.6%	93.3%	95.7%	76.9%	66.7%	85.7%		84.2%
送信装置平均使用年数	8.2年	7.8年	12.1年	10.2年	6.9年	13.4年	10.3年	8.6年	7.2年	6.8年		9.0%
有効利用 計画注2	43.3%	57.6%	2.9%	35.7%	54.5%	0%	7.7%	68.3%	25%	55.0%		39.1%
計画中	56.3%	42.4%	53%	35.7%	31.8%	76.5%	80.8%	29.3%	7.5%	35%		47.7%

注1 アンテナ口径が2mφ以上

注2 デジタル方式

注3 沖縄総合通信事務所管内では該当がない。

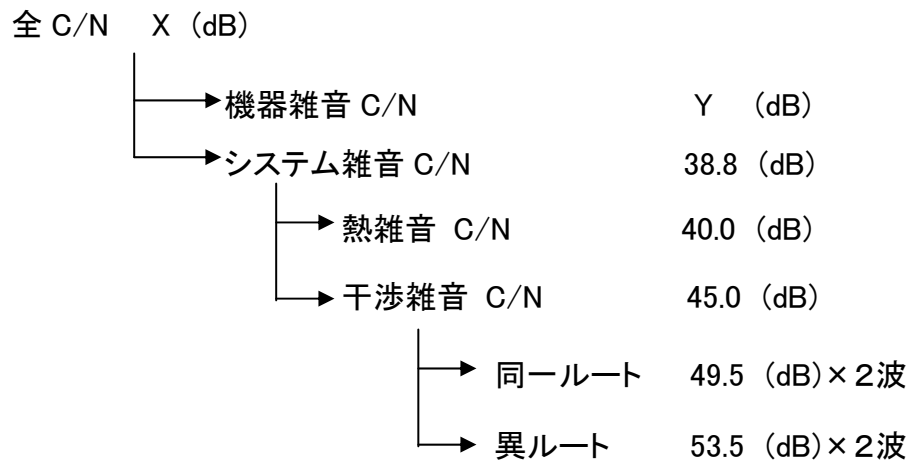


送信電カスペクトル特性

C/N 配分 (IF伝送方式)

IF 伝送方式の C/N 配分は下記のとおりとなる(参考資料 11)。

(1) C/N配分



(注) X、Y の値は放送システム全体の雑音から決まる。

(2) 回線断C/N

受信入力フェージング時において熱雑音C/Nは28dBとする。

ただし、熱雑音C/Nにはマルチパス分を含む

送受信空中線特性
表1 空中線種別

空中線形式	パラボラ										オフセットパラボラ			平面	
	グリッド形					プレート形					グリッド形			グリッド形	プレート形
アンテナ開口径	1.8mφ	2.4mφ	3.0mφ	4.0mφ	4.0mφ	2.0mφ	3.0mφ	4.0mφ	1.8mφ	2.4mφ	3.0mφ	1.8mφ	1.8mφ	1.8m角	
周波数帯域	470MHz ~ 770MHz														
入力インピーダンス	50Ω														
偏波面	水平偏波 又は 垂直偏波														
利得(dBi)															
13ch~17ch	15.0	17.5	19.5	22.5	22.5	16.5	19.5	22.5	17.5	19.5	22.0	15.0	15.0	15.0	
18ch~22ch	15.5	18.0	20.0	23.0	23.0	17.0	20.0	23.0	18.0	20.0	22.5	15.5	15.5	15.5	
23ch~27ch	16.0	18.5	20.5	23.5	23.5	17.5	20.5	23.5	18.5	20.5	22.5	16.0	16.0	16.0	
28ch~32ch	17.0	19.0	21.0	24.0	24.0	18.0	21.0	24.0	19.0	21.0	23.0	17.0	17.0	17.0	
33ch~38ch	18.0	20.0	22.0	25.0	25.0	18.5	22.0	25.0	19.5	21.5	23.5	17.5	17.5	17.5	
39ch~44ch	18.0	21.0	23.0	25.0	25.0	19.0	23.0	25.0	19.5	22.0	23.5	18.0	18.0	18.0	
45ch~50ch	19.0	21.0	23.0	26.0	26.0	19.5	23.0	26.0	20.0	22.5	24.0	18.5	18.5	18.5	
51ch~56ch	19.0	22.0	24.0	26.0	26.0	20.0	24.0	26.0	20.0	22.5	24.5	19.0	19.0	19.0	
57ch~62ch	20.0	22.0	24.0	27.0	27.0	20.5	24.0	27.0	20.5	23.0	25.0	20.0	20.0	20.0	
指向性	表2による														

表2 指向性

周波数帯	パラボラ					オフセットパラボラ			平面				
	グリッド形					プレート形			グリッド形	プレート形			
	1.8m φ	2.4m φ	3.0m φ	4.0m φ		2.0m φ	3.0m φ	4.0m φ	1.8m φ	2.4m φ	3.0m φ	1.8m角	1.8m角
F/S (dB)	13ch~ 32ch	13.0	13.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	13.0	13.0	16.0	32.0 <37.0>	32.0 <37.0>
	33ch~ 62ch	15.0	15.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	15.0	15.0	18.0	32.0 <37.0>	32.0 <37.0>
F/B (dB)	13ch~ 32ch	19.0	19.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	19.0	19.0	23.0	30.0	30.0
	33ch~ 62ch	20.0	20.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	20.0	20.0	25.0	30.0	30.0
F/S (dB)	13ch~ 32ch	13.0	13.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	13.0 (35.0)	13.0 (35.0)	16.0 (35.0)	32.0 <37.0>	32.0 <37.0>
	33ch~ 62ch	15.0	15.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	15.0 (35.0)	15.0 (35.0)	18.0 (35.0)	32.0 <37.0>	32.0 <37.0>
F/B (dB)	13ch~ 32ch	19.0	19.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	19.0	19.0	23.0	30.0	30.0
	33ch~ 62ch	20.0	20.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	20.0	20.0	25.0	30.0	30.0

F/Sの範囲(主輻射の方向±半値角×2.25)~(±150°)
 ただし、()内は80°~100°、< >内は90°~110°
 F/Bの範囲(主輻射の方向±150°)~(±180°)

フェージングマージン

伝搬路種別として、山岳、平野、海上の別に所要フェージングマージンを以下により計算する。なお、本計算は見通し回線(回線経路及びプロファイルからみて、地球等価半径が 4/3 で第一フレネルゾーンのクリアランスが可能なもの)において適用する。

また、見通し外の回線については、当該回線ごとに回折や遮蔽損失等を計上すること。

(a) 所要フェージングマージン

$$Fmr(99.9\%) = 10 \times \log\left(\frac{d^{2.5}}{A}\right) - K \quad (dB)$$

ただし、 $Fmr < 12dB$ の場合は $Fmr = 12dB$ とする

d (km) : 距離

A : SD 改善率

(単一受信の場合は $A=1$ 、SD 受信の場合は(b)項で計算する)

K (dB) : 伝搬路種別により以下の値とする

伝搬路種別	山岳	平野	海
K	29	25	18

伝搬路種別の分類

分類	伝 搬 路
山岳	山岳地帯が大部分を占めている場合
平野	1. 平野が大部分を占めている場合 2. 山岳地帯であるが、湾や入江があつて海岸(水際より 10km 程度までを含む)あるいは海上が含まれる場合

海	1. 海上 2. 海岸(水際より 10km 程度までを含む)で平野
---	--------------------------------------

(b)SD 受信の改善率

スペースダイバーシティ(SD)による改善量については、スペース相関係数(ρ)と回線設計で計算されるフェージングマージン(Fmr')により、図 1 から求める。

ここで、UHF 帯 TTL におけるスペース相関係数(ρ)については、SD 受信を行う場合には、原則として下記の式にて算出する。

ただし、 ρ が 0.8 以上の場合 SD 改善度は無いものとする。

$$\rho = 4D_r^2 - 4D_r + 1$$

$$D_r = \frac{\Delta h}{P}$$

ただし、 $D_r \leq 0.5$ 範囲とし、 $\rho < 0.4$ の場合は、 $\rho = 0.4$ とする

D_r : 空中線間隔のハイトパターンピッチに対する比率

Δh : 空中線間隔

P : ハイトパターンピッチ

また、フェージングマージン(Fmr')は、以下で計算する。

$$Fmr' = P_r - P_{mi} - C / N_{tho}$$

P_r : 平常時の受信入力 (dBm)

$$P_r = P_t - (L_{ft} + L_{dt}) - (L_{hr} + L_{dr}) + (G_{at} + G_{ar}) - (L_p + L_{p1} + L_{p2})$$

P_t : 送信電力 (dBm)

L_{ft}, L_{fr} : 送信フィーダ損失 (dB)、受信フィーダ損失 (dB)

L_{dt}, L_{dr} : 送信分配器等損失 (dB)、受信分配器等損失 (dB)

G_{at}, G_{ar} : 送信空中線利得 (dBi)、受信空中線利得 (dBi)

L_p : 自由区間伝搬損失 (dB)

L_{p1} : 回折、遮蔽、位相損失 (dB)

通常の見通し伝搬路においては $L_{p1} = 0$ dB であるが、たとえば十分見通しでない伝搬路、山岳伝搬路、あるいは反射波の影響が無視できない海上伝搬路等にお

いては、必要により「告示第 640 号」により損失を求め
ること。

L_{p2} : マルチパス干渉等による損失 (dB)

通常は考慮する必要はないが、マルチパス干渉
(SFN 干渉) が無視できず D/U が小さい場合は所要
C/N 増加量として求めること(例えば図 2 参照)。

$Prni$: 受信機の熱雑音電力 (dBm)

$$Prni = -114 + 10\log(B) + NF$$

B : 等価雑音帯域幅 (MHz)

NF : 雑音指数 (dB)

C/N_{tho} : フェージング時所要熱雑音 C/N (dB)

$$C/N_{tho} = 28\text{dB (IF 伝送方式)}$$

$$C/N_{tho} = 30.8\text{dB (TS 伝送方式)}$$

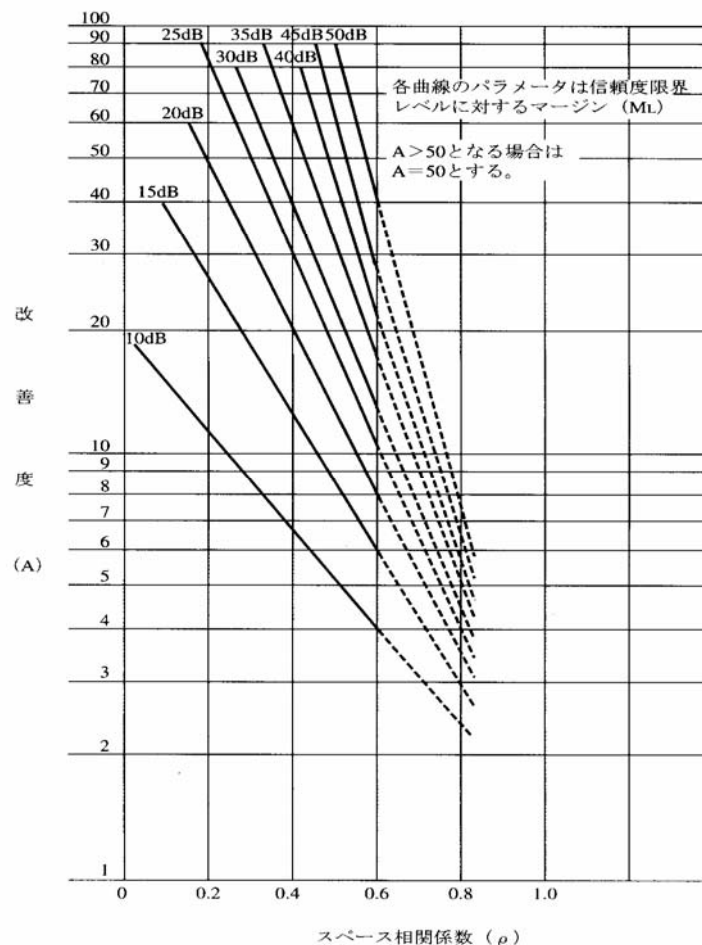


図1のパラメータ
(信頼度限界レ
ベルに対するマ
ージン (ML))
は、Aが1(単一
アンテナ受信)と
したときの所要フ
ェージングマージ
ンの値。

図 1 スペースダイバーシチによる改善度
(電波法関連審査基準別紙 1 別図第 46 号)

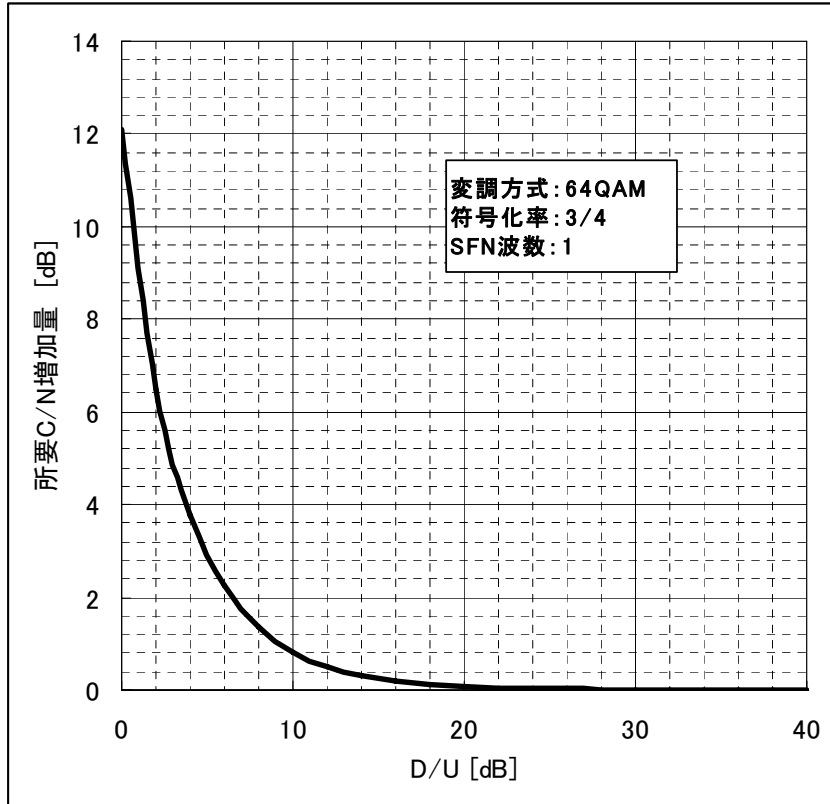


図 2 SFN 干渉波に対する D/U と所要 C/N 増加量
(ARIB TR-B14 付録 A.1.1.2 による)

C/N配分(TS伝送方式)

TTLの所要C/Nの規定に関しては、リードソロモン復号前の誤り率が 1×10^{-4} のときの値で規定することとし、次の様に配分する。

所要 C/N 27.5dB	熱雑音(受信機)		30.8dB
	歪み雑音		44.5dB
	干渉雑音		30.5dB
	同一ルート	36.0dB	39.0dB × 2 波
	異ルート	32.0dB	35.0dB × 2 波

TTL装置において、受信出力でのTS信号の誤り率は 10^{-11} 以下の擬似エラーフリーの状態とすることが求められている。その実現のため、リードソロモン符号等を付加した接続符号とすることが一般的である。

TTL装置において、外符号をリードソロモン符号とした場合、リードソロモン復号前のビット誤り率が 10^{-4} 以下となっていれば、リードソロモン復号により、誤り率は 10^{-11} 以下のビット誤り率が確保できる。従って、リードソロモン復号前の誤り率 1×10^{-4} の理論C/Nである24.5dBに機器劣化3dBを加えた値を所要C/Nとして用いることとした。

C/N分については、平成13年度情報通信審議会答申諮問110号にある干渉雑音へのC/N配分を30.5dBに固定した上で残りを歪みと熱雑音に配分することとした。

参 考 資 料

参考資料1	周波数配置の検討(既設回線との干渉検討).....	155
参考資料2	音声回線の伝送容量.....	166
参考資料3	小口径空中線の導入について.....	168
参考資料4	共用器の検討.....	175
参考資料5	映像 TTL の運用例.....	179
参考資料6	伝送方式の概要.....	181
参考資料7	各種等化装置.....	183
参考資料8	SD 効果の算出.....	184
参考資料9	フェージングマージンの算出.....	188
参考資料10	IF 伝送方式の回線設計(受信入力).....	195
参考資料11	C/N 配分の検討(IF 伝送方式).....	197
参考資料12	UHF 帯デジタル方式映像 TTL の回線品質.....	202
参考資料13	既存放送波との干渉検討.....	204
参考資料14	回線設計例.....	206
参考資料15	TS 伝送方式での伝送容量、クロック周波数の一例..	210
参考資料16	TS 伝送方式の回線設計(受信入力).....	211
参考資料17	低遅延コーデックを考慮した情報ビットレートの検討..	212
参考資料18	所要 C/N、回線設計.....	215
参考資料19	ミリ波デバイスの開発動向.....	226
参考資料20	所要伝送ビットレートの検討.....	238
参考資料21	受信空中線の使用例.....	243
参考資料22	大気吸収による減衰量.....	248
参考資料23	降雨減衰.....	249
参考資料24	システムの実現例.....	251
参考資料25	ミリ波帯デジタル方式 FPU の電波防護指針への適合に ついて.....	252

周波数配置の検討(既設回線との干渉検討)

望ましい周波数配置を決めるために現行 M・N 帯の周波数配置を基準とし、音声 STL/TTL/TSL(以下音声回線という。)との相互干渉がより少ない周波数間隔とする必要がある。

特に M・N 帯の場合、そのチャンネル幅ごとに周波数配置されてきた経緯からチャンネル幅が大きく異なる中容量、大容量方式の各回線との間では、標準区間での異経路、平行回線という最も厳しい条件において回線構築が可能であることが理想的なチャンネル配置であるとする。

周波数配置を決定するため「図1 中／大容量方式と音声 64QAM の離調周波数関係」に示すように音声回線と中容量、大容量方式の干渉関係を検討する。

(監視回線はチャンネル幅が音声回線の半分(250kHz)であるため音声回線について検討する。)

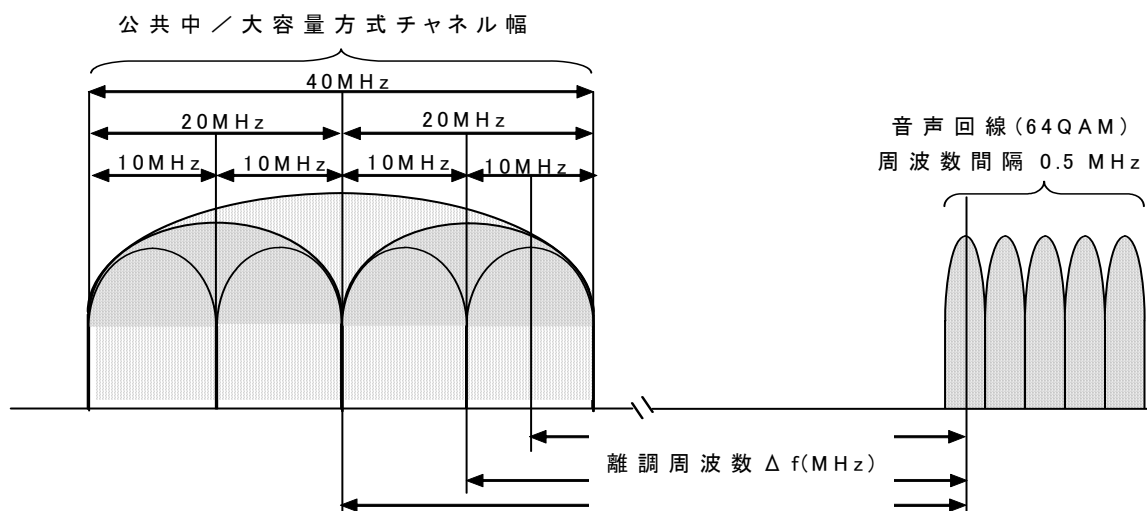


図1 公共中／大容量方式と音声回線(64QAM)の離調周波数関係

表1に既設回線との干渉検討諸元を示す。

検討対象の音声回線(64QAM(伝送容量 2250kbps))のチャンネル幅 500kHz と M・N 帯の中容量、大容量方式間の干渉軽減係数(以下 IRF という)をシミュレーションにより求め、その結果を「表2 被干渉:公共・一般業務中／大容量方式、与干渉:音声 64QAM の IRF」、「表3 被干渉:音声 64QAM、与干渉:公共・一般業務中／大容量方式」に示す。

表1 既設回線との干渉検討諸元

	計算モデル	測定基準誤り率	チャンネル帯
(a)	デジタル TSL	1×10^{-4}	20MHz
(b)	TS 伝送方式 STL/TTL		10MHz
(c)	4PSK 6Mbps 方式		5MHz
(d)	4PSK 13Mbps 方式		10MHz
(e)	4PSK 19Mbps 方式		20MHz
(f)	16QAM 26Mbps 方式		10MHz
(g)	16QAM 52Mbps 方式		10MHz
(h)	128QAM 52Mbps 方式		10MHz
(i)	128QAM 104Mbps 方式		20MHz
(j)	64QAM 156Mbps 方式		40MHz

また空中線指向特性は音声回線 64QAM 及び表1 の (a)~(i)は電波法関係審査基準 p939 の 4 表 5 の値を用い、表1 の(j)については p939 の 4 表 5 のカッコ内の値を用いた。

表2 被干渉:中/大容量方式 与干渉:音声 64QAM のIRF

離調周波数 $\Delta F(\text{MHz})$	被干渉方式 IRF(dB)				
	16QAM 26Mbps 方式	64QAM 156Mbps 方	128QAM 52Mbps 方式	128QAM 104Mbps 方	映像 TSL 64QAM
0	-2	-4	-2	-3	-4
5	19	-4	15	-3	-4
10	89	-4	58	16	44
15	—	0	66	46	64
20	—	12	80	63	—
25	—	42	—	—	—
30	—	48	—	—	—
クロック周波数 f_c	6.8MHz	28.6MHz	8.2MHz	16.4MHz	14MHz
ロールオフ α	0.5	0.5	0.25	0.25	0.27
FIR tap length	32	64	48	48	64
等価雑音帯域幅	8.5MHz	34.5MHz	9.5MHz	19MHz	16.2

表 3 被干渉:音声 64QAM($f_c=0.375\text{MHz}$) 与干渉:中/大容量方式のIRF

離調周波数 $\Delta F(\text{MHz})$	与干渉方式 IRF(dB)				
	16QAM 26Mbps 方式	64QAM 156Mbps 方式	128QAM 52Mbps 方式	128QAM 104Mbps 方式	映像 TSL 64QAM
0	8	14	9	12	14.
5	29	14	27	12	15
10	61	14	63	29	63
15	68	16	74	60	69
20	71	29	80	65	——
25	77	66	85	72	——
30	84	——	——	77	——
クロック周波数 f_c	6.8MHz	28.6MHz	8.2MHz	16.4MHz	14MHz
ロールオフ α	0.5	0.5	0.25	0.25	0.27
FIR taplength	32	64	48	48	64
等価雑音帯域幅	8.5MHz	34.5MHz	9.5MHz	19MHz	16.2MHz

表 1、表 2、表 3 の諸元による干渉検討の結果を

表 4 M・N 帯における被干渉が音声回線(64QAM)の場合の映像 TSL、公共・一般事業用中/大容量方式との干渉計算例

表 5 M・N 帯における被干渉が映像 TSL、公共・一般事業用中/大容量方式与干渉が音声回線(64QAM)の場合の干渉計算例

に示す。

表 4、表 5 の結果から同一周波数においても電気通信技術審議会 諮問第 106 号「自営用デジタルSHF帯固定局の技術的条件」での良否判定と同様に回線構築は可能であることが分かる。冒頭の音声回線と既設中容量、大容量方式間で異経路、平行回線での回線構築が可能となる離調周波数は最大チャネル幅 40MHz の 64QAM 156Mbps 方式間で 30MHz 以上(ガードバンド 10MHz以上)であることが分かる。

従って、M・N 帯音声回線の周波数配置は現行、中容量・大容量方式の周波数配置と

10MHz 以上のガードバンドを設定することで可能となる。

既存小容量回線については表 1 に記載の各種変調方式間での干渉妨害検討を行った結果を表 6-1(1/3～3/3)、表 7-1(1/3～3/3)に示す。

この結果は先の電気通信技術審議会 諮問第 106 号「自営用デジタルSHF帯固定局の技術的条件」において干渉検討された、同一チャンネル及びインバンド内は 180° 方向で全て可能、隣接チャンネルは平行回線以外可能、次隣接チャンネルは平行回線も含めて可能と同じである。

一方、表 6-1(1/3～3/3)、表 7-1(1/3～3/3)の結果から既設公共・一般業務用小容量回線間での干渉妨害検討から 4PSK 6Mbps との間でも 5MHz のガードバンドを設ければ、異経路、平行回線というもつとも厳しい条件での回線構築が可能となる。

従って、5MHz 以上離調周波数が確保される周波数を特に優先使用周波数とし、音声回線の場合 MAF-20 から MAF-39 を優先使用周波数とし、MAF-39 から周波数配置することが望ましい。

また全国的に最も M・N 帯への周波数移行数が多いと想定される東京近郊エリアでの回線数は、現行運用している移行対象のチャンネル数に加えて、平行 2 回線を考慮したチャンネル数は、音声回線で 11 チャンネル、監視・制御回線で 8 チャンネル程度であり優先使用周波数配置内に収まることから上記優先周波数内で有れば A 帯からの速やかな周波数移行が可能と考えられる。

表4 M・N帯における被干渉が音声回線(64QAM)の場合の映像TSL、公共・一般事業用中/大容量方式との干渉計算例

与干渉変調方式	チャンネル間隔	希望波レベル[dBm] (A)	干渉波レベル合計[dBm] (B)	計算値C/1(A)-(B) (C)	フェージングマージンFmr	所要C/1 C/Nid+Fmr (D)	判定(C)>(D)	干渉波レベル					
								受信レベル[dBm]	Fm	指向性減衰量	干渉軽減係数IRF	干渉レベル[dBm]	分岐角
16QAM 26Mbps	0MHz離れ	-54.7	-54.7	0.0	21.6	51.6	×	-46.7	21.7	0.0	8.0	-54.7	0° 方向
	0MHz離れ	-54.7	-98.2	43.5	21.6	51.6	×	-46.7	21.7	43.5	8.0	-98.2	90° 方向
	0MHz離れ	-54.7	-112.7	58.0	21.6	51.6	○	-46.7	21.7	58.0	8.0	-112.7	180° 方向
	5MHz離れ	-54.7	-75.7	21.0	21.6	51.6	×	-46.7	21.7	0.0	29.0	-75.7	0° 方向
	5MHz離れ	-54.7	-119.2	64.5	21.6	51.6	○	-46.7	21.7	43.5	29.0	-119.2	90° 方向
	5MHz離れ	-54.7	-133.7	79.0	21.6	51.6	○	-46.7	21.7	58.0	29.0	-133.7	180° 方向
	10MHz離れ	-54.7	-107.7	53.0	21.6	51.6	○	-46.7	21.7	0.0	61.0	-107.7	0° 方向
	10MHz離れ	-54.7	-151.2	96.5	21.6	51.6	○	-46.7	21.7	43.5	61.0	-151.2	90° 方向
	10MHz離れ	-54.7	-165.7	111.0	21.6	51.6	○	-46.7	21.7	58.0	61.0	-165.7	180° 方向
128QAM 52Mbps	0MHz離れ	-54.7	-52.7	-2.0	21.6	51.6	×	-43.7	21.7	0.0	9.0	-52.7	0° 方向
	0MHz離れ	-54.7	-96.2	41.5	21.6	51.6	×	-43.7	21.7	43.5	9.0	-96.2	90° 方向
	0MHz離れ	-54.7	-110.7	56.0	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	58.0	9.0	-110.7	180° 方向
	5MHz離れ	-54.7	-70.7	16.0	21.6	51.6	×	-43.7	21.7	0.0	27.0	-70.7	0° 方向
	5MHz離れ	-54.7	-114.2	59.5	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	43.5	27.0	-114.2	90° 方向
	5MHz離れ	-54.7	-128.7	74.0	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	58.0	27.0	-128.7	180° 方向
	10MHz離れ	-54.7	-106.7	52.0	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	0.0	63.0	-106.7	0° 方向
	10MHz離れ	-54.7	-150.2	95.5	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	43.5	63.0	-150.2	90° 方向
	10MHz離れ	-54.7	-164.7	110.0	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	58.0	63.0	-164.7	180° 方向
128QAM 104Mbps	0MHz離れ	-54.7	-55.7	1.0	21.6	51.6	×	-43.7	21.7	0.0	12.0	-55.7	0° 方向
	0MHz離れ	-54.7	-99.2	44.5	21.6	51.6	×	-43.7	21.7	43.5	12.0	-99.2	90° 方向
	0MHz離れ	-54.7	-113.7	59.0	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	58.0	12.0	-113.7	180° 方向
	10MHz離れ	-54.7	-72.7	18.0	21.6	51.6	×	-43.7	21.7	0.0	29.0	-72.7	0° 方向
	10MHz離れ	-54.7	-116.2	61.5	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	43.5	29.0	-116.2	90° 方向
	10MHz離れ	-54.7	-130.7	76.0	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	58.0	29.0	-130.7	180° 方向
	15MHz離れ	-54.7	-103.7	49.0	21.6	51.6	×	-43.7	21.7	0.0	60.0	-103.7	0° 方向
	15MHz離れ	-54.7	-147.2	92.5	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	43.5	60.0	-147.2	90° 方向
	15MHz離れ	-54.7	-161.7	107.0	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	58.0	60.0	-161.7	180° 方向
	20MHz離れ	-54.7	-108.7	54.0	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	0.0	65.0	-108.7	0° 方向
	20MHz離れ	-54.7	-152.2	97.5	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	43.5	65.0	-152.2	90° 方向
	20MHz離れ	-54.7	-166.7	112.0	21.6	51.6	○	-43.7	21.7	58.0	65.0	-166.7	180° 方向
64QAM 156Mbps	0MHz離れ	-54.7	-58.7	4.0	21.6	51.6	×	-44.7	21.7	0.0	14.0	-58.7	0° 方向
	0MHz離れ	-54.7	-102.2	47.5	21.6	51.6	×	-44.7	21.7	43.5	14.0	-102.2	90° 方向
	0MHz離れ	-54.7	-116.7	62.0	21.6	51.6	○	-44.7	21.7	58.0	14.0	-116.7	180° 方向
	15MHz離れ	-54.7	-60.7	6.0	21.6	51.6	×	-44.7	21.7	0.0	16.0	-60.7	0° 方向
	15MHz離れ	-54.7	-104.2	49.5	21.6	51.6	×	-44.7	21.7	43.5	16.0	-104.2	90° 方向
	15MHz離れ	-54.7	-118.7	64.0	21.6	51.6	○	-44.7	21.7	58.0	16.0	-118.7	180° 方向
	20MHz離れ	-54.7	-73.7	19.0	21.6	51.6	×	-44.7	21.7	0.0	29.0	-73.7	0° 方向
	20MHz離れ	-54.7	-117.2	62.5	21.6	51.6	○	-44.7	21.7	43.5	29.0	-117.2	90° 方向
	20MHz離れ	-54.7	-131.7	77.0	21.6	51.6	○	-44.7	21.7	58.0	29.0	-131.7	180° 方向
	25MHz離れ	-54.7	-116.7	62.0	21.6	51.6	○	-44.7	21.7	0.0	72.0	-116.7	0° 方向
	25MHz離れ	-54.7	-160.2	105.5	21.6	51.6	○	-44.7	21.7	43.5	72.0	-160.2	90° 方向
	25MHz離れ	-54.7	-174.7	120.0	21.6	51.6	○	-44.7	21.7	58.0	72.0	-174.7	180° 方向
デジタルTSL	0MHz離れ	-54.7	-59.8	5.1	21.6	51.6	×	-45.8	25.5	0.0	14.0	-59.8	0° 方向
	0MHz離れ	-54.7	-103.3	48.6	21.6	51.6	×	-45.8	25.5	43.5	14.0	-103.3	90° 方向
	0MHz離れ	-54.7	-117.8	63.1	21.6	51.6	○	-45.8	25.5	58.0	14.0	-117.8	180° 方向
	5MHz離れ	-54.7	-60.6	5.9	21.6	51.6	×	-45.8	25.5	0.0	14.8	-60.6	0° 方向
	5MHz離れ	-54.7	-104.1	49.4	21.6	51.6	×	-45.8	25.5	43.5	14.8	-104.1	90° 方向
	5MHz離れ	-54.7	-118.6	63.9	21.6	51.6	○	-45.8	25.5	58.0	14.8	-118.6	180° 方向
	10MHz離れ	-54.7	-108.8	54.1	21.6	51.6	○	-45.8	25.5	0.0	63.0	-108.8	0° 方向
	10MHz離れ	-54.7	-152.3	97.6	21.6	51.6	○	-45.8	25.5	43.5	63.0	-152.3	90° 方向
	10MHz離れ	-54.7	-166.8	112.1	21.6	51.6	○	-45.8	25.5	58.0	63.0	-166.8	180° 方向

5 M・N帯における被干渉が映像TSL、公共・一般事業用中/大容量方式与干渉が音声回線(64QAM)の場合の干渉計算

被干渉変調方式	チャンネル間隔	希望波レベル[dBm] (A)	干渉波レベル合計[dBm] (B)	計算値C/1 (A)-(B) (C)	フェージング ゲマージン Fmr	所要C/1 C/Nid+Fmr (D)	判定 (C)>(D)	干渉波レベル					
								受信レベル[dBm]	Fm	指向性 減衰量	干渉軽減 係数[RF]	干渉レベル[dBm]	分岐角
16QAM 26Mbps	0MHz離れ	-46.7	-52.7	6.0	21.7	54.2	×	-54.7	21.6	0.0	-2.0	-52.7	0° 方向
	0MHz離れ	-46.7	-96.2	49.5	21.7	54.2	×	-54.7	21.6	43.5	-2.0	-96.2	90° 方向
	0MHz離れ	-46.7	-110.7	64.0	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	58.0	-2.0	-110.7	180° 方向
	5MHz離れ	-46.7	-73.7	27.0	21.7	54.2	×	-54.7	21.6	0.0	19.0	-73.7	0° 方向
	5MHz離れ	-46.7	-117.2	70.5	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	43.5	19.0	-117.2	90° 方向
	5MHz離れ	-46.7	-131.7	85.0	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	58.0	19.0	-131.7	180° 方向
	10MHz離れ	-46.7	-143.7	97.0	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	0.0	89.0	-143.7	0° 方向
	10MHz離れ	-46.7	-187.2	140.5	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	43.5	89.0	-187.2	90° 方向
	10MHz離れ	-46.7	-201.7	155.0	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	58.0	89.0	-201.7	180° 方向
128QAM 52Mbps	0MHz離れ	-43.7	-52.7	9.0	21.7	61.7	×	-54.7	21.6	0.0	-2.0	-52.7	0° 方向
	0MHz離れ	-43.7	-96.2	52.5	21.7	61.7	×	-54.7	21.6	43.5	-2.0	-96.2	90° 方向
	0MHz離れ	-43.7	-117.7	74.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	65.0	-2.0	-117.7	180° 方向
	5MHz離れ	-43.7	-69.7	26.0	21.7	61.7	×	-54.7	21.6	0.0	15.0	-69.7	0° 方向
	5MHz離れ	-43.7	-113.2	69.5	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	43.5	15.0	-113.2	90° 方向
	5MHz離れ	-43.7	-134.7	91.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	65.0	15.0	-134.7	180° 方向
	10MHz離れ	-43.7	-112.7	69.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	0.0	58.0	-112.7	0° 方向
	10MHz離れ	-43.7	-156.2	112.5	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	43.5	58.0	-156.2	90° 方向
	10MHz離れ	-43.7	-177.7	134.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	65.0	58.0	-177.7	180° 方向
128QAM 104Mbps	0MHz離れ	-43.7	-51.7	8.0	21.7	61.7	×	-54.7	21.6	0.0	-3.0	-51.7	0° 方向
	0MHz離れ	-43.7	-95.2	51.5	21.7	61.7	×	-54.7	21.6	43.5	-3.0	-95.2	90° 方向
	0MHz離れ	-43.7	-116.7	73.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	65.0	-3.0	-116.7	180° 方向
	10MHz離れ	-43.7	-70.7	27.0	21.7	61.7	×	-54.7	21.6	0.0	16.0	-70.7	0° 方向
	10MHz離れ	-43.7	-114.2	70.5	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	43.5	16.0	-114.2	90° 方向
	10MHz離れ	-43.7	-135.7	92.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	65.0	16.0	-135.7	180° 方向
	15MHz離れ	-43.7	-100.7	57.0	21.7	61.7	×	-54.7	21.6	0.0	46.0	-100.7	0° 方向
	15MHz離れ	-43.7	-144.2	100.5	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	43.5	46.0	-144.2	90° 方向
	15MHz離れ	-43.7	-165.7	122.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	65.0	46.0	-165.7	180° 方向
64QAM 156Mbps	20MHz離れ	-43.7	-117.7	74.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	0.0	63.0	-117.7	0° 方向
	20MHz離れ	-43.7	-161.2	117.5	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	43.5	63.0	-161.2	90° 方向
	20MHz離れ	-43.7	-182.7	139.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	65.0	63.0	-182.7	180° 方向
	0MHz離れ	-44.7	-50.7	6.0	21.7	56.7	×	-54.7	21.6	0.0	-4.0	-50.7	0° 方向
	0MHz離れ	-44.7	-117.7	73.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	67.0	-4.0	-117.7	90° 方向
	0MHz離れ	-44.7	-117.7	73.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	67.0	-4.0	-117.7	180° 方向
デジタルTSL	15MHz離れ	-44.7	-54.7	10.0	21.7	56.7	×	-54.7	21.6	0.0	0.0	-54.7	0° 方向
	15MHz離れ	-44.7	-121.7	77.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	67.0	0.0	-121.7	90° 方向
	15MHz離れ	-44.7	-121.7	77.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	67.0	0.0	-121.7	180° 方向
	20MHz離れ	-44.7	-66.7	22.0	21.7	56.7	×	-54.7	21.6	0.0	12.0	-66.7	0° 方向
	20MHz離れ	-44.7	-133.7	89.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	67.0	12.0	-133.7	90° 方向
	20MHz離れ	-44.7	-133.7	89.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	67.0	12.0	-133.7	180° 方向
	25MHz離れ	-44.7	-96.7	52.0	21.7	56.7	×	-54.7	21.6	0.0	42.0	-96.7	0° 方向
	25MHz離れ	-44.7	-163.7	119.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	67.0	42.0	-163.7	90° 方向
	25MHz離れ	-44.7	-163.7	119.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	67.0	42.0	-163.7	180° 方向
	30MHz離れ	-44.7	-102.7	58.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	0.0	48.0	-102.7	0° 方向
	30MHz離れ	-44.7	-169.7	125.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	67.0	48.0	-169.7	90° 方向
	30MHz離れ	-44.7	-169.7	125.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	67.0	48.0	-169.7	180° 方向
	0MHz離れ	-45.8	-50.7	4.9	25.5	55.5	×	-54.7	21.6	0.0	-4.0	-50.7	0° 方向
	0MHz離れ	-45.8	-94.2	48.4	25.5	55.5	×	-54.7	21.6	43.5	-4.0	-94.2	90° 方向
	0MHz離れ	-45.8	-108.7	62.9	25.5	55.5	○	-54.7	21.6	58.0	-4.0	-108.7	180° 方向
10MHz離れ	-45.8	-99.0	53.2	25.5	55.5	×	-54.7	21.6	0.0	44.3	-99.0	0° 方向	
10MHz離れ	-45.8	-142.5	96.7	25.5	55.5	○	-54.7	21.6	43.5	44.3	-142.5	90° 方向	
10MHz離れ	-45.8	-157.0	111.2	25.5	55.5	○	-54.7	21.6	58.0	44.3	-157.0	180° 方向	
15MHz離れ	-45.8	-119.5	73.7	25.5	55.5	○	-54.7	21.6	0.0	64.8	-119.5	0° 方向	
15MHz離れ	-45.8	-163.0	117.2	25.5	55.5	○	-54.7	21.6	43.5	64.8	-163.0	90° 方向	
15MHz離れ	-45.8	-177.5	131.7	25.5	55.5	○	-54.7	21.6	58.0	64.8	-177.5	180° 方向	

表 6-1 被干渉が音声回線(4PSK)の場合の M・N 帯各変調方式との干渉計算例(1/3)

干渉変調方式	チャンネル間隔 (離調周波数)	希望レベル (dBm)	干渉レベル 合計(dBm)	計算値C/1 (A)-(B) (dB)	フェージングマージン Fm(dB)	所要C/1 C/N ₀ +Fm (dB)	判定 (C)>(D)	干渉レベル					
								受信レベル (dBm)	Fm (dB)	空中線指向 性減衰量(dB)	干渉軽減係 数IRF(dB)	干渉レベル (dBm)	空中線 分岐角
音声(4PSK)	0MHz	-53.7	-54.7	1.0	21.6	56.6	×	-54.7	21.6	0.0	0.0	-54.7	0° 方向
	0MHz	-53.7	-98.2	44.5	21.6	56.6	×	-54.7	21.6	43.5	0.0	-98.2	90° 方向
	0MHz	-53.7	-112.7	59.0	21.6	56.6	○	-54.7	21.6	58.0	0.0	-112.7	180° 方向
	0.5MHz	-53.7	-96.7	43.0	21.6	56.6	×	-54.7	21.6	0.0	42.0	-96.7	0° 方向
	0.5MHz	-53.7	-140.2	86.5	21.6	56.6	○	-54.7	21.6	43.5	42.0	-140.2	90° 方向
	0.5MHz	-53.7	-154.7	101.0	21.6	56.6	○	-54.7	21.6	58.0	42.0	-154.7	180° 方向
	1MHz	-53.7	-114.7	61.0	21.6	56.6	○	-54.7	21.6	0.0	60.0	-114.7	0° 方向
	1MHz	-53.7	-158.2	104.5	21.6	56.6	○	-54.7	21.6	43.5	60.0	-158.2	90° 方向
	1MHz	-53.7	-172.7	119.0	21.6	56.6	○	-54.7	21.6	58.0	60.0	-172.7	180° 方向
	音声(64QAM)	0MHz	-53.7	-54.7	1.0	21.6	56.6	×	-54.7	21.6	0.0	0.0	-54.7
0MHz		-54.7	-98.2	43.5	21.6	56.6	×	-54.7	21.6	43.5	0.0	-98.2	90° 方向
0MHz		-54.7	-112.7	58.0	21.6	56.6	○	-54.7	21.6	58.0	0.0	-112.7	180° 方向
0.5MHz		-54.7	-92.7	38.0	21.6	56.6	×	-54.7	21.6	0.0	38.0	-92.7	0° 方向
0.5MHz		-54.7	-136.2	81.5	21.6	56.6	○	-54.7	21.6	43.5	38.0	-136.2	90° 方向
0.5MHz		-54.7	-150.7	96.0	21.6	56.6	○	-54.7	21.6	58.0	38.0	-150.7	180° 方向
1MHz		-54.7	-119.7	65.0	21.6	56.6	○	-54.7	21.6	0.0	65.0	-119.7	0° 方向
1MHz		-54.7	-163.2	108.5	21.6	56.6	○	-54.7	21.6	43.5	65.0	-163.2	90° 方向
1MHz		-54.7	-177.7	123.0	21.6	56.6	○	-54.7	21.6	58.0	65.0	-177.7	180° 方向
制動/監視 (64QAM)		0.125MHz	-54.7	-55.7	1.0	21.6	56.6	×	-55.7	21.6	0.0	0.0	-55.7
	0.125MHz	-54.7	-99.2	44.5	21.6	56.6	×	-55.7	21.6	43.5	0.0	-99.2	90° 方向
	0.125MHz	-54.7	-113.7	59.0	21.6	56.6	○	-55.7	21.6	58.0	0.0	-113.7	180° 方向
	0.375MHz	-54.7	-89.7	35.0	21.6	56.6	×	-55.7	21.6	0.0	34.0	-89.7	0° 方向
	0.375MHz	-54.7	-133.2	78.5	21.6	56.6	○	-55.7	21.6	43.5	34.0	-133.2	90° 方向
	0.375MHz	-54.7	-147.7	93.0	21.6	56.6	○	-55.7	21.6	58.0	34.0	-147.7	180° 方向
	0.625MHz	-54.7	-98.7	44.0	21.6	56.6	×	-55.7	21.6	0.0	43.0	-98.7	0° 方向
	0.625MHz	-54.7	-142.2	87.5	21.6	56.6	○	-55.7	21.6	43.5	43.0	-142.2	90° 方向
	0.625MHz	-54.7	-156.7	102.0	21.6	56.6	○	-55.7	21.6	58.0	43.0	-156.7	180° 方向
	0.875MHz	-54.7	-115.7	61.0	21.6	56.6	○	-55.7	21.6	0.0	60.0	-115.7	0° 方向
0.875MHz	-54.7	-159.2	104.5	21.6	56.6	○	-55.7	21.6	43.5	60.0	-159.2	90° 方向	
0.875MHz	-54.7	-173.7	119.0	21.6	56.6	○	-55.7	21.6	58.0	60.0	-173.7	180° 方向	
4PSK 3Mbps	10.375MHz	-54.7	-136.7	82.0	21.6	56.6	○	-56.7	21.5	0.0	80.0	-136.7	0° 方向
	10.375MHz	-54.7	-180.2	125.5	21.6	56.6	○	-56.7	21.5	43.5	80.0	-180.2	90° 方向
	10.375MHz	-54.7	-194.7	140.0	21.6	56.6	○	-56.7	21.5	58.0	80.0	-194.7	180° 方向
4PSK 6Mbps	0.625MHz	-54.7	-54.0	-0.7	21.6	56.6	×	-52.0	25.1	0.0	2.0	-54.0	0° 方向
	0.625MHz	-54.7	-97.5	42.8	21.6	56.6	×	-52.0	25.1	43.5	2.0	-97.5	90° 方向
	0.625MHz	-54.7	-112.0	57.3	21.6	56.6	○	-52.0	25.1	58.0	2.0	-112.0	180° 方向
	1.625MHz	-54.7	-61.0	6.3	21.6	56.6	×	-52.0	25.1	0.0	9.0	-61.0	0° 方向
	1.625MHz	-54.7	-104.5	49.8	21.6	56.6	×	-52.0	25.1	43.5	9.0	-104.5	90° 方向
	1.625MHz	-54.7	-119.0	64.3	21.6	56.6	○	-52.0	25.1	58.0	9.0	-119.0	180° 方向
	4.625MHz	-54.7	-103.0	48.3	21.6	56.6	×	-52.0	25.1	0.0	51.0	-103.0	0° 方向
	4.625MHz	-54.7	-146.5	91.8	21.6	56.6	○	-52.0	25.1	43.5	51.0	-146.5	90° 方向
	4.625MHz	-54.7	-161.0	106.3	21.6	56.6	○	-52.0	25.1	58.0	51.0	-161.0	180° 方向
	5.125MHz	-54.7	-112.0	57.3	21.6	56.6	○	-52.0	25.1	0.0	60.0	-112.0	0° 方向
5.125MHz	-54.7	-155.5	100.8	21.6	56.6	○	-52.0	25.1	43.5	60.0	-155.5	90° 方向	
5.125MHz	-54.7	-170.0	115.3	21.6	56.6	○	-52.0	25.1	58.0	60.0	-170.0	180° 方向	
4PSK 13Mbps	15.375MHz	-54.7	-127.0	72.3	21.6	56.6	○	-47.0	25.1	0.0	80.0	-127.0	0° 方向
	15.375MHz	-54.7	-170.5	115.8	21.6	56.6	○	-47.0	25.1	43.5	80.0	-170.5	90° 方向
	15.375MHz	-54.7	-185.0	130.3	21.6	56.6	○	-47.0	25.1	58.0	80.0	-185.0	180° 方向
4PSK 19Mbps	20.375MHz	-54.7	-127.0	72.3	21.6	56.6	○	-47.0	25.1	0.0	80.0	-127.0	0° 方向
	20.375MHz	-54.7	-170.5	115.8	21.6	56.6	○	-47.0	25.1	43.5	80.0	-170.5	90° 方向
	20.375MHz	-54.7	-185.0	130.3	21.6	56.6	○	-47.0	25.1	58.0	80.0	-185.0	180° 方向
16QAM 26Mbps	15.375MHz	-54.7	-126.7	72.0	21.6	56.6	○	-46.7	21.7	0.0	80.0	-126.7	0° 方向
	15.375MHz	-54.7	-170.2	115.5	21.6	56.6	○	-46.7	21.7	43.5	80.0	-170.2	90° 方向
	15.375MHz	-54.7	-184.7	130.0	21.6	56.6	○	-46.7	21.7	58.0	80.0	-184.7	180° 方向
16QAM 52Mbps	20.375MHz	-54.7	-123.7	69.0	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	0.0	80.0	-123.7	0° 方向
	20.375MHz	-54.7	-167.2	112.5	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	43.5	80.0	-167.2	90° 方向
	20.375MHz	-54.7	-181.7	127.0	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	58.0	80.0	-181.7	180° 方向
128QAM 52Mbps	15.375MHz	-54.7	-123.7	69.0	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	0.0	80.0	-123.7	0° 方向
	15.375MHz	-54.7	-167.2	112.5	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	43.5	80.0	-167.2	90° 方向
	15.375MHz	-54.7	-181.7	127.0	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	58.0	80.0	-181.7	180° 方向
128QAM 104Mbps	20.375MHz	-54.7	-123.7	69.0	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	0.0	80.0	-123.7	0° 方向
	20.375MHz	-54.7	-167.2	112.5	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	43.5	80.0	-167.2	90° 方向
	20.375MHz	-54.7	-181.7	127.0	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	58.0	80.0	-181.7	180° 方向
TS伝送STL/TTL	9.875MHz	-54.7	-121.7	67.0	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	0.0	78.0	-121.7	0° 方向
	9.875MHz	-54.7	-165.2	110.5	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	43.5	78.0	-165.2	90° 方向
	9.875MHz	-54.7	-179.7	125.0	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	58.0	78.0	-179.7	180° 方向
64QAM 156Mbps	30.625MHz	-54.7	-114.7	60.0	21.6	56.6	○	-44.7	21.7	0.0	70.0	-114.7	0° 方向
	30.625MHz	-54.7	-158.2	103.5	21.6	56.6	○	-44.7	21.7	43.5	70.0	-158.2	90° 方向
	30.625MHz	-54.7	-172.7	118.0	21.6	56.6	○	-44.7	21.7	58.0	70.0	-172.7	180° 方向
*デッドチャンネル	14.375MHz	-54.7	-101.8	47.1	21.6	56.6	×	-45.8	25.5	0.0	56.0	-101.8	0° 方向
	14.375MHz	-54.7	-145.3	90.6	21.6	56.6	○	-45.8	25.5	43.5	56.0	-145.3	90° 方向
*F伝送STL/TTL (従属同期標準方式)	14.375MHz	-54.7	-159.8	105.1	21.6	56.6	○	-45.8	25.5	58.0	56.0	-159.8	180° 方向
	9.875MHz	-54.7	-121.7	67.0	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	0.0	78.0	-121.7	0° 方向
	9.875MHz	-54.7	-165.2	110.5	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	43.5	78.0	-165.2	90° 方向
9.875MHz	-54.7	-179.7	125.0	21.6	56.6	○	-43.7	21.7	58.0	78.0	-179.7	180° 方向	

*:D1ch, D1Cch からの離調周波数

表 6-2 被干渉が音声回線(64QAM)の場合の M・N 帯各変調方式との干渉計算例(2/3)

干渉変調方式	チャンネル間隔 (種間波数)	希望レベル (dBm)	干渉レベル 合計(dBm)	計算値C/1 (A)-(B) (dB)	フェージングマージン Fmr (dB)	所要C/1 C/(N+B+Fmr) (dB)	判定 (C)>(D)	干渉レベル					
								受信レベル (dBm)	Fm (dB)	空中線指向 性減衰量(dB)	干渉軽減係 数(IRF)(dB)	干渉レベル (dBm)	空中線 分岐角
音声(4PSK)	0MHz	-54.7	-54.7	0.0	21.6	56.6	X	-54.7	21.6	0.0	0.0	-54.7	0° 方向
	0MHz	-54.7	-98.2	43.5	21.6	56.6	X	-54.7	21.6	43.5	0.0	-98.2	90° 方向
	0MHz	-54.7	-112.7	58.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	0.0	-112.7	180° 方向
	0.5MHz	-54.7	-97.7	33.0	21.6	56.6	X	-54.7	21.6	0.0	33.0	-97.7	0° 方向
	0.5MHz	-54.7	-131.2	76.5	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	43.5	33.0	-131.2	90° 方向
	0.5MHz	-54.7	-145.7	91.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	33.0	-145.7	180° 方向
	1MHz	-54.7	-113.7	59.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	0.0	59.0	-113.7	0° 方向
	1MHz	-54.7	-157.2	102.5	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	43.5	59.0	-157.2	90° 方向
	1MHz	-54.7	-171.7	117.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	59.0	-171.7	180° 方向
	音声(64QAM)	0MHz	-54.7	-54.7	0.0	21.6	56.6	X	-54.7	21.6	0.0	0.0	-54.7
0MHz		-54.7	-98.2	43.5	21.6	56.6	X	-54.7	21.6	43.5	0.0	-98.2	90° 方向
0MHz		-54.7	-112.7	58.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	0.0	-112.7	180° 方向
0.5MHz		-54.7	-103.7	49.0	21.6	56.6	X	-54.7	21.6	0.0	49.0	-103.7	0° 方向
0.5MHz		-54.7	-147.2	92.5	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	43.5	49.0	-147.2	90° 方向
0.5MHz		-54.7	-161.7	107.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	49.0	-161.7	180° 方向
1MHz		-54.7	-134.7	80.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
1MHz		-54.7	-178.2	123.5	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
1MHz		-54.7	-192.7	138.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	80.0	-192.7	180° 方向
制剤/監視 (64QAM)		0.125MHz	-54.7	-55.7	1.0	21.6	56.6	X	-55.7	21.6	0.0	0.0	-55.7
	0.125MHz	-54.7	-99.2	44.5	21.6	56.6	X	-55.7	21.6	43.5	0.0	-99.2	90° 方向
	0.125MHz	-54.7	-113.7	59.0	21.6	56.6	O	-55.7	21.6	58.0	0.0	-113.7	180° 方向
	0.375MHz	-54.7	-107.7	53.0	21.6	56.6	X	-55.7	21.6	0.0	53.0	-107.7	0° 方向
	0.375MHz	-54.7	-151.2	96.5	21.6	56.6	O	-55.7	21.6	43.5	53.0	-151.2	90° 方向
	0.375MHz	-54.7	-165.7	111.0	21.6	56.6	O	-55.7	21.6	58.0	53.0	-165.7	180° 方向
	0.625MHz	-54.7	-122.7	69.0	21.6	56.6	O	-55.7	21.6	0.0	69.0	-122.7	0° 方向
	0.625MHz	-54.7	-166.2	111.5	21.6	56.6	O	-55.7	21.6	43.5	69.0	-166.2	90° 方向
	0.625MHz	-54.7	-180.7	126.0	21.6	56.6	O	-55.7	21.6	58.0	69.0	-180.7	180° 方向
	4PSK 3Mbps	10.375MHz	-54.7	-136.7	82.0	21.6	56.6	O	-56.7	21.5	0.0	80.0	-136.7
10.375MHz		-54.7	-180.2	125.5	21.6	56.6	O	-56.7	21.5	43.5	80.0	-180.2	90° 方向
10.375MHz		-54.7	-194.7	140.0	21.6	56.6	O	-56.7	21.5	58.0	80.0	-194.7	180° 方向
4PSK 6Mbps	0.625MHz	-54.7	-54.0	-0.7	21.6	51.6	X	-52.0	25.1	0.0	2.0	-54.0	0° 方向
	0.625MHz	-54.7	-97.5	42.8	21.6	51.6	X	-52.0	25.1	43.5	2.0	-97.5	90° 方向
	0.625MHz	-54.7	-112.0	57.3	21.6	51.6	O	-52.0	25.1	58.0	2.0	-112.0	180° 方向
	1.625MHz	-54.7	-57.0	2.3	21.6	51.6	X	-52.0	25.1	0.0	5.0	-57.0	0° 方向
	1.625MHz	-54.7	-100.5	45.8	21.6	51.6	X	-52.0	25.1	43.5	5.0	-100.5	90° 方向
	1.625MHz	-54.7	-115.0	60.3	21.6	51.6	O	-52.0	25.1	58.0	5.0	-115.0	180° 方向
	4.625MHz	-54.7	-101.0	46.3	21.6	51.6	X	-52.0	25.1	0.0	49.0	-101.0	0° 方向
	4.625MHz	-54.7	-144.5	89.8	21.6	51.6	O	-52.0	25.1	43.5	49.0	-144.5	90° 方向
	4.625MHz	-54.7	-159.0	104.3	21.6	51.6	O	-52.0	25.1	58.0	49.0	-159.0	180° 方向
	5.125MHz	-54.7	-112.0	57.3	21.6	51.6	O	-52.0	25.1	0.0	60.0	-112.0	0° 方向
5.125MHz	-54.7	-155.5	100.8	21.6	51.6	O	-52.0	25.1	43.5	60.0	-155.5	90° 方向	
5.125MHz	-54.7	-170.0	115.3	21.6	51.6	O	-52.0	25.1	58.0	60.0	-170.0	180° 方向	
5.625MHz	-54.7	-114.0	59.3	21.6	51.6	O	-52.0	25.1	0.0	62.0	-114.0	0° 方向	
5.625MHz	-54.7	-157.5	102.8	21.6	51.6	O	-52.0	25.1	43.5	62.0	-157.5	90° 方向	
5.625MHz	-54.7	-172.0	117.3	21.6	51.6	O	-52.0	25.1	58.0	62.0	-172.0	180° 方向	
4PSK 13Mbps	15.375MHz	-54.7	-127.0	72.3	21.6	51.6	O	-47.0	25.1	0.0	80.0	-127.0	0° 方向
	15.375MHz	-54.7	-170.5	115.8	21.6	51.6	O	-47.0	25.1	43.5	80.0	-170.5	90° 方向
	15.375MHz	-54.7	-185.0	130.3	21.6	51.6	O	-47.0	25.1	58.0	80.0	-185.0	180° 方向
4PSK 19Mbps	20.375MHz	-54.7	-127.0	72.3	21.6	51.6	O	-47.0	25.1	0.0	80.0	-127.0	0° 方向
	20.375MHz	-54.7	-170.5	115.8	21.6	51.6	O	-47.0	25.1	43.5	80.0	-170.5	90° 方向
	20.375MHz	-54.7	-185.0	130.3	21.6	51.6	O	-47.0	25.1	58.0	80.0	-185.0	180° 方向
16QAM 26Mbps	15.375MHz	-54.7	-126.7	72.0	21.6	51.6	O	-46.7	21.7	0.0	80.0	-126.7	0° 方向
	15.375MHz	-54.7	-170.2	115.5	21.6	51.6	O	-46.7	21.7	43.5	80.0	-170.2	90° 方向
	15.375MHz	-54.7	-184.7	130.0	21.6	51.6	O	-46.7	21.7	58.0	80.0	-184.7	180° 方向
16QAM 52Mbps	20.375MHz	-54.7	-123.7	69.0	21.6	51.6	O	-43.7	21.7	0.0	80.0	-123.7	0° 方向
	20.375MHz	-54.7	-167.2	112.5	21.6	51.6	O	-43.7	21.7	43.5	80.0	-167.2	90° 方向
	20.375MHz	-54.7	-181.7	127.0	21.6	51.6	O	-43.7	21.7	58.0	80.0	-181.7	180° 方向
128QAM 52Mbps	15.375MHz	-54.7	-123.7	69.0	21.6	51.6	O	-43.7	21.7	0.0	80.0	-123.7	0° 方向
	15.375MHz	-54.7	-167.2	112.5	21.6	51.6	O	-43.7	21.7	43.5	80.0	-167.2	90° 方向
	15.375MHz	-54.7	-181.7	127.0	21.6	51.6	O	-43.7	21.7	58.0	80.0	-181.7	180° 方向
128QAM 104Mbps	20.375MHz	-54.7	-123.7	69.0	21.6	51.6	O	-43.7	21.7	0.0	80.0	-123.7	0° 方向
	20.375MHz	-54.7	-167.2	112.5	21.6	51.6	O	-43.7	21.7	43.5	80.0	-167.2	90° 方向
	20.375MHz	-54.7	-181.7	127.0	21.6	51.6	O	-43.7	21.7	58.0	80.0	-181.7	180° 方向
*TS 伝送STL/TTL	9.875MHz	-54.7	-108.7	54.0	21.6	51.6	O	-43.7	21.7	0.0	65.0	-108.7	0° 方向
	9.875MHz	-54.7	-152.2	97.5	21.6	51.6	O	-43.7	21.7	43.5	65.0	-152.2	90° 方向
	9.875MHz	-54.7	-166.7	112.0	21.6	51.6	O	-43.7	21.7	58.0	65.0	-166.7	180° 方向
*64QAM 156Mbps	30.625MHz	-54.7	-109.7	55.0	21.6	51.6	O	-44.7	21.7	0.0	65.0	-109.7	0° 方向
	30.625MHz	-54.7	-153.2	98.5	21.6	51.6	O	-44.7	21.7	43.5	65.0	-153.2	90° 方向
	30.625MHz	-54.7	-167.7	113.0	21.6	51.6	O	-44.7	21.7	58.0	65.0	-167.7	180° 方向
*ツリツリTSL	14.375MHz	-54.7	-98.0	34.1	21.6	51.6	X	-45.0	25.5	0.0	43.0	-98.0	0° 方向
	14.375MHz	-54.7	-132.3	77.6	21.6	51.6	O	-45.0	25.5	43.5	43.0	-132.3	90° 方向
	14.375MHz	-54.7	-146.8	92.1	21.6	51.6	O	-45.0	25.5	58.0	43.0	-146.8	180° 方向
*IF 伝送STL/TTL (従来同期標準方式)	9.875MHz	-54.7	-109.7	55.0	21.6	56.6	X	-43.7	21.7	0.0	66.0	-109.7	0° 方向
	9.875MHz	-54.7	-153.2	98.5	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	43.5	66.0	-153.2	90° 方向
	9.875MHz	-54.7	-167.7	113.0	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	58.0	66.0	-167.7	180° 方向

*:D1ch, D1Cch からの副調周波数

表 6-3 被干渉が監視・制御(64QAM)の場合の M・N 帯各変調方式との干渉計算例(3/3)

干渉変調方式	チャンネル間隔 離調周波数	希望レベル (dBm)	干渉レベル 合計(dBm)	計算値C/1 (A)-(B) (dB)	フェージングマージン Fm(dB)	所要C/1 C/N ₀ +Fm (dB)	判定 (C)>(D)	干渉レベル						
								受信レベル (dBm)	Fm (dB)	空中線指向 性減衰量(dB)	干渉軽減係 数IRF(dB)	干渉レベル (dBm)	空中線 分岐角	
音声(4PSK)	0.125MHz	-55.7	-54.7	-1.0	21.6	56.6	X	-54.7	21.6	0.0	0.0	-54.7	0° 方向	
	0.125MHz	-55.7	-90.2	42.5	21.6	56.6	X	-54.7	21.6	43.5	0.0	-90.2	90° 方向	
	0.125MHz	-55.7	-112.7	57.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	0.0	-112.7	180° 方向	
	0.375MHz	-55.7	-112.7	57.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	0.0	58.0	-112.7	0° 方向	
	0.375MHz	-55.7	-156.2	100.5	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	43.5	58.0	-156.2	90° 方向	
	0.375MHz	-55.7	-170.7	115.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	58.0	-170.7	180° 方向	
	0.625MHz	-55.7	-127.7	72.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	0.0	73.0	-127.7	0° 方向	
	0.625MHz	-55.7	-171.2	115.5	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	43.5	73.0	-171.2	90° 方向	
	0.625MHz	-55.7	-185.7	130.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	73.0	-185.7	180° 方向	
	0.375MHz	-55.7	-130.7	75.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	0.0	76.0	-130.7	0° 方向	
	0.375MHz	-55.7	-174.2	118.5	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	43.5	76.0	-174.2	90° 方向	
	0.375MHz	-55.7	-189.7	133.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	76.0	-189.7	180° 方向	
音声(64QAM)	0.125MHz	-55.7	-54.7	-1.0	21.6	56.6	X	-54.7	21.6	0.0	0.0	-54.7	0° 方向	
	0.125MHz	-55.7	-90.2	42.5	21.6	56.6	X	-54.7	21.6	43.5	0.0	-90.2	90° 方向	
	0.125MHz	-55.7	-112.7	57.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	0.0	-112.7	180° 方向	
	0.375MHz	-55.7	-112.7	57.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	0.0	58.0	-112.7	0° 方向	
	0.375MHz	-55.7	-98.7	43.0	21.6	56.6	X	-54.7	21.6	0.0	44.0	-98.7	0° 方向	
	0.375MHz	-55.7	-142.2	86.5	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	43.5	44.0	-142.2	90° 方向	
	0.375MHz	-55.7	-156.7	101.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	44.0	-156.7	180° 方向	
	0.625MHz	-55.7	-114.7	59.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	0.0	60.0	-114.7	0° 方向	
	0.625MHz	-55.7	-158.2	102.5	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	43.5	60.0	-158.2	90° 方向	
	0.625MHz	-55.7	-172.7	117.0	21.6	56.6	O	-54.7	21.6	58.0	60.0	-172.7	180° 方向	
	制御/監視(64QAM)	0MHz	-55.7	-55.7	0.0	21.6	56.6	X	-55.7	21.6	0.0	0.0	-55.7	0° 方向
		0MHz	-55.7	-99.2	43.5	21.6	56.6	X	-55.7	21.6	43.5	0.0	-99.2	90° 方向
0MHz		-55.7	-113.7	58.0	21.6	56.6	O	-55.7	21.6	58.0	0.0	-113.7	180° 方向	
0.25MHz		-55.7	-108.7	53.0	21.6	56.6	X	-55.7	21.6	0.0	53.0	-108.7	0° 方向	
0.25MHz		-55.7	-152.2	96.5	21.6	56.6	O	-55.7	21.6	43.5	53.0	-152.2	90° 方向	
0.25MHz		-55.7	-166.7	111.0	21.6	56.6	O	-55.7	21.6	58.0	53.0	-166.7	180° 方向	
0.5MHz		-55.7	-122.7	67.0	21.6	56.6	O	-55.7	21.6	0.0	67.0	-122.7	0° 方向	
0.5MHz		-55.7	-166.2	110.5	21.6	56.6	O	-55.7	21.6	43.5	67.0	-166.2	90° 方向	
0.5MHz		-55.7	-180.7	125.0	21.6	56.6	O	-55.7	21.6	58.0	67.0	-180.7	180° 方向	
4PSK 3Mbps		10.375MHz	-55.7	-136.7	81.0	21.6	56.6	O	-56.7	21.5	0.0	80.0	-136.7	0° 方向
		10.375MHz	-55.7	-180.2	124.5	21.6	56.6	O	-56.7	21.5	43.5	80.0	-180.2	90° 方向
		10.375MHz	-55.7	-184.7	139.0	21.6	56.6	O	-56.7	21.5	58.0	80.0	-184.7	180° 方向
4PSK 6Mbps	0MHz	-55.7	-55.0	-0.7	21.6	56.6	X	-52.0	25.1	0.0	3.0	-55.0	0° 方向	
	0MHz	-55.7	-98.5	42.8	21.6	56.6	X	-52.0	25.1	43.5	3.0	-98.5	90° 方向	
	0MHz	-55.7	-113.0	57.3	21.6	56.6	O	-52.0	25.1	58.0	3.0	-113.0	180° 方向	
	2MHz	-55.7	-63.0	7.3	21.6	56.6	X	-52.0	25.1	0.0	11.0	-63.0	0° 方向	
	2MHz	-55.7	-106.5	50.8	21.6	56.6	X	-52.0	25.1	43.5	11.0	-106.5	90° 方向	
	2MHz	-55.7	-121.0	65.3	21.6	56.6	O	-52.0	25.1	58.0	11.0	-121.0	180° 方向	
	2.25MHz	-55.7	-69.0	13.3	21.6	56.6	X	-52.0	25.1	0.0	17.0	-69.0	0° 方向	
	2.25MHz	-55.7	-112.5	56.8	21.6	56.6	O	-52.0	25.1	43.5	17.0	-112.5	90° 方向	
	2.25MHz	-55.7	-127.0	71.3	21.6	56.6	O	-52.0	25.1	58.0	17.0	-127.0	180° 方向	
	4.25MHz	-55.7	-113.0	57.3	21.6	56.6	O	-52.0	25.1	0.0	61.0	-113.0	0° 方向	
	4.25MHz	-55.7	-156.5	100.8	21.6	56.6	O	-52.0	25.1	43.5	61.0	-156.5	90° 方向	
	4.25MHz	-55.7	-171.0	115.3	21.6	56.6	O	-52.0	25.1	58.0	61.0	-171.0	180° 方向	
5MHz	-55.7	-114.0	59.3	21.6	56.6	O	-52.0	25.1	0.0	62.0	-114.0	0° 方向		
5MHz	-55.7	-157.5	101.8	21.6	56.6	O	-52.0	25.1	43.5	62.0	-157.5	90° 方向		
5MHz	-55.7	-172.0	116.3	21.6	56.6	O	-52.0	25.1	58.0	62.0	-172.0	180° 方向		
4PSK 13Mbps	15.25MHz	-55.7	-127.0	71.3	21.6	56.6	O	-47.0	25.1	0.0	80.0	-127.0	0° 方向	
	15.25MHz	-55.7	-170.5	114.8	21.6	56.6	O	-47.0	25.1	43.5	80.0	-170.5	90° 方向	
	15.25MHz	-55.7	-185.0	129.3	21.6	56.6	O	-47.0	25.1	58.0	80.0	-185.0	180° 方向	
4PSK 19Mbps	20.25MHz	-55.7	-127.0	71.3	21.6	56.6	O	-47.0	25.1	0.0	80.0	-127.0	0° 方向	
	20.25MHz	-55.7	-170.5	114.8	21.6	56.6	O	-47.0	25.1	43.5	80.0	-170.5	90° 方向	
	20.25MHz	-55.7	-185.0	129.3	21.6	56.6	O	-47.0	25.1	58.0	80.0	-185.0	180° 方向	
16QAM 26Mbps	15.25MHz	-55.7	-126.7	71.0	21.6	56.6	O	-46.7	21.7	0.0	80.0	-126.7	0° 方向	
	15.25MHz	-55.7	-170.2	114.5	21.6	56.6	O	-46.7	21.7	43.5	80.0	-170.2	90° 方向	
	15.25MHz	-55.7	-184.7	129.0	21.6	56.6	O	-46.7	21.7	58.0	80.0	-184.7	180° 方向	
16QAM 52Mbps	20.25MHz	-55.7	-112.7	57.0	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	0.0	69.0	-112.7	0° 方向	
	20.25MHz	-55.7	-156.2	100.5	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	43.5	69.0	-156.2	90° 方向	
	20.25MHz	-55.7	-170.7	115.0	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	58.0	69.0	-170.7	180° 方向	
128QAM 52Mbps	15.25MHz	-55.7	-123.7	68.0	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	0.0	80.0	-123.7	0° 方向	
	15.25MHz	-55.7	-167.2	111.5	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	43.5	80.0	-167.2	90° 方向	
	15.25MHz	-55.7	-181.7	126.0	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	58.0	80.0	-181.7	180° 方向	
128QAM 104Mbps	20.25MHz	-55.7	-123.7	68.0	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	0.0	80.0	-123.7	0° 方向	
	20.25MHz	-55.7	-167.2	111.5	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	43.5	80.0	-167.2	90° 方向	
	20.25MHz	-55.7	-181.7	126.0	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	58.0	80.0	-181.7	180° 方向	
*TS 伝送STL/TTL	9.75MHz	-55.7	-111.7	56.0	21.6	56.6	X	-43.7	21.7	0.0	68.0	-111.7	0° 方向	
	9.75MHz	-55.7	-155.2	99.5	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	43.5	68.0	-155.2	90° 方向	
	9.75MHz	-55.7	-169.7	114.0	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	58.0	68.0	-169.7	180° 方向	
64QAM 156Mbps	30.5MHz	-55.7	-112.7	57.0	21.6	56.6	O	-44.7	21.7	0.0	68.0	-112.7	0° 方向	
	30.5MHz	-55.7	-156.2	100.5	21.6	56.6	O	-44.7	21.7	43.5	68.0	-156.2	90° 方向	
	30.5MHz	-55.7	-170.7	115.0	21.6	56.6	O	-44.7	21.7	58.0	68.0	-170.7	180° 方向	
*ツリツリTSL	14.25MHz	-55.7	-93.8	38.1	21.6	56.6	X	-45.8	25.5	0.0	48.0	-93.8	0° 方向	
	14.25MHz	-55.7	-137.3	81.6	21.6	56.6	O	-45.8	25.5	43.5	48.0	-137.3	90° 方向	
	14.25MHz	-55.7	-151.8	96.1	21.6	56.6	O	-45.8	25.5	58.0	48.0	-151.8	180° 方向	
*IF 伝送STL/TTL (従来同期標準方式)	8.75MHz	-55.7	-112.7	57.0	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	0.0	69.0	-112.7	0° 方向	
	8.75MHz	-55.7	-156.2	100.5	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	43.5	69.0	-156.2	90° 方向	
	8.75MHz	-55.7	-170.7	115.0	21.6	56.6	O	-43.7	21.7	58.0	69.0	-170.7	180° 方向	

*D1ch, D1Cch からの離調周波数

表 7-1 与干渉が音声回線(4PSK)の場合の M・N 帯各変調方式との干渉計算例(1/3)

被干渉変調方式	チャンネル間隔 (副調周波数)	希望波レベル (dBm)	干渉波レベル 合計(dBm)	計算値C/1 (A)-(B) (dB)	フェージングマージン Fmr (dB)	所要C/N C/N _{req} +Fmr (dB)	判定 (C)>(D)	干渉レベル					
								受信レベル (dBm)	Fm (dB)	空中線指向 性減衰量(dB)	干渉軽減係 数IRF (dB)	干渉レベル (dBm)	空中線 分岐角
4PSK 3Mbps	10.375MHz	-56.7	-134.7	78.0	21.5	47.0	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	10.375MHz	-56.7	-178.2	121.5	21.5	47.0	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	10.375MHz	-56.7	-182.7	136.0	21.5	47.0	○	-54.7	21.6	58.0	80.0	-182.7	180° 方向
4PSK 6Mbps	0.125MHz	-52.0	-52.7	0.7	25.1	50.2	×	-54.7	21.6	0.0	-2.0	-52.7	0° 方向
	0.125MHz	-52.0	-86.2	44.2	25.1	50.2	×	-54.7	21.6	43.5	-2.0	-86.2	90° 方向
	0.125MHz	-52.0	-110.7	58.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	58.0	-2.0	-110.7	180° 方向
	2.125MHz	-52.0	-59.7	7.7	25.1	50.2	×	-54.7	21.6	0.0	5.0	-59.7	0° 方向
	2.125MHz	-52.0	-103.2	51.2	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	43.5	5.0	-103.2	90° 方向
	2.125MHz	-52.0	-117.7	65.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	58.0	5.0	-117.7	180° 方向
	2.625MHz	-52.0	-88.7	36.7	25.1	50.2	×	-54.7	21.6	0.0	34.0	-88.7	0° 方向
	2.625MHz	-52.0	-132.2	80.2	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	43.5	34.0	-132.2	90° 方向
	2.625MHz	-52.0	-146.7	94.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	58.0	34.0	-146.7	180° 方向
	3.125MHz	-52.0	-103.7	51.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	0.0	48.0	-103.7	0° 方向
3.125MHz	-52.0	-147.2	85.2	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	43.5	48.0	-147.2	90° 方向	
4PSK 13Mbps	15.375MHz	-47.0	-134.7	87.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	15.375MHz	-47.0	-178.2	131.2	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	15.375MHz	-47.0	-182.7	145.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	58.0	80.0	-182.7	180° 方向
4PSK 19Mbps	20.375MHz	-47.0	-134.7	87.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	20.375MHz	-47.0	-178.2	131.2	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	20.375MHz	-47.0	-182.7	145.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	58.0	80.0	-182.7	180° 方向
16QAM 26Mbps	15.375MHz	-46.7	-134.7	88.0	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	15.375MHz	-46.7	-178.2	131.5	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	15.375MHz	-46.7	-182.7	146.0	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	58.0	80.0	-182.7	180° 方向
16QAM 52Mbps	20.375MHz	-43.7	-134.7	91.0	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	20.375MHz	-43.7	-178.2	134.5	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	20.375MHz	-43.7	-182.7	149.0	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	58.0	80.0	-182.7	180° 方向
128QAM 52Mbps	15.375MHz	-43.7	-134.7	91.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	15.375MHz	-43.7	-178.2	134.5	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	15.375MHz	-43.7	-182.7	149.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	65.0	80.0	-182.7	180° 方向
128QAM 104Mbps	20.375MHz	-43.7	-134.7	91.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	20.375MHz	-43.7	-178.2	134.5	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	20.375MHz	-43.7	-182.7	149.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	65.0	80.0	-182.7	180° 方向
*TS伝送STL/TTL	8.875MHz	-43.7	-115.7	72.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	0.0	61.0	-115.7	0° 方向
	8.875MHz	-43.7	-159.2	115.5	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	43.5	61.0	-159.2	90° 方向
	8.875MHz	-43.7	-173.7	130.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	58.0	61.0	-173.7	180° 方向
64QAM 156Mbps	30.625MHz	-44.7	-104.7	60.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	0.0	50.0	-104.7	0° 方向
	30.625MHz	-44.7	-171.7	127.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	67.0	50.0	-171.7	90° 方向
	30.625MHz	-44.7	-171.7	127.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	67.0	50.0	-171.7	180° 方向
*ツリツリTSL	14.375MHz	-45.8	-134.7	88.9	25.5	55.5	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	14.375MHz	-45.8	-178.2	132.4	25.5	55.5	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	14.375MHz	-45.8	-182.7	146.9	25.5	55.5	○	-54.7	21.6	58.0	80.0	-182.7	180° 方向
*IF伝送STL/TTL (注:同期標準方式)	8.875MHz	-43.7	-106.7	63.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	0.0	52.0	-106.7	0° 方向
	8.875MHz	-43.7	-150.2	106.5	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	43.5	52.0	-150.2	90° 方向
	8.875MHz	-43.7	-164.7	121.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	58.0	52.0	-164.7	180° 方向

*:D1ch, D1Cch からの副調周波数

表 7-2 与干渉が音声回線(64QAM)の場合の M・N 帯各変調方式との干渉計算例(2/3)

被干渉変調方式	チャンネル間隔 (副調周波数)	希望波レベル (dBm)	干渉波レベル 合計(dBm)	計算値C/1 (A)-(B) (dB)	フェージングマージン Fmr (dB)	所要C/N C/N _{req} +Fmr (dB)	判定 (C)>(D)	干渉レベル					
								受信レベル (dBm)	Fm (dB)	空中線指向 性減衰量(dB)	干渉軽減係 数IRF (dB)	干渉レベル (dBm)	空中線 分岐角
4PSK 3Mbps	10.375MHz	-56.7	-134.7	78.0	21.5	47.0	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	10.375MHz	-56.7	-178.2	121.5	21.5	47.0	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	10.375MHz	-56.7	-182.7	136.0	21.5	47.0	○	-54.7	21.6	58.0	80.0	-182.7	180° 方向
4PSK 6Mbps	0.125MHz	-52.0	-51.7	-0.3	25.1	50.2	×	-54.7	21.6	0.0	-3.0	-51.7	0° 方向
	0.125MHz	-52.0	-85.2	43.2	25.1	50.2	×	-54.7	21.6	43.5	-3.0	-85.2	90° 方向
	0.125MHz	-52.0	-109.7	57.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	58.0	-3.0	-109.7	180° 方向
	1.625MHz	-52.0	-52.7	0.7	25.1	50.2	×	-54.7	21.6	0.0	-2.0	-52.7	0° 方向
	1.625MHz	-52.0	-86.2	44.2	25.1	50.2	×	-54.7	21.6	43.5	-2.0	-86.2	90° 方向
	1.625MHz	-52.0	-110.7	58.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	58.0	-2.0	-110.7	180° 方向
	2.125MHz	-52.0	-104.7	52.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	0.0	50.0	-104.7	0° 方向
	2.125MHz	-52.0	-148.2	96.2	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	43.5	50.0	-148.2	90° 方向
	2.125MHz	-52.0	-162.7	110.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	58.0	50.0	-162.7	180° 方向
	2.625MHz	-52.0	-126.7	74.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	0.0	72.0	-126.7	0° 方向
2.625MHz	-52.0	-170.2	118.2	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	43.5	72.0	-170.2	90° 方向	
4PSK 13Mbps	15.375MHz	-47.0	-134.7	87.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	15.375MHz	-47.0	-178.2	131.2	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	15.375MHz	-47.0	-182.7	145.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	58.0	80.0	-182.7	180° 方向
4PSK 19Mbps	20.375MHz	-47.0	-134.7	87.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	20.375MHz	-47.0	-178.2	131.2	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	20.375MHz	-47.0	-182.7	145.7	25.1	50.2	○	-54.7	21.6	58.0	80.0	-182.7	180° 方向
16QAM 26Mbps	15.375MHz	-46.7	-134.7	88.0	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	15.375MHz	-46.7	-178.2	131.5	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	15.375MHz	-46.7	-182.7	146.0	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	58.0	80.0	-182.7	180° 方向
16QAM 52Mbps	20.375MHz	-43.7	-134.7	91.0	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	20.375MHz	-43.7	-178.2	134.5	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	20.375MHz	-43.7	-182.7	149.0	21.7	54.2	○	-54.7	21.6	58.0	80.0	-182.7	180° 方向
128QAM 52Mbps	15.375MHz	-43.7	-134.7	91.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	15.375MHz	-43.7	-178.2	134.5	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	15.375MHz	-43.7	-182.7	149.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	65.0	80.0	-182.7	180° 方向
128QAM 104Mbps	20.375MHz	-43.7	-134.7	91.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	0.0	80.0	-134.7	0° 方向
	20.375MHz	-43.7	-178.2	134.5	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	43.5	80.0	-178.2	90° 方向
	20.375MHz	-43.7	-182.7	149.0	21.7	61.7	○	-54.7	21.6	65.0	80.0	-182.7	180° 方向
*TS伝送STL/TTL	8.875MHz	-43.7	-115.7	72.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	0.0	61.0	-115.7	0° 方向
	8.875MHz	-43.7	-159.2	115.5	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	43.5	61.0	-159.2	90° 方向
	8.875MHz	-43.7	-173.7	130.0	21.7	56.7	○	-54.7	21.6	58.0	61.0	-173.7	180° 方向
64QAM 156Mbps	30.625MHz	-44.7	-104.7	60.0									

表 7-3 与干渉が監視・制御(64QAM)の場合の M・N 帯各変調方式との干渉計算例(3/3)

被干渉変調方式	チャンネル間隔 (離調周波数)	希望波レベル (dBm)	干渉波レベル 合計(dBm)	計算値C/1 (A)-(B) (dB)	フェージングマージン Fm (dB)	所要C/1 C/Nis+Fm (dB)	判定 (C)>(D)	干渉レベル					
								受信レベル (dBm)	Fm (dB)	空中線指向 性減衰量(dB)	干渉軽減係 数IRF (dB)	干渉レベル (dBm)	空中線 分岐角
4PSK 3Mbps	10.375MHz	-56.7	-135.7	79.0	21.5	47.0	○	-55.7	21.6	0.0	80.0	-135.7	0° 方向
	10.375MHz	-56.7	-179.2	122.5	21.5	47.0	○	-55.7	21.6	43.5	80.0	-179.2	90° 方向
	10.375MHz	-56.7	-193.7	137.0	21.5	47.0	○	-55.7	21.6	58.0	80.0	-193.7	180° 方向
4PSK 6Mbps	0MHz	-52.0	-51.7	-0.3	25.1	50.2	×	-55.7	21.6	0.0	-4.0	-51.7	0° 方向
	0MHz	-52.0	-95.2	43.2	25.1	50.2	×	-55.7	21.6	43.5	-4.0	-95.2	90° 方向
	0MHz	-52.0	-109.7	57.7	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	58.0	-4.0	-109.7	180° 方向
	2MHz	-52.0	-95.7	43.7	25.1	50.2	×	-55.7	21.6	0.0	40.0	-95.7	0° 方向
	2MHz	-52.0	-139.2	87.2	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	43.5	40.0	-139.2	90° 方向
	2MHz	-52.0	-153.7	101.7	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	58.0	40.0	-153.7	180° 方向
	2.25MHz	-52.0	-103.7	51.7	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	0.0	48.0	-103.7	0° 方向
	2.25MHz	-52.0	-147.2	95.2	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	43.5	48.0	-147.2	90° 方向
	2.25MHz	-52.0	-161.7	109.7	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	58.0	48.0	-161.7	180° 方向
	2.5MHz	-52.0	-120.7	68.7	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	0.0	65.0	-120.7	0° 方向
	2.5MHz	-52.0	-164.2	112.2	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	43.5	65.0	-164.2	90° 方向
2.5MHz	-52.0	-178.7	126.7	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	58.0	65.0	-178.7	180° 方向	
4PSK 13Mbps	15.25MHz	-47.0	-135.7	88.7	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	0.0	80.0	-135.7	0° 方向
	15.25MHz	-47.0	-179.2	132.2	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	43.5	80.0	-179.2	90° 方向
	15.25MHz	-47.0	-193.7	146.7	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	58.0	80.0	-193.7	180° 方向
4PSK 19Mbps	20.25MHz	-47.0	-135.7	88.7	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	0.0	80.0	-135.7	0° 方向
	20.25MHz	-47.0	-179.2	132.2	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	43.5	80.0	-179.2	90° 方向
	20.25MHz	-47.0	-193.7	146.7	25.1	50.2	○	-55.7	21.6	58.0	80.0	-193.7	180° 方向
16QAM 26Mbps	15.25MHz	-46.7	-135.7	89.0	21.7	54.2	○	-55.7	21.6	0.0	80.0	-135.7	0° 方向
	15.25MHz	-46.7	-179.2	132.5	21.7	54.2	○	-55.7	21.6	43.5	80.0	-179.2	90° 方向
	15.25MHz	-46.7	-193.7	147.0	21.7	54.2	○	-55.7	21.6	58.0	80.0	-193.7	180° 方向
16QAM 52Mbps	20.25MHz	-43.7	-135.7	92.0	21.7	54.2	○	-55.7	21.6	0.0	80.0	-135.7	0° 方向
	20.25MHz	-43.7	-179.2	135.5	21.7	54.2	○	-55.7	21.6	43.5	80.0	-179.2	90° 方向
	20.25MHz	-43.7	-200.7	157.0	21.7	54.2	○	-55.7	21.6	65.0	80.0	-200.7	180° 方向
128QAM 52Mbps	15.25MHz	-43.7	-135.7	92.0	21.7	61.7	○	-55.7	21.6	0.0	80.0	-135.7	0° 方向
	15.25MHz	-43.7	-179.2	135.5	21.7	61.7	○	-55.7	21.6	43.5	80.0	-179.2	90° 方向
	15.25MHz	-43.7	-200.7	157.0	21.7	61.7	○	-55.7	21.6	65.0	80.0	-200.7	180° 方向
128QAM 104Mbps	20.25MHz	-43.7	-135.7	92.0	21.7	61.7	○	-55.7	21.6	0.0	80.0	-135.7	0° 方向
	20.25MHz	-43.7	-179.2	135.5	21.7	61.7	○	-55.7	21.6	43.5	80.0	-179.2	90° 方向
	20.25MHz	-43.7	-193.7	150.0	21.7	61.7	○	-55.7	21.6	58.0	80.0	-193.7	180° 方向
*TS 伝送STL/TTL	9.75MHz	-43.7	-117.7	74.0	21.7	56.7	○	-55.7	21.6	0.0	62.0	-117.7	0° 方向
	9.75MHz	-43.7	-161.2	117.5	21.7	56.7	○	-55.7	21.6	43.5	62.0	-161.2	90° 方向
	9.75MHz	-43.7	-175.7	132.0	21.7	56.7	○	-55.7	21.6	58.0	62.0	-175.7	180° 方向
64QAM 156Mbps	30.5MHz	-44.7	-105.7	61.0	21.7	56.7	○	-55.7	21.6	0.0	50.0	-105.7	0° 方向
	30.5MHz	-44.7	-149.2	104.5	21.7	56.7	○	-55.7	21.6	43.5	50.0	-149.2	90° 方向
	30.5MHz	-44.7	-163.7	119.0	21.7	56.7	○	-55.7	21.6	58.0	50.0	-163.7	180° 方向
*ツツ&TSL	14.25MHz	-45.8	-135.7	89.9	25.5	55.5	○	-55.7	21.6	0.0	80.0	-135.7	0° 方向
	14.25MHz	-45.8	-179.2	133.4	25.5	55.5	○	-55.7	21.6	43.5	80.0	-179.2	90° 方向
	14.25MHz	-45.8	-193.7	147.9	25.5	55.5	○	-55.7	21.6	58.0	80.0	-193.7	180° 方向
*IF 伝送STL/TTL (従属同務標準方式)	9.75MHz	-43.7	-105.7	62.0	21.7	61.7	○	-55.7	21.6	0.0	50.0	-105.7	0° 方向
	9.75MHz	-43.7	-149.2	105.5	21.7	61.7	○	-55.7	21.6	43.5	50.0	-149.2	90° 方向
	9.75MHz	-43.7	-163.7	120.0	21.7	61.7	○	-55.7	21.6	58.0	50.0	-163.7	180° 方向

*:D1ch, D1Cch からの離調周波数

音声回線の伝送容量

放送事業者がマスター設備(本社演奏所にて放送用信号を管理し、音声STL装置への信号を出力する設備)をデジタル化する際、音声品質は業務用標準規格(IEC-60958)の中から選定している。

この規格は当初AES/EBU(Audio Engineering Society/European Broadcasting Union)で規定され、現在では国際的な業務用デジタルオーディオ標準規格となっている。各放送事業者はその規格(サンプリング周波数48kHz、量子化ビット数24ビット、又はサンプリング周波数48kHz、量子化ビット数20ビット又はサンプリング周波数48kHz、量子化ビット数16ビットの3種類)の中から選択しシステムを構築している。その際サンプリング周波数48kHz、量子化ビット数24ビットでマスター設備を構築する例も多い。

音声STL/TTL装置としては、上記音声ステレオ信号を送信所まで低遅延で劣化無く伝送すると共にその他放送業務用として必要な補助信号を伝送する必要がある。

音声ステレオ信号を低遅延で伝送する際、上記規格の内サンプリング周波数を48kHz、量子化ビット数24ビットとした場合、非圧縮で伝送となると音声ステレオ信号における伝送容量は2304kbpsとなる。

また補助信号としては、送信装置や局舎設備への制御用リモコン信号や打ち合わせ用信号が想定される。その想定されるビットレートは事業者ごとに若干異なるが通常36kbps程度と考えることができる。

従って、上記音声ステレオ信号及び補助信号を音声STL/TTL装置で伝送する場合、その総伝送容量は伝送路での様々なノイズに対する誤り訂正用信号付加まで考えると約2500kbpsとなる。

しかしM・N帯への移行に際して、64QAM変調方式等多値化を図ったとしても、音声STL/TTL装置として2500kbpsを伝送しようとした場合、現実的なロールオフ率(0.2以上)では周波数安定度も考慮すると、音声STL/TTL装置のエネルギー幅は3.5GHz帯現行規格でのチャンネル幅(500kHz)を超えてしまい、周波数の有効利用に寄与する規格とは言い難いものとなる。

そこで上記の高品質、低遅延という理想的な伝送品質を確保するという観点と多値化を図ることによる周波数の有効利用の観点とのバランスを考慮したうえで音声STL/TTL装置での伝送品質を考慮する必要がある。

音声信号用として上記AES/EBUの規格の中からサンプリング周波数を48kHz、量子化ビット数を20ビットとした上で前記補助信号も伝送した場合、誤り訂正を付加した音声STL/TTL装置としての総伝送容量は表1のとおり2250kbpsとなる。

総伝送容量が2250kbpsの場合、現実的なロールオフ率及び周波数安定度を考慮しても音声STL/TTL装置の変調方式が64QAM変調方式の場合、そのエネルギー幅は500kHz未満となる。

すなわち、量子化ビット数が20ビットの場合、3.5GHz帯での規格であるチャネル幅500kHz以下を満足したまま、高品質、低遅延な伝送品質を確保できる。

従って、表1に最大伝送容量例として示す伝送容量である2250kbps以下が適当である。

表1 音声 STL/TTL 最大伝送容量(例)

項目	容量	備考(現行 4PSK)
音声(L)	960kbps(注1)	192kbps(注2)
音声(R)	960kbps(注1)	192kbps(注2)
打合せ・リモコン制御	32kbps	32kbps
ステレオ／モノラル制御	4kbps	4kbps
誤り訂正信号等	294kbps	124kbps
合計	2250kbps	544kbps

注1: 量子化ビット数 20bit、48kHz サンプリング、非圧縮

注2: 16bit、48kHz サンプリング、1/4 圧縮

なお、近年ロスレスの圧縮技術も開発されつつあるが、遅延時間の問題やラジオ放送局向け製品開発が遅れていることから、今回の審議からは除外した。

小口径空中線の導入について

1 既存業務用空中線の現状

M・N帯を使用している既存業務用デジタルSHF帯回線では、128QAM方式導入時の「自営用デジタルSHF帯固定局大容量化・ナロー化委員会(平成11年3月)」報告では、表1-1「既存業務用小口径アンテナの指向性」に示すとおり単純なパラボラアンテナでは、受信空中線特性を満足することは困難であり、遮蔽板等の取付、あるいはカセグレン形ないしはオフセット形の空中線の採用が必要であり、このような高性能化が行われない小口径の空中線に対して、受信空中線特性を緩和しての使用は、これまで使用している回線を保護する観点から安易に認めていくべきではないとしている。

また、実際の小口径空中線の使用アンテナ形式としては、遮蔽板又は、シートレームを使用したものが主に使用されている。

2 デジタル方式映像 STL/TTL 用空中線の現状

デジタル方式映像 STL/TTL 用の送受信空中線特性として、単一周波数帯域用に対応する2.0mφ以下の空中線特性が、表1-2「デジタル方式映像 STL/TTL 用7GHz帯小口径アンテナ」に示すカセグレン形等を使用したもので実用化されている。

また、空中線としては放送事業用のC帯及びD帯を含めた近接周波数帯共用として使用周波数帯域で単一周波数帯用の送受信空中線規格に対応することが可能となっている。

3 小口径空中線の適用について

送受信空中線規格単一周波数帯用を満足すれば、既存業務用と同一規格による空中線を使用することとなり、検討結果に基づく回線条件範囲内にて使用することで、他の回線へ大きく影響を与えるものではないと考えられる。

小口径空中線を使用する場合には、短距離伝送路にて空中線利得が小さくても使用可能となる場合と、ラジオ放送用送信柱等空中線取付の搭載制限にての使用する場合が想定される。標準的伝送距離と短距離伝送路で小口径空中線を使用し

た場合のデジタル方式映像 TSL、デジタル方式音声 STL/TTL/TSL 及びデジタル方式監視・制御用固定回線の設計比較を表 1-3 から表 1-5 に示す。

短距離伝送路では、標準伝送路より距離が短い事で所要フェージングマージンが少なくなり、所要受信電力が低く設定される。また、伝搬損失も小さくなることで標準的伝送距離の場合と同じか又は、数 dB 高い程度の送信器出力で小口径空中線を使用して回線構築が可能となる。

また、ラジオ放送用送信柱等の搭載条件で標準的な伝送距離において受信側に小口径空中線を使用する場合には、受信電力範囲を満足するために送信空中線の開口径を標準的伝送距離で使用する空中線開口径より大きくする必要がある。

短距離伝送路で送信空中線に小口径空中線を使用した場合、他回線への混信となる送信機出力は標準的伝送距離の場合と同じか又はそれ以下である。また空中線指向性減衰量も正対方向以外での送受信空中線利得は開口径に拘わらず同じであり、例えば 90 度方向では 0[dBi]と規定されているので他回線への与干渉となる絶対利得は同じかそれ以下となる。

以上のことから標準区間での正対方向以外での等価等方輻射電力の絶対値と同程度以下の場合には、小口径空中線を使用した回線構築が可能である。

短距離伝送路では、所要受信入力範囲が低く設定されるので送信側に小口径空中線を使用することが可能である。

以上のことから小口径空中線を使用した回線構築は、使用可能となる回線に限られるが、既存業務用と同じく、小口径空中線の送受信空中線規格を緩和するものではない限りにおいて、小口径空中線を使用することで既存の回線及び、後から回線構築する回線に対して不利にはならないと考えられる。

表2 デジタル方式映像STL/TTL用7GHz帯小口径空中線

アンテナ開口径	0.9m φ	1.2m φ	1.8m φ	2.0m φ
周波数帯域	6425MHz ~ 7125MHz			
定在波比	周波数帯域にて1.20以下			
偏波面	単一偏波(水平偏波) 又は 垂直偏波(垂直偏波) 又は 複偏波(垂直偏波 及び 水平偏波)			
絶対利得	6.5GHz	30.6dBi以上	33.7dBi以上	37.2dBi以上
	6.7GHz	30.8dBi以上	34.0dBi以上	38.0dBi以上
	7GHz	31.0dBi以上	34.4dBi以上	37.9dBi以上
電力半値巾	約3.5度			
指向性	送受信空中線特性 単一周波数帯用に対応			
交差偏波識別度	28dB以上			
空中線形式	カセグレン形	ニヤフィードグレゴリアン形 又は カセグレン形		

注1 指向性規格(送受信空中線特性 単一周波数帯用)

$$\begin{aligned}
 0^\circ \leq \theta \leq 4^\circ & 47.6 - 1.26 \theta \text{ (dBi)} \\
 4^\circ \leq \theta \leq 40^\circ & 44.0 - 27.5 \log \theta \text{ (dBi)} \\
 40^\circ \leq \theta \leq 90^\circ & 0 \text{ (dBi)} \\
 90^\circ \leq \theta \leq 110^\circ & 67.5 - 0.75 \theta \text{ (dBi)} \\
 110^\circ \leq \theta & -15 \text{ (dBi)}
 \end{aligned}$$

注2 ニヤフィードグレゴリアン形のアンテナ利得

レドーム無しの状態にて6.7GHzは開口効率50%、6.5GHz及び、7GHzは開口効率45%

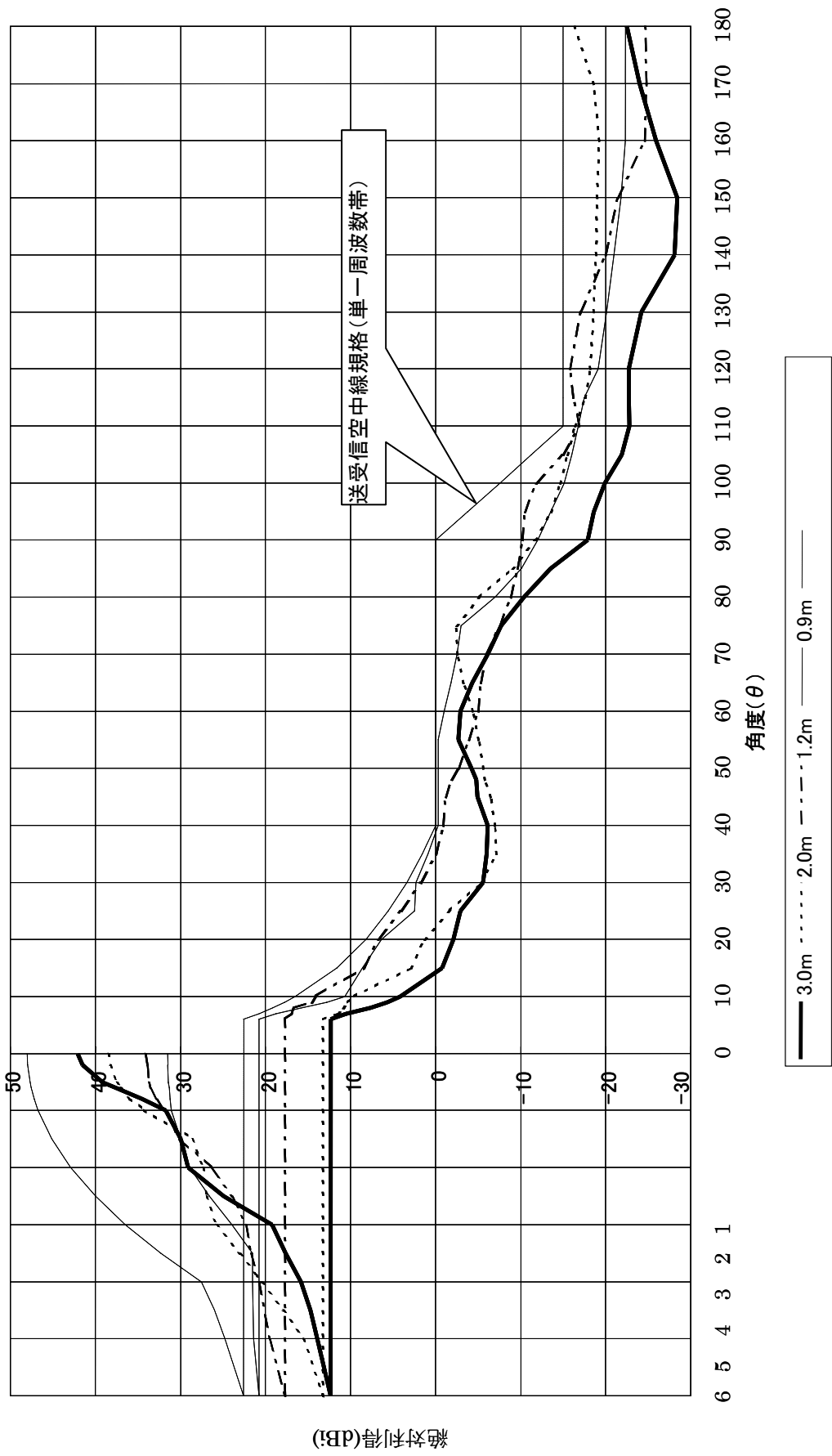


図1 M帯 パラボラアンテナ標準指向性

表3 デジタル方式映像TSL例比較

アンテナ開口径		伝搬距離	空中線電力	所要FMr	給電等損失		伝搬損失	標準受信入力電力		許容回線品質	備考
送信側	受信側				送信系	受信系		設計値	受信入力範囲		
3.0m φ	3.0m φ	50km	27dBm	25.5dB	6.0dB	9.0dB	142.9dB	-	-45.8±3dB	5.00E-03 %	
			500mW					45.9dBm			
1.2m φ	1.2m φ	15km	26dBm	10.7dB	6.0dB	9.0dB	132.4dB	-	-53.2±3dB	1.50E-03 %	
			400mW					53.4dBm			

表4 デジタル方式監視・制御用固定回線 回線例比較

アンテナ開口径		伝搬距離	送信器出力	所要FMr	給電等損失		伝搬損失	標準受信入力電力		許容回線品質	備考
送信側	受信側				送信系	受信系		設計値	受信入力範囲		
3.0m φ	3.0m φ	50km	20dBm	21.6dB	7.5dB	10.0dB	142.9dB	-	-55.7±3dB	2.00E-03 %	
			100mW					55.4dBm			
0.9m φ	1.2m φ	15km	26.0dBm	14.7dB	7.5dB	10.0dB	132.4dB	-	-59.2±3dB	6.00E-04 %	
			400mW					58.9dBm			

表5 デジタル方式音声STL/TTL/TSL回線(64QAM方式)回線例比較

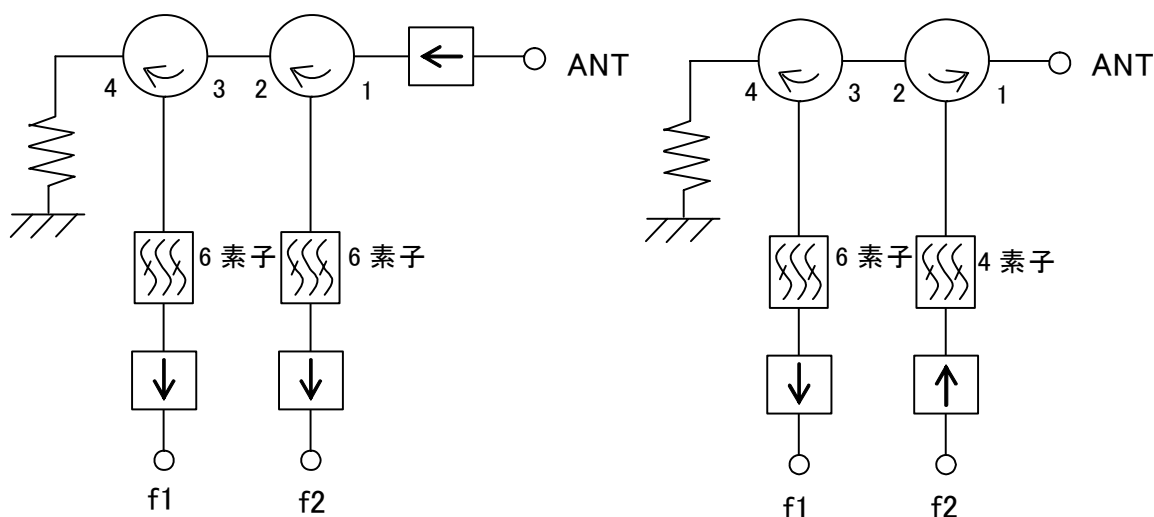
アンテナ開口径		伝搬距離	送信器出力	所要FMr	給電等損失		伝搬損失	標準受信入力電力		許容回線品質	備考
送信側	受信側				送信系	受信系		設計値	受信入力範囲		
3.0m φ	3.0m φ	50km	20dBm	21.6dB	6.5dB	9.0dB	142.9dB	53.4dBm	-54.7±3dB	2.00E-03 %	
			100mW								
4.0m φ	1.2m φ	50km	24.8dBm	21.6dB	6.5dB	9.0dB	142.9dB	54.7dBm	-54.7±3dB	2.00E-03 %	
			300mW								
0.9m φ	1.2m φ	15km	24.8dBm	14.7dB	6.5dB	9.0dB	132.4dB	58.3dBm	-58.2±3dB	6.00E-04 %	
			300mW	B							

計算周波数帯 M帯、伝搬路 平野 伝搬路高:100m

共用器の検討

1. 共用器を用いた回線共用の現状

現行の3.5GHz帯の音声・監視・制御回線、及び映像STL/TTL/TSL等の共用器を用いた回線共用は、①監視回線と制御回線の送受信共用、②NHKラジオ第1放送と第2放送の音声STLの送信又は受信2回線共用、③FPU受信基地局の制御回線と映像TSLの共用、④ラジオ送信所での音声STLと制御・監視回線の共用等共用器を使用した回線共用が行われている。平行回線及び、送受信回線において一般的に使用されている2波共用器の構成例を図1に示す。



平行回線用受信 2 波共用器構成例

送受信回線用 2 波共用器構成例

図1 共用器構成例

平行回線(送信共用回線又は受信共用回線)の共用器構成、は共用する相互のチャンネル間の減衰量すくなくいと所要チャンネル帯域内の伝送特性が劣化ため高周波ろ波器の減衰量は共用チャンネルに於いて 30dB 以上必要となる。

共用する相互のチャンネルに対し所要の減衰量を得るため 3.5GHz 帯の音声回線共用器は、チャンネル間隔を 5MHz 以上として4素子有極ろ波器等を使用して構成し、M・N帯のデジタル方式 STL/TTLにおいてもチャンネル相互の減衰量が 30dB 以上確保するため 20MHz 以上チャンネル間隔を離して構成している。

また、送受信共用の場合は、受信チャンネルに対する送信側からの回り込みに対して所要 C/I(又は S/I)を確保できる構成とし、3.5GHz 帯ではデジタル方式の場合は送受信間干渉(C/Nrt)25dB 以上、アナログ方式音声 STL 回線は 70dB 以上、監視・制御回線は 55dB 以上の S/Iを確保している。また、送受信混変調及び、受信高周波増幅器の飽和を防ぐために高周波ろ波器及びサーキュレータ等の減衰特性を含めた送信器側から受信器側への電力漏洩量を-40dBm 程度以下になる形で構成している。

このため、送信器出力、所要受信電力、伝送方式及び共用する回線条件等により共用可能なチャンネル間隔が異なり、共用器構成を設計するにあたっては減衰特性が急峻な多素子有極ろ波器や、音声・監視・制御回線等の狭帯域チャンネルでは妨害波を阻止するため帯域阻止ろ波器等が使用されている。

2. 音声・制御・監視間の回線共用

2.1 受信共用

平行回線の場合、所要受信電力は同じであることから干渉軽減係数(以下「IRF」という。)が C/Iとなる。高周波ろ波器による減衰がない隣接チャンネルにおいて同一方式間及び 64QAM 方式の監視・制御回線と音声回線では、同一ルート干渉の所要 C/I は 39dB を満足し、共用可能となる。(別紙 9 各変調方式間の干渉軽減係数 参照)

また 4PSK 音声回線と 64QAM 方式の監視・制御回線又は音声回線方式との共用では、次隣接チャンネルで共用可能となる。

高周波フィルターの減衰量が 30dB 以上あれば、共用可能であることから共用器通過損失が数 dB 増加しても良い回線であれば、高周波フィルターに減衰特性が急峻となる 6 素子有極ろ波器を使用することで 5.5MHz 離れで共用とすることが可能となる。高周波ろ波器の通過損失の他に合成・分配損失として送受信合計で約 7dB の通過損失が増加しても良い回線であれば、3dB 方向性結合器による合成・分配を使用した構成で隣接又は、次隣接による共用が可能となる。

2.2 送受共用

送受信共用では妨害波の希望波への回り込みに対する所要 C/I は、異ルート干渉となり 56.6dB (伝送距離: 50km、空中線高(平野): 100m 以上) 以上あれば共用可能となる。

所要受信電力は、監視・制御回線 -55.7dBm、音声回線 -54.7dBm に対して、妨害波は、高周波回路損失、共用器等の通過損失及び、サーキュレータによる減衰を受けて受信側に回り込み、この D/U に IRF + 高周波ろ波器の減衰特性を加えた値が C/I となる。混変調及び、受信高周波増幅器の飽和を防ぐために高周波ろ波器の減衰特性を含めた受信器側への送信電力漏洩量を -40dBm 以下する必要がある。例えば送信機出力 20dBm の場合、共用器の受信側には、高周波ろ波器の他に送信出力の回りこみ阻止ろ波器として、音声回線(64QAM、4PSK 方式含む)では 10dB 以上、監視・制御回線では 25dB 以上の阻止減衰量を有する 4 素子帯域阻止ろ波器と組み合わせ送受信中心周波数差は、音声回線は 4MHz 以上、制御・監視回線は 3MHz 以上で共用可能となる。

表1 音声・制御・監視回線の同一方式間共用器干渉例

伝送方式	監視・制御回線		音声回線(64QAM)		
共用組合せ	平行回線	送受信回線	平行回線	送受信回線	
妨害波入力 U 波	-55.7dBm	-10.5dBm	-54.7dBm	-10.5dBm	
希望波入力 D 波	-55.7dBm	-55.7dBm	-54.7dBm	-54.7dBm	
D/U	0.0dB	-45.2dB	0.0dB	-44.2dB	
高周波ろ波器減衰量	0dB	35dB	0dB	30dB	
	周波数間隔	250kHz	3MHz	500kHz	4MHz
干渉軽減 係数	IRF	53.0dB	80.0dB	49.0dB	80.0dB
	周波数間隔	250kHz	1MHz	500kHz	1MHz
C/I	53.0dB	69.8dB	49.0dB	65.8dB	
所要 C/I	39dB	56.6dB	39dB	56.6dB	
C/I マージン	14.0dB	13.2dB	10.0dB	9.2dB	

注1 : 帯域阻止ろ波器の減衰量含む。

表2 音声回線と制御・監視回線間共用器干渉

妨害波伝送方式	音声回線(64QAM)	監視・制御回線
希望波伝送方式	監視・制御回線	音声回線(64QAM)

共用組合せ	平行回線	送受信回線	平行回線	送受信回線	
妨害波入力 U 波	-54.7dBm	-10.5dBm	-55.7dBm	-10.5dBm	
希望波入力 D 波	-55.7dBm	-55.7dBm	-54.7dBm	-54.7dBm	
D/U	-1.0dB	-45.2dB	1.0dB	-44.2dB	
高周波ろ波器減衰量	0dB	30dB	0dB	35dB	
	周波数間隔 注	375kHz	4MHz	375kHz	3MHz
干渉軽減	IRF	44.0dB	80.0dB	52.0dB	67.0dB
係数	周波数間隔注 2	375kHz	1.125MHz	375kHz	625kHz
C/I	43dB	64.8dB	53.0dB	57.8dB	
所要 C/I	39dB	56.6dB	39dB	56.6dB	
C/I マージン	4.0dB	8.2dB	14.0dB	1.2dB	

注 1 帯域:阻止ろ波器の減衰量含む。

表3 4PSK 方式と 64QAM 方式での音声回線間共用器干渉

妨害波伝送方式	音声回線(64QAM)		音声回線(4PSK)		
希望波伝送方式	音声回線(4PSK)		音声回線(64QAM)		
共用組合せ	平行回線	送受信回線	平行回線	送受信回線	
妨害波入力 U 波	-54.7dBm	-10.5dBm	-48.7dBm	-10.5dBm	
希望波入力 D 波	-54.7dBm	-54.7dBm	-48.7dBm	-54.7dBm	
D/U	0.0dB	-44.2dB	0.0dB	-44.2dB	
高周波ろ波器減衰量	0dB	30dB	0dB	30dB	
	周波数間隔 注 1	1MHz	4MHz	1MHz	4MHz
干渉軽減	IRF 注 2	65.0dB	80.0dB	59.0dB	(75.0dB)
係数	周波数間隔	1MHz	1.5MHz	1MHz	4MHz
C/I	65.0dB	65.8dB	59.0dB	60.8dB	
所要 C/I	39dB	56.6dB	39dB	56.6dB	
C/I マージン	26.0dB	9.2dB	20.0dB	4.2dB	

注 1 :帯域阻止ろ波器の減衰量含む。

注 2 :()内IRF値は、望ましい技術基準値から補完した値。

映像 TTL の運用例

映像 TTL 回線の運用例として、高法知→郷ノ浦の回線を図1に示す。本回線はアナログ放送用 TTL であるが、3.5GHz 帯を用いて海上伝搬が主である経路になっている。高法知固定局と郷ノ浦局の空中線の写真を図 2、3 に示す。

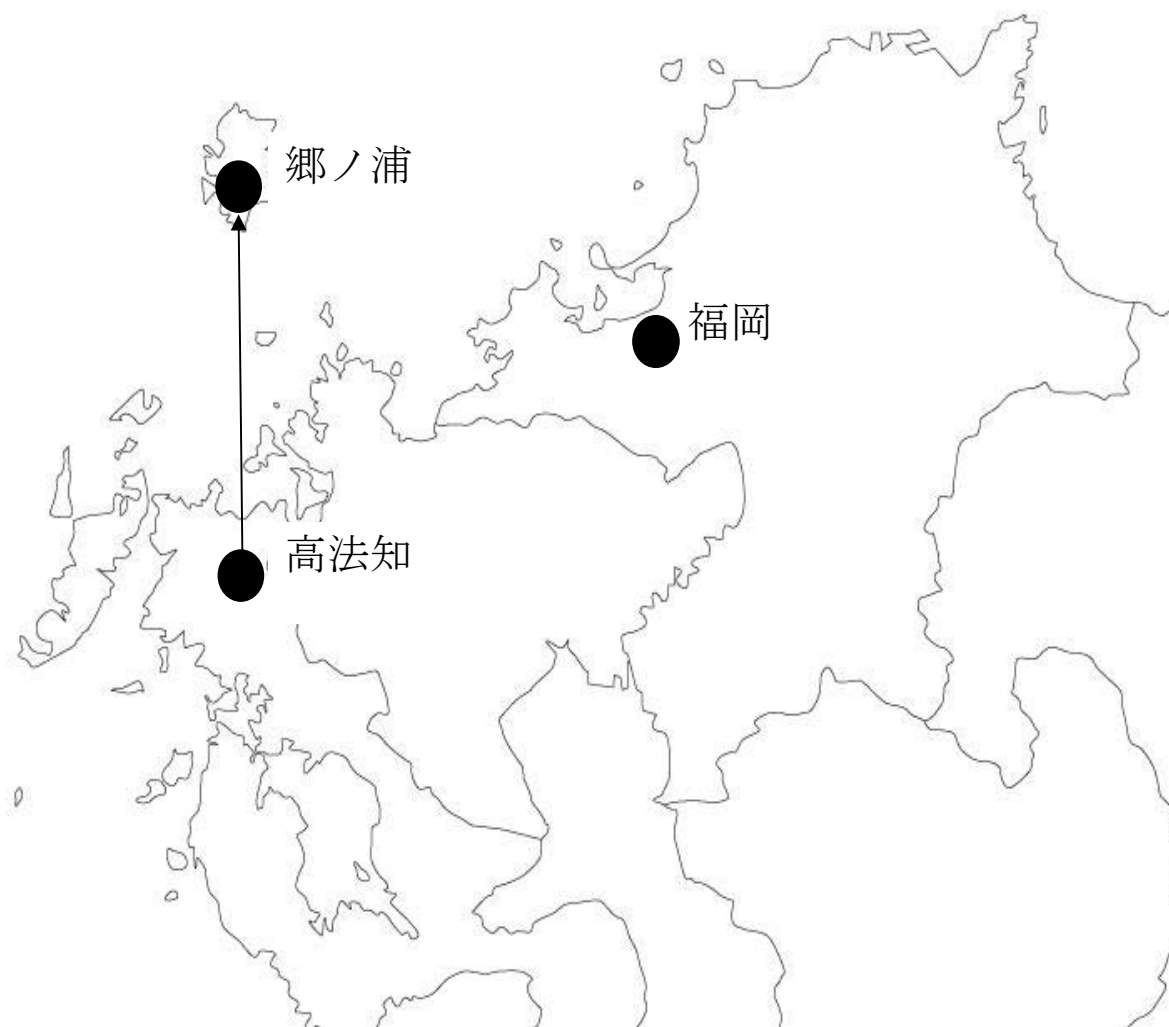


図 1 TTL の運用例(高法知－郷ノ浦)



图 2 高法知固定局送信空中線

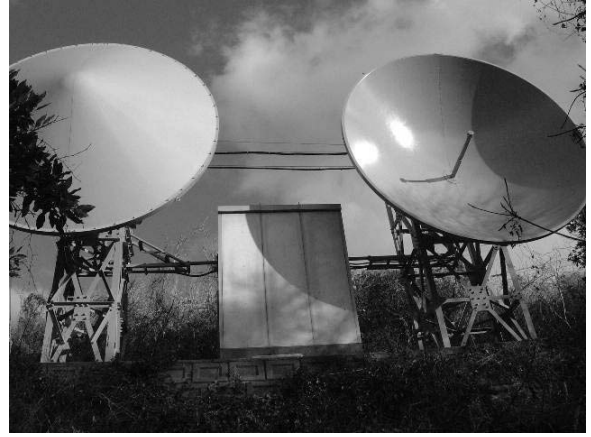


图 3 郷ノ浦局受信空中線

伝送方式の概要

SHF 帯デジタル方式映像 TTL には、TS 伝送方式、IF 伝送方式がある。さらに IF 伝送方式については、独立同期方式と従属同期方式の 2 方式がある。

SHF 帯デジタル方式映像 TTL における TS 伝送方式は再生中継であるため、回線における劣化が基本的には累積しない。一方、IF 伝送方式では非再生中継であるため、回線における劣化が累積する。しかしながら、等化判定装置等の採用により、回線における劣化の累積を緩和することが可能である。

(1) IF 伝送方式

IF 伝送方式は DTV 用 OFDM 信号を IF(中間周波数)信号として番組伝送を行う方式である。また、必要に応じて送信所の制御及び連絡通信に使用される SC 信号を副搬送波により周波数多重して伝送することも可能である。

IF 伝送方式として既に SHF 帯デジタル方式映像 TTL による独立同期方式と従属同期方式があり、従属同期方式にはさらに標準方式と低雑音方式の種類がある。

その種類を表 1 に示す。

表 1 IF 伝送方式 TTL の種類

伝送方式	概 要
IF 伝送方式	地上デジタルテレビジョン放送に必要な信号そのものを周波数変換して伝送する方式。SC 信号はデジタル変調した副搬送波周波数と周波数多重して伝送する。
独立同期方式	非常に周波数安定度の高い高周波発振器を使用し、周波数の制御を行わない伝送方式。
従属同期方式	送信側で周波数安定度の高いパイロット信号を主信号に周波数多重し、受信側で主信号の周波数を制御する伝送方式。
標準方式	主に周波数の安定を目的とした方式。
低雑音方式	周波数の安定及び位相雑音の圧縮を目的とする方式。

表1に示した IF 伝送方式として、SHF 帯と同様に次の 4 方式に分類する。

ア 独立同期方式

OFDM 信号のみを伝送する方式

イ 独立同期 SC 伝送方式

OFDM 信号の他に SC 信号用の副搬送波を設けて伝送する方式

ウ 従属同期標準方式

OFDM 信号の他にパイロット信号を伝送する従属同期方式であって SC 信号の伝送も可とし主に周波数の安定を目的とした方式

エ 従属同期低雑音方式

OFDM 信号の他にパイロット信号を伝送する従属同期方式であって SC 信号の伝送も可とし周波数の安定及び位相雑音の圧縮を目的とした方式

(2) TS 伝送方式

デジタル方式の TTL では、DTV 番組の主信号及び SC 信号を伝送することが必要である。

この主信号及び SC 信号を伝送する方式の一つとして、TS 伝送方式が考えられる。

TS 伝送方式は、主信号 (TS 信号 (ISDB-T 方式による DTV のトランスポートストリームの信号 (TS とは Transport Stream の略))、TMCC 信号 (DTV 用 OFDM 信号の構造を示す信号 (TMCC とは Transmission and Multiplexing Configuration Control の略)) 等)、SC 信号等を時分割多重して伝送する方式である。図1に TS 伝送方式のブロック図の例を示す。

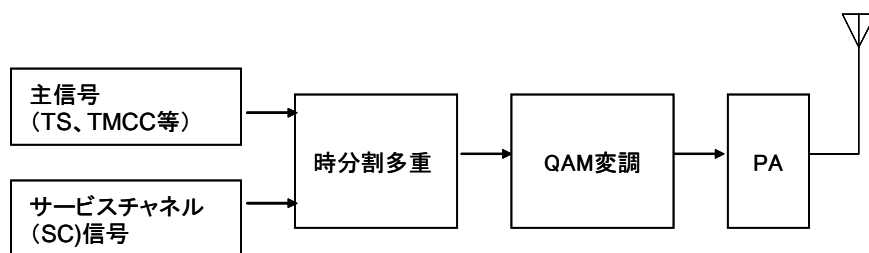


図1 TS 伝送方式のブロック図(例)

TS 伝送方式は、再生中継を行う場合には雑音が除去されるので、IF 伝送方式に比べ、干渉に強いという特徴がある。しかし、TTL の受信側で一度再生した後放送波に変換することとなるため、復変調に伴う遅延が発生し、地上デジタル放送ネットワークの構成上不可欠な SFN (親局 (又は他の中継局) と中継局で同一の周波数の放送波を使用するネットワーク (SFN とは Single Frequency Network の略)) の同期を取る方法が複雑になるとともに、中継局ごとに OFDM 変調器を備える必要がある。

各種等化装置

UHF 帯 TTL は、放送に使用している UHF 帯を共用して使用することから、既存のデジタル・アナログテレビジョン放送波との混信が問題となる可能性がある。空中線系での対策にて混信問題が解消されない場合や異常伝搬等の対策として、以下の各種等化装置により、混信による影響を軽減することが考えられる。

- (1) マルチパス等化装置
- (2) 同一チャネル干渉除去装置
- (3) CN リセット装置

表1に比較表を示す。これらの各種等化装置は、混信による C/I の程度により装置を選定することが適当である。

表 1 各種等化装置

装置	特徴、代表性能	遅延時間
マルチパス等化装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再送信の等価 C/N を判定機能にて改善 ・ BER 劣化は改善できないので、低 C/N では採用不可 ・ 等価 C/N 28dB 以上で等価 40dB 以上に改善 	8msec 以内
同一チャネル干渉除去装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ アンテナ指向特性に電子的にヌルを形成 ・ 干渉波 C/I=10dB 時に等価 C/N=35dB 以上に改善 	8msec 以内
CN リセット装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ 復調、再変調により改善 (使用限界は、C/I=20dB 程度) ・ 改善後の等価 C/N は 45dB 以上 	数百 msec

SD 効果の算出

スペースダイバーシチ受信点の電界変動(レベルの上昇、下降)に同時性がないほどダイバーシチの効果は大きくなる。すなわち、統計的には両者の信号強度間の相関が 0~-1(逆相関)になるほど改善効果が大きくなる。

郷ノ浦～巖原、弥彦～高田、中之島～名瀬、長崎～福江島のそれぞれの回線において得られた電界変動データの相関係数の解析結果より、受信側におけるハイトピッチに対するダイバーシチ受信点位置と相関係数の関係を図1に示す。なお、郷ノ浦～巖原回線については、5個所の受信点(R1、R2、R3、R4、R5)の組み合わせ時の相関係数について図1に示されており、直線近似でできることがわかる。

また、それぞれのハイトパターンを図2～図5に示す。

実験結果(図1)より、実際にはハイトパターンのハーフピッチ間隔に対して受信点位置を適切に選択することにより、ゼロ相関やマイナス相関を得られるアンテナ間隔が存在することがわかった。

従って、SHF帯 STL/TTLにおける考え方を基本とし、受信点の設置環境等が回線ごとに多種多様であることを鑑みて、回線設計におけるスペース相関係数の最低値を0.4とする。

また、空間相関係数が0.4より大きい場合のアンテナ間隔との関係式については、実験結果としての回線例が少ないことから、伝搬路種別、伝搬距離、及び使用周波数による結果の違いについての評価が十分にできていないと考える。従って、UHF帯 TTLにおいては、図1に示す以下の計算式を参考として示すことで、実際の設備整備において受信アンテナ間隔を決める際の目安とする。この実験式は、解析されたデータを全てカバーし、ハーフピッチ間隔(0.5)にて相関係数がゼロとなるように近似させた。

$$\rho = 4D_r^2 - 4D_r + 1$$

$$D_r = \frac{\Delta h}{P}$$

ただし、 $D_r \leq 0.5$ の範囲とする。

D_r : アンテナ間隔のハイトパターンピッチに対する比率

Δh : アンテナ間隔

P : ハイトパターンピッチ

ここで、ハイトパターンピッチ(P)については、回線設計における送信点の高さ及びメインとなる受信点の高さに対して、受信点の高さを上下方向に変化させ、つまり反射点位置を変化させることにより計算される。

なお、UHF 帯 TTL におけるアンテナ間隔とスペース相関係数の関係については、さらに多くの実測値を蓄積することによるデータ解析が望まれる。また、実際の回線設計において同回線での測定データがある場合には、当該回線で算出される相関係数より実測によるSD改善率を用いることが望まれる。

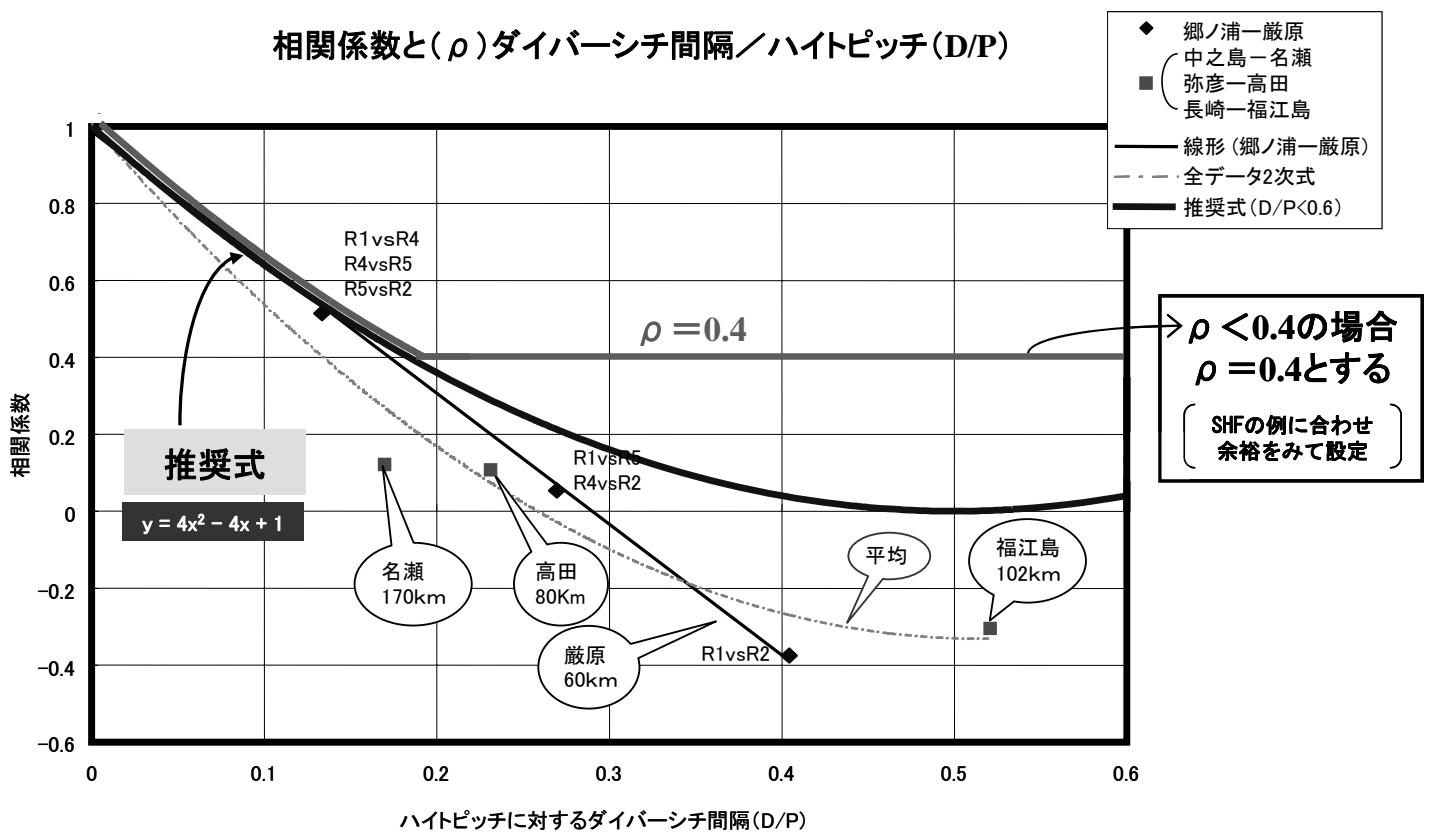


図1 ハイトピッチに対するダイバーシティ受信点位置と相関係数

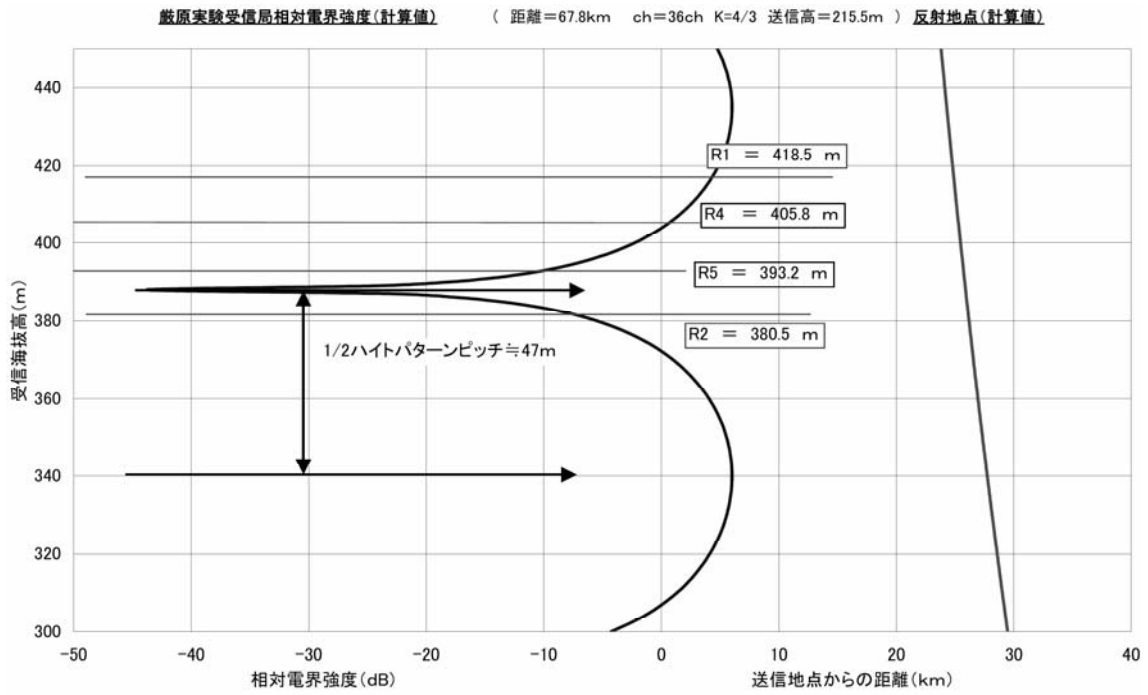


図2 郷ノ浦～巖原 受信ハイトパターン

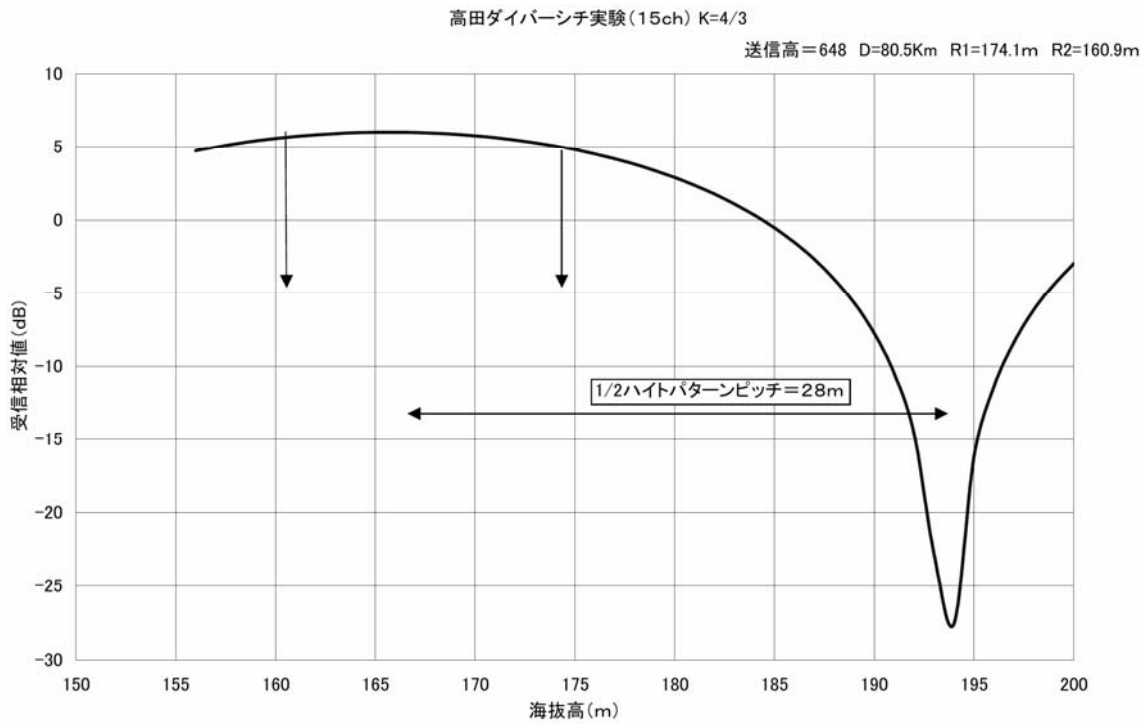


図3 弥彦～高田 受信ハイトパターン

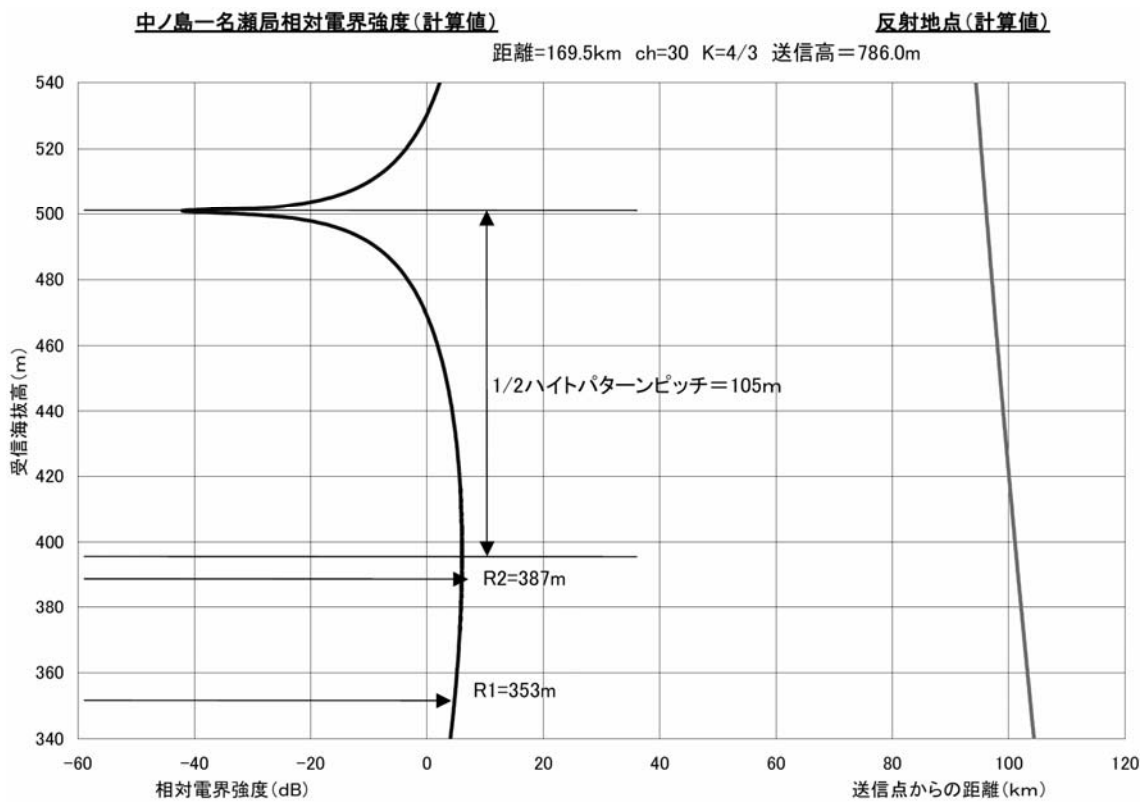


図 4 中之島～名瀬 受信ハイトパターン

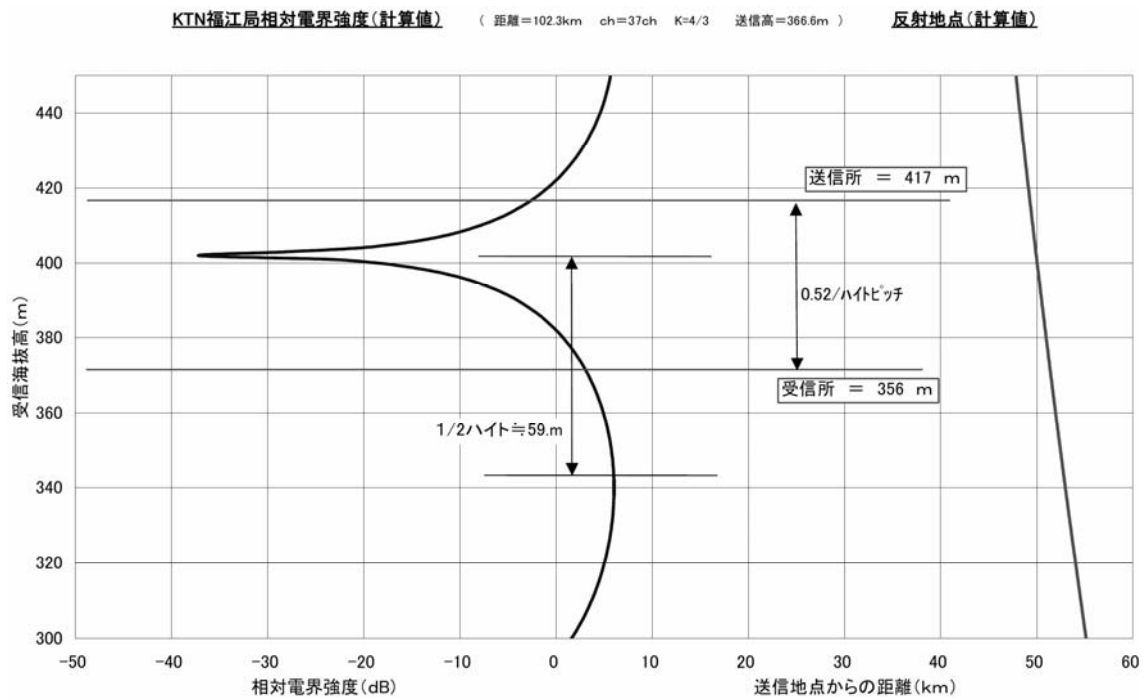


図 5 長崎～福江島 受信ハイトパターン

フェージングマージンの算出

海上伝搬を中心とした UHF 帯長距離伝搬路回線の回線設計の参考とするため、過去の UHF 帯長距離伝搬路の実験資料を収集した。そして、その実験データを基に、時間率 99.9%値、50%値等を計算し、実証実験の測定結果と併せて、フェージングマージン検討の基礎データとした。

収集した実験データ／フェージング各地資料一覧を表 1 に、各地伝搬実験フェージングと計算値一覧を表 2 にそれぞれ示す。

これらの実験資料を伝搬路種別により海上／平野／山岳に分類し、50%値及び 99.9%値を求めることにより、フェージングマージン検討の基礎データとした。なお、見通し回線において実測された回線維持時間率と受信レベル減衰量からフェージング損失を求める際には一般的に以下の計算式が用いられる。また、フェージング損失と等価な値を所要フェージングマージンとする。

$$\text{フェージング損失(回線維持率 99.9\%)} = E_{50} / E_{99.9}$$

ここで、

E_{50} は年間中央値電界強度(表 2 では 50%欄参照)、

$E_{99.9}$ は年間時間率 99.9%値の電界強度(表 2-2 では 99.9%欄参照)

各地実験データにより計算された 50%値と 99.9%値の差($E_{50} / E_{99.9}$)、つまりフェージング損失を図 1 に(●)印で示す。各データはかなりばらつきが大きい、この結果を基に、各伝搬路種別ごとのフェージングマージンの最大値を推定した。

ここで、 E_{50} は年間中央値電界強度であり長期間統計によりフェージング損失を測定する必要がある。郷ノ浦－巖原実験回線、及び各地実験での測定結果は短期間でのデータもあることから、 E_{50} の代わりに E 最頻値(期間中最も発生頻度が高かった電界強度)を用いたので、これについても考慮する必要がある。図 1 には、 E 最頻値/ $E_{99.9}$ のフェージング損失を $E_{50} / E_{99.9}$ の測定結果に対して E 最頻値との差分として仮に 3dB を加え、上限範囲記号(T)で示した。

このような手法により求められた UHF 帯 TTL における所要フェージングマージンから、新たに伝搬路種別ごとの所要フェージングマージンの定式化を試みる。所要フェージングマージンの算出にあたっては以下の点を考慮した。

まず、海上伝搬回線である「郷ノ浦－巖原」、「弥彦－高田」、「長崎－福江島」、「中之島－名瀬」の実測結果をもとに、海上伝搬路の所要フェージングマージンとして、SHF 帯 STL/TTL 計算式における所要フェージングマージンが距離の 2.5 乗に比例していることに従って近似を試み、海

上传搬時には $25\log[d]-18$ と定式化した。図1より実験結果は近似式により良く一致している。

次に、フェージング損失は伝搬路の違いにより大きく異なることがわかっており、少なくとも山岳、平野、海上伝搬毎のフェージング損失計算式を使用することが適切であると考え。平野及び山岳回線の所要フェージングマージンとして、SHF 帯 STL/TTL 計算式では伝搬路種別による所要フェージングマージンの差が距離に寄らず一定値(ただし伝搬高により違う)であること、及び山岳伝搬はデジタル放送波中継時の計算式(図 2 参照)とあまり乖離しないことに従って、実験回線の各データを参考しながら近似を試みた。平野伝搬時は $25\log[d]-25$ 、山岳伝搬時には $25\log[d]-29$ とそれぞれ定式化した。

なお、所要フェージングマージン(Fmr)が、12dB 以下と計算された場合は、一律 12dB とすることとした。これは、最低の標準受信入力(-59dBm)を得るために必要とされる値である。

距離 100km 以上の長距離伝搬については、必ずしも十分な数の実験資料が収集できなかったため、今後さらに多くの実験データが利用可能となることが望ましいことに加えて、実回線での測定データを蓄積することにより所要フェージングマージンの計算式について精査が必要である。また、所要フェージングマージンの計算は十分見通し回線において適用できるものであり、見通しすれすれや見通し外の回線においては、当該回線ごとに回折や遮蔽損失等を計上する必要がある。

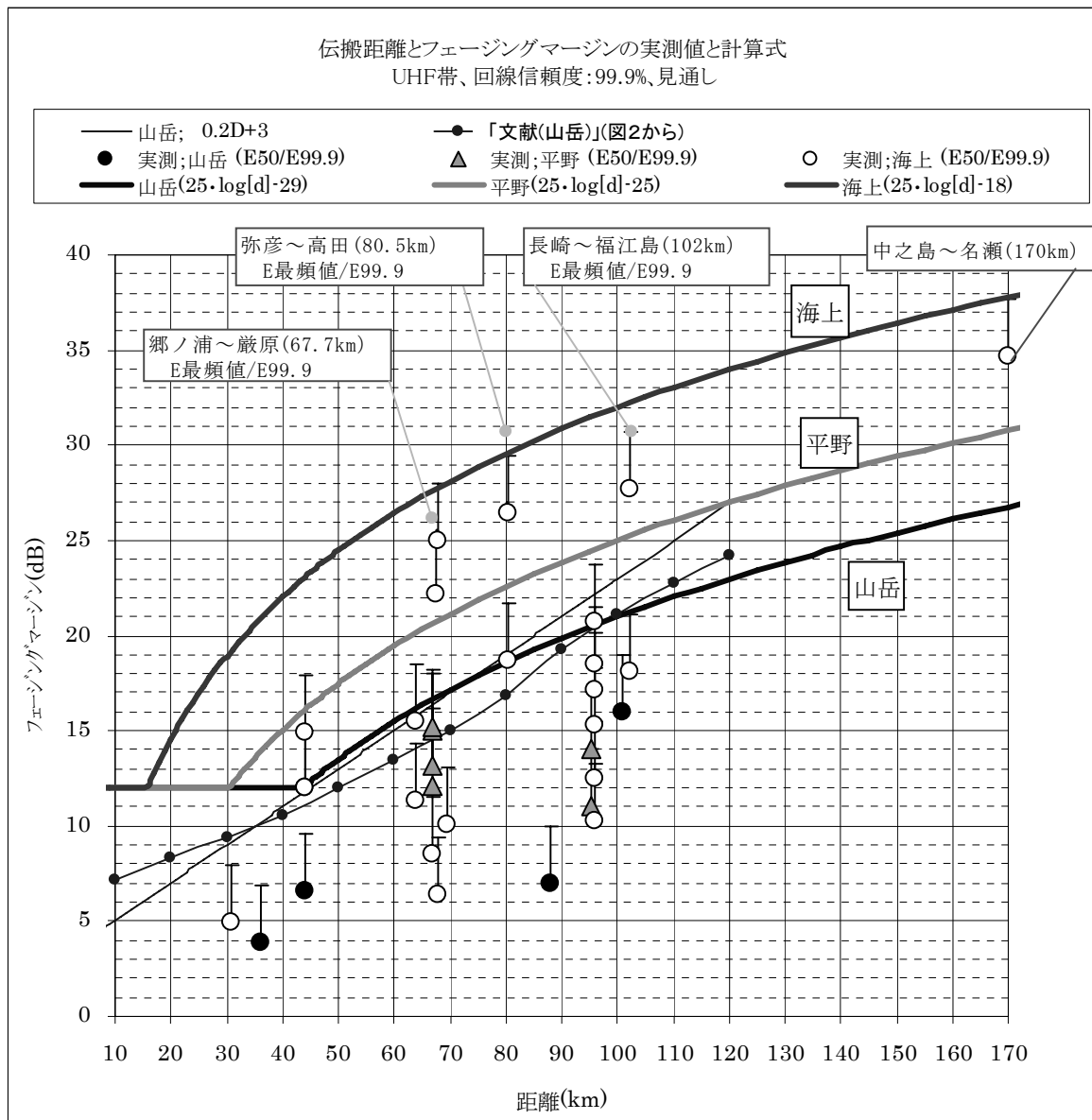
表1 実験データ/フェージング各地資料一覧

No.	観測機関	期間	区 間	距離	伝搬路	Ch	偏波	送信高	受信高
1	福岡地区 地上デジタル放送 実験協議会	H15/8/5 ~H15/10/8	罫塚~延岡	95.3	陸上	15	H	1113	266.3/ 246.6
2	NHK 福岡	H16/11/10 ~H17/10/25	郷ノ浦~厳原	67.7	海上	56/59	V	236	426
3	NHK 名古屋	H16/9/9 ~H16/10/5	NHK 瀬戸~伊勢	85.8	海陸 混在	13	H	345	578/ 560
4	岩手県 地上デジタル放送 推進協議会	H14/5/2 ~H15/11/19	新山~二戸	85.0	山岳	31/ 33/ 35	H	603	863
5	岩手県 地上デジタル放送 推進協議会	H14/11/5 ~H14/12/20	新山~一関	59.0	山岳	31/ 33/ 35	H	603	605
6	北陸 地上デジタル放送 推進協議会	H15/7/17 ~H15/7/28	観音堂~羽咋	44.2	山岳	14	H	162	181.3/ 160.0
7	福岡地区 地上デジタル放送 実験協議会	H15/11/12 ~H15/11/20	TAO 九千部~大牟田	38.2	平野	17	H	880.8	136.2/ 134.1/ 130.5/
8	信越地区 地上デジタル放送 実験協議会	H14/6/23 ~H14/7/4	弥彦山~NST/NT21 高田	80.5	海上	15	H	648	174.1/ 160.9
9	近畿地区 地上デジタル放送 実験協議会	H14/8/1 ~H14/8/2	TAO 生駒~TAO 北淡垂水	63.8	海陸 混在	15	H	688	285/ 250
10	東海 地上デジタル放送 実験協議会	H14/4/9 ~H14/4/12	TAO 長谷山~伊勢	44.0	海陸 混在	15	H	350	570/ 560
11	NBN 名古屋 TV	H13/3/1 ~H13/5/30	島田~尾鷲	195.0	海上	15	H	251	532
12	信越地区 地上デジタル放送 実験協議会	H15/10/1 ~H15/11/9	美ヶ原~飯田	87.9	山岳/ 平野	15	H	2098	796
13	NBN 名古屋 TV	H13/7/1 ~H13/9/27	豊橋~郡上八幡	101.0	陸上	60	H	823	820
14	NBN 名古屋 TV	H13/7/1 ~H13/9/27	中濃~郡上八幡	36.0	陸上	23	H	334	820
15	東海 地上デジタル放送 実験協議会	H12/11 ~H13/8	津~小笠・島田	152.0	山岳/ 平野	33	H	323	130
16	沖縄 地上デジタル放送 実験協議会	H12/8 ~H15/10	沖縄~久米島	96.0	海上	16	H	200	300
17	北陸 地上デジタル放送 推進協議会	H13/6/14 ~H17/10/31	金沢~富来	67.6	混在	全 ch	H	148.3	209
18	北陸 地上デジタル放送 推進協議会	H13/6/14 ~H17/10/31	金沢~七尾	67.7	混在	全 ch	H	148.3	188.5
19	津軽海峡 対岸中継 調査研究会	H13/7/1 ~H13/10/31	函館~今別・大門・東通	66.8/ 30.8/ 69.5	海上	21	H	377.1	16/ 14/ 30
20	九州 総合通信局	H16/7/15 ~H17/6/30	中之島~名瀬	170.0	海上	30	H	786	353
21	㈱NHK アイテック	H17/5/25 ~H17/9/23	ATV/ABA 上北局~ATV 八 戸局	67.0	平野	55/57	H	718.5	632/ 643

表 2 各地伝搬実験フェージングと計算値一覧

No.	区間	距離	伝搬路	ch等	MIN	99.9%	50%	0.1%	幅(ABS) 99.9%~50%	所要フェージン ゲージン 計算値
山岳										
4	新山 - 二戸	85.0	山岳	31/33 /35	*	*	*	*	*	19.2
5	新山 - 一関	59.0	山岳	31/33 /35	*	*	*	*	*	15.3
6	観音堂 - 羽咋#1	44.2	山岳	14	*	-65.1	-53.1	-48.5	12.0	12.1
	観音堂 - 羽咋#2	44.2	山岳	14	*	-56.1	-49.5	-45.5	6.6	12.1
12	美ヶ原 - 飯田	87.9	山岳	15	*	*	*	*	*	19.6
	美ヶ原 - 飯田	87.9	山岳	20	*	-48.4	-41.4	-35.5	7.0	19.6
13	豊橋 - 郡上八幡	101.0	山岳	60	*	-77.3~ -80.6	-64.6	-60.1	12.7~16.0	21.1
14	中濃 - 郡上八幡	36.0	山岳	23	*	-32.9~ -34.7	-30.8	-29.5	2.1~3.9	9.9
平野										
1	鱒塚 - 延岡#1	95.3	平野	15	*	-66.7	-52.7	-46.5	14.0	24.5
	鱒塚 - 延岡#2	95.3	平野	15	*	-65.5	-54.5	-46.8	11.0	24.5
7	TAO九千部 - 大牟田	38.2	平野	17	*	*	*	*	*	14.6
21	ATV/ABA上北局 - ATV八戸局#1	67.0	平野	55	-61.0	-45.2	-33.2	-26.6	12.1	20.7
	ATV/ABA上北局 - ATV八戸局#2	67.0	平野	55	-64.2	-50.3	-35.3	-29.6	15.0	20.7
	ATV/ABA上北局 - ATV八戸局#3	67.0	平野	57	-63.4	-44.4	-31.3	-25.4	13.1	20.7
	ATV/ABA上北局 - ATV八戸局#4	67.0	平野	57	-65.2	-49.7	-34.5	-28.2	15.2	20.7
海										
2	郷ノ浦 - 厳原	67.7	海	56/59	-84.2	*		-44.2	*	27.8
3	NHK瀬戸 - 伊勢	85.8	海	13	*	*	*	*	*	30.3
8	弥彦山 - NST/NT21高田#1	80.5	海	15	*	-77.8	-51.4	-48.0	26.4	29.6
	弥彦山 - NST/NT21高田#2	80.5	海	15	*	-71.1	-52.4	-48.5	18.7	29.6
9	TAO生駒 - TAO北淡垂水(分離)	63.8	海	15	*	-69.4	-53.9	-47.4	15.5	27.1
	TAO生駒 - TAO北淡垂水(非分離)	63.8	海	15	*	-71.4	-60.1	-49.1	11.3	27.1
10	TAO長谷山 - 伊勢#1	44.0	海	15	*	-76.2	-64.2	-60.2	12.0	23.1
	TAO長谷山 - 伊勢#2	44.0	海	15	*	-72.9	-58.0	-55.9	14.9	23.1
17	金沢 - 富来	67.6	海	37	*	-63.4	-41.2	-33.7	22.2	27.7
18	金沢 - 七尾	67.7	海	37	-26.0~ -22.3	*	-22.2~ -20.3	*	*	27.8
	金沢 - 七尾	67.7	海	33	-44.8	-30.2	-23.8	-3.0	6.4	27.8
19	函館 - 今別	66.8	海	21	-64.6	-46.6	-38.1	*	8.5	27.6
	函館 - 大間	30.8	海	21	-50.2	-21.1	-16.2	*	4.9	19.2
	函館 - 東通	69.5	海	21	-52.2	-37.9	-27.8	*	10.1	28.0
20	鹿児島 - 中之島 - 名瀬	170	海	30	-90.3	-83.8	-49.1	-43.8	34.7	37.8
16	沖縄 - 久米島	96.0	海	16	-66.0~ -42.9	-52.0~ -42.8	-41.7~ -40.3	*	10.3	31.6
	沖縄 - 久米島	96.0	海	16	-52.6~ -42.2	-58.9~ -42.3	-43.6~ -39.7	*	8.9	31.6
	沖縄 - 久米島	96.0	海	16	-62.7~ -43.1	-60.7~ -43.2	-43.6~ -41.0	*	19.1	31.6
	沖縄 - 久米島	96.0	海	16	-64.4~ -43.5	-60.4~ -43.5	-41.9~ -40.5	*	22.5	31.6
	沖縄 - 久米島	96.0	海	16	*	-62.0	-41.3	-35.5	20.7	31.6
	沖縄 - 久米島	96.0	海	16	*	-55.4	-42.9	-36.6	12.5	31.6
	長崎-福江島 #1	102.2	海	37	*	*	*	*	27.7	32.2
	長崎-福江島 #2	102.2	海	37	*	*	*	*	18.1	32.2

表中の(*)印は、「データなし」あるいは「評価できない」項目を示す。



**図1 実回線での伝搬距離と所要フェージングマージン
(フェージング損失)との関係**

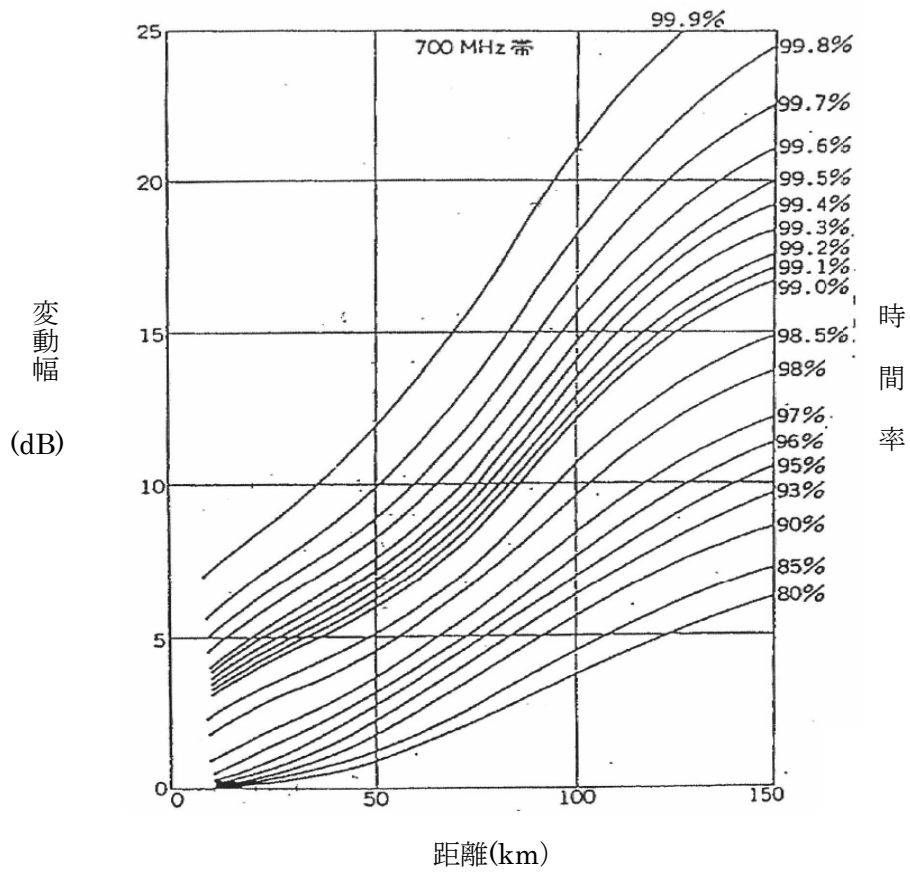


図2 対中央値基準電界強度の変動幅
 (参考文献: 林 龍雄 「UHF テレビジョン送信と受信」より)

SHF 帯 STL/TTL での所要フェージングマージン

(電波法関係審査基準 第5の1の(3)のウの(イ)のD)

$$Fmr = 10 \times \log \left(\frac{k \cdot P_R}{P_{ir} \cdot d \cdot A} \right) \quad [dB]$$

P_R : レーレーフェージング発生確率

$$P_R = (f/4)^{1.2} \cdot d^{3.5} \cdot Q$$

f : 周波数 (GHz)

Q : 伝搬路の状態により決まる係数

P_{ir} : 目標回線瞬断率

d : 区間距離 [km]

A : SD 改善率

IF 伝送方式の回線設計(受信入力)

UHF 帯 TTL 回線において等価雑音帯域幅を 5.7MHz、雑音指数を 4dB とすれば受信機熱雑音は -102dBm となる。フェージング時所要熱雑音 C/N を 28dB とすると最低受信入力レベルとして -74dBm が必要となる。

ここで、フェージング時所要熱雑音 C/N をスレッシュホールド C/N と等しく 28dB としているが、UHF 帯 TTL での 1 区間当たりでの雑音 C/N、すなわちスレッシュホールド C/N の 28dB を満たすための C/N 配分を考えると、機器雑音 C/N を 46dB、干渉雑音 C/N を 45dB とすると熱雑音 C/N は 28.2dB となることより、整数値として 28dB をフェージング時所要熱雑音 C/N とする。

一方、受信入力(設計値)は標準受信入力の $\pm 3\text{dB}$ の範囲とすることとし、標準受信入力 (P_r) は最低受信入力にフェージングマージンを加え、さらに受信入力(設計値)に $\pm 3\text{dB}$ の範囲を持たせたことに伴い、3dB を加えた値である $-71\text{dBm}(=-74+3)$ とする。

また、平常時受信熱雑音 C/N を 40dB とすると、平常時最低受信入力レベルは $-59\text{dBm}(=-102+40+3)$ が必要となる。つまり、いかなる距離であろうが、平常時には -59dBm 以上の受信入力レベルが必要であり、最低でも 12dB ($=40-28$) の所要フェージングマージンを確保する必要があることを意味し、計算された所要フェージングマージンが 12dB 以下の場合は、一律 12dB を所要フェージングマージンとすることが望ましい。

図 1 に、計算された所要フェージングマージンに対する、フェージング時(≒スレッシュホールド)受信入力レベル及び所要フェージングマージンを加えた標準受信入力レベルの関係について示す。

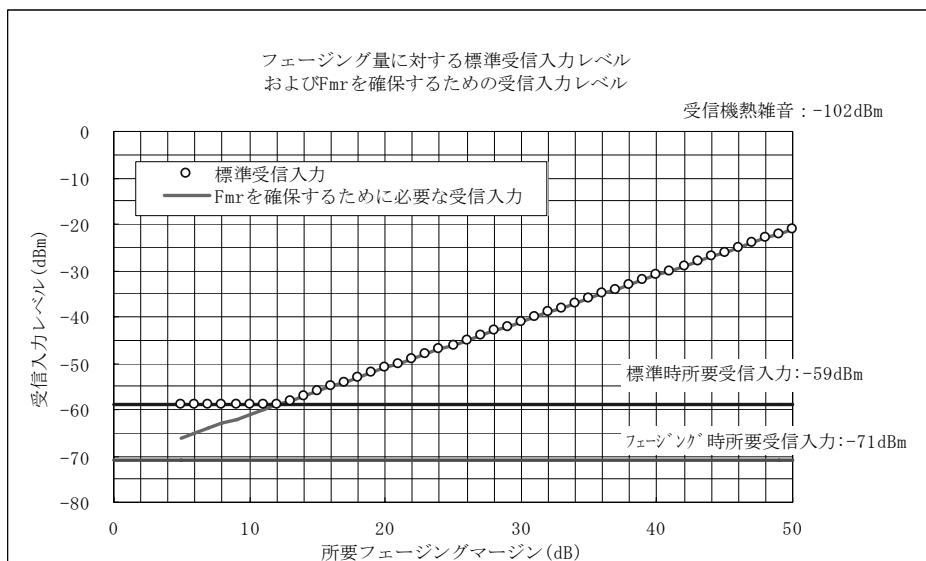


図1 所要フェージングマージンに対する標準受信入力レベル

標準受信入力(P_r)は、以下で計算する。

$$P_r = -71 + F_{mr} \quad (\text{dBm})$$

ここで、

F_{mr} : 回線維持率 99.9%確保するための所要フェージングマージンであり、 F_{mr} は 12dB 以上の値をとる。

また、受信入力レベル(設計値)は標準受信入力レベル(P_r) $\pm 3\text{dB}$ とする。

C/N配分の検討(IF伝送方式)

1 IF伝送方式TTLに要求される目標雑音

IF伝送方式のTTLに発生する雑音は、地上デジタルTV放送システムの全雑音に影響する。ARIB標準規格STD-B31「地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式」参考資料3「地上デジタルテレビジョン放送用回線設計実施に向けた考え方」の中で放送波ネットワーク構築にあたっての回線設計の考え方が記述されている。その中からデジタルTTLの目標雑音に関係する考え方は下記のとおりである。

- (1) システム全体の雑音(C/N)は、放送エリアのフリンジ点でC/N=22dBを満足させる。
(64QAM、符号化率7/8の内符号の条件で理論ビット誤り率が 2×10^{-4} となる外符号で擬似エラーフリーとなる。)
- (2) 放送エリアのフリンジにある受信機の標準受信電界強度は、一定値60dB μ V/mとする。
また、放送エリアが広いか狭いかによって、エリアのフリンジにおいて、時間率99%のフェージングマージンは異なる。それによって99%値の受信機熱雑音が異なり、その差分を送信系の雑音に割り当てる。
- (3) 従って、TTLの目標雑音は、放送エリアの広狭(フェージングマージン)、送信装置の機器雑音、OFDM変調器の機器雑音等によって異なってくる。

2 SHF帯STL/TTLのC/N配分

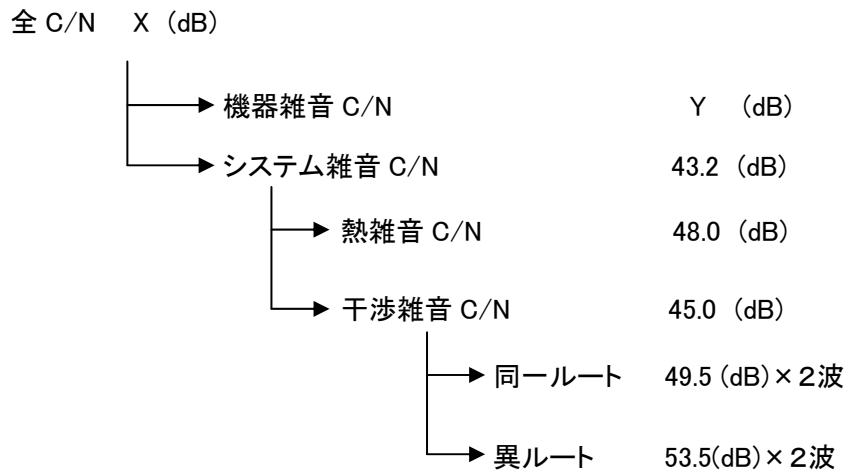
諮問第110号情報通信審議会答申「デジタル方式のSTL/TTLの技術的条件」によれば独立同期方式又は従属同期標準方式のSTL/TTL1区間でのシステム雑音C/N(受信機熱雑音と干渉雑音の和)を標準的な値である43.2dBとすることが適当であるとされている。この場合、受信入力定常状態の場合、回線設計上干渉雑音C/Nには45dBが配分されていることから、搬送波電力対熱雑音電力比は

$$10\log_{10}(1/10^{-43.2/10} - 1/10^{-45/10})^{-1} \doteq 48(\text{dB})$$

とすることが適当であるとされている。

ここで、SHF帯STL/TTLの機器雑音としては等価C/N値として40dB程度が実現されているので、全C/NとしてSTL/TTLの送受信系で考えれば機器雑音C/N40dBとシステム雑音C/N43.2dBの和として38.2dB程度の値が見込まれる。

以上により現行のSHF帯STL/TTLのC/N配分をまとめると以下のとおりとなる。



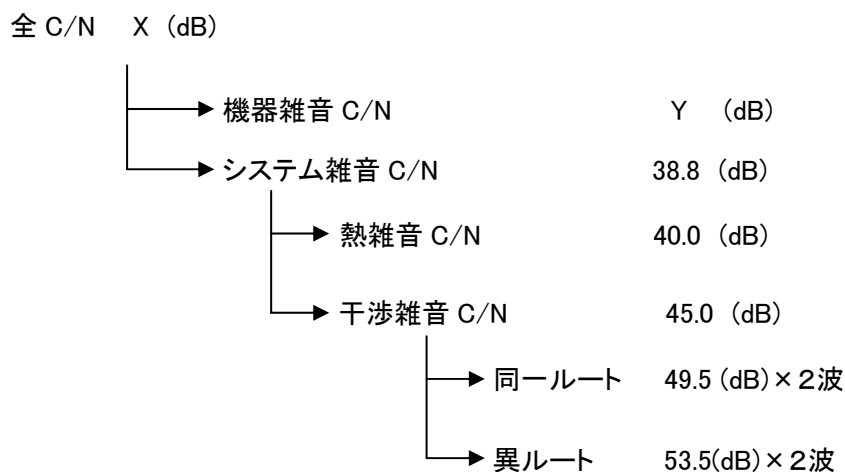
(注)X、Yの値は放送システム全体の雑音から決まる。

3 UHF帯TTLのC/N配分

UHF帯TTLでは機器雑音C/NはSHF帯STL/TTLよりも良好な値が得られることより、システム雑音C/Nを緩和することが可能となる。

ここで、熱雑音C/Nを40dB、干渉雑音C/Nを45dB、機器雑音C/Nを46dBと見込めばTTL送受信系の全C/Nとして38dB程度が得られ、SHF帯STL/TTLの全C/Nとほぼ同等の値が得られる。

以上により、UHF帯TTLのC/N配分は次のようになる。



(注)X、Yの値は放送システム全体の雑音から決まる。

4 UHF帯TTLのC/N値

ここで独立同期方式UHF帯TTLを使用した中継放送機システムの系統例とC/N値の試算例について記載する。

(1) 系統例

中継放送機システムの系統例を図1に示す。

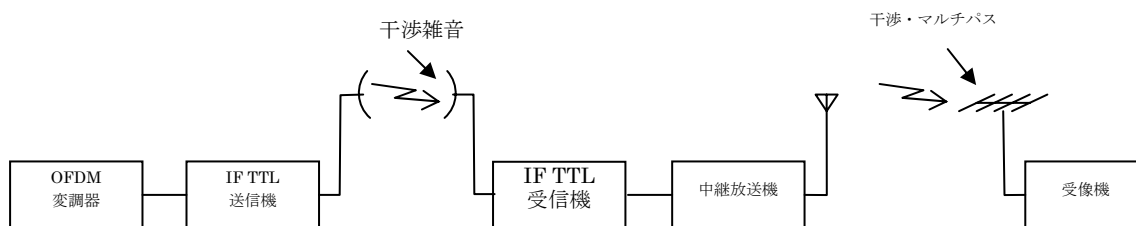


図1 中継放送機システム系統例

(2) C/N値

中継放送機システムのC/N値例を表1に示す。

表1 中継放送機システムのC/N値例

機器名等	雑音名称等	各部C/N(dB)またはレベル(dBm)	合成C/N(dB)	備考
OFDM変調器	IM -2dB 位相雑音	51.0 56.0	49.8	仕様性能例による
TTL送信機	IM -2dB 位相雑音	48.0 50.0	45.9	中継放送機の仕様性能例による。
伝搬路	同一ルート干渉 49.5×2	46.5	45.0	
	異ルート干渉 53.5×2	50.5		
TTL受信機	受信入力 等価熱雑音	-62.0 -102.0	40.0	
中継放送機	IM -2dB 位相雑音	48.0 50.0	45.9	仕様性能例による
受信機	受信電力 等価熱雑音	-66.0 -99.3	33.3	ARIB STD-B31参考資料3による。
	干渉・マルチパス 機器等価C/N	25.0 28.0	23.2	
総合C/N	復調部入力		22.7	

表1より総合C/Nとして受信機の復調器入力で所要C/N22.0dBを満足していることがわかる。この試算例では1段中継のみの場合を示すが、後段にさらに中継放送機が接続される場合や入力としてOFDM変調器の代わりに放送波受信が使用される場合等の多様な組み合わせが考えられるので所要C/Nに対してのマージンが必要となり、表1に示す総合C/N値は確保しておく必要があると考えられる。

5 スレッシュホールドC/N

UHF帯TTLの受信入力フェージング時においてシステムダウンを与えるC/N値について検討を行う。TTLのある区間に非常に深いフェージングが発生する(受信入力著しく低下する)とC/Nが非常に劣化する。それが放送システムにシステムダウンを与える恐れがありそのシステムダウンを与えるC/NをスレッシュホールドC/Nと定義する。

システムダウンを与えるC/Nをできるだけ小さな発生確率すなわち低いスレッシュホールドC/Nにしておかなければ放送システムへの影響が大きくなってしまふ。しかしスレッシュホールドC/Nを低くし過ぎると、その値に達する前に放送システムが破綻してしまうことになる。これらのことを考慮に入れて適切な数値を決定する必要がある。

TTLのスレッシュホールド値の決定にあたって、情報通信審議会答申諮問第110号「デジタル方式のSTL/TTLの技術的条件」の参考資料19を参考にして、放送エリアにフェージングが発生しない条件を設定し次の3つのケースで検討する。

(条件1) 放送エリアにフェージングが発生していない時、エリアフリンジの受信機のC/Nが22.0dBとなる。

(条件2) 放送エリアにフェージングが発生していない時、エリアの半分の面積境界にある受信機のC/Nが22.0dBとなる。

(条件3) 放送エリアにフェージングが発生していない時で、エリア内の干渉・マルチパス雑音は配分値よりは緩め、エリアの半分の面積にあたる境界にある受信機C/Nが22.0dBとなる。

上記の3つの条件から伝送路雑音のうちTTL熱雑音を求めたものを表2に示す。ただし、表1で採用した機器雑音の数値はUHF帯で実用されている値に置き換えてある。

表2 UHF帯TTLのスレッシュホールドC/N

条件	エリア種類	ゾーン半径 (km)	フェージングマージン (dB)	OFDM変調器雑音 (dB)	TTL送信機雑音 (dB)	伝送路雑音(干渉雑音) (dB)	伝送路雑音(熱雑音) (dB)	送信機機器雑音 (dB)	送信系機器雑音 (dB)	エリア内干渉雑音 (dB)	受信機熱雑音 (dB)	システム雑音 (dB)	受信機器雑音 (dB)	全雑音 (dB)
				A	B	C	D	E	①:A~E	G	H	②:F+H	③	①+②+③
(1) 放送エリアにフェージングなし	大	70~80	9	49.8	45.9	45.0	29.0	43.8	28.6	25.0	37.4	24.8	28.0	22.0
	大	60~70	8	49.8	45.9	45.0	29.0	43.8	28.6	25.0	37.4	24.8	28.0	22.0
	中	50	7	49.8	45.9	45.0	28.9	45.8	28.6	25.0	37.4	24.8	28.0	22.0
	中小	35	5	49.8	45.9	45.0	28.9	45.8	28.6	25.0	37.4	24.8	28.0	22.0
(2) エリア面積半分フェージングなし	大	70~80	9	49.8	45.9	45.0	28.7	43.8	28.3	25.0	40.4	24.9	28.0	22.0
	大	60~70	8	49.8	45.9	45.0	28.7	43.8	28.3	25.0	40.4	24.9	28.0	22.0
	中	50	7	49.8	45.9	45.0	28.6	45.8	28.3	25.0	40.4	24.9	28.0	22.0
	中小	35	5	49.8	45.9	45.0	28.6	45.8	28.3	25.0	40.4	24.9	28.0	22.0
(3) 上記+エリア内の干渉を緩める	大	70~80	9	49.8	45.9	45.0	28.0	43.8	27.7	25.3	40.4	25.2	28.0	22.0
	大	60~70	8	49.8	45.9	45.0	28.0	43.8	27.7	25.3	40.4	25.2	28.0	22.0
	中	50	7	49.8	45.9	45.0	28.0	45.8	27.7	25.3	40.4	25.2	28.0	22.0
	中小	35	5	49.8	45.9	45.0	28.0	45.8	27.7	25.3	40.4	25.2	28.0	22.0

表2はOFDM変調器からUHF帯TTLの送信機、受信機を経由して放送用送信機から放送波を送信し、受信機の復調器入力までの全雑音が22.0dBとなる伝送路雑音(熱雑音)を示したものである。表ではエリア内のフェージングマージンを記載しているが受信機雑音には含んでいない。また、エリア面積半分については受信機入力レベルを3dB増加し熱雑音を37.4dBから40.4dBとしている。

ここで、伝送路雑音(熱雑音)はスレッシュホールドC/Nとなり、(1)の条件では28.9~29.0dB、(2)の条件では28.6~28.7dB、(3)の条件では28.0dBとなる。

(3)の条件ではエリア内の干渉雑音を25.0dBから25.3dBにエリア内の干渉を緩めて算出したものである。

従って、スレッシュホールドC/NとしてはSHF帯TTLの検討結果と同様に考えれば(1)、(2)の条件では厳し過ぎると考えられるので(3)の条件から求められる28.0dBが適当と判断される。

UHF 帯デジタル方式映像 TTL の回線品質

(1) UHF 帯映像 TTL の回線設計

UHF 帯映像 TTL 回線は 99.9%の時間率で回線品質を確保するものとした。このことから、回線瞬断率としては 0.1%を目標とした。

UHF 帯映像 TTL 回線の回線品質はおもに下降フェージング時の受信信号の熱雑音による C/N によって決まるため、最低受信レベルが 99.9%の時間率で、基準とする受信レベル以上となるように設計することとした。

(2) 時間率 99.9%について

見通し内伝搬である UHF 帯映像 TTL は、同じ見通し内伝搬の SHF 帯デジタル方式映像 TTL と比べ周波数が数分の1と小さいことから、同一伝搬路で比較すると、逆にフレネルゾーンが格段に大きくなる。このことは、同一伝搬路であっても UHF 帯 TTL は、空中線近傍の地物や伝搬路上の山岳等の遮蔽物の影響を受けやすい。

実際、UHF 帯 TTL は海上伝搬や陸上伝搬等同じ伝搬種別であっても、また同じような伝搬距離であっても、99.9%以上の大きい時間率では、参考資料 9 の表 2 に示す測定結果からも判るように、回線ごとのばらつきが大きくなる。このため、99.9%以上の時間率を求めても、それを回線設計に適用することは適当ではないと判断された。

従って、UHF 帯 TTL では時間率は 99.9%で回線設計を行うものの、実際のシステムの構成にあたっては、機器の低雑音化やフィーダやフィルタの低損失化により実質的に時間率の拡大を図るものとする。

(3) SHF 帯 TTL との比較

UHF 帯 TTL は 50km 以上の回線距離をターゲットとしており、100km 以上の長距離伝搬の回線も含まれるが、その回線瞬断率は一律 0.1%としている。ちなみに、SHF 帯 TTL 回線の A~D バンドについては、フェージングによる回線の瞬断率は回線距離 1km あたり 5×10^{-7} 以下と定められている。A~D バンドの標準的な回線距離 50km で回線瞬断率を求めると 0.025%である。仮に回線距離を 100km とすると、回線瞬断率は 0.05%となる。

表 1 に方式別回線品質関連項目の一覧を示した。

表1 方式別回線品質関連項目の一覧

項番	方式	STL/TTL (SHF帯(A~D帯))	UHF帯TTL	地上デジタル放送波 中継(参考)
1	回線品質	$5 \times 10^{-7} / \text{km}$	1×10^{-3}	*
2	全区間距離	100km	300~600km	*
3	標準区間距離	50km	*	*
4	区間品質	$2.5 \times 10^{-5} / D$	0.1%	0.1%
5	全区間品質	5×10^{-5} 以下	1×10^{-3}	エリアの遮断率 1×10^{-2}
6	標準受信入力(dBm)	$-56.9 + F_{mr} / 2 (A)$ $-58.5 + F_{mr} / 2 (B \sim D)$	$-71 + F_{mr}$	*
7	標準受信入力(dBm) (下限):IF伝送方式	$-54.5 (A \sim D)$	-59	*
8	最大受信入力(dBm)	-36	*	*
9	フェージング時 所要熱雑音C/N(dB)	TS:30.8 IF:28.0	IF:28.0	*

注: 表中の(*)については「該当なし」の項目である。

既存放送波との干渉検討

UHF 帯映像 TTL における周波数選定は、既存のデジタル・アナログテレビジョン放送を実施している周波数帯を使用することから、既存のデジタル・アナログテレビジョン放送の周波数選定に関する基準に従っている必要がある。

「標準テレビジョン放送局(地上系)及び高精細度テレビジョン放送を含むテレビジョン放送局(地上系)」の審査基準では、周波数選定について「開設又は変更しようとする TV 放送局又は DTV 放送局(以下申請局)は、申請局及び他の TV 放送局又は DTV 放送局の放送区域内において次の混信保護比(表 1)を満足する周波数を選定すること」とされている。

これを UHF 帯映像 TTL の場合に読み替えると、「申請局の放送区域内」に対応するものは UHF 帯映像 TTL にはないことから、「他の TV 放送局又は DTV 放送局の放送区域内」について、UHF 帯映像 TTL の固定局が設置される地点をカバーする中継放送所の放送区域を含め、UHF 帯映像 TTL の固定局が影響を与える TV 放送局又は DTV 放送局の放送区域について、規定の混信保護比を満足することが必要である、となる。

表 1 混信保護比(電波法関係審査基準)

希望波	妨害波		混信保護比 (dB)
アナログ	デジタル	希望波と妨害波が同一チャンネルの場合	45
		希望波が妨害波の上隣接チャンネルの場合	10
		希望波が妨害波の下隣接チャンネルの場合	0
デジタル	アナログ	希望波と妨害波が同一チャンネルの場合	20
		希望波が妨害波の上隣接チャンネルの場合	-24
		希望波が妨害波の下隣接チャンネルの場合	-21
	デジタル	希望波と妨害波が同一チャンネルの場合	28(注)
		希望波が妨害波の上隣接チャンネルの場合	-29
		希望波が妨害波の下隣接チャンネルの場合	-26

注: 開設又は変更しようとする DTV 放送局にあって、単一周波数中継(以下 SFN と言う)を行う場合には、この値によらないことができるが、その判断に必要な受信状況に関する資料の提出を当該申請者から求めること。

周波数事情が厳しいわが国のチャンネルプランにおいては、UHF 帯映像 TTL 局の周波数が、デジタルテレビジョン放送の単一周波数中継(SFN)に組み込まれる関係になることも考えられる。この場合も、UHF 帯映像 TTL 局に併設する中継放送所や、近隣の中継放送所と同一の周波数選定をしなくてはならない場合は、既存のデジタルテレビジョン放送の放送局と同様の基準で審査を行い、SFN の周波数を選定できるようにすることが必要である。

(1)UHF帯映像TTL等からDTVへの干渉

UHF-TTL帯映像TTLからDTVへの干渉の影響については、前者と後者とが同一の放送番組を同一の周波数の電波で送信する場合とそうでない場合で検討する。

後者の場合は、表1に示す混信保護比を満足していなければならないが、前者の場合は、いわゆる放送局のSFNと同じ条件となるため、同保護比を満たさなくてもよい。

(2)UHF帯映像TTLからアナログテレビ放送波への干渉

放送区域内でデジタル放送波を希望波とするUHF帯映像TTL波の妨害波の受信レベル比即ちD/U値が表1に示す混信保護比を上回っていないなければならない。

回線設計例

単一受信及び SD 受信による回線設計例及び地形断面図を示す。

- ・郷ノ浦～巖原回線 : 表 1、図 1
- ・中之島～名瀬回線 : 表 2、図 2

なお、回線設計において、スペース相関係数が 0.4 以下となる整備が可能である場合を想定しスペース相関係数に 0.4 を採用した。

さらに、海上伝搬路においては、特に反射波によるマルチパス干渉の影響を考える必要があるが、ここではマルチパス干渉劣化量(損失)なしとして設計を行った。

表 1 郷ノ浦～敵原 回線設計例

郷ノ浦～敵原 UHF帯 TTL				単一受信		SD受信	
	項目	記号	単位	設計値	備考	設計値	備考
回線条件	ch			36		36	
	周波数	f	MHz	611		611	
	空中線電力		W	100.0		6.0	
	伝搬路種別			海		海	
	伝搬距離	d	km	67.7		67.7	
	計算値	空中線電力	Pt	dBm	50.0		37.8
送信空中線利得		Gat	dB	22.0	3m	22.0	3m
送信フィーダー損失		Lft	dB	3.0	付加損失 1dB 含む	3.0	付加損失 1dB 含む
送信分波器等の損失		Ldt	dB				
伝搬損失		Lp	dB	124.8		124.8	
回折、遮蔽損失				0.0		0.0	
マルチパス干渉等による損失				0.0		0.0	
受信空中線利得		Gar	dB	20.0	2m	20.0	2m
受信フィーダー損失		Lfr	dB	3.5	付加損失 1dB 含む	3.5	付加損失 1dB 含む
受信分波器等の損失		Ldr	dB	4.0		4.0	
受信入力			dBm	-43.3		-55.5	
標準受信入力		Pr	dBm	-43.2±3dB		-55.7±3dB	
評価値	受信機等価熱雑音	Prn	dBm	-102.4		-102.4	
	標準時熱雑音 C/N	C/Nth	dB	59.1		46.9	
	フェージング時所要熱雑音 C/N	C/Ntho	dB	28.0		28.0	
	フェージングマージン	Fmr'	dB	31.1	Fmr' ≥ Fmr	18.9	Fmr' ≥ Fmr
	所要フェージングマージン	Fmr	dB	27.8		15.3	
	回線瞬断率		%	0.1		0.1	
各種条件	雑音指数	N F	dB	4.0		4.0	
	等価雑音帯域幅	N B	MHz	5.7		5.7	
	送信空中線口径		m	3		3	
	受信空中線口径		m	2		2	
	送信フィーダー長		m	30		30	
	受信フィーダー長		m	75		75	
	SD受信						
	SDアンテナ間隔	Δ h	m			X	
	ハイトピッチに対する比率					Y	
	スペース相関係数	ρ				0.4	
	SD受信改善率	A		1		18	
	送信空中線海拔高	h ₁	m	236		236	
	受信空中線海拔高	h ₂	m	426		426	
	平均地表高	h _m	m	0		0	
平均伝搬路高	h	m	331		331		

表 2 中之島～名瀬 回線設計例

中之島～名瀬 UHF TTL				600MHz IF 伝送			
				単一受信		SD 受信	
	項目	記号	単位	設計値	備考	設計値	備考
回線条件	ch			36		36	
	周波数	f	MHz	611		611	
	空中線電力		W	100.0		10.0	
	伝搬路種別			海	海、平野、山岳	海	海、平野、山岳
	伝搬距離	d	km	171.5		171.5	
計算値	空中線電力	Pt	dBm	50.0		40.0	
	送信空中線利得	Gat	dB	24.0	4m	24.0	4m
	送信フィーダー損失	Lft	dB	1.1		1.1	
	送信分波器等の損失	Ldt	dB	0.4		0.4	
	伝搬損失	Lp	dB	132.9		132.9	
	回折、遮蔽、位相損失	Lp1	dB	0.0		0.0	
	マルチパス干渉等による損失	LP2	dB	0.0		0.0	
	受信空中線利得	Gar	dB	24.0	4m	24.0	4m
	受信フィーダー損失	Lfr	dB	1.1		1.1	
	受信分波器等の損失	Ldr	dB	2.2		2.2	
	受信入力		dBm	-39.7		-49.7	
標準受信入力	Pr	dBm	-33.1±3dB		-47.8±3dB		
評価値	受信機等価熱雑音	Prn	dBm	-102.4		-102.4	
	標準時熱雑音 C/N	C/Nth	dB	62.7		52.7	
	フェージング時所要熱雑音 C/N	C/Ntho	dB	28.0		28.0	
	フェージングマージン	Fmr'	dB	34.7	NG	24.7	Fmr' ≥ Fmr
	所要フェージングマージン	Fmr	dB	37.9		23.2	
	回線瞬断率		%	0.1		0.1	
各種条件	雑音指数	N F	dB	4.0		4.0	
	等価雑音帯域幅	N B	MHz	5.7		5.7	
	送信空中線口径		m	4		4	
	受信空中線口径		m	4		4	
	送信フィーダー長		m	30		30	
	受信フィーダー長		m	30		30	
	SD受信						
	SDアンテナ間隔	Δ h	m			X	
	ハイトピッチに対する比率					Y	
	スペース相関係数	ρ				0.4	
	SD受信改善率	A		1		29	
	送信空中線海拔高	h ₁	m	786		786	
	受信空中線海拔高	h ₂	m	353		353	
平均地表高	h _m	m	0		0		
平均伝搬路高	h	m	570		570		

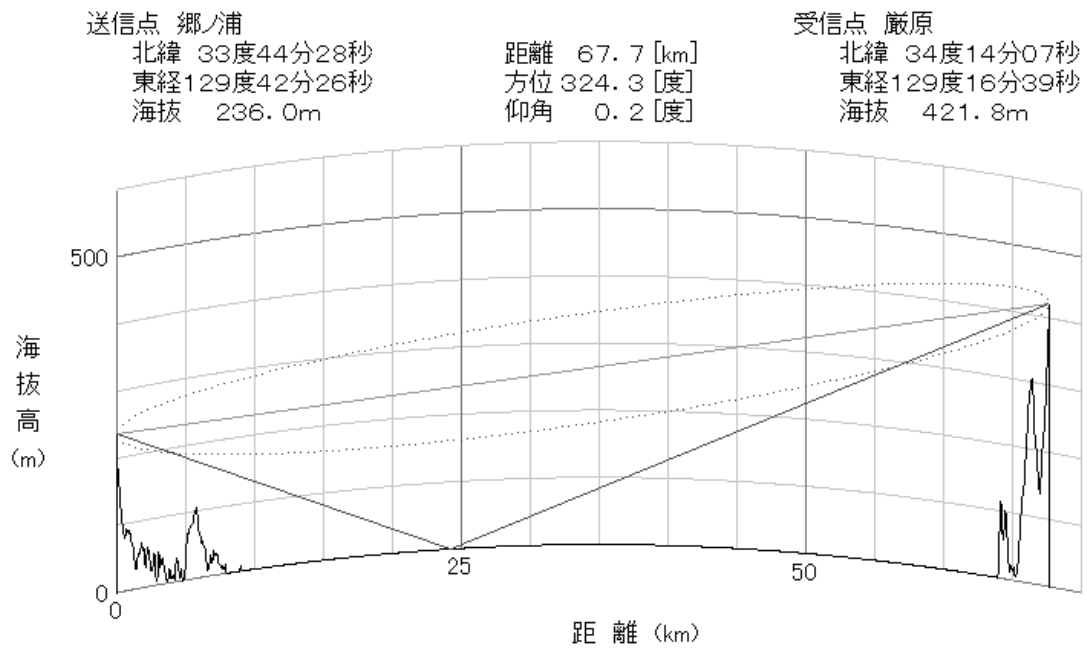


図 1 郷ノ浦～巖原 地形断面

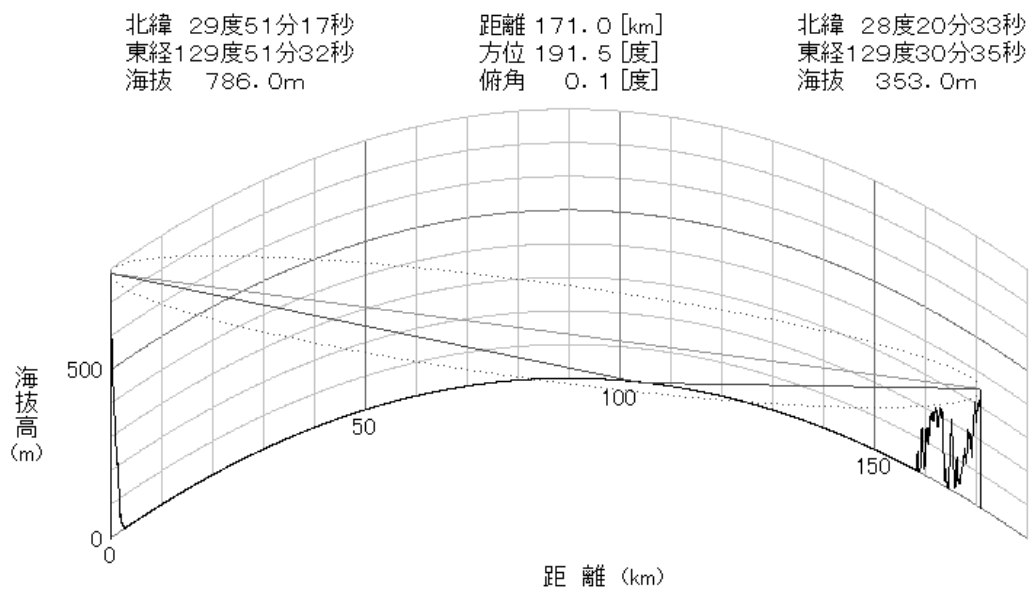


図 2 中之島～名瀬 地形断面

TS伝送方式での伝送容量、クロック周波数の一例

TTLとISDB-T方式OFDM変調器とのインターフェース信号は、一般に放送TSと呼ばれる情報速度32.5079Mbps(FFTサンプル周波数8.126984MHzの4倍に相当)のTS信号であり、TTLとしては放送TSの他にAC信号の伝送が必要となる。

AC信号は放送局が使用する信号であり、その最大情報速度は337.7kbpsである。

放送TSの1TSパケットは188バイトの情報部分と16バイトの付加情報とパリティ(RS符号)の合計204バイトからなり、ARIB STD-B31「地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式」付属の運用ガイドラインでは、AC信号、付加情報の信号には8バイトを割り当てることができることとなっている。

接続符号の外符号に14バイトのパリティ(RS符号)を採用する場合には、放送TSの1TSパケットの間に伝送する情報容量は210バイト(188+8+14)となり、情報速度は33.464Mbps($32.5079 \times 210/204$)となる。

さらに接続符号の内符号を符号化率5/6の畳込み符号とすると、最終的な伝送容量は40.1568Mbps($33.464 \times 6/5$)となる。またこのときのクロック周波数は多値化数が6の64QAMの場合には、6.6928MHz($40.1566/6$)となる。

TS伝送方式の回線設計(受信入力)

回線設計を行う上で必要となる受信入力の算出法は以下のとおり。

3.2.26 項「等価雑音帯域幅、雑音指数」において等価雑音帯域幅は 6.7MHz 以下、雑音指数は 4dB 以下としているので、受信機の雑音電力 $KTBF_{RX}$ は空中線並びに装置の温度を 300K、給電線損失を 2dB とすると、

$$\begin{aligned} KTBF_{RX} &= 1.38 \times 10^{-23} \times (300 + 300 \times (2.51 \times 1.58 - 1)) \times 6.7 \times 10^6 \quad (\text{W}) \\ &= -99.6 \quad (\text{dBm}) \end{aligned}$$

となる。

一方、3.2.22 項「搬送波電力対熱雑音電力比」により、搬送波電力対熱雑音電力比を 30.8dB 以下としている。従って、回線を維持するために必要な受信機の最小入力信号電力は -68.8dBm となる。

UHF 帯では A バンドから G バンドの周波数帯と異なり、外来雑音を考慮する必要がある。地上デジタル放送の回線設計に関しては電気通信技術審議会答申諮問 74 号の資料から、外来雑音を -102.7dBm (雑音帯域幅 5600kHz、周波数 470MHz における値であり、雑音温度 700K に相当) としている。従って、外来雑音電力 KT_{BUN} は、

$$\begin{aligned} KT_{BUN} &= 1.38 \times 10^{-23} \times 700 \times 6.7 \times 10^6 \quad (\text{W}) \\ &= -101.9 \quad (\text{dBm}) \end{aligned}$$

となる。

3.2.22 項「搬送波電力対熱雑音電力比」における C/N 配分に上記の外来雑音電力 KT_{BUN} を加えると、等価 C/N は 26.5dB となり、所要 C/N 27.5dB を 1dB 下回る。(所要 C/N 27.5dB はリードソロモン復号前の誤り率が 1×10^{-4} のとなる理論 C/N 24.5dB に機器劣化 3dB を加えたものである)

従って、UHF 帯において回線を維持するために必要な受信機の最小入力信号電力は -67.8dBm となる。

受信入力(設計値)は標準受信入力の $\pm 3\text{dB}$ の範囲とすることとし、標準受信入力は最小入力信号電力 -67.8dBm にフェージングマージンを加え、さらに受信入力(設計値)に $\pm 3\text{dB}$ の範囲を持たせたことに伴い、3dB を加えた値 -64.8dBm となる。

低遅延コーデックを考慮した情報ビットレートの検討

低遅延コーデックの動向を調査し、そこから類推される映像ビットレートを推定し、ミリ波番組素材伝送システムの所要情報ビットレートを検討する。

1 映像圧縮符号化の動向

映像信号の圧縮符号化(映像符号化)は、伝送媒体又は記録媒体の有する帯域に応じて、映像信号の情報量を軽減する目的で行われる。映像の画質劣化を生じさせない又は劣化を小さく抑えながら映像符号化量を小さくするために、映像の冗長性や人間の視覚の特徴を利用している。

映像符号化は、動画を構成する一枚一枚の画像単位で行うフレーム内符号化と、複数の画像の間で行うフレーム間符号化がある。低遅延コーデックは、フレーム内符号化を対象とする。

フレーム内符号化を行うコーデックとしては、まず、motion-JPEG及びJPEG 2000がある。いずれもHDTV映像信号の1フレーム又は1フィールドの画像ごとに映像情報を圧縮あるいは伸張する。フレーム間符号化を想定するMPEG-2やH.264/MPEG-4 AVC(Advanced Video Coding)においても、フレーム内で符号化することが検討されており、これらも対象とする。

2 映像ビットレートの検討

番組素材伝送に必要な低遅延コーデックの映像ビットレートの所要値を考察する

番組素材収録において使用しているVTRのビットレートは100Mbps～440Mbpsであり、この中で低遅延のイントラフレームVTRでは、140Mbpsのものが数多く使われている。ミリ波仕様のアプリケーションとして最も期待されるワイヤレスカメラにおいては、従来の有線カメラと共にスイッチングして使用することが想定されている。その際、他の有線カメラと比べ画質の劣化があると非常に不自然なものとなる。また、同一の被写体を違う画角でとることが多いため、リアルタイムに限りなく近い低遅延性が求められる。そのため、画像圧縮における時間軸方向の圧縮(フレーム間圧縮)を使用することが難しい。フレーム間圧縮を全く使わない低遅延圧縮方式としてJPEG2000方式がある。このJPEG2000は、現在数多く使われているMPEG-2方式と比べると、同様画質を得るためにはMPEG-2の約2倍弱のビットレートが必要と言われている。PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)の評価基準値40dB以上を確保するJPEG2000では200Mbps程度が必要

との報告があり、この間で画質を考えて映像伝送容量を決める必要がある。また最近開発されているH.264コーデックでの低遅延モードでも、JPEG2000と同等画像で170Mbpsを基準にしている。

従って、低遅延を実現するコーデックを使用する場合の映像ビットレートは140～200Mbps程度の範囲にあるものと推定する。

また、多段の中継を行う等コーデックを従属接続して用いる場合には、画質の維持の観点で、より高画質低圧縮な映像ビットレートが望ましい。このために、VTRで利用されている値を参考に440Mbpsを考えることが適当である。

3 情報ビットレート

実際のワイヤレスカメラやFPUにおいては、映像に加えて、音声や制御データも必要となる。

音声については、1～2フレーム程度の低遅延圧縮方式がないため、非圧縮AES3信号(SMPTE302M-2002)を想定する。16ビット量子化で運用する場合、1chあたりのESビットレートは960kbpsである。これをFPUとして運用する際は、5.1chサラウンド+ダウンミックス2chで最大8chとなり、トータルビットレートは7.68Mbpsとなる。また、制御データは、現状は数百kbps程度であるが、将来的にタリー、連絡線等を含むより複雑な制御を想定して、音声と制御で10Mbpsを想定する。

以上を元に、通常のワイヤレスカメラでの利用について、所要情報ビットレートは最大210Mbps、より高画質なFPUでの情報ビットレートは450Mbps、さらにHD-SDI(1485Mbps)を想定した非圧縮システムでは、1495Mbpsとすることが適当である。

4 参考文献

- (1) G. J. Sullivan and T. Wiegand, “Video Compression—From Concepts to the H.264/AVC Standard”, Proc. IEEE, vol. 93, no. 1, Jan. 2005
- (2) 西田ほか, “HDTV デジタル素材伝送における所要ビットレートの検討”, 映情学技報, BCS2000-17, BFO2000-35, vol.24, no.31, pp.1-6, May 2000
- (3) Y. Yamada et al., “Coding Performances of Intra-only MPEG Coding and Still Picture Coding”, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG2005/M11583, Jan. 2005
- (4) T. Kuge et al., “Development of JPEG2000 HDTV Program Production System and HDTV Scalable Transmission over IP Network with High Picture Quality and Reduced Delay”, IMQA 2005(1st International Workshop on Image Media Quality and its Applications), p.30, Sep.

2005

- (5) SMPTE 302M-2002 “Television – Mapping of AES3 Data into MPEG-2 Transport Stream”

所要C/N、回線設計

これまでに行われた実証試験における125MHzシステムの結果を基に所要C/Nを検討した。さらに、この所要C/Nを基準に42GHz帯及び55GHz帯で行う125MHzシステムのフルモード並びに500MHz及び1GHzシステムについて回線設計例を作成した。

1 所要C/Nと回線設計

1.1 所要C/N

図1～3にこれまでに行われた実証試験で得られた準静止／静止環境のBER対C/N特性の結果を示す。ここで、BERは誤り訂正前の結果である。この結果を基に、以下、ビタビ復号後に $BER < 2 \times 10^{-4}$ 及びリードソロモン復号後疑似エラーフリーとなる最小のC/N(所要C/N)を議論する。

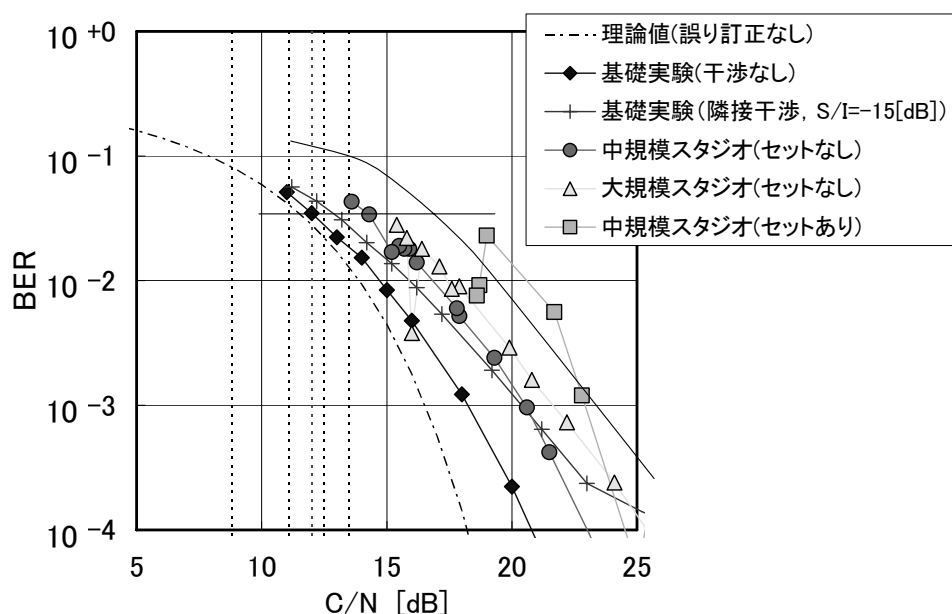


図1 静止／準静止環境での BER の対 C/N 特性の試験結果(基礎・屋内)

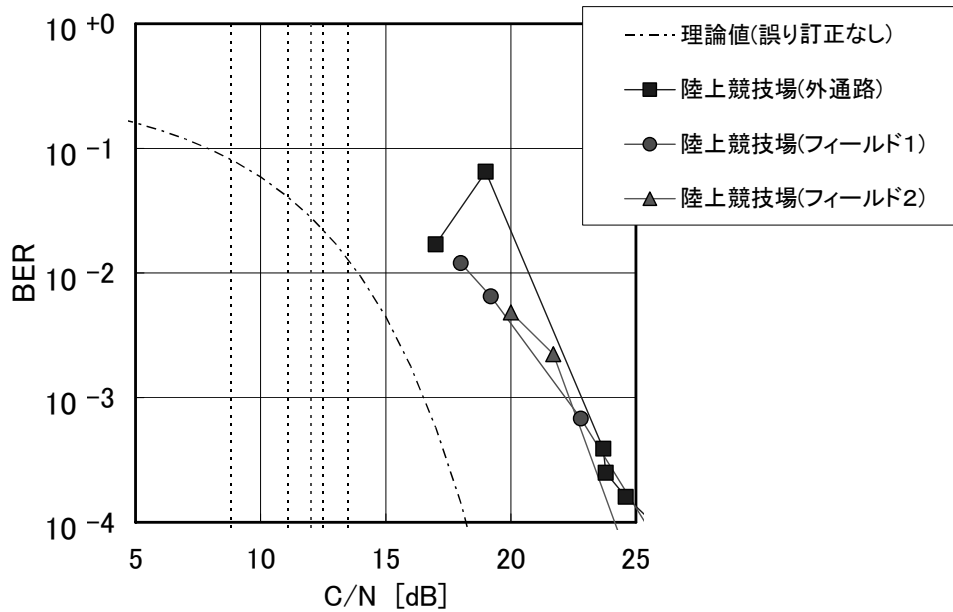


図 2 静止／準静止環境での BER の対 C/N 特性の試験結果(屋外)

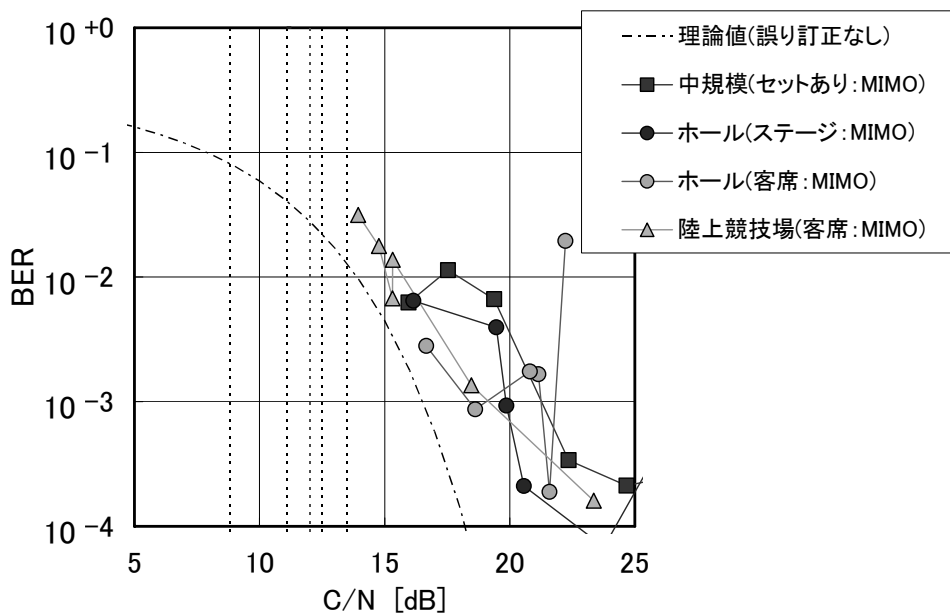


図 3 静止／準静止環境での BER の対 C/N 特性の試験結果(MIMO)

基礎実験では、導波管によるback-to-back接続の結果ならびに隣接チャネル干渉の伝送試験を行った。その結果を図1に誤り訂正前の値で示している。

一方、16QAM ($r=1/2$)でリードソロモン符号(204, 188)の条件で隣接チャネル干渉のないback-to-back接続の場合に誤り訂正後のBERを測定したところ、 $C/N \geq 12$ [dB]で疑似エラーフ

りとなった。図1においてC/N=12 [dB]の誤り訂正前のBERは、 3.5×10^{-2} であるので、この値と誤り訂正後疑似エラーフリーとなることが対応する。

文献(1)によると、16QAM ($r=1/2$)のとき所要C/Nの理論値は8.8dBである。実験結果と同様に図1の誤り訂正前の理論値と対応させると 8×10^{-2} である。

ここで、実験結果の12dBが干渉雑音のない環境での所要C/Nとなり、理論値の差3.2dBが、誤り訂正の性能劣化を含む熱雑音及び歪による固定劣化となる。

隣接チャネルでの伝送を想定すると、熱雑音及び歪による固定劣化に干渉雑音による固定劣化を加えて考える必要がある。屋外で行った隣接チャネル干渉の評価伝送試験によると、希望波の隣接チャネルの干渉波に対する電力比S/Iが-15dBのときほぼ最大の干渉と予想された。よって、基礎実験の干渉試験のうちS/I=-15[dB]の結果を基に干渉雑音による固定劣化を推定する。図1において、誤り訂正前のBERが 3.5×10^{-2} になるC/Nは、干渉なしから約1dB増え約13dBとなっている。よって、総合的な固定劣化は、理論値の所要C/Nとの差約4dBである。このとき、C/N配分は熱雑音70%、干渉30%とする。

同じ16QAMで符号化率 r が異なる条件についても、熱雑音及び歪による固定劣化3.2dBがそのまま適用できるものとして各所要C/Nを推測する。 $r=3/4$ のとき所要C/Nの理論値は12.5dBである。よって、熱雑音及び歪による固定劣化を含む干渉なしの条件での所要C/Nの推定値は15.7dBになる。このときの図1上のBERは 5×10^{-3} である。このBERを基準に干渉実験の結果をみると、干渉も考慮した理論値からの固定劣化は約5dBと推定される。

回線設計を行うには、固定劣化の他マルチパスマージン(マルチパスにより生じる劣化分のマージン)を考慮する。

屋内や屋外での伝送試験では静止／準静止環境の試験と、同じ環境を移動しながら行った試験の2通りについて評価している。マルチパスマージンはこれらの試験で得られた受信C/NとBERの関係を評価することにより議論する。

スタジオやホールを対象とした屋内の伝送試験の結果を図1に併記する。ここで、BER= 3.5×10^{-2} 、 1.5×10^{-2} 、 5×10^{-3} 及び 2.5×10^{-3} の値でのC/Nの値をみると、基礎実験の結果からの所要C/Nの増加量は約5dBとなる。この値を静止／準静止環境のマルチパスマージンとした。同様に、図2の屋外、図3のMIMO伝送方式についても調査し、それぞれ5.5dB、4.0dBを得た。以上、検討した結果を表1に示す。

また、表1を基に、他の変調方式についても所要C/Nを推定した。ここで、固定劣化は、変調方式に依存して増減するものとし、過去の実績から数値を補正して記載した。結果を表2に示

す。これらの値から、静止／準静止環境でのマルチパスマージンは、3.0～5.5dB程度を見込むことができる。

表1 理論 C/Nと所要 C/N、固定劣化の関係

変調方式	符号化率 r	理論 C/N	所要 C/N	固定 劣化	熱 雑音 +歪	干渉 雑音	マルチパスマージン (静止／準静止)		
							屋内	屋外	MIMO
16QAM	1/2	8.8	13.2	4.4	14.7	18.4	5.0	5.5	4.0
16QAM	2/3	11.1	15.7	4.6	17.2	20.9	5.0	5.5	4.0
16QAM	3/4	12.5	17.2	4.7	18.7	22.4	5.0	5.5	4.0
16QAM	5/6	13.5	18.4	4.9	19.9	23.6	5.0	5.5	4.0

表2 理論 C/Nと所要 C/N、固定劣化の関係

変調方式	符号化率 r	理論 C/N	所要 C/N	固定 劣化	熱 雑音 +歪	干渉 雑音	マルチパスマージン (静止／準静止)		
							屋内	屋外	MIMO
BPSK	1/2	0.2	4.0	3.8	5.5	9.2	4.0	4.5	3.0
BPSK	2/3	1.8	5.7	3.9	7.2	10.9	4.0	4.5	3.0
BPSK	3/4	2.8	6.7	3.9	8.2	11.9	4.0	4.5	3.0
BPSK	5/6	3.7	7.7	4.0	9.2	12.9	4.0	4.5	3.0
QPSK	1/2	3.1	7.3	4.2	8.8	12.5	4.5	5.0	3.5
QPSK	2/3	4.9	9.0	4.1	10.5	14.2	4.5	5.0	3.5
QPSK	3/4	5.9	10.0	4.1	11.5	15.2	4.5	5.0	3.5
QPSK	5/6	6.9	11.0	4.1	12.5	16.2	4.5	5.0	3.5
8PSK	2/3	9.1	13.5	4.4	15.0	18.7	5.0	5.5	4.0
8PSK	5/6	11.5	16.4	4.9	17.9	21.6	5.0	5.5	4.0

一方、移動環境においては、伝送実験で記録したTSから誤り訂正後エラーフリーとなる場所を推定し、その地点でのC/Nを基準に所要C/Nを見積もった。その結果、エラーフリーとするためには、25dB程度のC/Nが必要と推定した。この値と先の静止／準静止環境での所要C/N12dBとの差を移動環境でのマルチパスマージンとすることとし、その値として13dBを見込

むことができる。

1.2 回線設計

42GHz帯及び55GHz帯で回線設計例を作成した。

まず、125MHzシステムのフルモードを用いてワイヤレスカメラを想定し、屋外の250mを移動伝送する場合を対象に、情報ビットレート210Mbpsを達成する16QAM($r=3/4$)について求めた結果(表3)を紹介する。

続いて、屋内スタジオ最大級の50mを移動伝送する場合を対象に、125MHzシステムのハーフモードを用いて情報ビットレート100Mbpsを達成する16QAM($r=2/3$)の結果(表4)を紹介する。

また、500MHz及び1GHzシステムを用いて屋外の1kmをFPU伝送する場合(静止、半固定)を対象に、スタジオ品質の高画質伝送を行う低遅延コーデックの場合の情報ビットレート210Mbps を達成するBPSK($r=2/3$)と、多段接続時にもスタジオ品質の高画質伝送を行う低遅延コーデックの場合の情報ビットレート450Mbps を達成するQPSK($r=3/4$)と、非圧縮のHD-SDI信号に相当する情報ビットレート1.495Gbpsを達成する8PSK($r=5/6$)の3とおりの変調方式について求めた結果(表5、表6及び表7)を紹介する。

なお、本回線設計においては、受信機雑音指数としてデバイス動向を考慮して10dB、また、等価雑音帯域幅はフィルタの開発動向も考慮して、占有周波数帯幅と等しいものとした。

表 3 42GHz 帯/55GHz 帯の 125MHz フルモード OFDM 移動伝送の回線設計例
送信アンテナ:水平オムニ、受信アンテナ:電磁ホーン(35dBi)の場合

	16QAM 3/4	16QAM 3/4
送信周波数 f [GHz]	42.0	55.0
送信出力 W [W]	1.00	1.00
送信出力 W [dBm]	30.0	30.0
送信アンテナ利得 Gt [dBi](水平オムニ)	2.0	2.0
送信給電線損失 Lt [dB]	0.5	0.5
実効放射電力 (WGt/Lt) [dBm]	31.5	31.5
伝送距離 d [m]	250.0	250.0
自由空間伝搬損失 ($\lambda / 4 \pi d$) ² [dB]	112.9	115.2
酸素分子による吸収損失 [dB] 1dB/km @42GHz、5dB/km @55GHz	0.3	1.3
降雨減衰マージン 5.3dB/km@42GHz(偏波 V) 7.0dB/km @55GHz(偏波 V) 降雨強度 20mm/h	1.3	1.8
所要フェージングマージンF _{mr_rice} [dB]	13.0	13.0
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	35.0	35.0
受信給電線損失 Lr [dB]	0.5	0.5
受信電力 Ci [dBm]	-61.4	-65.2
ボルツマン定数 k [W/(Hz·K)]	1.38×10^{-23}	1.38×10^{-23}
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz·K)]	-198.6	-198.6
標準温度 T0 [dBK]	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	112.0	112.0
信号帯域幅 B [dBHz]	80.5	80.5
受信機雑音指数 F [dB]	10.0	10.0
受信機熱雑音 Ni=k T0 B F [dBm]	-83.3	-83.3
受信機熱雑音 C/N [dB]	21.9	18.1
所要 C/N [dB]	17.2	17.2
伝送マージン [dB]	4.7	1.0

表 4 42GHz 帯／55GHz 帯の 125MHz ハーフモード OFDM 移動伝送の回線設計例
送信アンテナ:水平オムニ、受信アンテナ:電磁ホーン(18dBi)の場合

	16QAM2/3	16QAM 2/3
送信周波数 f [GHz]	42.0	55.0
送信出力 W [W]	0.5	0.5
送信出力 W [dBm]	27.0	27.0
送信アンテナ利得 Gt [dBi](水平オムニ)	2.0	2.0
送信給電線損失 Lt [dB]	0.5	0.5
実効放射電力 (WGt/Lt) [dBm]	28.5	28.5
伝送距離 d [m]	50.0	50.0
自由空間伝搬損失 ($\lambda / 4 \pi d$) ² [dB]	98.9	101.2
酸素分子による吸収損失 [dB] 1dB/km @42GHz、5dB/km @55GHz	0.1	0.3
所要フェージングマージンF _{mr_rice} [dB]	13.0	13.0
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	18.0	18.0
受信給電線損失 Lr [dB]	0.5	0.5
受信電力 Ci [dBm]	-65.9	-68.5
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38×10^{-23}	1.38×10^{-23}
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6
標準温度 T0 [dBK]	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	60.0	60.0
信号帯域幅 B [dBHz]	77.8	77.8
受信機雑音指数 F [dB]	10.0	10.0
受信機熱雑音 Ni=k T0 B F [dBm]	-86.0	-86.0
受信機熱雑音 C/N [dB]	20.1	17.6
所要 C/N [dB]	15.7	15.7
伝送マージン [dB]	4.5	1.9

表 5 42GHz 帯／55GHz 帯の 500MHz システム(210Mbps)FPU 伝送の回線設計例
送信アンテナ:電磁ホーン(30dBi)、受信アンテナ:電磁ホーン(30dBi)の場合

	BPSK 2/3	BPSK 2/3
送信周波数 f [GHz]	42.0	55.0
送信出力 W [W]	1.00	1.00
送信出力 W [dBm]	30.0	30.0
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	30.0	30.0
送信給電線損失 Lt [dB]	0.5	0.5
実効放射電力 (WGt/Lt) [dBm]	59.5	59.5
伝送距離 d [m]	1000.0	1000.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda / 4 \pi d)^2$ [dB]	124.9	127.2
酸素分子による吸収損失 [dB] 1dB/km @42GHz、5dB/km @55GHz	1.0	5.0
降雨減衰マージン 5.3dB/km@42GHz(偏波 V) 7.0dB/km @55GHz(偏波 V) 降雨強度 20mm/h	5.3	7.0
所要フェージングマージンFmr_rice[dB]	4.5	4.5
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	30.0	30.0
受信給電線損失 Lr [dB]	0.5	0.5
受信電力 Ci [dBm]	-46.7	-54.7
ボルツマン定数 k [W/(Hz·K)]	1.38×10^{-23}	1.38×10^{-23}
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz·K)]	-198.6	-198.6
標準温度 T0 [dBK]	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	425.0	425.0
信号帯域幅 B [dBHz]	86.3	86.3
受信機雑音指数 F [dB]	10.0	10.0
受信機熱雑音 Ni=k T0 B F [dBm]	-77.5	-77.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	30.8	22.8
所要 C/N [dB]	5.7	5.7
伝送マージン [dB]	25.2	17.1

表 6 42GHz 帯／55GHz 帯の 500MHz システム(450Mbps)FPU 伝送の回線設計例
送信アンテナ:電磁ホーン(30dBi)、受信アンテナ:電磁ホーン(30dBi)の場合

	QPSK 3/4	QPSK 3/4
送信周波数 f [GHz]	42.0	55.0
送信出力 W [W]	1.00	1.00
送信出力 W [dBm]	30.0	30.0
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	30.0	30.0
送信給電線損失 Lt [dB]	0.5	0.5
実効放射電力 (WGt/Lt) [dBm]	59.5	59.5
伝送距離 d [m]	1000.0	1000.0
自由空間伝搬損失 $(\lambda / 4 \pi d)^2$ [dB]	124.9	127.2
酸素分子による吸収損失 [dB] 1dB/km @42GHz、5dB/km @55GHz	1.0	5.0
降雨減衰マージン 5.3dB/km@42GHz (偏波 V) 7.0dB/km @55GHz(偏波 V) 降雨強度 20mm/h	5.3	7.0
所要フェージングマージンFmr_rice[dB]	5.0	4.5
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	30.0	30.0
受信給電線損失 Lr [dB]	0.5	0.5
受信電力 Ci [dBm]	-47.2	-55.2
ボルツマン定数 k [W/(Hz・K)]	1.38×10^{-23}	1.38×10^{-23}
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz・K)]	-198.6	-198.6
標準温度 T0 [dBK]	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	425.0	425.0
信号帯域幅 B [dBHz]	86.3	86.3
受信機雑音指数 F [dB]	10.0	10.0
受信機熱雑音 Ni=k T0 B F [dBm]	-77.5	-77.5
受信機熱雑音 C/N [dB]	30.3	22.3
所要 C/N [dB]	10.0	10.0
伝送マージン [dB]	20.4	12.3

表 7 42GHz 帯/55GHz 帯の 1GHz システム非圧縮 FPU 伝送の回線設計例
送信アンテナ:電磁ホーン(30dBi)、受信アンテナ:電磁ホーン(30dBi)の場合

	8PSK 5/6	8PSK 5/6
送信周波数 f [GHz]	42.0	55.0
送信出力 W [W]	1.00	1.00
送信出力 W [dBm]	30.0	30.0
送信アンテナ利得 Gt [dBi]	30.0	30.0
送信給電線損失 Lt [dB]	0.5	0.5
実効放射電力 (WGt/Lt) [dBm]	59.5	59.5
伝送距離 d [m]	1000.0	1000.0
自由空間伝搬損失 ($\lambda / 4 \pi d$) ² [dB]	124.9	127.2
酸素分子による吸収損失 [dB] 1dB/km @42GHz、5dB/km @55GHz	1.0	5.0
降雨減衰マージン 5.3dB/km @42GHz (偏波 V) 7.0dB/km @55GHz(偏波 V) 降雨強度 20mm/h	5.3	7.0
所要フェージングマージンF _{mr_rice} [dB]	5.5	5.5
受信アンテナ利得 Gr [dBi]	30.0	30.0
受信給電線損失 Lr [dB]	0.5	0.5
受信電力 Ci [dBm]	-47.7	-55.7
ボルツマン定数 k [W/(Hz·K)]	1.38×10^{-23}	1.38×10^{-23}
ボルツマン定数 k [dBm/(Hz·K)]	-198.6	-198.6
標準温度 T0 [dBK]	24.8	24.8
信号帯域幅 B [MHz]	841.0	841.0
信号帯域幅 B [dBHz]	89.2	89.2
受信機雑音指数 F [dB]	10.0	10.0
受信機熱雑音 Ni=k T0 B F [dBm]	-74.6	-74.6
受信機熱雑音 C/N [dB]	26.9	18.8
所要 C/N [dB]	16.4	16.4
伝送マージン [dB]	10.5	2.5

2 参考文献

- (1) L. G. Moller, “Digital Terrestrial Television — The 8k System —”, EBU Technical Review, Winter 1995.
- (2) Recommendation ITU-R P.676-6 “Attenuation by atmospheric gases”
- (3) Recommendation ITU-R P.838-2 “Specific attenuation model for rain for use in prediction methods”

ミリ波デバイスの開発動向

42GHz帯及び55GHz帯で利用可能な半導体デバイスについて動向調査を行った。まず、市販品として入手可能なミリ波用増幅器の現状について示す。調査期間は2006年12月～2007年1月であり、調査したメーカ数は、12社である。続いて国際半導体技術ロードマップを参考に今後のミリ波用トランジスタの開発動向について検討した結果を示す。

1 ミリ波用増幅器の現状

低雑音増幅器、電力増幅器(MPA、PA)についてカタログにおける市販品を調査した。主に海外メーカがミリ波増幅器デバイスの製品化を行っている。形態としては、MMICのベアチップと同軸又は導波管インタフェースのモジュールに分けられる。表1～表3に低雑音増幅器、電力増幅器の主要な特性をまとめた。

低雑音増幅器についてはNF最良値として、42GHz帯では5dB程度、55GHz帯では3dB程度のものである。一般的に周波数が高くなるとNFは大きくなるが、調査したデバイスメーカが多岐にわたり、デバイスプロセスの仕様が異なっているため、55GHz帯で最良のNF値が得られている。また、電力増幅器については1dB利得圧縮点出力電力での最大値として、42GHz帯では約3W、55GHz帯では約50mWがそれぞれ市販されている。OFDM方式では送信アンプに線形性が要求され、この出力電力から数dBないし十数dB程度のバックオフをとる必要があるため、実際の送信電力はこの値よりバックオフ分だけ小さくなる。

増幅器デバイスで装置を構成する場合、MMICの場合はモジュールへの組立、モジュールは装置への組み込みで挿入する回路損失分だけ、NF、出力電力はそれぞれ劣化することを考慮する必要がある。

表における各項目の意味は次の通りである。

① 利得：増幅器の出力電力と入力電力の比である。この数値が大きいほど増幅度が大きい。

② VSWR：電圧定在波比。定在波における最大電圧と最小電圧の比で与えられ、入出力のインピーダンス整合の状態を示す。通常、信号源インピーダンス、負荷インピーダンスをそれぞれ50Ωとした場合の値を使用する。比の値が1に近いほど整合状態が良く、反射が少ない。

例えばVSWR=2:1で約10dBの反射損失を生じる。

③ NF: 雑音指数。増幅器内部で発生する雑音の多寡を示す量であり、数値が小さいほど特性が良い。回線設計等に用いる熱雑音電力はボルツマン定数(k)、絶対温度(T)、雑音帯域幅(B)、雑音指数(F)の積(kTBF)で求められる。従って、受信機においてはこの雑音指数が低いことが求められる。

④ P-1dB: 1dB利得圧縮点出力。増幅器の線形性を示すパラメータであり、数値が大きいほど大きな電力の信号を歪みなく増幅することができる。増幅器は入力がある程度以上大きくなると利得が低下する。P-1dBは利得が線形利得から1dB低下した点の出力電力を表わす。OFDM信号は、最大電力と平均電力の比が大きいため、P-1dBに対して余裕のある出力レベルで使用する必要がある。従って、OFDM信号の場合には、同じ送信電力でもシングルキャリア信号の場合に比べてP-1dBの大きな増幅器を用いる必要がある。

⑤ IP3: 3次インターセプトポイント電力。増幅器等の線形性を示すパラメータであり、数値が大きいほど大きな信号を歪みなく増幅することができる。入出力特性のグラフにおいて、基本波の延長線と3次相互変調歪の延長線の交点を3次インターセプトポイントという。通常、IP3と言った場合は、インターセプトポイントの出力電力を指す。

⑥ Psat: 飽和出力電力。増幅器は、ある程度以上入力電力が大きくなると、それ以上出力電力が増加しなくなる。この時の最大出力電力である。

P-1dB、Psat、IP3の関係を図1に示す。

表1 低雑音増幅器の特性

型番	周波数 [GHz]	NF [dB]	P-1dB [dBm]	IP3 [dBm]	利得 [dB]	利得 平坦性 [dB]	電源 V[V]/ I[mA]	VSWR (typ.)	インタフェ ース等
ALN-6108 6015-01	57-65	6 (max.)			15		8/ 100	2:1	WR-15(U G-385/U)
ALN-6108 6030-01	57-65	6 (max.)			30		8/ 150	2:1	WR-15(U G-385/U)
NN3355G3 0N4P10	33-50	4.3 (max.)	10 (min.)	19 (typ.)	30	±2	12/ 240	2.5:1	Coaxial
NN4060G3 0N4P7	40-60	4.5 (max.)	7 (min.)	16 (typ.)	30	±2	12/ 240	2.5:1	Coaxial
NN5456G3 0N4P10	54-56	3 (max.)	10 (min.)	19 (typ.)	30	±1	12/ 240	2.5:1	Coaxial
NN5075G3 0N5P5	50-75	5 (max.)	5 (min.)	14 (typ.)	30	±2	12/ 240	2.8:1	Coaxial
HLNAV-X XX	57-63	4 (typ.)							Coaxial/ Waveguide
FLNA-15- 15	57-65	6 (max.)			15		8/ 100	2:1	
SLV-20-4	50-75	4 (typ.)	-1 (typ.)		17			2.5:1	WR-15
SLQ-15-4 W	30-50	3.5 (typ.)	-3 (typ.)		15-18			2.5:1	WR-22(U G383)
SL406-15- 4	37-43	4 (typ.)	12 (typ.)		15			1.5:1	Coaxial
SL406-15- 4W	37-43	4 (typ.)	12 (typ.)		15			1.5:1	WR-22(U G383)
SL421-30- 5	40-43	4 (typ.)	12 (typ.)		30			2:1	Coaxial

SL6010-15 -6	55-65	6 (typ.)	10 (typ.)		15			2.2:1	WR-15(U) G-385/U)
CBL57652 055	57-65	5.5 (max.)	9 (max.)		20	±2.5	12/110	2:1	
FMM5716X	57-64	5 (typ.)	10 (typ.)		22		3/		chip
TGA4600- EPU	57~60	4 (typ.)			13		3/41		chip
TGA4811	DC~60	3 (typ.)	13 (typ.)		15		6/ 50		chip
ALH369	24~40	2.1 (typ.)	11 (typ.)		17				chip
ALH379	35~45	2.2 (typ.)	6 (typ.)		16				chip
XL1004-B D	35~45	2 (typ.)	6 (typ.)		18		4/ 85		chip
XL1005-B D	35~45	2.7 (typ.)	13 (typ.)		19		3.5/ 50		chip

表 2 電力増幅器(MPA)の特性

型番	周波数 [GHz]	NF [dB]	P-1dB [dBm]	Psat [dBm]	IP3 [dBm]	利得 [dB]	電源 V[V]/ I[mA]	VSWR (typ.)	インタフェ ース等
DBS-404 2N510	40.5-42.5	3.5 (typ.)	10 (min.)		17 (min.)	30-36	12/ 300	2.5:1	Coaxial
DBS-406 0N514	40-60	8 (typ.)		14		25-35	12/ 950	3:1	Coaxial
DBS-606 5N615	60-65	9 (typ.)		15		25-35	12/ 1.8A	3:1	Coaxial
NN3355G 30N6P10	33-50	6 (max.)	10 (min.)		19 (typ.)	30	12/ 260	2.5:1	Coaxial
NN4060G 30N6P7	40-60	6 (max.)	7 (min.)		16 (typ.)	30	12/ 325	2.5:1	Coaxial
NN5075G 30N7P5	50-75	7 (max.)	5 (min.)		14 (typ.)	30	12/ 240	2.5:1	Coaxial
SGQ-15- 16W	33-48	8 (typ.)	17.5 (typ.)			15		2.5:1	WR-22
ABH209	55~65	16 (max.)	16 (typ.)	25		14	5/ 110		chip
ABH241	50~66	17 (max.)	17 (typ.)	19		24	5/ 220		chip
APH403	37~45	23 (max.)	23 (typ.)	32		21			chip

表 3 電力増幅器(PA)の特性

型番	周波数 [GHz]	NF [dB]	P-1dB [dBm]	Psat [dBm]	IP3 [dBm]	利得 [dB]	電源 V[V]/ I[mA]	VSWR (typ.)	インタフェ ース等
AHP-420 42625-01	40-44		26 (min.)			25	8/ 1.5A	2:1	Coaxial
AHP-611 81625-01	55-65		16 (min.)			25	8/ 200	2:1	WR-15(U G-385/U)
AHP-611 81628-01	52-70		16 (min.)			25	8/ 200	2:1	WR-15(U G-385/U)
DBP-394 2N329	39-42.5	8.5 (typ.)	29 (min.)			30-38	8/ 2.7A	2:1/2.3: 1	Coaxial
DBP-404 2N825	40.5-42.5	8 (typ.)		25		20-26	12/ 2.2A	2.5:1	Coaxial
NN3355G 30N8P17	33-50	8 (max.)	17 (min.)		26 (typ.)	30	12/ 300	2.5:1	Coaxial
NN4060G 20N8P18	40-60	8 (max.)		18		20	12/ 350	2.5:1	Coaxial
NN5456G 30N8P17	54-56	8 (max.)	17 (min.)		26 (typ.)	30	12/ 370	2.2:1	Coaxial
NN5075G 30N8P8	50-75	8 (max.)	8 (min.)		17 (typ.)	30	12/ 240	2.8:1	Coaxial
NP4060G 30N8P14	40~60	8 (max.)	14 (min.)			30	12/ 240		Coaxial
NP5961G 30N5P10	59~61	5 (max.)	10 (min.)			30	12/ 240		Coaxial
HMPAV- XXX	57-63		22 (typ.)						Coaxial/Wa veguide
FPA-224 226	40-44		26 (min.)			25	8/ 1.5A	2:1	

FPA-156 016	55-65		16 (min.)			25	8/ 200	2:1	
SP412-3 0-22	40-43	8 (typ.)	22 (typ.)			30		2:1	Coaxial K
SP422-3 4-22	40-43	10 (typ.)	22 (typ.)			34		2.5:1	Coaxial K
SP604-1 3-12W	58-62	7 (typ.)	12 (typ.)			13		2.5:1	WR-15
SP394-3 0-30	37-40	8 (typ.)	30 (typ.)			30		2:1	Coaxial K
SP369-4 0-33	31~40		31 (typ.)			35	9/ 1.5A		
SP3515- 35-26W	27.5~ 42.5		26 (typ.)			35	8/ 1.25A		
SP5816- 20-15W	50~66		15 (typ.)			20	8/ 350		
CBP4146 4035	41-46	10 (max.)	35 (min.)		42 (typ.)	40	15/ 18A	2:1	
FMM5715 X	57-64	5 (typ.)	16 (typ.)			17	3/ 150		chip
APH473	37~40		27 (typ.)	35		14			chip
APH510	37~40		26 (typ.)	37		20			chip
APH565	40~46		23 (typ.)	31		17			chip
XP1005- BD	35~43			24		26	4.5/ 500		chip
XP1018- BD	37~42		25 (typ.)			26	5/ 475		chip

XP1015- BD	43.5~ 46.5		31 (typ.)			13	5/ 2.8A		chip
XP1016- BD	43.5~ 46.5		24 (typ.)			14	5/ 720		chip
XP1028- BD	43.5~ 46.5		29 (typ.)			14	5/ 1.4A		chip
02-09	50~55		14 (typ.)			11			WR-15
02-10	50~65		14 (typ.)			11			WR-15
02-16	33~46		20.5 (typ.)			19			WR-22

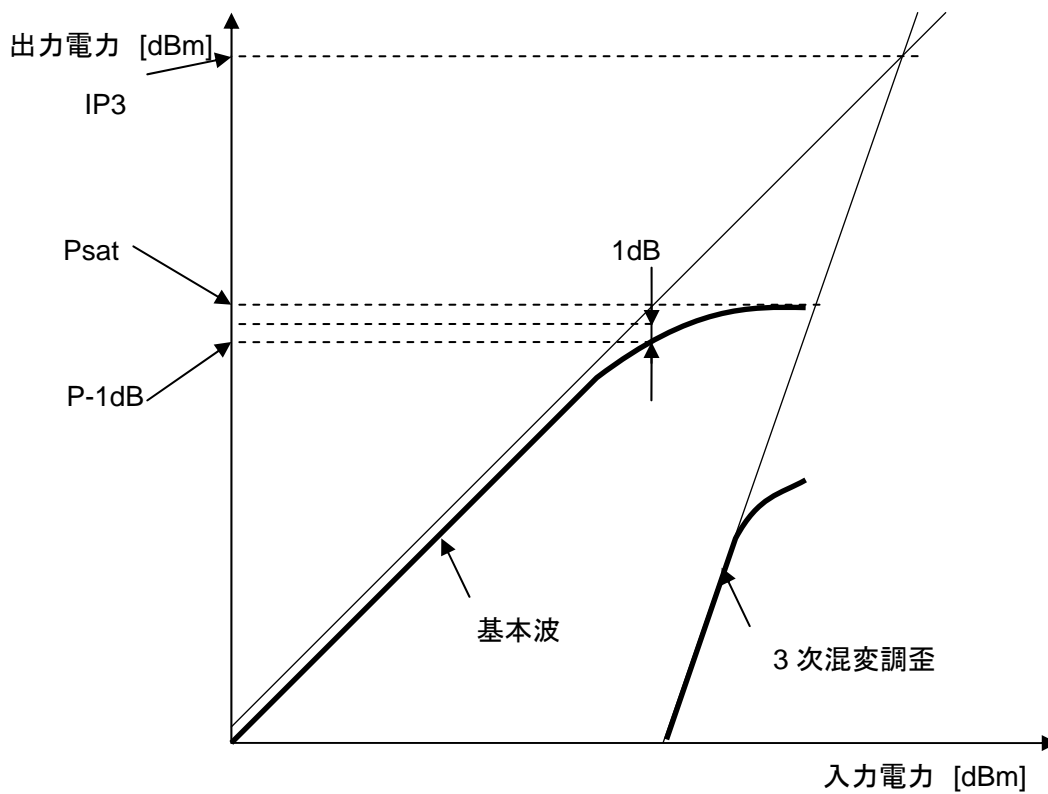


図1 P-1dB, Psat, IP3 の関係

2 ミリ波用トランジスタの開発動向

国際半導体技術ロードマップ(ITRS)2005年版+2006年アップデート^{(1),(2)}のデータをもとに、ミリ波用低雑音トランジスタ及び電力増幅用トランジスタの開発動向について述べる。ITRSは、欧州・日本・韓国・台湾・米国の専門家らによる国際合意としてまとめられたものであり、半導体産業の主要な動向を予測している。

現状のミリ波帯用トランジスタとしてはこれまで主に化合物半導体が用いられている。近年、高周波用トランジスタとしてCMOS等シリコン系半導体の高速化が著しいものの、放送番組素材伝送のような高性能が要求される分野においては今後も引き続き化合物半導体が用いられるものと考えられる。アナログ応用の場合には、トランジスタの動作速度のみならず、雑音特性や出力電力、線形性等デジタル回路とは異なった性能が求められ、これらの性能のうちいくつかはトレードオフの関係にある。化合物半導体では、このような要求に対して、積層構造の材料や膜厚、不純物濃度を設計することにより多様なデバイスを設計することができる。

2.1 低雑音トランジスタ

図2及び図3に、各デバイスの電流利得遮断周波数及び雑音指数の開発目標を示す。60GHz帯用のデバイスとしては、現在GaAs PHEMTが最もよく用いられているが、GaAs PHEMTとInP HEMTは既に成熟段階にあり、今後大きな性能向上は見込めない。今後は、高周波性能の向上を狙ってGaAs MHEMTやGaN HEMTの利用が考えられ、現状から約1.5dB程度の低雑音化が期待できる。しかしながら、GaNの成長は著しいものの、2005年の時点でGaN基板は入手できる状態にないようであり、GaNが量産品として一般に利用可能になるまでには、材料の品質、デバイスの信頼性等解決すべき課題が多くある。また、現在、低雑音デバイスとして用いられているGaAs PHEMTは、防衛産業応用で、短期的にはInP HEMTによって、10年後にはMHEMTに置き換えられると予測されている。民生応用が防衛産業応用にどの程度遅れて実用化されるかは一概には言えないが、60GHz帯に限って言えば、ここ4、5年はGaAs PHEMTが主力となると考えられる。

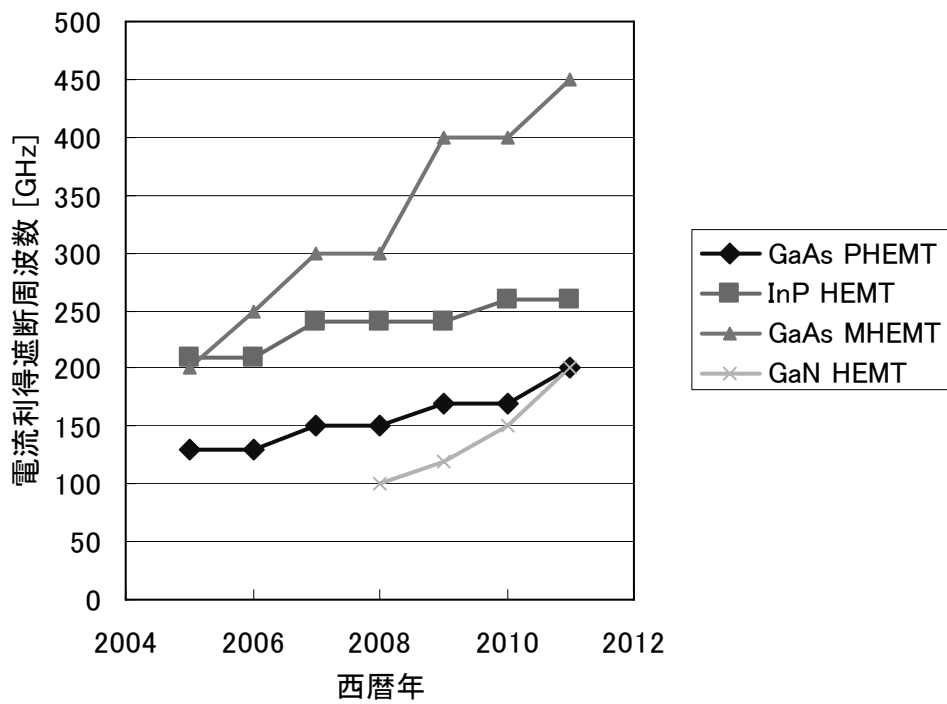


図 2 低雑音トランジスタの高周波化のトレンド

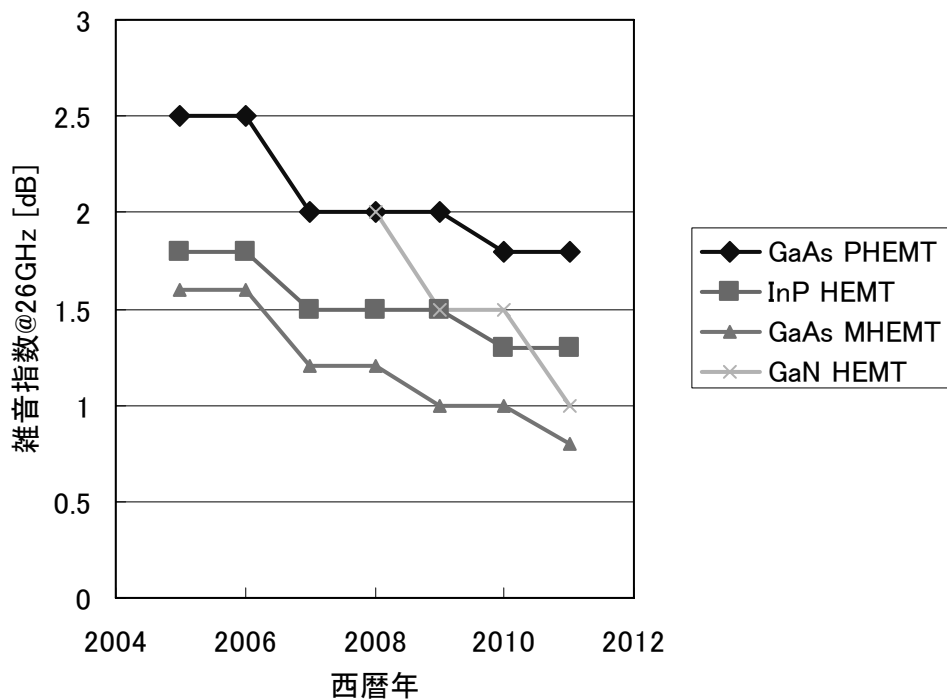


図 3 低雑音トランジスタの雑音指数のトレンド

2.2 電力増幅用トランジスタ

図4及び図5に電力増幅用トランジスタの高周波化と出力電力のトレンドを示す。低雑音トランジスタの場合と同様に、電力増幅用トランジスタとしても現状はGaAs PHEMTが主流となっている。今後は、GaAs MHEMTあるいはGaN HEMTに置き換えられていくと考えられる。パワーアンプを構成する場合には、単位トランジスタあたりの出力電力密度が低くてもこれを並列に接続することによってある程度までは出力電力を得ることができる。しかしながら、並列接続することによって整合回路が複雑となり、特にミリ波帯のような高周波では、この整合の難しさが出力電力を制限することとなる。GaN HEMTのように電力密度の大きなデバイス、高周波電力の整合回路を単純に構成できるという点で有利である。GaN HEMTは、低雑音用トランジスタのところでも述べたとおり、基板製造に対する課題が解決され、高周波化がこの開発目標のとおり進んだとすると有力なミリ波デバイスとなると考えられる。高周波特性としては、現状のGaAs PHEMTの特性に追いつくまでに5年程度を要すると考えられるが、そのときには、現状の5倍から10倍の高出力化が期待できる。

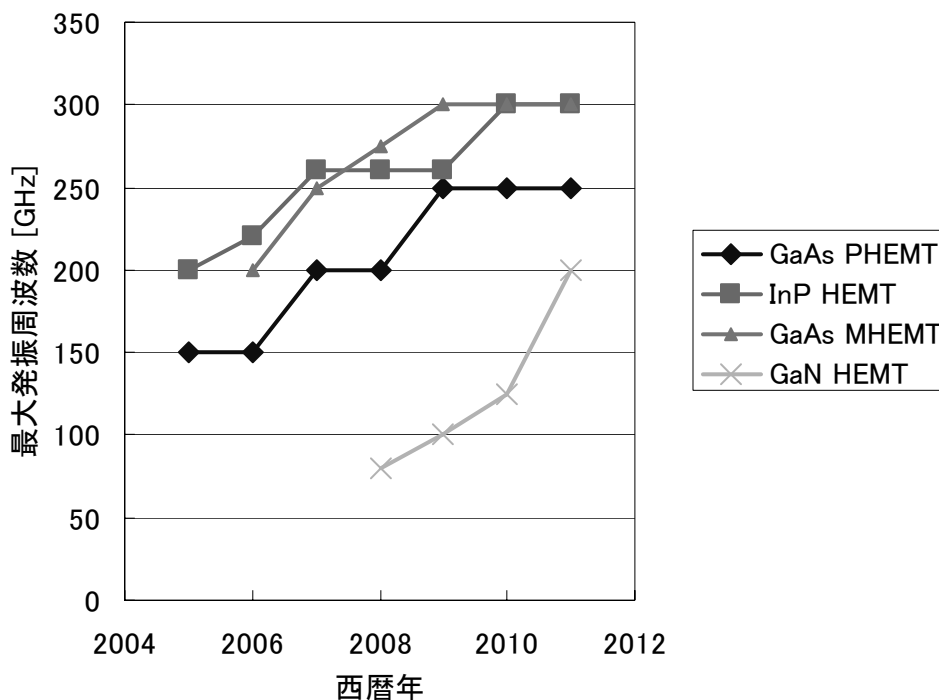


図4 電力増幅用トランジスタの高周波化のトレンド

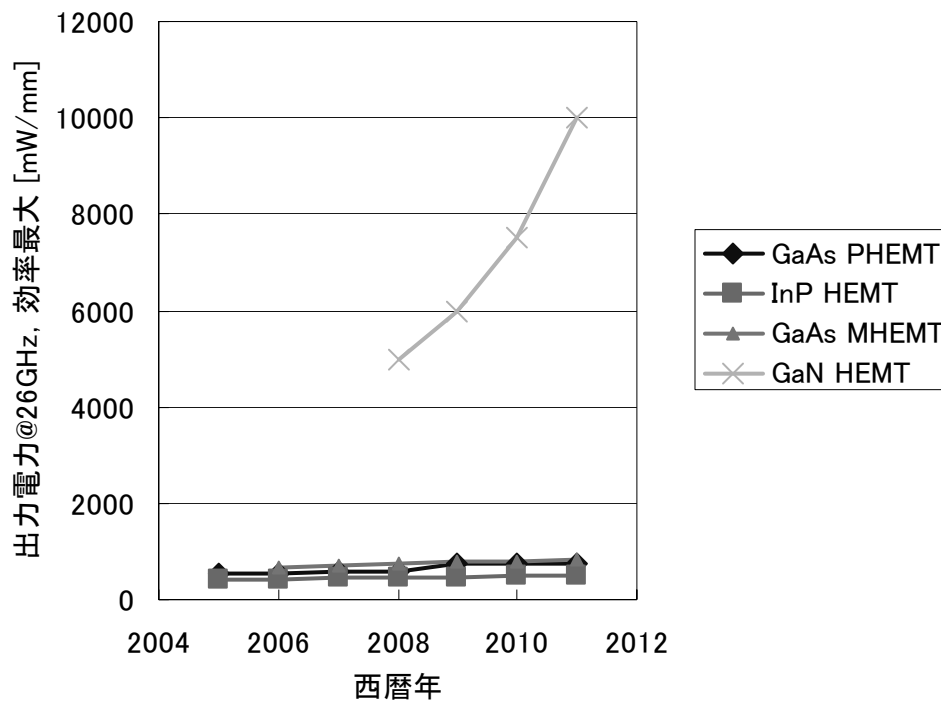


図 5 電力増幅用トランジスタの出力電力のトレンド

3 参考文献

- (1) International Technology Roadmap for Semiconductors,
<http://public.itrs.net/>
- (2) 半導体技術ロードマップ専門委員会, <http://strj-jeita.elisasp.net/strj/>, 社団法人 電子情報技術産業協会.

所要伝送ビットレートの検討

1 シングルキャリア方式の伝送ビットレート

シングルキャリア方式の伝送ビットレートは、誤り訂正符号のパリティによって決まることから、ここではまず畳み込み符号とRS(204,188)の接続符号を用いた伝送方式を想定して、誤り訂正符号の符号化率別に伝送ビットレートを求める。

TSパケットのペイロードが184バイトであり、TSヘッダと外符号のパリティを含めるとそのビットレートは204/184倍になることを考慮すると、各情報ビットレートの伝送ビットレートは表1のような値が得られる。

表1 シングルキャリア方式の伝送ビットレート

情報ビットレート 符号化率	210Mbps	100Mbps	450Mbps	1495Mbps
1/2	465.7	221.7	997.8	3315.0
2/3	349.2	166.3	748.4	2486.3
3/4	310.4	147.8	665.2	2210.0
5/6	279.4	133.0	598.7	1989.0

単位(Mbps)

以下ではこれらの伝送ビットレートから、16QAM、8PSK、QPSK、BPSKの各変調方式で、各システムのチャンネル帯域幅にスペクトルが収まるかどうかで評価を行う。各方式のクロック周波数は、変調方式の周波数利用効率(それぞれ4、3、2、1bit/Hz)で割った値であり、それにロールオフ率として0.3~0.5を考慮した値がチャンネル幅以下になる組合せを選択する。その結果を表2~6に示す。網掛けにした組合せが利用できる可能性があるが、典型的なパラメータ例を表11にまとめる。

表2 クロック周波数(情報ビットレート210Mbps 125MHzフルモード)

	16QAM	8PSK	QPSK	BPSK
1/2	116.4	155.2	232.8	465.7
2/3	87.3	116.4	174.6	349.2
3/4	77.6	103.5	155.2	310.4
5/6	69.8	93.1	139.7	279.4

単位(MHz)

表3 クロック周波数(情報ビットレート100Mbps 125MHz ハーフモード)

	16QAM	8PSK	QPSK	BPSK
1/2	55.4	73.9	110.9	221.7
2/3	41.6	55.4	83.2	166.3
3/4	37.0	49.3	73.9	147.8
5/6	33.3	44.3	66.5	133.0

単位(MHz)

表4 クロック周波数(情報ビットレート210Mbps 500MHzシステム)

	16QAM	8PSK	QPSK	BPSK
1/2	116.4	155.2	232.8	465.7
2/3	87.3	116.4	174.6	349.2
3/4	77.6	103.5	155.2	310.4
5/6	69.8	93.1	139.7	279.4

表5 クロック周波数(情報ビットレート450Mbps 500MHzシステム)

	16QAM	8PSK	QPSK	BPSK
1/2	249.5	332.6	498.9	997.8
2/3	187.1	249.5	374.2	748.4
3/4	166.3	221.7	332.6	665.2
5/6	149.7	199.6	299.3	598.7

単位(MHz)

表6 クロック周波数(情報ビットレート1495Mbps 1GHzシステム)

	16QAM	8PSK	QPSK	BPSK
1/2	828.8	1105.0	1657.5	3315.0
2/3	621.6	828.8	1243.1	2486.3
3/4	552.5	736.7	1105.0	2210.0
5/6	497.3	663.0	994.5	1989.0

単位(MHz)

2 OFDM方式の伝送ビットレート

125MHzシステム(情報ビットレート210Mbps又はハーフモードで100Mbps)に適用するOFDM方式として、ここではARIB標準規格STD-B33「テレビジョン番組素材伝送用可搬型OFDM方式デジタル無線伝送システム」の1Kフルモードのフレーム構成を参考とする。この方式は、表7に示すサブキャリアから構成される。

OFDM方式ではシングルキャリア方式で得られた表1の伝送ビットレートに、さらにデータキャリア以外の情報量を付加し、さらにガードインタバル比として大きい1/8を考慮する必要がある、その値は、 $857/672 \times (1+1/8)$ 倍となる。その結果を表8に示す。

表7 OFDM方式のキャリア構成

データキャリア	672本
パイロットキャリア	108本
TMCCキャリア	10本
ヌルキャリア(歪対策)	1本
ACキャリア(付加情報)	66本
総サブキャリア数	857本

表8 OFDM方式の伝送ビットレート

情報ビットレート 符号化率	210Mbps	100Mbps
1/2	668.1	318.1
2/3	501.1	238.6
3/4	445.4	212.1
5/6	400.8	190.9

単位(Mbps)

以下ではこれらの伝送ビットレートから、16QAM、8PSK、QPSK、BPSKの各変調方式で、各システムのチャンネル帯域幅にスペクトルが収まるかどうかで評価を行う。各方式のクロック周波数は、シングルキャリアと同様に変調方式の周波数利用効率(それぞれ4、3、2、1bit/Hz)で割った値であり、OFDMであることからロールオフ率については考慮せず、その値がチャンネル幅以下になる組合せを選択する。その結果を表9、表10に示す。網掛けにした組合せが利用できる組合せとなるが、典型的なパラメータ例を表11にまとめる。

表9 クロック周波数(情報ビットレート210Mbps 125MHzシステム フルモード)

	16QAM	8PSK	QPSK	BPSK
1/2	167.0	222.7	334.0	668.1
2/3	125.3	167.0	250.5	501.1
3/4	111.3	148.5	222.7	445.4
5/6	100.2	133.6	200.4	400.8

単位(MHz)

表10 クロック周波数(情報ビットレート100Mbps 125MHzシステム ハーフモード)

	16QAM	8PSK	QPSK	BPSK
1/2	79.5	106.0	159.1	318.1
2/3	59.6	79.5	119.3	238.6
3/4	53.0	70.7	106.0	212.1
5/6	47.7	63.6	95.4	190.9

単位(MHz)

表11 システム毎の伝送パラメータ例

システム	情報 ビットレート (Mbps)	伝送方式	クロック (MHz)	占有 帯域幅 (MHz)
125MHz (フル)	210	16QAM (3/4) -OFDM	-	(111.3)
		8PSK (5/6) -SC ($\alpha=0.3$)	93.1	105.6
		16QAM (2/3) -SC ($\alpha=0.4$)	87.3	104.8
125MHz (ハーフ)	100	16QAM (2/3) -OFDM	-	(59.6)
		8PSK (5/6) -SC ($\alpha=0.4$)	44.3	53.2
		16QAM(2/3) -SC ($\alpha=0.4$)	41.6	49.9
500MHz	210	BPSK (2/3) -SC ($\alpha=0.4$)	349.2	419.0
	450	QPSK(2/3) -SC ($\alpha=0.3$)	374.2	424.5
		QPSK(3/4) - SC ($\alpha=0.5$)	332.6	421.7
1GHz	1495	8PSK(3/4) -SC ($\alpha=0.3$)	736.7	835.6
		8PSK (5/6) - SC ($\alpha=0.5$)	663.0	840.7

OFDM方式の占有帯域幅は()で示している。

受信空中線の使用例

これまでに行われた実証試験を踏まえ、そこで利用シーンごとに想定するミリ波デジタル方式FPUの送受信空中線の使用例を示す。

1 ワイヤレスカメラ

主に、125MHzシステムを運用して実現し、スタジオや競技場内を自由に移動してHDTV信号を送信することを前提とする。

カメラに搭載される送信機側は水平面内無指向性アンテナ等指向性がブロードなアンテナを用いる。対向する受信機側のアンテナも、このような移動環境では同様に指向性がブロードなアンテナの利用が望まれる。

1.1 スタジオ、ホール(ステージ)

スタジオにおいては、送信機はカメラに搭載され、受信機は上方の照明や美術バトン位置や壁面に設置される。

スタジオの天井が高く、受信アンテナを7m以上の比較的高い位置に設置できる場合には、図1に記載するように、送信機から上向きにブロードな指向性を有するアンテナを用いて送信し、対し下向きにブロードな指向性を有するアンテナを用いて受信することにより、見通しを確保しながら送信機であるカメラが自由に動き回ることを想定できる。

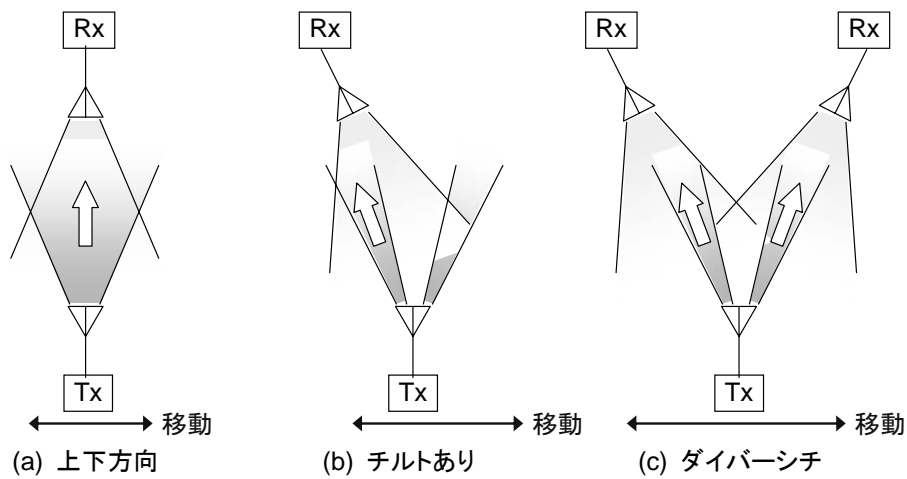
送受信アンテナに電磁ホーンアンテナを用いる場合、カメラマンの向きの回転に対しても支障が生じないように電波の偏波は円偏波を利用する。また、回線設計上の問題もあるが、エリア確保の観点でビーム角が40度程度得られる利得10dBi程度のものを用いることが望ましい。

より広範囲に動き回るためには、ビームスポットサイズが広がるように、一定の仰角を持たせ、斜め方向の伝搬を利用することが考えられる。この場合、少なくとも送信アンテナには誘電体ロッドアンテナ(図2参照。上方60°程度のブロードな指向性を有し、利得は10dBi程度)を使用する。受信アンテナに電磁ホーンアンテナを用いる場合は、指向性を真下から30度程度仰角を持たせた角度に設置する。誘電体ロッドアンテナを用いる場合、電波の偏波は垂直偏波である。

一方、スタジオの天井が低い場合や、照明等の配置の都合等により、受信アンテナを7m未

満の低い位置に設置する場合には、図3に記載する水平面内の伝送を用いる。送信アンテナに水平面内で無指向性となるアンテナを用いて送信し、ブロードな指向性を有する電磁ホーンアンテナを用いて受信することが考えられる。受信アンテナの位置が低くなるので、見通しを確保する工夫が必要である。

回線信頼性を確保し、より広範囲で運用できるようにするためには、受信アンテナを複数本、例えば4本設置し、カメラマンの移動範囲を取り囲むように配置することが望ましい(スペースダイバーシチ)。複数本の受信アンテナを設置して用いる場合には、送信アンテナを2本としMIMO伝送方式の利用も想定される。



(注1) Tx: 送信機、Rx: 受信機. (注2) ⇨ 伝搬方向

図1 スタジオ(天井が高い場合)で使用する送受信空中線の指向特性例

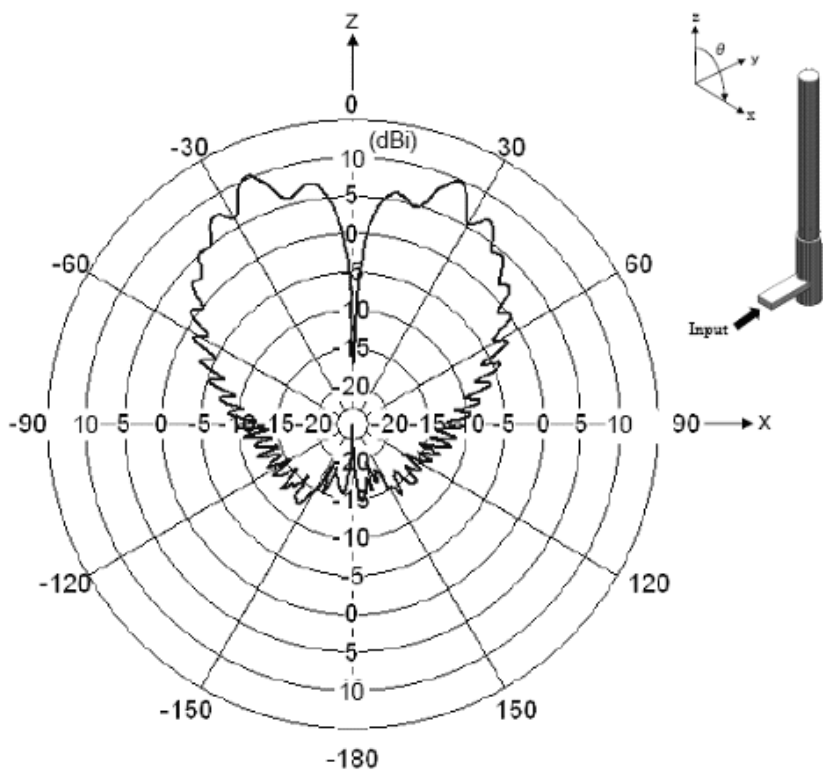
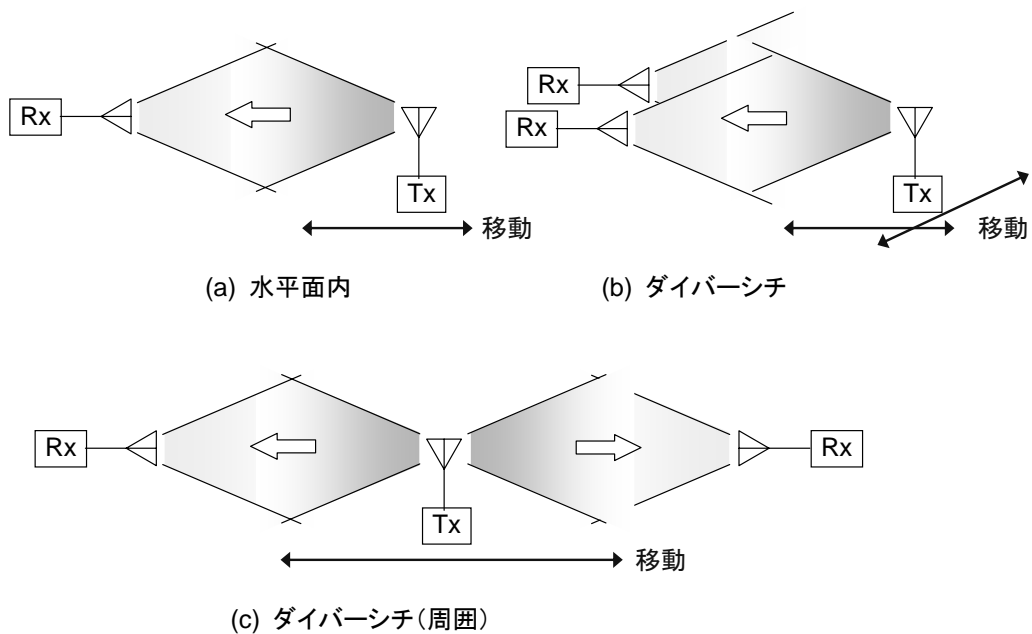


図2 誘電体ロッドアンテナの指向性(測定結果例)



(注1) Tx:送信機、Rx:受信機。(注2) \Rightarrow 伝搬方向

図3 スタジオ(天井が低い場合)、競技場で使用する送受信空中線の指向特性例

1.2 競技場、観客席

屋内外の競技場や観客席では、スタジオで受信アンテナを低い位置に設置する場合と同様に、水平面内の伝送を行う。そのため、送信機側のアンテナは水平面内に無指向性を有するアンテナであり、受信機のアンテナは10～20dBi程度の電磁ホーンアンテナ等を送信機に向けて設置する。

2 FPU

FPUとしての使い方では、マイクロ波帯等の既存のFPUと同様な使い方をする。ただし、伝送距離は1km程度と比較的短い。伝送ビットレート、伝送距離並びに回線設計との兼ね合いで、パラボラアンテナやレンズアンテナ等の単一指向高利得アンテナが用いられる。

3 移動式カメラ

移動式カメラの場合には、FPUの場合と同様なアンテナを使用するが、レールやワイヤ等カメラの移動に使用する軌道に合わせて特殊な指向特性を有するアンテナを用いたり、受信アンテナを複数配置するスペースダイバーシティを用いたりする。

4 まとめ

以上を踏まえ、表1にいくつかの事例をまとめる。アプリケーション、伝送距離、伝搬環境に応じて空中線の指向特性や利得は異なったものを使用することがわかる。

表1 送受信空中線の使用例

運用形態	電波の偏波	送信(Tx)	受信(Rx)
ワイヤレスカメラ (スタジオ、天井高)	円偏波	電磁ホーン 10dBi (上向き:真下)	電磁ホーン 10dBi (下向き:真下)
	直線偏波(垂直)	誘電体ロッド 10dBi (上向き)	電磁ホーン 10dBi (下向き:真下から 30度程度 Tx 側)
	直線偏波(垂直)	誘電体ロッド 10dBi (上向き)	誘電体ロッド 10dBi (下向き)
ワイヤレスカメラ (スタジオ、天井低) (屋外競技場)	円偏波/直線偏波	水平面内 無指向性	電磁ホーン 10dBi (水平面:Tx 向き)
FPU	円偏波/直線偏波	パラボラ 30dBi (対向)	パラボラ 30dBi (対向)
移動式カメラ	円偏波/直線偏波	電磁ホーン 25dBi (対向)	パラボラ 30dBi (対向)

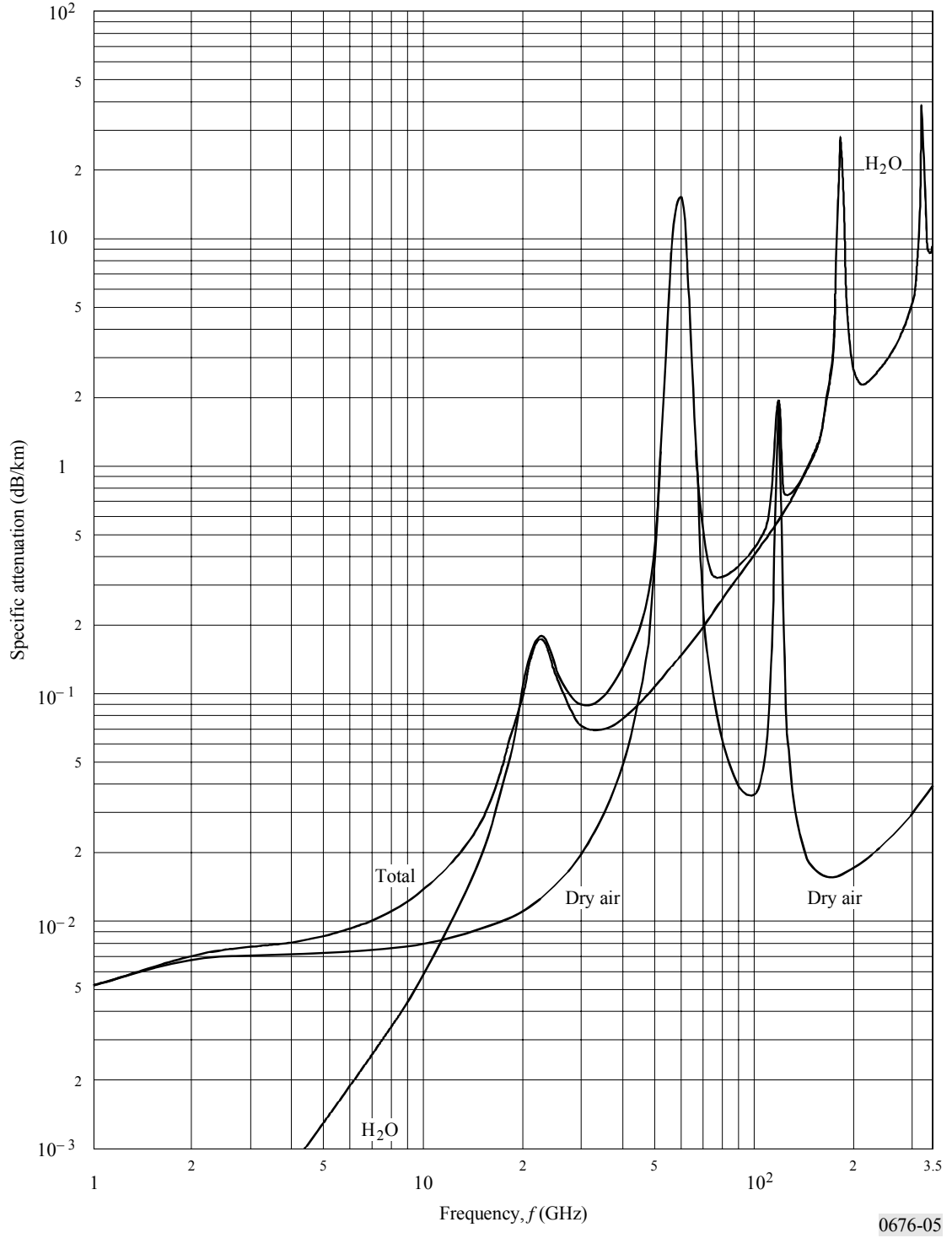
5 参考文献

- (1) 岩崎、池田、“周期金属リングを用いた指向性切り替え型円筒形誘電体ロッドアンテナの検討”、信学技報、Vol.105、No.355、A・P2005-91、pp.45-50、Oct. 2005.

大気吸収による減衰量

FIGURE 5

Specific attenuation due to atmospheric gases



0676-05

Pressure: 1 013 hPa
 Temperature: 15° C
 Water vapour: 7.5 g/m³

(ITU-R勧告P.676より引用)

降雨減衰

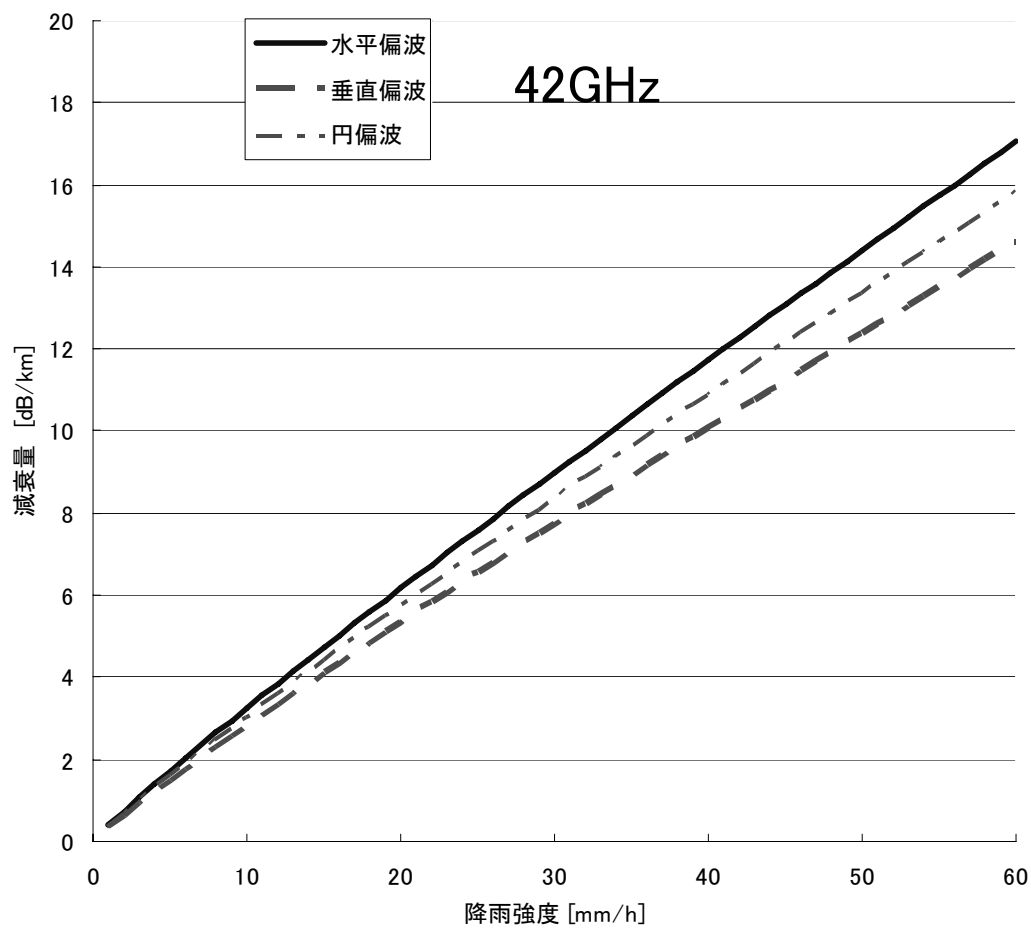


図1 42GHzにおける降雨強度と減衰量(勧告ITU-R P.838より算出)

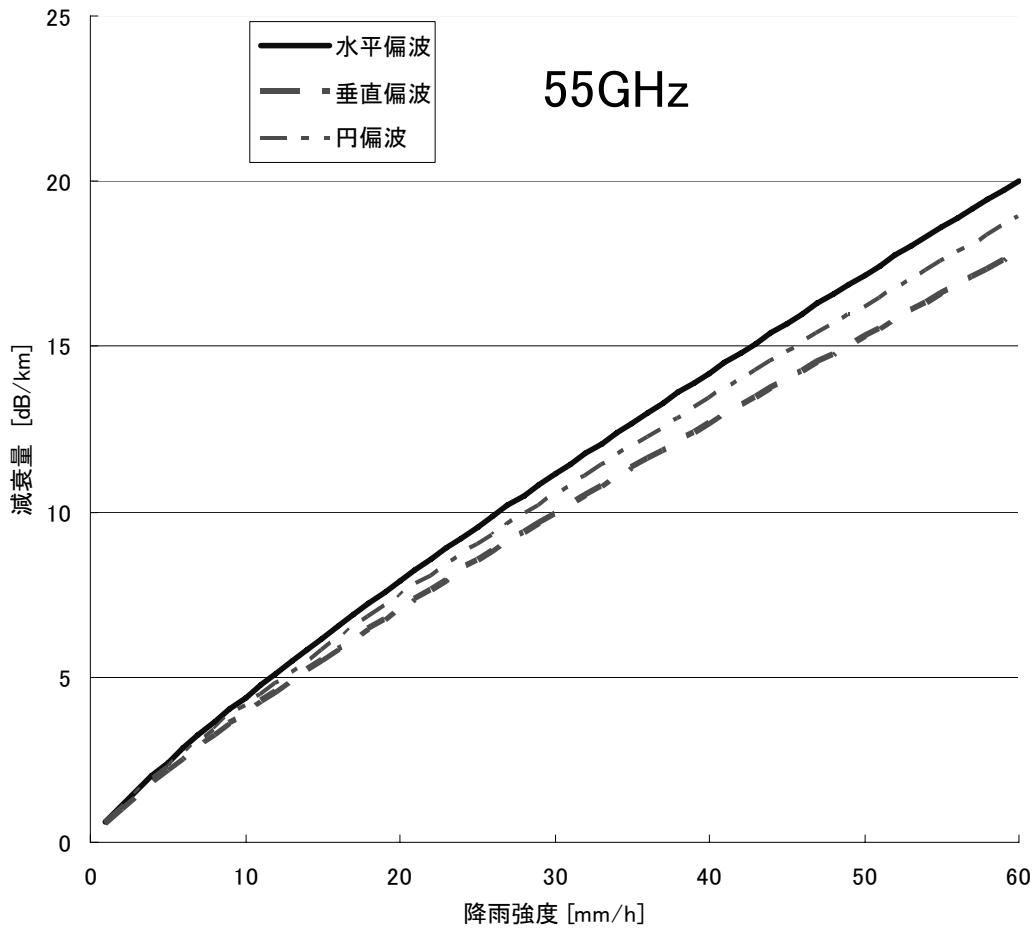


図2 55GHzにおける降雨強度と減衰量(勧告ITU-R P.838より算出)

システムの実現例

表1に本審議の技術的条件に基づいてミリ波番組素材伝送システムに適用した事例を紹介する。

表1 システムの実現例

システム名	変調方式	符号化率	情報ビットレート	運用例
125MHz システム フル モード	16QAM- OFDM (注1)	3/4	210 Mbps	ワイヤレスカメラとして高画質、低遅延(低遅延コーデック)の伝送に用いる。 ガードインタバル比 1/8。
125MHz システム ハーフモード	16QAM- OFDM (注1)	2/3	100 Mbps	ワイヤレスカメラの(画素間引いた輝度信号及び低遅延コーデック)送り返し映像及びカメラ制御信号の低遅延伝送に用いる。 ガードインタバル比 1/16。
125MHz システム ハーフモード MIMO	16QAM MIMO- OFDM (注1)	3/4	210 Mbps	スタジオワイヤレスカメラとして高画質、低遅延(低遅延コーデック)の短距離の双方向のうち本線の伝送に用いる。 ガードインタバル比 1/16。 MIMO 2 多重。
500MHz システム	BPSK- SC (注2)	2/3	210 Mbps	FPU として高画質、低遅延(低遅延コーデック)、かつ 1km 以上の伝送に用いる。 クロック周波数 350MHz。
500MHz システム	QPSK- SC (注2)	3/4	450 Mbps	FPU として多段接続しても高画質、低遅延(低遅延コーデック)、かつ 1km 以上の伝送に用いる。 クロック周波数 333MHz。
1GHz システム	8PSK- SC (注2)	5/6	1495 Mbps	FPUとして非圧縮(HD-SDI)のHDTV信号を伝送。 クロック周波数 663MHz。

注1: OFDM フレーム構成として ARIB 標準規格 STD-B33「テレビジョン番組素材伝送用可搬型 OFDM 方式デジタル無線伝送システム」の1K フルモードを想定。

注2: SC はシングルキャリア方式。

ミリ波帯デジタル方式 FPU の電波防御指針への適合について

ミリ波帯デジタル方式 FPU のワイヤレスカメラ及び FPU(移動式カメラを含む)を利用する場合において、カメラマン、ビデオエンジニア等操作者や関係者、見学者、一般通行人に対する電波防護指針への適合について検討する。

1. 電波防護指針の基準値

各種無線設備から発射される電波が人体に与える影響については、電波防護指針(電気通信技術審議会平成 2 年諮問第 38 号及び平成 9 年諮問第 89 号答申)に基づき、電波法施行規則第 21 条の 3 及び無線設備規則第 14 条の 2 において規制されている。

ミリ波帯デジタル方式 FPU において使用される 42GHz 帯及び 55GHz 帯の周波数帯については、電波法施行規則第 21 条の 3 別表 2 号の 3 の 2 において、電波の強度が以下の基準値を超える場所には、取扱者のほか容易に立ち入りすることができないように施設をしなければならないとされている。

電界強度(V/m)	61.4	} (1)
磁界強度(A/m)	0.163	
電力束密度(mW/cm ²)	1	

なお、この場合の電波の強度については、平成 11 年度郵政省告示第 300 号に示す計算方法及び測定方法に基づいて、電波防護のための基準への適合性確認を実施することとされている。

電波法施行規則第 21 条の 3 においては「移動する無線局の無線設備」は対象外となっているが、放送番組素材を伝送するミリ波デジタル方式 FPU は、ワイヤレスカメラのように一般の人に近付いた環境で利用される場合や、FPU として取材中は固定的に利用される場合があることを考慮し、平成 11 年郵政省告示第 300 号に示す計算方法に基づき、検討を行った。

検討結果は、以下のとおりである。

ミリ波帯デジタル方式 FPU の空中線電力 P を 1(W) とした場合において、電力束密度 S の基準

値 $1(\text{mW}/\text{cm}^2)$ から平成 11 年郵政省告示第 300 号における基本算出式((2)式)を用いて逆算し、電波防護指針を満たす空中線からの距離 R を、いくつかの異なる利得の送信空中線の主輻射方向に対し求めた。結果を表 1 に示す。

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} KD \quad (2)$$

表 1 電力束密度 S が基準値以下となる空中線からの距離 R と空中線利得の関係(一般環境)

送信空中線利得[dBi]	電波防護指針を満たす空中線からの距離[m]	
	反射なし	大地反射あり
3	0.126	0.202
10	0.282	0.451
25	1.59	2.54
30	2.82	4.51
35	5.02	8.03
40	8.92	14.3
50	28.2	45.1

なお、電波法施行規則第 21 条の 3 別表 2 号の 3 の 2 に規定されている基準値は、電気通信技術審議会答申 諮問第 38 号「電波利用における人体の防護指針」(平成 2 年 6 月)において、防護指針の考えに基づいた電波利用ができない条件下及び電波利用の実情が確認されていない状況下を対象とする「一般環境」において適用されるものであるが、同答申によれば、電波利用の実情が認識され電波防護指針の趣旨に基づいた電波利用を行うことが可能な場合には「管理環境」として、(1)の基準値は以下の値を適用することができる。

電界強度(V/m)	137
磁界強度(A/m)	0.365
電力束密度(mW/cm^2)	5

これに基づく電波防護指針を満たす空中線からの距離 R の計算結果を表 2 に示す。実際の放送機器の運用は、無線従事者が管理する環境で行われることから、この条件の適用が可能とな

る。

表 2 電力束密度 S が基準値以下となる空中線からの距離 R と空中線利得の関係(管理環境)

送信空中線利得[dBi]	電波防護指針を満たす空中線からの距離[m]	
	反射なし	大地反射あり
3	0.056	0.090
10	0.126	0.202
25	0.71	1.14
30	1.26	2.01
35	2.24	3.59
40	3.99	6.38
50	12.6	20.2

2. ワイヤレスカメラ

ワイヤレスカメラでは、水平面内無指向性アンテナ(3dBi)もしくは 10dBi 程度の利得を有する電磁ホーンアンテナ、あるいは誘電体ロッドアンテナを用いる。

カメラの後部に取り付けてカメラマンが操作する場合、肩に担いで運用する場合は最も人体に近づくケースと考えられる。この場合、電磁ホーンアンテナ及び誘電体ロッドアンテナは上向きで使用するため、人体は空中線の最大利得(主輻射)方向から 90 度程度外れた方向に存在し、その電力指向特性により輻射電力は容易に主輻射に対し -15dB 以下に減衰する。

このため、水平面内無指向性アンテナを用いた場合が最も影響が大きく、より厳しい条件として表1の 3dBi の場合の距離 R を適用して、カメラマンの頭部が空中線から 13cm 程度(この近距離では大地反射の影響を考えにくいことから反射なしの値を用いる)以上離れるような位置にワイヤレスカメラの無線局を設置すれば、電波防護指針の基準値を満たして運用できる。これは十分可能な数値である。

一方、カメラマンがカメラを肩から降ろして手提げで運用する場合、電磁ホーンアンテナや誘電体ロッドアンテナの主輻射方向に人体が近づく可能性があるが、同様に表1から求められる約 30cm 以上離れた位置で身体がかぶさるようになれば支障がない。

さらに、管理環境であることを考慮すれば、通常想定される運用においては十分電波防護指針を満足すると考えられる。

3. FPU

FPU では、ワイヤレスカメラに比べて長距離(1km 程度。マイクロ波の場合に比べると短距離)の伝送を行う。そこで、回線設計から、30dBi 程度の利得を有する空中線を使用することが想定される。

利得 30dBi の送信空中線の主輻射方向について空中線と人体との電波防護指針を満たす最小距離 R は、表1から、反射なしで 2.8m、大地反射を考慮しても 4.5m(管理環境の場合反射なし 1.3m、大地反射あり 2.0m)である。主輻射方向においては、これらの距離以内に操作者はもちろん、周囲の人々が立ち入らないように配慮する必要がある。普通、ミリ波 FPU 送信機は送受信機間が見通しの環境を確保するため、ビルの屋上や中継車の屋根等に設置され、一般の通行者等が電波の伝搬路を遮るような環境ではないこと、鋭い指向性(5 度程度@30dBi)を有する空中線を使用し、後方では十分な電力の減衰が見込めることを考慮すると、周囲の安全を確保することは十分可能である。

なお、設置環境によっては、防護柵等を設置することも考慮すべきである。

4. まとめ

ミリ波デジタル方式 FPU の無線局の運用形態を考慮し、想定される無線設備の諸元において、基本算出式(2)式を用いて指針値を満たす範囲を求め検討したところ、通常使用する上では電波防護指針への適合について特段問題がないものと考えられる。

5. 参考文献

(1)総務省「電波防護のための基準への適合確認の手引き」

<http://www.tele.soumu.go.jp/j/material/dwn/guidance.pdf>

(2)電気通信技術審議会答申 諮問第 38 号「電波利用における人体の防護指針」(H2. 6)

<http://www.tele.soumu.go.jp/j/material/dwn/guide38.pdf>