資料 85－3

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

STL/TTL/TSL高度化作業班　報告

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「マイクロ波帯を使用する放送事業用無線局（STL/TTL/TSL）の高度化のための技術的条件」

目 次

Ⅰ 検討事項 i
Ⅱ 委員会及び作業班の構成 i
Ⅲ 検討経過 i
放送システム委員会での検討 i
STL/TTL/TSL 高度化作業班での検討 i
Ⅳ 検討概要（別紙） ii
Ⅴ 検討結果 ii
1. はじめに 1
1.1 放送事業用システムの種類 1
1.2 放送事業用システム用の周波数帯 2
2. 映像 STL/TTL の高度化 3
2.1 検討の背景 3
2.1.1 地上放送高度化の取組み 3
2.1.2 STL/TTL 高度化に関する技術 3
2.1.3 STL/TTL 高度化に求める要求条件 5
2.2 検討対象方式と検討項目 7
2.2.1 検討対象方式 7
2.2.2 検討項目 8
2.3 映像 STL/TTL 高度化の技術的条件 15
2.3.1 IP 伝送方式 15
2.3.2 次世代 IF 伝送方式 24
2.3.3 電波防護指針への適合性 32
2.3.4 他システムとの共用検討 32
3. 映像 TSL の高度化 33
3.1 検討の背景 33
3.1.1 4K・8K の促進に向けた取組み 34
3.1.2 映像 TSL 高度化に関する技術 34
3.1.3 映像 TSL 高度化に求める条件 36
3.2 検討対象方式と検討項目 37
3.2.1 検討対象方式 37
3.2.2 検討項目 37
3.3 映像 TSL 高度化の技術的条件 42
3.3.1 TSL 伝送方式 42
3.3.2 電波防護指針への適合性 54
3.3.3 他システムとの共用検討 54
4. 他システムとの共用検討 55
4.1 基本的な考え方 55
4.2 無線局諸元と検討方針 57
4.2.1 無線局諸元 57
4.2.2 検討方針 59
4.3 共用検討の結果 60
4.3.1 各種レーダー 61
4.3.2 アマチュア無線 66
4.3.3 電気通信業務（固定） 67
4.3.4 電気通信業務（固定・B/C/D バンド） 68
4.3.5 電通・公共・一般業務（固定） 70
4.3.6 電気通信業務（固定・移動） 74
4.3.7 電気通信業務（固定衛星アップリンク） 75
4.3.8 電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク） 76
4.3.9 電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク） 78
4.3.10 電気通信業務等（固定衛星アップリンク） 79
4.3.11 超広帯域無線システム（UWB） 81

4.3.12　電波天文（受動） 84
4.3.13　地球探査衛星業務（受動） 91
4.3.14　無線 LAN 93
5.　今後の検討課題 95
別紙1　送信電力スペクトル特性（IP 伝送方式） 96
別紙2　正対方向以外への等価等方輻射電力の制限（IP 伝送方式） 97
別紙3　送受信空中線特性（IP 伝送方式） 99
別紙4　送信電力スペクトル特性（次世代 IF 伝送方式） 101
別紙5　正対方向以外への等価等方輻射電力の制限（次世代 IF 伝送方式） 103
別紙6　送受信空中線特性（次世代 IF 伝送方式） 105
別紙7　送信電力スペクトル特性（次世代 TSL 伝送方式） 107
別紙8　正対方向以外への等価等方輻射電力の制限（次世代 TSL 伝送方式） 108
別紙9　送受信空中線特性（次世代 TSL 伝送方式） 110
参考資料1　IP 伝送方式のプログラム多重伝送 113
参考資料2　標準的な変調方式と切替可能な変調方式 116
参考資料3　最大伝送容量の検討 121
参考資料4　C/N 配分 122
参考資料5　混信保護（IP 伝送方式） 129
参考資料6　偏波 MIMO におけるフェージング時の XPD 低下の影響 134
参考資料7　フェージングマージン・降雨減衰マージン（IP 伝送方式） 137
参考資料8　所要フェージングマージン・所要降雨減衰マージンの算出法 （IP 伝送方式／次世代 IF 伝送方式） 138
参考資料9　回線設計例（IP 伝送方式） 147
参考資料10　測定法におけるスペクトルアナライザの設定例 150
参考資料11　混信保護（次世代 IF 伝送方式） 152
参考資料12　フェージングマージン・降雨減衰マージン（次世代 IF 伝送方式） 158
参考資料13　電波防護指針への適合性の検討 160
参考資料14　混信保護（次世代 TSL 伝送方式） 166
参考資料15　フェージングマージン・降雨減衰マージン（次世代 TSL 伝送方式） 171
参考資料16　所要フェージングマージン・所要降雨減衰マージンの算出法 （次世代 TSL 伝送方式） 172
参考資料17　回線設計例（次世代 TSL 伝送方式） 180

Ⅰ　検討事項

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、「マイクロ波帯を使用する放送事業用無線局（STL/TTL/TSL）の高度化のための技術的条件」について検討を行い、本報告を取りまとめた。

Ⅱ　委員会及び作業班の構成

放送システム委員会の構成員は、別表1のとおり。

なお、検討の促進を図るため、委員会の下にSTL/TTL/TSL高度化作業班を設置し、検討を行うこととした。作業班の構成員は、別表2のとおり。

Ⅲ　検討経過

放送システム委員会での検討

本件に関する放送システム委員会の検討経過は、次のとおりである。

（1）　第82回放送システム委員会（令和6年11月1日）

検討内容、検討項目及び検討スケジュール等について検討を行った。また、検討の促進を図るため、作業班を設置して検討を行うこととした。

（2）　第85回放送システム委員会（令和8年11月26日）

（3）　第　　回放送システム委員会（令和　年　月　日）

STL/TTL/TSL高度化作業班での検討

STL/TTL/TSL高度化作業班の検討経過は、次のとおりである。

（1）　第1回作業班（令和7年1月31日）

作業班の設置に伴い、検討内容、検討項目及び検討スケジュールを確認した。また、令和5年度周波数ひっ迫対策技術試験事務のうち「放送用周波数を有効活用する放送ネットワークの技術的条件に関する調査検討」におけるSTL/TTL/TSL高度化に関する検討について構成員（A-PAB、NHK技研、NHKテクノロジーズ）から聴取を行うとともに、STL/TTL/TSL高度化に係る技術的条件の方向性について検討を行った。

（2）　第2回作業班（令和7年5月20日）

令和6年度周波数ひっ迫対策技術試験事務のうち「放送用周波数を有効活用する放送ネットワークの技術的条件に関する調査検討」におけるSTL/TTL/TSL高度化に関する検討について構成員（A-PAB、NHK技研、NHKテクノロジーズ）から聴取を行うとともに、STL/TTL/TSL高度化に係る技術的条件の方向性について検討を行った。また、他の無線システムとの共用検討について構成員（NHKテクノロジーズ）から聴取を行い、共用検討の方針について検討を行った。

（3）　第3回作業班（令和7年11月17日）

令和7年度周波数ひっ迫対策技術試験事務のうち「放送用周波数を有効活用する放送ネットワークの技術的条件に関する調査検討」の進捗について構成員（A-PAB、NHK技研、NHKテクノロジーズ）から聴取を行い、STL/TTL/TSL高度化に係る技術的条件（案）について検討を行った。

（4）　第4回作業班（令和8年2月27日）

令和7年度周波数ひっ迫対策技術試験事務のうち「放送用周波数を有効活用する放送ネットワークの技術的条件に関する調査検討」の進捗について構成員（A-PAB、NHK技研、NHKテクノロジーズ）から聴取を行い、STL/TTL/TSL高度化に係る周波数共用条件と技術的条件（案）について検討を行った。

（5） 第5回作業班（令和8年3月24日）

令和7年度周波数ひっ迫対策技術試験事務のうち「放送用周波数を有効活用する放送ネットワークの技術的条件に関する調査検討」について、構成員（A-PAB、NHK、NHKテクノロジーズ）から STL/TTL/TSL高度化に係る技術的条件の検討結果の報告を受けるとともに、作業班報告（案）の概要について検討を行った。また、他システムとの周波数共用に関し、干渉軽減係数（IRF）の取扱いを含む今後の共用条件の検討方針について検討を行った。

（6） 第6回作業班（令和8年10月22日）

STL/TTL/TSL高度化作業班報告について検討を行った。

Ⅳ 検討概要（別紙）

別紙のとおり。

Ⅴ 検討結果

「放送システムに関する技術的条件」のうち「マイクロ波帯を使用する放送事業用無線局（STL/TTL/TSL）の高度化のための技術的条件」について、別添のとおり答申（案）を取りまとめた。

別表1

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

（令和8年8月 25 日現在　敬称略）

氏　名		主 要 現 職
主査委員	伊丹　誠	東京理科大学　先進工学部　電子システム工学科　教授
主査代理 専門委員	甲藤　二郎	早稲田大学　基幹理工学部　教授
委員	高田　潤一	東京科学大学　執行役副学長（国際担当）／環境・社会理工学院　教授
〃	丹　康雄	北陸先端科学技術大学院大学　副学長（リカレント教育担当）／先端科学技術研究科　教授
専門委員	井家上　哲史	明治大学　理工学部　教授
〃	岩崎　裕江	東京農工大学 大学院工学研究院 先端情報科学部門　教授／東北大学　タフ・サイバーフィジカル AI 研究センター　特任教授
〃	上園　一知	一般社団法人日本ケーブルラボ　技術部　主任研究員
〃	大槻　知明	慶應義塾大学　理工学部　情報工学科　教授
〃	岡野　直樹	一般社団法人電波産業会　専務理事
〃	後藤　薫	国立研究開発法人情報通信研究機構　電磁波研究所　電磁波先進・基盤研究センター　電磁環境研究室　室長
〃	齋藤　健太郎	鳥取大学 大学院工学研究科 情報エレクトロニクス専攻 教授
〃	関根　かをり	明治大学　理工学部　教授
〃	辻　宏之	国立研究開発法人情報通信研究機構　ネットワーク研究所ワイヤレスネットワーク研究センター　研究センター長
〃	松嶋　智子	横浜商科大学　商学部　経営情報学科　教授
〃	山田　孝子	関西学院大学　副学長（教務機構長）　総合政策学部　教授

別表2

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
STL/TTL/TSL 高度化作業班 構成員

（敬称略、構成員は五十音順）

氏　名		主 要 現 職
主 任	大槻 知明	慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 教授
主任代理	齋藤 健太郎	鳥取大学 大学院工学研究科 情報エレクトロニクス専攻 電気電子工学講座 教授
構成員	穴澤 毅	株式会社 TBS テレビ メディアテクノロジー局 ステーション統括部
〃	池田 哲臣	株式会社 NHK テクノロジーズ ファシリティ技術本部 システムソリューション部 エグゼクティブエンジニア
〃	池谷 昌浩	株式会社フジテレビジョン テックアートデザイン局 エンジニアリングセンター テックアート戦略部
〃	石原 周	一般社団法人日本民間放送連盟 企画部 副部長
〃	井上 博和	株式会社テレビ朝日 技術局 放送技術担当局次長
〃	岩田 宏治	国土交通省 大臣官房技術調査課電気通信室 課長補佐
〃	宇野 祐輝	警察庁 長官官房 通信基盤課 課長補佐
〃	遠藤 哲	日本テレビ放送網株式会社 技術統括局 回線運用部 リード・スペシャリスト
〃	大廣 一秀	日本通信機株式会社 製造開発部 製造開発課
〃	岡野 正寛	一般社団法人電波産業会 デジタル放送システム開発部会 委員長
〃	河田 浩之	株式会社 NTT ドコモ 電波企画室 電波技術担当課長
〃	河村 高登	日本放送協会 技術局 計画部 副部長
〃	草野 義博	インテルサット 日本営業所 無線局免許担当／電気通信事業担当
〃	佐藤 晃一	スカパーJSAT 株式会社 宇宙技術本部 通信システム技術部 部長
〃	鈴江 祐馬	日本無線株式会社 ソリューション事業部 防災アプリケーション技術部 防災通信グループ 担当課長
〃	鈴木 康祐	一般社団法人電波産業会 素材伝送開発部会 委員長
〃	田井 久之	株式会社テレビ東京 テック運営局 放送技術部 テクニカルプロデューサー
〃	高田 政幸	日本電気株式会社 官公インフラ DX 事業部門 メディアソリューション統括部 主席技師
〃	鷹取 泰司	一般社団法人電波産業会 無線 LAN システム開発部会 委員長
〃	竹村 康一郎	一般社団法人送配電網協議会 ネットワーク企画部 副部長（情報通信担当）
〃	中川 孝之	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部 主任研究員
〃	中村 直義	一般社団法人放送サービス高度化推進協会 技術部 部長
〃	橋 康達	株式会社東芝 社会システム事業部 放送ネットワークシステム部 送信システム機器設計担当 エキスパート
〃	橋本 昌史	国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 周波数管理室 室長
〃	平沢 修	池上通信機株式会社 システムセンター 伝送システム部 部長
〃	平松 正顕	大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台 天文情報センター 周波数資源保護室長・講師
〃	廣瀬 伸郎	株式会社国際電気 プロダクト本部 製品開発第一部

別紙

検 討 概 要

1. はじめに

総務省では、地上デジタルテレビジョン放送における、4K 放送や 2K 放送の周波数利用効率の向上を可能とする新たな放送方式として、高度地上デジタルテレビジョン放送方式の技術的条件について、令和元年 7 月より、情報通信審議会において検討を開始し、令和 5 年 7 月に答申を受けた。

一方で、現在の地上デジタルテレビジョン放送において、放送番組や番組素材を中継するために放送事業用無線局（STL/TTL/TSL）を使用しており、これらの無線局はマイクロ波帯（5.9GHz 帯～13GHz 帯）で運用されている。総務省では、放送方式の高度化も踏まえつつ、これらの放送事業用無線局について伝送容量の拡大及び伝送耐性の強化等を目指し、技術試験事務「放送用周波数を有効活用する放送ネットワークの技術的条件に関する調査検討」を実施し、周波数の更なる有効活用を見据えた検討を進めている。

これを受け、「放送システムに関する技術的条件」のうち「マイクロ波帯を使用する放送事業用無線局（STL/TTL/TSL）の高度化のための技術的条件」について検討を行った。

1.1 放送事業用システムの種類

放送事業用システムの種類には（1）放送番組中継用、（2）番組素材中継用及び（3）無線設備の監視・制御用及び連絡用がある。各放送事業用システムについて以下及び図 2.1.1-1 に示す。

（1） 放送番組中継用

スタジオから送信所（親局）及び中継局まで放送番組を伝送するためのもの。全国あまねく 24 時間 365 日安定した放送を届けるための品質の確保が要求される。

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

（2） 番組素材中継用

ニュース映像やニュース音声等の番組素材を取材現場から放送局のスタジオまで伝送するもの。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に比べて高品質な素材の伝送が要求される。

- FPU（Field Pick-up Unit）：番組素材の映像・音声を取材現場（報道中継等）から受信基地局等へ伝送する放送事業用無線局
- TSL（Transmitter to Studio Link）：固定局と放送局のスタジオを結び番組素材の映像・音声を伝送する固定無線回線

（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。

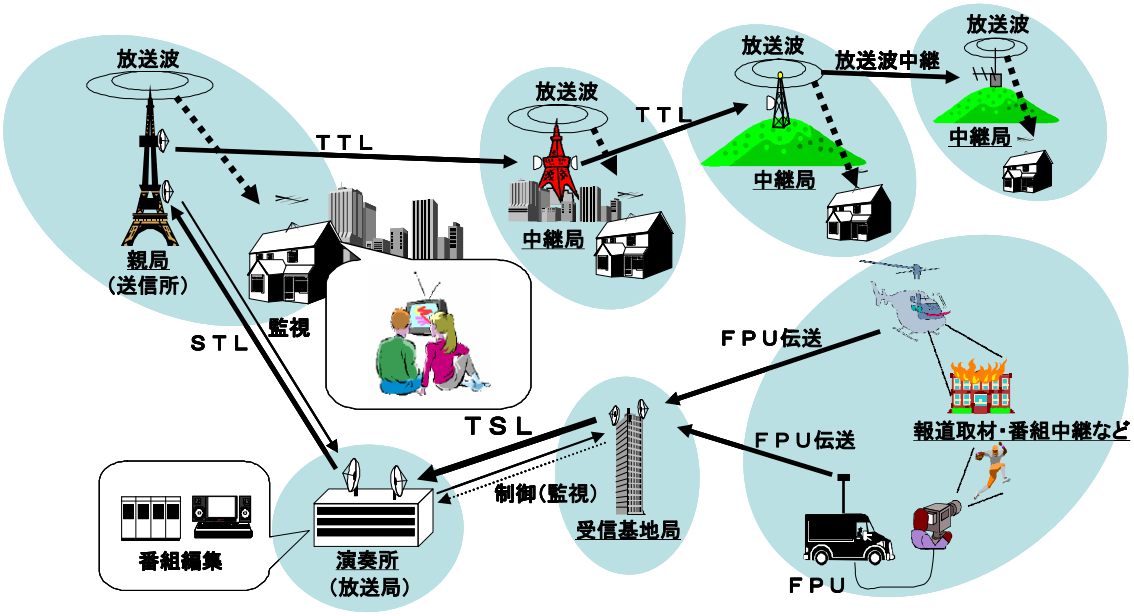


図 2.1.1-1 テレビジョン放送ネットワーク例

1.2 放送事業用システム用の周波数帯

固定局用途の放送事業用システムの周波数帯は次のとおりであり、このうち SHF 帯が主に用いられている。

（1）SHF 帯

B バンド（5.9GHz 帯）、C バンド（6.4GHz 帯）、D バンド（7GHz 帯）、E バンド（10GHz 帯）、F バンド（10.5GHz 帯）及び G バンド（13GHz 帯）の各バンドでは移動局用途と固定局用途とに分離して、移動局用途のバンドでは FPU を主として、固定局用途のバンドではテレビジョン放送番組中継用の映像 STL/TTL/TSL を主として使用している。なお、B バンドの固定局用途のバンドは、C/M/D/N バンドへの周波数移行が進められている。

M バンド（6.5GHz 帯）、N バンド（7.5GHz 帯）の各バンドは固定局用途のみであり、テレビジョン放送番組中継用の映像 STL/TTL/TSL のバンドと、音声放送番組中継用の音声 STL/TTL/TSL 及び監視・制御用固定無線回線のバンドに分けて使用している。

B/C/M/D/N バンドは、雨や霧による影響が少ないことから中長距離の伝送に、E/F/G バンドは、雨や霧による影響を受けやすいことから短距離の伝送に使用している。

（2）UHF 帯

放送波中継、SHF 帯映像 TTL では伝送困難な長距離離島向けの映像 TTL において、UHF 帯を使用している。

（3）VHF 帯

放送局の中継局間の距離が遠く、また、マイクロ波（6.5GHz 帯及び 7.5GHz 帯）の音声 STL/TTL が中間地点に設置できず番組中継を行えない場合の音声 STL/TTL において、VHF 帯を使用している。

2. 映像STL/TTLの高度化

2.1 検討の背景

2.1.1 地上放送高度化の取組み

デジタル化により高精細度映像（2K）やワンセグなどの放送サービスを実現した地上デジタルテレビジョン放送は、2003 年 12 月に三大都市圏で放送が開始されてから 20 年以上が経過した。

超高精細度テレビジョン放送（4K・8K 放送）について、衛星放送においては、平成 28 年 8 月に試験放送が、平成 30 年 12 月に新 4K・8K 衛星放送が開始された。

地上放送においては、4K・8K などの超高精細度映像、高臨場感オーディオ、放送通信融合サービスなどの新しい放送サービスの実現を目指した次世代地上放送の伝送方式の検討が、総務省の委託研究「超高精細度衛星・地上放送の周波数有効利用技術の研究開発」（平成 26 年度から平成 28 年度まで）や「地上テレビジョン放送の高度化技術に関する研究開発」（平成 28 年度から平成 30 年度まで）で行われ、地上デジタルテレビジョン放送における 4K 放送や 2K 放送の周波数利用効率の向上を可能とする新たな放送方式として、高度地上デジタルテレビジョン放送方式の技術的条件について、令和元年 7 月より、情報通信審議会において検討が開始された。さらに、令和元年から 4 カ年の技術試験事務や電波産業会により具体的な技術的条件の検討が進められ、令和 5 年 7 月には、情報通信審議会から地上放送高度化方式と高度化放送導入方式の技術的条件が答申された。

一方で、現在の地上デジタルテレビジョン放送において、放送番組や放送番組素材を中継するために放送事業用無線（STL/TTL/TSL）を使用しており、これらの無線局はマイクロ波帯（5.9GHz 帯～13GHz 帯）で運用されている。このため、総務省の周波数ひっ迫対策技術試験事務「放送用周波数を有効活用する放送ネットワークの技術的条件に関する調査検討」（令和 5 年度から令和 7 年度まで）が進められ、放送方式の高度化を踏まえつつ、これらの放送事業用無線局の伝送容量の拡大及び伝送耐性の強化等の実現とともに、周波数の利用効率の向上を図ることを目的として、令和 6 年 11 月より、情報通信審議会において「放送システムに関する技術的条件（※）」のうち「マイクロ波帯を使用する放送事業用無線局（STL/TTL/TSL）の高度化のための技術的条件」の検討が開始された。

※情報通信審議会諮問第 2023 号（H18.9.28）

2.1.2 STL/TTL高度化に関する技術

地上放送高度化方式は、IP（Internet Protocol）化と大容量化により、新たな放送サービスの実現や、将来のメディア環境の変化に対応できることを目指している。STL/TTL が伝送する放送番組においても IP 化が検討されており、現行の TS 伝送方式に相当する伝送方式として、IP 伝送方式の検討を行った。

現行 STL/TTL で放送番組（放送 TS）を伝送する TS 伝送方式は、同じマイクロ波帯の電波を利用する FPU のシングルキャリア QAM と同様な方式が用いられている。FPU では最新の無線通信技術を導入し、既に 4K・8K の大容量伝送に対応した技術的条件が定められ、標準規格が策定されている。これを踏まえ、IP 伝送方式では、マイクロ波帯 4K・8K 用 FPU の技術をベースとし、伝送容量と所要 C/N、クロック同期機能、遅延時間等の観点から方式を検討した。

IP 伝送方式では、伝送容量の拡大により、地上放送高度化方式のプログラム伝送信号（放送 MMT：MPEG Media Transport）の単一伝送のみならず、現行地上デジタルテレビジョン放送のプログラム伝送信号である放送 TS も含めた複数のプログラム伝送信号の多重伝送が可能となる。

TS 伝送方式との大きな違いとして、IP 伝送方式では、伝送容量の拡大とマルチパス耐性の強化を実現するために、OFDM 方式を導入する。また、所要 C/N の増加を抑えて伝送容量を拡大するために、高次の多値変調方式と誤り訂正能力の高い LDPC（Low Density Parity Check）符号を内符号、BCH（Bose-Chaudhuri-Hocquenghem）符号を外符号とした連接符号及び不均一コンスタレーション（NUC：Non-Uniform Constellation）を導入する。加えて、さらなる伝送容量の拡大と周波数有効利用を実現するため、単一送信の SISO（Single-Input Single-Output）に加えて直交する 2 つの偏波を使用する 2×2 偏波 MIMO（Multiple-Input Multiple-Output）技術を導入する。

OFDM 方式は、マルチパスによる伝送性能の劣化を抑えるのに有効なマルチキャリア化を IFFT/FFT

(Inverse Fast Fourier Transform/Fast Fourier Transform)により効率的に実現できるため大容量のデータ伝送に適した方式である。また、OFDM 方式は MIMO との親和性が高く、MIMO と組み合わせた信号処理が容易に実現できることからも、大容量伝送に適した方式である。マイクロ波帯 4K・8K 用 FPU の OFDM 方式では、FFT/IFFT クロック周波数を 20.450743MHz として、FFT ポイント数 2048 及び 8192、ガードインターバル比はそれぞれ 1/8 及び 1/32 が用いられている。STL/TTL 高度化方式では、現行地上デジタルテレビジョン放送及び地上放送高度化方式の従属同期用変調器クロックを STL/TTL から供給するクロック同期の要件から、それらと単純な整数比となる FFT/IFFT クロック周波数を導入するとともに、伝送遅延時間を抑制し伝送効率を向上させる FFT ポイント数 4096、ガードインターバル比 1/32 を導入することで、STL/TTL の要件に合わせることができる。

高次の多値変調方式について、現行 TS 伝送方式の変調方式は 64QAM(6bit/symbol)であるが、IP 伝送方式では、より高次の多値変調方式 256QAM(8bit/symbol)及び 1024QAM(10bit/symbol)を導入する(図 2.1.2-1)。これより、OFDM 方式の 1 つのキャリアシンボルで伝送するビット数を 1.3～1.7 倍程度に拡大できる。現行よりも高次の変調方式とすることで、所要 C/N が増加するが、シャノン限界に近い優れた性能をもつことで知られている LDPC 符号を採用することで、変調次数の増加に伴う所要 C/N の増加を軽減することができる。LDPC 符号は従来の畳込み符号に比べて訂正能力が高いため(図 2.1.2-2)、冗長ビットが少ない BCH 符号を外符号とする連接符号の採用が可能である。また、高次の多値変調方式と LDPC 符号との組み合わせにおいて、信号点配置を従来の均一コンスタレーションから、不均一コンスタレーションとすることで(図 2.1.2-3)、所要 C/N の低減が可能である。さらに、柔軟な運用を可能とするため、標準的な変調方式について無線局の審査を行い、与干渉を増加させない条件のもと、低次の変調方式又は高次の変調方式を用いることを可能とする方式を導入する。

偏波 MIMO 技術は、同じチャネルの水平偏波と垂直偏波を同時に使用して、MIMO の多重・分離技術によりそれぞれ異なる情報を伝送する技術であり、伝送容量を 2 倍にすることができる(図 2.1.2-4)。なお、従来の固定回線では、同じチャネルの水平偏波と垂直偏波を同時に使用する偏波多重の技術が導入されており、「同一周波数配置」や「コチャネル伝送」と称されている。偏波 MIMO と異なり、同一周波数配置では、交差偏波干渉補償器によって偏波間干渉を除去する。

これらの STL/TTL 高度化に関する技術を導入すれば、SISO で 50Mbps 級、MIMO で 100Mbps 級の伝送が技術的に可能であり、周波数利用効率の向上に貢献できる。さらに、伝送容量の拡大により、高度地上デジタルテレビジョン放送の番組信号(IP 信号)と現行地上デジタルテレビジョン放送の番組信号(TS 信号)を STL/TTL で多重して伝送することが可能であり(参考資料1)、移行期や移行後に起こり得るマイクロ波帯のチャネル増加を抑え、周波数の有効利用に貢献できる。

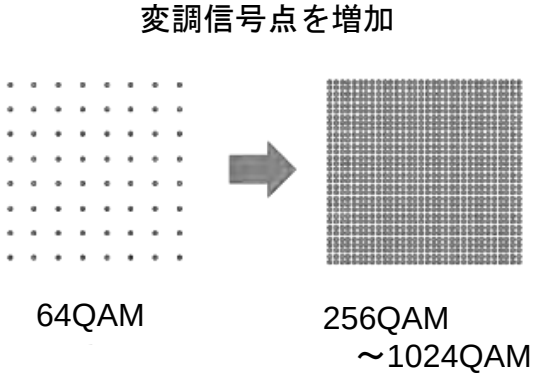


図 2.1.2-1 高次の多値変調方式

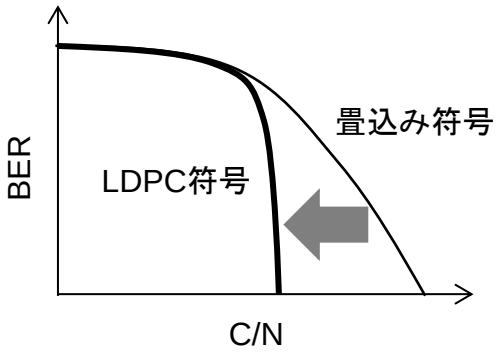


図 2.1.2-2 LDPC 符号

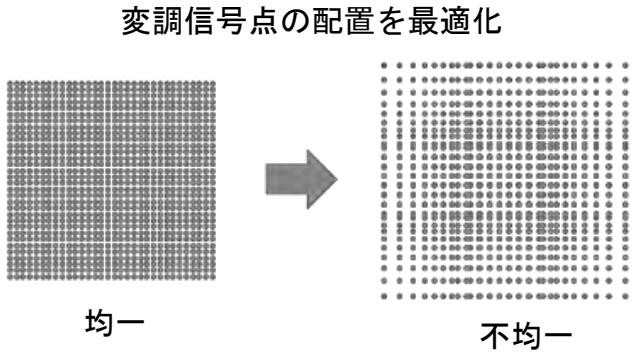


図 2.1.2-3 不均一コンスタレーション

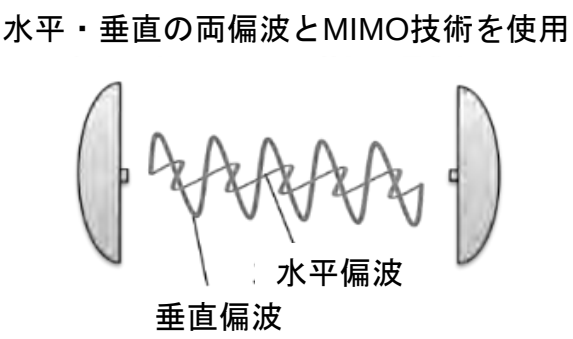


図 2.1.2-4 偏波 MIMO 技術

2.1.3 STL/TTL高度化に求める要求条件

現行 STL/TTL の要求条件を基に、システム、伝送品質、技術方式に分類して地上放送高度化方式に対応した STL/TTL の要求条件を整理した（表 2.1.3-1、表 2.1.3-2）。

表 2.1.3-1 STL/TTL 高度化の要求条件（システムに関する項目）

区分	項目	STL/TTL 高度化の要求条件
システム	ネットワーク	高度地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式で規定されたデジタル信号と制御・監視信号等を伝送できること。
		SFN による放送を考慮したシステムであること。
		現行地上デジタル放送 STL/TTL などに追加して共存が可能なシステムであること。
		中継の途中に新規の中継点を設置することなく、既存システムの伝送距離、中継段数でネットワークが実現できることが望ましい。
		既存の中継局設備が十分に活用できること。
		高度地上デジタルテレビジョン放送ネットワークは、STL/TTL のほか、放送波や有線系（ただし、本要求条件では規定しない）との組み合わせでも構築できること。
		放送事業者が管理する基準信号をリファレンスとして、SFN による放送ネットワークが構築できること。
	冗長性	予備系（予備装置、有線系）への円滑な切替えが可能なこと。
	インターオペラビリティ	高度地上デジタルテレビジョン放送システムの要求条件に含まれるインターオペラビリティと整合がとれていること。
	拡張性	高度地上デジタルテレビジョン放送システムの要求条件に含まれる拡張性に対応することが望ましい。
	運用・保守性	制御・監視信号により、放送設備の機器制御、回線障害時の切換え等が可能なこと。また、既存システムと同等の運用が可能なことが望ましい。
		制御・監視信号の伝送容量及び回線信頼度は、既存システムと同等以上とすること。
		システム機器は、操作が簡単であること。また、耐環境特性が良好なこと。
		システムの保守作業は、放送に支障を及ぼすことなく、かつ容易に行えること。
	周波数の有効利用	将来を踏まえ周波数の有効利用を十分に考慮すること。
	経済性	高度地上デジタルテレビジョン放送用 STL/TTL の構築にあたっては経済性を考慮すること。

表 2.1.3-2 STL/TTL 高度化の要求条件（伝送品質及び技術方式に関する項目）

区分	項目	STL/TTL 高度化の要求条件
伝送品質	伝送品質・遅延	高度地上デジタルテレビジョン放送システムの要求条件を満たすこと。
	信頼度	既存システムと同等以上とすること。
	伝送障害時の特性	復旧時間が短いことが望ましい。
		伝送障害時やシステム切替時において、極力、視聴者の受信機に不体裁を生じさせないことが望ましい。
技術方式	伝送方式	高度地上デジタルテレビジョン放送システムの信号配信に適した複数の伝送方式とする。
		多重、伝送路符号化、変調方式は、周波数の有効利用、回線信頼度および経済性などを考慮すること。
	周波数帯幅	周波数の有効利用を前提に、制御・監視信号及び周波数同期に必要な基準信号等が多重でき、かつ既存システムとの共用が可能な周波数帯幅であることが望ましい。
	実時間性	遅延時間は、高度地上デジタルテレビジョン放送システムの要求条件を満たす方式であること。
	干渉条件	他のサービスに干渉妨害を与えず、かつ他のサービスからの干渉妨害を受けにくい方式であること。
	その他	高信頼性、経済性、省電力性を考慮すること。

2.2 検討対象方式と検討項目

2.2.1 検討対象方式

検討対象方式を表 2.2.1-1 に示す。

現行の地上デジタルテレビジョン放送では、放送番組の信号（主信号）、並びに送信所の制御及び連絡通信に使用される信号（サービスチャネル信号）を伝送する方式として、TS 伝送方式と IF 伝送方式が使用されている。TS 伝送方式は、主信号であるプログラム伝送信号（放送 TS）とサービスチャネル信号を時分割多重し 64QAM で変調してマイクロ波帯で伝送する再生中継方式である。IF 伝送方式は、放送波と同じ OFDM 変調した IF 信号を主信号として、サービスチャネル信号で 4 相 PSK 変調した副搬送波、及びパイロット信号を周波数多重してマイクロ波帯または UHF 帯に周波数変換して伝送する非再生中継方式である。TS 伝送方式と IF 伝送方式は、送信所における OFDM 変調器の要・不要、多段中継段数の制限などの特徴の違いを踏まえ、各中継回線で適切な方式が選択されている。

地上放送高度化方式のプログラム伝送信号は IP 化も可能となっているため、再生中継方式の TS 伝送方式に相当するものとして、IP 信号の伝送に対応した IP 伝送方式を検討対象とする。IP 伝送方式は、主信号（放送 MMT（IP 信号）又は放送 TS）を高次多値変調（最大 1024QAM）の OFDM で伝送する方式であり、MIMO にも対応するものである。

また、地上放送高度化方式は、現行の地上デジタルテレビジョン放送方式と同様に OFDM 方式であり、現行の IF 伝送方式の主信号として用いることで現行の IF 伝送方式を活用できることから、非再生中継方式の IF 伝送方式についても検討対象とする。次世代 IF 伝送方式は、主信号（地上放送高度化方式の信号そのもの）をマイクロ波帯または UHF 帯に周波数変換して伝送する方式である。ただし UHF 帯を使用する場合は、地上放送高度化方式の置局条件も考慮して技術的条件を検討する必要があるため、今回は検討対象外とする。

表 2.2.1-1 検討対象方式

中継方式	現行 STL/TTL	次世代 STL/TTL
再生 中継方式	**TS 伝送方式** 主信号(放送 TS)を 64QAM のシングルキャリアで伝送する方式。	**IP 伝送方式** 主信号(放送 MMT(IP 信号)又は放送 TS)を高次多値変調(最大 1024QAM)の OFDM で伝送する方式。MIMO にも対応する。
非再生 中継方式	**IF 伝送方式** 主信号(地上デジタルテレビジョン放送の信号そのもの)をマイクロ波帯に周波数変換して伝送する方式。	**次世代 IF 伝送方式** 主信号(地上放送高度化方式の信号そのもの)をマイクロ波帯に周波数変換して伝送する方式。

2.2.2 検討項目

STL/TTL 高度化の主な要求条件にある、現行システムに追加して共存が可能であること、空中線・給電線等の既存中継局設備が十分活用できることを前提に、現行からの置き換えを可能とするために変更しない項目と、STL/TTL の伝送容量拡大と伝送耐性強化を実現するために導入する技術に係る変更が必要となる項目は、IP 伝送方式及び次世代 IF 伝送方式でそれぞれ表 2.2.2-1 及び表 2.2.2-2 のとおりである。ここで、B バンドについては周波数移行することが決まっているため、「変更なし」は、B バンドの規程の削除を除き、その他の条件は変更がないことを意味している。

表 2.2.2-1 IP 伝送方式の技術的条件 検討項目

項目	TS 伝送方式	IP 伝送方式
1 一般的条件		
無線周波数帯	B バンド(5,850MHz 超 5,925MHz 以下)、C バンド(6,425MHz 超 6,570MHz 以下)、D バンド(6,870MHz 超 7,125MHz 以下)、E バンド(10.25GHz 超 10.45GHz 以下)、F バンド(10.55GHz 超 10.68GHz 以下)、G バンド(12.95GHz 超 13.25GHz 以下)、M バンド(6,570MHz 超 6,870MHz 以下)及び N バンド(7,425MHz 超 7,750MHz 以下)	変更なし(B バンドの規定は削除)
通信方式	単向通信方式	変更なし
変調方式	64QAM	OFDM 方式 サブキャリア変調方式:32QAM、64QAM、256QAM、1024QAM
標準的な変調方式	ー	標準的な変調方式について無線局の審査を行い、与干渉を増加させない条件のもと、低次の変調方式又は高次の変調方式を用いることを可能とする 標準的な変調方式:256QAM、1024QAM 切替可能な変調方式:32QAM、64QAM、256QAM、1024QAM
空間多重方式	単一送信、偏波多重	単一送信、偏波多重、偏波 MIMO

項目	TS 伝送方式	IP 伝送方式
復調方式	同期検波方式	変更なし
伝送容量	40.2Mbps 以下	SISO：約 50Mbps（75.7Mbps 以下） 同一周波数配置及び偏波 MIMO：約 100Mbps（151.5Mbps 以下）
2 電波の質及び無線設備の技術的条件		
周波数配置	B～G バンド：9MHz M/N バンド：10MHz	変更なし（B バンドの規定は削除）
クロック周波数	6.7MHz 以下	ー
周波数の許容偏差	20×10^{-6}	変更なし
占有周波数帯幅の許容値	7.6MHz 以下	変更なし
空中線電力の最大値	2W 0.5W(F バンド: 10.60～10.68GHz) 4W（伝搬路条件等による最大値、放送バンドのみ（F バンド: 10.60GHz～10.68GHz を除く））	SISO：変更なし 同一周波数配置及び偏波 MIMO：偏波ごとの空中線電力の最大値が現行 TS 伝送方式と同じ
送信電力スペクトル特性	中心周波数の電力を基準として、 -37dB 以下@±4.5MHz -48dB 以下@±18MHz	SISO：変更なし 同一周波数配置及び偏波 MIMO：変更なし（偏波ごと）
等価等方輻射電力の制限	（1）静止衛星に対する等価等方輻射電力の制限 最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が 2°以内の場合、等価等方輻射電力を 35dBW 以下とする。（B～D、M バンド） 最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が 1.5°以内の場合、等価等方輻射電力を 45dBW 以下とする（G バンド） （2）正対方向以外への等価等方輻射電力の制限 （省略）	SISO：変更なし（B バンドの規定は削除） 同一周波数配置及び偏波 MIMO：偏波ごとに現行 TS 伝送方式と同じ（B バンドの規定は削除）
送受信ろ波特性	（1）送信ろ波特性 周波数偏差：減衰量 20MHz：15dB、35MHz：35dB、70MHz：60dB（B～G バンド） 20MHz：30dB、40MHz：50dB（M/N バンド） （2）等価受信ろ波特性 周波数偏差：減衰量 4.5MHz：25dB、6.7MHz：50dB、20MHz：55dB、60MHz：80dB	（1）送信ろ波特性：変更なし（B バンドの規定は削除） （2）等価受信ろ波特性：変更なし
スプリアス発射の強度の許容値	帯域外領域：100μW 以下 スプリアス領域：50μW 以下	SISO：変更なし 同一周波数配置及び偏波 MIMO：偏波ごとに現行 TS 伝送方式と同じ 参照帯域幅：1MHz
電波の型式	D7W	X7W
3 その他の技術的条件		
補助信号の伝送方式	サービスチャネル信号を TS 信号に時	主信号（IP 信号、TS 信号）に時分割

項目	TS 伝送方式	IP 伝送方式
	間分割多重し伝送すること	多重して伝送、または AC キャリアで伝送
中継方式	検波再生中継方式 ただし、検波再生中継方式によることが困難と認められる場合は、M バンド又は N バンドを使用する場合を除き、非再生中継方式を使用することができること	変更なし
無給電中継方式	電力供給が困難である等、相当の理由がある場合には、他の回線の使用状況や回線の構成等を踏まえ使用できること	変更なし
スペースダイバーシチ	電波伝搬条件が厳しい回線では使用すること	変更なし
自動等化器	自動等化器による波形歪補償を行うこと	変更なし
交差偏波干渉補償器	同一周波数配置（交差偏波識別を利用し、同一経路を通る 2 つの回線で同一周波数を利用する形態）を行う場合、交差偏波干渉補償器を使用すること	同一周波数配置を行う場合、交差偏波干渉補償器を使用すること 偏波 MIMO を行う場合、復調器に交差偏波干渉補償器と同等の機能を備えること
偏波	水平偏波又は垂直偏波	水平偏波、垂直偏波又はそれらの組み合わせ
交差偏波識別度	同一周波数配置を行う場合は 38dB 以上、行わない場合は 25dB 以上。 ただし、放送事業用周波数帯を使用する近隣バンド共用空中線及び異バンド共用空中線の交差偏波識別度は 20dB 以上とする。	SISO：25dB 以上、放送バンドの共用空中線の交差偏波識別度は 20dB 以上 同一周波数配置及び偏波 MIMO：38dB 以上
送受信空中線特性	（省略）	変更なし
4 回線品質		
誤り訂正機能	有すること	有すること（内符号に LDPC 符号、外符号に BCH 符号の連接符号又は同等以上）
等価雑音帯域幅、雑音指数	等価雑音帯域幅：6.7MHz 以下 雑音指数： 4dB 以下（G バンド以外）、5dB 以下（G バンド）	等価雑音帯域幅：7.6MHz 以下 雑音指数：変更なし（B バンドの規定は削除）
回線設計（回線品質）	B～D バンド：5×10^{-7}（1/km）以下 M/N バンド：4×10^{-7}（1/km）以下 E～G バンド：1.25×10^{-6}（1/km・年）以下	変更なし（B バンドの規定は削除）
回線設計（受信入力）	標準受信入力[dBm]、最大受信入力[dBm] −58.5+Fmr/2、−36（B～D バンド） −54.5+Fmr/2、−36（注 1）（M～N バンド） −49.1+Zr/2、−27（E～F バンド） −50.8+Zr/2、−27（G バンド） 偏差：±3dB 以内 Fmr：所要フェージングマージン Zr：所要降雨マージン	SISO： 標準受信入力[dBm]、最大受信入力[dBm] −58.5+Fmr/2、−36（C/D バンド） −54.5+Fmr/2、−36（M/N バンド） −49.1+Zr/2、−27（E/F バンド） −50.8+Zr/2、−27（G バンド） 偏差：±3dB 以内 同一周波数配置： 標準受信入力[dBm]、最大受信入力

項目	TS 伝送方式	IP 伝送方式
	注 1:単一受信の場合は－44 ※同一周波数配置は 3dB 高い値	[dBm] −55.5+Fmr/2、−36（C/D バンド） −51.5+Fmr/2、−36（M/N バンド） −46.1+Zr/2、−27（E/F バンド） −47.8+Zr/2、−27（G バンド） 偏差:±3dB 以内 （偏波ごと） 偏波 MIMO: 標準受信入力[dBm]、最大受信入力[dBm] −57.9+Fmr/2、−36（C/D バンド） −53.9+Fmr/2、−36（M/N バンド） −48.5+Zr/2、−27（E/F バンド） −50.2+Zr/2、−27（G バンド） 偏差:±3dB 以内 （偏波ごと） Fmr:所要フェージングマージン Zr:所要降雨マージン
混信保護値	39dB（同一経路、1 波当たり、平常時）、35dB+Fmr（異経路、1 波当たり、平常時）、30.5dB（全干渉波の総和、フェージング時）（B～D/M/N バンド） 39dB（同一経路、1 波当たり）、35dB（異経路、1 波当たり）、30.5dB（全干渉波の総和）（E～G バンド）	256QAM（符号化率 14/16）: 38.6dB（同一経路、1 波当たり、平常時）、34.6dB+Fmr（異経路、1 波当たり、平常時）、30.1dB（全干渉波の総和、フェージング時）（C/D/M/N バンド） 38.6dB（同一経路、1 波当たり）、34.6dB（異経路、1 波当たり）、30.1dB（全干渉波の総和）（E～G バンド） 1024QAM（符号化率 12/16）: 40.6dB（同一経路、1 波当たり、平常時）、36.6dB+Fmr（異経路、1 波当たり、平常時）、32.1dB（全干渉波の総和、フェージング時）（C/D/M/N バンド） 40.6dB（同一経路、1 波当たり）、36.6dB（異経路、1 波当たり）、32.1dB（全干渉波の総和）（E～G バンド）
搬送波電力対熱雑音電力比	30.8dB 以下	SISO ・256QAM（符号化率 14/16）:30.4dB 以下 ・1024QAM（符号化率 12/16）:32.4dB 以下 同一周波数配置 ・256QAM（符号化率 14/16）:33.4dB 以下 ・1024QAM（符号化率 12/16）:35.4dB 以下 （偏波ごと） 偏波 MIMO ・256QAM（符号化率 14/16）:31.0dB 以下 ・1024QAM（符号化率 12/16）:33.0dB

項目	TS 伝送方式	IP 伝送方式
		以下 （偏波ごと）
フェージングマージン及び降雨減衰マージン	所要フェージングマージン：自営用デジタルマイクロ固定局及びデジタル方式の TSL の場合と同じ条件であり、同様の方法で算出 降雨減衰マージン：アナログ方式の STL/TTL や自営用デジタルマイクロ固定局等で広く用いられているものと同一の方法で算出	変更なし
総合伝送特性	ロールオフ率 α：0.3 以下 スペクトル帯域幅：8.51MHz 以下	規定しない

表 2.2.2-2 次世代 IF 伝送方式の技術的条件 検討項目

項目	現行 IF 伝送方式	次世代 IF 伝送方式
1 一般的条件		
無線周波数帯	B バンド（5,850MHz 超 5,925MHz 以下）、C バンド（6,425MHz 超 6,570MHz 以下）、D バンド（6,870MHz 超 7,125MHz 以下）、E バンド（10.25GHz 超 10.45GHz 以下）、F バンド（10.55GHz 超 10.68GHz 以下）、G バンド（12.95GHz 超 13.25GHz 以下）	変更なし（B バンドの規定は削除）
通信方式	単向通信方式	変更なし
変調方式	主信号：地上デジタルテレビジョン放送用 OFDM 信号のものと同一 パイロット信号：無変調 サービスチャネル信号：4 相 PSK（DQPSK、$\pi/4$ シフト QPSK、OQPSK 等）	主信号：地上放送高度化方式用 OFDM 信号のものと同一 パイロット信号：変更なし サービスチャネル信号：変更なし
復調方式	規定しない	変更なし
伝送容量	主信号：地上デジタルテレビジョン放送用 OFDM 信号のものと同一 サービスチャネル信号：160kbps 以下	主信号：地上放送高度化方式用 OFDM 信号のものと同一 サービスチャネル信号：変更なし
2 電波の質及び無線設備の技術的条件		
周波数配置	B～G バンド：9MHz、6MHz（SC 信号を使用しない独立同期方式の場合）	変更なし（B バンドの規定は削除）
クロック周波数	規定しない	変更なし
周波数の許容偏差	20×10^{-6} ただし、 STL/TTL システムとしては受信 IF 出力周波数の許容偏差を 1Hz とすることが望ましい。	変更なし
占有周波数帯幅の許容値	主信号：5.7MHz 以下 サービスチャネル信号：110kHz 以下 全体のスペクトル：周波数間隔 8.4MHz の範囲内にあること	主信号：5.85MHz 以下 サービスチャネル信号：変更なし 全体のスペクトル：変更なし
空中線電力の最大値	2W、4W（伝搬路条件等による最大値） 0.5W(F バンド: 10.60GHz～10.68GHz)	変更なし

項目	現行 IF 伝送方式	次世代 IF 伝送方式
送信電力スペクトル特性	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 0dB 以下(中心周波数±2.8MHz) −32dB 以下(中心周波数±3.3MHz) −47dB 以下(中心周波数±4.5MHz) (独立同期方式)等	帯域内の主信号の平坦部分以外は変更なし。主信号の平坦部分は地上放送高度化方式の送信スペクトルマスクに合わせたものとする
等価等方輻射電力の制限	(1)静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限 最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が 2°以内の場合、等価等方輻射電力を 35dBW 以下(B～D バンド) 最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が 1.5°以内の場合、等価等方輻射電力を 45dBW 以下とする(G バンド) (2)正対方向以外への等価等方輻射電力の制限 (省略)	変更なし(B バンドの規定は削除)
送受信ろ波特性	(1)送信ろ波特性 周波数偏差:送信ろ波特性 20MHz:15dB、35MHz:35dB、70MHz:60dB(B～G バンド) (2)受信ろ波特性 周波数偏差:等価受信ろ波特性 4.5MHz:30dB、20MHz:55dB、60MHz:80dB (審査基準では、以下の主信号(OFDM)に対する等価受信ろ波特性を満足する場合も可能) 3.5MHz : 30dB 、 4.5MHz : 40dB 、10MHz:50dB、20MHz:75dB、60MHz:80dB	変更なし(B バンドの規定は削除)
スプリアス発射の強度の許容値	帯域外領域:100μW 以下 スプリアス領域:50μW 以下	変更なし 参照帯域幅:1MHz
電波の型式	主信号:X7W パイロット信号:N0N サービスチャネル信号:伝送情報の型式及びチャネル数に基づき定める	変更なし
3 その他の技術的条件		
補助信号の伝送方式	2 波以内のパイロット信号及び 1 波以内のサービスチャネル信号を主信号に周波数多重し伝送できること	変更なし
中継方式	非再生中継方式	変更なし
無給電中継方式	電力供給が困難である等、相当の理由がある場合には、他の回線の使用状況や回線の構成等を踏まえ使用できること	変更なし
スペースダイバーシチ	伝搬路条件が厳しい回線では使用すること	変更なし

項目	現行 IF 伝送方式	次世代 IF 伝送方式
自動等化器	規定しない	変更なし
交差偏波干渉補償器(XPIC)	規定しない	変更なし
偏波	水平偏波又は垂直偏波	変更なし
交差偏波識別度	同一周波数配置を行う場合は 38dB 以上、行わない場合は 25dB 以上、放送バンドの共用空中線の交差偏波識別度は 20dB 以上	変更なし
送受信空中線特性	(省略)	変更なし
4 回線品質		
誤り訂正機能	特段規定しない。	変更なし
等価雑音帯域幅、雑音指数	等価雑音帯域幅:6MHz 以下 雑音指数:4dB 以下(B～F バンド)、5dB 以下(G バンド) 雑音増加係数は従属同期方式(低雑音方式)の場合は 4.5dB、それ以外の方式の場合は 0dB	変更なし(B バンドの規定は削除)
回線設計(回線品質)	フェージングによる回線瞬断率 5×10^{-7}(1/km)以下(B～D バンド) 降雨による回線不稼働率 1.25×10^{-6}(1/km・年)以下(E～G バンド)	変更なし(B バンドの規定は削除)
回線設計(受信入力)	標準受信入力[dBm]、下限[dBm]、最大受信入力[dBm] −58.5+Fmr/2、−54.5、−36(B～D バンド) −49.1+Zr/2、−54.5、−27(E～F バンド) −50.8+Zr/2、−53.5、−27(G バンド) 偏差:±3dB 以内 Fmr:所要フェージングマージン Zr:所要降雨マージン	変更なし(B バンドの規定は削除)
混信保護値	49.5dB(同一経路、1 波当たり、平常時) 53.5dB+F(異経路、1 波当たり、平常時) 45dB(全干渉波の総和、平常時) F:差動フェージングの影響を考慮した補正値	変更なし
搬送波電力対熱雑音電力比	独立同期方式、従属同期標準方式:48dB 従属同期低雑音方式:43.5dB 受信入力がスレシホルド状態のときは 28dB	変更なし
フェージングマージン及び降雨減衰マージン	IF 伝送方式の STL/TTL の雑音(機器雑音)を含めた他の機器雑音、放送波に対する受信点でのシステム雑音等の規定及び総合の雑音評価は、充分な放送品質が確保されるよう事前	変更なし

項目	現行 IF 伝送方式	次世代 IF 伝送方式
	に放送事業者により実施されることが適当	
総合伝送特性	規定しない	変更なし

2.3 映像STL/TTL高度化の技術的条件

2.3.1 IP伝送方式

2.3.1.1 一般的条件

(1) 無線周波数帯

現行STL/TTLからの置き換えにより既存の中継局設備が十分活用できることが望ましいことから、現行TS伝送方式と同一とし、表 2.3.1-1 に示すとおりとする。B バンドについては周波数移行を反映して適用対象から除外する。

表 2.3.1-1 適用対象の無線周波数帯

周波数帯の呼称	周波数帯
C バンド	6,425MHz～6,570MHz
M バンド	6,570MHz～6,870MHz
D バンド	6,870MHz～7,125MHz
N バンド	7,425MHz～7,750MHz
E バンド	10.25GHz～10.45GHz
F バンド	10.55GHz～10.68GHz
G バンド	12.95GHz～13.25GHz

(2) 通信方式

現行システムからの置き換えを可能とするため、現行 TS 伝送方式と同一とし、単向通信方式とする。

(3) 変調方式

伝送容量の拡大と伝送耐性の強化のため、直交周波数分割多重方式(OFDM)とする。

- **サブキャリア変調方式**

各サブキャリアの変調方式は、無線局の審査を受ける標準的な変調方式として、SISO で 50Mbps 級、MIMO で 100Mbps 級の伝送容量が得られる 256 値直交振幅変調(256QAM)方式及び 1024 値直交振幅変調(1024QAM)方式とする(表 2.3.1-2)。なお、256QAM の誤り訂正符号の符号化率は 14/16 を想定する。また、1024QAM の誤り訂正符号の符号化率は 12/16 を想定する。

また、ユースケースや伝搬環境に応じて最適な変調方式を用いることを可能として柔軟な運用に対応するため、与干渉を増加させない条件のもと標準的な変調方式から切替可能な変調方式として、32 値直交振幅変調(32QAM)方式、64 値直交振幅変調(64QAM)方式、256 値直交振幅変調(256QAM)方式及び 1024 値直交振幅変調(1024QAM)方式を使用することも可とする(表 2.3.1-3)(参考資料2)。

なお、切替可能な変調方式の誤り訂正符号は、任意の符号化率を使用可能とする。

表 2.3.1-2 標準的な変調方式

標準的な変調方式
256 値直交振幅変調(256QAM)方式
1024 値直交振幅変調(1024QAM)方式

表 2.3.1-3 切替可能な変調方式

切替可能な変調方式
32 値直交振幅変調(32QAM)方式
64 値直交振幅変調(64QAM)方式
256 値直交振幅変調(256QAM)方式
1024 値直交振幅変調(1024QAM)方式

- **空間多重方式**

更なる伝送容量の拡大と周波数有効利用を実現するため、現行 TS 伝送方式の単一送信及び偏波多重に加え、偏波 MIMO も使用可能とする。

(4) 復調方式

現行 TS 伝送方式と同一とし、同期検波方式とする。

(5) 伝送容量

ユースケースで想定されるプログラム伝送信号の多重伝送を行うために必要な伝送容量は、SISO で 50Mbps 程度、MIMO で 100Mbps 程度であり(参考資料1)、256QAM または 1024QAM を用いることで現行 TS 伝送方式の所要 C/N と同程度で実現できる。ガードインターバル、パイロット信号、誤り訂正パリティも含めた最大の伝送容量は、1024QAM を用いた場合に、SISO で 75.7Mbps、MIMO で 151.5Mbps となるため、伝送容量は、SISO で 75.7Mbps 以下、MIMO で 151.5Mbps 以下とする(参考資料3)。

2.3.1.2 電波の質及び無線設備の技術的条件

(1) 周波数配置(周波数間隔)

現行システムからの置き換えを可能とするため、現行 TS 伝送方式と同一とし、C～G バンドについては 9MHz 間隔、M/N バンドについては 10MHz 間隔の周波数配置とする。

また、周波数の有効利用の観点から同一周波数配置、及び同一チャネルの両偏波を用いる偏波 MIMO も使用可能とする。

(2) クロック周波数

OFDM 方式のため、クロック周波数は規定しない。

(3) 周波数の許容偏差

IP 伝送方式の占有周波数帯幅の許容値を現行 TS 伝送方式と同一としたため、周波数の許容偏差も現行 TS 伝送方式と同一とし、20×10^{-6} とする。

(4) 占有周波数帯幅の許容値

隣接する固定回線システムとの共用条件を維持するため、現行 TS 伝送方式と同一とし、7.6MHz 以下とする。

(5) 空中線電力の最大値

現行システムからの置き換えを可能とするため、搬送波電力対熱雑音電力比や回線瞬断率、回線距離は現行 TS 伝送方式と同様な値を想定しており、空中線電力の最大値についても現行 TS 伝送方式と同一の表 2.3.1-4 に示すとおりとする。同一周波数配置及び偏波 MIMO を使用する場合は、偏波ごとの空中線電力の最大値は表 2.3.1-4 に示すとおりとする。

表 2.3.1-4 空中線電力の最大値

周波数帯の呼称	周波数帯	空中線電力の最大値
C バンド	6,425MHz～6,570MHz	2W(注)
M バンド	6,570MHz～6,870MHz	2W
D バンド	6,870MHz～7,125MHz	2W(注)
N バンド	7,425MHz～7,750MHz	2W
E バンド	10.25GHz～10.45GHz	2W(注)
F バンド	10.55GHz～10.60GHz	
F バンド	10.60GHz～10.68GHz	0.5W
G バンド	12.95GHz～13.25GHz	2W(注)

(注)極端に給電線が長い場合や無給電中継装置を使用する場合等、必要と認められる場合に限り 4W を上限とする空中線電力を設定することができることとする。

(6) 送信電力スペクトル特性

隣接する固定回線システムとの共用条件を維持するため、現行 TS 伝送方式と同一とし、中心周波数からの周波数偏差が 0MHz の場合の電力を基準として、中心周波数からの周波数差が±4.5MHz の場合の相対電力は－37dB 以下、中心周波数からの周波数差が±18MHz の場合の相対電力は－48dB 以下とする(別紙1)。同一周波数配置及び偏波 MIMO を使用する場合は、偏波ごとに上記の値を満たすものとする。

(7) 等価等方輻射電力の制限

(i)静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限

静止衛星に対する混信保護のための静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限値は、現行 TS 伝送方式と同一とし、表 2.3.1-5 に示すとおりとする。同一周波数配置及び偏波 MIMO を使用する場合は、偏波ごとに表 2.3.1-5 に示すとおりとする。

表 2.3.1-5 静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限

周波数帯の呼称	等価等方輻射電力の制限
C バンド	最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が 2°以内の場合、等価等方輻射電力を 35dBW 以下とする。
D バンド	
M バンド	
G バンド	最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が 1.5°以内の場合、等価等方輻射電力を 45dBW 以下とする

(ii)正対方向以外への等価等方輻射電力の制限

周波数を共用する他の回線への干渉を抑えるための正対方向以外への等価等方輻射電力の制限値は、現行 TS 伝送方式と同一とし、別紙2に示すとおりとする。同一周波数配置及び偏波 MIMO を使用する場合は、偏波ごとに現行 TS 伝送方式と同一とする。

(8) 送受信ろ波特性

(i)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。現行システムからの置き換えを可能とするため、送信ろ波特性は、現行 TS 伝送方式と同一とし、表 2.3.1-6 に示すとおりとする。また、M/N バンドではろ波器の使用を必須とするが、C～G バンドでは送信電力スペクトル特性のみで充分な電力減衰量を確保できる場合もあるため、他回線への干渉の恐れがない場合には必ずしもろ波器を必要としないこととする。

表 2.3.1-6 送信ろ波特性

周波数帯の呼称	周波数偏差			
	20MHz	35MHz	40MHz	70MHz
C～G バンド	15dB	35dB	―	60dB
M/N バンド	30dB	―	50dB	―

(ii)受信ろ波特性

現行システムからの置き換えを可能とするため、現行の TS 伝送方式と同一とし、等価受信ろ波特性は表 2.3.1-7 に示すとおりとする。

表 2.3.1-7 等価受信ろ波特性

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

(9) スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値

スプリアス発射及び不要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、現行 TS 伝送方式についても、同規定を適用しているため、現行 TS 伝送方式と同一とし、以下を許容値とする。同一周波数配置及び偏波 MIMO を使用する場合は、偏波ごとに以下を許容値とする。

- 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値は、100μW 以下とする。
- スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、50μW 以下とする。参照帯域幅は 1MHz とする。

(10) 電波の型式

IP 伝送方式の変調方式は OFDM であることから、X7W とする。

2.3.1.3 その他の技術的条件

(1) 補助信号の伝送方式

補助信号(サービスチャネル信号)は主信号(IP 信号、TS 信号)に時分割多重して伝送、または AC(Auxiliary Channel)キャリア(本線信号のデータキャリアとは独立したキャリア)で伝送することとする。

(2) 中継方式

放送ネットワークの回線品質維持のため、現行 TS 伝送方式と同一とし、検波再生中継方式を原則として、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、受信入力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できることとする。

(3) 無給電中継方式

現行システムからの置き換えを可能とするため、現行 TS 伝送方式と同一とし、無線局の集中する地域等、他の無線局の運用に支障が生じることが想定される場合を除き、電力供給が困難等の理由がある場合には、他回線の使用状況や回線構成等を踏まえ、回線設計及び回線品質を満足する範囲において無給電中継装置も使用できることとする。

(4) スペースダイバーシチ

現行システムからの置き換えを可能とするため、現行 TS 伝送方式と同一とし、電波伝搬条件が厳しい場合にはスペースダイバーシチを使用することとする。

(5) 自動等化器

現行 TS 伝送方式と同一とし、安定した伝送品質を確保するため、自動等化機能による波形歪補償を行うこととする。

(6) 交差偏波干渉補償器(XPIC)

現行 TS 伝送方式と同一とし、同一周波数配置を行う場合は、交差偏波干渉補償器を使用することとする。偏波 MIMO を行う場合は、復調器に交差偏波干渉補償器と同等の機能を備えることとする。

(7) 偏波

偏波は直線偏波(水平偏波又は垂直偏波)とし、同一周波数配置及び偏波 MIMO を行う場合は、水平偏波と垂直偏波の組合せとする。

(8) 交差偏波識別度

アンテナメーカーヒアリングの結果、及び実験試験局用に製作した空中線の XPD 特性から、38dB 以上が実現可能と考えられる。

交差偏波識別度は、現行 TS 伝送方式と同一とし、同一周波数配置を行う場合は 38dB 以上、行わない場

合は 25dB 以上、ただし、放送事業用周波数帯のみを使用する場合の近隣バンド共用空中線を含む異バンド共用空中線の交差偏波識別度は 20dB 以上とする。偏波 MIMO を行う場合は、38dB 以上とする。

(9) 送受信空中線特性

現行システムからの置き換えを可能とするため、現行 TS 伝送方式と同一とする。

送受信空中線特性は、別紙3に示すとおりとする。新設する空中線は原則として単一周波数帯用のものとし、別紙3の表 1 に定める特性を満足するものであること。設置場所の関係等でやむを得ず近隣周波数帯共用空中線を設置する場合には別紙3の表 2 に定める特性を満足することとし、複数周波数帯共用空中線(近隣周波数帯共用空中線を除く。)を設置する場合には別紙3の表 3 に定める特性を満足するものであること。

山間部等で電波伝搬上の閉鎖された地域等で使用される場合は、他の回線に支障を与えるおそれのない回線に使用する場合に限り、別紙3の表 3 に示す特性を持つ送受信空中線を使用できることとする(M バンド又は N バンドを使用する場合を除く。)。

2.3.1.4 回線品質

(1) 誤り訂正機能

誤り訂正機能を有することとする。伝送耐性の強化のため、内符号に LDPC 符号、外符号に BCH 符号の連接符号又は同等以上の誤り訂正符号を使用することとする。

(2) 等価雑音帯域幅及び雑音指数

(i)等価雑音帯域幅

等価雑音帯域幅は、OFDM 方式であることから占有周波数帯幅と同一とし、7.6MHz 以下とする。

(ii)雑音指数

雑音指数は、現行 TS 伝送方式と同一とし、表 2.3.1-8 に示すとおりとする。

表 2.3.1-8 雑音指数

周波数帯の呼称	雑音指数
C～F バンド M/N バンド	4dB 以下
G バンド	5dB 以下

(3) 回線設計(回線品質)

現行システムからの置き換えを可能とするため、現行 TS 伝送方式と同一とし、回線品質の所要値は表 2.3.1-9 に示すとおりとする。

表 2.3.1-9 回線品質

周波数帯の呼称	回線品質
C/D バンド	フェージングによる回線瞬断率 5×10^{-7}(1/km)以下
M/N バンド	フェージングによる回線瞬断率 4×10^{-7}(1/km)以下
E～G バンド	降雨による回線不稼働率 1.25×10^{-6}(1/km･年)以下

(4) 回線設計(受信入力)

現行システムからの置き換えにより、他の回線との干渉条件が同等となる値にするため、SISO(単一送信)の場合の標準受信入力は、現行 TS 伝送方式と同一とする。また、同一周波数配置を行う場合の標準受信入力は、偏波ごとに現行 TS 伝送方式の同一周波数配置と同一とし、SISO の場合よりも 3dB 高い値とする。偏波 MIMO を行う場合の標準受信入力は、偏波ごとに SISO の場合よりも熱雑音への C/N 配分の増加分の 0.6dB 高い値とする。

各周波数帯の最大受信入力は、現行 TS 伝送方式と同一とする。ただし、現行 TS 伝送方式における M/N バンドの単一受信の場合の－44dBm の規定は削除する。理由は、6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの高度化では高次多値変調方式の最大受信入力に単一受信での制限が無いこと、及び現行の M/N バンドの単一受信での最大受信入力－44dBm は、自営用デジタルマイクロ波固定局の 128QAM の規定と同一としたものであるが、その値は、180 度方向を同一チャネルで繰り返し伝送する構成を可能とする最大受信入力を根拠としており、放送システムの運用想定の構成ではないためである。

以上より、受信機入力端における受信入力は、表 2.3.1-10 に示す標準受信入力の±3dB の範囲内とする。ただし、海上伝搬等回線構成上やむを得ない場合には、表 2.3.1-10 の最大受信入力の範囲まで設定することができる。なお、同一周波数配置及び偏波 MIMO を行う場合は、偏波ごとに表 2.3.1-10 を適用する。

表 2.3.1-10 受信入力

周波数帯	標準受信入力 [dBm]			最大受信入力 [dBm]
	SISO	同一周波数配置	偏波 MIMO	
C/D バンド	－58.5+Fmr 注/2	－55.5+Fmr 注/2	－57.9+Fmr 注/2	－36
M/N バンド	－54.5+Fmr 注/2	－51.5+Fmr 注/2	－53.9+Fmr 注/2	－36
E/F バンド	－49.1+Zr 注/2	－46.1+Zr 注/2	－48.5+Zr 注/ 2	－27
G バンド	－50.8+Zr 注/2	－47.8+Zr 注/2	－50.2+Zr 注/2	－27

(注)Fmr: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、Zr:目標回線品質を満足するための所要降雨減衰マージン

(5) 混信保護値

(i)混信保護値

現行システムからの置き換えを可能とするため、現行 TS 伝送方式と同様な考え方で、参考資料4の C/N 配分による値とする。現行 TS 伝送方式と同様に、同一経路に 2 波、異経路に 2 波を配置し、これらの回線からの干渉を受けるものとして、混信保護の許容値は全干渉波に対して所要 C/N の 51%、同一経路及び異経路に対して所要 C/N の 14.2%(2 波の和)及び 35.5%(2 波の和)としてそれぞれを算出した。

以上より、表 2.3.1-11 及び表 2.3.1-12 に掲げる混信保護の許容値(1 波当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)を満足することとする。搬送波電力対干渉波受信電力比 C/I の算出式は現行 TS 伝送方式と同一とする(参考資料5)。なお、同一周波数配置及び偏波 MIMO を行う場合は、偏波ごとに表 2.3.1-11 及び表 2.3.1-12 を適用する。

表 2.3.1-11 混信保護値(C バンド、D バンド、M バンド及び N バンドの場合)

	回線条件		256QAM (符号化率 14/16)	1024QAM (符号化率 12/16)
1 波当たりの干渉波電力に対する値 [dB]	同一経路	平常時	38.6	40.6
	異経路		34.6+Fmr	36.6+Fmr
全干渉波電力の総和に対する値 [dB]	フェージング時の値		30.1	32.1

表 2.3.1-12 混信保護値(E バンド、F バンド及び G バンドの場合)

	回線条件	256QAM (符号化率 14/16)	1024QAM (符号化率 12/16)
1 波当たりの干渉波電力に対する値[dB]	同一経路	38.6	40.6
	異経路	34.6	36.6
全干渉波電力の総和に対する値[dB]	―	30.1	32.1

(ii)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)を参考資料5に示す。

(6) 搬送波電力対熱雑音電力比

搬送波電力対熱雑音電力比(熱雑音 C/N)は、従来のように C/N 配分(所要 C/N を熱雑音や干渉雑音に配分すること)により定める(参考資料4)。

SISO の場合について、現行 TS 伝送方式からの置き換えを可能とするために、所要 C/N が現行と同程度であれば熱雑音 C/N も同程度となるよう、現行の C/N 配分と同じ比率(熱雑音に 47%、歪雑音に 2%、干渉雑音に 51%)とする(参考資料4の図 1)。

同一周波数配置の場合について、現行 TS 伝送方式の同一周波数配置の標準受信入力が単一偏波の伝送(SISO)に対して 3dB 高い値となっている。これは、熱雑音(全)の C/N 配分を熱雑音と XPD に等配分していることに相当するため、IP 伝送方式も、偏波ごとに同様な C/N 配分とする(参考資料4の図 2)。

偏波 MIMO の場合について、偏波 MIMO におけるフェージング時の XPD 低下の影響の検討結果(参考資料6)に基づき、熱雑音への C/N 配分は、偏波ごとに熱雑音(全)に 0.6dB 加えた値とする(参考資料4の図 3)。

以上より、搬送波電力対熱雑音電力比は表 2.3.1-13 に示すとおりとし、同一周波数配置及び偏波 MIMO を行う場合は、偏波ごとに表 2.3.1-13 を適用する。

表 2.3.1-13 搬送波電力対熱雑音電力比

標準的な変調方式	SISO	同一周波数配置	偏波 MIMO
256QAM (符号化率 14/16)	30.4dB	33.4dB	31.0dB
1024QAM (符号化率 12/16)	32.4dB	35.4dB	33.0dB

(7) フェージングマージン及び降雨減衰マージン

現行システムからの置き換えを可能とするため、現行 TS 伝送方式に準じた算出方法とする（参考資料7及び参考資料8）。

IP 伝送方式の標準的な回線設計例を参考資料9に示す。

(8) 総合伝送特性（ロールオフ率）

OFDM 方式のため、総合伝送特性（ロールオフ率）は規定しない。

2.3.1.5 測定法

(1) 周波数偏差

各送信機から無変調搬送波を出力して、周波数計を用いて送信周波数を測定する。測定した周波数と規定送信周波数の差を計算し、それぞれの計算値のうち最大であるものを周波数の偏差とする。

(2) 占有周波数帯幅

各送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザの測定機能を用いて 99%の占有周波数帯幅を測定する。

(3) 空中線電力

各送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、高周波電力計を用いて電力を測定する。

(4) 送信電力スペクトル特性

各送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて中心周波数の電力を基準として各周波数差の相対レベルを測定する。

(5) スプリアス発射及び不要発射の強度

(i)帯域外領域におけるスプリアス発射の強度

各送信機から無変調搬送波を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて測定する。送信出力レベル（Pc）を測定し記録する。スプリアスのレベル（Ps）を測定し、スプリアス［dB］＝ Ps － Pc によりスプリアス発射の強度を測定する。

(ii)スプリアス領域における不要発射の強度

各送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて測定する。送信出力レベル（Pc）を測定し記録する。スプリアスのレベル（Ps）を測定し、スプリアス［dB］＝ Ps － Pc によりスプリアス発射の強度を測定する。測定範囲は 30MHz～26GHz までとする。

上記測定法におけるスペクトルアナライザの設定例を参考資料10に示す。

2.3.2 次世代IF伝送方式

2.3.2.1 一般的条件

(1) 無線周波数帯

現行 IF 伝送方式と同一とし(ただし B バンドの規定は削除する)、表 2.3.2-1 に示すとおりとする。

表 2.3.2-1 適用対象の周波数帯

周波数帯の呼称	周波数帯
C バンド	6,425MHz～6,570MHz
D バンド	6,870MHz～7,125MHz
E バンド	10.25GHz～10.45GHz
F バンド	10.55GHz～10.68GHz
G バンド	12.95GHz～13.25GHz

(2) 通信方式

現行 IF 伝送方式と同一とし、単向通信方式とする。

(3) 変調方式

地上放送高度化方式の OFDM 信号を主信号として伝送する目的から、主信号の変調方式は地上放送高度化方式用 OFDM 信号の変調方式とする。また、サービスチャネル信号により副搬送波を変調する方式は、現行 IF 伝送方式と同一とし、4 相 PSK とする。

(4) 復調方式

復調を行わないことから、復調方式は特段規定しない。

(5) 伝送容量

地上放送高度化方式の OFDM 信号を主信号として伝送する目的から、主信号の伝送容量は地上放送高度化方式用 OFDM 信号のものと同一とする。また、サービスチャネル信号の伝送容量は、現行 IF 伝送方式と同一とし、160kbps 以下とする。

2.3.2.2 電波の質及び無線設備の技術的条件

(1) 周波数配置(周波数間隔)

現行 IF 伝送方式と同一とし(ただし B バンドの規定は削除する)、9MHz 間隔の周波数配置とする。ただし、IF 伝送方式の主信号の占有周波数帯幅は 5.85MHz であることから、近接する周波数でもサービスチャネル信号を使用しない独立同期方式を使用する場合に限り、6MHz の周波数間隔も可とする。

(2) クロック周波数

再生中継を行わないことから、クロック周波数は規定しない。

(3) 周波数の許容偏差

現行 IF 伝送方式と同一とし、20×10^{-6} とする。

ただし、IF 伝送方式では、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 出力周波数の許容偏差は放送波の許容偏差である 1Hz とする必要があり、STL/TTL システムとしてはパイロット信号を利用した補正等により、受信 IF 出力周波数の許容偏差を 1Hz とすることが望ましい。

(4) 占有周波数帯幅の許容値

地上放送高度化方式の OFDM 信号を主信号として伝送する目的から、主信号の占有周波数帯幅の許容値は地上放送高度化方式用 OFDM 信号のものと同一の 5.85MHz 以下とする。主信号以外については、現行 IF 伝送方式と同一とし、サービスチャネル信号は 110kHz 以下とする。

以上を満たした上で、主信号、パイロット信号及びサービスチャネル信号全体は、周波数間隔 8.4MHz 以内に収容できるものであることとする。

なお、パイロット信号は無変調のため占有周波数帯幅の許容値は特段規定しない。

(5) 空中線電力の最大値

現行 IF 伝送方式と同一とし(ただし B バンドの規定は削除する)、表 2.3.2-2 に示すとおりとする。

表 2.3.2-2 空中線電力の最大値

周波数帯の呼称	周波数帯	空中線電力の最大値
C バンド	6,425MHz～6,570MHz	2W(注)
D バンド	6,870MHz～7,125MHz	
E バンド	10.25GHz～10.45GHz	
F バンド	10.55GHz～10.60GHz	
F バンド	10.60GHz～10.68GHz	0.5W
G バンド	12.95GHz～13.25GHz	2W(注)

(注)極端に給電線が長い場合や無給電中継装置を使用する場合等、必要と認められる場合に限り 4W を上限とする空中線電力を設定することができることとする。

(6) 送信電力スペクトル特性

帯域内の主信号の平坦部分以外は現行 IF 伝送方式と同一とする。主信号の平坦部分は地上放送高度化方式の送信スペクトルマスクに合わせたものとする。

IF 伝送方式では、主信号、サービスチャネル信号、パイロット信号の組み合わせにより送信電力スペクトル特性が異なる。送信電力スペクトル特性は次の 4 つの場合に分けて、主信号、サービスチャネル信号、パイロット信号の電力配分の最適化並びに隣接チャネルとの干渉の軽減の観点から、別紙4に示すとおりとする。

(i)サービスチャネル信号を使用しない独立同期方式の場合
(ii)サービスチャネル信号を使用する独立同期方式の場合
(iii)従属同期方式(低雑音方式を除く)の場合
(iv)従属同期方式(低雑音方式)の場合

(7) 等価等方輻射電力の制限

(i)静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限

静止衛星に対する混信保護のための静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限値は、現行 IF 伝送方式と同一とし(ただし B バンドの規定は削除する)、表 2.3.2-3 に示すとおりとする。

表 2.3.2-3 静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限

周波数帯の呼称	等価等方輻射電力の制限
C バンド	最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が 2°以内の場合、等価等方輻射電力を 35dBW 以下とする。
D バンド	
G バンド	最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が 1.5°以内の場合、等価等方輻射電力を 45dBW 以下とする

(ii)正対方向以外への等価等方輻射電力の制限

周波数を共用する他の回線への干渉を抑えるための正対方向以外への等価等方輻射電力の制限値は、現行 IF 伝送方式と同一とし、別紙5に示すとおりとする。

(8) 送受信ろ波特性

(i)送信ろ波特性

現行 IF 伝送方式と同一とする。ただし B バンドの規定は削除する。

表 2.3.2-4 に示す送信ろ波特性を持つろ波器を送信機で使用することとする。ただし、複数波同時伝送方式を使用する場合にあっては、連続配置したチャネルのうち最も周波数の高いチャネルの中心周波数以上の周波数及び最も周波数の低いチャネルの中心周波数以下の周波数に対して適用し、また、チャネル C8 及び D1 以外のチャネルであって他回線への干渉のおそれがない場合にあっては、この限りでない。

表 2.3.2-4 送信ろ波特性

周波数帯の呼称	周波数偏差			
	20MHz	35MHz	40MHz	70MHz
C～G バンド	15dB	35dB	―	60dB

(ii)受信ろ波特性

現行 IF 伝送方式と同一とする。ただし B バンドの規定は削除する。

受信機のろ波器は、表 2.3.2-5 に示す等価受信ろ波特性(高周波ろ波器特性に中間周波数増幅部のろ波特性を加えたもの)を満足することとする。

表 2.3.2-5 等価受信ろ波特性

周波数帯の呼称	周波数偏差		
	4.5MHz	20MHz	60MHz
C～G バンド	30dB	55dB	80dB

現行 IF 伝送方式の現行電波法関係審査基準で規定される干渉軽減係数の別表を適用するために、表 2.3.2-6 の主信号(OFDM)に対する等価受信ろ波特性の規定も選択肢として追加する。

表 2.3.2-6 主信号(OFDM)に対する等価受信ろ波特性

主信号(OFDM)に対する等価受信ろ波特性	周波数偏差	3.5MHz	4.5MHz	10MHz	20MHz	60MHz
	減衰量	30dB	40dB	50dB	75dB	80dB

(9) スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値

スプリアス発射及び不要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、現行 IF 伝送方式についても、同規定を適用しているため、現行 IF 伝送方式と同一とし、以下を許容値とする。

- 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値は、100μW 以下とする。
- スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、50μW 以下とする。参照帯域幅は 1MHz とする。

(10) 電波の型式

現行 IF 伝送方式と同一とする。

電波の型式は、主信号にあっては X7W、パイロット信号にあっては N0N、サービスチャネル信号にあっては伝送情報の型式及びチャネル数に応じて G1D、G7D 又は G7W のいずれかとする。

2.3.2.3 その他の技術的条件

(1) 補助信号の伝送方式

現行 IF 伝送方式と同一とする。

IF 伝送方式においては、補助信号はサービスチャネル信号及び周波数制御のためのパイロット信号である。

IF 伝送方式では主信号が放送波に変換され放送されるが、地上放送高度化方式で SFN を構築するためには隣接する放送区域で使用される周波数との差が 1Hz 以下である必要があることから、主信号の周波数偏差は 1Hz 以下に保つ必要がある。

主信号の周波数安定度を確保する方式としては独立同期方式及び従属同期方式がある。独立同期方式は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偏差の少ない主信号出力を得る方式であり、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し、周波数偏差の少ない主信号出力を得る方式であり、この場合 1 波又は 2 波のパイロット信号を使用することとする。

また、主信号、サービスチャネル信号及びパイロット信号は周波数多重伝送することとする。

OFDM 信号及び補助信号の周波数配置の例を図 2.3.2-1 に示す。

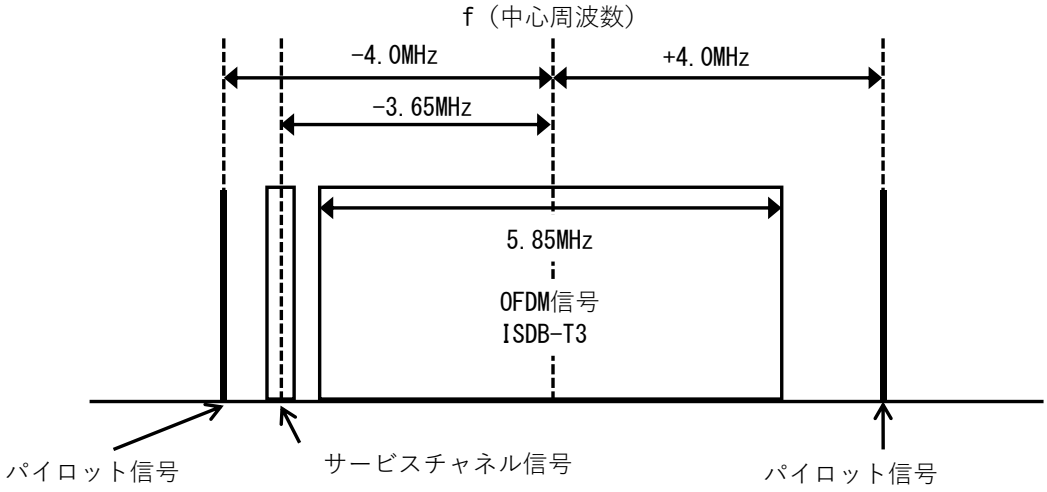


図 2.3.2-1 伝送信号の周波数配置の例

(2) 中継方式

現行 IF 伝送方式と同一とし、非再生中継方式とする。なお、検波再生中継方式を用いることも可能とする。

(3) 無給電中継方式

現行 IF 伝送方式と同一とする。

無線局の集中する地域等、他の無線局の運用に支障が生じることが想定される場合を除き、電力供給が困難等の理由がある場合には、他回線の使用状況や回線構成等を踏まえ、回線設計及び回線品質を満足する範囲において無給電中継装置も使用できることとする。

(4) スペースダイバーシチ

現行 IF 伝送方式と同一とする。

電波伝搬条件が厳しい場合にはスペースダイバーシチを使用することとする。

(5) 自動等化器

現行 IF 伝送方式と同一とする。

IF 伝送方式では、主信号は地上放送高度化方式の OFDM 信号そのものである。

この信号には自動等化のための基準信号が挿入されており、テレビジョン受信機で自動等化されるため、自動等化器は規定しない。

(6) 交差偏波干渉補償器(XPIC)

現行 IF 伝送方式と同一とする。

同一周波数配置を行わないこととし、XPIC の使用について規定しない。

(7) 偏波

現行 IF 伝送方式と同一とし、直線偏波(水平偏波又は垂直偏波)とする。

(8) 交差偏波識別度

現行 IF 伝送方式と同一とし、同一周波数配置を行う場合は 38dB 以上、行わない場合は 25dB 以上とする。ただし、設置場所の関係等でやむを得ず近隣周波数帯共用空中線及び複数周波数帯共用空中線(近隣周波数帯共用空中線を除く。)を使用する場合に限り、交差偏波識別度は 20dB 以上とする。

(9) 送受信空中線特性

現行 IF 伝送方式と同一とする。

送受信空中線特性は、別紙6に示すとおりとする。新設する空中線は原則として単一周波数帯用のものとし、別紙6の表 1 に定める特性を満足するものであること。設置場所の関係等でやむを得ず近隣周波数帯共用空中線を設置する場合には別紙6の表 2 に定める特性を満足することとし、複数周波数帯共用空中線(近隣周波数帯共用空中線を除く。)を設置する場合には別紙6の表 3 に定める特性を満足するものであること。

山間部等で電波伝搬上の閉鎖された地域等で使用される場合は、他の回線に支障を与えるおそれのない回線に使用する場合に限り、別紙6の表 3 に示す特性を持つ送受信空中線を使用できることとする。

2.3.2.4 回線品質

(1) 誤り訂正機能

現行 IF 伝送方式と同一とする。

IF 伝送方式の主信号には連接符号による誤り訂正符号が挿入されており、テレビジョン受信機で誤り訂正されるため、誤り訂正機能は特段規定しない。

(2) 等価雑音帯域幅及び雑音指数

(i)等価雑音帯域幅

現行 IF 伝送方式と同一とし、6MHz とする。

(ii)雑音指数

現行 IF 伝送方式と同一とする。ただし B バンドの規定は削除する。

雑音指数は表 2.3.2-7 に示すとおりとする。

表 2.3.2-7 雑音指数

周波数帯の呼称	雑音指数
C～F バンド	4dB
G バンド	5dB

(iii)雑音増加係数

現行 IF 伝送方式と同一とする。

従属同期方式(低雑音方式)の雑音増加係数を 4.5dB、従属同期方式(低雑音方式を除く)の雑音増加係数を 0dB とする。

(3) 回線設計(回線品質)

現行 IF 伝送方式と同一とする。ただし B バンドの規定は削除する。
回線品質の所要値は表 2.3.2-8 に示すとおりとする。

表 2.3.2-8 回線品質

周波数帯の呼称	回線品質
C/D バンド	フェージングによる回線瞬断率 5×10^{-7}(1/km)以下
E～G バンド	降雨による回線不稼働率 1.25×10^{-6}(1/km･年)以下

(4) 回線設計(受信入力)

現行 IF 伝送方式と同一とする。ただし B バンドの規定は削除する。
受信入力は表 2.3.2-9 に示すとおりとする。

表 2.3.2-9 受信入力

周波数帯の呼称	標準受信入力 [dBm]	最大受信入力 [dBm]
C/D バンド	−58.5+Fmr/2	−36
E/F バンド	−49.1+Zr/2	−27
G バンド	−50.8+Zr/2	−27

(注 1)受信入力は、原則としてこの表に示す標準受信入力±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、この表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。
(注 2)標準受信入力の下限は、次に示すとおりとする。
−54.5dBm(C～F バンドの場合)
−53.5dBm(G バンドの場合)

(5) 混信保護値

(i)混信保護値

地上放送高度化方式の放送ネットワーク設計では既存の地上デジタルテレビジョン放送の受信システムを念頭に受信機の所要 C/N が大きく変わらないことが考慮されており、次世代方式の中継ネットワークを考慮した所要 C/N が現行方式と同等であるため、現行 IF 伝送方式と同一とする。

表 2.3.2-10 に示す混信保護値(1 波当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)を満たすこととする。

表 2.3.2-10 混信保護値(平常時)

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	
49.5	53.5+F(注 1)	45

(注 1)F:差動フェージングの影響を考慮した補正値。C/D バンドを使用し、Fmr(所要フェージングマージン)が 13.5dB 以上の場合は F=Fmr−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

(ii) 干渉軽減係数（IRF）

現行 IF 伝送方式と同一とする（参考資料１１）。

(6) 搬送波電力対熱雑音電力比

地上放送高度化方式の放送ネットワーク設計では既存の地上デジタル放送の受信システムを念頭に受信機の所要 C/N が大きく変わらないことが考慮されており、次世代方式の中継ネットワークを考慮した所要 C/N が現行方式と同等であるため、現行 IF 伝送方式と同一とする。

搬送波電力対熱雑音電力比は、受信入力が平常時の場合は表 2.3.2-11 に示すとおりとし、受信入力がスレシホルド状態の場合は 28dB とする。（参考資料4）

表 2.3.2-11 搬送波電力対熱雑音電力比（受信入力が平常時の場合）

送信方式	搬送波電力対熱雑音電力比
独立同期方式 従属同期方式（低雑音方式を除く）	48dB
従属同期方式（低雑音方式の場合）	43.5dB

(7) フェージングマージン及び降雨減衰マージン

現行 IF 伝送方式と同一とする（参考資料１２）。

(8) 総合伝送特性（ロールオフ率）

現行 IF 伝送方式と同一とする。

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、総合伝送特性は特段規定しない。

2.3.2.5 測定法

(1) 周波数偏差

送信機から無変調搬送波を出力して、周波数計を用いて送信周波数を測定する。周波数の偏差=測定周波数－規定送信周波数を周波数の偏差とする。

(2) 占有周波数帯幅

送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザの測定機能を用いて 99%の占有周波数帯幅を測定する。

(3) 空中線電力

送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、高周波電力計を用いて電力を測定する。

(4)　送信電力スペクトル特性

送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて中心周波数の電力を基準として各周波数差の相対レベルを測定する。

(5)　スプリアス発射及び不要発射の強度

(i)帯域外領域におけるスプリアス発射の強度

送信機から無変調搬送波を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて測定する。送信出力レベル(Pc)を測定し記録する。スプリアスのレベル(Ps)を測定し、スプリアス［dB］＝ Ps － Pc によりスプリアス発射の強度を測定する。

(ii)スプリアス領域における不要発射の強度

送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて測定する。送信出力レベル(Pc)を測定し記録する。スプリアスのレベル(Ps)を測定し、スプリアス[dB］＝ Ps － Pc によりスプリアス発射の強度を測定する。測定範囲は 30MHz～26GHz までとする。

上記測定法におけるスペクトルアナライザの設定例を(参考資料10)に示す。

2.3.3　電波防護指針への適合性

IP 伝送方式及び次世代 IF 伝送方式の電波防護指針への適合性については、電波法施行規則第 21 条の4(電波の強度に対する安全施設)を満足するよう、必要な離隔距離を算出し、離隔距離以内に入れないような対策(立ち入りを制限する柵などを設置)を施すなどの対策をする必要がある。参考資料13に離隔距離の算出例を示す。

2.3.4　他システムとの共用検討

STL/TTL 高度化方式と他システムとの共用検討結果については 4 章に示す。

3. 映像TSLの高度化

3.1 検討の背景

テレビジョン放送事業者は、放送番組制作に必要な番組素材を伝送する手段として、主として SHF 帯を用いる無線回線である FPU 及び TSL を運用している。番組素材は、中継車等の取材現場から FPU により近隣の受信基地局へ伝送され、その後、受信基地局から演奏所までは TSL により固定無線回線で伝送される。この構成により、素材伝送の信頼性を確保しつつ、演奏所での編集・放送準備が行われる。なお、この一連の放送番組素材伝送系統の構成例を図 2.3.4-1 に示す。

FPU は、取材現場が広域かつ不特定であり、さらに移動しながら使用する必要があることから、安定した見通し距離を確保できる SHF 帯による伝送が不可欠である。受信基地局は、光ファイバ回線の敷設が困難な山岳地域等に設置されることが多いため、受信基地局と演奏所間の伝送手段として固定無線回線による TSL が引き続き重要な役割を担っている。都市部では TSL に光ファイバ回線を使用する例も見られるが、大規模災害時においても確実な素材伝送を確保する必要があることから、SHF 帯無線を用いる TSL が引き続き主要な手段となっている。

地上デジタルテレビジョン放送（DTV）の全国普及が定着し、加えて、2018 年 12 月 1 日に開始された BS・110 度 CS による 4K・8K 実用放送の開始により、放送サービス全体の高度化が進展している。これに伴い、制作現場における映像制作はハイビジョン（2K）から 4K・8K へと超高精細化が進み、番組素材の情報量は増大している。これに伴い、FPU 及び TSL においては、超高精細映像に対応した十分な伝送容量の確保と、放送運用に必要な信頼性・安定性の維持がより重要な要素となっている。

また、周波数再編の進展に伴い、放送事業者が利用してきた B バンド（5.9 GHz 帯）についても再編対象となり、同帯域からの移行を前提とした運用の見直しが進められている。映像 TSL では、従来から運用されてきた C バンド（6.4 GHz 帯）、M バンド（6.5 GHz 帯）、D バンド（7 GHz 帯）、N バンド（7.5 GHz 帯）、E バンド（10 GHz 帯）、F バンド（10.5 GHz 帯）、G バンド（13 GHz 帯）といった SHF 帯の放送事業用周波数を引き続き使用しつつ、B バンド移行後の周波数配置やチャネル構成を適切に整理する必要がある。これらの帯域は STL、TTL、FPU など他の放送事業用固定無線システムとも共通して使用されており、運用上の整合性を確保しながら、将来の放送ネットワークに適合する技術的条件を整備することが求められている。加えて、これらの帯域は、放送分野以外にも割り当てられており、電気通信業務用固定無線、公共業務無線、さらには一般通信向け固定無線システムとも周波数を共用している。これらのシステムは、放送事業用無線局と同一または隣接する帯域を使用しているため、相互干渉を避けるための所要 D/U、離隔距離、スペクトルマスクなどの共用条件を体系的に整理する必要がある。次世代 TSL の制度整備にあたっては、放送素材伝送ネットワーク内での整合性に加え、電通・公共・一般通信等との周波数共用を踏まえた帯域設計を行うことが不可欠となる。

制作現場では 4K・8K 映像制作が進展し、素材の大容量化が急速に進んでいる。FPU 区間では高ビットレート伝送への対応が求められつつあり、FPU から伝送される超高精細素材を受け継ぐ TSL 間においても、同様に大容量伝送・高信頼性・冗長性が求められるようになっている。これらの要求は、2K 素材を前提とした従来の TSL の運用要件を大きく上回るものであり、次世代の素材伝送に対応できる TSL の高度化が明確に求められている。

加えて、放送事業用無線システムに用いられる機器の老朽化が進んでおり、更新時期を迎える設備が増加している。TSL は FPU と連続する番組素材伝送系統の一部を構成していることから、これらとの運用整合性を確保しつつ、長期的に安定した運用を継続できる技術条件を整理することが重要である。

また、TSL は素材伝送ネットワークを構成する基幹回線であり、緊急報道や災害時においても確実な伝送を維持する堅牢性が不可欠である。このため、設備更新にあたっては高い信頼性と長期運用可能性を担保する技術条件の整備が従来以上に重要となっている。

以上を踏まえ、本報告では、周波数再編への対応及び番組制作の高度化に向けて、映像 TSL に求められる技術的条件を整理し、次世代 TSL としての制度整備を進めるための検討結果を取りまとめるものである。

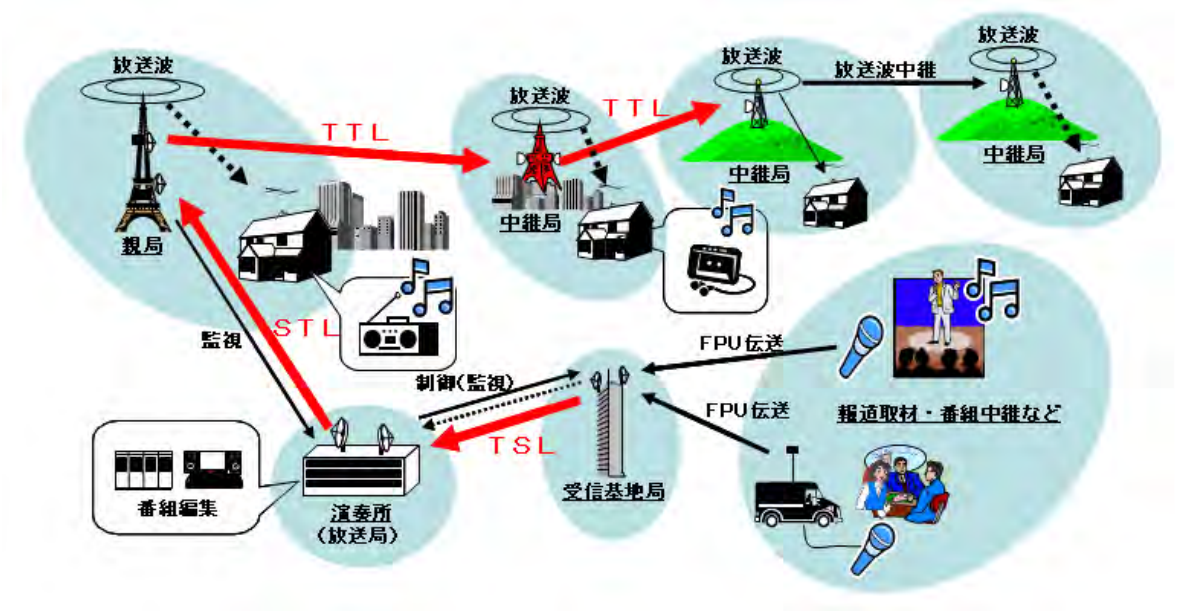


図 2.3.4-1 映像 TSL の例

3.1.1 4K・8Kの促進に向けた取組み

超高精細度テレビジョン放送(4K・8K)については、総務省の「放送サービスの高度化に関する検討会」において、2010 年代前半からロードマップの策定が進められ、放送サービス全体の高度化が国の施策として位置付けられてきた。これを受けて、2016 年には BS で 4K・8K 試験放送が開始され、2018 年には BS・110 度 CS による 4K・8K 実用放送が開始されるなど、超高精細放送へ向けた制度整備と放送インフラの高度化が段階的に進展した。

その後、4K 制作は一般番組を含む多くの番組ジャンルで標準的な制作手法として広がり、スポーツ・報道・音楽番組などリアルタイム性を重視する分野においても積極的な活用が進んでいる。一方、8K は大型イベントや記録アーカイブ用途など、映像品質を最大限に重視する領域で運用が拡大している。これらの制作動向により、現場で取り扱われる映像素材の超高精細化が常態化し、素材伝送システム全体においても高ビットレート映像を扱う運用が一般化しつつある。

また、4K・8K 制作の普及に伴い、FPU(Field Pick-up Unit)については、情報通信審議会 放送システム委員会の下に 4K・8K 用 FPU 作業班が設置され、超高精細素材の運用を見据えた制度面・運用面の検討が進められた。この検討では、4K・8K 素材伝送を放送現場で安定的に取り扱うための運用モデル整理、試験運用の評価、4K・8K 映像制作が放送プロダクションの実務に及ぼす影響の整理などが行われ、制作現場における超高精細映像の取り扱いを前提とした制度対応が行われた。

2020 年代に入り、IP 制作やクラウド編集環境の整備、インターネット配信との連携など、放送と通信の融合が進展する中で、4K を中心とした超高精細制作の需要は増加し続けており、番組素材の情報量も年々増大している。こうした環境整備の進展は、FPU のみならず、その後段に位置する TSL を含む放送素材伝送系全体において、超高精細素材を確実に取り扱うことが求められる状況を生み出している。

このように、4K・8K 制作の普及と制作手法の高度化は、放送番組素材伝送システムの運用環境に大きな影響を与えており、素材伝送系統全体が超高精細化を前提として運用される時代へ移行しつつある。次世代 TSL の検討においても、こうした制作現場の動向や放送サービス高度化の政策的背景を踏まえ、超高精細映像を取り扱う前提で制度設計を進める必要がある。

3.1.2 映像TSL高度化に関する技術

現行の映像 TSL は、SHF 帯を用いた固定無線方式として運用されており、デジタル伝送方式の採用により一定の周波数利用効率及び伝送品質が確保されている。しかし、制作現場で扱われる映像素材の超高精細化と情報量の増大により、現行方式のままでは将来の要求に十分対応することが困難となる。このため、既

存方式の技術的枠組を維持しつつ、多値変調方式の適用拡大や周波数配置の見直しによって周波数利用効率を一層向上させることが求められている。

次世代の映像 TSL における技術的検討にあたっては、4K・8K 用 FPU 制度化において導入された技術方針を踏まえ、限られた SHF 帯の周波数資源を最大限に活用しつつ、超高精細映像素材に対応可能な伝送効率と信頼性を確保することを基本的な考え方としている。現行の映像 TSL はシングルキャリア方式を用いたデジタル伝送方式としているが、次世代 TSL では、超高精細化による素材情報量の増大に対応するため、4K・8K 用 FPU で導入された超多値 OFDM 技術を次世代 TSL にも採用することとした。

次世代映像 TSL では、4K・8K 用 FPU 及び STL/TTL 高度化方式で確立された技術要素を組み合わせることで、既存の占有周波数帯幅 16.2MHz 以下で大幅な伝送容量拡大を実現する。具体的には、大容量化に適した超多値 OFDM 方式(図 3.1.2-1)を採用し、サブキャリアの変調方式には従来の 64QAM(6bit/symbol)に代えて、4K・8K 用 FPU と同様に 256QAM(8bit/symbol)、1024QAM(10bit/symbol)、及び最大 4096QAM(12bit/symbol)を導入する。また、偏波 MIMO 技術(図 3.1.2-2)により同一チャネル内で水平偏波と垂直偏波を同時に使用し、それぞれ独立した情報系列を伝送することで、理論上 2 倍の伝送容量を確保する。偏波 MIMO では、MIMO の多重・分離処理により交差偏波干渉を抑制しつつ動作できるため、既存周波数配置を変更することなく容量拡大を図る上で有効である。超多値 OFDM 技術と偏波 MIMO を組み合わせることで、現行 TSL 比で約 4.7 倍の伝送容量拡大が可能となる。

高次変調の導入に伴い所要 C/N が増大するため、誤り訂正符号には、4K・8K 用 FPU で採用された LDPC(Low Density Parity Check)符号を内符号、BCH(Bose-Chaudhuri-Hocquenghem)符号を外符号とする連接符号方式を導入する。LDPC 符号は従来の畳込み符号より高い訂正能力を有し、シャノン限界に近い性能を発揮するため、4096QAM などの超多値変調と組み合わせても高い信頼性を維持することができる(図 3.1.2-3)。また、不均一コンスタレーション(NUC:Non-Uniform Constellation)を併用することにより、同じ変調次数であっても所要 C/N を低減し、TSL 回線に必要なリンクマージンの確保に寄与する(図 3.1.2-4)。

これらの技術要素(偏波 MIMO、超多値 OFDM の導入、LDPC/BCH 連接符号化)を統合することで、現行 TSL の帯域構成を維持したまま、次世代映像 TSL では現行 TSL の約 4.7 倍の伝送容量を実現でき、4K・8K 映像素材伝送を実現することが可能となる。これにより、4K・8K 時代の制作・送出に求められる要件に対し、TSL が引き続き映像素材伝送の基幹回線としての役割を果たすことが期待される。

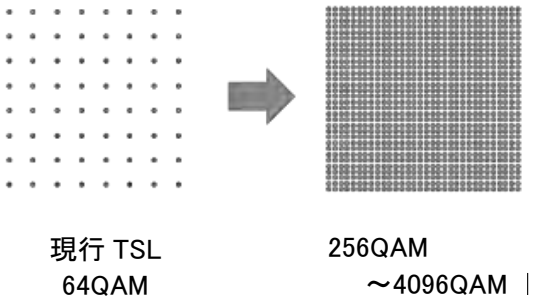


図 3.1.2-1 高次の多値変調方式

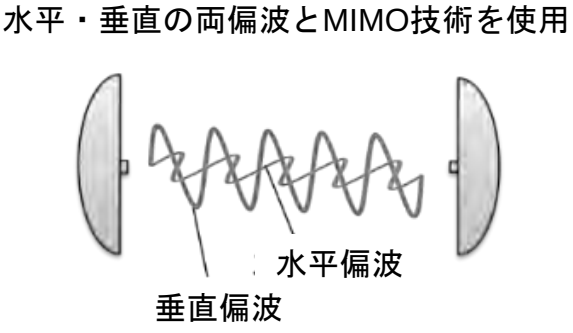


図 3.1.2-2 偏波 MIMO 技術

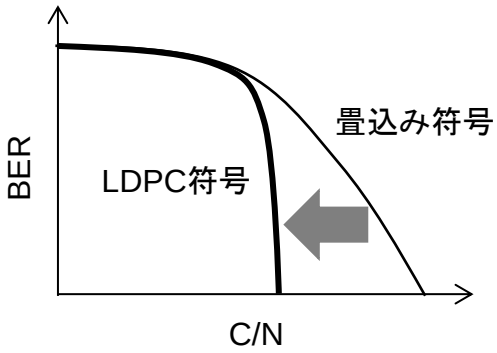


図 3.1.2-3 LDPC 符号の導入

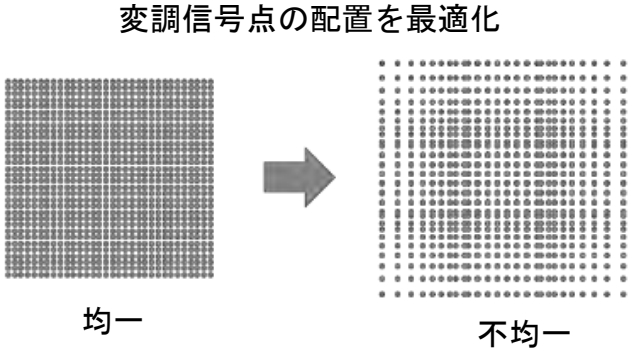


図 3.1.2-4 不均一コンスタレーション

3.1.3 映像TSL高度化に求める条件

次世代 TSL においては、OFDM 方式の特性を活かすことで、周波数利用効率の向上と大容量伝送への適合を図ることが可能となる。一方で、運用上は従来の TSL 方式で確立されている制度的枠組を確実に引き継ぐ必要がある。具体的には、再生中継方式、スペクトルマスク、占有帯域幅など、現行制度で規定されている技術基準は引き続き維持するとともに、既存設備や運用手順との整合性を担保する。

また、映像 TSL においては、4K・8K 等の高品質映像素材の増加や番組制作の高度化に対応するため、所要伝送容量の確保が重要な要件となる。超高精細素材を安定的に扱うため、次世代 TSL では周波数資源を有効活用しつつ、大容量伝送を実現する必要がある。

さらに、報道・スポーツ・イベントなどの生中継運用においては、低遅延で高信頼な伝送特性が求められ、伝送路の安定性及び冗長性が不可欠である。リアルタイム性が要求される運用環境では、伝送遅延の抑制及び冗長構成の確保が特に重要となる。

加えて、TSL は素材伝送ネットワークを構成する基幹回線であり、災害時・重要報道時にも確実に運用できる堅牢な回線品質を確保することが求められる。 非常時の伝送途絶を避けるため、平常時から高い信頼性と安定性を備える必要がある。

また、周波数再編の動向や既存設備の更新時期を踏まえ、長期的な運用継続性を確保する観点から、設備更新性を備えることが重要である。将来の周波数配置変更や設備更改にも対応できる柔軟な制度的・技術的枠組みが求められる。

周波数の使用については、現行の C/M/D/N/E/F/G バンドを継続して使用することを前提とする。TSL が運用される SHF 帯は、STL/TTL、FPU などの放送事業用無線システムに加え、電気通信業務用固定無線及び公共業務無線とも周波数を共用している。このため、既存システムとの共存を確保するため、現行 TSL と同等以上の耐干渉性能を維持し、現行制度に基づく干渉保護条件を適切に確保する必要がある。所要 C/I、スペクトル特性など、既存の共用条件との整合を確保した運用が求められる。

さらに、同一の SHF 帯を共用する STL・TTL・FPU などの既存の放送事業用無線システムとの運用整合性を確保することにより、素材伝送ネットワーク及び放送番組伝送系全体の効率的かつ安定した運用が可能と

なる。

TSL の高度化に関する主な要求条件を伝送容量、回線設計・ネットワーク設計、設備整備・運用の 3 つの項目に分類して整理した（表 3.1.3-1）。

表 3.1.3-1 TSL 高度化の要求条件

Ⅰ 伝送容量に関する項目	
要件	①4K・8K 用 FPU で伝送する情報量を伝送できること ②現行 TSL と同等以上の伝送効率を確保すること
Ⅱ 回線設計・ネットワーク設計に関する項目	
要件	①現行 TSL と同様に多段中継のネットワークを構築できること ②現行 TSL と同じ周波数帯を使用できること ③与干渉、被干渉に対して、現行 TSL と同等以上の耐性を確保できること ④フェージング等に対して、現行 TSL と同等以上の稼働率を確保できること
Ⅲ 設備整備・運用に関する項目	
要件	①演奏所へ監視情報や補助信号を伝送できること ②現行の FPU や TSL など他伝送メディアとの整合性を確保できること

3.2 検討対象方式と検討項目

3.2.1 検討対象方式

本検討においては、現行の映像 TSL と同一のカテゴリに属するデジタル方式映像 TSL を対象とする。

使用する周波数帯は、現行の STL/TTL、TSL、FPU で運用されている SHF 帯（C バンド（6.4 GHz 帯）、M バンド（6.5 GHz 帯）、D バンド（7 GHz 帯）、N バンド（7.5 GHz 帯）、E バンド（10 GHz 帯）、F バンド（10.5 GHz 帯）、G バンド（13 GHz 帯））とする。周波数再編が進められている B バンドは対象外とする。これらの帯域における周波数配置、チャネル間隔、ガードバンド等を前提とした検討を行う。

対象とする伝送方式は、固定局間における単方向デジタル伝送方式であり、現行映像 TSL と同様に演奏所と送信所を結ぶ番組素材伝送回線を想定する。伝送方式の基本的な構成については、4K・8K 用 FPU で導入された偏波 MIMO 技術と超多値 OFDM 方式を組み合わせた大容量伝送技術を映像 TSL に導入することとし、その適用に必要となる技術的事項について検討する。

3.2.2 検討項目

映像 TSL の高度化に際して、検討を要する項目は表 3.2.2-1 に示すとおりであり、周波数利用条件、送信電力、スペクトル特性、変調方式等の現行制度における技術基準との整合性を確保しつつ、次世代方式としての適用に必要となる技術的事項について検討を行った。

表 3.2.2-1 TSL 高度化に係る検討項目

項目	現行 TSL	次世代 TSL
1 一般的条件		
無線周波数帯	B～G バンド及び M～N バンド	変更なし(B バンドの規定は削除)
通信方式	単向通信方式	変更なし
変調方式	シングルキャリア方式(64QAM)	OFDM 方式

項目	現行 TSL	次世代 TSL
	ただし、伝搬路の状態によっては、QPSK、16QAM、32QAM も使用可能	サブキャリア変調方式：QPSK、16QAM、32QAM、64QAM、256QAM、1024QAM、4096QAM
標準的な変調方式	64QAM を基本とし、他回線への干渉量を増加させないことを条件として、32QAM、16QAM、QPSK も可能とする	標準的な変調方式について無線局の審査を行い、与干渉を増加させない条件のもと、低次の変調方式又は高次の変調方式を用いることを可能とする
空間多重方式	単一送信、偏波多重	単一送信、偏波多重、偏波 MIMO
復調方式	同期検波方式	変更なし
伝送容量	最大 84Mbit/s 以下	SISO：約 150Mbps（191Mbps 以下） 同一周波数配置及び偏波 MIMO：約 300Mbps（382Mbps 以下）
2 電波の質及び無線設備の技術的条件		
周波数配置（周波数間隔）	B～G バンド：18MHz M～N バンド：20MHz	変更なし（B バンドの規定は削除）
クロック周波数	14MHz 以下	—
周波数の許容偏差	20×10^{-6}	変更なし
占有周波数帯幅の許容値	16.2MHz 以下	変更なし（16.2MHz 以下）
空中線電力の最大値	1W（B～D バンド） 2W（M～N バンド） 0.5W（E～G バンド） 4W（伝搬路条件等による最大値、M～N バンド及び F バンド 10.60～10.68GHz を除く）	SISO：変更なし（B バンドの規定は削除） 同一周波数配置及び偏波 MIMO：偏波ごとの空中線電力の最大値が現行 TSL 伝送方式と同じ（B バンドの規定は削除）
送信電力スペクトル特性	－37dB 以下（B～G バンド、ただし C-8 及び D-1 を除く、中心周波数±14MHz） （C-8 及び D-1、M～N バンド、中心周波数±9MHz） －48dB 以下（C-8 及び D-1、M～N バンド、中心周波数±19MHz）	SISO：変更なし（B バンドの規定は削除）同一周波数配置及び偏波 偏波 MIMO：変更なし（B バンドの規定は削除、偏波ごと）
等価等方輻射電力の制限	（ア）正対方向以外への等価等方輻射電力の制限 （省略） （イ）静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限 最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が 2°以内の場合、等価等方輻射電力を 35dBW 以下とする。（B～D、M バンド） 最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が 1.5°以内の場合、等価等方輻射電力を 45dBW 以下とする（G バンド）	SISO：変更なし（B バンドの規定は削除） 同一周波数配置及び偏波 MIMO：偏波ごとに現行 TSL 伝送方式と同じ（B バンドの規定は削除）
送信ろ波特性	周波数偏差：送信ろ波特性 20MHz：15dB、35MHz：35dB、70MHz：60dB） （B～G バンド、M/N バンド）	変更なし（B バンドの規定は削除）
受信ろ波特性	周波数偏差：等価受信ろ波特性 ±14MHz：40dB（C-8、D-1 及び M/N バンド以外） ±14MHz：40dB、±20MHz：55dB、±60MHz：80dB（C-8、D-1 及び M/N バンド）	変更なし（B バンドの規定は削除）
スプリアス発射の強度の許容値	帯域外領域：100μW 以下 スプリアス領域：50μW 以下	SISO：変更なし

項目	現行 TSL	次世代 TSL
		同一周波数配置及び偏波 MIMO：偏波ごとに現行 TSL 伝送方式と同じ 参照帯域幅：1MHz
電波の型式	64QAM、32QAM、16QAM：D7W QPSK：G7W	X7W
3 その他の技術的条件		
補助信号の伝送方式	最大伝送容量の範囲内において、制御信号、監視映像等の補助信号を伝送できる	主信号（TS 信号）に多重して伝送、AC キャリアで伝送
中継方式	TS 信号中継方式 ただし、TS 信号中継方式によることが困難で所望の回線品質を満足する範囲においてIF 信号中継方式を使用することができる	変更なし
無給電中継方式	無給電中継方式は、無線局が集中する場所においては原則として使用しない	変更なし
スペースダイバーシチ	フェージングの激しい区間や他回線との干渉を軽減できる場合には、できる限りスペースダイバーシチを使用する	変更なし
自動等化器	自動等化器による波形歪補償を行うこと	変更なし
交差偏波干渉補償器（XPIC）	コチャネル伝送を行う場合は XPIC を用いること。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	同一周波数配置を行う場合、XPIC を使用すること。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 偏波 MIMO を行う場合、復調器に XPIC と同等の機能を備えること
偏波	水平偏波又は垂直偏波	水平偏波、垂直偏波又はそれらの組み合わせ
交差偏波識別度	同一周波数配置を行う場合は 38dB 以上、行わない場合はなるべく 25dB 以上	SISO：なるべく 25dB 以上 同一周波数配置及び偏波 MIMO：38dB 以上
送受信空中線特性	（省略）	変更なし
4 回線品質		
誤り訂正機能	有すること	有すること（内符号に LDPC 符号、外符号に BCH 符号の連接符号又は同等以上）
等価雑音帯域幅・雑音指数	等価雑音帯域幅：14MHz 以下 雑音指数：4dB 以下（B～F バンド、M～N バンド）、5dB 以下（G バンド）	等価雑音帯域幅：16.2MHz 以下 雑音指数：変更なし
回線設計（回線品質）	フェージングによる回線瞬断率 5×10^{-5} 以下（B～D バンド） 1×10^{-6}(1/km)以下（M～N バンド） 降雨による回線不稼働率 1.25×10^{-5} 以下（E～G バンド）	変更なし（B バンドの規定は削除）
回線設計（受信入力）	標準受信入力[dBm]、最大受信入力[dBm] −58.5+Fmr/2、−36（B～D バンド） −58.5+Fmr/2、−36（注 1）（M～N バンド） −49.1+Zr/2、−27（E～F バンド） −50.8+Zr/2、−27（G バンド） 偏差：±3dB 以内 Fmr：所要フェージングマージン Zr：所要降雨マージン 注 1：単一受信の場合は−44 ※同一周波数配置は 2dB 高い値	SISO： 標準受信入力[dBm]、最大受信入力[dBm] −58.5+Fmr/2、−36（C/D バンド） −58.5+Fmr/2、−36（M/N バンド） −49.1+Zr/2、−27（E/F バンド） −50.8+Zr/2、−27（G バンド） 偏差：±3dB 以内 同一周波数配置： 標準受信入力[dBm]、最大受信入力[dBm] 所要 C/N が現行以下のパラメータ： −57.5+Fmr/2、−36（C/D バンド） −57.5+Fmr/2、−36（M/N バンド）

項目	現行 TSL	次世代 TSL
		−48.1+Zr/2、−27（E/F バンド） −49.8+Zr/2、−27（G バンド） 所要 C/N が現行よりも大きいパラメータ： −55.5+Fmr/2、−36（C/D バンド） −55.5+Fmr/2、−36（M/N バンド） −46.1+Zr/2、−27（E/F バンド） −47.8+Zr/2、−27（G バンド） 偏差：±3dB 以内 偏波 MIMO： 標準受信入力[dBm]、最大受信入力[dBm] 16QAM：SISO と同様 256QAM、4096QAM： −58.2+Fmr/2、−36（C/D バンド） −58.2+Fmr/2、−36（M/N バンド） −48.8+Zr/2、−27（E/F バンド） −50.5+Zr/2、−27（G バンド） 偏差：±3dB 以内 Fmr：所要フェージングマージン Zr：所要降雨マージン
混信保護値	30dB（B～G バンド、ただし C−8 及び D−1 を除く、同一経路、異経路、1 波当たり、平常時） 30dB+Fmr（C−8 及び D−1、同一経路、異経路、1 波当たり、平常時） 32.3dB（M～N バンド、同一経路、1 波当たり、平常時） 30.0+Fmr（M～N バンド、異経路、1 波当たり、平常時） 25dB（B～G バンド、ただし C−8 及び D−1 を除く、全干渉波の総和、平常時） 25dB（C−8 及び D−1、M～N バンド、全干渉波の総和、フェージング時）	16QAM（符号化率 2/3）： 20.3dB（1 波当たり、平常時） 15.4dB（全干渉波の総和、平常時） （C～G バンド、ただし C8 及び D1 を除く） 20.3dB+Fmr（1 波当たり、平常時） 15.4dB（全干渉波の総和、フェージング時） （C−8 及び D−1） 22.6dB（同一経路、1 波当たり、平常時） 20.3dB+Fmr（異経路、1 波当たり、平常時） 15.4dB（全干渉波の総和、フェージング時） （M/N バンド） 16QAM（符号化率 5/6）： 22.7dB（1 波当たり、平常時） 17.8dB（全干渉波の総和、平常時） （C～G バンド、ただし C−8 及び D−1 を除く） 22.7dB+Fmr（1 波当たり、平常時） 17.8dB（全干渉波の総和、フェージング時） （C−8 及び D−1） 25.0dB（同一経路、1 波当たり、平常時） 22.7dB+Fmr（異経路、1 波当たり、平常時） 17.8dB（全干渉波の総和、フェージング時） （M/N バンド） 256QAM（符号化率 2/3）： 29.4dB（1 波当たり、平常時） 24.5dB（全干渉波の総和、平常時） （C～G バンド、ただし C−8 及び D−1 を除く） 29.4dB+Fmr（1 波当たり、平常時） 24.5dB（全干渉波の総和、フェージング時） （C−8 及び D−1） 31.7dB（同一経路、1 波当たり、平常時） 29.4dB+Fmr（異経路、1 波当たり、平常時） 24.5dB（全干渉波の総和、フェージング時）

項目	現行 TSL	次世代 TSL
		(M/N バンド) 256QAM(符号化率 5/6): 33.5dB(1 波当たり、平常時) 28.6dB(全干渉波の総和、平常時) (C～G バンド、ただし C-8 及び D-1 を除く) 33.5dB+Fmr(1 波当たり、平常時) 28.6dB(全干渉波の総和、フェージング時) (C-8 及び D-1) 35.8dB(同一経路、1 波当たり、平常時) 33.5dB+Fmr(異経路、1 波当たり、平常時) 28.6dB(全干渉波の総和、フェージング時) (M/N バンド) 4096QAM(符号化率 5/6): 44.1dB(1 波当たり、平常時) 39.2dB(全干渉波の総和、平常時) (C～G バンド、ただし C-8 及び D-1 を除く) 44.1dB+Fmr(1 波当たり、平常時) 39.2dB(全干渉波の総和、フェージング時) (C-8 及び D-1) 46.4dB(同一経路、1 波当たり、平常時) 44.1dB+Fmr(異経路、1 波当たり、平常時) 39.2dB(全干渉波の総和、フェージング時) (M/N バンド)
搬送波電力対熱雑音電力比	25.2dB 以下 (理論 C/N18dB＋機器劣化 4dB の所要 C/N22dB の 48%)	SISO ・256QAM(符号化率 2/3): 24.6dB 以下 ・256QAM(符号化率 5/6): 28.7dB 以下 ・4096QAM(符号化率 5/6): 39.3dB 以下 同一周波数配置 ・16QAM(符号化率 2/3): 15.7dB 以下 ・16QAM(符号化率 5/6): 18.1dB 以下 ・256QAM 符号化率(2/3): 25.6dB 以下 ・256QAM(符号化率 5/6): 31.7dB 以下 ・4096QAM(符号化率 5/6): 42.3dB 以下 (偏波ごと) 偏波 MIMO ・16QAM(符号化率 2/3): 17.9 dB 以下 ・16QAM(符号化率 5/6): 20.3 dB 以下 ・256QAM(符号化率 2/3): 24.9 dB 以下 ・256QAM(符号化率 5/6): 29.0 dB 以下 ・4096QAM(符号化率 5/6): 39.6 dB 以下 (偏波ごと)
フェージングマージン及び降雨減衰マージン	現在他の用途で広く用いられている所要フェージングマージンの算出方法を用いる。所要降雨減衰マージンについては、従来どおりの方式とする	変更なし
総合伝送特性	ロールオフ率 α : 0.3 以下 スペクトル帯域幅: 17.5MHz 以下	規定しない

3.3　映像TSL高度化の技術的条件

3.3.1　TSL伝送方式

3.3.1.1　一般的条件

(1)　無線周波数帯

次世代 TSL において使用する無線周波数帯は、既に放送事業用無線局として制度化され、使用可能とされている周波数帯を基本とし、表 3.3.1-1 に示すとおりとする。なお、B バンド(5.850GHz～5.925GHz)については、V2X 向け周波数割当への移行が予定されていることから、適用対象から除外する。

表 3.3.1-1　無線周波数帯

周波数帯の呼称	周波数帯
Cバンド	6,425MHz～6,570MHz
Mバンド	6,570MHz～6,870MHz
Dバンド	6,870MHz～7,125MHz
Nバンド	7,425MHz～7,750MHz
Eバンド	10.25GHz～10.45GHz
Fバンド	10.55GHz～10.68GHz
Gバンド	12.95GHz～13.25GHz

(2)　通信方式

映像 TSL は放送局演奏所への番組素材伝送に使用されるため、現行 TSL 伝送方式と同一とし、単向通信方式とする。

(3)　変調方式

伝送容量の拡大と伝送耐性の強化のため、直交周波数分割多重方式(OFDM)とする。

- サブキャリア変調方式

各サブキャリアの変調方式は、「標準的な変調方式」(無線局の審査を受ける変調方式)として 4096 値直交振幅変調(4096QAM)方式、256 値直交振幅変調(256QAM)方式又は 16 値直交振幅変調(16QAM)方式とする。なお、4096QAM の誤り訂正符号の符号化率は 5/6 を想定する。また、256QAM の誤り訂正符号の符号化率は 5/6 又は 2/3 を想定する。さらに、16QAM の誤り訂正符号の符号化率は 5/6 又は 2/3 を想定する。

また「切替可能な変調方式」として、他回線への干渉量を増加させない限りにおいて、4096QAM 方式、256QAM 方式、16QAM 方式のほか、1024 値直交振幅変調(1024QAM)方式、64 値直交振幅変調(64QAM)方式、32 値直交振幅変調(32QAM)方式、4 相位相変調(QPSK)方式を使用することも可とする。なお、切替可能な変調方式の誤り訂正符号には、任意の符号化率を使用可能とする。

映像番組は、HDTV に加え 4K・8K 映像が実用化されており、次世代 TSL においては、4K・8K 用 FPU 等の番組素材中継設備と接続して運用される場合を含め、これらの超高精細映像を含む映像番組素材を放送局の演奏所へ伝送することが想定される。

次世代 TSL においては、4K・8K 番組素材映像を伝送するために必要となる伝送容量を確保することが求められる。変調方式については、4K・8K 用 FPU で実績のある OFDM 方式とし、キャリア変調方式には 4096QAM を含む高次多値変調を用いることが適当である。

4096QAM 方式では、MIMO、LDPC 符号化率 5/6 により約 293Mbps の伝送容量を実現でき、8K 固定中継

（高品質）に適する。また、SISO、LDPC 符号化率 5/6 において約 146Mbps であり、8K 移動中継及び 4K 固定中継（高品質）に用いることができる。256QAM 方式では、MIMO の場合、LDPC 符号化率 5/6 において約 195Mbps であり、8K 固定中継（標準画質）に用いることができ、LDPC 符号化率 2/3 において約 156Mbps であり、8K 移動中継及び 4K 固定中継（高品質）に用いることができる。さらに、SISO の場合、LDPC 符号化率 5/6 において約 98Mbps であり、4K 固定中継（標準画質）に用いることができ、LDPC 符号化率 2/3 において約 78Mbps であり、4K 移動中継に用いることができる。16QAM 方式では、MIMO、LDPC 符号化率 5/6 において約 98Mbps であり、4K 固定中継（標準画質）に用いることができ、符号化率 2/3 においては約 78Mbps であり、4K 移動中継に用いることができる。さらに、所要 C/N が小さいことから、伝搬条件が厳しい環境における高信頼伝送及び長距離伝送にも適する（参考資料2）。

標準的な変調方式に規定する 4096QAM 方式、256QAM 方式及び 16QAM 方式以外の変調方式については、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ものとする。これにより、ユースケースや伝搬環境に応じて最適な変調方式を用いることを可能とし、柔軟な運用に対応することができる。具体的には、伝搬路条件が劣悪な場合には低次の変調方式を用いることにより伝送耐性の強化が可能となり、伝搬路条件が良好な場合には高次の変調方式を用いることにより伝送容量の拡大が可能となる（参考資料2）。

- 空間多重方式

更なる伝送容量の拡大と周波数有効利用を実現するため、現行 TSL 伝送方式の単一送信及び偏波多重に加え、偏波 MIMO も使用可能とする。

(4) 復調方式

変調方式として OFDM 方式を採用することから、復調方式としては同期検波方式とする。

(5) 伝送容量

超高精細度テレビジョン放送用途（高品質伝送）での利用を可能とするため、ガードインターバル、パイロット信号、誤り訂正パリティも含めた最大の伝送容量は、4096QAM を用いた場合に、SISO で 191Mbps、MIMO で 382Mbps となるため、伝送容量は、SISO で 191Mbps 以下、MIMO で 382Mbps 以下とする（参考資料3）。

3.3.1.2 電波の質及び無線設備の技術的条件

(1) 周波数配置（周波数間隔）

現行システムからの置き換えを可能とするため、現行 TSL 伝送方式と同一とし、表 3.3.1-2 に示すとおり、C～G バンドについては 18MHz 間隔、M/N バンドについては 20MHz 間隔の周波数配置とする。

また、周波数の有効利用の観点から同一周波数配置、及び同一チャネルの両偏波を用いる偏波 MIMO も使用可能とする。

表 3.3.1-2 周波数間隔

周波数帯の呼称	周波数帯	周波数間隔
Cバンド	6,425MHz～6,570MHz	18MHz
Mバンド	6,570MHz～6,870MHz	20MHz
Dバンド	6,870MHz～7,125MHz	18MHz
Nバンド	7,425MHz～7,750MHz	20MHz
Eバンド	10.25GHz～10.45GHz	18MHz
Fバンド	10.55GHz～10.68GHz	
Gバンド	12.95GHz～13.25GHz	

(2) クロック周波数

OFDM方式では、占有周波数帯幅、キャリア数、キャリア間隔、ガードインターバル比等のパラメータの組合せにより実効的なサンプリング周波数及び内部クロック構成が定まるため、これらの設計自由度を確保する観点から、クロック周波数については規定しないこととする。

(3) 周波数の許容偏差

次世代 TSL では占有周波数帯幅の許容値を現行 TSL 伝送方式と同一としており、干渉条件も同一にできるため、周波数の許容偏差も現行 TSL 伝送方式と同一の 20×10^{-6}とする。

(4) 占有周波数帯幅の許容値

現行 TSL と干渉条件を同等とするため、現行 TSL の占有周波数帯幅の許容値と同じ 16.2MHz とする。

(5) 空中線電力の最大値

現行 TSL 伝送方式と同一とし、表 3.3.1-3 に示すとおりとする。ただし、伝搬路条件等により最大 4W とすることができることとする。なお、10.60～10.68GHz については、電波天文業務の保護の観点から、最大 0.5W とする。同一周波数配置・偏波 MIMO については、偏波ごとの空中線電力の最大値を表 3.3.1-3 に示すとおりとする。

次世代 TSL は、既存の業務用無線回線や STL/TTL/TSL と周波数共用することが前提となる。このため、空中線電力の最大値については、既存回線に対する干渉環境を変更しないことが重要である。そのため、空中線電力の最大値は、現行制度の値から変更しない。

表 3.3.1-3 空中線電力の最大値

使用周波数帯		空中線電力の最大値(注)
Cバンド	6,425MHz～6,570MHz	1W(4W)
Mバンド	6,570MHz～6,870MHz	2W
Dバンド	6,870MHz～7,125MHz	1W(4W)
Nバンド	7,425MHz～7,750MHz	2W
Eバンド	10.25GHz～10.45GHz	0.5W(4W)
Fバンド	10.55GHz～10.60GHz	0.5W(4W)
	10.60GHz～10.68GHz	0.5W
Gバンド	12.95GHz～13.25GHz	0.5W(4W)

(注)海上伝搬等回線構成上やむを得ない場合には、括弧内の最大空中線電力の範囲まで設定することができることとする。

(6) 送信電力スペクトル特性

干渉条件を現行と同一に保つため、現行 TSL 伝送方式と同一とし、別紙7に示す送信電力スペクトル特性とする。

C/D/E/F/G バンド(C-8 及び D-1 を除く)については、中心周波数からの周波数差が 0Hz の場合の電力を基準として、中心周波数±14MHz で－37dB 以下とする。C-8 及び D-1、M/N バンドについては、中心周波数±9MHz で－37dB 以下、中心周波数±19MHz で－48dB 以下とする。同一周波数配置、偏波 MIMO については、偏波ごとに上記の値を満たすものとする。

(7) 等価等方輻射電力の制限

等価等方輻射電力の制限値については、他の回線との干渉条件を現行の TSL と同等に維持するため、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現行 TSL における制限値と同等とする。

(i)正対方向以外への等価等方輻射電力の制限

周波数を共用する他の回線への干渉を抑えるための正対方向以外への等価等方輻射電力の制限値は、現行 TSL 伝送方式と同一とし、別紙8に示すとおりとする。同一周波数配置及び偏波 MIMO を使用する場合は、偏波ごとに現行 TSL 伝送方式と同一とする。

(ii)静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限

静止衛星に対する混信保護のための静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限値は、現行 TSL 伝送方式と同一とし、表 3.3.1-4 に示すとおりとする。同一周波数配置及び偏波 MIMO を使用する場合は、偏波ごとに表 3.3.1-4 に示すとおりとする。

表 3.3.1-4 静止衛星軌道に対する等価等方輻射電力の制限値

使用周波数帯	等価等方輻射電力の制限値
Cバンド (6,425～6,570MHz)	最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が2°以内の場合、等価等方輻射電力を35dBW以下とする。
Mバンド (6,570～6,870MHz)	
Dバンド (6,870～7,125MHz)	
Gバンド (12.95～13.25GHz)	最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角が1.5°以内の場合、等価等方輻射電力を45dBW以下とする。

(8) 送受信ろ波特性

(i)送信ろ波特性

他回線への与干渉量を増やさないため、送信ろ波特性は現行 TSL 伝送方式と同一とし、表 3.3.1-5 に示す特性の送信ろ波器を送信機で使用することとする。ただし、チャネル番号 C-8、D-1、MT-1 から 12 まで及び NT-1 から 10 までを使用する場合を除き、他回線への干渉のおそれがない場合はこの限りではない。

表 3.3.1-5 送信ろ波特性

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

(ii)受信ろ波特性

他回線からの被干渉を抑え受信品質を確保するため、受信ろ波特性は現行 TSL 伝送方式と同一とし、表 3.3.1-6、表 3.3.1-7 に示す特性を満足すること。

表 3.3.1-6 等価受信ろ波特性(C-8、D-1 並びに M バンド及び N バンド以外)

周波数偏差	14MHz
減衰量	40dB

表 3.3.1-7 等価受信ろ波特性(C-8、D-1 並びに M バンド及び N バンド)

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)

(9) スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値

スプリアス発射及び不要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、現行 TSL 伝送方式についても同規定を適用しているため、現行 TSL 伝送方式と同一とし、以下を許容値とする。同一周波数配置及び偏波 MIMO については、偏波ごとにこれらの値を満たすものとする。

- 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値は、100μW 以下とする。
- スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、50μW 以下とする。参照帯域幅は 1MHz とする。

(10) 電波の型式

次世代 TSL 伝送方式は変調方式として OFDM を採用するため、電波の型式は X7W とする。

3.3.1.3 その他の技術的条件

(1) 補助信号の伝送方式

現行 TSL 伝送方式では、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。次世代 TSL 伝送方式においても、TS 信号に時分割多重して伝送する方式を引き続き適用することとする。また、変調方式として OFDM 方式を採用することから、サブキャリアを用いた AC キャリアによる補助信号伝送も可能とする。

(2) 中継方式

現行 TSL 伝送方式と同一とし、TS 信号中継方式とする。ただし、TS 信号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、回線全体で回線品質の条件を満足する範囲において、IF 信号中継方式も使用することができることとする。

(3) 無給電中継方式

現行 TSL 伝送方式と同一とし、無給電中継方式は、無線局が集中する場所においては原則として使用しない。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こととする。

(4) スペースダイバーシチ

現行 TSL 伝送方式と同一とし、フェージングの激しい区間や他回線との干渉を軽減できる場合には、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。

(5) 自動等化器

OFDM 方式では、マルチパス伝搬や送受信系の周波数特性に起因する波形歪が生じるため、安定した伝送品質を確保する観点から、パイロット信号等を用いて伝送路特性を推定し、自動的に補償を行う機能を備えることが一般的である。したがって、次世代 TSL 伝送方式においても、パイロット信号等を用いる波形歪補償機能を有することとする。

(6) 交差偏波干渉補償器(XPIC)

同一周波数配置を行う場合は、交差偏波干渉補償器(XPIC)を用いることとする。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。偏波 MIMO を行う場合、復調器に XPIC と同等の機能を備えることとする。

(7) 偏波

次世代 TSL 伝送方式は、現行の放送事業用回線及び既存の業務用無線回線と周波数共用することを前提としている。このため、偏波については水平偏波又は垂直偏波とし、単一偏波を使用する場合、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。同一周波数配置または偏波 MIMO を行う場合は、垂直偏波と水平偏波の組み合わせとする。

(8) 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、現行 TSL 伝送方式も同一とされている。次世代 TSL 伝送方式についても現行 TSL 伝送方式と同一とし、同一周波数配置を行わない場合にはなるべく 25dB 以上、同一周波数配置、偏波 MIMO を行う場合には 38dB 以上とする。

(9) 送受信空中線特性

次世代 TSL は既存の業務用無線回線や STL/TTL/TSL と周波数を共用して運用されるため、不要方向への放射の抑制及び他回線からの到来波の抑圧を適切に確保し、与干渉量及び被干渉量を現行と同一に維持することが求められる。このため、送受信空中線特性については現行 TSL 伝送方式と同一とし、送受信空中線特性は、開口径に関わりなく別紙9に示すとおりとする。

3.3.1.4 回線品質

(1) 誤り訂正機能

誤り訂正機能を有することとする。4K・8K 用 FPU は、内符号に LDPC 符号、外符号に BCH 符号を組み合わせた連接符号を採用している。これを踏まえ、次世代 TSL 伝送方式においても同様の符号構成又は同等以上の誤り訂正符号を採用する。

(2) 等価雑音帯域幅及び雑音指数

(i)等価雑音帯域幅

次世代 TSL 伝送方式は変調方式に OFDM を採用することから、等価雑音帯域幅は占有周波数帯幅と同じ 16.2MHz 以下とする。

(ii)雑音指数

現行 TSL 伝送方式と同一とし、雑音指数は表 3.3.1-8 に示すとおりとする。

表 3.3.1-8 雑音指数

周波数帯の呼称	雑音指数
C～F バンド M/N バンド	4dB 以下
G バンド	5dB 以下

(3) 回線設計(回線品質)

(i)C/N 配分

次世代 TSL 伝送方式の C/N 配分を参考資料4に示す。各変調方式における所要 C/N は、内符号復号後

のビット誤り率 10^{-7} を満足する所要 C/N の理論値に送受信装置の固定劣化 3dB を加えた値とした。C/N 配分については、現行 TSL の配分比率と同じとし、熱に 48%、歪に 2%、干渉に 50%配分することとした。同一周波数配置、偏波 MIMO については、偏波ごとに参考資料4の C/N 配分とする。

同一周波数配置については、C/N 配分で 48%に配分した熱雑音の合計値(熱雑音(全))に対する所要 C/N を熱雑音成分と XPD 成分に配分することとした。所要 C/N が現行 TSL と同等以下である変調パラメータ(16QAM(符号化率 2/3、5/6)、256QAM(符号化率 2/3))については、XPD への C/N 配分を現行制度と同じ 31.5 dB とした。所要 C/N が現行より大きく、高次変調により熱雑音の寄与が支配的となるパラメータ(256QAM(符号化率 5/6)、4096QAM(符号化率 5/6))については、熱雑音(全)に対する熱雑音成分と XPD 成分に等配分した。

偏波 MIMO については、偏波 MIMO におけるフェージング時の XPD 低下の影響の検討結果に基づき、熱雑音への C/N 配分は熱雑音(全)に、16QAM で 2.4dB、256QAM 及び 4096QAM で 0.3dB を加えた値とした。

(ii)瞬断率及び不稼働率

一般に瞬断率及び不稼働率に対しては、10GHz 以下ではフェージングが、10GHz 以上では降雨減衰が支配的となる。現行システムとの置き換えを可能とするため、現行 TSL 伝送方式と同一とし、所要の回線品質は表 3.3.1-9 に示すとおりとする。偏波 MIMO については、フェージングは両偏波で同時に発生するため、偏波ごとに表 3.3.1-9 に示すとおりとする。

表 3.3.1-9 次世代 TSL 回線品質

周波数帯	標準的な回線距離	回線品質
C バンド D バンド	50km	フェージングによる年間回線瞬断率 5×10^{-5} 以下
M バンド N バンド	50km	フェージングによる年間回線瞬断率 1×10^{-6}(1/km)以下
E バンド F バンド	7km	降雨による回線不稼働率 1.25×10^{-5} 以下
G バンド	5km	

(4) 回線設計(受信入力)

原則として、表 3.3.1-10、表 3.3.1-11、表 3.3.1-12 に示す標準受信入力の値±3dB の範囲内の値とする。ただし、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 3.3.1-10～表 3.3.1-12 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。

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。所定の回線信頼度(5×10^{-5} 以下(C/D バンド)、1×10^{-6}(1/km)以下(M/N バンド)、1.25×10^{-5} 以下(E/F/G バンド))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経路からの干渉妨害等を軽減する観点から、現行 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。

同一周波数配置ならびに偏波 MIMO における標準受信入力値は参考資料4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。

表 3.3.1-10 受信入力(設計値) SISO の場合

変調方式	周波数帯の呼称	標準受信入力	最大受信入力
16QAM 256QAM 4096QAM	C/M/D/Nバンド	−58.5 dBm+Fmr/2	−36 dBm
	E/Fバンド	−49.1 dBm+Zr/2	−27 dBm
	Gバンド	−50.8 dBm+Zr/2	

表 3.3.1-11 受信入力(設計値) 同一周波数配置の場合

変調方式	周波数帯の呼称	標準受信入力	最大受信入力
16QAM 256QAM (符号化率2/3)	C/M/D/Nバンド	−57.5 dBm+Fmr/2	−36 dBm
	E/Fバンド	−48.1 dBm+Zr/2	−27 dBm
	Gバンド	−49.8 dBm+Zr/2	
256QAM(符号化率5/6) 4096QAM	C/M/D/Nバンド	−55.5 dBm+Fmr/2	−36 dBm
	E/Fバンド	−46.1 dBm+Zr/2	−27 dBm
	Gバンド	−47.8 dBm+Zr/2	

表 3.3.1-12 受信入力(設計値) 偏波 MIMO の場合

変調方式	周波数帯の呼称	標準受信入力	最大受信入力
16QAM		SISOと同様	SISOと同様
256QAM 4096QAM	C/M/D/Nバンド	−58.2 dBm+Fmr/2	−36 dBm
	E/Fバンド	−48.8 dBm+Zr/2	−27 dBm
	Gバンド	−50.5 dBm+Zr/2	

(5) 混信保護値

(i)混信保護値

現行 TSL との置き換えを可能とするため、現行 TSL 伝送方式と同様な考え方で、参考資料4に示す C/N 配分による値とする。混信保護値(1 波当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)は、表 3.3.1-13～表 3.3.1-17 に示す混信保護の許容値を満足すること。同一周波数配置・偏波 MIMO は偏波ごとに表 3.3.1-13～表 3.3.1-17 に示す混信保護の許容値を満足すること。

表 3.3.1-13 次世代 TSL 16QAM(符号化率 2/3)の混信保護の許容値

周波数帯	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	
C/D/E/F/G バンド (C-8 及び D-1 以外)	20.3		15.4
C-8 及び D-1	20.3+Fmr		15.4 (フェージング時の値)
M/N バンド	22.6 (平常時の値)	20.3+Fmr (平常時の値)	15.4 (フェージング時の値)

表 3.3.1-14 次世代 TSL 16QAM(符号化率 5/6)の混信保護の許容値

周波数帯	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	
C/D/E/F/G バンド（C-8 及び D-1 以外）	22.7		17.8
C-8 及び D-1	22.7+Fmr		17.8（フェージング時の値）
M/N バンド	25.0（平常時の値）	22.7+Fmr（平常時の値）	17.8（フェージング時の値）

表 3.3.1-15 次世代 TSL 256QAM(符号化率 2/3)の混信保護の許容値

周波数帯	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	
C/D/E/F/G バンド（C-8 及び D-1 以外）	29.4		24.5
C-8 及び D-1	29.4+Fmr		24.5（フェージング時の値）
M/N バンド	31.7（平常時の値）	29.4+Fmr（平常時の値）	24.5（フェージング時の値）

表 3.3.1-16 次世代 TSL 256QAM(符号化率 5/6)の混信保護の許容値

周波数帯	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	
C/D/E/F/G バンド（C-8 及び D-1 以外）	33.5		28.6
C-8 及び D-1	33.5+Fmr		28.6（フェージング時の値）
M/N バンド	35.8（平常時の値）	33.5+Fmr（平常時の値）	28.6（フェージング時の値）

表 3.3.1-17 次世代 TSL 4096QAM(符号化率 5/6)の混信保護の許容値

周波数帯	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	
C/D/E/F/G バンド（C-8 及び D-1 以外）	44.1		39.2
C-8 及び D-1	44.1+Fmr		39.2（フェージング時の値）
M/N バンド	46.4（平常時の値）	44.1+Fmr（平常時の値）	39.2（フェージング時の値）

(ii)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)を参考資料14に示す。

(6) 搬送波電力対熱雑音電力比

標準的な変調方式の所要 C/N は表 3.3.1-18 の通りとする。また、参考資料4の C/N 配分（熱雑音(全)に48%、歪雑音に 2%、干渉雑音に 50%）で熱雑音に配分した搬送波電力対熱雑音電力比は表 3.3.1-19 の通りとする。

各変調方式、LDPC 符号化率に対する所要 C/N は内符号復号後のビット誤り率 10^{-7}を満足する理論 C/N 値に送受信装置の固定劣化 3dB を加算した値とする。

表 3.3.1-18 所要 C/N

空間多重	変調方式 （LDPC符号化率）	所要C/N [dB]
MIMO	16QAM (2/3)	12.3
MIMO	16QAM (5/6)	14.7
SISO/MIMO	256QAM (2/3)	21.4
SISO/MIMO	256QAM (5/6)	25.5
SISO/MIMO	4096QAM (5/6)	36.1

表 3.3.1-19 C/N 配分後の搬送波電力対熱雑音電力比

(a) SISO

変調方式 （LDPC符号化率）	所要C/N [dB]
256QAM (2/3)	24.6
256QAM (5/6)	28.7
4096QAM (5/6)	39.3

(b) 同一周波数配置

変調方式 （LDPC符号化率）	所要C/N [dB]
16QAM (2/3)	15.7
16QAM (5/6)	18.1
256QAM (2/3)	25.4
256QAM (5/6)	31.7
4096QAM (5/6)	42.3

(c) 偏波 MIMO

変調方式 （LDPC符号化率）	所要C/N [dB]
16QAM (2/3)	17.9
16QAM (5/6)	20.3
256QAM (2/3)	24.9
256QAM (5/6)	29.0
4096QAM (5/6)	39.6

(7) フェージングマージン及び降雨減衰マージン

現行 TSL 伝送方式に準じた算出方法とする(参考資料15及び参考資料16)。
次世代 TSL 伝送方式の標準的な回線設計例を参考資料17に示す。

(8) 総合伝送特性(ロールオフ率)

OFDM 方式のため、総合伝送特性(ロールオフ率)は規定しない。

3.3.1.5 測定法

測定方法は、4K・8K 用 FPU の技術的条件の答申に記載の測定法に準じて、以下のとおりとする。

(1) 周波数偏差

各送信機から無変調搬送波を出力し、周波数計を用いて送信周波数を測定し、それぞれの測定値のうち、周波数の偏差が最大であるものを周波数の偏差とする。ただし、無変調にできない場合は、変調状態とし、波形解析器等を用いて測定することができる。

(2) 占有周波数帯幅

各送信機で変調信号を出力したときに得られるスペクトル分布の全電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれ全電力の 0.5%となる周波数幅を測定する。各送信機での測定値の最大値を占有周波数帯域幅とする。なお、誤り訂正等を使用している場合には、そのための信号を付加した状態で測定すること。また、変調信号はランダム性が確保できるものとする。

(3) 空中線電力

各送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、高周波電力計を用いて平均電力を測定する。

(4) 送信電力スペクトル特性

各送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて測定する。

(5) スプリアス発射及び不要発射の強度

(i)帯域外領域におけるスプリアス発射の強度

各送信機から無変調搬送波を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて平均電力を測定する。

(ii)スプリアス領域における不要発射の強度

各送信機から変調信号を出力した状態で送信出力を最大に設定し、スペクトルアナライザを用いて平均電力を測定する。測定周波数範囲は、ITU-R 勧告 SM.329-10 に従い、30MHz から 26GHz までとする。なお、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、無線設備規則に従い、1MHz 以下に設定すること。分解能帯域幅を 1MHz より狭くして測定した場合、不要発射の強度は、分解能帯域幅ごとの測定結果を参照帯域幅にわたり積分した値とする。

3.3.2　電波防護指針への適合性

電波法施行規則第 21 条の 4(電波の強度に対する安全施設)を満足するよう、必要な離隔距離を算出し、離隔距離以内に入れないような対策(立ち入りを制限する柵などを設置)を施すなどの対策をする必要がある。

離隔距離の算出例を参考資料13に示す。

3.3.3　他システムとの共用検討

TSL 高度化方式と他システムとの共用検討結果を 4 章に示す。

4. 他システムとの共用検討

4.1 基本的な考え方

次世代 STL/TTL/TSL の共用検討の対象となる無線システムは、次世代 STL/TTL/TSL の使用周波数と同一の周波数帯もしくは隣接する周波数帯を利用する無線システムとする。同一周波数帯及び隣接周波数帯の周波数の利用状況を図 4.1-1 に示す。また、国内における周波数の割当状況に基づき、次世代 STL/TTL/TSL と共用検討が必要となる検討対象システムを表 4.1-1 に示す

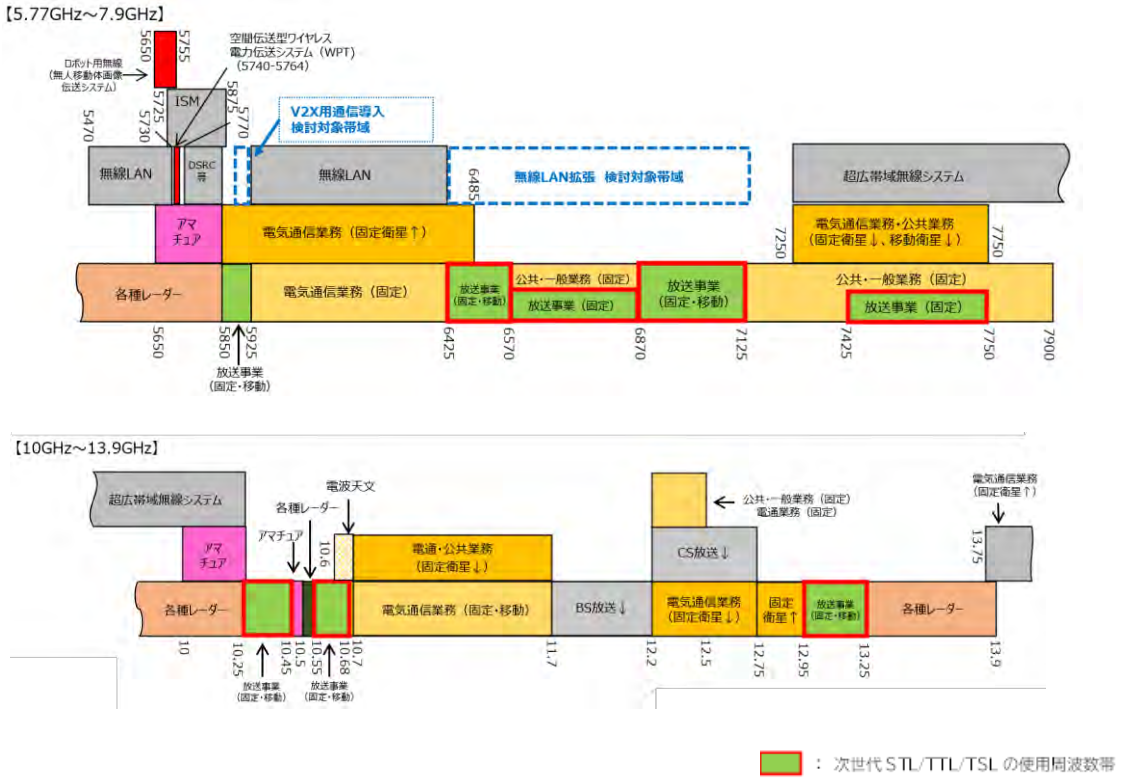


図 4.1-1 次世代 STL/TTL/TSL の使用周波数と他の無線システムの割当て状況

表 4.1-1 共用検討の対象システム

検討対象候補の既存無線システム	周波数帯	周波数関係
各種レーダー	10,500-10,550MHz	F バンド隣接
	13,250-13,900MHz	G バンド隣接
アマチュア無線	10,000-10,250MHz	E バンド隣接
	10,450-10,500MHz	E バンド隣接
電気通信業務（固定）	5,925-6,425MHz	C バンド隣接
電気通信業務（固定・B/C/D バンド）	6,425-6,570MHz	C バンド共用
	6,870-7,125MHz	D バンド共用
電通・公共・一般業務（固定）	6,570-6,870MHz	M バンド共用、C/D バンド隣接
	7,125-7,900MHz	N バンド共用・隣接、D バンド隣接
電気通信業務（固定・移動）	10,700-11,700MHz	F バンド隣接
電気通信業務（固定衛星アップリンク）	5,850-6,485MHz	C バンド共用・隣接
電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク）	7,250-7,750MHz	N バンド共用・隣接
電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク）	10,700-11,700MHz	F バンド隣接
電気通信業務等（固定衛星アップリンク）	12,750-12,950MHz	G バンド隣接
	12,950-13,250MHz	G バンド共用
超広帯域無線システム（UWB）	7,250-10,250MHz	N バンド共用・隣接、E バンド隣接
電波天文（受動）	6,650-6,675.2MHz※1	M バンド共用

	10,600–10,680MHz※1	F バンド共用・隣接
	10,680–10,700MHz※2	
地球探査衛星業務(受動)AMSR	6,425–7,250MHz※3	C/M/D バンド共用、D バンド隣接
	10,600–10,700MHz	F バンド共用・隣接
無線 LAN	5,925–7,125MHz	M/C/D バンド共用、C バンド隣接

※1:国内周波数分配の脚注 J39 による周波数帯　　※2:国内周波数分配の脚注 J119 による周波数帯
※3:国際周波数分配の脚注 5.458 による周波数帯

次世代 STL/TTL/TSL と他の無線システムとの共用検討において、前提となる基本的な考え方は次のとおりとする。

(1) 与干渉に係る部分(次世代 STL/TTL/TSL から他の無線システムへの干渉)
- 最大空中線電力、占有周波数帯幅、送信電力スペクトル特性、スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値等の電波の質に関する諸元は現行基準と同等とする。
- チャネル間隔、偏波の利用方法等の諸元も現行基準と同等とする。
- 新たに製作する次世代方式の送信機は適切なろ波器等を装備するものとし、現行の干渉軽減係数(IRF)を維持できるものとする。

(2) 被干渉に係る部分(他の無線システムから次世代 STL/TTL/TSL への干渉)
- 既存サービスに影響が及ばないよう次世代方式の混信保護比は現行方式の混信保護比から大きな変更はしない(次世代 TSL 方式の 4096QAM を除く)。
- 次世代方式において複数の伝送パラメータを有するものは、免許申請の際に用いる変調方式と符号化率をリファレンスパラメータとして定め、それ以上の混信保護比を求めない。
- 新たに製作する次世代方式の受信機は適切なろ波器等を装備するものとし、現行の干渉軽減係数(IRF)を維持できるものとする。

以上から、次世代 STL/TTL/TSL から他の無線システムへの与干渉は現行と同等となる見込みであり、加えて、他の無線システムから次世代 STL/TTL/TSL への被干渉についても、現行とほぼ同等となる見込みである。
現行 STL/TTL と次世代 STL/TTL の共用検討に係る諸元を表 4.1-2 に示す。現行 TSL と次世代 TSL の共用検討に係る諸元を表 4.1-3 に示す。

表 4.1-2 現行 STL/TTL と次世代 STL/TTL の共用検討に係る諸元

項目	現行固定局 (SISO)	高度化固定局 (SISO)	高度化固定局 (MIMO) 放送バンド	高度化固定局 (MIMO) 通信バンド	備考
周波数帯	C/M/D/N/E/F/G バンド	C/M/D/N/E/F/G バンド	C/D/E/F/G バンド	M/N バンド	
チャネル間隔	9MHz/10MHz	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	
占有周波数帯幅	7.6MHz 以下	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	
変調方式 (1)	シングルキャリア方式	OFDM 方式	OFDM 方式	OFDM 方式	スペクトルの形状が異なる
変調方式 (2)	64QAM	256/1024QAM	256/1024QAM	256/1024QAM	
偏波	水平／垂直	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	技術基準
コチャンネル配置の使用	使用せず	使用せず	偏波 MIMO として使用	偏波 MIMO として使用	現行は運用実態 高度化は運用予定
最大空中線電力	2W 0.5W(F バンド 10.6–10.68GHz) 4W(条件付き※)	2W 0.5W(F バンド 10.6–10.68GHz) 4W(条件付き※)	2W 0.5W(F バンド 10.6–10.68GHz) 4W(条件付き※)	2W (現行と同じ)	※ 伝搬路条件等による最大値、放送バンドのみ
伝送容量	40.2Mbps 以下	約 50Mbps	約 100Mbps	約 100Mbps	高度化は 4K・8K 対応
干渉軽減係数(IRF)	―	現行の値を維持	現行の値を維持	現行の値を維持	
設置場所	指定する	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	
周波数	事前の混信計算により決定	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	
与干渉	事前の混信計算にて担保	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	
被干渉	事前の混信計算にて担保	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	
隣接バンドへの干渉	―	現行と同じ	最大で 3dB アップ※	最大で 3dB アップ※	移行方法や普及率により干渉量は異なる

表 4.1-3 現行 TSL と次世代 TSL の共用検討に係る諸元

項目	現行固定局 （SISO）	高度化固定局 （SISO）	高度化固定局 （MIMO） 放送バンド	高度化固定局 （MIMO） 通信バンド	備考
周波数帯	C/M/D/N/E/F/G バンド	C/M/D/N/E/F/G バンド	C/D/E/F/G バンド	M/N バンド	
チャネル間隔	18MHz/20MHz	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	
占有周波数帯幅	16.2MHz 以下	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	
変調方式（1）	シングルキャリア方式	OFDM 方式	OFDM 方式	OFDM 方式	スペクトルの形状が異なる
変調方式（2）	64QAM	16/32/64/256/1024/4096 QAM	16/32/64/256/1024/4096 QAM	16/32/64/256/1024/4096 QAM	
偏波	水平／垂直	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	技術基準
コチャンネル配置の使用	使用せず	使用せず	偏波 MIMO として使用	偏波 MIMO として使用	現行は運用実態 高度化は運用予定
最大空中線電力	1W（C/D バンド） 2W（M/N バンド） 0.5W（E/F/G バンド） 4W（条件付き※）	1W（C/D バンド） 2W（M/N バンド） 0.5W（E/F/G バンド） 4W（条件付き※）	1W（C/D バンド） 0.5W（E/F/G バンド） 4W（条件付き※）	2W （現行と同じ）	※ 伝搬路条件等による最大値、放送バンドのみ
伝送容量	84Mbps 以下	約 150Mbps	約 300Mbps	約 300Mbps	高度化は 4K・8K 対応
干渉軽減係数（IRF）	－	現行の値を維持	現行の値を維持	現行の値を維持	
設置場所	指定する	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	
周波数	事前の混信計算により決定	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	
与干渉	事前の混信計算にて担保	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	
被干渉	事前の混信計算にて担保	現行と同じ	現行と同じ	現行と同じ	
隣接バンドへの干渉	－	現行と同じ	最大で 3dB アップ※	最大で 3dB アップ※	移行方法や普及率により干渉量は異なる

4.2 無線局諸元と検討方針

4.2.1 無線局諸元

他の無線システムとの共用検討で用いる次世代 STL/TTL/TSL の無線局諸元を表 4.2.1-1 に示す。空中線高は過去の情報通信審議会で使用されていた諸元値を採用し、空中線利得は回線設計モデルで用いられた値とした。また、空中線特性は、電波法関係審査基準で示された空中線の方位特性を用いることとした。次世代 STL/TTL の空中線特性を図 4.2.1-1 に、次世代 TSL の空中線特性を図 4.2.1-2 に示す。

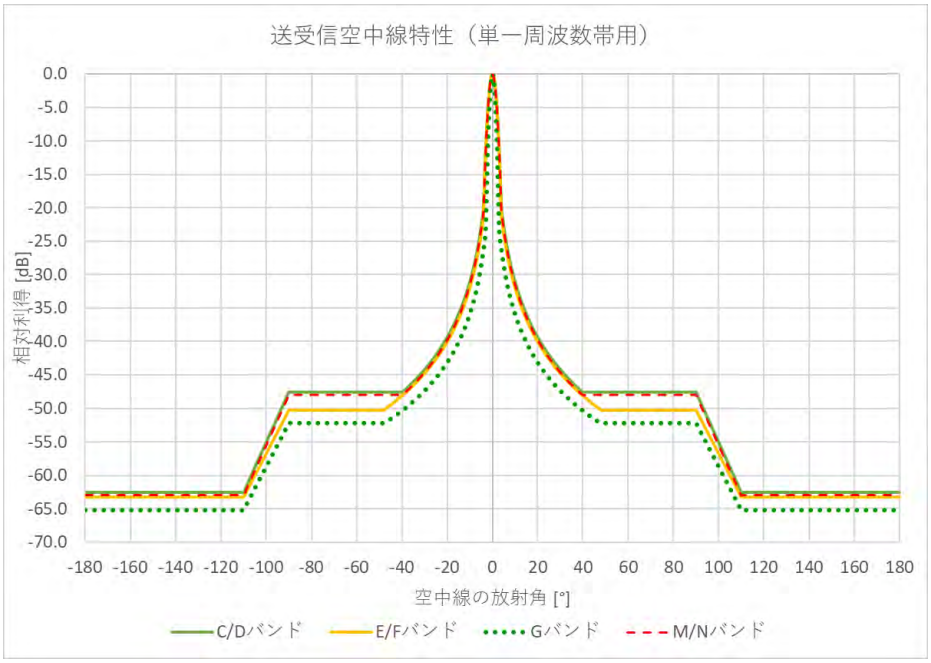
他の無線システムから次世代 STL/TTL/TSL への干渉に対する許容値（干渉許容値）は、事前に ARIB 照会相談業務で干渉検討を実施するシステムに対しては、次世代 STL/TTL/TSL においても電波法関係審査基準に基づいて干渉検討を実施するものとし、その干渉許容値は次世代 STL/TTL/TSL の免許申請で指定される標準的な変調方式に対する混信保護比の値とする。一方、事前に ARIB 照会相談業務を実施しないシステムに対する干渉許容値は、ITU-R 勧告 BT.1895 に基づいて、与干渉システムが一次業務の場合は I/N≦-10dB、二次業務の場合は I/N≦-20dB とする。

表 4.2.1-1 次世代 STL/TTL/TSL の無線局諸元

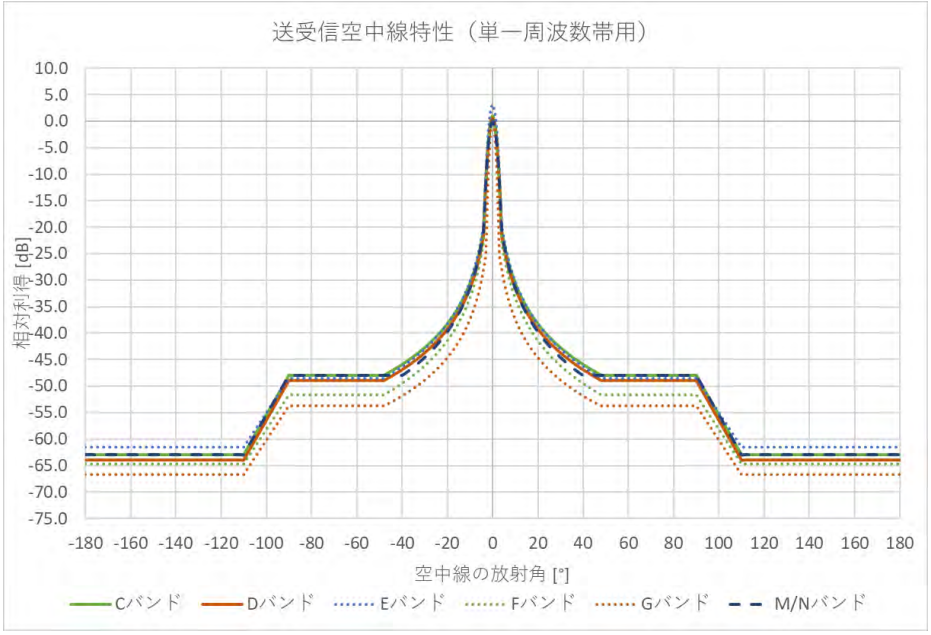
周波数	C バンド 6.425GHz - 6.570GHz , M バンド 6.570GHz - 6.870GHz D バンド 6.870GHz - 7.125GHz , N バンド 7.425GHz - 7.750GHz E バンド 10.25GHz - 10.45GHz , F バンド 10.55GHz - 10.68GHz G バンド 12.95GHz - 13.25GHz
変調方式	STL/TTL OFDM（256QAM , 1024QAM 等） TSL OFDM（256QAM , 4096QAM 等）
送信電力	STL/TTL 2W ／ 4W※3 ／ 0.5W TSL 1W ／ 2W ／ 4W※3 ／ 0.5W
占有帯域幅	STL/TTL 7.6MHz , TSL 16.2MHz
不要発射強度	帯域外領域 : 100μW／MHz スプリアス領域 : 50μW／MHz
空中線高 ※1	100m （伝搬路高 100m を想定）

空中線利得※2	C/M/D バンド 42.4dB　N バンド 42.5dB F バンド　44.4dB　G バンド 44.7dB
空中線特性	電波法関係審査基準による STL/TTL　別紙 2 第 5 1(3) 別紙(3)-2　(1039 の 14(追 24)) TSL　別紙 2 第 5 1(4) 別紙(4)-1　(1045(追 24))
受信機雑音指数 ※2	C,M,D,N,E,F バンド NF＝4dB G バンド　NF＝5dB
干渉許容値	事前に ARIB 照会相談業務を実施する場合 ・電波法関係審査基準に基づいて評価 (標準的な変調方式の混信保護比による) 事前に ARIB 照会相談業務を実施しないシステム間の干渉影響評価 ・(原則)ITU-R 勧告 BT.1895 に基づいて評価 I/N ≦ -10dB (与干渉システムが一次業務) I/N ≦ -20dB (与干渉システムが二次業務)

※1:第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.5 章
※2:H14 年 1 月 情報通信審議会答申 諮問 110 号「番組中継用デジタル回線の技術的条件」のうち「デジタル方式の STL/TTL の技術的条件」参考資料4 TS 伝送方式回線設計例(1)
※3: 伝搬路条件等による最大値、放送バンドのみ



＜電波法関係審査基準　別紙 2 第 5 1(3) 別紙(3)-2 ＞
図 4.2.1-1　次世代 STL/TTL の空中線特性



＜電波法関係審査基準　別紙 2　第 5 1(4)　別紙(4)-1 ＞

図 4.2.1-2　次世代 TSL の空中線特性

4.2.2　検討方針

次世代 STL/TTL/TSL と他の無線システムの共用検討は、原則として以下の手順で実施する。

①　過去の共用検討事例を参考に検討対象システムの検討諸元を整理する。

②　1 対 1 モデルでの干渉影響評価を実施する。

③　検討対象システムによってはアグリゲートモデルで干渉影響評価を実施する。

④　干渉影響があると考えられる場合には、回避策を検討する。

まず、検討対象システムの諸元を整理し、1 対 1 モデルでの干渉影響評価を実施する。1 対 1 モデルにおいては、お互いのシステムを正対させて最も干渉量が大きくなる条件での干渉計算を実施する。加えて、空中線の指向性減衰等を適用した条件で干渉計算を実施して所要離隔距離を求める。他の無線システムの設置位置や設置数が固定されない移動局の場合は、アグリゲートモデルで干渉影響評価を実施する。いずれの段階においても所要改善量が残る場合は、回避策を検討し共用可能となる条件を導出することとする。

なお本検討においては、隣接する周波数帯を使用する他システムのうち、事前に ARIB 照会相談業務を実施しないシステムへの与干渉は、与干渉システムの帯域外領域の内側を干渉検討の対象とし、スプリアス領域については干渉検討の対象外とする。

<u>スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値（無線設備規則第七条　別表第三号）</u>

・帯域外領域　　100μW/MHz　＝　−10dBm/MHz

・スプリアス領域　50μW/MHz　＝　−13dBm/MHz（干渉検討の対象外）

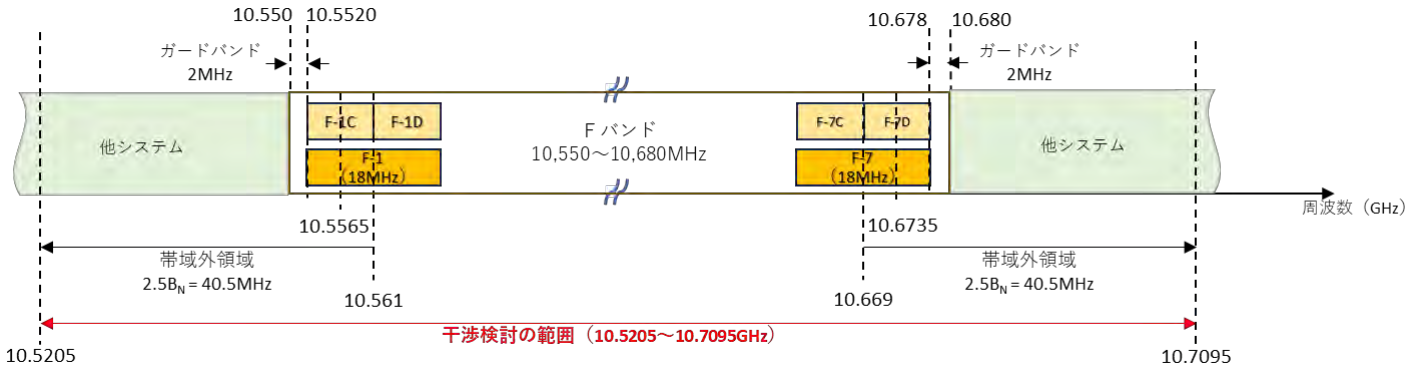


図 4.2.2-1　帯域外干渉の検討範囲（F バンドの例）

4.3　共用検討の結果

4.1 の共用検討における基本的な考え方に基づき、4.2 の検討諸元等を用いて他の無線システムとの共用検討を実施した結果を表 4.3-1 にまとめて示す。各無線システムの検討結果の詳細は、4.3.1 から 4.3.14 に記載する。

表 4.3-1　次世代 STL/TTL/TSL と他システムとの共用検討の結果一覧

No.	検討対象	周波数帯	周波数関係	既存システムの免許人またはシステム例	検討内容		検討結果
					与干渉	被干渉	
1	各種レーダー	10,500-10,550MHz	F バンド隣接	速度センサー，侵入検知センサー，移動体検知センサー	●	●	共用可能
		13,250-13,900MHz	G バンド隣接	航空航行業務用レーダー	●	●	共用可能※4
2	アマチュア無線	10,000-10,250MHz	E バンド隣接	アマチュア無線（2 次業務）	―	●	共用可能
		10,450-10,500MHz	E バンド隣接	アマチュア無線（1次業務）	●	●	
3	電気通信業務（固定）	5,925-6,425MHz	C バンド隣接	NTT ドコモ等	●	●	共用可能
4	電気通信業務（固定・B/C/D バンド）	6,425-6,570MHz	C バンド共用	NTT ドコモ等	●	●	共用可能
		6,870-7,125MHz	D バンド共用				
5	電通・公共・一般業務（固定）	6,570-6,870MHz	M バンド共用、C/D バンド隣接	国交省、送配電網、NTT ドコモ等	●	●	共用可能※5
		7,125-7,900MHz	N バンド共用・隣接、D バンド隣接				
6	電気通信業務（固定・移動）	10,700-11,700MHz	F バンド隣接	NTT ドコモ等	●	●	共用可能
7	電気通信業務（固定衛星アップリンク）	5,850-6,485MHz	C バンド共用・隣接	スカパーJSAT，インテルサット，NTT ドコモ等	●	●	共用可能
8	電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク）	7,250-7,750MHz	N バンド共用・隣接	非公開	●	●	共用可能
9	電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク）	10,700-11,700MHz	F バンド隣接	スカパーJSAT	●	●	共用可能
10	電気通信業務等（固定衛星アップリンク）	12,750-12,950MHz	G バンド隣接	利用なし	―	―	共用可能
		12,950-13,250MHz	G バンド共用	スカパーJSAT	●	●	
11	超広帯域無線システム（UWB）	7,250-10,250MHz	N バンド共用・隣接、E バンド隣接	UWB	―	●	共用可能
12	電波天文（受動）	6,650-6,675.2MHz※1	M バンド共用	電波天文の受信設備	●	―	共用可能※4
		10,600-10,680MHz※1	F バンド共用・隣接	VLBI 観測施設（国土地理院）	●	―	
		10,680-10,700MHz※2					
13	地球探査衛星業務（受動）	6,425-7,250MHz※3	C/M/D バンド共用、D バンド隣接	AMSR3	●	―	共用可能
		10,600-10,700MHz	F バンド共用・隣接				
14	無線 LAN	5,925-7,125MHz	M/C/D バンド共用、C バンド隣接	無線 LAN	●	●	共用可能

※1：国内周波数分配の脚注 J39 による周波数帯　　※2：国際周波数分配の脚注 J119 による周波数帯
※3：国際周波数分配の脚注 5.458 による周波数帯　　※4：事業者間調整により共用可能
※5：当面は現行の IRF を適用する。将来的な IRF の見直しが想定される。

4.3.1　各種レーダー

4.3.1.1　各種レーダー（10GHz帯）

（1）概要

10.5GHz～10.55GHz 帯の無線標定局は、主な用途として速度センサーと侵入検知センサーに用いられている。速度センサーは、電波のドップラー効果を利用して物体の速度測定等を行うものであり、主にスポーツにおける速度測定や物体の速度測定用等のほか、水防道路用など無線標定業務に利用されている。侵入検知センサーは、電波のドップラー効果を利用して、移動する人または物体の状況を把握するため、それに関する情報（対象物の存在、位置等）を検出するものである。10.5GHz～10.55GHz 帯の無線標定局の利用状況を表 4.3.1.1-1 に、無線標定局と次世代 STL/TTL/TSL との周波数関係を図 4.3.1.1-1 に示す。

10.5GHz～10.55GHz 帯の無線標定局については、適用される技術基準は概ね同一である。本検討では、想定される利用環境や運用形態を踏まえ、速度センサーと侵入検知センサーについて、次世代 STL/TTL/TSL との共用検討を実施した。なお、免許を要しない 10.525GHz の移動体検知センサーについては、送信電力が小さく、屋内使用に限られていることから、速度センサー、侵入検知センサーの共用検討に包含されるものとする。

4.3.1.1-1　免許を受けている無線標定局の利用状況

周波数	主な用途	利用者	局数
10.50-10.55 GHz	○速度センサー ・河川流量計 ・スピードガン（スポーツ関連） ・衝突回避（工場内クレーン等） ○侵入検知センサー ・自動ドアの開閉 ・敷地内への人の出入りの検知	国、地方公共団体、大学、一般企業など	1,359 局※1

※1　出典：総務省「令和 5 年度電波の利用状況調査」の調査結果

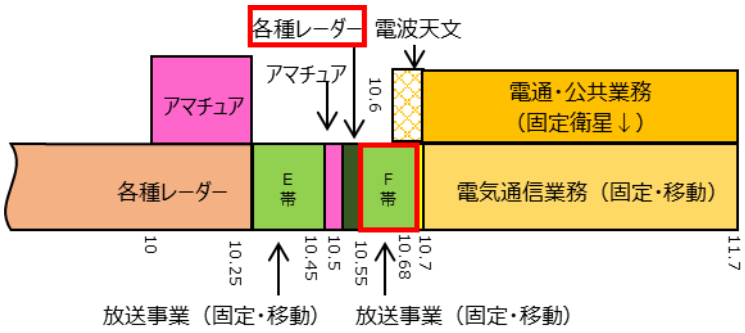


図 4.3.1.1-1　共用検討における各種レーダー（10GHz 帯）との周波数関係

（2）共用検討結果

次世代 STL/TTL/TSL から速度センサーへの干渉を検討した。速度センサーは、探知距離が大きくなるほど、対象物に反射して戻る電波の強度が低下する。このため、速度センサーが許容可能な干渉電力は探知距離の増加に伴って小さくなり、結果として、探知距離が大きいほど干渉の影響を受けやすくなる。実運用環境において、次世代 STL/TTL/TSL と速度センサーの双方のアンテナの向き、アンテナの指向特性、周囲の地形や植生、建造物等の影響を考慮した結果、これらの条件下において共用可能であることを確認した。

一方、速度センサーの帯域外領域は、次世代 STL/TTL/TSL の割当周波数と重複しないため、速度センサーから次世代 STL/TTL/TSL への干渉は検討対象外とする。

侵入検知センサーについては、検討対象システムの関係者と個別調整を行い、共用可能であることを確認した。

（3）共用条件の取りまとめ

F バンドにおける次世代 STL/TTL/TSL は、免許申請に先立ち従来通りの確認が実施されることを前提に、各種レーダー（10GHz 帯）との共用が可能である。

4.3.1.2　各種レーダー（13GHz帯）

（1）概要

13GHz 帯の無線システムのうち航空機航行用レーダーは、航空事業者が電波の送信源と受信点の相対運動によるドップラー効果を活用して、航空機の速度を測定するためのレーダー装置として利用されている。航空機から地表に向け電波を発射し、その反射波の周波数差を計測することで、航空機の対地速度が求められる。航空機搭載の方位・姿勢センサーと組み合わせることで飛行経路を計測し、正確な航空機の航行に利用されている。

本検討においては、G バンドの上隣接の帯域における航空無線航行業務との周波数共用について検討を実施した。この周波数帯は国際的にも国内的にも航空無線航行業務に用いられており、国際分配及び国内分配において、「この周波数帯の使用はドップラー航行援助装置に限る」とされている。次世代 STL/TTL/TSL と各種レーダー（13GHz 帯）の周波数関係を図 4.3.1.2-1 に示す。

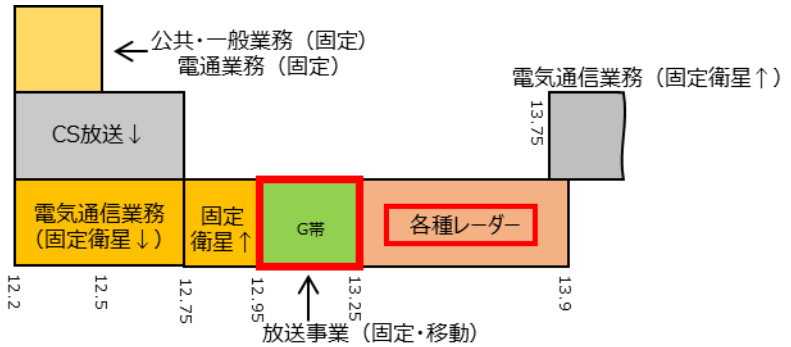


図 4.3.1.2-1　共用検討における各種レーダー（13GHz 帯）の周波数帯

（3）各種レーダー（13GHz 帯）との共用検討における基本的な考え方

本検討では、13.25GHz～13.GHz の周波数帯のうち、次世代 STL/TTL/TSL の帯域外領域（～13.2755GHz）までを共用検討の対象とする。当該周波数帯において、国内基準があるシステムは航空機航行用レーダーであり、その検討諸元については、ITU-R 勧告 M.2008-1 を参照する。

共用検討は以下の手順に基づいて進める。

① ITU-R 勧告 M.2008-1 に記載された航空機航行用レーダーの中から検討対象となるシステムを選定し、共用検討に必要なパラメータを整理する。

② 選定したシステムに対して、1 対 1 モデルによる干渉影響評価を実施する。

③ 水平方向において正対配置で干渉影響が認められる場合には、正対方向からオフセットした際の所要離隔距離を算出し、干渉影響の変化を評価する。

④ さらに干渉影響が認められる場合、帯域外領域における不要発射の強度を次世代 STL/TTL/TSL の実測に基づく電力値（以下、実力値※）を用いて評価する。

※　次世代 STL の試作機を用いて測定した干渉電力を実力値とした。

（4）検討対象システムの選定

13GHz 帯の航空無線航行業務は、国際周波数分配（脚注 5.497）及び国内周波数分配（脚注 J235）にて規定されるドップラー航行援助装置が使用されている。ITU-R 勧告 M.2008-1 に示された無線システムの中から、受信機の熱雑音と空中線利得の組み合わせにおいて干渉許容値が最も小さくなるシステムを検討対象とする。ITU-R 勧告 M.2008-1 の TABLE1（航行用レーダー）から、航空機用として Radar3 の無線システムを選定し、ヘリコプター用として Radar1 の無線システムを選定した。選定した無線システムの諸元を表 4.3.1.2-1 に示す。

表 4.3.1.2-1 航行用レーダーの諸元

ITU-R 勧告 M.2008-1	TABLE1 Radar3	TABLE1 Radar1
無線システム	航空機航行用レーダー	ヘリコプター航行用レーダー
周波数	13,250 - 13,400 MHz	13,250 - 13,400 MHz
RF 帯域幅	350kHz(-40dB)	Not applicable
受信帯域幅	55 kHz	1.4 kHz
空中線タイプ	フェーズドアレイ	パラボラアンテナ
空中線利得	26 dBi	27 dBi
航空機高度	最高 10.4 km	最高 3.6 km
アンテナ	Janus システム アンテナビーム構成 四角垂(16 度オフナディア, 横方向 10.6 度)	Janus システム アンテナビーム構成 四角垂(各 18 度オフナディア)
水平ビーム幅	9 度	7 度
垂直ビーム幅	3 度	4.5 度
干渉許容値	I/N≦-10dB(-111.8dBm/MHz ※1)	I/N≦-10dB(-101.8dBm/MHz ※2)

※1 ITU-R 勧告 M.2008-1 TABLE1 のレーダー3 の干渉許容値(受信機雑音指数 12dB , 保護基準-10dB)
※2 ITU-R 勧告 M.2008-1 TABLE1 のレーダー1 の干渉許容値(受信機雑音指数 22dB , 保護基準-10dB)

(5) 隣接帯域干渉の範囲

次世代 STL/TTL/TSL の帯域外領域が航行用レーダーの使用帯域と重複するため、次世代 STL/TTL/TSL から航行用レーダーへの干渉検討を実施する。一方、航行用レーダーの帯域外領域※1は次世代 STL/TTL/TSL の割当周波数と重複しないため、航行用レーダーから次世代 STL/TTL/TSL への干渉は検討対象外とする。隣接帯域の干渉範囲を図 4.3.1.2-2 に示す。

※1 航行用レーダーの帯域外領域

10GHz 以上の BN<300kHz の帯域外領域及びスプリアス領域の境界の周波数は fc=±750kHz

- 航空機航行用レーダーの送信帯域幅は 350kHz(-40dB)であるため、BN=350kHz とし、帯域外領域は 2.5BN= fc±0.875MHz となる。次世代 STL/TTL/TSL の割当て周波数と干渉しないため、航空機航行用レーダーから次世代 STL/TTL/TSL への与干渉は検討対象外とする。
- ヘリコプター航行用レーダーの RF 帯域幅は" Not applicable"であるが、 変調波が CW となっているため、帯域幅は十分狭く送信帯域幅は 300kHz 未満であると考えられる。そのため、帯域外領域は次世代 STL/TTL/TSL の割当て周波数と干渉しないため、ヘリコプター航行用レーダーから次世代 STL/TTL/TSL への与干渉は検討対象外とする。

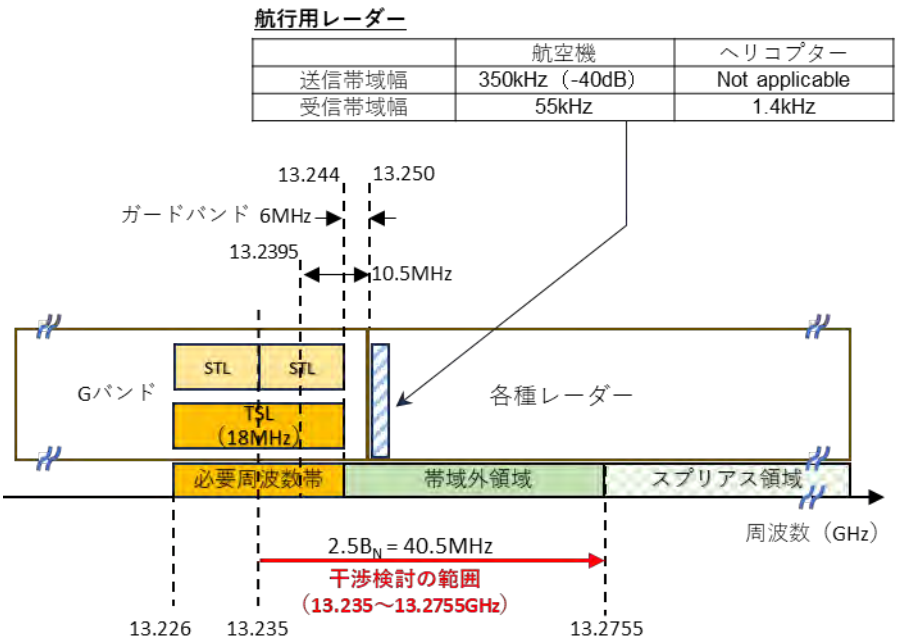


図 4.3.1.2-2　隣接帯域の干渉範囲

次世代 STL/TTL/TSL から航行用レーダーへの共用検討に用いた諸元について、次世代 STL/TTL/TSL の諸元を表 4.3.1.2-2 に、航行用レーダーの諸元を表 4.3.1.2-3 に示す。

表 4.3.1.2-2　次世代 STL/TTL/TSL の与干渉に係る検討諸元

周波数	G バンド　12.95GHz – 13.25GHz
変調方式	STL/TTL　OFDM（256QAM　，　1024QAM　等）
不要発射強度	帯域外領域：100μW／MHz（−10dBm/MHz）、（実力値　−22.59dBm/MHz※3） スプリアス領域：50μW／MHz（−13dBm/MHz）
空中線高 ※1	100m
空中線利得	44.7 dB ※2
空中線特性	電波法関係審査基準による（ 別紙 2　第 5 1（3）　別紙（3）-2　）
給電系損失 ※2	送信給電系損失　8.3dB

※1：第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告　第 6.3.5 章
※2：H14 年 1 月　情報通信審議会答申　諮問 110 号
「番組中継用デジタル回線の技術的条件」のうち「デジタル方式の　STL/TTL の技術的条件」
参考資料4　TS 伝送方式回線設計例（1）
※3：次世代 STL/TTL/TSL 試作機の帯域外領域（fc+10.5MHz）における不要発射の電力

表 4.3.1.2-3 航行用レーダーの被干渉に係る検討諸元

無線システム	航空機航行用レーダー	ヘリコプター航行用レーダー
周波数	13,250 – 13,400 MHz	13,250 – 13,400 MHz
帯域幅	受信機 55 kHz	受信機 1.4 kHz
空中線タイプ	フェーズドアレイ	パラボラアンテナ
空中線利得	26 dBi	27 dBi
航空機高度	最高 10.4 km	最高 3.6 km
アンテナ走査	アンテナビーム構成 四角垂(16 度オフナディア, 横方向 10.6 度)	アンテナビーム構成 四角垂(各 18 度オフナディア)
水平ビーム幅	9 度	7 度
垂直ビーム幅	3 度	4.5 度
干渉許容値	I/N≦-10dB(-111.8dBm/MHz ※1)	I/N≦-10dB(-101.8dBm/MHz ※2)

※1 ITU-R 勧告 M.2008-1 TABLE1 のレーダー3 の干渉許容値(受信機雑音指数 12dB , 保護基準-10dB)
※2 ITU-R 勧告 M.2008-1 TABLE1 のレーダー1 の干渉許容値(受信機雑音指数 22dB , 保護基準-10dB)

(2)共用検討結果

次世代 STL/TTL/TSL から航行用レーダーへの干渉影響について、次世代 STL/TTL/TSL の送信電力を帯域外領域の規格値に基づいて計算した所要離隔距離を表 4.3.1.2-4 に示す。同様に、次世代 STL/TTL/TSL の送信電力を帯域外領域の実力値に基づいて計算した結果を表 4.3.1.2-5 に示す。所要離隔距離の各々の方向の値については、図 4.3.1.2-3 の模式図を参照のこと。

与干渉送信電力の規格値で計算した航行用レーダーの所要離隔距離は、進行方向と左右方向の最大値で規定すると、航空機では水平距離 199m、ヘリコプターでは水平距離 85m となる。

表 4.3.1.2-4. 航行用レーダーの所要離隔距離(与干渉送信電力の規格値で計算)

検討システム	送信電力		所要離隔距離 [m]			
			進行方向(手前)	進行方向(奥)	左右方向	垂直方向(最大)
航空機航行用レーダー	帯域外領域の規格値(100μW/MHz)	-10dBm/MHz	199	62	±135	720
ヘリコプター航行用レーダー	帯域外領域の規格値(100μW/MHz)	-10dBm/MHz	81	23	±85	261

表 4.3.1.2-5. 航行用レーダーの所要離隔距離(与干渉送信電力を実力値で計算)

検討システム	送信電力		所要離隔距離 [m]			
			進行方向(手前)	進行方向(奥)	左右方向	垂直方向(最大)
航空機航行用レーダー	Fc+10.5MHz の不要発射の電力(実力値)	-22.59dBm/MHz	47	15	±32	170
ヘリコプター航行用レーダー	Fc+10.5MHz の不要発射の電力(実力値)	-22.59dBm/MHz	19	6	±20	61

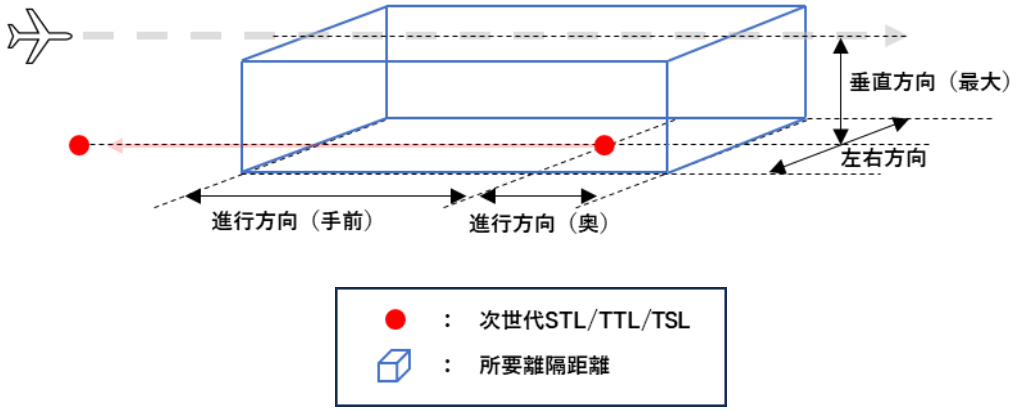


図 4.3.1.2-3　次世代 STL/TTL/TSL と航行用レーダーの所要離隔距離

（3）共用条件の取りまとめ

飛行場またはヘリポートから所要離隔距離の範囲内に次世代 STL/TTL/TSL の回線を新規に開設する場合は、航空無線航行業務の安定的な運用を阻害する干渉を及ぼさないことを事前確認することにより共用可能である。事前確認を要するチャネル番号を表 4.3.1.2-6 に示す。所要離隔距離は、飛行場から水平距離 199m、ヘリポートから水平距離 85m とする。この距離範囲内に次世代 STL/TTL/TSL を開設する場合は、事前に当該飛行場またはヘリポートの関係機関と協議を行う必要がある。

同一の回線において現行 STL/TTL/TSL から次世代 STL/TTL/TSL へ移行する場合は、次世代 STL/TTL/TSL の送信諸元が現行と同じであることから、航空無線航行業務に対する干渉量は従前と同様であり、航空無線航行業務に対する事前確認を省略することが可能と考えられる。

表 4.3.1.2-6　航空無線航行業務に対して事前確認を実施するチャネル番号

次世代 STL/TTL		次世代 TSL
IP 伝送方式	次世代 IF 伝送方式	
G-16D	G-16C	G-15
	G-16D	G-16

4.3.2　アマチュア無線

（1）　概要

アマチュア局は、金銭上の利益のためでなく、専ら個人的な無線技術の興味によって自己訓練、通信及び技術的研究の業務を行う者が開設する無線局であり、電話通信、電信、画像通信、データ通信、アマチュア衛星を介して行う通信、月面反射通信等に利用されている。

本検討においては E バンドの下隣接及び上隣接の帯域におけるアマチュア局との周波数共用について検討を実施した。なお 10.0～10.25GHz は国内分配において 2 次業務としてアマチュア局に周波数割当てされており、10.45～10.50GHz は国内分配において 1 次業務として周波数割当てされている。共用検討の周波数帯を図 4.3.2-1 と表 4.3.2-1 に示す。

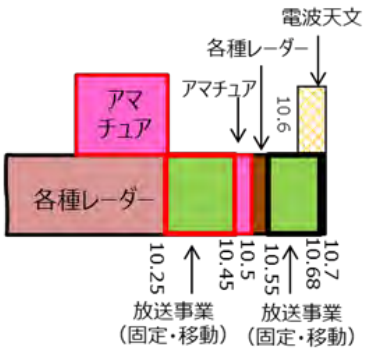


図 4.3.2-1　共用検討におけるアマチュア無線の周波数帯

表 4.3.2-1　共用検討におけるアマチュア無線の周波数帯

無線システム	周波数	備考
アマチュア無線(2 次業務)	10,000-10,250MHz	E バンド　下隣接
アマチュア無線(1 次業務)	10,450-10,500MHz	E バンド　上隣接

(2)　共用検討結果

次世代 STL/TTL/TSL の無線局諸元は、与干渉の観点において現行 STL/TTL/TSL と同等であることから、アマチュア無線への干渉影響は現行と変わらないと考えられる。

アマチュア無線からの被干渉については、次世代 STL/TTL/TSL の変調方式の多値化により、同一帯域では干渉許容値が変わる可能性があるものの、アマチュア無線とは隣接帯域の関係であり、干渉許容値は従来通りとなるため、アマチュア無線から次世代 STL/TTL/TSL への干渉影響についても、現行と同等と考えられる。

(3)　共用条件の取りまとめ

次世代 STL/TTL/TSL はアマチュア無線との共用が可能である。

4.3.3　電気通信業務(固定)

(1)概要

電気通信業務用固定無線システムは、電気通信事業者が、幹線伝送路(県間・県内)及び県内支線伝送路として、概ね 50km までの長スパンにおいて大容量伝送(150～300Mbps)に利用されている。また、携帯電話等の基地局エントランスとして、概ね 50km までの長スパン(山間・海上等が多い)における伝送(6Mbps)に利用している。

6GHz 帯(5.925MHz～6.425MHz)は、電波の直進性に優れているとともに、雨や霧による影響が小さいことや広い帯域を使用できることから、中長距離の通信に適している。本検討においては C バンドの下隣接における電気通信業務用固定無線システムとの周波数共用について検討を実施した。共用検討の周波数帯を図 4.3.3-1 と表 4.3.3-1 に示す。

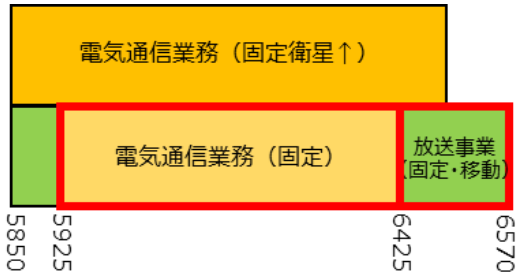


図 4.3.3-1　共用検討における電気通信業務(固定)の周波数帯

表 4.3.3-1　共用検討における電気通信業務(固定)の周波数帯

無線システム	周波数	備考
電気通信業務(固定)	5,925-6,425MHz	C バンド　下隣接

(2)共用条件の取りまとめ

次世代 STL/TTL/TSL は、固定業務用チャネルである C-7 または C-8 に割り当てられる(図 4.3.3-2 を参照)。移動業務用チャネルである C-1 から C-6 がガードバンドとして機能することにより、隣接する周波数帯を利用する電気通信業務(固定)との共用が可能である。

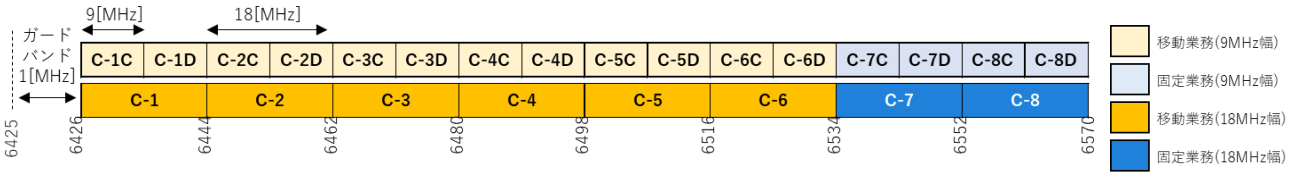


図 4.3.3-2　C バンドのチャンネル配置

4.3.4　電気通信業務(固定・B/C/Dバンド)

(1)概要

本検討においては C/D バンド共用における電気通信業務(固定・B/C/D バンド)との周波数共用について検討を実施した。共用検討の周波数帯を図 4.3.4-1 と表 4.3.4-1 に示す。

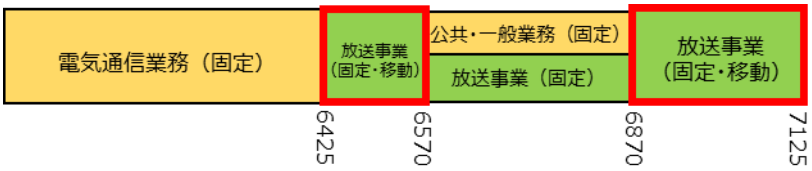


図 4.3.4-1　共用検討における電気通信業務(固定・B/C/D バンド)の周波数帯

表 4.3.4-1　共用検討における電気通信業務(固定・B/C/D バンド)の周波数帯

無線システム	周波数	備考
電気通信業務 (固定・B/C/D バンド)	6,425-6,570MHz	C バンド　共用
	6,870-7,125MHz	D バンド　共用

次世代 STL/TTL/TSL から電気通信業務用固定(B/C/D バンド)への与干渉における検討諸元を表 4.3.4-2 と表 4.3.4-3 に、電気通信業務用固定(B/C/D バンド)から次世代 STL/TTL/TSL への被干渉における検討諸元を表 4.3.4-4 と表 4.3.4-5 に示す。

表 4.3.4-2 次世代 STL/TTL/TSL の与干渉に係る検討諸元

周波数	C バンド 6.425GHz - 6.570GHz D バンド 6.870GHz - 7.125GHz
変調方式	STL/TTL OFDM(256QAM , 1024QAM 等)
最大送信電力	2W 4W (伝搬路条件等による最大値)
空中線高 ※1	100m
空中線特性	電波法関係審査基準による(別紙 2 第 5 1(3) 別紙(3)-2)
給電系損失 ※2	送信給電系損失 5.9dB

※1:第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.5 章
※2:H14 年 1 月 情報通信審議会答申 諮問 110 号「番組中継用デジタル回線の技術的条件」のうち「デジタル方式の STL/TTL の技術的条件」 参考資料4 TS 伝送方式回線設計例(1)

表 4.3.4-3 電気通信業務(固定・B/C/D バンド)の被干渉に係る検討諸元

周波数	6,425-6,570MHz、6,870-7,125MHz
変調方式 ※2	512QAM , 1024QAM , 2048QAM 等
帯域幅 ※2	36.5MHz
空中線特性	電波法関係審査基準 別紙 2 第 2 1(6)エ(エ)A(B) 表 5
空中線高 ※1	25m、55m、110m
干渉許容値	電波法関係審査基準 別紙 2 第 2 1(6)オ(イ)B(B) 表 8

※1 第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.3.3 章
※2 第 188 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 3.1.2 章

表 4.3.4-4 電気通信業務(固定・B/C/D バンド)の与干渉に係る検討諸元

周波数	6,425-6,570MHz、6,870-7,125MHz
変調方式 ※2	512QAM , 1024QAM , 2048QAM 等
最大送信電力 ※2	2W
空中線高 ※1	25m、55m、110m
空中線特性	電波法関係審査基準 別紙 2 第 2 1(6)エ(エ)A(B) 表 5

※1 第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.3.3 章
※2 第 188 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 3.1.2 章

表 4.3.4-5 次世代 STL/TTL/TSL の被干渉に係る検討諸元

周波数	C バンド 6.425GHz - 6.570GHz D バンド 6.870GHz - 7.125GHz
変調方式	TSL OFDM(256QAM , 4096QAM 等)
帯域幅	TSL 16.2MHz
空中線高 ※1	100m
空中線特性	電波法関係審査基準による(別紙 2 第 5 1(4) 別紙(4)-1)
給電系損失 ※2	受信給電系損失 4.6dB
干渉許容値	電波法関係審査基準に基づいて評価(標準的な変調方式の混信保護比による)

※1:第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.5 章
※2:ARIB STD-B12
テレビジョン放送番組素材伝送用固定形マイクロ波帯デジタル無線伝送システム標準規格 参考資料 1

(2)共用検討結果

現行 STL/TTL/TSL と電気通信業務(固定・B/C/D バンド)の共用については、同一の周波数帯を使用する他システムとの共用可能性について技術計算を行い、安定的な運用が確保されていることを確認した上で免許がなされている。具体的には、STL/TTL/TSL と他システム等の設置場所や周辺の地形情報を踏まえて、他システム等からの被干渉や伝搬損失を考慮した場合に、放送事業用システムの安定的な運用に必要な受信入力レベルが確保できるよう回線設計を行うとともに、放送事業用システムが他システム等の安定的な運用を阻害する干渉を及ぼさないことを確認している。同一の周波数帯を使用する電気通信業務(固定・B/C/D バンド)の無線システムにおいても同様の事前確認がなされている。

(3)共用条件の取りまとめ

C/D バンドにおける次世代 STL/TTL/TSL は、免許申請に先立ち従来通りの確認が実施されることを前提に、同一周波数帯の電気通信業務(固定・B/C/D バンド)との共用が可能である。

4.3.5 電通・公共・一般業務(固定)

(1)概要

電通・公共・一般業務(固定)無線システムは、主に公益事業者、国及び地方公共団体が、音声、データ及び画像(映像を含む)などの多様な情報を伝送するために免許を受けて利用している。6.5GHz 帯(6,570MHz～6,870MHz)、7.5GHz 帯(7,425MHz～7,750MHz)は直進性に優れており、雨や霧による影響が少ないことや広い帯域を使用できることから、中長距離の通信に適しており、幹線伝送路及び県内支線伝送路として、概ね 50km までの長スパンにおい

て用途に応じた伝送（6Mbps～208Mbps）に利用されている。また、6.5GHz 帯（6,570MHz～6,870MHz）の本システムは電気通信事業者が使用する携帯電話等の基地局エントランスとして、概ね 50km までの長スパン（山間・海上等が多い）における伝送（50Mbps～150Mbps）にも用いられている。

本検討においては、C バンドの上隣接帯域であり M バンドと同一周波数である 6.5GHz 帯、並びに、D バンドの上隣接帯域であり N バンドと同一周波数かつ上下の隣接帯域である 7.5GHz 帯における電通・公共・一般業務（固定）無線システムとの周波数共用について検討を実施した。共用検討の周波数帯を図 4.3.5-1 と表 4.3.5-1 に示す。

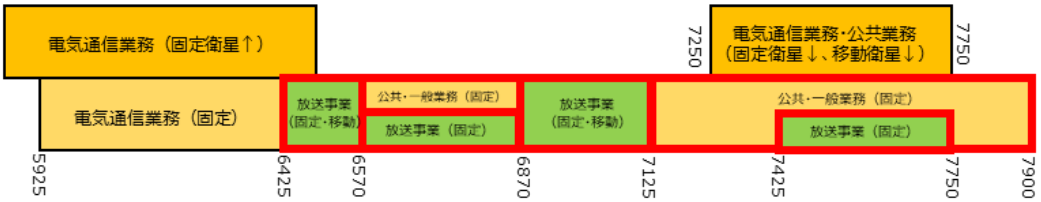


図 4.3.5-1　共用検討における電通・公共・一般業務（固定）の周波数帯

表 4.3.5-1　共用検討における電通・公共・一般業務（固定）の周波数帯

無線システム	周波数	備考
電通・公共・一般業務（固定）	6,570-6,870MHz	M バンド共用 C/D バンド隣接
	7,125-7,900MHz	N バンド共用・隣接 D バンド隣接

次世代 STL/TTL/TSL から電通・公共・一般業務（固定）への与干渉における検討諸元を表 4.3.5-2 と表 4.3.5-3 に、電通・公共・一般業務（固定）から次世代 STL/TTL/TSL への被干渉における検討諸元を表 4.3.5-4 と表 4.3.5-5 に示す。

表 4.3.5-2　次世代 STL/TTL/TSL の与干渉に係る検討諸元

周波数	C バンド 6.425GHz - 6.570GHz / D バンド 6.870GHz - 7.125GHz M バンド 6.570GHz - 6.870GHz / N バンド 7.425GHz - 7.750GHz
変調方式	STL/TTL OFDM（256QAM , 1024QAM 等）
最大送信電力	2W 4W（伝搬路条件等による最大値、放送バンドのみ）
不要発射強度	帯域外領域：100μW/MHz（-10dBm/MHz） スプリアス領域：50μW/MHz（-13dBm/MHz）
空中線高 ※1	100m
空中線特性	電波法関係審査基準による（ 別紙 2 第 5 1（3） 別紙（3）-2 ）
給電系損失 ※2	送信給電系損失 5.9dB

※1：第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.5 章
※2：H14 年 1 月 情報通信審議会答申 諮問 110 号「番組中継用デジタル回線の技術的条件」のうち「デジタル方式の STL/TTL の技術的条件」 参考資料4 TS 伝送方式回線設計例（1）

表 4.3.5-3 電通・公共・一般業務(固定)の被干渉に係る検討諸元

周波数	6,570-6,870MHz、7,125-7,900MHz
変調方式 ※2	512QAM , 1024QAM , 2048QAM 等
帯域幅 ※2	36.5MHz
空中線特性	電波法関係審査基準 別紙 2 第 2 4(4)ウ(ウ)C 表 5
空中線高 ※1	25m / 55m / 110m

※1 第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.3.3 章
※2 第 188 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 3.1.2 章

表 4.3.5-4 電通・公共・一般業務(固定)の与干渉に係る検討諸元

周波数	6,570-6,870MHz、7,125-7,900MHz
変調方式 ※2	512QAM , 1024QAM , 2048QAM 等
最大送信電力 ※2	2W
空中線特性	電波法関係審査基準 別紙 2 第 2 4(4)ウ(ウ)C 表 5
空中線高 ※1	25m / 55m / 110m

※1 第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.3.3 章
※2 第 188 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 3.1.2 章

表 4.3.5-5 次世代 STL/TTL/TSL の被干渉に係る検討諸元

周波数	C バンド 6.425GHz - 6.570GHz / D バンド 6.870GHz - 7.125GHz M バンド 6.570GHz - 6.870GHz / N バンド 7.425GHz - 7.750GHz
変調方式	TSL OFDM(256QAM , 4096QAM 等)
帯域幅	TSL 16.2MHz
空中線高 ※1	100m
空中線特性	電波法関係審査基準による(別紙 2 第 5 1(4) 別紙(4)-1)
給電系損失 ※2	受信給電系損失 4.6dB
干渉許容値	電波法関係審査基準に基づいて評価(標準的な変調方式の混信保護比による)

※1:第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.5 章
※2:ARIB STD-B12
テレビジョン放送番組素材伝送用固定形マイクロ波帯デジタル無線伝送システム標準規格 参考資料 1

(2)C/M/D バンドにおける共用検討結果

現行 STL/TTL/TSL と電通・公共・一般業務(固定)の共用については、同一の周波数帯及び隣接する帯域の周波数を使用する他システムとの共用可能性について技術計算を行い、安定的な運用が確保されていることを確認した上で免許がなされている。

具体的には、STL/TTL/TSL と他システム等の設置場所や周辺の地形情報を踏まえて、他システム等からの被干渉や伝搬損失を考慮した場合に、放送事業用システムの安定的な運用に必要な受信入力レベルが確保できるよう回

線設計を行うとともに、放送事業用システムが他システム等の安定的な運用を阻害する干渉を及ぼさないことを確認している。同一の周波数帯を使用する電通・公共・一般業務（固定）の無線システムにおいても同様の事前確認がなされている。

D バンドにおける STL/TTL/TSL に隣接する周波数帯域（7,125MHz 以上）を利用する他システムに対しては、移動業務用チャネルである D-6 から D-14 がガードバンドとして機能している。D バンドのチャネル配置を図 4.3.5-2 に示す。

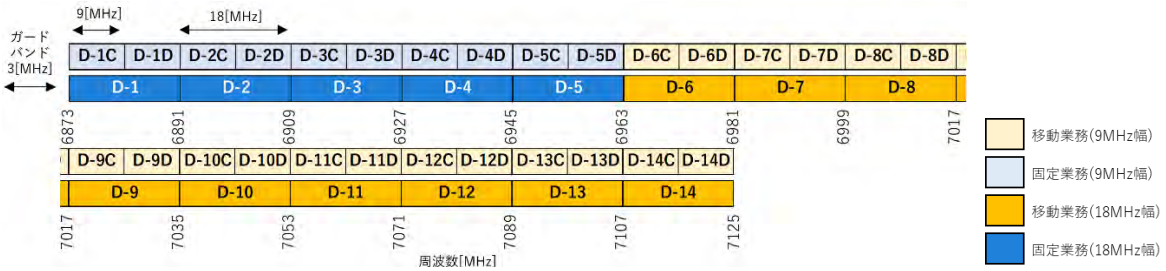


図 4.3.5-2　D バンドのチャンネル配置

（3）C/M/D バンドにおける共用条件の取りまとめ

C/M/D バンドにおける次世代 STL/TTL/TSL は、免許申請に先立ち従来通りの確認が実施されることを前提に、電通・公共・一般業務（固定）との共用が可能である。

（4）N バンドにおける共用検討結果

現行 STL/TTL/TSL と電通・公共・一般業務（固定）の共用については、同一の周波数帯を使用する他システムとの共用可能性について技術計算を行い、安定的な運用が確保されていることを確認した上で免許がなされている。具体的には、STL/TTL/TSL と他システム等の設置場所や周辺の地形情報を踏まえて、他システム等からの被干渉や伝搬損失を考慮した場合に、放送事業用システムの安定的な運用に必要な受信入力レベルが確保できるよう回線設計を行うとともに、放送事業用システムが他システム等の安定的な運用を阻害する干渉を及ぼさないことを確認している。同一の周波数帯を使用する電通・公共・一般業務（固定）の無線システムにおいても同様の事前確認がなされている。

N バンドに隣接する周波数帯域のうち、下隣接（7425MHz 以下）については、現時点では運用中の無線局は確認されていない。上隣接（7750MHz 以上）については、N バンドの上端に 35MHz のガードバンドが設定されているため、共用可能と考えられる。

（5）N バンドにおける共用条件の取りまとめ

N バンドにおける次世代 STL/TTL/TSL は、免許申請に先立ち従来通りの確認が実施されることを前提に、電通・公共・一般業務（固定）との共用が可能である。

（6）M/N バンドにおける IRF の適用について

M/N バンドにおける他システムとの共用に用いる IRF（干渉低減係数）については、実機調査の結果、M/N バンドの電通・公共・一般業務（固定）からの被干渉において、周波数差によっては IRF の実測値が現行の IRF よりも小さくなる電通・公共・一般業務（固定）の装置が確認された。この IRF の取扱いについては、電通・公共・一般業務（固定）の共用条件の考え方を踏まえた議論・整理が必要であり、現時点で現行の値から変更することを決定できる状況にはない。このため、電通・公共・一般業務（固定）と次世代 STL/TTL/TSL との共用検討においては、当面、現行の IRF の値を適用することとする。

M/N 帯における現行 IRF の適用についての考え方を表 4.3.5-6 に示す。

表 4.3.5-6　M/N 帯における現行 IRF の適用について

区分	適用に関する考え方
既存回線	・M/N バンドの既存回線では IRF の実測との乖離による干渉の発生は報告されておらず、当面は現行の IRF を適用することについて問題ないと考えられる。 ・これは、放送事業用システムと電通・公共・一般業務（固定）の送受信点が異なり、空中線の指向性減衰等によって十分な D/U が得られていることが理由の一つとして考えられる。
新規回線	M/N バンドの新規回線において、電通・公共・一般業務（固定）の回線に対する共用可能性については、既存の STL/TTL/TSL 回線と同様の技術計算において確認できるため、既存回線と同様に、当面は現行の IRF を適用することについて問題ないと考えられる。

なお、次世代 STL/TTL/TSL 開局後に電通・公共・一般業務（固定）の新規回線を開設する際の既設回線との混信計算においても、同様に現行の IRF を適用することとする。

4.3.6　電気通信業務（固定・移動）

（1）概要

電気通信業務（固定・移動）無線システムは、電気通信事業者が電気通信業務用無線局の免許を受け、概ね十数 km までのスパンにおいて、用途に応じた伝送（25～150Mbps）に利用している。電波の直進性に優れている反面、4GHz 帯、5GHz 帯及び 6GHz 帯に比べて雨や霧による影響を受けやすいことから、比較的短い距離の通信に適しており、主に携帯電話等の基地局エントランスとして用いられている。

本検討においては、F バンドの上隣接の帯域における電気通信業務用（固定・移動）との周波数共用について検討を実施した。共用検討の周波数帯を図 4.3.6-1 と表 4.3.6-1 に示す。

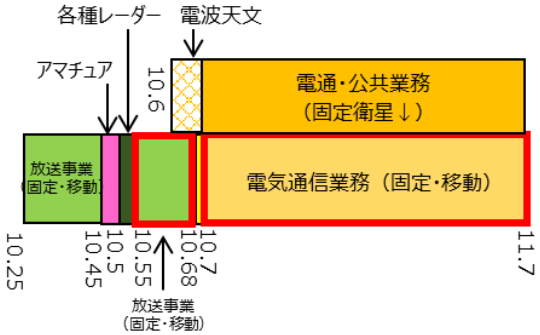


図 4.3.6-1　共用検討における電気通信業務（固定・移動）の周波数帯

表 4.3.6-1　共用検討における電気通信業務（固定・移動）の周波数帯

無線システム	周波数	備考
電気通信業務 （固定・移動）	10.7-11.7GHz	F バンド　隣接

（2）共用検討結果

F バンドは移動業務への割当てを目的とした周波数帯であるが、固定業務用チャネルがひっ迫する地域においては、移動業務の割当てに支障を与えない範囲に限り、固定業務への使用が認められている。このため、既にひっ迫している地域では当該帯域の割当てが完了しており、次世代 STL/TTL/TSL の導入に伴う新規割当ての可能性は低い。

F-3 から F-7 までの周波数（10.588-10.678GHz）の割当てにおいては、10.6-10.68GHz の周波数帯における電波天文業務の保護に留意するものとして、最大空中線電力が 0.5W に制限されている。

現行 STL/TTL/TSL と電気通信業務（固定・移動）の間には 20MHz の周波数離調が確保されており、これが相互干渉の回避のためのガードバンドとして機能している。

さらに、次世代 STL/TTL/TSL の無線局諸元は、与干渉、被干渉の観点において現行 STL/TTL/TSL と同等であ

ることから、次世代 STL/TTL/TSL と電気通信業務（固定・移動）との周波数共用は可能である。

（3）共用条件の取りまとめ
次世代 STL/TTL/TSL は電気通信業務（固定・移動）との共用が可能である。

4.3.7　電気通信業務（固定衛星アップリンク）

（1）　概要
電気通信業務（固定衛星アップリンク）は、電気通信事業者が国内の地球局を利用して、専用線サービスなどの電気通信の役務提供を行うために利用している。加えて、人工衛星を維持・制御監視するためにも利用されている。
本検討においては、C バンドと同一周波数並びに下隣接の帯域における電気通信業務用（固定衛星アップリンク）との周波数共用について検討を実施した。共用検討の周波数帯を図 4.3.7-1 と表 4.3.7-1 に示す。

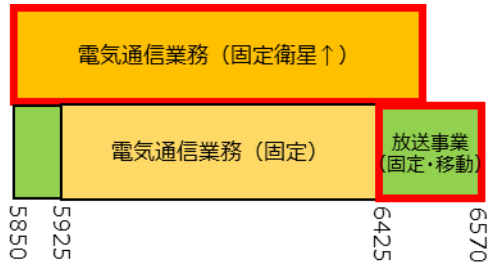


図 4.3.7-1　共用検討における電気通信業務（固定衛星アップリンク）の周波数帯

表 4.3.7-1　共用検討における電気通信業務（固定衛星アップリンク）の周波数帯

無線システム	周波数	備考
電気通信業務 （固定衛星アップリンク）	5,850-6,485MHz	C バンド　共用・隣接

次世代 STL/TTL/TSL から電気通信業務（固定衛星アップリンク）への与干渉における検討諸元を表 4.3.7-2 と表 4.3.7-3 に示す。

表 4.3.7-2　次世代 STL/TTL/TSL の与干渉に係る検討諸元

周波数	C バンド　6.425GHz - 6.570GHz
変調方式	STL/TTL　OFDM（256QAM　，　1024QAM　等）
最大送信電力	2W 4W（伝搬路条件等による最大値、放送バンドのみ）
不要発射強度	帯域外領域：100μW/MHz（-10dBm/MHz） スプリアス領域：50μW/MHz（-13dBm/MHz）
空中線高 ※1	100m
空中線特性	電波法関係審査基準による（ 別紙 2　第 5 1（3）　別紙（3）-2 ）
給電系損失 ※2	送信給電系損失　5.9dB

※1：第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告　第 6.3.5 章
※2：H14 年 1 月　情報通信審議会答申　諮問 110 号「番組中継用デジタル回線の技術的条件」のうち「デジタル方式の STL/TTL の技術的条件」　参考資料4　TS 伝送方式回線設計例（1）

表 4.3.7-3　電気通信業務（固定衛星アップリンク）の被干渉に係る検討諸元

周波数	5,850-6,485MHz
経度 ※1	東経 132 度(JCSAT-5B)、東経 154 度(JCSAT-2B)、東経 128 度(JCSAT-3A)、東経 136 度(N-STAR e)
G/T ※1	非公開
干渉許容値 ※1	I/N=-13.5dB

※1 第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.4 章

（2）　共用検討結果

現行 STL/TTL/TSL から電気通信業務（固定衛星アップリンク）への与干渉に関しては、電波法関係審査基準に基づき、最大輻射方向と対地静止衛星軌道との離角、ならびに等価等方輻射電力を事前に確認した上で免許が付与されている。

C-1 から C-6 は移動業務用チャネルのため、次世代 STL/TTL/TSL に対する割当周波数の下端は C-7（6,534MHz）となる。C バンドのチャネル配置を図 4.3.7-2 へ示す。

電気通信業務（固定衛星アップリンク） から次世代 STL/TTL/TSL への干渉に関しては、電気通信業務（固定衛星アップリンク）の上端周波数である 6,485 MHz と、次世代 STL/TTL/TSL の下端周波数である 6,534MHz との間に 49MHz の離調があるため、ガードバンドとして機能する。

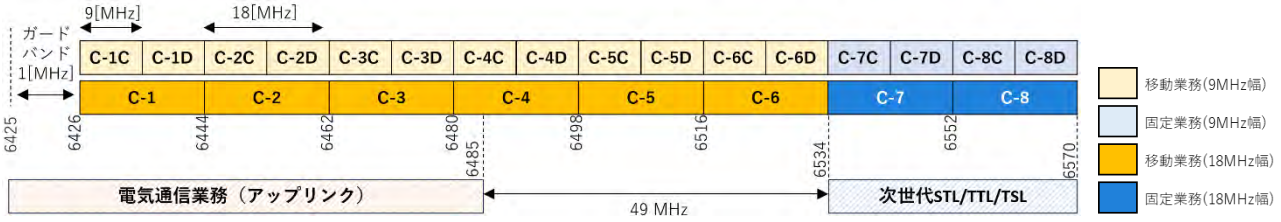


図 4.3.7-2　C バンドのチャンネル配置

（3）共用条件の取りまとめ

C バンドにおける次世代 STL/TTL/TSL は、免許申請に先立ち従来通りの確認が実施されることを前提に、電気通信業務（固定衛星アップリンク）との共用が可能である。

4.3.8　電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク）

（1）概要

本検討においては、N バンドと同一周波数並びに下隣接の帯域における電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク）との周波数共用について検討を実施した。共用検討の周波数帯を図 4.3.8-1 と表 4.3.8-1 に示す。

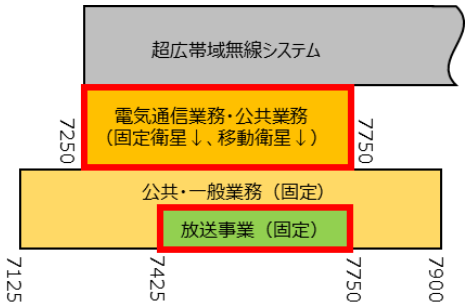


図 4.3.8-1　共用検討における電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク）の周波数帯

表 4.3.8-1　共用検討における電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク）の周波数帯

無線システム	周波数	備考
電気通信業務 （固定衛星ダウンリンク・ 移動衛星ダウンリンク）	7,250-7,750MHz	N バンド 共用・隣接

次世代 STL/TTL/TSL から電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク）への与干渉における検討諸元を表 4.3.8-2 と表 4.3.8-3 に、電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク）から次世代 STL/TTL/TSL への被干渉における検討諸元を表 4.3.8-4 と表 4.3.8-5 に示す。

表 4.3.8-2　次世代 STL/TTL/TSL の与干渉に係る検討諸元

周波数	N バンド 7.425GHz - 7.750GHz
変調方式	STL/TTL OFDM（256QAM , 1024QAM 等）
最大送信電力	2W
不要発射強度	帯域外領域：100μW/MHz（-10dBm/MHz） スプリアス領域：50μW/MHz（-13dBm/MHz）
空中線高 ※1	100m
空中線特性	電波法関係審査基準による（ 別紙 2 第 5 1（3） 別紙（3）-2 ）
給電系損失 ※2	送信給電系損失 5.9dB

※1：第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.5 章
※2：H14 年 1 月 情報通信審議会答申 諮問 110 号「番組中継用デジタル回線の技術的条件」のうち「デジタル方式の STL/TTL の技術的条件」 参考資料4 TS 伝送方式回線設計例（1）

表 4.3.8-3　電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク）の被干渉に係る検討諸元

周波数	7,250-7,750MHz
帯域幅	非公開
空中線特性	
給電損	
空中線高	
干渉許容値	

表 4.3.8-4 電通・公共業務(固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク)の与干渉に係る検討諸元

周波数	7,250-7,750MHz
帯域幅	非公開
空中線特性	
給電損	
空中線高	
干渉許容値	

表 4.3.8-5 次世代 STL/TTL/TSL の被干渉に係る検討諸元

周波数	N バンド 7.425GHz - 7.750GHz
変調方式	TSL OFDM(256QAM , 4096QAM 等)
帯域幅	TSL 16.2MHz
空中線高 ※1	100m
空中線特性	電波法関係審査基準による(別紙 2 第 5 1(4) 別紙(4)-1)
給電系損失 ※2	受信給電系損失 4.6dB
干渉許容値	I/N ≦ -10dB (-119.8dBm/MHz)

※1:第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.5 章
※2:ARIB STD-B12 テレビジョン放送番組素材伝送用固定形マイクロ波帯デジタル無線伝送システム標準規格 参考資料 1

(2)共用検討結果

現行 STL/TTL/TSL から電気通信業務(固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク)に対する干渉は、被干渉システム関係者と個別調整を行い、共用可能であることを確認した。

電気通信業務(固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク)から現行 STL/TTL/TSL に対する干渉については、同一の周波数帯を使用する他システムとの共用可能性について技術計算を行い、安定的な運用が確保されていることを確認した上で免許がなされている。

具体的には、STL/TTL/TSL の受信空中線の正対方向と静止衛星軌道方向との離角が STL/TTL/TSL の審査基準で定められた値以上に確保されていることを確認している。確保できない場合においては、回線瞬断率規格を満足するように STL/TTL/TSL の回線設計が行われる。

(3)共用条件の取りまとめ

次世代 STL/TTL/TSL についても、免許申請に先立ち従来通りの確認が実施されることを前提に、同一周波数の電気通信業務(固定衛星ダウンリンク・移動衛星ダウンリンク)と共用可能である。

4.3.9 電通・公共業務(固定衛星ダウンリンク)

(1)概要

電通・公共業務(固定衛星ダウンリンク)は、地上にある地球局向けに CS 放送、国際通信、専用サービスなどの電気通信の役務提供を行うために利用している。また、人工衛星を維持・管理するための宇宙運用業務の用途に利用している。

本検討においては、F バンドの上隣接の帯域における電通・公共業務(固定衛星ダウンリンク)との周波数共用に

ついて検討を実施した。共用検討の周波数帯を図 4.3.9-1 と表 4.3.9-1 に示す。

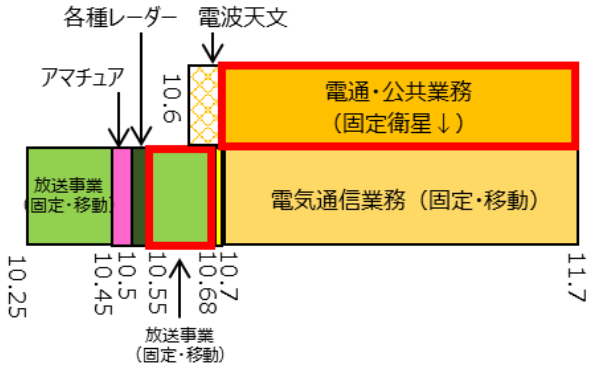


図 4.3.9-1　共用検討における電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク）の周波数帯

表 4.3.9-1　共用検討における電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク）の周波数帯

無線システム	周波数	備考
電通・公共業務 （固定衛星ダウンリンク）	10.7-11.7GHz	F バンド隣接

（2）共用検討結果

F バンドは移動業務への割当てを目的とした周波数帯であるが、固定業務用チャネルがひっ迫する地域においては、移動業務の割当てに支障を与えない範囲に限り、固定業務への使用が認められている。このため、既にひっ迫している地域では当該帯域の割当てが完了しており、次世代 STL/TTL/TSL の導入に伴う新規割当ての可能性は低い。

F-3 から F-7 までの周波数（10.588-10.678GHz）の割当てにおいては、10.6-10.68GHz の周波数帯における電波天文業務の保護に留意するものとして、最大空中線電力が 0.5W に制限されている。

現行 STL/TTL/TSL と電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク）の間には 20MHz の周波数離調が確保されており、これが相互干渉の回避のためのガードバンドとして機能している。

さらに、次世代 STL/TTL/TSL の無線局諸元は、与干渉、被干渉の観点において現行 STL/TTL/TSL と同等であることから、次世代 STL/TTL/TSL と電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク）との周波数共用は可能であると考えられる。

（3）共用条件の取りまとめ

次世代 STL/TTL/TSL は電通・公共業務（固定衛星ダウンリンク）との共用が可能である。

4.3.10 電気通信業務等（固定衛星アップリンク）

（1）概要

本検討においては、G バンドと同一周波数並びに下隣接の帯域における電気通信業務等（固定衛星アップリンク）との周波数共用について検討を実施した。共用検討の周波数帯を図 4.3.10-1 と表 4.3.10-1 に示す。

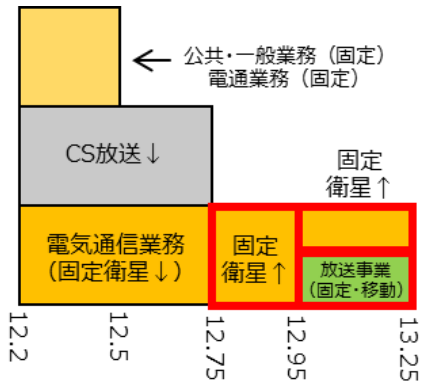


図 4.3.10-1　共用検討における電気通信業務等（固定衛星アップリンク）の周波数帯

表 4.3.10-1　共用検討における電気通信業務等（固定衛星アップリンク）の周波数帯

無線システム	周波数	備考
電通・公共業務等 （固定衛星アップリンク）	12.75-12.95GHz	G バンド　隣接
	12.95-13.25GHz	G バンド　共用

次世代 STL/TTL/TSL から電気通信業務等（固定衛星アップリンク）への与干渉における検討諸元を表 4.3.10-2 と表 4.3.10-3 に、電気通信業務等（固定衛星アップリンク）から次世代 STL/TTL/TSL への被干渉における検討諸元を表 4.3.10-4 と表 4.3.10-5 に示す。

表 4.3.10-2　次世代 STL/TTL/TSL の与干渉に係る検討諸元

周波数	G バンド　12.95GHz - 13.25GHz
変調方式	STL/TTL　OFDM（256QAM　，　1024QAM　等）
最大送信電力	2W 4W（伝搬路条件等による最大値、放送バンドのみ）
不要発射強度	帯域外領域：100μW/MHz（-10dBm/MHz） スプリアス領域：50μW/MHz（-13dBm/MHz）
空中線高 ※1	100m
空中線特性	電波法関係審査基準による（ 別紙 2　第 5 1（3）　別紙（3）-2　）
給電系損失 ※2	送信給電系損失　8.3dB

※1：第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告　第 6.3.5 章
※2：H14 年 1 月　情報通信審議会答申　諮問 110 号「番組中継用デジタル回線の技術的条件」のうち「デジタル方式の STL/TTL の技術的条件」　参考資料4　TS 伝送方式回線設計例（1）

表 4.3.10-3　電気通信業務等（固定衛星アップリンク）の被干渉に係る検討諸元

周波数	12.75-13.25GHz
G/T	非公開
干渉許容値 ※1	I/N=-10.5dB

※1 ITU-R 勧告　S.1432

表 4.3.10-4 電気通信業務等(固定衛星アップリンク)の与干渉に係る検討諸元

周波数	12.75-13.25GHz
最大送信電力	非公開
不要発射強度	
空中線高	
空中線特性	
給電系損失	

表 4.3.10-5 次世代 STL/TTL/TSL の被干渉に係る検討諸元

周波数	G バンド 12.95GHz - 13.25GHz
変調方式	TSL OFDM(256QAM , 4096QAM 等)
帯域幅	TSL 16.2MHz
空中線高 ※1	100m
空中線特性	電波法関係審査基準による(別紙 2 第 5 1(4) 別紙(4)-1)
給電系損失 ※2	受信給電系損失 9.2dB
干渉許容値	I/N ≦ -10dB (-118.8dBm/MHz)

※1:第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告 第 6.3.5 章
※2:ARIB STD-B12 テレビジョン放送番組素材伝送用固定形マイクロ波帯デジタル無線伝送システム標準規格 参考資料 1

(2)共用検討結果

電気通信業務等(固定衛星アップリンク)のうち、12.75-12.95GHz 帯(G バンドの下隣接)に関しては、現在のところ当該帯域において運用中の無線局は確認されていない。

電気通信業務等(固定衛星アップリンク)のうち、12.95-13.25GHz 帯(G バンド共用)については、以下の通り。

現行 STL/TTL/TSL、電気通信業務等(固定衛星アップリンク)については、同一の周波数帯を使用する他システムとの共用可能性について技術計算を行い、安定的な運用が確保されていることを確認した上で免許がなされている。

具体的には、現行 STL/TTL/TSL と他システム等の設置場所や周辺の地形情報を踏まえて、他システム等からの被干渉や伝搬損失を考慮した場合に、放送事業用システムの安定的な運用に必要な受信入力レベルが確保できるよう回線設計を行うとともに、放送事業用システムが他システム等の安定的な運用を阻害する干渉を及ぼさないことを確認している。

(3)共用条件の取りまとめ

G バンドにおける次世代 STL/TTL/TSL についても、免許申請に先立ち従来通りの確認が実施されることを前提に、同一周波数の電気通信業務等(固定衛星アップリンク)と共用可能である。

4.3.11 超広帯域無線システム(UWB)

(1)概要

超広帯域無線システム(UWB)は、小さな電力を 500MHz 程度以上の広い周波数帯域に渡って拡散させることで雑

音並みの電力で電波の送受信を行うシステムであり、数百 Mbps の高速データ通信のほか、広帯域性を利用した高精度な測位及びレーダーのような物体検知を行うことが可能なシステムである。

本検討においては、N バンドと同一周波数並びに上下の隣接帯域、加えて E バンドの下隣接の帯域における超広帯域無線システム（UWB）との周波数共用について検討を実施した。共用検討の周波数帯を図 4.3.11-1 と表 4.3.11-1 に示す。

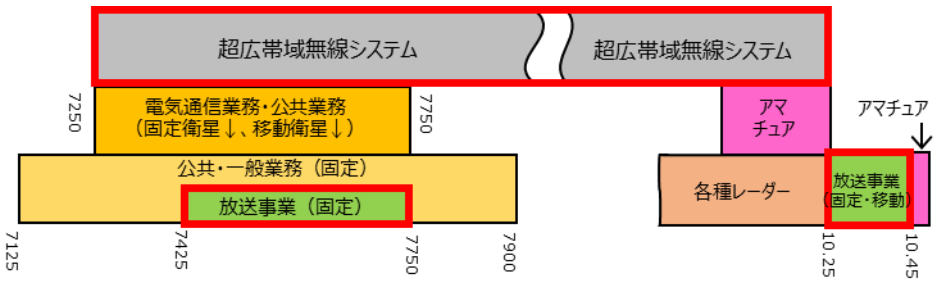


図 4.3.11-1　共用検討における超広帯域無線システム（UWB）の周波数帯

表 4.3.11-1　共用検討における超広帯域無線システム（UWB）の周波数帯

無線システム	周波数	備考
超広帯域無線システム（UWB）	7,250-10,250MHz	N バンド 共用・隣接 E バンド 隣接

次世代 STL/TTL/TSL から超広帯域無線システム（UWB）への与干渉における検討諸元を表 4.3.11-2 と表 4.3.11-3 に示す。

表 4.3.11-2　超広帯域無線システム（UWB）の与干渉に係る検討諸元

周波数	7.250GHz – 10.250GHz
変調方式※1	インパルス方式、DS-UWB 方式、MB-OFDM 方式等
空中線電力 （EIRP）※1	平均電力：-41.3dBm/MHz 以下 尖頭電力：0dBm/50MHz 以下
空中線絶対利得※1	0dBi 以下
空中線高※1	1.5m
シミュレーションモデル※1	シングルエントリー アグリゲート　100%屋外
UWB 無線システムの密度※1	都市（Dense Urban）　10000/km^2
稼働時間※1	5%

※1：H30 年 11 月 情報通信審議会答申 諮問 2008 号「UWB（超広帯域）無線システムの技術的条件」のうち「マイクロ波帯を用いた UWB 無線システムの屋外利用の技術的条件」

表 4.3.11-3 次世代 STL/TTL/TSL の被干渉に係る検討諸元

周波数	N バンド 7.425GHz – 7.750GHz E バンド 10.25GHz – 10.45GHz
変調方式	OFDM（256QAM , 1024QAM 等）
帯域幅	STL/TTL 7.6MHz
空中線高 ※1	30m
空中線特性 ※1	指向性パラボラアンテナ（直径 2m） 最大利得：35dBi アンテナ放射パターン：ITU-R 勧告 F.699-8
干渉許容値※1	I/N ≦ -20dB （ -129.8 dBm/MHz ）
シミュレーションモデル※1	シングルエントリー、アグリゲートそれぞれで実施

※1：H30 年 11 月 情報通信審議会答申 諮問 2008 号「UWB（超広帯域）無線システムの技術的条件」のうち
「マイクロ波帯を用いた UWB 無線システムの屋外利用の技術的条件」

（2）基本的な考え方

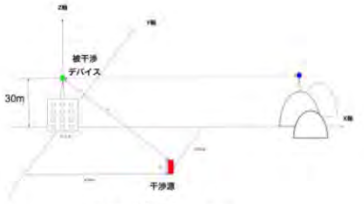
次世代 STL/TTL/TSL の干渉許容値は現行 STL/TTL/TSL と同じ IN≦-20dB であるため、過去の情報通信審議会等での超広帯域無線システム（UWB）と現行 STL/TTL/TSL との共用検討を参考事例として共用検討を実施する。なお、超広帯域無線システム（UWB）はその他業務であるため、次世代 STL/TTL/TSL の被干渉についてのみ検討を行う。

（3）超広帯域無線システム（UWB）と現行 STL/TTL/TSL との干渉検討について

平成 30 年度の陸上無線通信委員会報告（平成 30 年 11 月 14 日）における共用検討の結果を参照し、超広帯域無線システム（UWB）から現行 STL/TTL/TSL への干渉量は、現行 STL/TTL/TSL の干渉許容値-129.8dBm/MHz を 10.2dB 下回る値であることを確認した。なお、アグリゲートモデルにおける UWB 無線システムの密度は、都市部（Dense Urban）の 10000/km^2 を適用しており、2025 年度時点においても過去の検討条件は有効と考えられる。超広帯域無線システム（UWB）から現行 STL/TTL/TSL への共用検討の結果を図 4.3.11-2 へ示す。

■ 放送システムの無線局諸元及びシミュレーションモデル等

アンテナ特性	指向性パラボラアンテナ (直径 2m) 最大利得: 35dBi アンテナ放射パターン: ITU-R F.699
地上からの アンテナ高さ[m]	30
干渉許容値 [dBm/MHz]	-129.8
シミュレーションモデル	シングルエントリー、アグリゲートそれぞれで実施



シングルエントリー

■ 干渉検討結果

(1) シングルエントリー

最悪地点における干渉値が干渉許容値である-129.8 dBm/MHz以下となった。



アグリゲートモデル

(2) アグリゲートモデル

最悪条件である都市部のモデルにおける屋外100%の利用シーンで、許容干渉値である-129.8 dBm/MHzに対し、10.2dBのマージンのある結果となった。

シミュレーション モデル	UWB無線システムの 密度	稼働時間	許容干渉値 [dBm/MHz]	干渉総和値 [dBm/MHz]	マージン [dB]
アグリゲート 100% 屋外	都市(Dense Urban) 10000/㎢	5%	-129.8	-140.0	10.2

出典:陸上無線通信委員会報告(平成 30 年 11 月 14 日)

図 4.3.11-2 超広帯域無線システム(UWB)との共用検討

(4)共用条件の取りまとめ

次世代 STL/TTL/TSL は超広帯域無線システム(UWB)との共用が可能である。

4.3.12 電波天文(受動)

(1)概要

電波天文は、天体から放射される電波を受信することにより、天体や宇宙空間の物理状態、さらには宇宙そのものの成因など、宇宙全体を観測するためのシステムである。電波天文業務の受信設備は非常に小さい強度の電波を計測しているため、円滑に観測を実施するためには、無線局が発射する電波や不要発射から保護する必要がある。このため、無線通信規則(RR)では電波天文業務に分配された周波数の保護を各主管庁に対して求めており、これに基づいて、日本国内においては総務大臣の指定を受けた電波天文業務の受信設備を保護する旨の規定が設けられている。

本検討においては、M バンドと同一周波数、F バンドと同一周波数並びに上隣接の帯域における電波天文業務(受動)との周波数共用について検討を実施した。共用検討の周波数帯を図 4.3.12-1 と表 4.3.12-1 に示す。加えて、M バンドの放送事業用チャネルと電波天文との関係を図 4.3.12-2 に、F バンドの放送事業用チャネルと電波天文との関係を図 4.3.12-3 に示す。

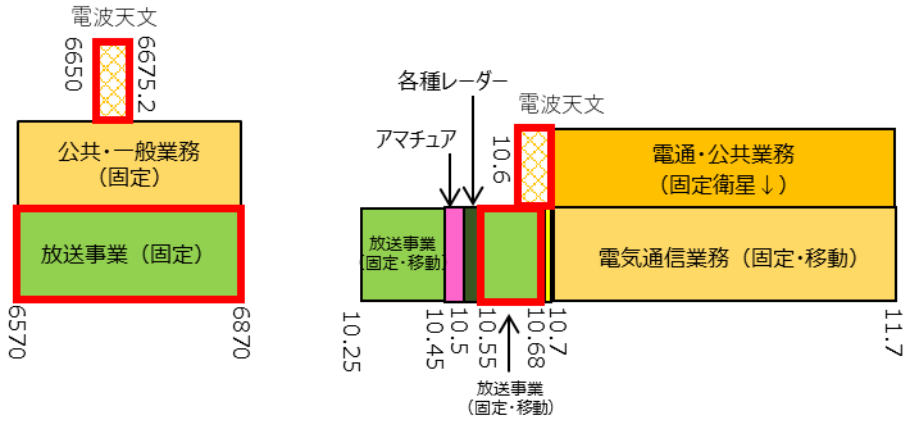
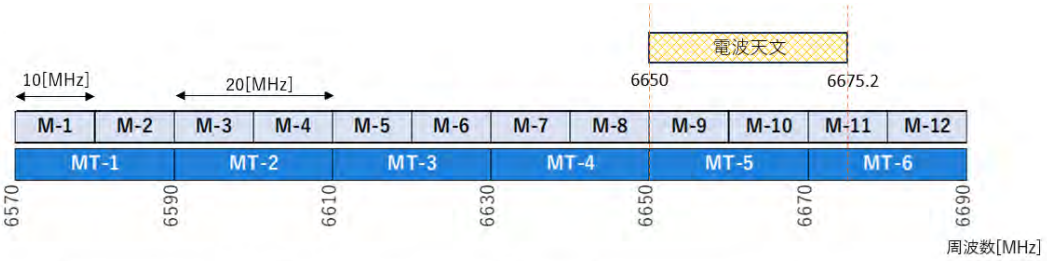


図 4.3.12-1　共用検討における電波天文（受動）無線システムの周波数帯

表 4.3.12-1　共用検討における電波天文（受動）無線システムの周波数帯

無線システム	周波数	備考
電波天文（受動）	6,650–6,675.2MHz※1 10,600–10,680MHz※1 10,680–10,700MHz※2	M バンド　共用 F バンド　共用 F バンド　隣接

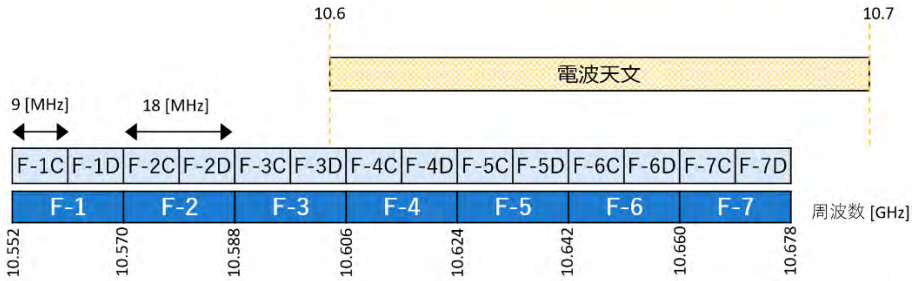
※1　国内周波数分配の脚注 J39 による周波数帯
※2　国内周波数分配の脚注 J119 による周波数帯



CH 番号	チャネル幅：10MHz				
	下端 [MHz]	中心周波数 [MHz]	上端 [MHz]	使用順位 V偏波	使用順位 H偏波
M-1	6570	6575	6580	1	2
M-2	6580	6585	6590	5	6
M-3	6590	6595	6600	9	10
M-4	6600	6605	6610	13	14
M-5	6610	6615	6620	17	18
M-6	6620	6625	6630	21	22
M-7	6630	6635	6640	25	26
M-8	6640	6645	6650	29	30
M-9	6650	6655	6660	33	34
M-10	6660	6665	6670	37	38
M-11	6670	6675	6680	41	42
M-12	6680	6685	6690	45	46

CH 番号	チャネル幅：20MHz				
	下端 [MHz]	中心周波数 [MHz]	上端 [MHz]	使用順位 V偏波	使用順位 H偏波
MT-1	6570	6580	6590	1	2
MT-2	6590	6600	6610	5	6
MT-3	6610	6620	6630	9	10
MT-4	6630	6640	6650	13	14
MT-5	6650	6660	6670	17	18
MT-6	6670	6680	6690	21	22

図 4.3.12-2　M バンドにおける放送事業用チャンネルと電波天文の周波数関係



CH 番号	チャネル幅：18MHz		
	下端 [MHz]	中心周波数 [GHz]	上端 [MHz]
F-1C	10.552	10.5565	10.561
F-1D	10.561	10.5655	10.570
F-2C	10.570	10.5745	10.579
F-2D	10.579	10.5835	10.588
F-3C	10.588	10.5925	10.597
F-3D	10.597	10.6015	10.606
F-4C	10.606	10.6105	10.615
F-4D	10.615	10.6195	10.624
F-5C	10.624	10.6285	10.633
F-5D	10.633	10.6375	10.642
F-6C	10.642	10.6465	10.651
F-6D	10.651	10.6555	10.660
F-7C	10.660	10.6645	10.669
F-7D	10.669	10.6735	10.678

CH 番号	チャネル幅：18MHz		
	下端 [MHz]	中心周波数 [GHz]	上端 [MHz]
F-1	10.552	10.561	10.570
F-2	10.570	10.579	10.588
F-3	10.588	10.597	10.606
F-4	10.606	10.615	10.624
F-5	10.624	10.633	10.642
F-6	10.642	10.651	10.660
F-7	10.660	10.669	10.678

図 4.3.12-3　F バンドにおける放送事業用チャンネルと電波天文の周波数関係

次世代 STL/TTL/TSL から電波天文への与干渉における検討諸元を表 4.3.12-2 と表 4.3.12-3 に示す。

表 4.3.12-2　次世代 STL/TTL/TSL の与干渉に係る検討諸元

周波数	M バンド　6.570GHz – 6.870GHz F バンド　10.55GHz – 10.68GHz
変調方式	STL/TTL　OFDM（256QAM　，　1024QAM　等）
最大送信電力	M バンド　2W F バンド　2W 4W（10.55GHz – 10.60GHz、4W は伝搬路条件等による最大値） 0.5W（10.60GHz～10.68GHz）
帯域幅	STL/TTL　7.6MHz
不要発射強度	帯域外領域 ：　100μW/MHz スプリアス領域 ：　50μW/MHz
空中線高 ※1	100m
空中線特性	電波法関係審査基準による（ 別紙 2　第 5 1（3） 別紙（3）-2 ）
給電系損失 ※2	M バンド　送信給電系損失　5.9dB F バンド　送信給電系損失　10.5dB

※1 第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告第 6.3.5 章
※2 H14 年 1 月 情報通信審議会答申 諮問 110 号「番組中継用デジタル回線の技術的条件」のうち
「デジタル 方式の STL/TTL の技術的条件」参考資料4 TS 伝送方式回線設計例（1）

表 4.3.12-3　電波天文の被干渉に係る検討諸元

周波数	6.65-6.6752GHz	6.65-6.6752GHz	10.6-10.68GHz	10.68-10.7GHz
周波数分配	ー 脚注 J39	ー 脚注 J39	一次分配 脚注 J39	一次分配 脚注 J119
検討対象局	和歌山大屋上	国土地理院石岡		
空中線	パラボラ 直径 3m	パラボラ 直径 13.2m		
空中線特性	全方向性(0dBi)	全方向性(0dBi)		
空中線高	30m	30m		
帯域幅	10MHz	10MHz	100MHz	100MHz
干渉許容値	-207dBW	-207dBW	-202dBW	-202dBW
参照規則	ITU-R 勧告 RA.769-2	ITU-R 勧告 RA.769-2	ITU-R 勧告 RA.769-2	ITU-R 勧告 RA.769-2

(2)共用検討の手法

検討モデル局を 200km×200km の範囲内に 1km ピッチで配置し、和歌山大学屋上及び国土地理院石岡の観測局を対象として、サイトスペシフィック検討を実施する。和歌山大学屋上及び国土地理院石岡の観測局の位置図を図 4.3.12-4 と図 4.3.12-5 に示す。

電波天文業務の検討対象周波数と次世代 STL/TTL/TSL の与干渉送信電力を表 4.3.12-4 に示す。なお、電波伝搬モデルは ITU-R 勧告 P.452-18 を使用することとする。

表 4.3.12-4　電波天文業務の検討対象周波数と次世代 STL/TTL/TSL の与干渉送信電力

No.	検討周波数		周波数関係	次世代 STL/TTL/TSL		検討の要否	検討対象局	備考
				周波数	与干渉送信電力			
1	M バンド	6.65-6.6752 GHz	周波数共用	M-10 (6.665GHz)	2W	○	和歌山大学屋上	
2	M バンド	6.65-6.6752GHz	周波数共用	M-10 (6.665GHz)	2W	○	国土地理院石岡	
3	F バンド	10.55-10.6GHz	隣接	10.64 GHz	帯域外領域 (100μW/MHz)		ー	干渉量が No.4 より小さいため検討省略
4	F バンド	10.6-10.68GHz	周波数共用	F-6C (10.6465GHz)	0.5W	○	国土地理院石岡	
5	ー	10.68-10.7GHz	隣接	10.69 GHz	帯域外領域 (100μW/MHz)	○	国土地理院石岡	



対象	和歌山大学屋上
緯度	北緯34° 15′ 59″
経度	東経135° 9′ 7″

図 4.3.12-4　検討対象電波天文施設　和歌山大学位置図



対象	国土地理院石岡
緯度	北緯36° 12′ 33″
経度	東経140° 13′ 08″

図 4.3.12-5 検討対象電波天文施設 国土地理院石岡位置図

サイトスペシフィック検討においては、観測局を中心に、縦 200 ポイント、横 200 ポイントの合計 40,000 ポイントに次世代 STL/TTL/TSL のモデル局を配置し、1 対 1 の検討を行う。

各ポイントに配置した次世代 STL/TTL/TSL の送信空中線が観測局方向を向いている状態を 0 度として、送信空中線の方位を変更した時の観測局に対する干渉影響を確認する。M バンド、F バンド（同一周波数）、F バンド（隣接帯域 10.68-10.7GHz への干渉）の 3 つのケースについて検討する。

計算式

$Pr = Pt + Gat - D\theta t - Lft - Lp + Gar - D\theta r - Lfr - Ld$[dBW]

Pr： 受信干渉電力[dBW]
Pt : 送信電力[dBW]
Gat : 送信アンテナ利得[dBi]
$D\theta t$: 送信アンテナ指向性減衰量[dB]
Lft : 送信回路損失[dB]
Lp : 送信点～観測局間の自由空間損失[dB]
Gar : 観測局アンテナ利得[dBi]
$D\theta r$: 観測局アンテナ指向性減衰量[dB]
Lfr : 観測局受信回路損失[dB]
Ld : リッジ損失[dB]（P.452-18 Bullington モデルにより算出）

各パラメータの値

送信局の地上高 : 30m
送信周波数 : M バンド M-10 チャネル（6.665GHz）
Fバンド F-6C チャネル（10.6465GHz）
Fバンド帯域外領域（10.69GHz）
Pt : M バンド 2W
F バンド 0.5W （隣接帯域への干渉は 100μW/MHz）
Gat : M バンド 42.0dBi、 Fバンド 44.4dBi
Lft : M バンド 5.9dB、 Fバンド 10.9dB
Gar : 0dBi
$D\theta r$: 0dB
Lfr : 0dB
P : 計算された基本伝送損失を超えない時間率 20%

（3）共用検討結果

M バンド、F バンド、F バンド（隣接帯域 10.68-10.7GHz への干渉）の全ての干渉評価において、見通し伝搬環境下では大きな所要改善量が必要となり、干渉が発生する地域は広範囲に及んでいる。一方、見通し外伝搬の環境であっても、送信アンテナと観測局との方向差が小さい場合には所要改善量がマイナスとはならず、一定範囲内で干渉地域が発生する。また、次世代 STL/TTL/TSL 送信アンテナの送信方向を変更し、観測局に対する方向差を拡大する

と、アンテナの指向性減衰の効果で干渉地域は縮小する。サイトスペシフィック検討の結果について、M バンドにおける和歌山大学屋上と国土地理院石岡の検討結果を図 4.3.12-6 と図 4.3.12-7 に、F バンドにおける検討結果を図 4.3.12-8 に、F バンドの隣接帯域における検討結果を図 4.3.12-9 にそれぞれ示す。

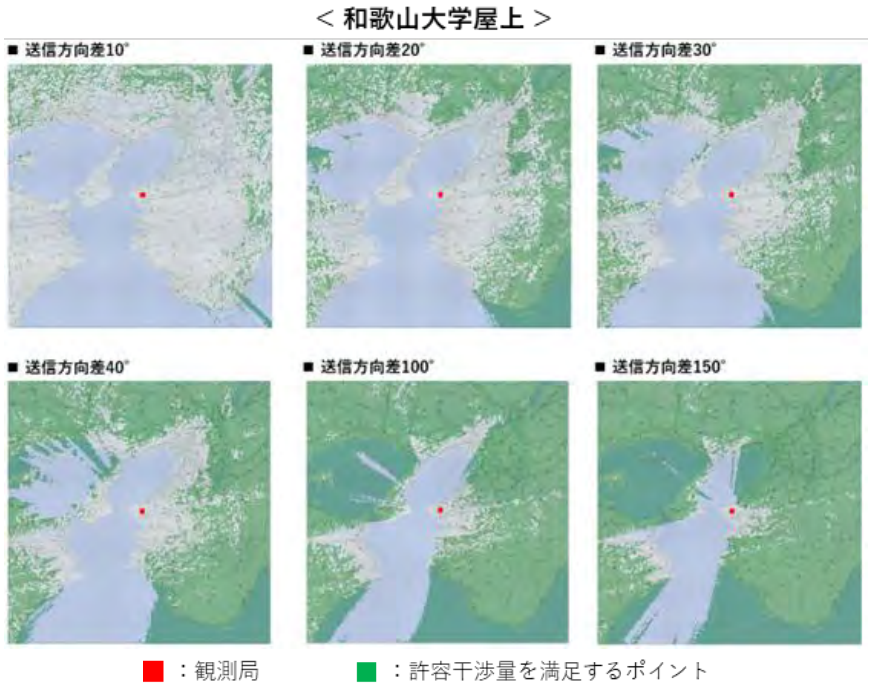


図 4.3.12-6 M バンドにおける和歌山大学屋上の検討結果



図 4.3.12-7 M バンドにおける国土地理院石岡の検討結果



図 4.3.12-8　F バンドにおける国土地理院石岡の検討結果

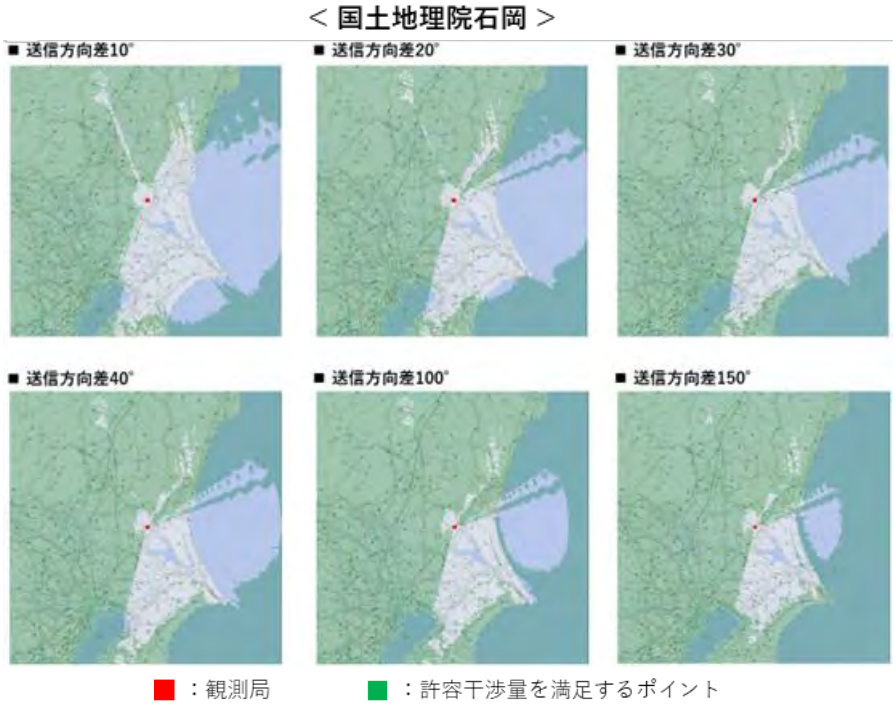


図 4.3.12-9　F バンドの隣接帯域における国土地理院石岡の検討結果

（4）次世代 STL/TTL/TSL を導入したときの電波天文業務における課題

電波天文の観測施設に対してサイトスペシフィック検討を実施した結果、観測施設から一定距離以内に次世代 STL/TTL/TSL の送信設備を設置する場合、これらの送信機の送信電力や空中線の方位といった運用条件によっては、観測施設に到来する電波強度が干渉保護基準を上回る可能性があることが示唆されている。

なお、観測施設における現在の干渉の影響を確認したところ、電波天文保護帯域外の信号が電波天文局の広帯域受信機に入るが、フィルタで除外するなどの措置が取られているという状況であった。

（5）共用条件の取りまとめ

同一の回線において現行 STL/TTL/TSL から次世代 STL/TTL/TSL へ移行する場合には、次世代 STL/TTL/TSL

の送信諸元が現行と同じであることから、電波天文業務に対する干渉量は従前と同様であり、電波天文業務に対する事前確認を省略することが可能と考えられる。

電波天文業務の観測施設から所要離隔距離※1の範囲内で電波天文業務と周波数を共用する次世代 STL/TTL/TSL の回線を新規に開設する場合には、関係当事者間において放送事業用システム及び電波天文業務の双方の安定的な運用を目指し、放送事業用システムの回線運用と電波天文業務の観測が共存可能であることを事前に確認することにより共用が可能である。事前確認※2を実施するチャネル番号を表 4.3.12-5 と表 4.3.12-6 に示す。

※1 所要離隔距離はサイトスペシフィック検討の結果から 100km 程度を想定
※2 関係当事者間における事前確認（事前協議）の具体的な方法については、適切な所要離隔距離の決定や地形を考慮した与干渉電力の算出方法、効率的な調整スキーム等を検討する必要がある。

表 4.3.12-5 事前確認を実施するチャネル番号（M バンド）

次世代 STL/TTL	次世代 TSL
M-9 M-10 M-11	MT-5 MT-6

表 4.3.12-6 事前確認を実施するチャネル番号（F バンド）

次世代 STL/TTL	次世代 TSL
F-3D	F-3
F-4C, F-4D	F-4
F-5C, F-5D	F-5
F-6C, F-6D	F-6
F-7C, F-7D	F-7

4.3.13 地球探査衛星業務（受動）

（1）概要

当該帯域で利用される地球探査衛星は、高性能マイクロ波放射計により地表や海面、大気などから自然に放射されるマイクロ波の観測に利用され、取得された地球観測データは、天気予報や気候変動の研究、災害監視などに必要な情報を提供している。

本検討においては、C バンド、M バンドと同一周波数、D バンドと同一周波数及び上隣接の帯域、F バンドと同一周波数及び上隣接の帯域における地球探査衛星（受動）との周波数共用について検討を実施した。共用検討の周波数帯を図 4.3.13-1 と表 4.3.13-1 に示す。

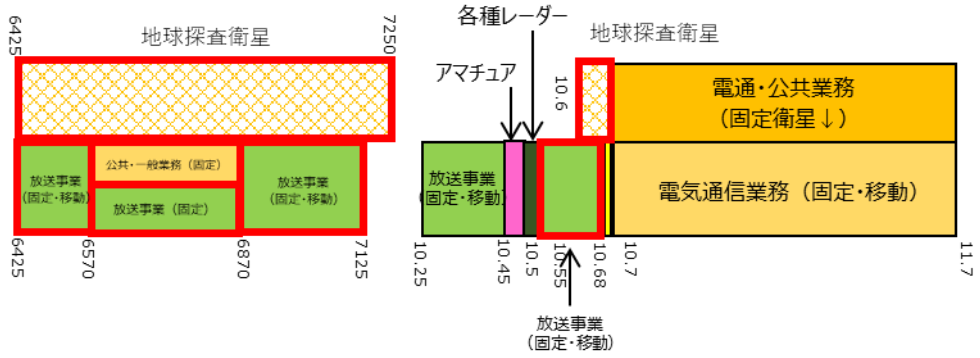


図 4.3.13-1 共用検討における地球探査衛星業務（受動）の周波数帯

表 4.3.13-1　共用検討における地球探査衛星業務(受動)の周波数帯

無線システム	周波数	備考
地球探査衛星業務(受動)	6,425-7,250MHz 10.6-10.7GHz	C/M/D バンド 共用 D バンド隣接 F バンド 共用・隣接

次世代 STL/TTL/TSL から地球探査衛星(受動)への与干渉における検討諸元を表 4.3.13-2 と表 4.3.13-3 に示す。

表 4.3.13-2　次世代 STL/TTL/TSL の与干渉に係る検討諸元

周波数	C バンド　6.425GHz - 6.570GHz D バンド　6.870GHz - 7.125GHz M バンド　6.570GHz - 6.870GHz F バンド　10.55GHz - 10.68GHz
変調方式	STL/TTL　OFDM(256QAM　,　1024QAM　等)
最大送信電力	C,D,M バンド　2W C,D バンド　4W (伝搬路条件等による最大値、放送バンドのみ) F バンド　0.5W
不要発射強度	帯域外領域:100μW/MHz(-10dBm/MHz) スプリアス領域:50μW/MHz(-13dBm/MHz)
帯域幅	STL/TTL　7.6MHz
空中線高 ※1	100m
空中線特性	電波法関係審査基準による(別紙 2 第 5 1(3) 別紙(3)-2)
給電系損失 ※2	C,D,M バンド　送信給電系損失　5.9dB F バンド　　送信給電系損失　10.5dB

※1 第 163 回情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告第 6.3.5 章
※2 H14 年 1 月 情報通信審議会答申 諮問 110 号「番組中継用デジタル回線の技術的条件」のうち
「デジタル 方式の STL/TTL の技術的条件」参考資料4 TS 伝送方式回線設計例(1)

表 4.3.13-3　地球探査衛星(受動)の被干渉に係る検討諸元

周波数	6.75-7.10GHz (中心周波数 6.925GHz)	10.600-10.700GHz (中心周波数 10.65GHz)
検討対象局	地球探査衛星 AMSR3 Sensor B7	地球探査衛星 AMSR3 Sensor C11
空中線	オフセットパラボラ (ビームスキャニング)	オフセットパラボラ (ビームスキャニング)
空中線利得	40.6dBi	44.1dBi
衛星高度	665.96km	665.96km
オフナディア角	47.7°	47.7°
スラントレンジ	1,066,287.3m	1,066,287.3m
帯域幅	350MHz	100MHz
干渉許容値	電力　-166dBW/200MHz	電力　-166dBW/100MHz

	時間率または場所率　0.1 %	時間率または場所率　0.1 %
瞬時可視域	33 x 57 km（1881km^2）	22 x 38 km（836km^2）
参照規則	ITU-R 勧告 RS.1861-1 ITU-R 勧告 RS.2017-0	ITU-R 勧告 RS.1861-1 ITU-R 勧告 RS.2017-0

（2）共用検討結果

地球探査衛星業務（受動）の無線システムとして、温室効果ガス・水循環観測技術衛星（GOSAT-GW）に搭載された高性能マイクロ波放射計3（AMSR3）との共用検討を実施した。検討周波数は、Sensor B7 の観測範囲である 6.75-7.10GHz 帯及び Sensor C11 の観測範囲である 10.6-10.7GHz 帯の2帯域とした。それぞれ、放送事業用周波数の C/M/D バンド共用または隣接、F バンド共用または隣接の周波数帯である。GOSAT-GW は衛星高度 665.96km で極軌道を周回する衛星であり、衛星の進行方向に対して前方向を円錐形（コニカルスキャニング）のモードで観測している。

まず 1 対 1 モデルでの干渉影響評価を、空中線が互いに水平面で正対している条件（最悪条件）で検討した。その結果、D バンドの所要改善量は 30.2dB、F バンドの所要改善量は 20.9dB となった。

次に、干渉量を緩和させる要素として、送信方向の角度差、周波数、偏波、場所率を検討した。その結果、それぞれの干渉量の減少分を積算値として見込むことで共用可能となる条件を算出した。

共用可能となる条件は、D バンドでは送信方向と衛星方向のオフセット角が 105 度以上、F バンドではすべての角度で共用可能となることが確認された。

（3）共用条件の取りまとめ

6,425-7,250MHz の共用検討では、送信方向の角度差、周波数、偏波、場所率を干渉緩和要素として検討した結果、干渉局の送信方向と衛星方向のオフセット角が 105 度以上で共用可能となった。なお、この周波帯は国際周波数分配の脚注 5.458 に基づき将来計画の地球探査衛星業務（受動）の需要に留意して検討したものであるが、現時点では周波数割当は無いため、参考値として記載している。

10.60-10.70GHz の共用検討では、同様の干渉緩和要素を検討した結果、すべてのオフセット角で共用可能となった。本検討では、次世代 STL/TTL/TSL の送信電力を 2W で計算しているが、実際の送信電力は伝送距離に応じて減力して使用していることから共用可能となる条件はさらに改善されると考えられる。

4.3.14 無線LAN

（1）概要

本検討においては、C バンドの下隣接の帯域における既存無線 LAN システムとの周波数共用について検討を実施した。加えて、C バンド、M バンド、D バンドの同一周波数における無線 LAN 拡張の検討対象帯域についても周波数共用の検討を実施した。共用検討の周波数帯を図 4.3.14-1 と表 4.3.14-1 に示す。

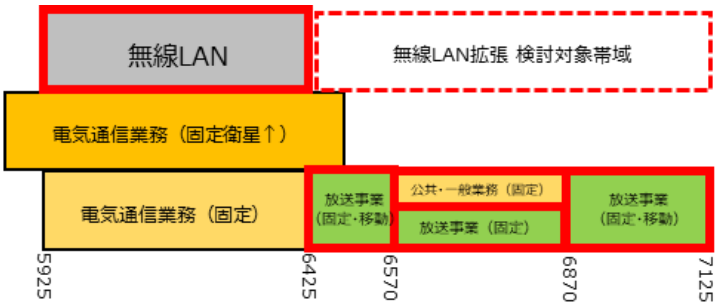


図 4.3.14-1　共用検討における無線 LAN の周波数帯

表 4.3.14-1　共用検討における無線 LAN の周波数帯

無線システム	周波数	備考
無線 LAN	5,925-7,125MHz	C/M/D バンド 共用 C バンド隣接

（2）共用検討結果

次世代 STL/TTL/TSL の無線諸元は、現行 STL/TTL/TSL の無線諸元と同等である。従って、5,925-6,425MHz 帯の既存無線 LAN に対する与干渉、被干渉共に、既存の共用検討結果と同等と考えられる。

一方、「6GHz 帯無線 LAN の周波数拡張等に係る技術的条件」に関する情報通信審議会 情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告（令和8年6月 11 日）に、5,925～7,125MHz における無線 LAN の SP（Standard Power）モードの導入に向けた既存システムとの共用検討結果が記載されている。それによると、6,425～7,125MHz （C/M/D バンド）における既存の固定業務の放送システムと無線 LAN（SP モード）との共用検討結果は、干渉保護基準である I/N≦-10dB に対して、AFC（Automated Frequency Coordination）システムにより場所に応じた出力及び周波数のコントロールを行うことを条件に共用可能とされている。次世代 STL/TTL/TSL の無線諸元は、現行 STL/TTL/TSL の無線諸元と同等であり、次世代 STL/TTL/TSL と 6,425～7,125MHz の無線 LAN（SP モード、AFC）との周波数共用に関しても、既存システムの共用検討結果と同等と考えられる。

（3）共用条件の取りまとめ

次世代 STL/TTL/TSL と既存帯域（5,925～6,425MHz）の無線 LAN とは共用が可能である。また、次世代 STL/TTL/TSL と無線 LAN 拡張の検討対象帯域（6,425～7,125MHz）の無線 LAN（SP モード、AFC）とも共用が可能である。

なお、令和8年6月 11 日付けの陸上無線通信委員会報告において、移動業務と無線 LAN（SP モード）との同一帯域の共用は困難との検討結果から、無線 LAN（SP モード）の対象帯域は、5,925～6,425MHz 及び 6,570～6,870MHz に限定されている。

5. 今後の検討課題

高度化 STL/TTL/TSL の M/N バンド IRF の検討課題は以下のとおり。

（1）共用検討の前提

高度化 STL/TTL/TSL は、2.3 映像 STL/TTL 高度化の技術的条件及び 3.3 映像 TSL 高度化の技術的条件にあるとおり、電波の質に関する諸元、干渉に関する諸元を現行方式の技術基準と同等としているため、与干渉量・被干渉量等の干渉条件は現行方式と同等となる。

（2）実機調査の結果

実機調査により、M/N 帯の電通・公共・一般業務の固定通信システムからの被干渉において、周波数差によっては IRF の実測値が現行の IRF よりも小さくなる電通等固定通信システムの装置が確認された。

（3）固定通信システムの高度化の議論との関係

「6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの高度化に係る技術的条件」に関する情報通信審議会 情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告（令和7年7月 17 日）において、「送信側無線機が IRF 規定を満たすよう設計することが困難となる問題があった」の記載があり、また、今後の対他システム（放送事業用システム）に関する IRF の更新の可能性についても言及されている。

M/N 帯の IRF については、今後の電通・公共・一般業務の固定通信システムの共用条件の考え方を踏まえた議論・整理が必要と考えられるため、現時点で、高度化 STL/TTL/TSL の M/N 帯の IRF を現行の IRF から変更することを決定できる状況ではない。

（4）混信計算への影響

高度化 STL/TTL/TSL 開局後に電通・公共・一般業務の固定通信システムの新規回線を開設する際にも、既設回線との混信計算に IRF が必要となる。

一方、現時点で現行 IRF からの変更値を決定できる状況にはないため、IRF の考え方が整理されるまでの当面の間は、電通・公共・一般業務の固定通信システムと高度化 STL/TTL/TSL との共用検討において、現行の IRF の値を適用することが必要である。

以上のことから、高度化 STL/TTL/TSL の M/N 帯の IRF は、電通・公共・一般業務の固定通信システムとの共用の観点から、現行の IRF を適用し、今後、電通・公共・一般業務の固定通信システム側の IRF の考え方が明確になった段階で、整合を取るために必要であれば見直しを含めた議論を行うこととする。

別紙1　　送信電力スペクトル特性(IP伝送方式)

IP 伝送方式の場合の送信電力スペクトル特性は、中心周波数からの周波数差が 0Hz の場合の電力を基準として、図 1 に示す相対電力を超えないこととする。

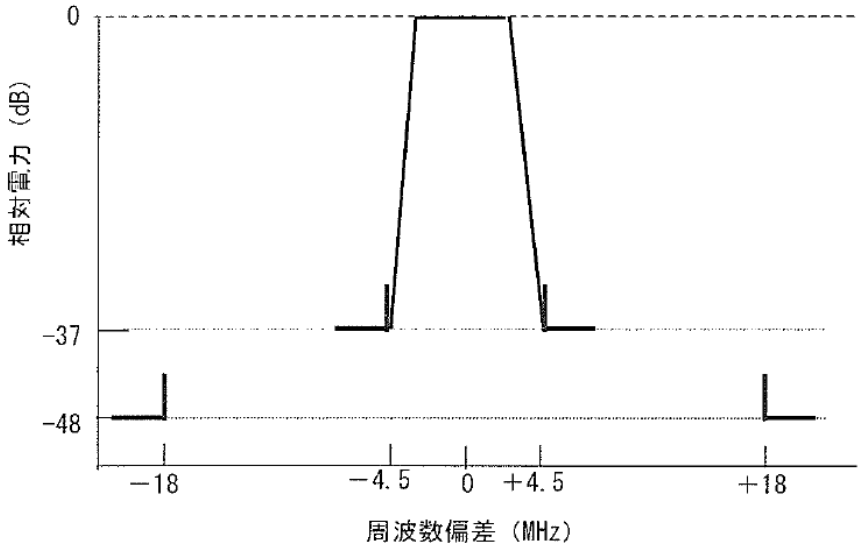


図 1　送信電力スペクトル特性(IP 伝送方式)

別紙2　　正対方向以外への等価等方輻射電力の制限(IP伝送方式)

表 1　正対方向以外への等価等方輻射電力の制限(単一周波数帯用)

周波数帯	空中線の放射角 (θ°)	輻射電力の制限値 (dBm)
C バンド 又は D バンド	4°≦θ＜ 48°	73.0－27.5･logθ
	48°≦θ＜ 90°	29.0
	90°≦θ＜110°	96.5－0.75･θ
	110°≦θ	14
E バンド 又は F バンド (10.55～10.60GHz)	4°≦θ＜ 48°	76.3－26.8･logθ
	48°≦θ＜ 90°	31.2
	90°≦θ＜110°	89.7－0.65･θ
	110°≦θ	18.2
F バンド (10.60～10.68GHz)	4°≦θ＜ 48°	67.3－26.8･logθ
	48°≦θ＜ 90°	22.2
	90°≦θ＜110°	80.7－0.65･θ
	110°≦θ	9.2
G バンド	3°≦θ＜ 48°	71.5－24.0･logθ
	48°≦θ＜ 90°	31.2
	90°≦θ＜110°	89.7－0.65･θ
	110°≦θ	18.2
M バンド 又は N バンド	4°≦θ＜ 40°	73.0－27.5･logθ
	40°≦θ＜ 90°	29.0
	90°≦θ＜110°	96.5－0.75･θ
	110°≦θ	14

表 2　正対方向以外への等価等方輻射電力の制限(近隣周波数帯共用)

共用周波数帯	周波数帯	空中線の放射角(θ°)	輻射電力の制限値 (dBm)
C バンド D バンド M バンド	C バンド 又は D バンド	4°≦θ＜ 48°	78.0－25.4･logθ
		48°≦θ＜ 90°	35.2
		90°≦θ＜110°	102.7－0.75･θ
		110°≦θ	20.2
	M バンド	4°≦θ＜ 40°	73.0－27.5･logθ
		40°≦θ＜ 90°	29.0
		90°≦θ＜110°	96.5－0.75･θ
		110°≦θ	14
D バンド N バンド	D バンド	4°≦θ＜ 48°	78.0－25.4･logθ
		48°≦θ＜ 90°	35.2
		90°≦θ＜110°	102.7－0.75･θ
		110°≦θ	20.2
	N バンド	4°≦θ＜ 40°	73.0－27.5･logθ
		40°≦θ＜ 90°	29.0
		90°≦θ＜110°	96.5－0.75･θ
		110°≦θ	14

E バンド F バンド	E バンド 又は F バンド （10.55-10.60GHz）	4°≦θ＜ 48°	78.1－26.8・log θ
		48°≦θ＜ 90°	33.2
		90°≦θ＜110°	91.7－0.65・θ
		110°≦θ	20.2
	F バンド （10.60-10.68GHz）	4°≦θ＜ 48°	69.3－26.8・log θ
		48°≦θ＜ 90°	24.2
		90°≦θ＜110°	82.7－0.65・θ
		110°≦θ	11.2

表 3 正対方向以外への等価等方輻射電力の制限（複数周波数帯共用（近隣周波数帯共用を除く））

共用周波数帯	空中線の放射角 （θ°）	輻射電力の制限値 （dBm）
C バンド 又は D バンド 異バンド	6°≦θ＜ 70°	81.2－23.9・log θ
	70°≦θ＜ 90°	37.2
	90°≦θ＜110°	95.5－0.65・θ
	110°≦θ	24.2
E バンド 又は F バンド（10.55～10.60GHz） 異バンド	6°≦θ＜ 70°	77.8－22.0・log θ
	70°≦θ＜ 90°	37.2
	90°≦θ＜110°	91.2－0.6・θ
	110°≦θ	25.2
F バンド（10.60～10.68GHz） 異バンド	6°≦θ＜ 70°	68.8－22.0・log θ
	70°≦θ＜ 90°	28.2
	90°≦θ＜110°	82.2－0.60・θ
	110°≦θ	16.2
G バンド 異バンド	6°≦θ＜ 70°	83.4－23.4・log θ
	70°≦θ＜ 90°	40.2
	90°≦θ＜110°	94.2－0.60・θ
	110°≦θ	28.2

別紙3　　送受信空中線特性(IP伝送方式)

表 1 送受信空中線特性(単一周波数帯用)

周波数帯	空中線の放射角 (θ°)	絶対利得の最大値 (dBi)
C バンド 又は D バンド	0°≦ θ < 4°	47.6－1.26・θ^2
	4°≦ θ < 40°	44.0－27.5・log θ
	40°≦ θ < 90°	0
	90°≦ θ < 110°	67.5－0.75・θ
	110°≦ θ	－15
E バンド 又は F バンド	0°≦ θ < 4°	51.3－1.33・θ^2
	4°≦ θ < 48°	46.1－26.8・log θ
	48°≦ θ < 90°	1
	90°≦ θ < 110°	59.5－0.65・θ
	110°≦ θ	－12
G バンド	0°≦ θ < 3°	53.2－2.58・θ^2
	3°≦ θ < 48°	41.3－24・log θ
	48°≦ θ < 90°	1
	90°≦ θ < 110°	59.5－0.65・θ
	110°≦ θ	－12
M バンド 又は N バンド	0°≦ θ < 4°	48.0－1.28・θ^2
	4°≦ θ < 40°	44.0－27.5・log θ
	40°≦ θ < 90°	0
	90°≦ θ < 110°	67.5－0.75・θ
	110°≦ θ	－15

表 2 送受信空中線特性(近隣周波数帯共用)

共用周波数帯	周波数帯	空中線の放射角(θ°)	絶対利得の最大値 (dBi)
C バンド D バンド M バンド	C バンドと D バンドの特性	0°≦ θ < 4°	47.6－1.07・θ^2
		4°≦ θ < 48°	45.8－25.4・log θ
		48°≦ θ < 90°	3
		90°≦ θ < 110°	70.5－0.75・θ
		110°≦ θ	－12
	M バンドの特性	0°≦ θ < 4°	48.0－1.28・θ^2
		4°≦ θ < 40°	44.0－27.5・log θ
		40°≦ θ < 90°	0
		90°≦ θ < 110°	67.5－0.75・θ
		110°≦ θ	－15
D バンド N バンド	D バンドの特性	0°≦ θ < 4°	48.2－1.11・θ^2
		4°≦ θ < 48°	45.8－25.4・log θ
		48°≦ θ < 90°	3
		90°≦ θ < 110°	70.5－0.75・θ
		110°≦ θ	－12
	N バンドの特性	0°≦ θ < 4°	48.0－1.28・θ^2

		$4^\circ \leqq \theta < 40^\circ$	$44.0-27.5 \cdot \log\theta$
		$40^\circ \leqq \theta < 90^\circ$	0
		$90^\circ \leqq \theta < 110^\circ$	$67.5-0.75 \cdot \theta$
		$110^\circ \leqq \theta$	−15
C バンド D バンド	C バンドと D バンドの特性	$0^\circ \leqq \theta < 4^\circ$	$47.6-1.07 \cdot \theta^2$
		$4^\circ \leqq \theta < 48^\circ$	$45.8-25.4 \cdot \log\theta$
		$48^\circ \leqq \theta < 90^\circ$	3
		$90^\circ \leqq \theta < 110^\circ$	$70.5-0.75 \cdot \theta$
		$110^\circ \leqq \theta$	−12
E バンド F バンド	E バンドと F バンドの特性	$0^\circ \leqq \theta < 4^\circ$	$51.3-1.21 \cdot \theta^2$
		$4^\circ \leqq \theta < 48^\circ$	$48.1-26.8 \cdot \log\theta$
		$48^\circ \leqq \theta < 90^\circ$	3
		$90^\circ \leqq \theta < 110^\circ$	$61.5-0.65 \cdot \theta$
		$110^\circ \leqq \theta$	−10

表 3 送受信空中線特性（複数周波数帯共用（近隣周波数帯共用を除く））

共用周波数帯	空中線の放射角 （θ°）	絶対利得の最大値 （dBi）
C バンド 又は D バンド 異バンド	$0^\circ \leqq \theta < 6^\circ$	$47.6-0.475 \cdot \theta^2$
	$6^\circ \leqq \theta < 70^\circ$	$49.1-23.9 \cdot \log\theta$
	$70^\circ \leqq \theta < 90^\circ$	5
	$90^\circ \leqq \theta < 110^\circ$	$63.5-0.65 \cdot \theta$
	$110^\circ \leqq \theta$	−8
E バンド 又は F バンド 異バンド	$0^\circ \leqq \theta < 6^\circ$	$51.3-0.578 \cdot \theta^2$
	$6^\circ \leqq \theta < 70^\circ$	$47.6-22.0 \cdot \log\theta$
	$70^\circ \leqq \theta < 90^\circ$	7
	$90^\circ \leqq \theta < 110^\circ$	$61.0-0.60 \cdot \theta$
	$110^\circ \leqq \theta$	−5
G バンド 異バンド	$0^\circ \leqq \theta < 6^\circ$	$53.2-0.506 \cdot \theta^2$
	$6^\circ \leqq \theta < 70^\circ$	$53.2-23.4 \cdot \log\theta$
	$70^\circ \leqq \theta < 90^\circ$	10
	$90^\circ \leqq \theta < 110^\circ$	$64.0-0.60 \cdot \theta$
	$110^\circ \leqq \theta$	−2

（注）「異バンド」には、M バンド及び N バンドは含まれないものとする。

別紙4　　送信電力スペクトル特性（次世代IF伝送方式）

次世代 IF 伝送方式の場合の送信電力スペクトル特性は、中心周波数からの周波数差が 0Hz の場合の電力を基準として、図 1～図 3 に示す相対電力を超えないこととする。

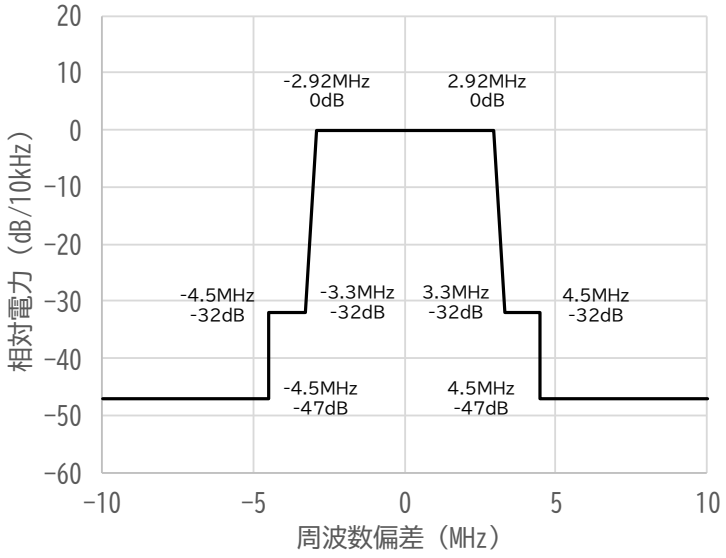


図 1　送信電力スペクトル特性（サービスチャネル信号を使用しない独立同期方式の場合）

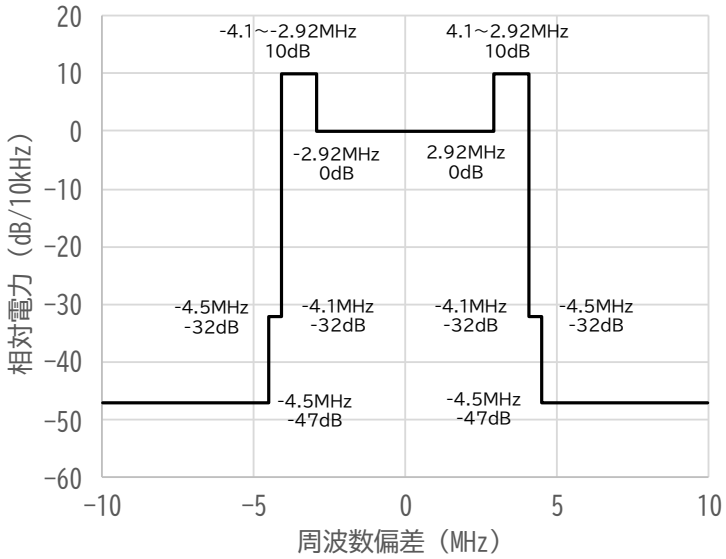


図 2　送信電力スペクトル特性（サービスチャネル信号を使用する独立同期方式の場合及び従属同期方式（低雑音方式を除く）の場合）

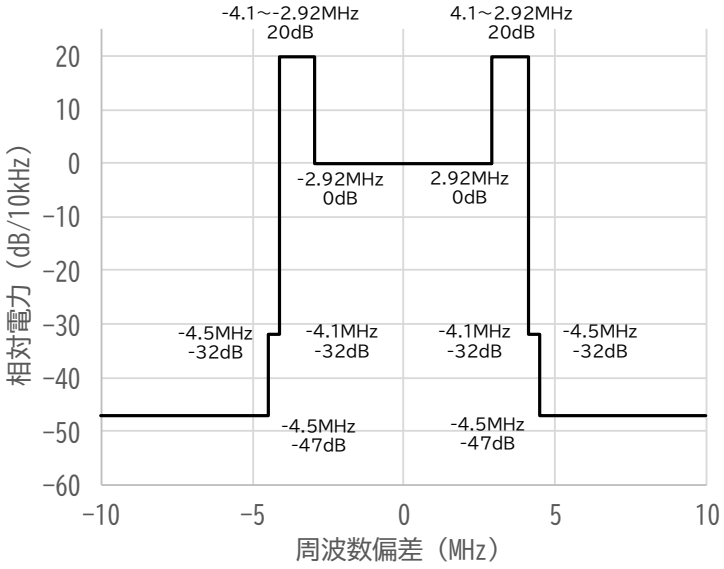


図 3　送信電力スペクトル特性（従属同期方式（低雑音方式）の場合）

別紙5　　正対方向以外への等価等方輻射電力の制限（次世代IF伝送方式）

表 1　正対方向以外への等価等方輻射電力の制限（単一周波数帯用）

周波数帯	空中線の放射角 （θ°）	輻射電力の制限値 （dBm）
C バンド 又は D バンド	4°≦θ＜ 48°	73.0－27.5･logθ
	48°≦θ＜ 90°	29.0
	90°≦θ＜110°	96.5－0.75･θ
	110°≦θ	14
E バンド 又は F バンド （10.55～10.60GHz）	4°≦θ＜ 48°	76.3－26.8･logθ
	48°≦θ＜ 90°	31.2
	90°≦θ＜110°	89.7－0.65･θ
	110°≦θ	18.2
F バンド （10.60～10.68GHz）	4°≦θ＜ 48°	67.3－26.8･logθ
	48°≦θ＜ 90°	22.2
	90°≦θ＜110°	80.7－0.65･θ
	110°≦θ	9.2
G バンド	3°≦θ＜ 48°	71.5－24.0･logθ
	48°≦θ＜ 90°	31.2
	90°≦θ＜110°	89.7－0.65･θ
	110°≦θ	18.2

表 2　正対方向以外への等価等方輻射電力の制限（近隣周波数帯共用）

共用周波数帯	周波数帯	空中線の放射角（θ°）	輻射電力の制限値 （dBm）
C バンド D バンド	C バンド 又は D バンド	4°≦θ＜ 48°	78.0－25.4･logθ
		48°≦θ＜ 90°	35.2
		90°≦θ＜110°	102.7－0.75･θ
		110°≦θ	20.2
E バンド F バンド	E バンド 又は F バンド （10.55-10.60GHz）	4°≦θ＜ 48°	78.1－26.8･logθ
		48°≦θ＜ 90°	33.2
		90°≦θ＜110°	91.7－0.65･θ
		110°≦θ	20.2
	F バンド （10.60-10.68GHz）	4°≦θ＜ 48°	69.3－26.8･logθ
		48°≦θ＜ 90°	24.2
		90°≦θ＜110°	82.7－0.65･θ
		110°≦θ	11.2

表 3　正対方向以外への等価等方輻射電力の制限（複数周波数帯共用（近隣周波数帯共用を除く））

共用周波数帯	空中線の放射角 （θ°）	輻射電力の制限値 （dBm）
C バンド 又は	6°≦θ＜ 70°	81.2－23.9･logθ
	70°≦θ＜ 90°	37.2

D バンド 異バンド	90°≦θ＜110°	95.7－0.65・θ
	110°≦θ	24.2
E バンド 又は F バンド（10.55～10.60GHz） 異バンド	6°≦θ＜ 70°	77.8－22.0・logθ
	70°≦θ＜ 90°	37.2
	90°≦θ＜110°	91.2－0.6・θ
	110°≦θ	25.2
F バンド（10.60～10.68GHz） 異バンド	6°≦θ＜ 70°	68.8－22.0・logθ
	70°≦θ＜ 90°	28.2
	90°≦θ＜110°	82.2－0.60・θ
	110°≦θ	16.2
G バンド 異バンド	6°≦θ＜ 70°	83.4－23.4・logθ
	70°≦θ＜ 90°	40.2
	90°≦θ＜110°	94.2－0.60・θ
	110°≦θ	28.2

別紙6　　送受信空中線特性（次世代IF伝送方式）

表 1 送受信空中線特性（単一周波数帯用）

周波数帯	空中線の放射角 （θ°）	絶対利得の最大値 （dBi）
C バンド 又は D バンド	0°≦ θ ＜ 4°	47.6－1.26・θ^2
	4°≦ θ ＜ 40°	44.0－27.5・logθ
	40°≦ θ ＜ 90°	0
	90°≦ θ ＜ 110°	67.5－0.75・θ
	110°≦ θ	－15
E バンド 又は F バンド	0°≦ θ ＜ 4°	51.3－1.33・θ^2
	4°≦ θ ＜ 48°	46.1－26.8・logθ
	48°≦ θ ＜ 90°	1
	90°≦ θ ＜ 110°	59.5－0.65・θ
	110°≦ θ	－12
G バンド	0°≦ θ ＜ 3°	53.2－2.58・θ^2
	3°≦ θ ＜ 48°	41.3－24・logθ
	48°≦ θ ＜ 90°	1
	90°≦ θ ＜ 110°	59.5－0.65・θ
	110°≦ θ	－12

表 2 送受信空中線特性（近隣周波数帯共用）

共用周波数帯	周波数帯	空中線の放射角（θ°）	絶対利得の最大値 （dBi）
C バンド D バンド	C バンドと D バンドの特性	0°≦ θ ＜ 4°	47.6－1.07・θ^2
		4°≦ θ ＜ 48°	45.8－25.4・logθ
		48°≦ θ ＜ 90°	3
		90°≦ θ ＜ 110°	70.5－0.75・θ
		110°≦ θ	－12
E バンド F バンド	E バンドと F バンドの特性	0°≦ θ ＜ 4°	51.3－1.21・θ^2
		4°≦ θ ＜ 48°	48.1－26.8・logθ
		48°≦ θ ＜ 90°	3
		90°≦ θ ＜ 110°	61.5－0.65・θ
		110°≦ θ	－10

表 3 送受信空中線特性（複数周波数帯共用（近隣周波数帯共用を除く））

共用周波数帯	空中線の放射角 （θ°）	絶対利得の最大値 （dBi）
C バンド 又は D バンド 異バンド	0°≦ θ ＜ 6°	47.6－0.475・θ^2
	6°≦ θ ＜ 70°	49.1－23.9・logθ
	70°≦ θ ＜ 90°	5
	90°≦ θ ＜ 110°	63.5－0.65・θ
	110°≦ θ	－8

E バンド 又は F バンド 異バンド	$0^\circ \leqq \theta < 6^\circ$	$51.3-0.578\cdot\theta^2$
	$6^\circ \leqq \theta < 70^\circ$	$47.6-22.0\cdot\log\theta$
	$70^\circ \leqq \theta < 90^\circ$	7
	$90^\circ \leqq \theta < 110^\circ$	$61.0-0.60\cdot\theta$
	$110^\circ \leqq \theta$	−5
G バンド 異バンド	$0^\circ \leqq \theta < 6^\circ$	$53.2-0.506\cdot\theta^2$
	$6^\circ \leqq \theta < 70^\circ$	$53.2-23.4\cdot\log\theta$
	$70^\circ \leqq \theta < 90^\circ$	10
	$90^\circ \leqq \theta < 110^\circ$	$64.0-0.60\cdot\theta$
	$110^\circ \leqq \theta$	−2

（注）「異バンド」には、M バンド及び N バンドは含まれないものとする。

別紙7　　送信電力スペクトル特性（次世代TSL伝送方式）

次世代 TSL 伝送方式の場合の送信電力スペクトル特性は、中心周波数からの周波数差が 0Hz の場合の電力を基準として、図 1～図 2 に示す相対電力を超えないこととする。

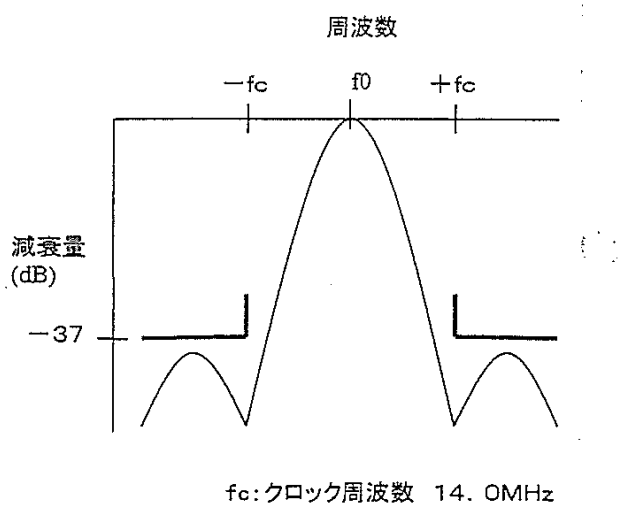


図 1　送信電力スペクトル特性（C/D/E/F/G バンド、ただし C-8 及び D-1 を除く）

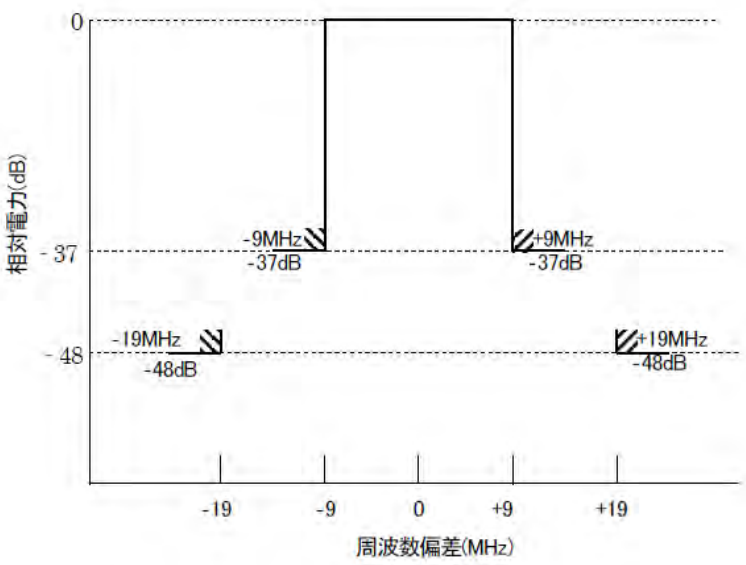


図 2　送信電力スペクトル特性（C-8 及び D-1、M/N バンド）

別紙8　　正対方向以外への等価等方輻射電力の制限（次世代TSL伝送方式）

表 1　単一周波数用空中線の場合の正対方向以外への等価等方輻射電力の制限値

使用周波数帯	空中線の放射角（θ）	等価等方輻射電力の制限値 [dBm]
Cバンド (6,425～6,570MHz) Dバンド (6,870～7,125MHz)	4° ≤ θ < 48°	75.1 － 25.5 log θ
	48° ≤ θ < 90°	32.2
	90° ≤ θ < 110°	99.7 － 0.75 θ
	110° ≤ θ	17.2
Mバンド (6,570～6,870MHz) Nバンド (7,425～7,750MHz)	4° ≤ θ < 40°	73 － 27.5 log θ
	40° ≤ θ < 90°	29.0
	90° ≤ θ < 110°	96.5 － 0.75 θ
	110° ≤ θ	14
Eバンド (10.25～10.45GHz)	4° ≤ θ < 48°	76.3 － 26.8 log θ
	48° ≤ θ < 90°	31.2
	90° ≤ θ < 110°	89.7 － 0.65 θ
	110° ≤ θ	18.2
Fバンド (10.55～10.60GHz)	4° ≤ θ < 48°	76.3 － 26.8 log θ
	48° ≤ θ < 90°	31.2
	90° ≤ θ < 110°	89.7 － 0.65 θ
	110° ≤ θ	18.2
Fバンド (10.60～10.68GHz)	4° ≤ θ < 48°	67.3 － 26.8 log θ
	48° ≤ θ < 90°	22.2
	90° ≤ θ < 110°	80.7 － 0.65 θ
	110° ≤ θ	9.2
Gバンド (12.95～13.25GHz)	3° ≤ θ < 48°	71.5 － 24.0 log θ
	48° ≤ θ < 90°	31.2
	90° ≤ θ < 110°	89.7 － 0.65 θ
	110° ≤ θ	18.2

表 2　隣接周波数帯共用空中線の場合の正対方向以外への等価等方輻射電力の制限値

（C/D バンド共用、E/F バンド共用に限る。）

使用周波数帯	空中線の放射角（θ）	等価等方輻射電力の制限値 [dBm]
Cバンド (6,425～6,570MHz) Dバンド (6,870～7,125MHz)	4° ≤ θ < 48°	78.0 － 25.4 log θ
	48° ≤ θ < 90°	35.2
	90° ≤ θ < 110°	102.7 － 0.75 θ
	110° ≤ θ	20.2
Eバンド (10.25～10.45GHz) Fバンド (10.55～10.60GHz)	4° ≤ θ < 48°	78.3 － 26.8 log θ
	48° ≤ θ < 90°	33.2
	90° ≤ θ < 110°	91.7 － 0.65 θ
	110° ≤ θ	20.2
Eバンド Fバンド (10.60～10.68GHz)	4° ≤ θ < 48°	69.3 － 26.8 log θ
	48° ≤ θ < 90°	24.2
	90° ≤ θ < 110°	82.7 － 0.65 θ
	110° ≤ θ	11.2

表 3 異なる周波数帯を共用する空中線の場合の正対方向以外への等価等方輻射電力の制限値

使用周波数帯	空中線の放射角（θ）	等価等方輻射電力の制限値 [dBm]
Cバンド/異バンド (6,425～6,570MHz) Dバンド/異バンド (6,870～7,125MHz)	6° ≤ θ < 70°	81.2 − 23.9 log θ
	70° ≤ θ < 90°	37.2
	90° ≤ θ < 110°	95.7 − 0.65 θ
	110° ≤ θ	24.2
Eバンド/異バンド (10.25～10.45GHz)	6° ≤ θ < 70°	77.8 − 22.0 log θ
	70° ≤ θ < 90°	37.2
	90° ≤ θ < 110°	91.2 − 0.60 θ
	110° ≤ θ	25.2
Fバンド /異バンド (10.55～10.60GHz)	6° ≤ θ < 70°	77.8 − 22.0 log θ
	70° ≤ θ < 90°	37.2
	90° ≤ θ < 110°	91.2 − 0.60 θ
	110° ≤ θ	25.2
Fバンド /異バンド (10.60～10.68GHz)	6° ≤ θ < 70°	68.8 − 22.0 log θ
	70° ≤ θ < 90°	28.2
	90° ≤ θ < 110°	82.2 − 0.60 θ
	110° ≤ θ	16.2
Gバンド/異バンド (12.95～13.25GHz)	6° ≤ θ < 70°	83.4 − 23.4 log θ
	70° ≤ θ < 90°	40.2
	90° ≤ θ < 110°	94.2 − 0.60 θ
	110° ≤ θ	28.2

別紙9　　送受信空中線特性（次世代TSL伝送方式）

表 1　単一周波数用空中線の場合の送受信空中線特性

使用周波数帯	空中線の放射角（θ）	送受信空中線特性 [dBi]
Cバンド （6,425～6,570MHz） Dバンド （6,870～7,125MHz）	0° ≤ θ ＜ 4°	49.0 － 1.34 θ^2
	4° ≤ θ ＜ 48°	42.9 － 25.5 log θ
	48° ≤ θ ＜ 90°	0
	90° ≤ θ ＜ 110°	67.5 － 0.75 θ
	110° ≤ θ	－15
Mバンド （6,570～6,870MHz） Nバンド （7,425～7,750MHz）	0° ≤ θ ＜ 4°	48.0 － 1.28 θ^2
	4° ≤ θ ＜ 48°	44.0 － 27.5 log θ
	48° ≤ θ ＜ 90°	0
	90° ≤ θ ＜ 110°	67.5 － 0.75 θ
	110° ≤ θ	－15
Eバンド （10.25～10.45GHz）	0° ≤ θ ＜ 4°	52.6 － 1.41 θ^2
	4° ≤ θ ＜ 48°	46.1 － 26.8 log θ
	48° ≤ θ ＜ 90°	1
	90° ≤ θ ＜ 110°	59.5 － 0.65 θ
	110° ≤ θ	－12
Fバンド （10.55～10.68GHz）	0° ≤ θ ＜ 4°	53.0 － 1.43 θ^2
	4° ≤ θ ＜ 48°	46.1 － 26.8 log θ
	48° ≤ θ ＜ 90°	1
	90° ≤ θ ＜ 110°	59.5 － 0.65 θ
	110° ≤ θ	－12
Gバンド （12.95～13.25GHz）	0° ≤ θ ＜ 3°	54.7 - 2.74 θ^2
	3° ≤ θ ＜ 48°	41.3 － 24 log θ
	48° ≤ θ ＜ 90°	1
	90° ≤ θ ＜ 110°	59.5 － 0.65 θ
	110° ≤ θ	－12

表 2　隣接周波数帯共用空中線の場合の送受信空中線特性

（C/D バンド共用、E/F バンド共用に限る。）

使用周波数帯	空中線の放射角（θ）	送受信空中線特性 [dBi]
Cバンド （6,425～6,570MHz） Dバンド （6,870～7,125MHz）	0° ≤ θ ＜ 4°	49.5 － 1.18 θ^2
	4° ≤ θ ＜ 48°	45.8 － 25.4 log θ
	48° ≤ θ ＜ 90°	3
	90° ≤ θ ＜ 110°	70.5 － 0.75 θ
	110° ≤ θ	－12
Eバンド （10.25～10.45GHz） Fバンド （10.55～10.68GHz）	0° ≤ θ ＜ 4°	53.0 － 1.31 θ^2
	4° ≤ θ ＜ 48°	48.1 － 26.8 log θ
	48° ≤ θ ＜ 90°	3
	90° ≤ θ ＜ 110°	61.5 － 0.65 θ
	110° ≤ θ	－10

表 3 異なる周波数帯を共用する空中線の場合の送受信空中線特性

使用周波数帯	空中線の放射角（θ）	送受信空中線特性 [dBi]
Cバンド/異バンド (6,425～6,570MHz)	0° ≤ θ < 6°	49.0 − 0.514 θ^2
	6° ≤ θ < 70°	49.1 − 23.9 log θ
	70° ≤ θ < 90°	5
	90° ≤ θ < 110°	63.5 − 0.65 θ
	110° ≤ θ	−8
Dバンド/異バンド (6,870～7,125MHz)	0° ≤ θ < 6°	49.5 − 0.528 θ^2
	6° ≤ θ < 70°	49.1 − 23.9 log θ
	70° ≤ θ < 90°	5
	90° ≤ θ < 110°	63.5 − 0.65 θ
	110° ≤ θ	−8
Eバンド/異バンド (10.25～10.45GHz)	0° ≤ θ < 6°	52.6 − 0.614 θ^2
	6° ≤ θ < 70°	47.6 − 22 .0 log θ
	70° ≤ θ < 90°	7
	90° ≤ θ < 110°	61.0 − 0.6 θ
	110° ≤ θ	−5
Fバンド/異バンド (10.55～10.68GHz)	0° ≤ θ < 6°	53.0 − 0.625 θ^2
	6° ≤ θ < 70°	47.6 − 22.0 log θ
	70° ≤ θ < 90°	7
	90° ≤ θ < 110°	61.0 − 0.6 θ
	110° ≤ θ	−5
Gバンド/異バンド (12.95～13.25GHz)	0° ≤ θ < 6°	54.7 − 0.547 θ^2
	6° ≤ θ < 70°	53.2 − 23.4 log θ
	70° ≤ θ < 90°	10
	90° ≤ θ < 110°	64.0 − 0.6 θ
	110° ≤ θ	−2

参 考 資 料

参考資料1　　IP伝送方式のプログラム多重伝送

IP 伝送方式では、伝送容量の拡大により、地上放送高度化方式のプログラム伝送信号（放送 MMT）の単一伝送のみならず、現行地上デジタルテレビジョン放送のプログラム伝送信号である放送 TS も含めた複数のプログラム伝送信号の多重伝送が可能となる。また、放送 TS を伝送する際に、放送 TS のヌルデータを削除した「圧縮放送 TS」の形式とすることで、効率的な多重を行うことができる。

地上デジタルテレビジョン放送から地上放送高度化方式への移行方法がさまざまに検討されている。それらに対応した IP 伝送方式のプログラム伝送信号の多重伝送の組合せ例を表 1 に示す。各組合せパターンの概要は以下のとおりである。

組合せパターン 1：サイマル期や移行後に、2 つの事業者の地上放送高度化方式の番組を 1 つのチャネルで伝送する場合に想定される、事業者 A と B の 2 つの 4K 番組からなる 1 つの放送 MMT を STL/TTL で伝送する場合

組合せパターン 2：サイマル期に、それぞれの事業者が、現行地デジの番組と地上放送高度化方式の番組を 1 チャネルで伝送する際に想定される、事業者 A の放送 TS と、事業者 A の 1 つの 4K 番組からなる放送 MMT を STL/TTL で多重して伝送する場合

組合せパターン 3：サイマル期に、事業者 B の放送 TS と、事業者 A と B の 2 つの 4K 番組からなる放送 TS とを STL/TTL で多重して伝送する場合

組合せパターン 4：移行後に、事業者 A の 1 つの 4K 番組からなる放送 MMT を STL/TTL で伝送する場合

組合せパターン 5：サイマル期に、事業者 A と B の 2 つの放送 TS を STL/TTL で多重して伝送し、空いたチャネルで 4K 番組の放送 MMT を STL/TTL で伝送する場合

組合せパターン 6：サイマル期に、事業者 A から E までの 5 つの放送 TS を STL/TTL で多重して伝送し、空いたチャネルで 4K 番組の放送 MMT を STL/TTL で伝送する場合

組合せパターン 7：サイマル期や移行後に、事業者 A から C までの 3 つの放送 MMT を STL/TTL で多重して伝送する場合

それぞれの組合せパターンにおける、放送 MMT と圧縮放送 TS の多重数、及び STL/TTL 伝送時の最大レートの想定から、所要伝送レートを見積った。この表から、組合せパターン 1～5 を実現するものとして 50Mbps 級の伝送容量、組合せパターン 6～7 を実現するものとして 100Mbps 級の伝送容量に分類した。

放送 MMT の STL/TTL 伝送時最大レートは、地上放送高度化方式の放送波の所要 C/N として 3 とおりを想定し、地上放送高度化方式で想定される伝送パラメータ（2 サブフレーム 2 階層）から、1 サブフレーム 1 階層に換算して、最大レートを見込んだ（表 2）。実際の運用では、これよりも少ないレートとなることが想定されるため、上限として考える。

一方、圧縮放送 TS の STL/TTL 伝送時最大レートは、現行地上デジタルテレビジョン放送で運用されている伝送パラメータに応じた階層ごとのパケット数と、AC を伝送するパケット数を想定して、最大レートを見込んだ（表 3）。

表１　移行方法を考慮したプログラム伝送信号の多重組合せ例

放送波（UHF帯）1チャネル当たり
4K　１事業者（黒字）
4K 4K　２事業者（青字）

組合せパターン		1	2	3	4	5	6	7
マイクロ波1chに収容するイメージ		4K 4K 事業者 A/B	地デジ 4K 事業者 A＋A(4K)	地デジ 4K 4K 事業者 B+A/B(4K)	4K 事業者 A	地デジ 地デジ 事業者 A+B	地デジ 地デジ 地デジ 地デジ 地デジ 事業者 A+B+C+D+E	4K 4K 4K 事業者 A+B+C
多重数	放送MMT※1	1	1	1	1	0	0	3
	圧縮放送TS※2	0	1	1	0	2	5	0
所要伝送レート[Mbps]	放送波所要C/N18.2dB	29.62	49.04	組合せパターン2と同じ	組合せパターン1と同じ	38.86	97.14	88.84
	放送波所要C/N19.7dB	32.28	51.71					96.84
	放送波所要C/N21.3dB	34.99	54.42					104.97
遅延時間の制約		なし	あり	あり	なし	あり	あり	なし

SISOで対応　MIMOで対応

※1：地上放送高度化方式の放送波UHF１チャネル毎に生成されるプログラム伝送信号。　※2：現行地デジのプログラム伝送信号である放送TSのヌルデータを削除してSTL/TTLで伝送する形式。

放送波所要C/N [dB]	放送MMTのSTL/TTL伝送時最大レート [Mbps]	圧縮放送TSSTL/TTL伝送時最大レート [Mbps]
18.2	29.62	19.43
19.7	32.28	
21.3	34.99	

SISO/MIMO	伝送パラメータ候補	伝送容量 [Mbps]（Short符号）	所要C/N [dB]（Short符号）
SISO（50Mbps級）	256QAM（14/16） 1024QAM（11/16） 1024QAM（12/16）	47.2 46.2 50.4	24.1 24.1 26.1
MIMO（100Mbps級）	256QAM（14/16） 1024QAM（11/16） 1024QAM（12/16）	94.4 92.4 100.9	24.1 24.1 26.1

表２　放送 MMT の STL/TTL 伝送時最大レート

所要C/N	番組数/チャンネル	1番組/1チャンネル		2番組/1チャンネル	
	階層伝送*	周波数分割多重（サブフレーム1つ）	時分割多重（サブフレーム2つ）	周波数分割多重（サブフレーム1つ）	時分割多重（サブフレーム2つ）
18.2dB	キャリア変調方式	256QAM-NUC	256QAM-NUC	256QAM-NUC	256QAM-NUC
	符号化率	11/16	11/16	11/16	11/16
	データレート[Mbps]	24.41	25.03	20.54（10.27/番組）	21.29（10.65/番組）
19.7dB	キャリア変調方式	256QAM-NUC	256QAM-NUC	256QAM-NUC	256QAM-NUC
	符号化率	12/16	12/16	12/16	12/16
	データレート[Mbps]	26.63	27.30	22.41（11.21/番組）	23.22（11.61/番組）
21.3dB	キャリア変調方式	256QAM-NUC	256QAM-NUC	256QAM-NUC	256QAM-NUC
	符号化率	13/16	13/16	13/16	13/16
	データレート[Mbps]	28.85	29.58	24.28（12.14/番組）	25.16（12.58/番組）

2サブフレーム2階層の最大情報レート

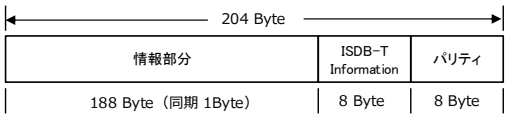
※パケットに若干のオーバーヘッドを付加

放送波の所要C/N [dB]	1サブフレーム1階層の最大情報レート[Mbps]		放送MMTの最大レート [Mbps]	放送MMTのSTL/TTL伝送時最大レート※ [Mbps]
18.2	28.74		29.48	29.62
19.7	31.36		32.14	32.28
21.3	33.99	約2.5%増加	34.84	34.99

表 3　圧縮放送 TS の STL/TTL 伝送時最大レート

- 圧縮放送TSのSTL/TTL伝送時パケット長
  - 通常パケット：204-8=196 Byte
  - 圧縮パケット：204-187-8=9 Byte

TSパケット長　パリティ長
同期を除く情報部分



※1：パケットに若干のオーバーヘッドを付加
※2：1フレームあたりのACデータ(DBPSK)
203×(8×13+19×0)=21112bit≒2639Byte ＜ 15×176Byte
＜ 27×100Byte
AC1キャリア数　AC2キャリア数

- ACを伝送するパケットを考慮して最大レートを見込む

項目 ＼ ACデータ※2格納位置	ダミーバイト (ISDB-T Information)	ACを伝送するパケット (AC_data領域（176Byte）の全てに格納)	ACを伝送するパケット (AC_data領域（176Byte）の100Byteに格納)
フレームあたりの総TSパケット数	4608	4608	4608
A階層(’0001’) 1セグ	64	64	64
B階層(’0010’)12セグ	2592	2592	2592
IIPを伝送するパケット(‘1000’)	1	1	1
無効階層パケット(‘0000’)	1951	1936	1924
C階層(’0011’)12セグ	0	0	0
ACを伝送するパケット(‘0100’)	0	15	27
独自情報を伝送するパケット	0	0	0
圧縮放送TSのビットレート [Mbps]	18.62	18.72	18.80
圧縮放送TSの STL/TTL伝送時レート※1 [Mbps]	19.26	19.36	19.43

最大レートとして見込む

参考資料2　　標準的な変調方式と切替可能な変調方式

IP 伝送方式及び次世代 TSL 伝送方式で導入を検討した、環境条件等により柔軟に変調方式を選択する方式は、標準的な変調方式にて無線局の審査を行い、与干渉量を増加させない条件のもと、ユースケースや伝搬環境に応じて最適な（低次又は高次の）変調方式を用いることを可能とするものであり、具体的には以下のような運用例が考えられる。

次世代 STL/TTL では、さまざまなプログラム伝送信号の多重の組合せが想定される。移行期、移行後などで、多重の組合せの変更があっても同じ無線局免許で変調方式の異なる運用が可能となる。

次世代 TSL では、伝搬路が劣悪な時には低次の変調方式で伝送耐性を強化し、伝搬路が良好な時には高次の変調方式で伝送容量を拡大する運用が可能となる。

（1）IP 伝送方式

IP 伝送方式では、表 1 に示す伝送パラメータの中から、所要 C/N が現行 TS 伝送方式の値 24.5dB 以下で最大の伝送容量が得られる 256QAM(符号化率 14/16)と、所要 C/N は現行 TS 伝送方式の値よりも 1.5dB 程度大きいが、目標としていた SISO で 50Mbps 以上、MIMO で 100Mbps 以上の伝送容量が得られる 1024QAM(符号化率 12/16)を最適伝送パラメータに選定した（表 2）。

IP 伝送方式の「標準的な変調方式」（無線局の審査を受ける変調方式）には、最適伝送パラメータを選択できるようにした（表 3）。

また、「切替可能な変調方式」（与干渉量を増加させない条件のもと、標準的な変調方式から切り替えて運用可能な変調方式）には、32QAM から 1024QAM までを選択できるようにした（表 4）。ここで 32QAM は、現行 TS 伝送方式の変調方式よりも低次であるが、SISO の符号化率 11/16 で 20Mbp 以上の伝送容量があり、放送 TS のヌルパケットの一部を削除して伝送する「圧縮放送 TS」の単一伝送に対応できる伝送パラメータであるため、切替可能な変調方式に加えた。また、64QAM は 30Mbps 前後の伝送容量があり、地上放送高度化方式のプログラム伝送信号（放送 MMT）の単一伝送に対応できるため、切替可能な変調方式に加えた。

表 1 IP 伝送方式 伝送パラメータと所要 C/N、伝送容量

キャリア変調方式	LDPC (Short) 符号化率	所要 C/N (計算値) [dB]	伝送容量 [Mbps]	
			SISO	MIMO
32QAM-UC	11/16	13.4	23.1	46.2
	12/16	14.4	25.2	50.4
	13/16	15.5	27.3	54.7
	14/16	16.6	29.5	59.0
64QAM-NUC	11/16	14.9	27.7	55.4
	12/16	16.2	30.2	60.5
	13/16	17.4	32.8	65.7
	14/16	18.8	35.4	70.8
256QAM-NUC	11/16	19.4	36.9	73.9
	12/16	20.9	40.3	80.7
	13/16	22.4	43.8	87.6
	14/16	24.1	47.2	94.4
1024QAM-NUC	11/16	24.1	46.2	92.4
	12/16	26.1	50.4	100.9
	13/16	27.8	54.7	109.5
	14/16	29.8	59.0	118.0

表 2 IP 伝送方式 最適伝送パラメータ

分類	伝送パラメータ			所要 C/N (計算値) [dB]	機器劣化 [dB]	占有周波数帯幅 [MHz 以下]	等価雑音帯域幅 [MHz 以下]	雑音指数 [dB]	伝送容量 [Mbps]	備考
	空間多重	変調方式	符号化率							
次世代 50Mbps	SISO	256QAM	14/16	24.1	3	7.6	7.6	4(G バンドを除く) 5(G バンド)	47.2	・不均一コンスタレーション(NUC) ・LDPC 符号 (Short)
		1024QAM	12/16	26.1					50.4	
次世代 100Mbps	MIMO	256QAM	14/16	24.1					94.4	
		1024QAM	12/16	26.1					100.9	

表 3 IP 伝送方式 標準的な変調方式

空間多重	標準的な変調方式 (LDPC 符号化率)	所要 C/N※ [dB]	SISO / MIMO 伝送容量 [Mbps]
SISO/MIMO	256QAM(14/16)	27.1	47.2 / 94.4
SISO/MIMO	1024QAM(12/16)	29.1	50.4 / 100.9

※所要 C/N(計算値)＋機器劣化 3dB

表 4 IP 伝送方式 切替可能な変調方式

空間多重	変調方式
SISO/MIMO	32QAM
SISO/MIMO	64QAM
SISO/MIMO	256QAM
SISO/MIMO	1024QAM

(2)次世代 TSL 伝送方式

次世代 TSL 伝送方式では、次世代 TSL と接続する 4K・8K 用 FPU の 3 つの運用モデル(移動中継、固定中継(標準)、及び固定中継(高品質))の所要情報レート(4K がそれぞれ 75Mbps 、100Mbps、及び 150Mbps、8K がそれぞれ 150Mbps、200Mbps、及び 300Mbps)に基づき、表 5 に示す伝送パラメータの中から、次世代 TSL の最適伝送パラメータを選定した(表 6)。

最適伝送パラメータのうち、256QAM(符号化率 2/3)は、現行 TSL の所要 C/N(機器劣化を含む値の 22dB)以下で、SISO を用いて 4K 移動中継、MIMO を用いて 8K 移動中継の情報レートを実現可能な伝送パラメータである。

また、256QAM(符号化率 5/6)、4096QAM(符号化率 5/6)は、所要 C/N が現行 TSL よりも大きいが、SISO で 4K 固定中継、MIMO で 8K 固定中継の情報レートに対応する伝送パラメータである。

さらに、MIMO の 16QAM(符号化率 2/3)、16QAM(符号化率 5/6)は、所要 C/N が小さく長距離伝送に適する伝送パラメータである。

次世代 TSL 伝送方式の「標準的な変調方式」(無線局の審査を受ける変調方式)には、最適伝送パラメータを選択できるようにした(表 7)。

また、「切替可能な変調方式」(与干渉量を増加させない条件のもと、標準的な変調方式から切り替えて運用可能な変調方式)には、QPSK から 4096QAM までを選択できるようにした(表 8)。ここで QPSK、16QAM 及び 32QAM は現行 TSL の変調方式よりも低次であるが、次世代 TSL が 2K 用 FPU と接続して運用されることも考慮して、切替可能な変調方式に加えた。

表 5 次世代 TSL 伝送方式 伝送パラメータと所要 C/N、伝送容量(MIMO は SISO の 2 倍)

キャリア変調方式	LDPC 符号符号化率	所要 C/N (計算値) [dB]	SISO 伝送容量 [Mbps]	
			8k-FFT	2k-FFT
QPSK	1/2	1.1	14.6	11.8
	2/3	3.2	19.5	15.7
	3/4	4.0	21.4	17.3
	5/6	5.4	24.4	19.7
16QAM	1/2	6.8	29.2	23.6
	2/3	9.3	39.0	31.5
	3/4	10.0	42.9	34.7
	5/6	11.7	48.8	39.4
32QAM	1/2	9.2	36.6	29.5
	2/3	12.0	48.8	39.4
	3/4	13.0	53.7	43.3
	5/6	14.7	61.0	49.3
64QAM	1/2	11.0	43.9	35.4

	2/3	13.7	58.5	47.3
	3/4	15.1	64.4	52.0
	5/6	17.2	73.2	59.1
256QAM	1/2	14.9	58.5	47.3
	2/3	18.4	78.1	63.1
	3/4	19.9	85.9	69.4
	5/6	22.5	97.6	78.8
1024QAM	1/2	18.7	73.2	59.1
	2/3	23.1	97.6	78.8
	3/4	24.9	107.4	86.7
	5/6	27.8	122.0	98.6
4096QAM	1/2	22.4	87.8	70.9
	2/3	27.6	117.1	94.6
	3/4	29.7	128.8	104.1
	5/6	33.1	146.4	118.3

表 6 次世代 TSL 伝送方式 最適伝送パラメータ

FPU の運用モデル	伝送パラメータ			所要 C/N（計算値）[dB]	機器劣化 [dB]	占有周波数帯幅 [MHz 以下]	等価雑音帯域幅 [MHz 以下]	雑音指数 [dB]	伝送容量 [Mbps]	備考
	空間多重	変調方式	符号化率							
4K 移動中継	SISO	256QAM	2/3	18.4	3	16.2	16.2	4（G バンドを除く） 5（G バンド）	78.1	・64QAM 以上は NUC ・LDPC 符号長 44880bit
	MIMO	16QAM	2/3	9.3					78.1	
4K 固定中継（標準画質）	SISO	256QAM	5/6	22.5					97.6	
	MIMO	16QAM	5/6	11.7					97.6	
4K 固定中継（高画質）	SISO	4096QAM	5/6	33.1					146.4	
	MIMO	256QAM	2/3	18.4					156.2	
8K 移動中継	4K 固定中継（高画質）と同じ								同上	
8K 固定中継（標準画質）	MIMO	256QAM	5/6	22.5					195.2	
8K 固定中継（高画質）	MIMO	4096QAM	5/6	33.1					292.9	

表 7 次世代 TSL 伝送方式 標準的な変調方式

空間多重	標準的な変調方式（LDPC 符号化率）	所要 C/N※ [dB]	SISO/MIMO 伝送容量 [Mbps]
MIMO	16QAM(2/3)	12.3	― / 78.1
MIMO	16QAM(5/6)	14.7	― / 97.6
SISO/MIMO	256QAM(2/3)	21.4	78.1 / 156.2
SISO/MIMO	256QAM(5/6)	25.5	97.6 / 195.2
SISO/MIMO	4096QAM(5/6)	36.1	146.4 / 292.9

※所要 C/N（計算値）＋機器劣化 3dB

表 8 次世代 TSL 伝送方式 切替可能な変調方式

空間多重	変調方式
SISO/MIMO	QPSK
SISO/MIMO	16QAM
SISO/MIMO	32QAM
SISO/MIMO	64QAM
SISO/MIMO	256QAM
SISO/MIMO	1024QAM
SISO/MIMO	4096QAM

参考資料3　　最大伝送容量の検討

IP 伝送方式及び次世代 TSL 伝送方式の検討に用いた OFDM 方式の伝送パラメータから、TMCC、AC なども含めたすべてのキャリアにデータキャリアと同じ変調パラメータを適用し、ガードインターバルも情報を伝送するものとして、IP 伝送方式及び次世代 TSL 伝送方式の最大伝送容量を計算した。結果を表 1 に示す。この結果から、IP 伝送方式の SISO の最大伝送容量は 75.7Mbps、MIMO の最大伝送容量は 151.5Mbps、次世代 TSL 伝送方式の SISO の最大伝送容量は 191Mbps、MIMO の最大伝送容量は 382Mbps となる。

表 1　最大伝送容量

	項目	IP 伝送方式		次世代 TSL 伝送方式	備考
①	FFT サンプリング クロック［MHz］	20.078	18.071	20.451	
②	FFT ポイント数	4096		8192	
③	総キャリア数	1545	1717	6377	
④	最大の変調次数 （変調方式）	10 （1024QAM）		12 （4096QAM）	
⑤	総伝送ビット数／ OFDM シンボル	15450	17170	76524	③×④
⑥	有効シンボル長 ［μs］	204.0	226.7	400.6	1/①×②
⑦	SISO 最大伝送容量 ［Mbps］	75.7		191.0	⑤/⑥
⑧	MIMO 最大伝送容量 ［Mbps］	151.5		382.0	⑦×2

参考資料4　　C/N配分

(1) IP 伝送方式

所要 C/N に関する各種の雑音や干渉の配分については、標準的な変調方式の LDPC 復号後の誤り率が 1×10^{-7} の時の所要 C/N の計算機シミュレーション値に機器劣化 3dB を加えた値で規定することとして、空間多重方式ごとに次のように配分する。

- SISO

現行方式からの置き換えを可能とするために、所要 C/N が現行と同程度であれば熱雑音 C/N も同程度となるよう、現行 TS 伝送方式の C/N 配分と同じ比率(熱雑音に 47%、歪雑音に 2%、干渉雑音に 51%)とする。干渉雑音は、同一経路に 2 波、異経路に 2 波を配置し、これらの回線からの干渉を受けるものとして、全干渉波に対して所要 C/N の 51%、同一経路及び異経路に対して所要 C/N の 14.2%(2 波の和)及び 35.5%(2 波の和)としてそれぞれを算出した。

IP 伝送方式の SISO の C/N 配分を図 1 に示す。

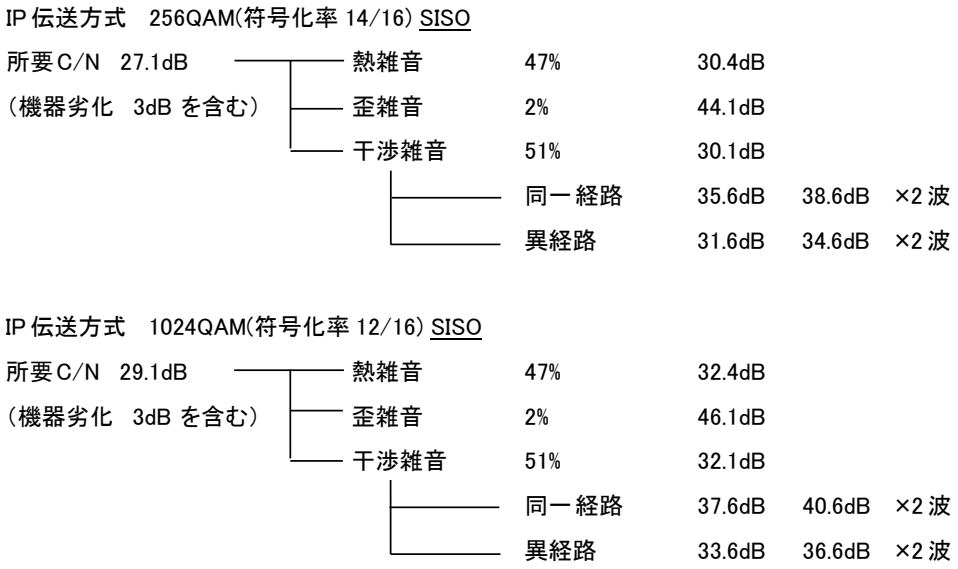


図 1　IP 伝送方式　SISO の C/N 配分

- 同一周波数配置

現行 TS 伝送方式の同一周波数配置の標準受信入力が単一偏波の伝送(SISO)に対して 3dB 高い値となっている。これは、熱雑音(全)の C/N 配分を熱雑音と XPD に等配分していることに相当するため、次世代方式も偏波ごとに同様な C/N 配分とする。

IP 伝送方式の同一周波数配置の C/N 配分を図 2 に示す。

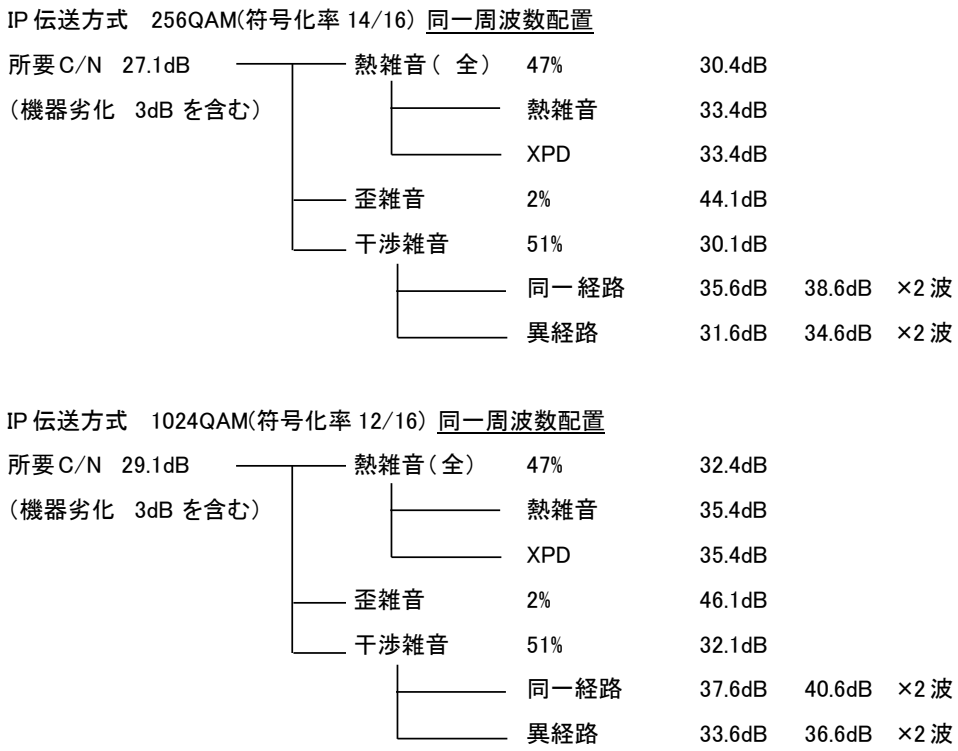


図 2　IP 伝送方式　同一周波数配置の C/N 配分

- 偏波 MIMO

偏波 MIMO におけるフェージング時の XPD 低下の影響の検討結果（参考資料 6）に基づき、熱雑音への C/N 配分は偏波ごとに熱雑音（全）に 0.6dB 加えた値とする。

IP 伝送方式の偏波 MIMO における C/N 配分を図 3 に示す。

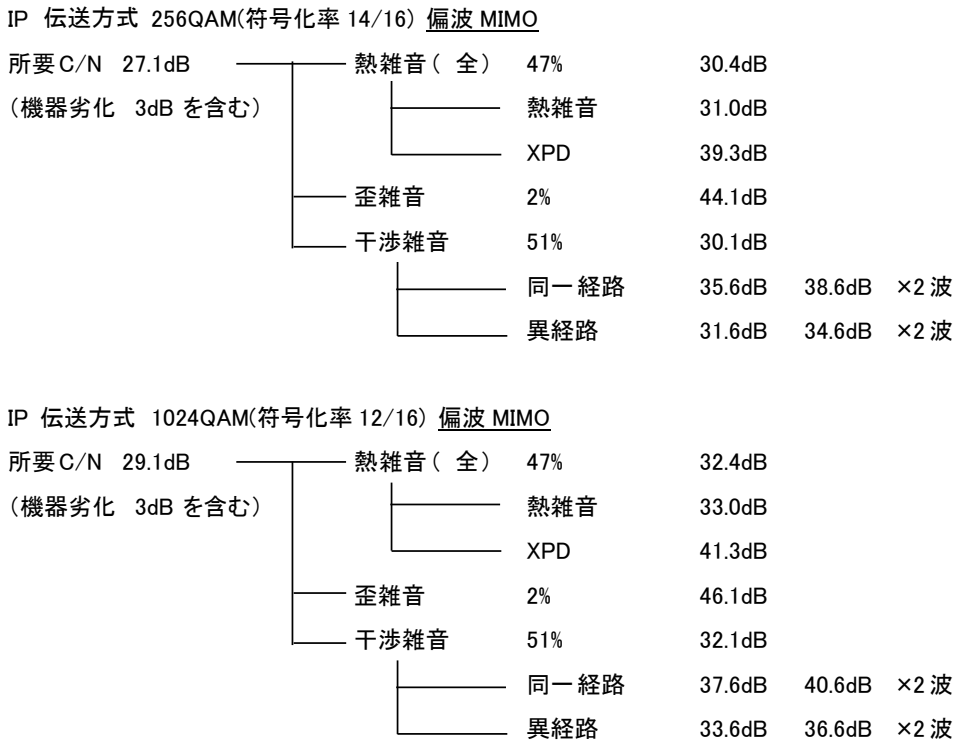


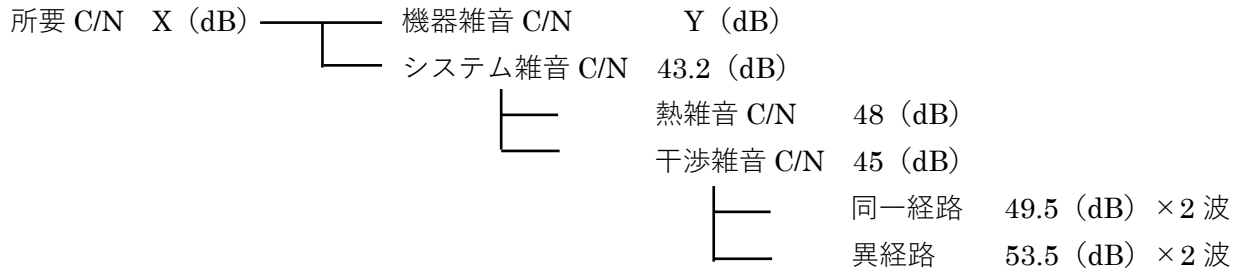
図 3　IP 伝送方式　偏波 MIMO の C/N 配分

（2）次世代 IF 伝送方式

雑音配分（STL 回線又は TTL 回線 1 区間当たり）は、以下に示すとおりである。

1. 平常時の場合

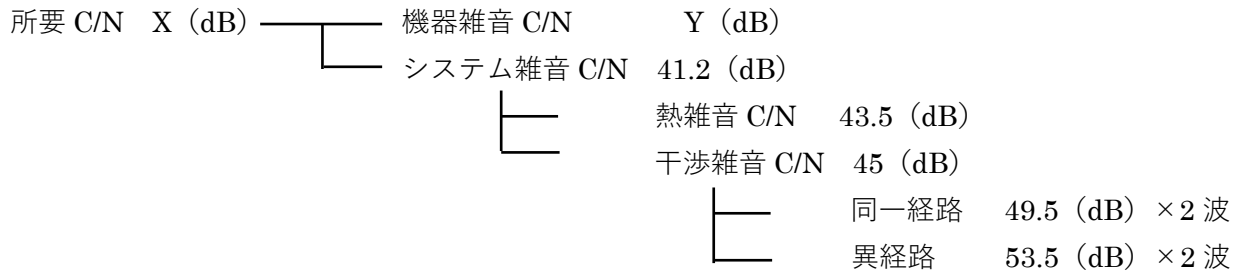
- 従属同期方式のうち低雑音方式以外の方式の場合（図 4）



（注）X、Y の値は放送システム全体の雑音から決まる。

図 4 次世代 IF 伝送方式 C/N 配分（従属同期方式のうち低雑音方式以外の方式）

- 従属同期方式のうち低雑音方式の場合（図 5）



（注）X、Y の値は放送システム全体の雑音から決まる。

図 5 次世代 IF 伝送方式 C/N 配分（従属同期方式のうち低雑音方式の場合）

2. フェージング時の場合

熱雑音 C/N = 28（dB）

（3）次世代 TSL 伝送方式

所要 C/N に関する各種の雑音や干渉の配分については、標準的な変調方式の LDPC 復号後の誤り率が 1×10^{-7} の時の所要 C/N の計算機シミュレーション値に機器劣化 3dB を加えた値で規定することとして、空間多重方式ごとに次のように配分する。

- SISO

現行方式からの置き換えを可能とするために、所要 C/N が現行と同程度であれば熱雑音 C/N も同程度となるよう、現行 TSL 伝送方式の C/N 配分と同じ比率（熱雑音に 48%、歪雑音に 2%、干渉雑音に 50%）とする。干渉雑音は、現行方式と同様に、C～G バンドでは 3 波を配置、M/N バンドでは同一経路に 2 波、異経路に 2 波を配置し、これらの回線からの干渉を受けるものとして、全干渉波に対して所要 C/N の 50%、1 波当たりの

干渉波電力に対して、C～G バンドでは所要 C/N の 50%(3 波の合計)、M/N バンドでは同一経路及び異経路に対して所要 C/N の 19.0%(2 波の和)及び 31.7%(2 波の和)としてそれぞれを算出した。

次世代 TSL 伝送方式の SISO の C/N 配分を図 6 に示す。

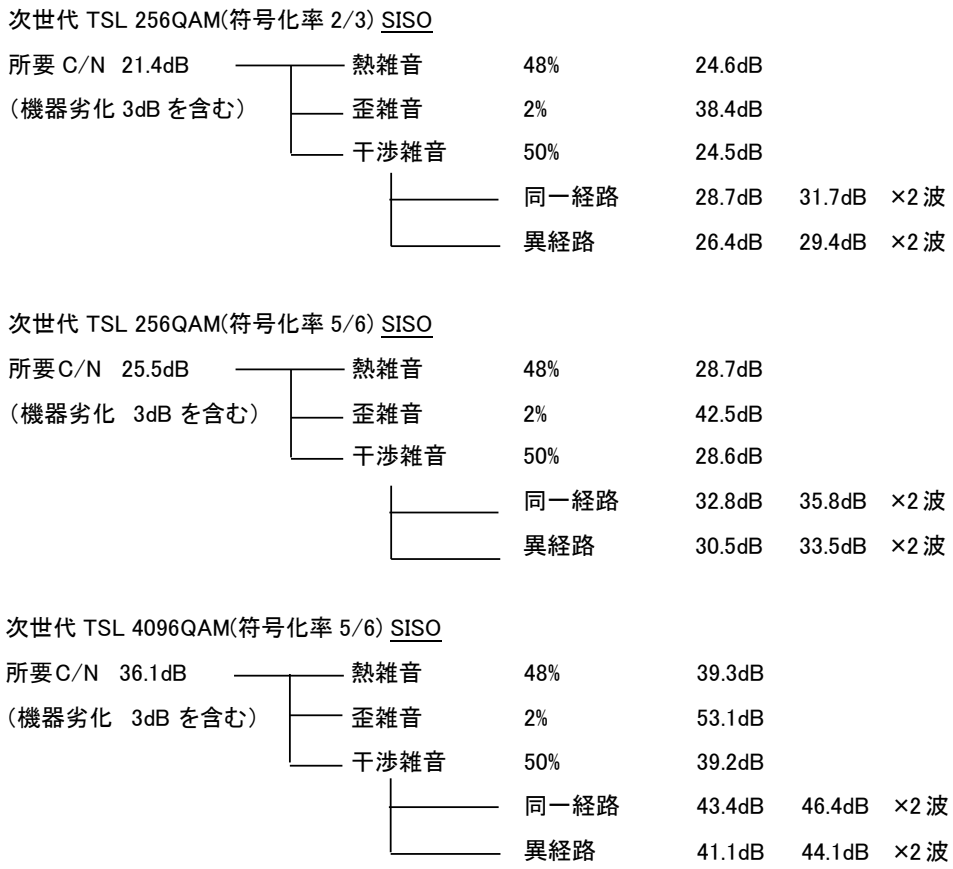


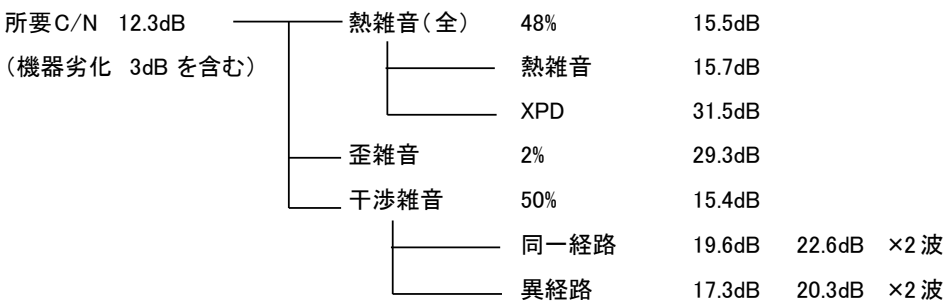
図 6 次世代 TSL 伝送方式 SISO の C/N 配分

- 同一周波数配置

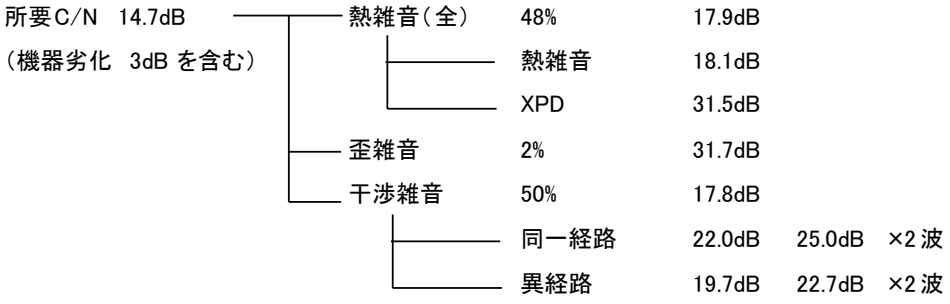
所要 C/N が現行以下のパラメータ(16QAM(符号化率 2/3、5/6)、256QAM(符号化率 2/3))では偏波ごとに XPD への C/N 配分を現行と同じ 31.5dB とし、所要 C/N が現行よりも大きいパラメータ(256QAM(符号化率 5/6)、4096QAM(符号化率 5/6))では、偏波ごとに熱雑音(全)の所要 C/N を熱雑音と XPD に等配分する。

次世代 TSL 伝送方式の同一周波数配置の C/N 配分を図 7 に示す。

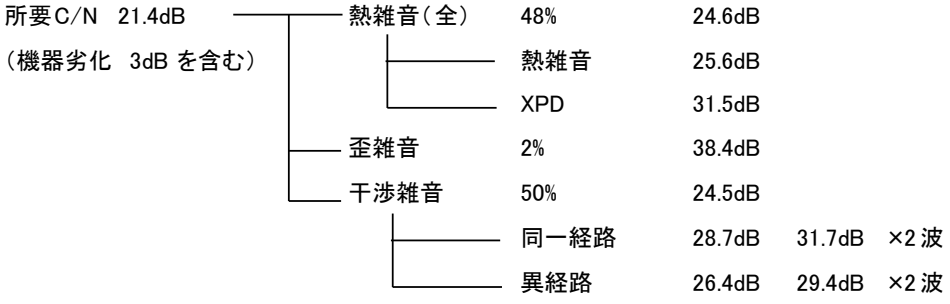
次世代 TSL 16QAM(符号化率 2/3) 同一周波数配置



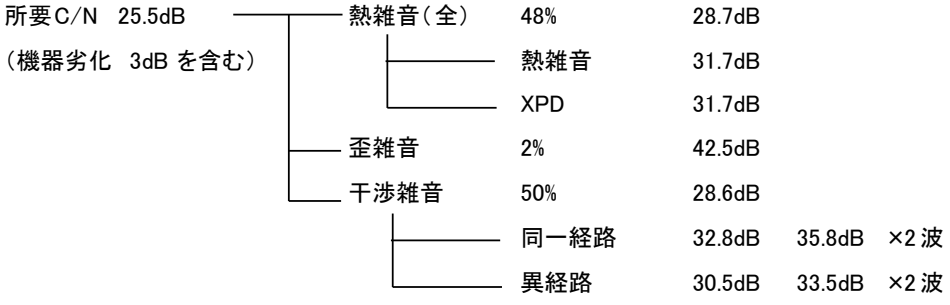
次世代 TSL 16QAM(符号化率 5/6) 同一周波数配置



次世代 TSL 256QAM(符号化率 2/3) 同一周波数配置



次世代 TSL 256QAM(符号化率 5/6) 同一周波数配置



次世代 TSL 4096QAM(符号化率 5/6) 同一周波数配置

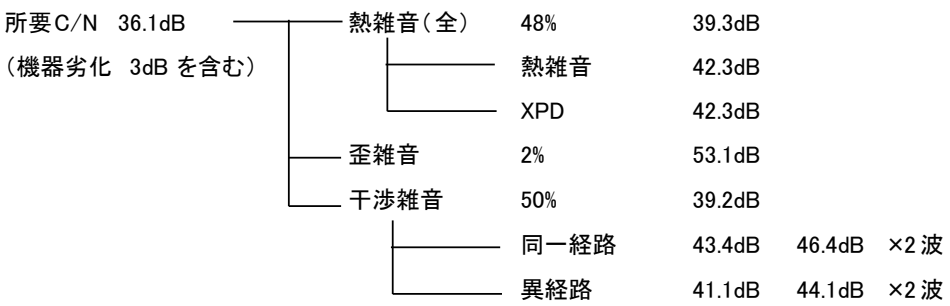


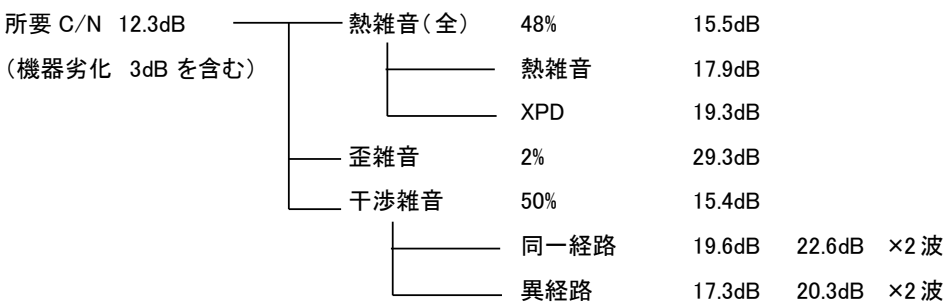
図 7 次世代 TSL 伝送方式 同一周波数配置の C/N 配分

- 偏波 MIMO

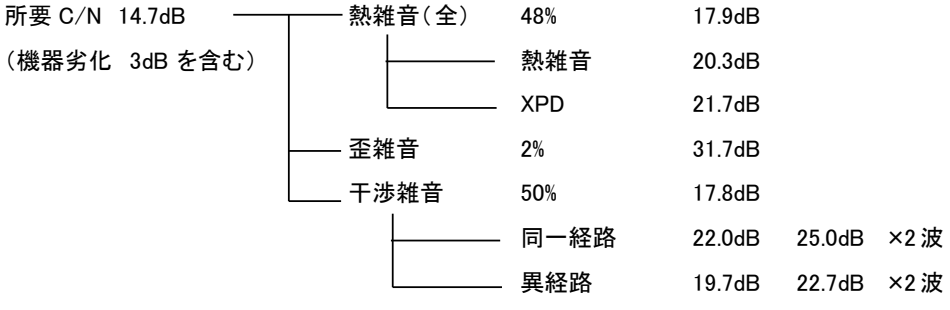
偏波 MIMO におけるフェージング時の XPD 低下の影響の検討結果(参考資料6)に基づき、熱雑音への C/N 配分は偏波ごとに熱雑音(全)に、16QAM で 2.4dB、256QAM 及び 4096QAM で 0.3dB を加えた値とする。

次世代 TSL 伝送方式の偏波 MIMO の C/N 配分を図 8 に示す。

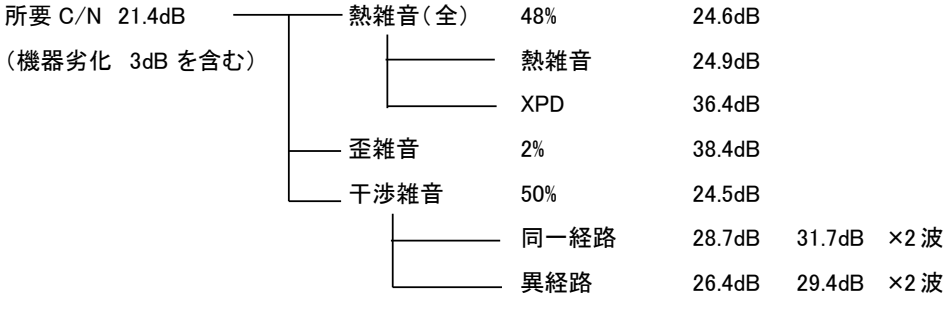
次世代 TSL 16QAM(符号化率 2/3) 偏波 MIMO



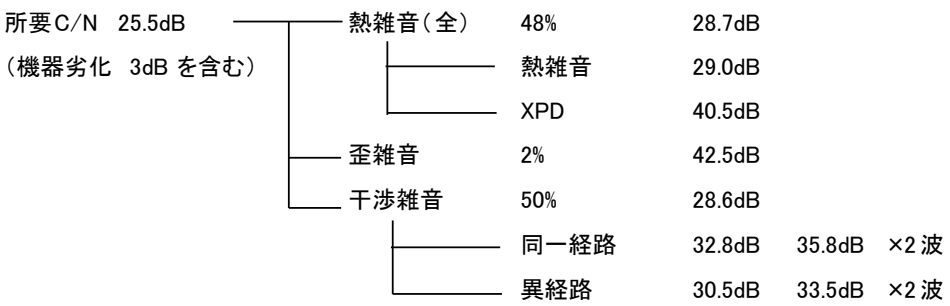
次世代 TSL 16QAM(符号化率 5/6) 偏波 MIMO



次世代 TSL 256QAM(符号化率 2/3) 偏波 MIMO



次世代 TSL 256QAM(符号化率 5/6) 偏波 MIMO



次世代 TSL 4096QAM(符号化率 5/6) 偏波 MIMO

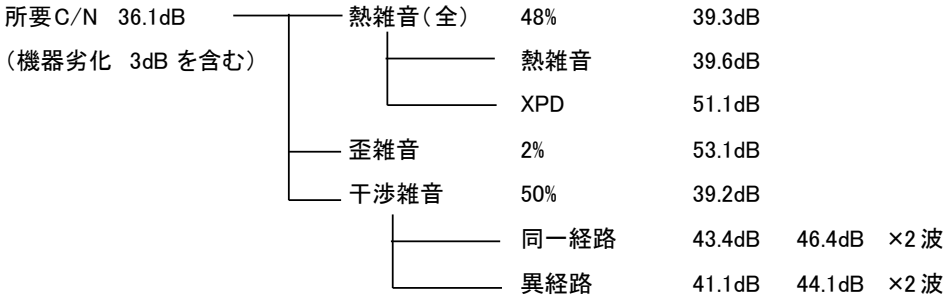


図 8 次世代 TSL 伝送方式 偏波 MIMO の C/N 配分

参考資料5　　混信保護(IP伝送方式)

1.　全干渉波の総和に対する混信保護値

全干渉波電力に対する混信保護値は同一経路での平常時混信保護値と異経路での差動フェージング時の混信保護値とを電力加算した値とする。

全干渉波の総和に対する混信保護値$[C/I]_a$は次式により求める。

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

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

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

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。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 号により回折損失を求め加算する。

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。

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

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

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(10GHz 未満の場合)、若しくは希望波と異経路の 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からDRA_j(希望波とj番目の妨害波の降雨減衰差:同一経路の場合は 0dB、異経路の場合は 10dB 又は所要降雨減衰マージンの少ないほうの値)を差し引いた値(10GHz 以上)。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 号により回折損失を求め加算する。

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。

2. 干渉軽減係数

放送事業用システムと次世代 STL/TTL（IP 伝送方式）との間の IRF は、実機評価を行った結果、現行 TS 伝送方式の IRF を満たすことが確認できたため、この場合の IRF には TS 伝送方式の IRF を適用する。

M/N バンドを使用する固定通信システムと次世代 STL/TTL（IP 伝送方式）との間の IRF については、実機評価を行った結果、次世代 STL/TTL（IP 伝送方式）が被干渉の場合において、一部の周波数差で現行 TS 伝送方式の IRF よりも小さい結果であったが、IRF の変更には今後の固定通信システムの共用条件の考え方を踏まえた議論・整理が必要と考えられるため、当面の間は現行 TS 伝送方式の IRF を適用する。

（1）C～G バンド

各方式間の IRF を表 1 に示す。

他回線への干渉妨害が懸念され、与干渉となる STL/TTL の送信機に送受信ろ波特性で定める送信用ろ波器を設備したときの IRF を表 2 に示す。

（2）M バンド及び N バンド

各方式間の IRF を表 3～表 8 に示す。

表 1 M バンド及び N バンド以外を使用する場合の IRF

（STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備しない場合）

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	25.5	27	28.5	31.5	34.5	36
IP伝送	TS伝送		0	―	―	―	40	―	―	―	50	―	―	―	50	―	―	―	60
	IP伝送		0	―	―	―	40	―	―	―	50	―	―	―	50	―	―	―	60
	IF伝送	独立同期	―	0	0	20	45	―	47	50	50	52	53	55	55	56	58	59	60
		従属同期	0	―	―	―	40	―	―	―	50	―	―	―	55	―	―	―	60
	デジタルTSL		―	―	0	―	―	―	30	―	―	―	40	―	―	―	50	―	―
	次世代TSL		―	―	0	―	―	―	30	―	―	―	40	―	―	―	50	―	―
	アナログFM		―	―	2	―	―	―	35	―	―	―	60	―	―	―	80	―	―
	アナログAM		―	0	0	35	―	48	55	57	―	60	70	―	―	―	80	―	―
デジタルTSL	IP伝送		―	―	0	―	―	―	32	―	―	―	42	―	―	―	52	―	―
次世代TSL			―	―	0	―	―	―	32	―	―	―	42	―	―	―	52	―	―
アナログFM			―	―	10	―	―	―	35	―	―	―	60	―	―	―	80	―	―
アナログAM			―	-4	3	35	―	40	45	47	―	55	60	―	―	―	80	―	―

表 2 M バンド及び N バンド以外を使用する場合の IRF

（STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備する場合）

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	25.5	27	28.5	31.5	34.5	36
IP伝送	TS伝送	0	—	—	—	40	—	—	—	54	—	—	—	63	—	—	—	79
	IP伝送	0	—	—	—	40	—	—	—	54	—	—	—	63	—	—	—	79
	IF伝送 独立同期	—	0	0	20	45	—	47	52	54	58	62	67	68	70	74	77	79
	IF伝送 従属同期	0	—	—	—	40	—	—	—	54	—	—	—	68	—	—	—	79
	デジタルTSL	—	—	0	—	—	—	30	—	—	—	49	—	—	—	66	—	—
	次世代TSL	—	—	0	—	—	—	30	—	—	—	49	—	—	—	66	—	—
	アナログFM	—	—	2	—	—	—	35	—	—	—	69	—	—	—	96	—	—
	アナログAM	—	0	0	35	—	48	55	59	—	66	79	—	—	—	96	—	—
デジタルTSL	IP伝送	—	—	0	—	—	—	32	—	—	—	51	—	—	—	68	—	—
次世代TSL		—	—	0	—	—	—	32	—	—	—	51	—	—	—	68	—	—
アナログFM		—	—	10	—	—	—	35	—	—	—	69	—	—	—	96	—	—
アナログAM		—	-4	3	35	—	40	45	49	—	61	69	—	—	—	96	—	—

表 3 M、N バンド及びチャネル番号 C-8、D-1※を使用する場合の IRF 注1

（STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備する場合）

希望波		干渉波		干渉軽減係数 IRF [dB]																						
				周波数差 [MHz]																						
				0	1.25	3.75	5	6.25	8.75	9.5	10	11.25	12.5	13.75	14.5	15	16.25	17.5	18.5	18.75	19.5	20	21.5	22.5	23.5	25
4PSK	1.5Mb/s(1.5MHz)旧 3Mb/s(2.5MHz)	IP伝送		—	0	5	—	15	27	—	—	36	—	51	—	—	65	—	—	78	—	—	—	—	—	—
4PSK	6Mb/s(5.0MHz)			0	—	—	5	—	—	—	51	—	65	—	—	76	—	78	—	—	—	80	80	80	—	80
	13Mb/s(9.5MHz)			0	—	—	3	—	—	36	37	—	—	—	44	45	—	—	55	—	57	58	—	—	80	80
	19Mb/s(13.5MHz)旧			—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	44	45	—	—	—	—	—	—	—	—	80	80
16QAM	26Mb/s(9.5MHz)			0	—	—	—	—	—	37	38	—	—	—	—	—	—	—	70	—	73	74	—	—	—	—
	32Mb/s(11.5MHz)旧			—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	44	45	—	—	—	—	—	—	—	—	80	80
	39Mb/s(14.0MHz)旧			—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	44	45	—	—	—	—	—	—	—	—	80	80
	52Mb/s(19.0MHz)旧			—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	44	45	—	—	—	—	—	—	—	—	80	80
128QAM	52Mb/s(9.5MHz)			0	—	—	—	—	—	38	39	—	—	—	—	—	—	—	70	—	73	74	—	—	—	—
	104Mb/s(19.0MHz)			—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	36	37	—	—	—	—	—	—	—	—	68	68
	156Mb/s注2(28.5MHz)			0	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31	32	—	—	—	—
FM	24ch~1260ch			—	—	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80
IP伝送		4PSK	1.5Mb/s(1.5MHz)旧 3Mb/s(2.5MHz)	—	0	4	—	22	43	—	—	53	—	65	—	—	80	—	—	80	—	—	—	—	—	—
		4PSK	6Mb/s(5.0MHz)	0	—	—	4	—	—	—	30	—	43	—	—	56	—	68	—	—	—	80	80	80	—	80
			13Mb/s(9.5MHz)	0	—	—	3	—	—	28	29	—	—	—	46	47	—	—	71	—	74	75	—	—	80	80
			19Mb/s(13.5MHz)旧	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	40	41	—	—	—	—	—	—	—	—	80	80
		16QAM	26Mb/s(9.5MHz)	0	—	—	—	—	—	28	29	—	—	—	—	—	—	—	71	—	74	75	—	—	—	—
			32Mb/s(11.5MHz)旧	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	43	44	—	—	—	—	—	—	—	—	80	80
			39Mb/s(14.0MHz)旧	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	40	41	—	—	—	—	—	—	—	—	80	80
			52Mb/s(19.0MHz)旧	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	35	36	—	—	—	—	—	—	—	—	80	80
		128QAM	52Mb/s(9.5MHz)	0	—	—	—	—	—	28	29	—	—	—	—	—	—	—	70	—	73	74	—	—	—	—
			104Mb/s(19.0MHz)	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	33	34	—	—	—	—	—	—	—	—	68	68
			156Mb/s注3(28.5MHz)	0	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39	40	—	—	—	—
		FM	24ch~1260ch	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	56	—	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80
		TS伝送		0	—	—	—	—	—	42	43	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	80	—	—	—	—
		IP伝送		0	—	—	—	—	—	42	43	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	80	—	—	—	—

※　放送事業用の固定業務及び移動業務に対する SHF 帯周波数の割当て方針に規定するチャネル番号とする。また、チャネル番号に含まれる数字の直後に C 又は D が付くチャネルを含む。以下の表において同じ。

注 1：4PSK、16QAM 及び 128QAM は、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。）の変調方式を示す。1.5Mb/s（1.5MHz）等は、伝送容量（占有周波数帯幅）を示す。旧は旧審査基準の伝送方式を示す。以下の表において同じ。

注 2：28.5MHz において 50、30MHz において 52、40MHz において 70、42.5MHz において 74、49.5MHz において 80 とする。

注 3：28.5MHz において 56、30MHz において 58、40MHz において 75、42.5MHz において 76、49.5MHz において 80 とする。

表 4 チャネル番号 C-8、D-1 を使用する場合の M バンド各方式との IRF

（STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備しない場合）

希望波		干渉波		干渉軽減係数 IRF [dB]														
				周波数差 [MHz]														
				0	5	9.5	10	12.5	14.5	15	17.5	18.5	19.5	20	21.5	22.5	23.5	25
4PSK	6Mb/s(5.0MHz)	IP伝送		0	5	—	51	53	—	58	60	—	—	60	60	60	—	60
	13Mb/s(9.5MHz)			0	3	36	37	—	43	44	—	55	57	58	—	—	60	60
	19Mb/s(13.5MHz)旧			—	2	—	—	—	43	44	—	—	—	—	—	—	60	60
16QAM	26Mb/s(9.5MHz)			0	—	37	38	—	—	—	—	60	60	60	—	—	—	—
	32Mb/s(11.5MHz)旧			—	2	—	—	—	43	44	—	—	—	—	—	—	60	60
	39Mb/s(14.0MHz)旧			—	1	—	—	—	43	44	—	—	—	—	—	—	60	60
	52Mb/s(19.0MHz)旧			—	0	—	—	—	43	44	—	—	—	—	—	—	60	60
128QAM	52Mb/s(9.5MHz)			0	—	38	30	—	—	—	—	60	60	60	—	—	—	—
	104Mb/s(19.0MHz)			—	0	—	—	—	36	37	—	—	—	—	—	—	60	60
	156Mb/s注1(28.5MHz)			0	—	—	0	—	—	—	—	—	31	32	—	—	—	—
IP伝送		4PSK	6Mb/s(5.0MHz)	0	4	—	30	43	—	54	58	—	—	60	60	60	—	60
			13Mb/s(9.5MHz)	0	3	28	29	—	45	46	—	60	60	60	—	—	60	60
			19Mb/s(13.5MHz)旧	—	2	—	—	—	39	40	—	—	—	—	—	—	60	60
		16QAM	26Mb/s(9.5MHz)	0	—	28	29	—	—	—	—	60	60	60	—	—	—	—
			32Mb/s(11.5MHz)旧	—	3	—	—	—	42	43	—	—	—	—	—	—	60	60
			39Mb/s(14.0MHz)旧	—	2	—	—	—	39	40	—	—	—	—	—	—	60	60
			52Mb/s(19.0MHz)旧	—	1	—	—	—	35	36	—	—	—	—	—	—	60	60
		128QAM	52Mb/s(9.5MHz)	0	—	28	29	—	—	—	—	60	60	60	—	—	—	—
			104Mb/s(19.0MHz)	0	0	—	—	—	33	34	—	60	60	60	—	—	60	60
			156Mb/s注2(28.5MHz)	0	—	—	0	—	—	—	—	—	39	40	—	—	—	—
		TS伝送		0	—	42	43	—	—	—	—	60	60	60	—	—	—	—
		IP伝送		0	—	42	43	—	—	—	—	60	60	60	—	—	—	—

注 1：28.5MHz において 50、30MHz において 52、40MHz において 60 とする。
注 2：28.5MHz において 56、30MHz において 58、40MHz において 60 とする。

表 5 チャネル番号 C-8、D-1 を使用する場合の M バンド 64QAM 36.5MHz との IRF

（STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備する場合）

希望波	干渉波	干渉軽減係数 IRF [dB]					
		周波数差 [MHz]					
		5	15	25	35	45	47.5
64QAM 156Mb/s(36.5MHz)	IP伝送	0	1	33	42	59	62
IP伝送	64QAM 156Mb/s(36.5MHz)	10	15	44	52	62	66

表 6 チャネル番号 C-8、D-1 を使用する場合の M バンド 64QAM 36.5MHz との IRF

（STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備しない場合）

希望波	干渉波	干渉軽減係数 IRF [dB]
		周波数差 [MHz]
		47.5
64QAM 156Mb/s(36.5MHz)	IP伝送	40
IP伝送	64QAM 156Mb/s(36.5MHz)	66

表 7　M バンド及び N バンドを使用する場合の音声 STL/TTL/TSL との 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
次世代STL IP伝送	音声回線 (64QAM)	61	64	66	68	70	72	74	76	77	79	80
	音声回線 (4PSK)	61	64	66	68	70	72	774	76	77	79	80

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	15.375	15.875
音声回線 (64QAM)	次世代STL IP伝送	65	66	66	66	67	68	70	72	744	76	78	79	80
音声回線 (4PSK)		78	79	79	79	80	80	80	80	80	80	80	80	80

表 8　M バンド及び N バンドを使用する場合の監視・制御用固定局との IRF

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	14	14.5	15
次世代STL IP伝送	監視・制御	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	78	80	80

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
監視・制御	次世代STL IP伝送	68	68	68	69	69	69	69	70	71	71	72	72	73	74	75	76

参考資料6　　偏波MIMOにおけるフェージング時のXPD低下の影響

偏波 MIMO の信号分離方法として ZF（Zero-Forcing）による干渉除去（伝搬路行列 H の逆行列を用いて解く）を想定し、平常時の理想的な偏波 MIMO の場合の信号分離後の SNR 期待値と、フェージング時の XPD 低下がある偏波 MIMO の場合の信号分離後の SNR 期待値の比から、送信相関係数 t_p 及び受信相関係数 r_p をパラメータとして、伝搬路の XPD（=1/α）が低下したときの SNR 変化量を計算した（図 1）。

SNR 変化量の特徴として、伝搬路が無相関に近い場合、XPD 低下時の SNR の劣化は少ないが、伝搬路が高相関に近い場合、逆行列が求まらない方向へ向かい XPD 低下時の SNR の劣化は大きくなる。

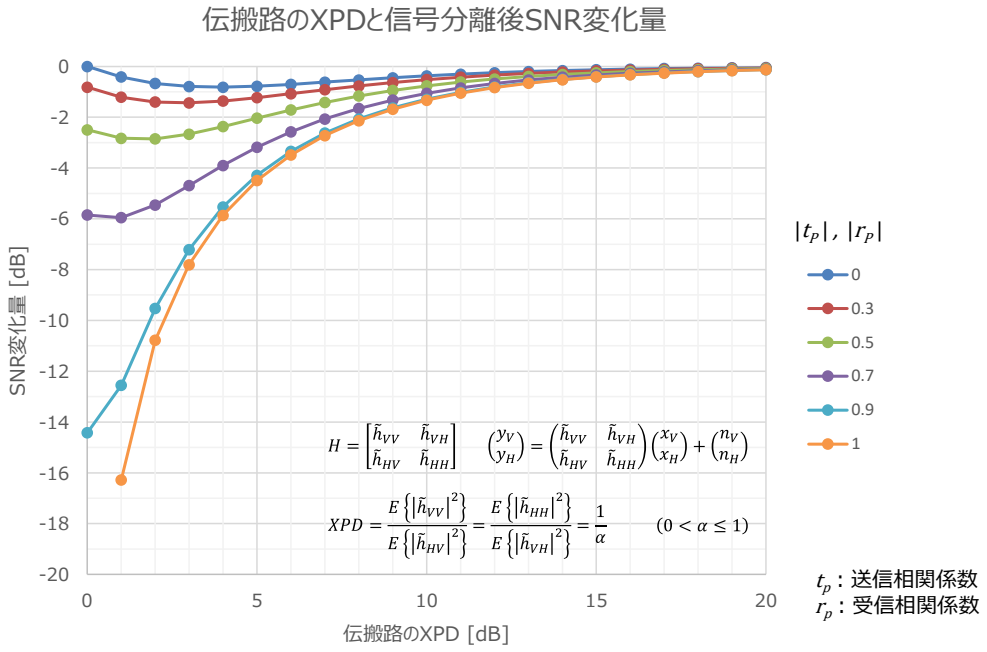


図 1　XPD 低下時の SNR 変化量

- 次世代 STL/TTL（IP 伝送方式）の偏波 MIMO における C/N 配分の考え方

伝搬路の XPD とフェージング深さ F_d との関係は、[文献 1]の図 2 の近似式 XPD[dB]=40-F_d を採用する。

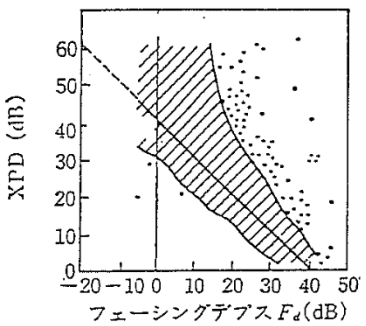


図2　ﾌｪｰｼﾞﾝｸﾞﾃﾞﾌﾟｽとXPDの相関例

図 2　伝搬チャネルの XPD とフェージング深さ Fd との関係（出典：[文献 1]）

フェージング深さ F_dとして STL/TTL の D バンドでの標準的な回線距離 50km における所要フェージングマージン 28.5dB を見込み、XPD=40-28.5=11.5dB に低下するものとする。
伝搬路の相関として $t_P = r_P$ =0.5 を見込むと、XPD=11.5dB での SNR 劣化量は、約 0.6dB と計算される。
この場合の C/N 配分は、以下のように考える(図 3)。

熱雑音の C/N 配分は、XPD 低下時の SNR 劣化量を熱雑音(全)に加えたものとする
XPD への C/N 配分は、熱雑音(全)と熱雑音の差から求める

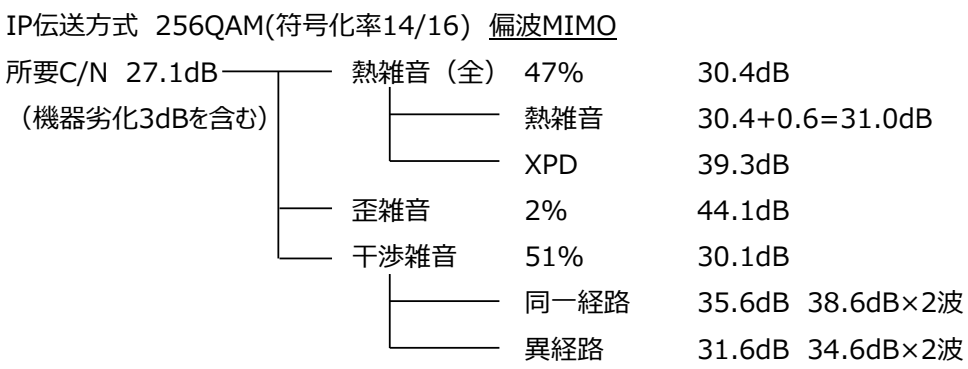


図 3 IP 伝送方式の偏波 MIMO における C/N 配分

この場合の標準受信入力は、熱雑音の C/N 配分の熱雑音(全)からの増加分を加える。

IP 伝送方式の偏波 MIMO の標準受信入力は、
D バンドで-58.5+0.6+Fmr/2=-57.9+Fmr/2 [dBm] とする

- 次世代 TSL 伝送方式の偏波 MIMO における C/N 配分の考え方(16QAM 以外)

IP 伝送方式と同様な考え方を次世代 TSL 伝送方式に適用する。
フェージング深さ F_dとして TSL の D バンドでの標準的な回線距離 50km における所要フェージングマージン 25.5dB を見込み、XPD=40-25.5=14.5dB に低下するものとする。
伝搬路の相関として $t_P = r_P$ =0.5 を見込むと、XPD=14.5dB での SNR 劣化量は、約 0.3dB と計算される。
この場合の C/N 配分(図 4)

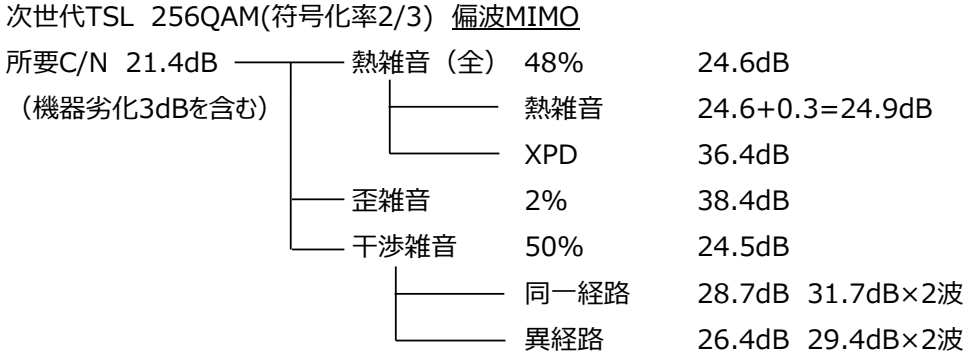


図 4 次世代 TSL 伝送方式(16QAM 以外)の偏波 MIMO における C/N 配分

この場合の標準受信入力

次世代 TSL 伝送方式(16QAM 以外)の偏波 MIMO の標準受信入力は、
D バンドで-58.5+0.3+Fmr/2=-58.2+Fmr/2 [dBm]

- 次世代 TSL 伝送方式の偏波 MIMO における C/N 配分の考え方（16QAM）

フェージング深さ F_dとして TSL の D バンドでの標準的な回線距離 100km における所要フェージングマージン 36dB を見込み、XPD=40-36=4dB に低下するものとする。
伝搬路の相関として $t_P = r_P = 0.5$ を見込むと、XPD=4dB での SNR 劣化量は、約 2.4dB と計算される。
この場合の C/N 配分（図 5）

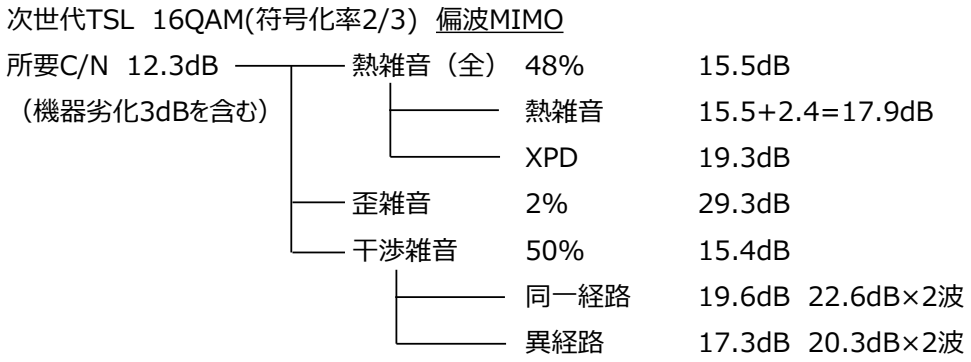


図 5 次世代 TSL 伝送方式（16QAM）の偏波 MIMO における C/N 配分

この場合の標準受信入力

16QAM の場合、現行 TSL の 64QAM よりも所要 C/N が 10dB 程度低く、標準受信入力を高くすると回線を成立させることが難しくなるため、標準受信入力は SISO と同一とする。

[文献 1] 電気通信技術審議会 番組中継用デジタル回線委員会報告 諮問第 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」 参考資料 11

参考資料7　　フェージングマージン・降雨減衰マージン（IP伝送方式）

フェージングマージン・降雨減衰マージンの算出法については、現行 TS 伝送方式での算出法に準ずることとした。

1. 平常時受信入力の算出法、評価

装置出力端から受信機入力端までの共用器、給電線、空中線、無給電中継装置、伝搬路等の全利得、全損失を考慮して、次の式から平常時受信入力を計算する。

平常時受信入力＝装置出力全電力＋全利得－全損失　（dBm）

なお、受信入力の計算にあたって、無線周波数（単位 GHz）は周波数帯域ごとに次の数値を用いる。

C バンド：6.5　D バンド：7　M バンド：6.7　N バンド：7.6
E バンド：10.3　F バンド：10.6　G バンド：13

平常時受信入力の評価は、その値が別に定める標準受信入力の範囲に入ることとする。

2. 平常時熱雑音 C/N 及びフェージングマージンの算出法

・ 受信機熱雑音
受信機熱雑音を次の式で求める。
受信機熱雑音＝－114＋10log(B)＋NF　(dBm)
ここで、B：受信機の等価雑音帯域幅（MHz）とする。
NF：雑音指数（dB）

・ 平常時熱雑音 C/N
平常時熱雑音 C/N を次に式で計算する。
平常時熱雑音 C/N＝平常時受信入力－受信機熱雑音　　（dB）

・ フェージングマージン
フェージングが発生した時に、熱雑音 C/N が C/N 配分にて規定された値となるまでのマージンであり、次の式で計算する。
フェージングマージン＝平常時熱雑音 C/N
－所要 C/N で規定された熱雑音 C/N

3. 評価

回線のフェージングマージンによる信頼性評価は
フェージングマージン≧所要フェージングマージン
または
フェージングマージン≧所要降雨減衰マージン
を満足することとする。

所要フェージングマージン・所要降雨減衰マージンの算出方法を参考資料8に示す。

参考資料8　　所要フェージングマージン・所要降雨減衰マージンの算出法（IP伝送方式／次世代IF伝送方式）

現行 TS 伝送方式及び現行 IF 伝送方式の算出法（電波法関係審査基準別紙 2 第 5 の 1（3）別紙（3）-3）と同一とする。

1　所要フェージングマージンの算出方法

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}は、次式により求める。

（1）C バンドから D バンドまでのバンドの場合（M バンド及び N バンドを除く。）

$$F_{mr} = 10log\frac{kP_R}{P_{ir}dA}$$

$$F_{ms} = 10log\frac{kP_R}{P_{is}dA}$$

ただし、$F_{mr} < 5$（dB）の場合は$F_{mr} = 5$（dB）、$F_{ms} < 5$（dB）の場合は$F_{ms} = 5$（dB）とする。

k：年変動による増加係数で 2 とする。

P_R：レーレーフェージング発生確率。

P_{ir}：目標回線品質であり、5×10^{-7}（1/km）とする。

P_{is}：回線瞬断率規格であり、5×10^{-7}（1/km）とする。

d：実伝送距離（km）

A：スペースダイバーシチ方式による改善率。単一受信時は 1 とする。

P_Rは次式により求める。

$$P_R = \left(\frac{f}{4}\right)^{1.2} d^{3.5}Q$$

f：周波数（GHz）

C バンド　：6.5

D バンド　：7.0

d：実伝送距離（km）

Q：伝搬路の状態によって決まる係数（次表）

分類	伝搬路	平均伝搬路高 h（m）	伝搬路係数Q
山岳	山岳地帯が大部分を占めている場合	－	2.1×10^{-9}
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、湾や入江があって海岸（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	$h \geqq 100$	5.1×10^{-9}
		$h < 100$	$2.35 \times 10^{-8} \times (1/h)^{\frac{1}{3}}$
海	1　海上 2　海岸（水際より 10km 程度までを含む。）で平野	$h \geqq 100$	$3.7 \times 10^{-7} \times (1/h)^{\frac{1}{2}}$
		$h < 100$	$3.7 \times 10^{-6} \times (1/h)$

表中の平均伝搬路高 h は、次式により求める。

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} - h_m$$

h_1、h_2：両局の空中線の海抜高（m）
h_m：平均地表高（m）。ただし、伝搬路が海上の場合には 0 とする。

また、反射がある場合で、実効反射減衰量D/U_rが$D/U_r \leqq 20$（dB）のときは、P_Rの代わりに電波法関係審査基準 別紙 1 別図第 49 号に示された等価レーレーフェージング発生確率P_{Re}を用いる。
D/U_r（dB）は、下表に示す反射減衰量に送受アンテナの指向減衰量及び反射リッジ損失を加えた値とする。ただし、リッジ損失が 6dB 以上の場合は反射波がないものとし、$D/U_r = \infty$とする。

反射減衰量

反射点	水面	水田	畑、乾田	都市、森林、山岳
反射減衰量	0dB	2dB	6dB	14dB

Aは、SD（スペースダイバーシチ）アンテナ空間相関係数ρ及びフェージングマージン（$= P_r - P_{rni} - C/N_{th0}$）から、電波法関係審査基準 別紙 I 別図第 46 号により求めるものとする。ここで、

P_r：平常時の受信入力（dBm）
P_{rni}：受信機の熱雑音電力（dBm）
C/N_{th0}：熱雑音に対する C/N（dB）

である。ρは次式により求める。

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

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）
d：実伝送距離（km）
γ：実効反射係数

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

s：直接波と反射波の路程差（m）

（2） M バンド又は N バンドの場合

単一受信時：

$$F_{mr} = 10log\left(\frac{\alpha_{MAIN}(P_{R-}P_a) + \beta_a P_a}{P_{ir}d - P_d P_R}\right) - \eta$$

$$F_{ms} = 10log\left(\frac{\alpha_{MAIN}(P_{R-}P_a) + \beta_a P_a}{P_{is}d - P_d P_R}\right) - \eta$$

SD 受信時：

$$F_{mr} = 5log\left(\frac{\alpha_{SD}(P_{R-}P_a) + \beta_a^2 P_a}{\left(\sqrt{P_{ir}d} - \sqrt{P_d P_R}\right)^2 (1-\rho)}\right) - \eta - A$$

$$F_{ms} = 5log\left(\frac{\alpha_{SD}(P_{R-}P_a) + \beta_a^2 P_a}{\left(\sqrt{P_{is}d} - \sqrt{P_d P_R}\right)^2 (1-\rho)}\right) - \eta - A$$

ただし、F_{mr}（又はF_{ms}）＜5.6dB の場合は、F_{mr}（又はF_{ms}）=5.6dB とする。

P_a：減衰性フェージング発生確率。3（2）項により求める。
P_d：波形歪による瞬断率。4 項により求める。
P_{ir}：目標回線品質であり、5×10^{-5}/D、D は全区間距離（km）とする。
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。

2　所要降雨マージンの算出方法

10GHz を超える場合は、以下のとおりとする。

降雨減衰量の分布の p%値Z_r（年間回線不稼働率 p%に対応した所要降雨マージン）は次式により求めるものとする。また、既知の降雨マージンZ_rに対応した年間回線不稼働率については、同式の逆関数により算出するものとする。

$$Z_r = (\gamma \cdot {R_{0.0075\%}}^n) \cdot d \cdot T_p \cdot K_p \cdot C_p \text{（dB）}$$

$R_{0.0075\%}$：各地点における 1 分間雨量累積分布の 0.0075%値（mm/min）

γ、n：降雨減衰係数$\gamma \cdot {R_{0.0075\%}}^n$を求めるためのパラメータ

$$\gamma = -170.3971 + 584.2627 \cdot t - 742.788 \cdot t^2 + 412.6263 \cdot t^3 - 82.0161 \cdot t^4$$

$$n = 12.47145 - 31.28249 \cdot t + 32.49227 \cdot t^2 - 14.97753 \cdot t^3 + 2.542102 \cdot t^4$$

$t = logf$

f：中心周波数（GHz）

E バンド　：10.3

F バンド　：10.6

G バンド　：13.0

d：伝搬路の実距離（km）

T_p：ガンマ分布の p%値を 0.0075%値で正規化した値

$$T_p = 7.102406 \times 10^{-3} - 3.8465364 \times 10^{-1} \cdot s + 4.5883133 \times 10^{-2} \cdot s^2 + 3.2882329 \times 10^{-3} \cdot s^3$$

$s = \log p$（p：当該区間の年間回線不稼働率（0.00001%≦p≦0.1%））

K_p：瞬間的にみた雨量が伝搬路上で一様でないための補正係数

$K_p = exp(-a \cdot d^b)$　（0km≦d≦30km）

$$a = \begin{cases} 3.54789 \times 10^{-2} \times 10^{0.280409/log\ p} & (0\text{km} \leqq d \leqq 15\text{km}) \\ 4.92856 \times 10^{-2} \times 10^{0.315439/log\ p} & (15\text{km} \leqq d \leqq 30\text{km}) \end{cases}$$

$$b = \begin{cases} 0.93974 - 3.1846 \times 10^{-2}/log\ p & (0\text{km} \leqq d \leqq 15\text{km}) \\ 0.81364 - 6.2562 \times 10^{-2}/log\ p & (15\text{km} \leqq d \leqq 30\text{km}) \end{cases}$$

C_p：計算値の分布と実際の分布が一致しないための補正係数

$C_p = exp(-\beta \cdot d)$　（0km≦d≦30km）

$$\beta = \begin{cases} -0.0126 - 7.8632 \times 10^{-3} \cdot s & (0.00001\% \leqq p \leqq 0.001\%) \\ -4.245 \times 10^{-3} - 8.74 \times 10^{-4} \cdot s + 1.3884 \times 10^{-3} \cdot s^2 & (0.001\% \leqq p \leqq 0.1\%) \end{cases}$$

$s = \log p$　（0.00001%≦p≦0.1%）

3　フェージング発生確率の算出方法

(1)　レーレーフェージング発生確率(P_R)の算出方法

$$P_R = \left(\frac{f}{4}\right)^{1.2} d^{3.5} Q$$

f:周波数(GHz)

M バンド:6.7

N バンド:7.6

d:伝搬路長　(km)

Q:伝搬路の状態によって決まる係数(次表)

分類	伝搬路	平均伝搬路高 h(m)	伝搬路係数Q
山岳	山岳地帯が大部分を占めている場合	―	2.1×10^{-9}
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、湾や入江があって海岸(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	$h \geqq 100$	5.1×10^{-9}
		$h < 100$	$2.35\times10^{-8}\times(1/h)^{\frac{1}{3}}$
海	1　海上 2　海岸(水際より 10km 程度までを含む。)で平野	$h \geqq 100$	$3.7\times10^{-7}\times(1/h)^{\frac{1}{2}}$
		$h < 100$	$3.7\times10^{-6}\times(1/h)$

表中の平均伝搬路高hは、次式により求める。

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} - h_m$$

h_1、h_2:両局の空中線の海抜高(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。

(2)　減衰性フェージング発生確率(P_a)の算出方法

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

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

Q_t　:伝搬路係数

伝搬路種別	平野	山岳	海上
Q_t	0.4	0.16	1

ΔH　:両局の空中線悔抜高の差(m)

$\Delta H = |h_1 - h_2|$

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

7 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
$\sigma\Delta N$	12.8	13.0	13.5	13.9	14.5

4　波形歪による瞬断率(P_d)の算出方法

単一受信時:

$$P_d = \frac{(P_R - P_a)u_i + P_a u_a}{P_R}$$

SD 受信時:

$$P_d = \frac{(P_R - P_a)U_i + P_a U_a}{P_R}$$

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。

$$u_x = 1 + \frac{1 - z}{\sqrt{(1+z)^2 - 4\rho\,\Delta f_x \cdot z}}$$

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

(添字xはi 又はaを指す。)

z:自動等価器等によって定まる許容帯域内振幅偏差(真数)であり、5.37 とする(符号誤り率1×10^{-4}の場合)。
$\rho\Delta f_i$: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

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

(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

単一受信時:

$$\alpha_{MAIN} = 10^{\left(-0.0228 + 0.0427\sigma - 0.00181{\sigma}^2 + 0.00467{\sigma}^3\right)}$$

SD 受信時:

$$\alpha_{SD} = 10^{\left(-0.105 + 0.341\sigma_0 - 0.201{\sigma_0}^2 + 0.0648{\sigma_0}^3\right)}$$

ただし、$\alpha_{MAIN} > 20$の場合は$\alpha_{MAIN} = 20$、$\alpha_{SD} > 20$の場合は$\alpha_{SD} = 20$、$\alpha_{MAIN} < 1$の場合は$\alpha_{MAIN} = 1$、$\alpha_{SD} < 1$の場合は$\alpha_{SD} = 1$とする。

σ:中央値変動の標準偏差(dB)

$$\sigma = 0.75Q' \left(\frac{f}{4}\right)^{0.3} d^{0.9}$$

Q':伝搬路係数

伝搬路種別(注)	平均伝搬路高h(m)(注)	Q'
山岳	—	0.0471
平野	$h \geqq 100$	0.0591
	$h < 100$	$0.087 \times \left(\frac{1}{h}\right)^{0.085}$
海	$h \geqq 100$	$0.177 \times \left(\frac{1}{h}\right)^{0.13}$
	$h < 100$	$0.32 \times \left(\frac{1}{h}\right)^{0.26}$

注：伝搬路種別及びhについては、3（1）項参照。

f：周波数（GHz） 表 1 参照
d：伝送距離（km）
σ_0 は次により求める。
γ≧0.2 の場合：$\sigma_0 = \sigma_1$
γ＜0.2 の場合：$\sigma_0 = \sigma$
γ：実効反射係数

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

D/U_r：実効反射減衰量（dB）。下表に示す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。なお、実効反射減衰量の算出は、すべて平面大地として行う。

反射面	水面	水田	畑、乾田	都市、森林、山岳
反射減衰量	0dB	2dB	6dB	14dB

$$\sigma_1 = 10^{\left[0.7457 - 0.7279\ log\sigma_2 + 0.1956(log\sigma_2)^2 - 0.06496(log\sigma_2)^3\right]}$$

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

（2） 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
$4\sigma > D/U_r$の場合：

$$\beta_a = 1/\gamma^2$$

$4\sigma \leq D/U_r$の場合：

$$\beta_a = 10^{\,2\sigma/5}$$

ただし、$\beta_a < \alpha_{MAIN}$の場合は$\beta_a = \alpha_{MAIN}$とし、${\beta_a}^2 < \alpha_{SD}$の場合は${\beta_a}^2 = \alpha_{SD}$とする。

6 SD アンテナ空間相関係数（ρ）の算出方法

γ≧0.5 の場合：

$$\rho = \rho_1$$

0.5＞γ≧0.2 の場合：

$$\rho = \frac{\gamma - 0.2}{0.3} \cdot \rho_1 + \frac{0.5 - \gamma}{0.3} \cdot \rho_2$$

γ＜0.2 の場合：

$$\rho = \rho_2$$

ただし、ρ＜0.4 のときρ=0.4 とする。

$$\rho_1 = \frac{1 + \Gamma^2 + \Gamma cos\left(\frac{4\pi\Delta h \cdot h_1\gamma}{1000\lambda d}\right)\ exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi\Delta h \cdot {d_1}^2\rho\Delta N}{\lambda d\sqrt{h_0\gamma}}\right)^2 10^{-9}\right]}{1 + \Gamma + \Gamma^2}$$

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

$$\rho_2 = \exp\left[-0.0021\Delta h \cdot f\sqrt{0.4d + 10^4 s^2 \frac{\gamma^2}{(1+\gamma^2)^2}}\right]$$

Δh：空中線間隔（m）
$h_o\gamma$：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）（3（1）項参照）
λ：波長（m）
d：伝送路長（km）
d_1：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（3（2）項参照）
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）

$s = 0.3\tau$

τ：直接波と反射波の伝搬時間差（ns）

実効反射減衰量D/U_rが$D/U_r \geqq 30$（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、伝搬時間差の算出についても平面大地により行う。

7　広帯域受信電力フェード量減少係数（η）の算出方法

$$\eta = A_0(v) + A_1(v) \cdot logP_s + A_2(v) \cdot (logP_s)^2$$

ただし、
単一受信時：$\eta > 5$の場合は$\eta = 5$
SD（スペースダイバーシチ）受信時：　$\eta > 2$の場合は$\eta = 2$、$\eta < 0$の場合は$\eta = 0$とする。

$$A_0(v) = -48.17 + 160.48v - 185.5v^2 + 88.1v^3 - 14.92v^4$$

$$A_1(v) = -53.22 + 166.8v - 186.54v^2 + 87.85v^3 - 14.92v^4$$

$$A_2(v) = -17.95 + 49.06v - 49.84v^2 + 22.45v^3 - 3.73v^4$$

$$v = 1.76 + 0.239log(1 - \rho\Delta f_i) + 0.012[log(1 - \rho\Delta f_i)]^2$$

$\rho\Delta fi$：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

Ps　：次により求める。

単一受信時：

$P_s = \rho_0$

SD 受信時：

$$P_s = \sqrt{\frac{(1-\rho)\rho_0}{\alpha_{SD}}}$$

$$\rho_0 = \frac{5 \times 10^{-5}\left(\frac{d}{D}\right)}{P_R}$$

d：実伝送距離（km）
D：全伝送区間の距離（km）
P_R：レーレーフェージング発生確率。3（1）項参照・

α_{SD}：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。

参考資料9　　回線設計例(IP伝送方式)

技術的条件に基づき、IP 伝送方式の標準的な回線設計の検討を行った。

- 目標とする回線品質(現行 TS 伝送方式と同一、偏波 MIMO は偏波ごと)

フェージングによる回線瞬断率
　5×10^{-7}(1/km)以下(C/D バンド)
　4×10^{-7}(1/km)以下(M/N バンド)
降雨による回線不稼働率
　1.25×10^{-6}(1/km･年)以下(E/F/G バンド)

- 標準的な設備

現行 TS 伝送方式の技術的条件答申の回線設計例に準じて以下とした。

送信電力(空中線電力)
　C/M/D/N/E/F バンド:　1.5W 以下
　F バンド(10.60～10.68GHz)、G バンド:　0.5W 以下

空中線
　10GHz 未満:口径 3m 以下
　10GHz 以上:口径 2.4m 以下

受信方式
　単一受信

- 標準的な回線設計例

D バンド、F バンド及び G バンドについての標準的な回線設計例を、それぞれ表 1、表 2 及び表 3 に示す。なお、表の黄色マーカーで示している項目の(受信入力－標準受信電力)±3dB 以内、フェージング時の熱雑音 C/N マージン≧0dB が回線成立の条件である。また、赤文字は現行方式の設計値と異なることを示す。

- 標準的な回線距離

標準的な回線設計に基づく標準的な回線距離を表 4 に示す。
標準的な回線距離は、所要 C/N が現行以下の伝送パラメータであれば現行の回線距離を実現でき、所要 C/N が現行を超える伝送パラメータでは、周波数帯によっては現行の標準的な回線距離よりも短くなる場合がある。具体的に、1024QAM(符号化率 12/16)は、C/D/M/N バンドで現行の標準的な回線距離よりも短くなる。

表 1　IP 伝送方式　D バンドの標準的な回線設計例

項目	記号	単位	設計値（現行）	設計値（次世代）				備考
方式			TS伝送方式	IP伝送方式（SISO）		IP伝送方式（MIMO）		
変調方式			64QAM	256QAM(14/16)	1024QAM(12/16)	256QAM(14/16)	1024QAM(12/16)	
伝送速度		Mb/s	40.2	47.2	50.4	94.4	100.9	
無線周波数	f	GHz	7	7	7	7	7	Dバンド
空中線電力		W	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
伝搬路種別			平野	平野	平野	平野	平野	
平均伝搬路高	h	m	100	100	100	100	100	
大地反射の有無			無	無	無	無	無	
全伝搬距離	d	km	50	50	36	50	36	
空中線電力	Pt	dBm	31.8	31.8	31.8	31.8	31.8	
送信給電線系損失	Lft	dB	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	
送信付加損失（スパン等化）		dB	0	0	4.5	0	4	
送信空中線利得	Gat	dB	42.4	42.4	42.4	42.4	42.4	
送信空中線口径		mΦ	3	3	3	3	3	
自由空間伝搬損失	Lp	dB	143.3	143.3	140.5	143.3	140.5	
受信空中線利得	Gar	dB	42.4	42.4	42.4	42.4	42.4	
受信空中線口径		mΦ	3	3	3	3	3	
受信給電線系損失	Lfr	dB	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	
等価雑音帯域幅	NB	MHz	6.7	7.6	7.6	7.6	7.6	
受信機雑音指数	NF	dB	4	4	4	4	4	
受信機熱雑音電力	Prn	dBm	-101.7	-101.1	-101.1	-101.1	-101.1	
標準受信入力	Pr	dBm	-44.3	-44.3	-46.0	-43.7	-45.4	
受信入力	Pr'	dBm	-41.5	-41.5	-43.2	-41.5	-42.7	
最大受信入力	Prmax	dBm	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	
受信入力－標準受信入力	Pr'-Pr	dB	2.7	2.7	2.9	2.1	2.8	±3dB以内
許容回線瞬断率	Pio		2.50E-05	2.50E-05	1.80E-05	2.50E-05	1.80E-05	
レーレーフェージング発生確率	PR		8.82E-03	8.82E-03	2.79E-03	8.82E-03	2.79E-03	
所要フェージングマージン	Fmr	dB	28.5	28.5	24.9	28.5	24.9	
所要熱雑音C/N	C/Nth0	dB	30.8	30.4	32.4	31.0	33.0	
フェージング時の熱雑音C/N	C/Nthi	dB	31.7	31.1	33.0	31.1	33.5	
フェージング時の熱雑音C/Nマージン	C/Nmr	dB	0.9	0.7	0.6	0.1	0.5	≅0dB
標準的な回線距離	d_typ	km	50	50	36	50	36	

表 2　IP 伝送方式　F バンドの標準的な回線設計例

項目	記号	単位	設計値（現行）	設計値（次世代）				備考
方式			TS伝送方式	IP伝送方式（SISO）		IP伝送方式（MIMO）		
変調方式			64QAM	256QAM(14/16)	1024QAM(12/16)	256QAM(14/16)	1024QAM(12/16)	
伝送速度		Mb/s	40.2	47.2	50.4	94.4	100.9	
無線周波数	f	GHz	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	Fバンド
空中線電力		W	1	1	1	1	1	
伝搬路種別			平野	平野	平野	平野	平野	
平均伝搬路高	h	m	100	100	100	100	100	
大地反射の有無			無	無	無	無	無	
全伝搬距離	d	km	7	7	7	7	7	
空中線電力	Pt	dBm	30	30	30	30	30	
送信給電線系損失	Lft	dB	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	
送信付加損失（スパン等化）		dB	0	0	0	0	0	
送信空中線利得	Gat	dB	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	
送信空中線口径		mΦ	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	
自由空間伝搬損失	Lp	dB	129.8	129.8	129.8	129.8	129.8	
受信空中線利得	Gar	dB	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	
受信空中線口径		mΦ	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	
受信給電線系損失	Lfr	dB	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
等価雑音帯域幅	NB	MHz	6.7	7.6	7.6	7.6	7.6	
受信機雑音指数	NF	dB	4	4	4	4	4	
受信機熱雑音電力	Prn	dBm	-101.7	-101.1	-101.1	-101.1	-101.1	
標準受信入力	Pr	dBm	-34.7	-34.7	-34.7	-34.1	-34.1	
受信入力	Pr'	dBm	-35.0	-35.0	-35.0	-35.0	-35.0	
最大受信入力	Prmax	dBm	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	
受信入力ー標準受信入力	Pr'-Pr	dB	-0.4	-0.4	-0.4	-1.0	-1.0	±3dB以内
許容回線不稼働率	Pio		8.75E-06	8.75E-06	8.75E-06	8.75E-06	8.75E-06	
1分間降雨強度	Rm	mm	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	
所要降雨減衰マージン	Zr	dB	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	
所要熱雑音C/N	C/Nth0	dB	30.8	30.4	32.4	31	33	
降雨時の熱雑音C/N	C/Nthi	dB	37.8	37.2	37.2	37.2	37.2	
降雨時の熱雑音C/Nマージン	C/Nmr	dB	7.0	6.8	4.8	6.2	4.2	≅0dB
標準的な回線距離	d_typ	km	7	7	7	7	7	

表 3　IP 伝送方式　G バンドの標準的な回線設計例

項目	記号	単位	設計値（現行）	設計値（次世代）				備考
方式			TS伝送方式	IP伝送方式（SISO）		IP伝送方式（MIMO）		
変調方式			64QAM	256QAM(14/16)	1024QAM(12/16)	256QAM(14/16)	1024QAM(12/16)	
伝送速度		Mb/s	40.2	47.2	50.4	94.4	100.9	
無線周波数	f	GHz	13	13	13	13	13	Gバンド
空中線電力		W	0.2	0.2	0.3	0.2	0.4	
伝搬路種別			平野	平野	平野	平野	平野	
平均伝搬路高	h	m	100	100	100	100	100	
大地反射の有無			無	無	無	無	無	
全伝搬距離	d	km	5	5	5	5	5	
空中線電力	Pt	dBm	23	23	24.8	23	26	
送信給電線系損失	Lft	dB	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	
送信付加損失（スパン等化）		dB	0	0	0	0	0	
送信空中線利得	Gat	dB	44.7	44.7	44.7	44.7	44.7	
送信空中線口径		mΦ	2	2	2	2	2	
自由空間伝搬損失	Lp	dB	128.7	128.7	128.7	128.7	128.7	
受信空中線利得	Gar	dB	44.7	44.7	44.7	44.7	44.7	
受信空中線口径		mΦ	2	2	2	2	2	
受信給電線系損失	Lfr	dB	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	
等価雑音帯域幅	NB	MHz	6.7	7.6	7.6	7.6	7.6	
受信機雑音指数	NF	dB	5	5	5	5	5	
受信機熱雑音電力	Prn	dBm	-100.7	-100.1	-100.1	-100.1	-100.1	
標準受信入力	Pr	dBm	-34.2	-34.2	-34.2	-33.6	-33.6	
受信入力	Pr'	dBm	-35.9	-35.9	-34.1	-35.9	-32.9	
最大受信入力	Prmax	dBm	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	
受信入力ー標準受信入力	Pr'-Pr	dB	-1.7	-1.7	0.1	-2.3	0.7	±3dB以内
許容回線不稼働率	Pio		6.25E-06	6.25E-06	6.25E-06	6.25E-06	6.25E-06	
1分間降雨強度	Rm	mm	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	
所要降雨減衰マージン	Zr	dB	33.2	33.2	33.2	33.2	33.2	
所要熱雑音C/N	C/Nth0	dB	30.8	30.4	32.4	31.0	33.0	
降雨時の熱雑音C/N	C/Nthi	dB	31.6	31.0	32.8	31.0	34.0	
降雨時の熱雑音C/Nマージン	C/Nmr	dB	0.8	0.6	0.4	0.0	1.0	≅0dB
標準的な回線距離	d_typ	km	5	5	5	5	5	

表 4　IP 伝送方式　標準的な回線距離

方式	空間多重	標準的な変調方式（LDPC符号化率）	所要C/N※	標準的な回線距離（C/D/M/Nバンド）	標準的な回線距離（E/Fバンド）	標準的な回線距離（Gバンド）
次世代IP伝送方式	SISO/MIMO	256QAM（14/16）	27.1 dB	50 km	7 km	5 km
	SISO/MIMO	1024QAM（12/16）	29.1 dB	36 km	7 km	5 km
現行TS伝送方式	SISO	64QAM	27.5 dB	50 km	7 km	5 km

※ 所要C/N（計算値）＋機器劣化

参考資料10　　測定法におけるスペクトルアナライザの設定例

(1) IP 伝送方式の測定法におけるスペクトルアナライザの設定例

- 占有周波数帯幅

スペクトルアナライザの設定は以下とする。

- 中心周波数：変調波の中心周波数
- SPAN：30MHz
- RBW：100kHz
- VBW：1kHz
- 検波モード：ポジティブピーク検波

- 送信電力スペクトル特性

スペクトルアナライザの設定は以下とする。

- 中心周波数：変調波の中心周波数
- SPAN：50MHz
- RBW：100kHz
- VBW：1kHz
- 検波モード：ポジティブピーク検波

- スプリアス発射及び不要発射の強度
  - 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度

スペクトルアナライザの設定は以下とする。
なお、帯域外領域内でスプリアスを探索した上で、中心周波数をスプリアスの周波数とする。

- 中心周波数：スプリアスの周波数
- SPAN：30MHz
- RBW：100kHz（30MHz～1GHz）、1MHz（1GHz 以上）
- VBW：RBW の 10 倍程度
- 検波モード：サンプル検波

  - スプリアス領域における不要発射の強度

スペクトルアナライザの設定は以下とする。

- 中心周波数：スプリアスの周波数
- SPAN：20MHz
- RBW：100kHz（30MHz～1GHz）、1MHz（1GHz 以上）
- VBW：RBW の 10 倍程度
- 検波モード：サンプル検波

なお、スプリアスの有無を確認するときのスペクトルアナライザの設定は以下とする。

中心周波数：測定範囲を含むように設定する
- SPAN：測定範囲を含むように設定する
- RBW：10kHz～100kHz（30MHz～1GHz）
  0.1MHz～1MHz（1GHz 以上）

- VBW：RBW の 3～10 倍程度
- 検波モード：ポジティブピーク検波

(2) 次世代 IF 伝送方式の測定法におけるスペクトルアナライザの設定例

- 占有周波数帯幅

スペクトルアナライザの設定は以下とする。

- 中心周波数：変調波の中心周波数
- SPAN：20MHz
- RBW：10kHz
- VBW：300Hz 以下
- 検波モード：ポジティブピーク検波

- 送信電力スペクトル特性

スペクトルアナライザの設定は以下とする。

- 中心周波数：変調波の中心周波数
- SPAN：30MHz
- RBW：10kHz
- VBW：300Hz 以下
- 検波モード：ポジティブピーク検波

- スプリアス発射及び不要発射の強度
  - 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度

スペクトルアナライザの設定は以下とする。
なお、帯域外領域内でスプリアスを探索した上で、中心周波数をスプリアスの周波数とする。

- 中心周波数：スプリアスの周波数
- SPAN：30MHz
- RBW：100kHz（30MHz～1GHz）、1MHz（1GHz 以上）
- VBW：RBW の 10 倍程度
- 検波モード：サンプル検波

  - スプリアス領域における不要発射の強度

スペクトルアナライザの設定は以下とする。

- 中心周波数：スプリアスの周波数
- SPAN：20MHz
- RBW：100kHz（30MHz～1GHz）、1MHz（1GHz 以上）
- VBW：RBW の 10 倍程度
- 検波モード：サンプル検波

なお、スプリアスの有無を確認するときのスペクトルアナライザの設定は以下とする。

- 中心周波数：測定範囲を含むように設定する
- SPAN：測定範囲を含むように設定する
- RBW：10kHz～100kHz（30MHz～1GHz）
  0.1MHz～1MHz（1GHz 以上）
- VBW：RBW の 3～10 倍程度
- 検波モード：ポジティブピーク検波

参考資料11　　混信保護（次世代IF伝送方式）

1. 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$[C/I]_a$は次式により求める。

$$[C/I]_a = -10 \times Log \sum_{i=1}^{n} 10^{-(C/I_i)/10}$$

n：妨害波の数

C/I_i：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：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める場合には、電波法関係審査基準の別紙1別図第 23 号及び別図第 24 号により回折損失を求め加算する。

IRF_i：希望波とi番目の妨害波間の干渉軽減係数[dB]。

2. 干渉軽減係数

現行 IF 伝送方式の干渉軽減係数（電波法関係審査基準別紙 2 第 5 の 1(3)別紙(3)-13)と同一とする。

なお、チャネル番号 C-8 及び D-1（放送事業用の固定業務及び移動業務に対する SHF 帯周波数の割当て方針に規定するチャネル番号とする。また、チャネル番号に含まれる数字の直後に A、B、C 又は D が付くチャネルを含む。以下の表において同じ。）で STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備する場合は、表 2～表 4 を適用する。また、表 5 の条件を満足する場合は、表 2～表 4 に代えて表 6～表 8 を適用する。

表 1 IRF（STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備しない場合）

希望波	干渉波		干渉軽減係数 IRF [dB] 周波数差 [MHz]																				
			0	1.5	4.5	6	7.5	9	10.5	12	13.5	16.5	18	19.5	22.5	24	25.5	27	28.5	30	31.5	34.5	36
IF伝送 独立同期	IF伝送	独立同期	0	0	0	45	45	48	49	50	50	50	50	50	52	54	55	56	57	58	58	59	60
		従属同期標準	0	0	0	—	30	48	49	—	50	50	50	50	52	—	55	56	57	—	58	59	60
		従属同期低雑音	0	0	0	—	25	37	37	—	37	40	45	45	48	—	52	53	55	—	58	59	60
	TS伝送		0	0	5	—	30	37	37	—	37	40	45	45	48	—	52	53	55	—	58	59	60
	IP伝送		0	0	5	—	30	37	37	—	37	40	45	45	48	—	52	53	55	—	58	59	60
	デジタルTSL		0	—	0	0	—	—	—	30	37	—	37	—	40	41	—	—	—	48	49	—	53
	次世代TSL		0	—	0	0	—	—	—	30	37	—	37	—	40	41	—	—	—	48	49	—	53
IF伝送 従属同期標準	IF伝送	独立同期	0	0	0	—	10	47	49	—	50	50	50	50	52	—	55	56	57	—	58	59	60
		従属同期標準	0	—	—	—	—	47	—	—	—	—	50	—	—	—	—	56	—	—	—	—	60
		従属同期低雑音	0	—	—	—	—	45	—	—	—	—	50	—	—	—	—	56	—	—	—	—	60
	TS伝送		0	—	—	—	—	37	—	—	—	—	45	—	—	—	—	53	—	—	—	—	60
	IP伝送		0	—	—	—	—	37	—	—	—	—	45	—	—	—	—	53	—	—	—	—	60
	デジタルTSL		—	—	0	—	—	—	—	—	30	—	—	—	40	—	—	—	—	—	49	—	—
	次世代TSL		—	—	0	—	—	—	—	—	30	—	—	—	40	—	—	—	—	—	49	—	—
IF伝送 従属同期低雑音	IF伝送	独立同期	0	0	0	—	0	36	40	—	43	45	45	45	47	—	50	51	52	—	53	54	55
		従属同期標準	0	—	—	—	—	36	—	—	—	—	45	—	—	—	—	51	—	—	—	—	55
		従属同期低雑音	0	—	—	—	—	36	—	—	—	—	45	—	—	—	—	51	—	—	—	—	55
	TS伝送		0	—	—	—	—	28	—	—	—	—	40	—	—	—	—	48	—	—	—	—	55
	IP伝送		0	—	—	—	—	28	—	—	—	—	40	—	—	—	—	48	—	—	—	—	55
	デジタルTSL		—	—	0	—	—	—	—	—	5	—	—	—	35	—	—	—	—	—	44	—	—
	次世代TSL		—	—	0	—	—	—	—	—	5	—	—	—	35	—	—	—	—	—	44	—	—

（注 1）：独立同期方式でサービスチャネル信号を伝送する場合は従属同期標準方式と同じとする。
（注 2）：従属同期低雑音方式の IRF は方式諸元（パイロットレベルや受信パイロット抽出フィルタの帯域幅）によって異なる値とすることができる。

希望波	干渉波		干渉軽減係数 IRF [dB]																				
			周波数差 [MHz]																				
			0	1.5	4.5	6	7.5	9	10.5	12	13.5	16.5	18	19.5	22.5	24	25.5	27	28.5	30	31.5	34.5	36
デジタルTSL	IF伝送	独立同期	0	—	0	0	—	—	—	25	35	—	42	—	42	43	—	—	—	45	48	—	50
次世代TSL			0	—	0	0	—	—	—	25	35	—	42	—	42	43	—	—	—	45	48	—	50
デジタルTSL	IF伝送	従属同期標準	—	—	0	—	—	—	—	—	34	—	—	—	42	—	—	—	—	—	48	—	—
次世代TSL			—	—	0	—	—	—	—	—	34	—	—	—	42	—	—	—	—	—	48	—	—
デジタルTSL	IF伝送	従属同期低雑音	—	—	0	—	—	—	—	—	27	—	—	—	42	—	—	—	—	—	48	—	—
次世代TSL			—	—	0	—	—	—	—	—	27	—	—	—	42	—	—	—	—	—	48	—	—

（注 1）独立同期方式でサービスチャネル信号を伝送する場合は従属同期標準方式と同じとする。

表 2 IRF（STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備する場合）

希望波	干渉波		干渉軽減係数 IRF [dB]																				
			周波数差 [MHz]																				
			0	1.5	4.5	6	7.5	9	10.5	12	13.5	16.5	18	19.5	22.5	24	25.5	27	28.5	30	31.5	34.5	36
IF伝送 独立同期	IF伝送	独立同期	0	0	0	45	45	48	49	50	53	57	59	61	66	69	71	74	76	78	79	80	80
		従属同期標準	0	0	0	—	30	48	49	—	53	57	59	61	66	—	71	74	76	—	79	80	80
		従属同期低雑音	0	0	0	—	25	48	48	—	53	57	59	61	66	—	71	74	76	—	79	80	80
	TS伝送		0	0	5	—	30	37	37	—	40	47	54	56	62	—	68	71	74	—	79	80	80
	IP伝送		0	0	5	—	30	37	37	—	40	47	54	56	62	—	68	71	74	—	79	80	80
IF伝送 従属同期標準	IF伝送	独立同期	0	0	0	—	10	47	49	—	53	57	59	61	66	—	71	74	76	—	79	80	80
		従属同期標準	0	—	—	—	—	47	—	—	—	—	59	—	—	—	—	74	—	—	—	—	80
		従属同期低雑音	0	—	—	—	—	45	—	—	—	—	59	—	—	—	—	74	—	—	—	—	80
	TS伝送		0	—	—	—	—	37	—	—	—	—	54	—	—	—	—	71	—	—	—	—	80
	IP伝送		0	—	—	—	—	37	—	—	—	—	54	—	—	—	—	71	—	—	—	—	80
IF伝送 従属同期低雑音	IF伝送	独立同期	0	0	0	—	0	36	40	—	46	52	54	56	61	—	66	69	71	—	74	77	79
		従属同期標準	0	—	—	—	—	36	—	—	—	—	54	—	—	—	—	69	—	—	—	—	79
		従属同期低雑音	0	—	—	—	—	36	—	—	—	—	54	—	—	—	—	69	—	—	—	—	79
	TS伝送		0	—	—	—	—	28	—	—	—	—	49	—	—	—	—	69	—	—	—	—	79
	IP伝送		0	—	—	—	—	28	—	—	—	—	49	—	—	—	—	69	—	—	—	—	79

（注 1）独立同期方式でサービスチャネル信号を伝送する場合は従属同期標準方式と同じとする。
（注 2）従属同期低雑音方式の IRF は方式諸元（パイロットレベルや受信パイロット捕出フィルタの帯域幅）によって異なる値とすることができる。

希望波	干渉波		干渉軽減係数 IRF [dB]																				
			周波数差 [MHz]																				
			0	1.5	4.5	6	7.5	9	10.5	12	13.5	16.5	18	19.5	22.5	24	25.5	27	28.5	30	31.5	34.5	36
デジタルTSL	IF伝送	独立同期	0	—	0	0	—	—	—	25	36	—	49	—	54	56	—	—	—	63	67	—	72
次世代TSL			0	—	0	0	—	—	—	25	36	—	49	—	54	56	—	—	—	63	67	—	72
デジタルTSL	IF伝送	従属同期標準	—	—	0	—	—	—	—	—	33	—	—	—	54	—	—	—	—	—	67	—	—
次世代TSL			—	—	0	—	—	—	—	—	33	—	—	—	54	—	—	—	—	—	67	—	—
デジタルTSL	IF伝送	従属同期低雑音	—	—	0	—	—	—	—	—	28	—	—	—	54	—	—	—	—	—	67	—	—
次世代TSL			—	—	0	—	—	—	—	—	28	—	—	—	54	—	—	—	—	—	67	—	—

（注 1）独立同期方式でサービスチャネル信号を伝送する場合は従属同期標準方式と同じとする。

表 3 チャネル番号 C-8、D-1 を使用する場合の M バンド各方式との IRF [注1]

（STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備する場合）

希望波	干渉波		干渉軽減係数 IRF [dB] 周波数差 [MHz]																														
			8	9.5	11	12.5	13	14	14.5	16	17	17.5	18	18.5	19	19.5	20	21	21.5	22	22.5	23	23.5	24	25	26	26.5	27	27.5	28	28.5	29	29.5	30
IF伝送 独立同期	TS伝送		32	–	–	–	–	45	–	–	–	–	53	–	–	–	58	–	–	–	–	–	–	66	–	71	–	–	–	75	–	–	–	80
	IP伝送		32	–	–	–	–	45	–	–	–	–	53	–	–	–	58	–	–	–	–	–	–	66	–	71	–	–	–	75	–	–	–	80
	4PSK	5MHz	–	–	30	–	–	–	–	46	49	–	–	–	–	–	–	68	–	70	–	74	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–	–
		9.5MHz	17	–	–	–	34	36	–	–	–	–	50	–	54	–	59	–	–	–	–	–	–	78	80	80	–	–	–	80	–	–	–	80
	16QAM	9.5MHz	18	–	–	–	–	41	–	–	–	–	53	–	–	–	59	–	–	–	–	–	–	68	–	72	–	–	–	76	–	–	–	80
	128QAM	9.5MHz	22	–	–	–	–	42	–	–	–	–	64	–	–	–	74	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	–	–	80	–	–	–	80
		19MHz	–	–	–	–	21	–	–	–	–	–	–	–	46	–	–	–	–	–	–	–	–	–	63	–	–	–	–	–	–	–	–
		28.5MHz[注2]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	60
IF伝送 従属同期標準	TS伝送		–	35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	55	–	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	74	–	76	–	79	–
	IP伝送		–	35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	55	–	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	74	–	76	–	79	–
	4PSK	5MHz	–	–	–	33	–	–	–	–	–	50	–	–	–	–	–	–	69	–	73	–	–	–	–	–	80	–	–	–	–	–	–	–
		9.5MHz	–	18	–	–	–	–	37	–	–	–	–	57	–	–	–	–	–	–	–	–	73	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
	16QAM	9.5MHz	–	19	–	–	–	–	–	–	–	–	–	53	–	57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
	128QAM	9.5MHz	–	26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70	–	73	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
		19MHz	–	–	–	–	–	–	23	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	55	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		28.5MHz[注3]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
IF伝送 従属同期低雑音	TS伝送		–	26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	49	–	52	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	71	–	73	–	76	–
	IP伝送		–	26	–	–	–	–	–	–	–	–	–	49	–	52	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	71	–	73	–	76	–
	4PSK	5MHz	–	–	–	28	–	–	–	–	–	45	–	–	–	–	–	–	65	–	68	–	–	–	–	–	77	–	–	–	–	–	–	–
		9.5MHz	–	3	–	–	–	–	31	–	–	–	–	48	–	52	–	–	–	–	–	–	70	–	–	–	–	–	78	–	79	–	80	–
	16QAM	9.5MHz	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	48	–	52	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70	–	72	–	74	–
	128QAM	9.5MHz	–	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	64	–	68	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	74	–	74	–	75	–
		19MHz	–	–	–	–	–	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	49	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		28.5MHz[注4]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	50	–	–	–	–

希望波		干渉波	干渉軽減係数 IRF [dB] 周波数差 [MHz]																														
			8	9.5	11	12.5	13	14	14.5	16	17	17.5	18	18.5	19	19.5	20	21	21.5	22	22.5	23	23.5	24	25	26	26.5	27	27.5	28	28.5	29	29.5	30
TS伝送		IF伝送 独立同期	45	–	–	–	–	62	–	–	–	–	75	–	–	–	80	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	–	–	80	–	–	–	80
IP伝送			45	–	–	–	–	62	–	–	–	–	75	–	–	–	80	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	–	–	80	–	–	–	80
4PSK	5MHz		–	–	52	–	–	–	–	80	80	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–	–
	9.5MHz		26	–	–	–	46	47	–	–	–	–	54	–	56	–	59	–	–	–	–	–	–	75	80	80	–	–	–	80	–	–	–	80
16QAM	9.5MHz		32	–	–	–	–	47	–	–	–	–	55	–	–	–	59	–	–	–	–	–	–	67	–	72	–	–	–	76	–	–	–	80
128QAM	9.5MHz		32	–	–	–	–	59	–	–	–	–	70	–	–	–	75	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	–	–	80	–	–	–	80
	19MHz		–	–	–	–	21	–	–	–	–	–	–	–	46	–	–	–	–	–	–	–	–	–	69	–	–	–	–	–	–	–	–
	28.5MHz[注5]		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	50
TS伝送		IF伝送 従属同期標準	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77	–	79	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
IP伝送			–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77	–	79	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
4PSK	5MHz		–	–	–	65	–	–	–	–	–	80	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	–	–	–	–	80	–	–	–	–	–	–	–
	9.5MHz		–	39	–	–	–	–	47	–	–	–	–	55	–	58	–	–	–	–	–	–	78	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
16QAM	9.5MHz		–	38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	57	–	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
128QAM	9.5MHz		–	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	72	–	74	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
	19MHz		–	–	–	–	–	–	28	–	–	–	–	–	–		–	–	–	–	–	–	66	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	28.5MHz[注6]		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	50	–	–	–	–
TS伝送		IF伝送 従属同期低雑音	–	44	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77	–	79	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
IP伝送			–	44	–	–	–	–	–	–	–	–	–	77	–	79	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
4PSK	5MHz		–	–	–	65	–	–	–	–	–	80	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	–	–	–	–	80	–	–	–	–	–	–	–
	9.5MHz		–	39	–	–	–	–	47	–	–	–	–	55	–	58	–	–	–	–	–	–	78	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
16QAM	9.5MHz		–	38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	57	–	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
128QAM	9.5MHz		–	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	72	–	74	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	80	–	80	–	80	–
	19MHz		–	–	–	–	–	–	28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	66	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	28.5MHz[注7]		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	50	–	–	–	–

注 1：4PSK、16QAM 及び 128QAM は、6.5GHz 帯(6.57GHz から 6.87GHz 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。）の変調方式を示す。以下の表において同じ。

注 2：41MHz において 76、47MHz において 80 とする。

注 3：42.5MHz において 78、49.5MHz において 80 とする。

注 4：42.5MHz において 76、49.5MHz において 80 とする。

注 5：41MHz において 70、47MHz において 80 とする。

注 6：42.5MHz において 74、49.5MHz において 80 とする。

注 7：42.5MHz において 74、49.5MHz において 80 とする。

表 4 チャネル番号 C-8、D-1 を使用する場合の M バンド 64QAM156Mb/s との IRF

（STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備する場合）

希望波		干渉波		干渉軽減係数IRF [dB]	
				周波数差 [MHz]	
				46	47.5
64QAM 36.5MHz		IF伝送	独立同期	60	61
			従属同期標準	—	
			従属同期低雑音		
IF伝送	独立同期	64QAM 36.5MHz		63	65
	従属同期標準			—	
	従属同期低雑音				

表 5 表 6-表 8 を適用できる条件

主信号（OFDM）に対する等価受信ろ波特性	周波数偏差	3.5MHz	4.5MHz	10MHz	20MHz	60MHz
	減衰量	30dB	40dB	50dB	75dB	80dB

表 6 チャネル番号 C-8、D-1 を使用する場合の IRF
（STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備し、表 5 を満足する場合、表 2 に代えて適用）

希望波	干渉波		干渉軽減係数IRF [dB] 周波数差 [MHz]																
			0	1.5	4.5	6	7.5	9	10.5	12	13.5	16.5	18	19.5	22.5	24	25.5	27	28.5	30
IF伝送 従属同期低雑音	TS伝送		0	—	—	—	—	40	—	—	—	—	74	—	—	—	—	80	—	—
	IP伝送		0	—	—	—	—	40	—	—	—	—	74	—	—	—	—	80	—	—
	IF伝送	従属同期低雑音	0	—	—	—	—	48	—	—	—	—	80	—	—	—	—	80	—	—
		従属同期標準	0	—	—	—	—	51	—	—	—	—	80	—	—	—	—	80	—	—
		独立同期	—	0	0	—	36	—	53	—	67	79	—	80	80	—	—	—	80	—
IF伝送 従属同期標準	TS伝送		0	—	—	—	—	42	—	—	—	—	74	—	—	—	—	80	—	—
	IP伝送		0	—	—	—	—	42	—	—	—	—	74	—	—	—	—	80	—	—
	IF伝送	従属同期低雑音	0	—	—	—	—	53	—	—	—	—	80	—	—	—	—	80	—	—
		従属同期標準	0	—	—	—	—	54	—	—	—	—	80	—	—	—	—	80	—	—
		独立同期	—	0	3	—	50	—	60	—	72	80	—	80	80	—	—	—	80	—
IF伝送 独立同期	TS伝送		—	0	3	—	41	—	47	—	60	72	—	80	80	—	80	—	80	—
	IP伝送		—	0	3	—	41	—	47	—	60	72	—	80	80	—	80	—	80	—
	IF伝送	従属同期低雑音	—	0	2	—	49	—	57	—	68	80	—	80	80	—	80	—	80	—
		従属同期標準	—	0	3	—	50	—	59	—	72	80	—	80	80	—	80	—	80	—
		独立同期	0	—	—	34	—	—	—	66	—	—	80	—	—	80	—	—	—	80

（注）：干渉波が IF 伝送の IRF については、表 2（干渉波が IF 伝送）と同一とする。

表 7 チャネル番号 C-8、D-1 を使用する場合の IRF
(STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備し、表 5 を満足する場合、表 3 に代えて適用) 注 1

希望波	干渉波		干渉軽減係数IRF [dB]																																
			周波数差 [MHz]																																
			8	9.5	11	12.5	13	14	14.5	16	17	17.5	18	18.5	19	19.5	20	21	21.5	22	22.5	23	23.5	24	25	26	26.5	27	27.5	28	28.5	29	29.5	30
IF伝送 独立同期	TS伝送		42	—	—	—	—	52	—	—	—	—	78	—	—	—	80	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	—	—	80	—	—	—	80
	IP伝送		42	—	—	—	—	52	—	—	—	—	78	—	—	—	80	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	—	—	80	—	—	—	80
	4PSK	5MHz	—	—	50	—	—	—	—	64	72	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	80	—	—	—	—	—	80	—	80	—	80	—	—
		9.5MHz	25	—	—	—	40	50	—	—	—	—	74	—	78	—	80	—	—	—	—	—	—	80	80	80	—	—	—	80	—	—	—	80
	16QAM	9.5MHz	30	—	—	—	—	55	—	—	—	—	74	—	—	—	80	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	—	—	80	—	—	—	80
	128QAM	9.5MHz	30	—	—	—	—	52	—	—	—	—	75	—	—	—	78	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	—	—	80	—	—	—	80
		19MHz	—	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		28.5MHz注2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	65
IF伝送 従属同期標準	TS伝送		—	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76	—	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	80	—
	IP伝送		—	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76	—	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	80	—
	4PSK	5MHz	—	—	—	51	—	—	—	—	—	72	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	—	—	—	—	80	—	—	—	—	—	—	—
		9.5MHz	—	30	—	—	—	—	43	—	—	—	—	72	—	74	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—	—	—	80	—	80	—	80	—
	16QAM	9.5MHz	—	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	72	—	74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	80	—
	128QAM	9.5MHz	—	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	71	—	73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	80	—
		19MHz	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		28.5MHz注3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—
IF伝送 従属同期低雑音	TS伝送		—	41	—	—	—	—	—	—	—	—	76	—	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	80	—
	IP伝送		—	41	—	—	—	—	—	—	—	—	76	—	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	80	—
	4PSK	5MHz	—	—	—	44	—	—	—	—	—	72	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	—	—	—	—	80	—	—	—	—	—	—	—
		9.5MHz	—	29	—	—	—	—	—	—	—	—	72	—	74	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—	—	—	80	—	80	—	80	—
	16QAM	9.5MHz	—	29	—	—	—	—	—	—	—	—	72	—	74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	80	—
	128QAM	9.5MHz	—	29	—	—	—	—	—	—	—	—	71	—	73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	—	80	—
		19MHz	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		28.5MHz注4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—

注 1：干渉波が IF 伝送の IRF については、表 3(干渉波が IF 伝送)と同一とする。
注 2：41MHz において 80 とする。
注 3：42.5MHz において 78、49.5MHz において 80 とする。
注 4：42.5MHz において 78、49.5MHz において 80 とする。

表 8 チャネル番号 C-8、D-1 を使用する場合の M バンド 64QAM 36.5MHz との IRF
(STL 回線又は TTL 回線の送信機にろ波器を装備し、表 5 を満足する場合、表 4 に代えて適用)

希望波	干渉波	干渉軽減係数IRF [dB]	
		周波数差 [MHz]	
		46	47.5
IF伝送 独立同期	64QAM 36.5MHz	66	68
IF伝送 従属同期標準		—	
IF伝送 従属同期低雑音			

(注)：干渉波が IF 伝送の IRF については、表 4 (干渉波が IF 伝送)と同一とする。

表 9 チャネル番号 C-8、D-1 を使用する場合の M バンド音声 STL/TTL との IRF

希望波	妨害波	IRF [dB]													
		周波数差 [MHz]													
		8.375	8.875	9.375	9.875	10.375	10.875	11.375	11.875	12.375	0	13.375	13.875	14.375	14.875	15.375
次世代STL IF伝送 独立同期	音声回線 (64QAM)	43	47	50	52	55	57	59	61	63	65	67	68	70	71	72

希望波	妨害波	IRF [dB]														
		周波数差 [MHz]														
		9.875	10.375	10.875	11.375	11.875	12.375	12.875	13.375	13.875	14.375	14.875	15.375	15.875	16.375	16.875
次世代STL IF伝送 従属同期標準	音声回線 (64QAM)	52	55	57	59	61	63	65	67	68	70	71	72	73	74	75
次世代STL IF伝送 従属同期低雑音	音声回線 (64QAM)	52	55	57	59	61	63	65	67	68	70	71	72	73	74	75

希望波	妨害波	IRF [dB]														
		周波数差 [MHz]														
		8.375	8.875	9.375	9.875	10.375	10.875	11.375	11.875	12.375	0	13.375	13.875	14.375	14.875	15.375
次世代STL IF伝送 独立同期	音声回線 (4PSK)	44	47	50	52	55	57	59	61	63	65	67	68	70	71	72

希望波	妨害波	IRF [dB]														
		周波数差 [MHz]														
		9.875	10.375	10.875	11.375	11.875	12.375	12.875	13.375	13.875	14.375	14.875	15.375	15.875	16.375	16.875
次世代STL IF伝送 従属同期標準	音声回線 (4PSK)	52	55	57	59	61	63	65	67	68	70	71	72	73	74	75
次世代STL IF伝送 従属同期低雑音	音声回線 (4PSK)	52	55	57	59	61	63	65	67	68	70	71	72	73	74	75

表 10 チャネル番号 C-8、D-1 を使用する場合の M バンド監視・制御用固定局との IRF

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	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
次世代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	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	13.75	14	14.25	14.5	14.75	15	15.25	15.5	15.75	16	16.25	16.5	16.75	17
次世代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	65	66	67	67	68	69	69	70	70	70	71	71	71	71
次世代STL IF伝送 従属同期低雑音	監視・制御	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	63	64	65	66	67	67	68	69	69	70	70	70	71	71	71	71

参考資料１２　　フェージングマージン・降雨減衰マージン（次世代IF伝送方式）

1.　回線設計手法

(1)　平常時受信入力の計算法、評価

装置出力端から受信機入力端までの共用器、給電線、空中線、無給電中継装置、伝搬路等の全利得、全損失を考慮して、次の式から定常時受信入力を計算する。

平常時受信入力＝装置出力全電力＋全利得－全損失（dB）

ここで、装遣出力全電力とは、OFDM 信号の他、パイロット信号、SC 信号等、伝送する信号の電力を全て加算した電力のことである。

なお、受信入力の計算にあたって、無線周波数（単位 GHz）は周波数帯域ごとに次の数値を用いる。

C バンド：6.5　D バンド：7　M バンド：6.7　N バンド：7.6
E バンド：10.3　F バンド：10.6　G バンド：13

平常時受信入力の評価は、その値が別に定める標準受信入力の範囲に入っていること。
なお、所要フェージングマージンあるいは所要降雨減衰量（所要降雨マージン）は参考資料8で求める。

(2)　平常時熱雑音 C/N 及びフェージングマージンの計算法及び評価

・　受信機熱雑音

受信機熱雑音を次の式で求める。

受信機熱雑音＝－114＋10log(B)＋NF＋雑音増加係数　　（dBm）

ここで、B：受信機の等価雑音帯域幅（MHz）＝6
NF：雑音指数（dB）
雑音増加係数（dB）：パイロット信号を使用することによる雑音増加を表わす係数

なお、独立同期方式では雑音増加係数を考慮しない。また、従属同期方式（低雑音方式を除く）では雑音増加係数を 0dB とする。

・　平常時熱雑音 C/N

平常時熱雑音 C/N を次に式で計算する。

平常時熱雑音 C/N＝定常時受信入力ー受信機熱雑音

平常時熱雑音 C/N の評価は、数値が 48dB（従属同期方式低雑音方式では 43.5dB）以上となっていること。

・　フェージングマージン

フェージングが発生した時に、熱雑音 C/N がスレシホルド C/N28dB となるまでのマージンであり、次の式で計算する。

フェージングマージン＝平常時熱雑音 C/N―スレシホルド C/N

そして

フェージングマージン≧所要フェージングマージン

または

フェージングマージン≧所要降雨減衰マージン

を満足すること。

2. 総合評価

次世代 IF 伝送方式の STL/TTL に生じる雑音は、全放送システムの雑音に影響する。従って、STL/TTL の雑音が付加された時の全放送システム雑音を計算して総合評価を行う必要がある。

しかし、全体の評価に関して、放送エリアでのシステム雑音や受信機機器雑音、放送機の機器雑音など、STL/TTL 側からはアンノウンな部分が多い。そのために、STL/TTL の雑音配分も一つに整理することが不可能であり、IF 伝送方式の STL/TTL のシステム雑音のみが単独で検討可能である。

そこで、IF 伝送方式の STL/TTL の雑音（機器雑音）を含めた他の機器雑音、放送波に対する放送エリアでのシステム雑音などの規定及び総合の雑音評価は放送事業者の責任によって行われることが適当であると考えられる。

参考資料13　　電波防護指針への適合性の検討

次世代 STL/TTL 及び次世代 TSL について、電波の強度に対する安全施設を満足するよう、必要な離隔距離を算出するとともに、電波防護指針を満足するための条件を例示する。

- 電波防護の考え方（「電波防護のための基準への適合確認の手引き」による）

無線設備から発射される電波の強度が電波防護の基準値を超える場所には、取扱者以外が容易に出入りすることができないように、柵の設置など対策が求められる。

- 電波の強度の基準値

電波の強度の基準値は、表 1 の赤枠：周波数 1.5GHz～300GHz の電力測密度の実効値　1mW/cm^2
⇒以降では、「電波の強度」を「電力束密度」で評価する。

表 1　電磁界強度の基準値

① 通常用いる基準値

電磁界強度（平均時間６分間）の基準値（電波法施行規則別表第２号の３の２）

周波数	電界強度の実効値 [V/m]	磁界強度の実効値 [A/m]	電力束密度の実効値 [mW/cm^2]
100kHz － 3MHz	275	2.18/f	
3MHz － 30MHz	824/f	2.18/f	
30MHz － 300MHz	27.5	0.0728	0.2
300MHz － 1.5GHz	1.585$\sqrt{f}$	$\sqrt{f}$/237.8	f/1500
1.5GHz － 300GHz	61.4	0.163	1

- fは、MHzを単位とする周波数とする。
- 電界強度、磁界強度及び電力束密度は、それらの６分間における平均値[1]とする。
- 同一場所若しくはその周辺の複数の無線局が電波を発射する場合又は一の無線局が複数の電波を発射する場合は、電界強度及び磁界強度については各周波数の表中の値に対する割合の自乗和の値、また電力束密度については各周波数の表中の値に対する割合の和の値がそれぞれ１を超えてはならない。

出典：総務省「電波防護のための基準への適合確認の手引き」

- 電力束密度の算出式(※)

基本算出式（S_0）

$$S_0 = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K \quad [mW/cm^2]$$

ただし、空中線入力電力　P [W]
　　空中線からの距離　R [m]
　　主輻射方向の利得　G [倍]
　　大地面等の反射を考慮した係数　K

指向性を考慮した基本算出式（S）

$$S = S_0 D(\theta) \cdot F \quad [mW/cm^2]$$

ただし、電力指向性係数　D(θ)
　　補正係数　F

反射波の取扱い　　：　考慮する　K=2.56
空中線回転による補正　：　回転しない　F=1
受信点（算出値の高さ）：　地上から 2m
鉄塔からの離隔距離：　0m（俯角 90 度）～　〇〇m（俯角 1 度）
空中線　水平指向性　：　主放射方向（0 度）
空中線　垂直指向性　：　考慮しない場合（D(θ)=1）、及び垂直指向性を考慮した場合

※：算出方法及び測定方法は「平成 11 年郵政省告示第 300 号（無線設備から発射される電波の強度の算出方法及び測定方法を定める件）」に従う。

- 電力束密度を計算するための次世代 STL/TTL 及び次世代 TSL の標準モデル

現行の局舎やアンテナ構成等を参考に、電波防護に関する電力束密度を計算するための標準モデルを作成した（表 2）。
送信高※は設置条件を考慮し、共用検討で用いられている高さ（30m、100m）と実際の最低設置高の 10m とした。
送信給電系損失及び送信空中線利得は、次世代 STL/TTL/TSL の標準的な回線設計で用いられているパラメータから、『空中線利得　－　送信給電系損失』が最大になるものとした。

表 2　次世代 STL/TTL 及び次世代 TSL の標準モデル

	次世代STL/TTL	次世代TSL
周波数帯	Dバンド（代表周波数 7.0GHz）	
送信電力	2W、4W	
送信高※	10m、30m、100m	10m、30m
送信給電系損失	5.9dB	3.8dB
送信空中線利得	42.4dBi（3mΦパラボラアンテナ）	44.0dBi（4mΦパラボラアンテナ）
空中線特性	電波法関係審査基準 別紙2 第5 1(3) 別紙(3)-2	電波法関係審査基準 別紙2 第5 1(4) 別紙(4)-1
電波発射数	単独（１波）	

※：地上高

- 基本算出式及び指向性を考慮した基本算出式による電力束密度（次世代 STL/TTL）

次世代 STL/TTL について、基本算出式及び送信アンテナの垂直指向特性を用いた基本算出式により、鉄塔からの離隔距離（俯角 90 度から 1 度まで）と電力束密度の関係を求めた（図 1）。
各送信高における電力束密度が最大になる地点と電力束密度の最大値の基準値に対する割合は表 3 及び表 4 のとおりであった。

モデル名 ： STL_TTL
周波数 ： 7.0 GHz
給電損失 ： 5.9 dB
空中線利得： 42.4 dB
受信点高 ： 2.0 m
反射係数 ： 2.56

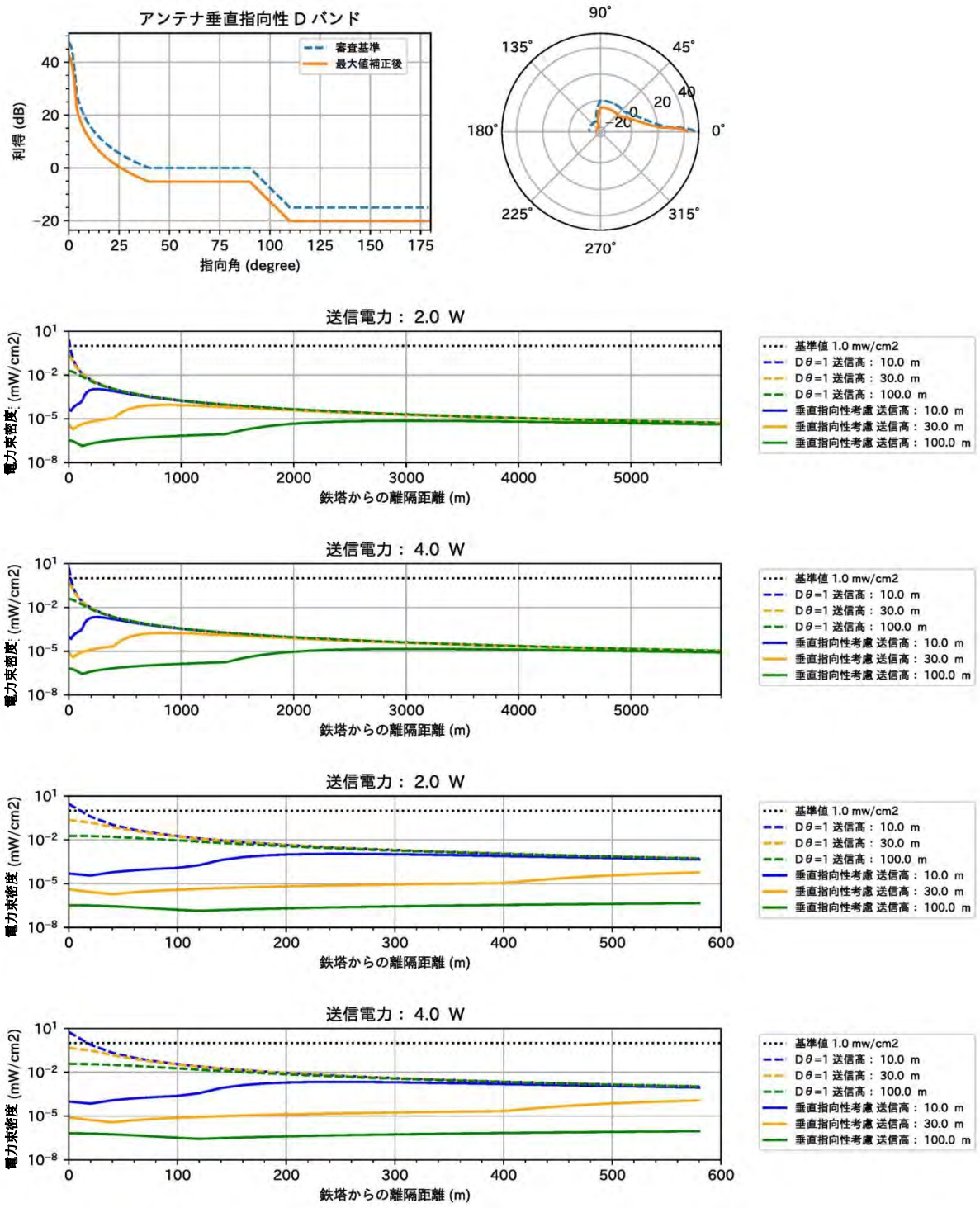


図 1 次世代 STL/TTL 離隔距離と電力束密度の計算例

表 3　基本算出式による電力束密度（次世代 STL/TTL）

送信高 [m]	電力束密度が最大になる地点 [m]	送信出力2W		送信出力4W	
		電力束密度 [mW/cm²]	基準値に対する割合 [%]	電力束密度 [mW/cm²]	基準値に対する割合 [%]
10	鉄塔直下	2.84	基準越え（0～15mの範囲）	5.67	基準越え（0～19mの範囲）
30	鉄塔直下	2.32×10^{-1}	23.2	4.64×10^{-1}	46.4
100	鉄塔直下	1.89×10^{-2}	1.89	3.79×10^{-2}	3.79

表 4　指向性を考慮した基本算出式による電力束密度（次世代 STL/TTL）

送信高 [m]	電力束密度が最大になる地点 [m]	送信出力2W		送信出力4W	
		電力束密度 [mW/cm²]	基準値に対する割合 [%]	電力束密度 [mW/cm²]	基準値に対する割合 [%]
10	240	1.10×10^{-3}	0.110	2.19×10^{-3}	0.219
30	860	8.96×10^{-5}	0.00896	1.79×10^{-4}	0.0179
100	3,020	7.32×10^{-6}	0.000732	1.46×10^{-5}	0.00146

- 基本算出式及び指向性を考慮した基本算出式による電力束密度（次世代 TSL）

次世代 TSL について、基本算出式及び送信アンテナの垂直指向特性を用いた基本算出式により、鉄塔からの離隔距離（俯角 90 度から 1 度まで）と電力束密度の関係を求めた（図 2）。

各送信高における電力束密度が最大になる地点と電力束密度の最大値の基準値に対する割合は表 5 及び表 6 のとおりであった。

モデル名 ： TSL
周波数 ： 7.0 GHz
給電損失 ： 3.8 dB
空中線利得： 44.0 dB
受信点高 ： 2.0 m
反射係数 ： 2.56

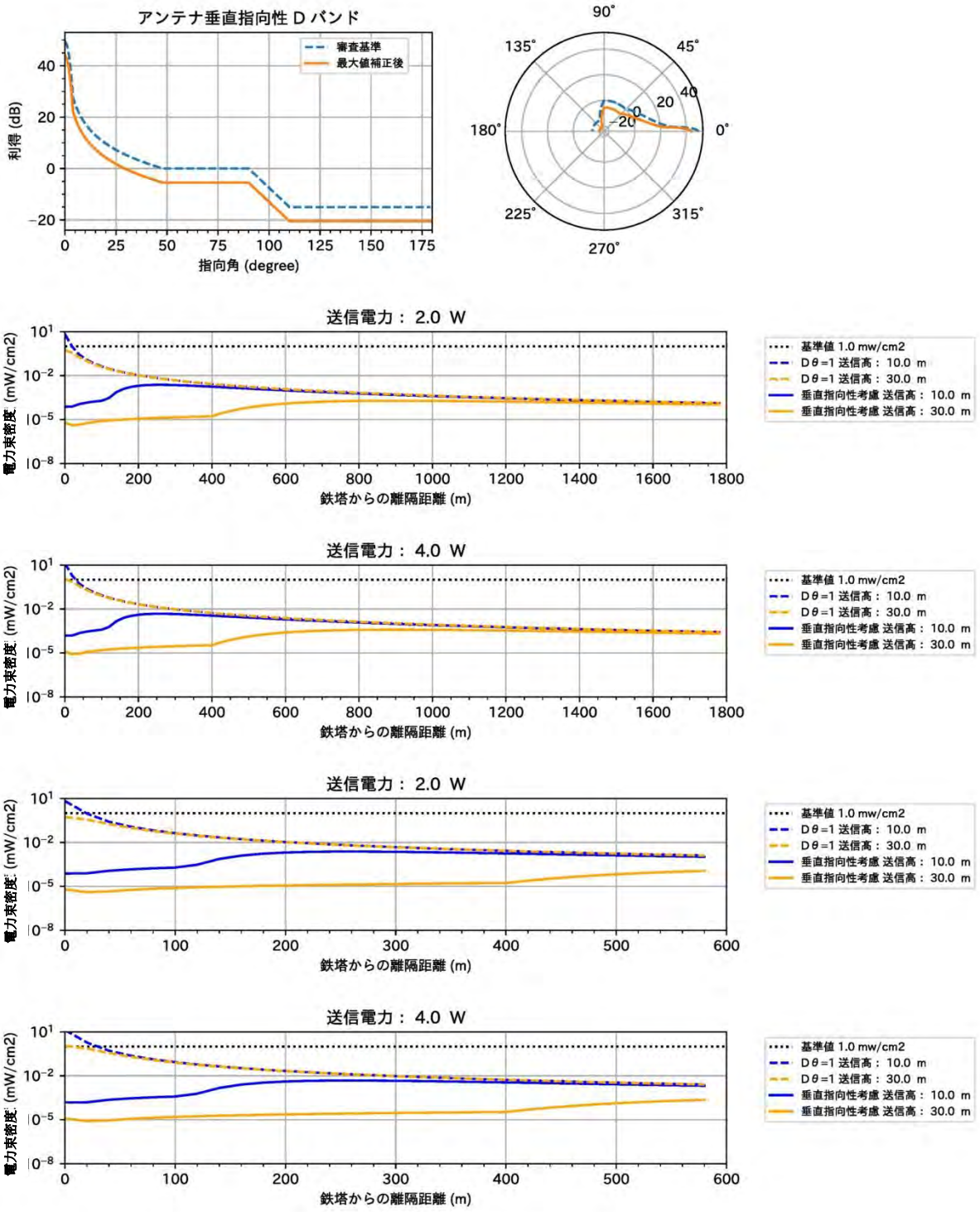


図 2 次世代 TSL 離隔距離と電力束密度の計算例

表 5　基本算出式による電力束密度（次世代 TSL）

送信高 [m]	電力束密度が最大になる地点 [m]	送信出力2W		送信出力4W	
		電力束密度 [mW/cm²]	基準値に対する割合 [%]	電力束密度 [mW/cm²]	基準値に対する割合 [%]
10	鉄塔直下	6.67	基準越え（0～20mの範囲）	13.3	基準越え（0～33mの範囲）
30	鉄塔直下	5.44×10^{-1}	54.4	1.09	基準越え（0～5mの範囲）

表 6　指向性を考慮した基本算出式による電力束密度（次世代 TSL）

送信高 [m]	電力束密度が最大になる地点 [m]	送信出力2W		送信出力4W	
		電力束密度 [mW/cm²]	基準値に対する割合 [%]	電力束密度 [mW/cm²]	基準値に対する割合 [%]
10	260	2.37×10^{-3}	0.237	4.73×10^{-3}	0.473
30	900	1.93×10^{-4}	0.0193	3.87×10^{-4}	0.0387

- 考察

基本算出式では、離角距離とともに電力束密度が減衰する。鉄塔付近で基準を超える場合があるため、指向性を考慮した基本算出式で評価する。

指向性を考慮した基本算出式では、送信高が低くなるほど、電力束密度が最大になる地点が鉄塔に近づき、電力束密度の最大値が大きくなる傾向にある。

標準モデルのうち送信高が最小の 10m の場合の電力束密度の最大値は、

① 次世代 STL/TTL：送信電力 4W の場合に離隔距離 240m で 2.19×10^{-3}mW/cm² であり、基準値の 0.219%と十分小さい。

② 次世代 TSL：送信電力 4W の場合に離隔距離 260m で 4.73×10^{-3}mW/cm² であり、基準値の 0.473%と十分小さい。

標準モデルのうち送信高が 30m、100m と高くなると、電力束密度が最大となる離隔距離は長くなるが、電力束密度の最大値は送信高 10m に対してそれぞれ 1/10、1/100 のオーダーであり、基準値に対してさらに小さい。

これらの標準モデルでの計算結果より、次世代 STL/TTL 及び次世代 TSL の電力束密度は、鉄塔直下から遠方にわたって基準値を十分満足できると推定される。

仮に電波発射数 10 波の場合でも基準値に対する割合の和は1以下になり、基準を満足できると推定される（複数の電波を発射する場合は、各周波数の電力束密度の基準値に対する割合の和の値がそれぞれ1（100%）を超えてはならないとされている）。

- まとめ

標準モデルの計算結果から、次世代 STL/TTL 及び次世代 TSL の電力束密度は電波防護の基準を十分満足できる。

ただし、実際には様々な電波発射・電波環境があることから、発射される電力束密度の計算結果が基準値を超える場合は、電波の強度を測定し、結果に応じて電波防護指針を満たすための対策を講じる必要があることに留意しなければならない。

この検討により、次世代 STL/TTL 及び次世代 TSL においても、電波防護指針に適合できることを確認した。

参考資料１４　　混信保護（次世代TSL伝送方式）

1.　全干渉波の総和に対する混信保護値

（1）C～G バンド（M バンド及び N バンドを除く。）

全干渉波の総和に対する混信保護値$[C/I]_a$は次式により求める。

$$[C/I]_a = -10 \times Log \sum_{i=1}^{n} 10^{-(C/I_i)/10}$$

n：妨害波の数

C/I_i：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：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める場合には、電波法関係審査基準の別紙1別図第 23 号及び別図第 24 号により回折損失を求め加算する。

IRF_i：希望波とi番目の妨害波間の干渉軽減係数[dB]。

（2）M バンド及び N バンド

全干渉波の総和に対する混信保護値$[C/I]_a$は次式により求める。

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

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]

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[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 号により回折損失を求め加算する。

2. 干渉軽減係数

放送事業用システムと次世代 TSL との間の IRF は、実機評価を行った結果、現行 TSL の IRF を満たすことが確認できたため、この場合の IRF には現行 TSL の IRF を適用する。

M/N バンドを使用する固定通信システムと次世代 TSL との間の IRF については、実機評価を行った結果、次世代 TSL が被干渉の場合において、一部の周波数差で現行 TSL の IRF よりも小さい結果であったが、IRF の変更には今後の固定通信システムの共用条件の考え方を踏まえた議論・整理が必要と考えられるため、当面の間は現行 TSL の IRF を適用する。

（1）M バンド及び N バンド以外のバンドの場合

表 2　A バンド以外を使用したときのアナログ方式の IRF

希望波		干渉波	干渉軽減係数IRF [dB]		
			周波数差 [MHz]		
			0	18	36
アナログ方式（周波数偏移10MHz p-p）	映像信号	次世代TSL	8	42	60
	音声サブキャリア2（7.5MHz）		30	45	70
	音声サブキャリア3（8.5MHz）		15	18	60

表 3　デジタル方式の IRF

希望波	干渉波	干渉軽減係数IRF [dB]		
		周波数差 [MHz]		
		0	18	36
次世代TSL	アナログ方式（周波数偏移10MHz p-p）	8	32	45
	デジタルTSL	0	30	42
	次世代TSL	0	30	42
デジタルTSL	次世代TSL	0	30	42

表 4　チャネル番号 C-8、D-1 を使用する場合の IRF

（TSL 回線の送信機にろ波器を装備する場合）

希望波		干渉波		干渉軽減係数IRF [dB]								
				周波数差 [MHz]								
				14	17	19	22	24	27	34	37	39
TS伝送		次世代TSL		30	—	—	49	49	—	70	70	—
IP伝送				30	—	—	49	49	—	70	70	—
4PSK	6Mb/s(5.0MHz)			—	45	—	50	—	65	—	—	—
	13Mb/s(9.5MHz)			30	—	40	—	60	—	75	80	80
	19Mb/s(13.5MHz)旧			—	—	40	—	—	—	—	—	80
16QAM	26Mb/s(9.5MHz)			30	—	—	—	60	—	75	80	—
	32Mb/s(11.5MHz)旧			—	—	40	—	—	—	—	—	80
	39Mb/s(14.0MHz)旧			—	—	40	—	—	—	—	—	80
	52Mb/s(19.0MHz)旧			—	—	40	—	—	—	—	—	80
128QAM	52Mb/s(9.5MHz)			30	—	—	—	60	—	75	80	—
	104Mb/s(19.0MHz)			—	—	40	—	—	—	—	—	65
	156Mb/s注2(28.5MHz)			—	—	—	—	30	—	—	—	—
次世代TSL		TS伝送		32	—	—	—	48	—	72	72	—
		IP伝送		32	—	—	—	48	—	72	72	—
		4PSK	6Mb/s(5.0MHz)	—	42	—	55	—	60	—	—	—
			13Mb/s(9.5MHz)	20	—	40	—	56	—	65	80	80
			19Mb/s(13.5MHz)旧	—	—	40	—	—	—	—	—	80
		16QAM	26Mb/s(9.5MHz)	20	—	—	—	56	—	65	80	—
			32Mb/s(11.5MHz)旧	—	—	40	—	—	—	—	—	80
			39Mb/s(14.0MHz)旧	—	—	40	—	—	—	—	—	80
			52Mb/s(19.0MHz)旧	—	—	40	—	—	—	—	—	80
		128QAM	52Mb/s(9.5MHz)	20	—	—	—	56	—	65	80	—
			104Mb/s(19.0MHz)	—	—	40	—	—	—	—	—	80
			156Mb/s注3(28.5MHz)	—	—	—	—	30	—	—	—	—

注 1：4PSK、16QAM 及び 128QAM は、6.5GHz 帯(6.57GHz から 6.87GHz 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。）の変調方式を示す。6Mb/s（5.0MHz）等は、伝送容量（占有周波数帯幅）を示す。旧は旧審査基準の伝送方式を示す。以下の表において同じ。

注 2：47MHz において 72 とする。

注 3：47MHz において 80 とする。

（2）M バンド及び N バンドの場合

表 5　M バンド及び N バンドにおける IRF (1/3)

希望波		干渉波		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	1.5Mb/s(1.5MHz)旧	次世代TSL		10	10	10	10	20	40	50	—	59	69	—	80	80	—	80	80	—	80	—	—
	3Mb/s(2.5MHz)			5	5	5	5	15	43	50	—	57	62	—	69	80	—	80	80	—	80	—	—
	6Mb/s(5.0MHz)			—	—	—	—	—	—	—	45	—	—	60	—	—	65	—	—	80	—	80	80
次世代TSL		4PSK	1.5Mb/s(1.5MHz)旧	-5	-5	-5	-5	7	40	41	—	43	45	—	46	47	—	48	48	—	49	—	—
			3Mb/s(2.5MHz)	-3	-3	-3	-3	10	35	41	—	15	50	—	53	57	—	59	62	—	65	—	—
			6Mb/s(5.0MHz)	—	—	—	—	—	—	—	42	—	—	55	—	—	60	—	—	70	—	74	80

表 6　M バンド及び N バンドにおける IRF (2/3)

希望波		干渉波		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		次世代TSL		0	—	—	—	—	45	50	51	—	—	—	—	—	—	80	80	—	80	—	—	—
次世代TSL				0	—	—	—	—	45	50	51	—	—	—	—	—	—	80	80	—	80	—	—	—
TS伝送				—	0	—	30	31	—	—	—	52	55	—	39	70	70	—	—	72	—	75	77	80
IP伝送				—	0	—	30	31	—	—	—	52	55	—	39	70	70	—	—	72	—	75	77	80
4PSK	13Mb/s(9.5MHz)			—	1	—	—	30	—	—	—	—	50	—	—	—	80	—	—	—	—	—	—	80
	19Mb/s(13.5MHz)旧			0	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—
16QAM	26Mb/s(9.5MHz)			—	0	—	—	30	—	—	—	—	58	—	—	—	73	—	—	—	—	—	—	80
	32Mb/s(11.5MHz)旧			—	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—
	39Mb/s(14.0MHz)旧			—	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—
	52Mb/s(19.0MHz)旧			—	—	—	—	—	—	—	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—
128QAM	52Mb/s(9.5MHz)			—	0	—	—	30	—	—	—	—	60	—	—	—	80	—	—	—	—	—	—	80
	104Mb/s(19.0MHz)			0	—	—	—	—	—	—	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	65	—	—	—
	156Mb/s(28.5MHz)			—	0	—	—	0	—	—	—	—	35	—	—	—	55	—	—	—	—	—	—	70
次世代TSL		TS伝送		—	0	—	43	45	—	—	—	62	64	—	—	72	73	—	—	75	—	80	80	80
		IP伝送		—	0	—	43	45	—	—	—	62	64	—	—	72	73	—	—	75	—	80	80	80
		4PSK	13Mb/s(9.5MHz)	—	-1	—	—	25	—	—	—	—	55	—	—	—	66	—	—	—		—	—	80
			19Mb/s(13.5MHz)旧	0	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—
		16QAM	26Mb/s(9.5MHz)	—	0	—	—	20	—	—	—	—	56	—	—	—	65	—	—	—	—	—	—	80
			32Mb/s(11.5MHz)旧	0	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—
			39Mb/s(14.0MHz)旧	0	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—
			52Mb/s(19.0MHz)旧	0	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—
		128QAM	52Mb/s(9.5MHz)	—	0	—	—	22	—	—	—	—	58	—	—	—	70	—	—	—	—	—	—	80
			104Mb/s(19.0MHz)	0	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—
			156Mb/s(28.5MHz)	—	0	—	—	0	—	—	—	—	40	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—	80

表 7　M バンド及び N バンドにおける IRF(3/3)

希望波	干渉波	IRF [dB]		
		周波数差 [MHz]		
		10	30	50
64QAM 156Mb/s(36.5MHz)	次世代TSL	0	40	60
次世代TSL	64QAM 156Mb/s(36.5MHz)	0	53	80

表 8　M バンドにおける IF 伝送 STL/TTL との IRF

希望波		干渉波		IRF [dB]						
				周波数差 [MHz]						
				13	14.5	19	23.5	25	31	37.5
IF伝送	独立同期	次世代TSL		30	—	50	—	70	80	—
	従属同期標準			—	35	—	69	—	—	80
	従属同期低雑音			—	5	—	35	—	—	80
次世代TSL		IF伝送	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

表 9　音声 STL/TTL/TSL との IRF

希望波	妨害波	IRF [dB]															
		周波数差 [MHz]（※1）															
		14.375	14.875	15.375	15.875	16.375	16.875	17.375	17.875	18.375	18.875	19.375	19.875	20.375	20.875	21.375	21.875
音声回線(64QAM)	次世代TSL	43	46	48	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	70	71	74
音声回線(4PSK)		56	59	61	64	66	68	70	72	74	76	78	80	80	80	80	80

（※1）次世代 TSL D1ch→ MAF−54ch から低いチャネルへ

希望波	妨害波	IRF [dB]				
		周波数差 [MHz] （※2）				
		20.625	21.125	21.625	22.125	22.625
音声回線 (64QAM)	次世代 TSL	70	72	74	76	78
音声回線 (4PSK)		80	80	80	80	80

（※2）次世代 TSL M11/M12ch→ MAF-1ch～

希望波	妨害波	IRF [dB]	
		周波数差 [MHz]	
		14.25	15.375
次世代TSL	音声回線 (64QAM)	―	80
	音声回線 (4PSK)	―	80

表 10 監視・制御用固定局との IRF

希望波	妨害波	IRF [dB]																																							
		周波数差 [MHz] （※3）																																									
		14.25	14.5	14.75	15	15.25	15.5	15.75	16	16.25	16.5	16.75	17	17.25	17.5	17.75	18	18.25	18.5	18.75	19	19.25	19.5	19.75	20	20.25	20.5	20.75	21	21.25	21.5	21.75	22
監視・制御	次世代 TSL	48	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	72	73	74	75	76	77	78

（※3）周波数差 14.25MHz からは次世代 TSL D1ch→ MS-108ch から低いチャネルへ
周波数差 20.5MHz からは次世代 TSL M11/M12ch→ MS-1ch～

希望波	妨害波	IRF [dB]	
		周波数差 [MHz]	
		14.25	15.375
次世代TSL	監視・制御	80	―

参考資料１５　　フェージングマージン・降雨減衰マージン（次世代TSL伝送方式）

フェージングマージン・降雨減衰マージンの算出法については、現行 TSL 伝送方式での算出法に準ずることとした。

1. 平常時受信入力の算出法、評価

装置出力端から受信機入力端までの共用器、給電線、空中線、無給電中継装置、伝搬路等の全利得、全損失を考慮して、次の式から平常時受信入力を計算する。

平常時受信入力＝装置出力全電力＋全利得－全損失　（dBm）

なお、受信入力の計算にあたって、無線周波数（単位 GHz）は周波数帯域ごとに次の数値を用いる。

C バンド：6.5　D バンド：7　M バンド：6.7　N バンド：7.6
E バンド：10.3　F バンド：10.6　G バンド：13

平常時受信入力の評価は、その値が別に定める標準受信入力の範囲に入ることとする。

2. 平常時熱雑音 C/N 及びフェージングマージンの算出法

・ 受信機熱雑音
受信機熱雑音を次の式で求める。
受信機熱雑音＝－114＋10log(B)＋NF　(dBm)
ここで、B：受信機の等価雑音帯域幅（MHz）とする。
NF：雑音指数（dB）

・ 平常時熱雑音 C/N
平常時熱雑音 C/N を次に式で計算する。
平常時熱雑音 C/N＝平常時受信入力－受信機熱雑音　　（dB）

・ フェージングマージン
フェージングが発生した時に、熱雑音 C/N が C/N 配分にて規定された値となるまでのマージンであり、次の式で計算する。
フェージングマージン＝平常時熱雑音 C/N
－所要 C/N で規定された熱雑音 C/N

3. 評価

回線のフェージングマージンによる信頼性評価は
フェージングマージン≧所要フェージングマージン
または
フェージングマージン≧所要降雨減衰マージン
を満足することとする。

所要フェージングマージン・所要降雨減衰マージンの算出方法を参考資料１６に示す。

参考資料16　　所要フェージングマージン・所要降雨減衰マージンの算出法（次世代TSL伝送方式）

現行 TSL 伝送方式の算出法（電波法関係審査基準別紙 2 第 5 の 1（4）別紙（4）-4）と同一とする。

1　所要フェージングマージンの算出

(1) C バンドから D バンド（M バンド及び N バンドを除く。）の場合

目標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_{mr}は、次式により求める。

$$F_{mr} = 10log\frac{k \cdot P_R}{P_{is} \cdot A}$$

ただし、$F_{mr} < 5$ dB の場合は$F_{mr} = 5$ dB とする。

k：年変動による増加係数で 2 とする。

P_R：レーレーフェージング発生確率

P_{is}：回線瞬断率規格で 5×10^{-5} とする。

A：スペースダイバーシチ方式による改善率。単一受信時は 1 とする。

P_Rは次式により求める。

$$P_R = \left(\frac{f}{4}\right)^{1.2} d^{3.5} Q$$

f：周波数（GHz）

C バンド　：6.5

D バンド　：7.0

d：伝搬路長（km）

Q：伝搬路の状態によって決まる係数（次表）

分類	伝搬路	平均伝搬路高 h（m）	伝搬路係数Q
山岳	山岳地帯が大部分を占めている場合	―	2.1×10^{-9}
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、湾や入江があって海岸（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	$h \geqq 100$	5.1×10^{-9}
		$h < 100$	$2.35 \times 10^{-8} \times (1/h)^{\frac{1}{3}}$
海	1　海上 2　海岸（水際より 10km 程度までを含む。）で平野	$h \geqq 100$	$3.7 \times 10^{-7} \times (1/h)^{\frac{1}{2}}$
		$h < 100$	$3.7 \times 10^{-6} \times (1/h)$

表中の平均伝搬路高（h）は、次式により求める。

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} - h_m$$

h_1、h_2：両局の空中線の海抜高（m）

h_m：平均地表高（m）。ただし、伝搬路が海上の場合には 0 とする。

また、反射がある場合で、実効反射減衰量（D/U_r）が、$D/U_r \leqq 20$dBのときは、P_Rの代わりに電波法関係審査基準 別紙 1 別図第 49 号に示された等価レーレーフェージング発生確率P_{Re}を用いる。

D/U_r（実効反射減衰量（dB））は、下表に示す反射減衰量に送受アンテナの指向減衰量及び反射リッジ損失を加えた値とする。ただし、リッジ損失が 6dB 以上の場合は、反射波がないものとし、$D/U_r = \infty$とする。

反射減衰量

反射点	水面	水田	畑、乾田	都市、森林、山岳
反射減衰量	0dB	2dB	6dB	14dB

SD による改善（A）は、スペース相関係数（ρ）及びフェージングマージン（$= P_r - P_{rni} - C/N_{th0}$）から、電波法関係審査基準 別紙 1 別図第 46 号により求めるものとする。

この場合において、SD アンテナ空間相関係数ρは、次式により求める。

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

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）

d ：伝搬路長（1 区間距離）（km）

s ：直接波と反射波の路程差（m）

γ ：実効反射係数

γは、次式により求める。

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

(2) M バンド及び N バンドの場合

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）の算出方法

(i)所要フェージングマージンの算出方法（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。

ア 単一受信時

$$F_{mr} = 10log\left(\frac{\alpha_{MAIN}(P_R - P_a) + \beta_a \cdot P_a}{P_{ir} \cdot d - P_d \cdot P_R}\right) - \eta$$

イ SD 受信時

$$F_{mr} = 5log\left(\frac{\alpha_{SD} \cdot (P_R - P_a) + \beta_a^2 \cdot P_a}{\left(\sqrt{P_{ir} \cdot d} - \sqrt{P_d \cdot P_R}\right)^2 \cdot (1-\rho)}\right) - \eta - A$$

ただし、F_{mr}＜5.6dB の場合は、F_{mr}=5.6dB

ここで、

P_a：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。

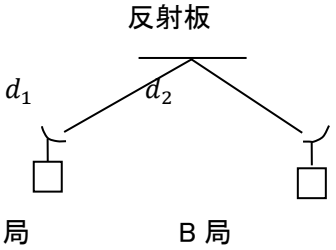
A：SD 受信時改善量（dB） $A = 1$とする。

P_R：レーレーフェージング発生確率 3（1）項により求める。

P_{ir}：回線瞬断率

d：伝送距離

(ii)所要フェージングマージン（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、方式は反射板を 1 箇所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

$$F_{mr} = 10\,log\left(\frac{\alpha_{MAIN1}\cdot(P_{R1}-P_{a1})+\beta_{a1}\cdot P_{a1}}{(P_{ir}\cdot d-P_{d1}\cdot P_{R1})\cdot 10^{\eta 1/10}} + \frac{\alpha_{MAIN2}\cdot(P_{R2}-P_{a2})+\beta_{a2}\cdot P_{a2}}{(P_{ir}\cdot d-P_{d2}\cdot P_{R2})\cdot 10^{\eta 2/10}}\right)$$

2 所要降雨マージンの算出

10GHz を超える場合は、以下のとおりとする。
降雨減衰量の分布の p%値Z_r（年間回線不稼働率 p%に対応した所要降雨マージン）は次式により求めるものとする。
また、既知の降雨マージンZ_rに対応した年間回線不稼働率については、同式の逆関数により算出するものとする。

$$Z_r = (\gamma\cdot {R_{0.0075\%}}^{n})\cdot d\cdot T_p\cdot K_p\cdot C_p\ (\mathrm{dB})$$

ここで、
$R_{0.0075\%}$：各地点における 1 分間雨量累積分布の 0.0075%値(mm/min)
γ、n：降雨減衰係数（$\gamma\cdot {R_{0.0075\%}}^{n}$）を求めるパラメータ

$$\gamma = -170.3971 + 584.2627\cdot t - 742.788\cdot t^2 + 412.6263\cdot t^3 - 82.0161\cdot t^4$$
$$n = 12.47145 - 31.28249\cdot t + 32.49227\cdot t^2 - 14.97753\cdot t^3 + 2.542102\cdot t^4$$
$$t = logf$$

f：中心周波数（GHz）
d：伝搬路の実距離（km）
T_p：ガンマ分布の p%値を 0.0075%値で正規化した値

$$T_p = 7.102406\times 10^{-3} - 3.8465364\times 10^{-1}s + 4.5883133\times 10^{-2}s^2 + 3.2882329\times 10^{-3}s^3$$
$$s = \log\ p\ (0.00001\%\leqq p\leqq 0.1\%)$$

p：当該区間の年間回線不稼働率（%）
K_p：瞬間的にみた雨量が伝搬路上で一様でないための補正係数

$$K_p = exp\left(-a\cdot d^{b}\right)\quad (0\mathrm{km}\leqq d\leqq 30\mathrm{km},\ 0.001\%\leqq p\leqq 0.1\%)$$
$$a = \begin{cases} 3.54789\times 10^{-2}\times 10^{0.280409/log\,p} & (0\mathrm{km}\leqq d\leqq 15\mathrm{km}) \\ 4.92856\times 10^{-2}\times 10^{0.315439/log\,p} & (15\mathrm{km}\leqq d\leqq 30\mathrm{km}) \end{cases}$$
$$b = \begin{cases} 0.93974 - 3.1846\times 10^{-2}/log\,p & (0\mathrm{km}\leqq d\leqq 15\mathrm{km}) \\ 0.81364 - 6.2562\times 10^{-2}/log\,p & (15\mathrm{km}\leqq d\leqq 30\mathrm{km}) \end{cases}$$

C_p：計算値の分布と実際の分布が一致しないための補正係数

$$C_p = exp(-\beta\cdot d)\quad (0\mathrm{km}\leqq d\leqq 30\mathrm{km},\ 0.00001\%\leqq p\leqq 0.1\%)$$
$$\beta = \begin{cases} -0.0126 - 7.8632\times 10^{-3}\cdot s & (0.00001\%\leqq p\leqq 0.001\%) \\ -4.245\times 10^{-3} - 8.74\times 10^{-4}\cdot s + 1.3884\times 10^{-3}\cdot s^2 & (0.001\%\leqq p\leqq 0.1\%) \end{cases}$$
$$s = \log\ p\quad (0.00001\%\leqq p\leqq 0.1\%)$$

3　フェージング発生確率の算出方法

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

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

d: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 に示よる。

表 2 伝搬路係数

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

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

h_1、h_2　:両局の空中線の海抜高(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、湾や入り江があって海岸(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

(2) 減衰性フェージング発生確率(P_a)の算出方法

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

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
$\sigma\Delta N$	12.8	13.0	13.5	13.9	14.5

Q_t ：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
Q_t	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（P_d）の算出方法

（単一受信時）

$$P_d = \frac{(P_R - P_a)u_i + P_a u_a}{P_R}$$

（SD 受信時）

$$P_d = \frac{(P_R - P_a)U_i + P_a U_a}{P_R}$$

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。

ここで、

$$u_x = 1 + \frac{1-z}{\sqrt{(1+z)^2 - 4\rho\,\Delta f_x \cdot z}}$$

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

ただし、添字xはi 又は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 ：自動等化器等によって定まる許容帯域内振幅偏差（真数）
表 6 のとおりとする。

表 6 自動等化器等によって定まる許容帯域内振幅偏差（真数）

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（31.6）[注]

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

(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。

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

（SD 受信時） $\alpha_{SD} = 10^{(-0.105+0.341\sigma_0-0.201{\sigma_0}^2+0.0648{\sigma_0}^3)}$

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 $\sigma_0 = \sigma$

$\sigma_1 = 10^{[0.7457-0.7279\,log\sigma_2+0.1956(log\sigma_2)^2-0.06496(log\sigma_2)^3]}$

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

γ：実効反射係数

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

ここで、D/U_r：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） 表 1 参照

d：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	$h \geqq 100$	0.0591
	$h < 100$	$0.087 \times (1/h)^{0.085}$
山岳	—	0.0471
海	$h \geqq 100$	$0.177 \times (1/h)^{0.13}$
	$h < 100$	$0.32 \times (1/h)^{0.26}$

注：伝搬路種別及びhについては、3（1）項参照。

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

（$4\sigma > D/U_r$の場合）：$\beta_a = 1/\gamma^2$

（$4\sigma \leqq D/U_r$の場合）：$\beta_a = 10^{2\sigma/5}$

ただし、$\beta_a < \alpha_{MAIN}$の場合、$\beta_a = \alpha_{MAIN}$

${\beta_a}^2 < \alpha_{SD}$ の場合、${\beta_a}^2 = \alpha_{SD}$

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。

(γ ≧ 0.5の場合)： $\rho = \rho_1$

(0.5 > γ ≧ 0.2の場合)：$\rho = \frac{\gamma - 0.2}{0.3} \cdot \rho_1 + \frac{0.5 - \gamma}{0.3} \cdot \rho_2$

(γ < 0.2の場合)　　： $\rho = \rho_2$

$$\rho_1 = \frac{1 + \Gamma^2 + \Gamma cos\left(\frac{4\pi \Delta h \cdot h_1 \gamma}{1000 \cdot \lambda \cdot d}\right) exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi \Delta h \cdot {d_1}^2 \cdot \rho \Delta N}{\lambda \cdot d \cdot \sqrt{h_0 \gamma}}\right)^2 \cdot 10^{-9}\right\}}{1 + \Gamma + \Gamma^2}$$

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

$$\rho_2 = \exp\left\{-0.0021 \cdot \Delta h \cdot f \cdot \sqrt{0.4 \cdot d + s^2 \cdot 10^4 \cdot \frac{\gamma^2}{(1+\gamma^2)^2}}\right\}$$

ここで、

Δh：アンテナ間隔(m)

$h_o\gamma$：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 ：伝送距離(km)

d_1：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$D/U_r \geq 30dB$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。

$\eta = A_0(\nu) + A_1(\nu) \cdot logP_s + A_2(\nu) \cdot (logP_s)^2$

$A_0(\nu) = -48.17 + 160.48\nu - 185.5\nu^2 + 88.1\nu^3 - 14.92\nu^4$

$A_1(\nu) = -53.22 + 166.8\nu - 186.54\nu^2 + 87.85\nu^3 - 14.92\nu^4$

$A_2(\nu) = -17.95 + 49.06\nu - 49.84\nu^2 + 22.45\nu^3 - 3.73\nu^4$

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

$\rho\Delta fi$：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

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

$\rho\Delta f/3$：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

Ps ：(単一受信時)　$P_s = \rho_0$

（SD 受信時）　$P_s = \sqrt{\frac{(1-\rho)\rho_0}{\alpha_{SD}}}$

ρ_0：　$\rho_0 = \frac{5\times10^{-5}\cdot\left(\frac{d}{D}\right)}{P_R}$

d：伝送距離（km）
D：全伝送区間の距離（km）
P_R：レーレーフェージング発生確率　3（1）項参照
α_{SD}：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）　　$\eta > 5$の場合は　$\eta = 5$
（SD 受信時）$\eta > 2$の場合は　$\eta = 2$
　また、　　$\eta < 0$の場合は　$\eta = 0$
とする。

参考資料17　　回線設計例（次世代TSL伝送方式）

技術的条件に基づき、次世代 TSL の標準的な回線設計の検討を行った。

- 目標とする回線品質（現行 TSL と同一、偏波 MIMO は偏波ごと）

フェージングによる回線瞬断率
　5×10^{-5} 以下（C/D バンド）
　1×10^{-6}（1/km）以下（M/N バンド）
降雨による回線不稼働率
　1.25×10^{-5} 以下（E～G バンド）

- 標準的な設備

現行 TSL の技術的条件答申の回線設計例に準じて以下とした。

送信電力（空中線電力）
　C/D バンド：　1.0W 以下
　M/N バンド：　2.0W 以下
　E～G バンド：0.5W 以下

空中線
　10GHz 未満：口径 2m 以下
　　ただし、長距離伝送向けの回線については口径 4m 以下
　10GHz 以上：口径 1.8m 以下

受信方式
　単一受信

- 標準的な回線設計例

D バンド、F バンド及び G バンドについての標準的な回線設計例を、それぞれ表 1、表 2 及び表 3 に示す。なお、表の黄色マーカーで示している項目の（受信入力－標準受信電力）が±3dB 以内、フェージング時の熱雑音 C/N マージン≧0dB が回線成立の条件である。また、赤文字は現行方式の設計値と異なることを示す。

- 標準的な回線距離

標準的な回線設計に基づく標準的な回線距離を表 4 に示す。
標準的な回線距離は、所要 C/N が現行以下の伝送パラメータであれば現行の回線距離を実現でき、所要 C/N が現行を超える伝送パラメータでは、周波数帯によっては現行の標準的な回線距離よりも短くなる場合がある。具体的に、256QAM（符号化率 5/6）は C/D/M/N バンドで、4096QAM（符号化率 5/6）ではすべての周波数帯で現行の標準的な回線距離よりも短くなる。長距離伝送向けのパラメータである 16QAM については、100km となった。

表 1　次世代 TSL　D バンドの標準的な回線設計例

項目	記号	単位	設計値（現行）	設計値（次世代）								備考
方式			現行TSL	次世代TSL（SISO）			次世代TSL（MIMO）					
変調方式			64QAM(3/4)	256QAM(2/3)	256QAM(5/6)	4096QAM(5/6)	16QAM(2/3)	16QAM(5/6)	256QAM(2/3)	256QAM(5/6)	4096QAM(5/6)	
伝送速度		Mb/s	54.6	78.1	97.6	146.4	78.1	97.6	156.2	195.2	292.9	
無線周波数	f	GHz	7	7	7	7	7	7	7	7	7	Dバンド
空中線電力		W	0.86	0.86	0.86	0.5	0.86	0.86	0.86	0.86	0.5	
伝搬路種別			平野	平野	平野	平野	平野	平野	平野	平野	平野	
平均伝搬路高	h	m	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
大地反射の有無			無	無	無	無	無	無	無	無	無	
全伝搬距離	d	km	50	50	44	13	100	100	50	44	13	
空中線電力	Pt	dBm	29.3	29.3	29.3	27	29.3	29.3	29.3	29.3	27	
送信給電線系損失	Lft	dB	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	
送信付加損失（スパン等化）		dB	0	0	0	5	0	0	0	0	5	
送信空中線利得	Gat	dB	38	38	38	34	44	44	38	38	34	
送信空中線口径		mΦ	2	2	2	1.2	4	4	2	2	1.2	
自由空間伝搬損失	Lp	dB	143.3	143.3	142.2	131.6	149.3	149.3	143.3	142.2	131.6	
受信空中線利得	Gar	dB	38	38	38	31	44	44	38	38	31	
受信空中線口径		mΦ	2	2	2	0.9	4	4	2	2	0.9	
受信給電線系損失	Lfr	dB	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	
等価雑音帯域幅	NB	MHz	14	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	
受信機雑音指数	NF	dB	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
受信機熱雑音電力	Prn	dBm	-98.5	-97.9	-97.9	-97.9	-97.9	-97.9	-97.9	-97.9	-97.9	
標準受信入力	Pr	dBm	-45.8	-45.8	-46.7	-56.0	-40.5	-40.5	-45.5	-46.4	-55.7	
受信入力	Pr'	dBm	-46.4	-46.4	-45.3	-53.0	-40.4	-40.4	-46.4	-45.3	-53.0	
最大受信入力	Prmax	dBm	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	
受信入力－標準受信入力	Pr'-Pr	dB	-0.7	-0.7	1.4	3.0	0.0	0.0	-1.0	1.1	2.7	±3dB以内
許容回線瞬断率	Pio		5.00E-05	5.00E-05	5.00E-05	5.00E-05	5.00E-05	5.00E-05	5.00E-05	5.00E-05	5.00E-05	
レーレーフェージング発生確率	PR		8.82E-03	8.82E-03	5.64E-03	7.91E-05	9.98E-02	9.98E-02	8.82E-03	5.64E-03	7.91E-05	
所要フェージングマージン	Fmr	dB	25.5	25.5	23.5	5.0	36.0	36.0	25.5	23.5	5.0	
所要熱雑音C/N	C/Nth0	dB	25.2	24.6	28.7	39.3	17.9	20.3	24.9	29	39.6	
フェージング時の熱雑音C/N	C/Nthi	dB	26.6	26.0	29.1	39.9	21.4	21.4	26.0	29.1	39.9	
フェージング時の熱雑音C/Nマージン	C/Nmr	dB	1.4	1.4	0.4	0.6	3.5	1.1	1.1	0.1	0.3	≧0dB
標準的な回線距離	d_typ	km	50	50	44	13	100	100	50	44	13	

表 2　次世代 TSL　F バンドの標準的な回線設計例

項目	記号	単位	設計値（現行）	設計値（次世代）								備考
方式			現行TSL	次世代TSL(SISO)			次世代TSL(MIMO)					
変調方式			64QAM(3/4)	256QAM(2/3)	256QAM(5/6)	4096QAM(5/6)	16QAM(2/3)	16QAM(5/6)	256QAM(2/3)	256QAM(5/6)	4096QAM(5/6)	
伝送速度		Mb/s	54.6	78.1	97.6	146.4	78.1	97.6	156.2	195.2	292.9	
無線周波数	f	GHz	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	Fバンド
空中線電力		W	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	
伝搬路種別			平野	平野	平野	平野	平野	平野	平野	平野	平野	
平均伝搬路高	h	m	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
大地反射の有無			無	無	無	無	無	無	無	無	無	
全伝搬距離	d	km	7	7	7	5	7	7	7	7	5	
空中線電力	Pt	dBm	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
送信給電線系損失	Lft	dB	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	
送信付加損失（スパン等化）		dB	0	0	0	3	0	0	0	0	3	
送信空中線利得	Gat	dB	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	
送信空中線口径		mΦ	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	
自由空間伝搬損失	Lp	dB	129.8	129.8	129.8	126.9	129.8	129.8	129.8	129.8	126.9	
受信空中線利得	Gar	dB	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6	
受信空中線口径		mΦ	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	
受信給電線系損失	Lfr	dB	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	
等価雑音帯域幅	NB	MHz	14	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	
受信機雑音指数	NF	dB	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
受信機熱雑音電力	Prn	dBm	-98.5	-97.9	-97.9	-97.9	-97.9	-97.9	-97.9	-97.9	-97.9	
標準受信入力	Pr	dBm	-35.4	-35.4	-35.4	-38.6	-35.4	-35.4	-35.1	-35.1	-38.3	
受信入力	Pr'	dBm	-36.2	-36.2	-36.2	-36.3	-36.2	-36.2	-36.2	-36.2	-36.3	
最大受信入力	Prmax	dBm	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	
受信入力ー標準受信入力	Pr'-Pr	dB	-0.9	-0.9	-0.9	2.2	-0.9	-0.9	-1.2	-1.2	1.9	±3dB以内
許容回線不稼働率	Pio		1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	
1分間降雨強度	Rm	mm	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	
所要降雨減衰マージン	Zr	dB	27.5	27.5	27.5	21.1	27.5	27.5	27.5	27.5	21.1	
所要熱雑音C/N	C/Nth0	dB	25.2	24.6	28.7	39.3	17.9	20.3	24.9	29	39.6	
降雨時の熱雑音C/N	C/Nthi	dB	34.8	34.2	34.2	40.5	34.2	34.2	34.2	34.2	40.5	Fd≒Zr
降雨時の熱雑音C/Nマージン	C/Nmr	dB	9.6	9.6	5.5	1.2	16.3	13.9	9.3	5.2	0.9	≧0dB
標準的な回線距離	d_typ	km	7	7	7	5	7	7	7	7	5	

表 3　次世代 TSL　G バンドの標準的な回線設計例

項目	記号	単位	設計値（現行）	設計値（次世代）								備考
方式			現行TSL	次世代TSL(SISO)			次世代TSL(MIMO)					
変調方式			64QAM(3/4)	256QAM(2/3)	256QAM(5/6)	4096QAM(5/6)	16QAM(2/3)	16QAM(5/6)	256QAM(2/3)	256QAM(5/6)	4096QAM(5/6)	
伝送速度		Mb/s	54.6	78.1	97.6	146.4	78.1	97.6	156.2	195.2	292.9	
無線周波数	f	GHz	13	13	13	13	13	13	13	13	13	Gバンド
空中線電力		W	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	
伝搬路種別			平野	平野	平野	平野	平野	平野	平野	平野	平野	
平均伝搬路高	h	m	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
大地反射の有無			無	無	無	無	無	無	無	無	無	
全伝搬距離	d	km	5	5	5	2	5	5	5	5	2	
空中線電力	Pt	dBm	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	
送信給電線系損失	Lft	dB	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	
送信付加損失（スパン等化）		dB	0	0	0	5	0	0	0	0	5	
送信空中線利得	Gat	dB	43.5	43.5	43.5	39	43.5	43.5	43.5	43.5	39	
送信空中線口径		mΦ	1.8	1.8	1.8	1.2	1.8	1.8	1.8	1.8	1.2	
自由空間伝搬損失	Lp	dB	128.7	128.7	128.7	120.7	128.7	128.7	128.7	128.7	120.7	
受信空中線利得	Gar	dB	43.5	43.5	43.5	39	43.5	43.5	43.5	43.5	39	
受信空中線口径		mΦ	1.8	1.8	1.8	1.2	1.8	1.8	1.8	1.8	1.2	
受信給電線系損失	Lfr	dB	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	
等価雑音帯域幅	NB	MHz	14	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	
受信機雑音指数	NF	dB	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
受信機熱雑音電力	Prn	dBm	-97.5	-96.9	-96.9	-96.9	-96.9	-96.9	-96.9	-96.9	-96.9	
標準受信入力	Pr	dBm	-35.8	-35.8	-35.8	-44.1	-35.8	-35.8	-35.5	-35.5	-43.8	
受信入力	Pr'	dBm	-36.0	-36.0	-36.0	-42.0	-36.0	-36.0	-36.0	-36.0	-42.0	
最大受信入力	Prmax	dBm	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	-27.0	
受信入力ー標準受信入力	Pr'-Pr	dB	-0.2	-0.2	-0.2	2.1	-0.2	-0.2	-0.5	-0.5	1.8	±3dB以内
許容回線不稼働率	Pio		1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	1.25E-05	
1分間降雨強度	Rm	mm	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	
所要降雨減衰マージン	Zr	dB	30.0	30.0	30.0	13.4	30.0	30.0	30.0	30.0	13.4	
所要熱雑音C/N	C/Nth0	dB	25.2	24.6	28.7	39.3	17.9	20.3	24.9	29	39.6	
降雨時の熱雑音C/N	C/Nthi	dB	31.5	30.9	30.9	41.5	30.9	30.9	30.9	30.9	41.5	
降雨時の熱雑音C/Nマージン	C/Nmr	dB	6.3	6.3	2.2	2.2	13.0	10.6	6.0	1.9	1.9	≧0dB
標準的な回線距離	d_typ	km	5	5	5	2	5	5	5	5	2	

表 4　次世代 TSL　標準的な回線距離

方式	空間多重	標準的な変調方式（LDPC符号化率）	所要C/N※	標準的な回線距離（C/D/M/Nバンド）	標準的な回線距離（E/Fバンド）	標準的な回線距離（Gバンド）
次世代TSL	MIMO	16QAM(2/3)	12. 3dB	100 km	7 km	5 km
	MIMO	16QAM(5/6)	14. 7dB	100 km	7 km	5 km
	SISO/MIMO	256QAM(2/3)	21. 4dB	50 km	7 km	5 km
	SISO/MIMO	256QAM(5/6)	25.5 dB	44 km	7 km	5 km
	SISO/MIMO	4096QAM(5/6)	36.1 dB	13 km	5 km	2 km
現行TSL	SISO	64QAM（畳込み3/4）	22.0 dB	50 km	7 km	5 km

※ 所要C/N（計算値）＋機器劣化