

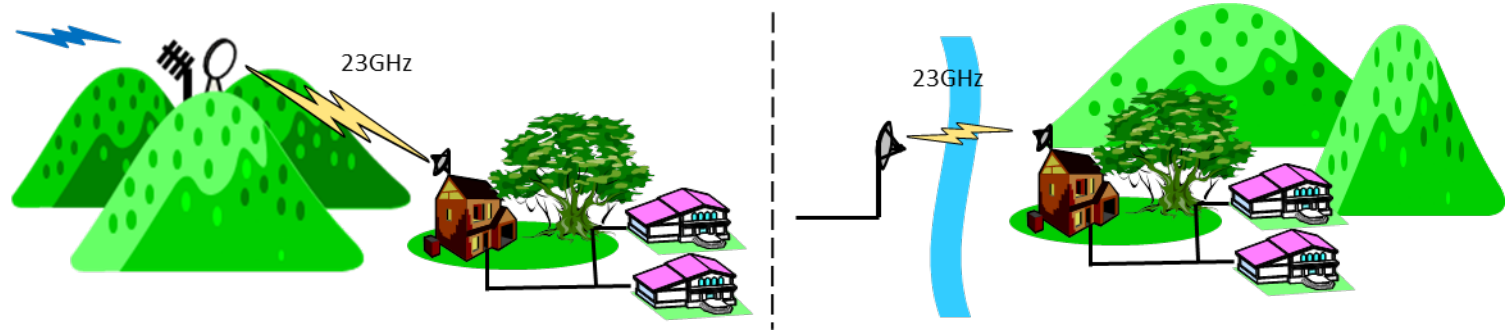
情報通信審議会 情報通信技術分科会
放送システム委員会報告
概要(案)

～ 23GHz帯無線伝送システムの
双方向化等に関する技術的条件～

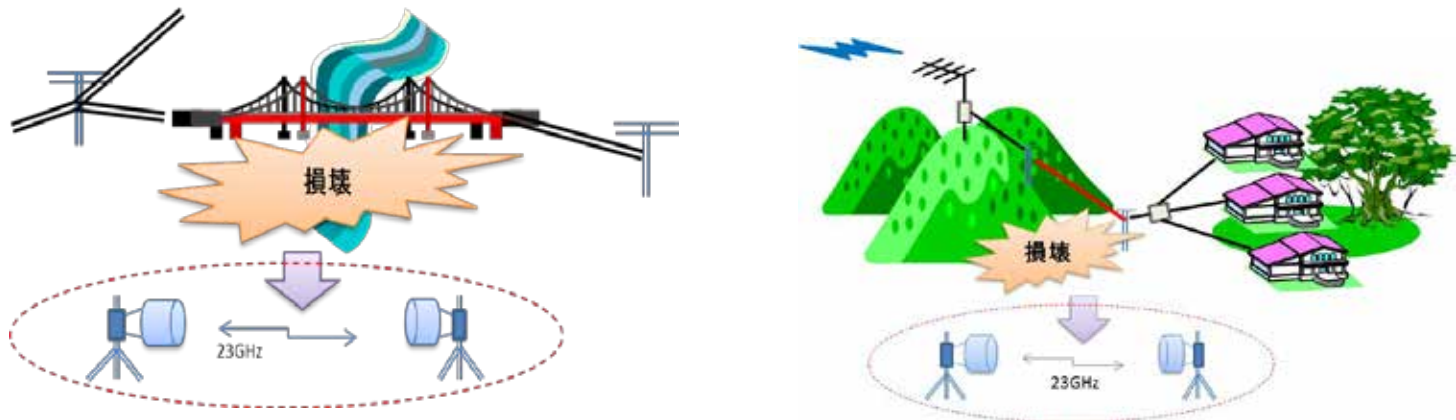
検討の背景

23GHz帯無線伝送システムは、離島、河川等におけるケーブルテレビ伝送路の補完や災害時の臨時回線等として、ケーブルテレビの周波数配列をそのまま23GHz帯の電波に変換する振幅変調方式(FDM-SSB方式)によって主に利用されている。

デジタル難視聴区域での伝送 (固定型)



災害時の伝送路の応急復旧 (可搬型)



【汎用可搬型】

【辺地用可搬型】

23GHz帯無線伝送システムの高度化

- ケーブルテレビ事業者は、地上デジタル放送等の再送信、多チャンネル放送に加えインターネット接続サービスを提供しており、全サービスを提供するためには、約700MHz(下り:90~770MHz、上り:15MHz~65MHz)以上の周波数帯域幅が必要であるが、
- 現状、23GHz帯無線伝送システムで使用できる周波数帯域幅は400MHz幅(23.2~23.6GHz)であり、また、双方向で利用できないためケーブルテレビ事業者が提供する全サービスを伝送することができない等の課題がある。

23GHz帯無線伝送システムで使用できる周波数帯域幅でケーブルテレビ事業者が提供するサービス全体を伝送可能とするため、

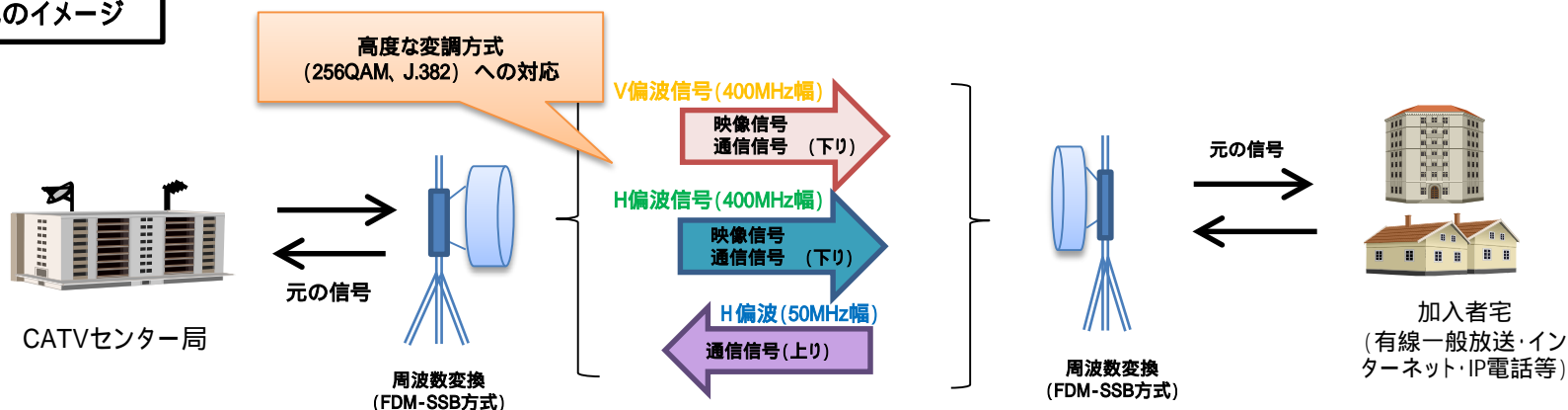
垂直偏波と水平偏波を同時に用いる偏波多重により周波数利用効率を約2倍とし、800MHz幅相当の利用を実現可能とする偏波多重技術

周波数帯の一部を上り回線(約50MHz帯幅)に用いる上り/下り周波数分割多重により実現可能とする双方向化技術

の導入及び256QAM変調方式やITU-T勧告J.382に準拠した高度な変調方式への対応等のシステムの高度化が期待されている。

副搬送波の変調の型式に256QAM、1024QAM、4096QAMを用いるOFDM

高度化のイメージ

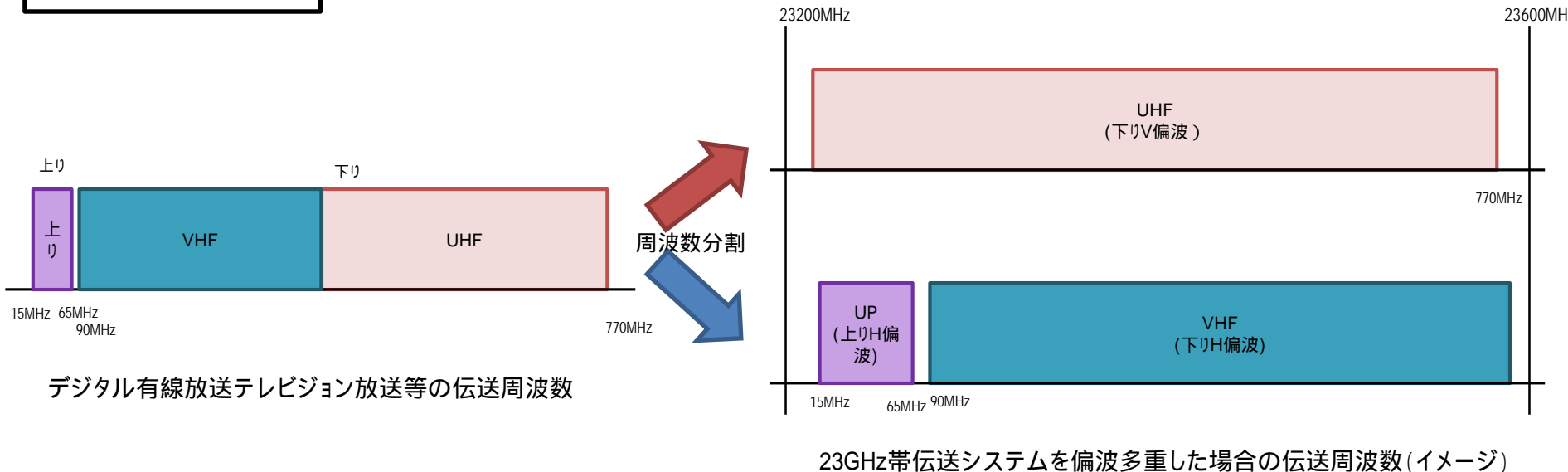


偏波多重技術に関する検討

23GHz帯無線伝送システムにおいて偏波多重により水平偏波および垂直偏波の同時利用(コチャネル配置)するために必要な技術的条件(交差偏波識別度(XPD)等)について以下のとおり検討を行った。

偏波多重のイメージ

XPD: Cross Polarization Discrimination



23GHz帯無線伝送システムにおいて、水平偏波、垂直偏波による偏波多重で、映像等の伝送が可能となってきたことから、水平偏波、垂直偏波の偏波多重で明示的に利用可能とする。

偏波多重により水平偏波及び垂直偏波をコチャネル配置するためのXPDは、最大の場合、4096QAM(符号化率5/6)信号に必要なC/Nに、機器等の性能差等を考慮した3dBのマージンを加えた、48dB以上が必要である。(変調方式毎の所要C/Nは次ページ参照)

しかし、現実的には実際に伝送する信号の変調方式に応じた所要の性能程度あれば十分であるため、偏波多重に必要な技術的条件(XPDの値)は一律に規定しない。

変調方式に関する検討

23GHz帯無線伝送システムにおいて高度な変調方式の導入に必要な技術的条件(C/N、C/I等)について以下のとおり検討を行った。

回線品質(C/N)

ベースバンドチャンネルの伝送方式 (デジタル有線テレビジョン放送方式)	所要C/N (dB)	雑音帯域幅 (MHz)
256QAM	34	5.30
OFDM(256QAM)	29	5.71
OFDM(1024QAM)	36	5.71
OFDM(4096QAM符号化率:4/5)	41	5.71
OFDM(4096QAM符号化率:5/6)	45	5.71

現行のOFDM方式及び64QAM方式と同様、256QAM変調方式及びITU-T勧告J.382に準拠した高度な変調方式における無線伝送区間の回線品質については、有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令のうち第12条(搬送波等の条件)において規定されている受信者端子における品質を満足するものとして、無線伝送区間の回線品質については規定しない。

混信保護(C/I、D/U)

現行の規定にあわせ、256QAM変調方式及びITU-T勧告J.382に準拠した高度な変調方式におけるD/Uを以下のとおりとする。

降雨減衰によるD/Uが規定値以下となる時間率: 5×10^{-4} /年以下

被干渉局の変調方式 (ベースバンドチャンネルの伝送方式)	C/I (dB)		D/U (dB)	
	標準状態	降雨減衰時	標準状態	降雨減衰時
OFDM	45.0	42.0	29.0	29.0
64QAM	45.0	42.0	29.0	29.0
256QAM	51.0	48.0	37.0	37.0
OFDM(256QAM)	45.0	42.0	36.0	36.0
OFDM(1024QAM)	51.0	48.0	42.0	42.0
OFDM(4096QAM符号化率:4/5)	53.0	50.0	42.0	42.0
OFDM(4096QAM符号化率:5/6)	55.0	52.0	43.0	43.0

双方向化に関する検討

23GHz帯無線伝送システムにおいて双方向で利用するために必要な技術的条件について以下のとおり検討を行った。

回線品質

上り方向における回線品質について、

- 有線系において支配的となる流合雑音は無線系においては発生する可能性は少ない。
- 23GHz帯無線伝送システムを既設の有線伝送路設備に接続する場合、下り方向と同等の回線品質が必要。
- FDM-SSBで通信用変調方式(DOCSIS方式)の信号を放送用の信号に多重して伝送する場合、標準デジタルテレビジョン放送方式等の信号における回線品質と同等になる。

したがって、上り方向における無線伝送区間の回線品質に関する技術的条件は、下り方向における無線伝送区間の回線品質に関する技術的条件と同様、規定しない。

混信保護

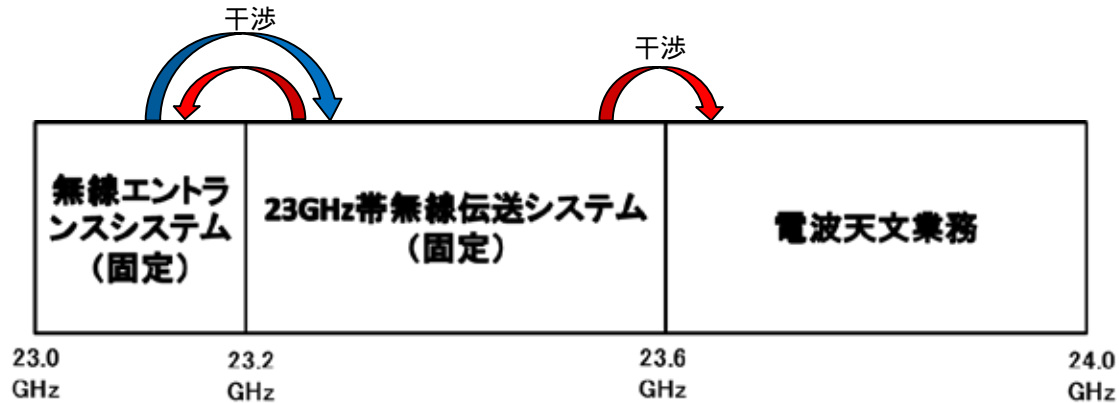
FDM-SSBでDOCSIS方式の信号を伝送する場合、混信保護比は、標準デジタルテレビジョン放送方式等の信号における混信保護比が確保されている場合において、上り方向のDOCSIS方式の信号においても十分な回線品質を担保でき、また、放送に使用する変調方式や搬送波レベルが異なり、一律に規定できないため、実際の運用に応じて設定することとし、無線伝送区間の混信保護比は規定しない。

なお、実際の運用にあたっては、送信チャンネルと受信チャンネルが干渉(システム内干渉)し、信号品質に影響を与えないようにする必要がある。一般的には上り方向と下り方向の間に適当なガードバンドを設け、デュプレックス・フィルタ等を適用することにより回避することができる。

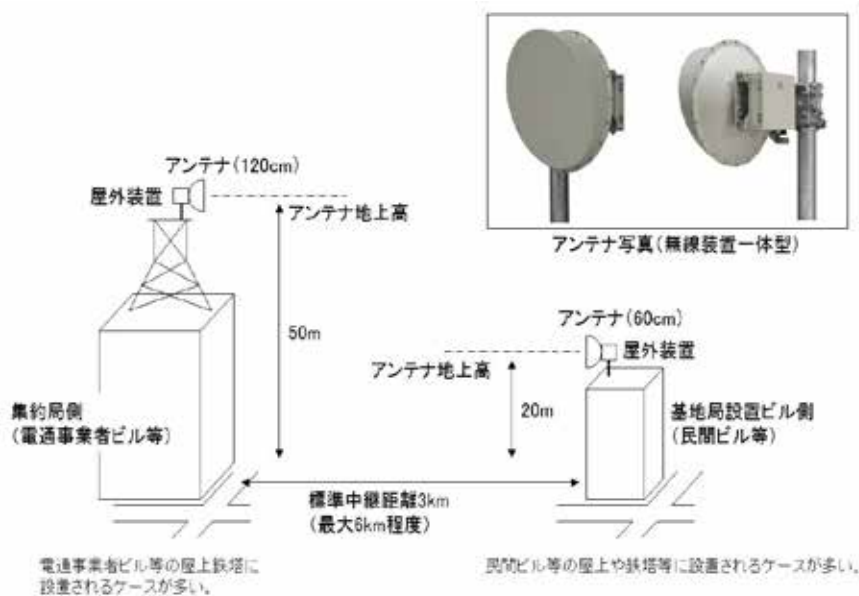
また、偏波多重によるFDM - SSB方式を利用する場合は、同一偏波の上り方向と下り方向のチャンネル配置を工夫する、上り方向と下り方向でアンテナを分離する等により干渉を回避することが可能である。

他の無線システム等との共用条件の検討

23GHz帯の周波数の割当状況



【無線エントランスシステム】



携帯電話基地局と集約局間の無線中継伝送

【電波天文業務】



主な電波天文業務の観測局

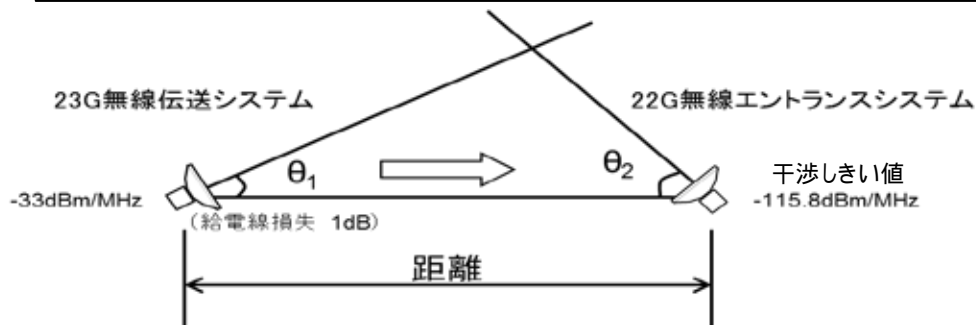
他の無線システム等との共用条件の検討

無線エントランスシステムとの共存条件

固定局

23GHz帯無線伝送システムから22GHz帯無線エントランスシステムへの干渉

$$G_{23G}(\theta_1) + G_{22G}(\theta_2) - L_p - L_s - 81.8 \text{ (dB)}$$



$G_{23G}(\theta_1)$: 23GHz帯無線伝送システムの角度 θ_1 方向の送信アンテナ利得

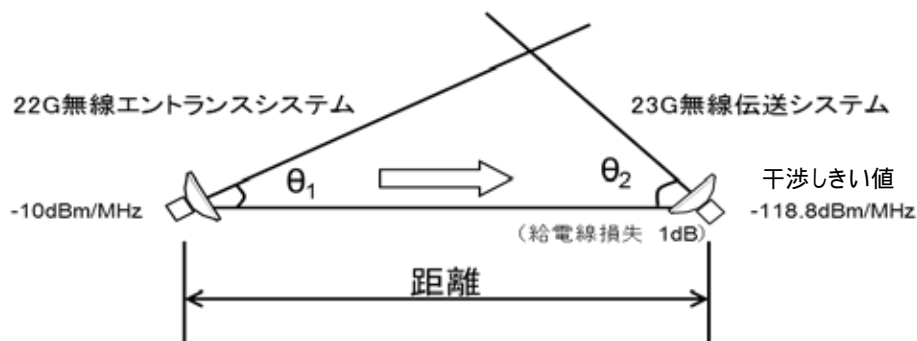
$G_{22G}(\theta_2)$: 22GHz帯無線エントランスの角度 θ_2 方向の受信アンテナ利得

L_p : 自由空間伝搬損失 (@23.2GHz)

L_s : 山岳や建造物等による遮蔽損失

22GHz帯無線エントランスシステムから23GHz帯無線伝送システムへの干渉

$$G_{22G}(\theta_1) + G_{23G}(\theta_2) - L_p - L_s - 107.8 \text{ (dB)}$$



$G_{22G}(\theta_1)$: 22GHz帯無線エントランスの角度 θ_1 方向の送信アンテナ利得

$G_{23G}(\theta_2)$: 23GHz帯無線伝送システムの角度 θ_2 方向の受信アンテナ利得

L_p : 自由空間伝搬損失 (@23.2GHz)

L_s : 山岳や建造物等による遮蔽損失

汎用可搬型システム

厳しい送信スペクトルマスクを用いることにより干渉を回避。

辺地用可搬型システム

地形的に干渉を与えないことが確実な場所での使用に限定することにより干渉を回避。

他の無線システム等との共用条件の検討

電波天文業務との共存条件

固定局

電波天文業務の干渉しきい値

	スペクトル線観測	連続波観測
周波数	23.7GHz	23.8GHz
干渉しきい値	-174.0 dBm/MHz	-191.6 dBm/MHz

(ITU-R勧告RA.769-2より)

23GHz帯無線伝送システムから電波天文業務への干渉

$$G_{23G}(\theta_1) + G_{\text{天文}}(\theta_2) (=0\text{dBi}) - L_p - L_s - 158.6 \text{ [dB]}$$

上式を満足できない場合は、山岳等による損失を考慮

$G_{23G}(\theta_1)$: 23GHz帯無線伝送システムの角度 θ_1 方向の送信アンテナ利得

$G_{\text{天文}}(\theta_2)$: 電波天文業務の角度 θ_2 方向の受信アンテナ利得 (0dBiとして計算)

L_p : 自由空間伝搬損失 (@23.6GHz)

L_s : 山岳等の回折損失

汎用可搬型システム

厳しい送信スペクトルマスクを用いることにより干渉を回避。また、電波天文台の近隣地域での運用にあたっては、干渉エリアマップを参照し、送信アンテナの角度に留意。

辺地用可搬型システム

地形的に干渉を与えないことが確実な場所での使用に限定することにより干渉を回避。

23GHz帯無線伝送システムの技術的条件

主な技術的条件

項目	技術的条件
周波数帯	23GHz帯(23.2～23.6GHz)とする。
変調方式	直交周波数分割多重方式(OFDM)及び64値直交振幅変調(64QAM)に加え、 <u>256値直交変調方式(256QAM)、副搬送波の型式として256QAM、1024値直交振幅変調方式(1024QAM)、4096値直交振幅変調方式(4096QAM)を使用するOFDMを追加する。</u> なお、パイロット信号は無変調とする。
<u>偏波</u>	<u>水平偏波若しくは垂直偏波又は水平偏波及び垂直偏波の組合せ</u>
占有周波数帯幅の許容値	標準デジタルテレビジョン放送方式(OFDM)は5.7MHzとし、デジタル有線テレビジョン放送方式(64QAM等)は6MHzとする。
空中線電力	<ul style="list-style-type: none">・ 固定局：1W以下・ 汎用可搬型移動局：500mW以下・ 辺地用可搬型移動局：5mW以下
送信スペクトルマスク	参考3で示すとおりとする。
混信保護比	<u>4ページに示すとおりとする。</u>
空中線系	以下のパラボラアンテナと同等の利得又は指向特性を有するものとする。 <ul style="list-style-type: none">・ 固定局：直径30cm以上・ 汎用可搬型移動局：直径30cm～60cm・ 辺地用可搬型移動局：直径10cm～30cm

赤字が今回追加する技術的条件

その他の技術的条件

無線設備の技術的条件

送信周波数の許容偏差

従来どおり、 3×10^{-4} 以下とすることが適当である。

占有周波数帯幅の許容値

従来どおり地上デジタル放送の標準デジタルテレビジョン放送方式の場合にあっては5.7MHz、デジタル有線テレビジョン放送方式の場合にあっては、6MHzとすること。また、FDM-SSB方式で利用する場合にあっては、テレビジョン放送を行うために必要な最高周波数とテレビジョン放送を行うために必要な最低周波数の差とする。

空中線電力

従来どおり、固定局については、1W以下、辺地用可搬型システムについては、5mW以下、汎用可搬型システムについては、500mW以下とする。

空中線電力の許容偏差

現行の無線設備規則のとおり、-50% ~ +20%とする。

受信装置

従来どおり、副次的に発する電波等の限度は、他の無線設備への影響を考慮し、4nW以下とすることが適当である。

空中線系

対向型空中線

従来どおり、固定局については、直径30センチメートルのパラボラアンテナ、汎用可搬型システムについては、直径30センチメートル以上60センチメートル以下のパラボラアンテナ、辺地用可搬型システムについては直径10センチメートル以上30センチメートル以下のパラボラアンテナと同程度の利得又は指向特性を有するものとする。

多方向向け空中線

従来どおり、受信設備の設置場所等に応じた空中線の指向特性及び利得を有するものとする。

測定法

従来どおりの測定法とする。

これらの規定について変更はなし

今後の検討課題

偏波間結合量の所要値の更なる検討

本報告書では、23GHz帯無線伝送システムにおける双方向化を実現するため、23GHz帯無線伝送システムの技術的条件をまとめたが、レベル差伝送をする場合の性能については、同一レベルよりも高い性能が必要となるが、XPD及び偏波分離器(OMT: Ortho Mode Transducer)の偏波間結合量の所要値については、偏波多重の有無により、所要性能が変わることから、更なる検討が必要。

可搬型システム(移動局)の平常時における利用

具体的な利用イメージに基づく所要要件の設定を行った上で、事前運用調整窓口の設置等の隣接システム等との干渉回避策の検討が必要。

有線伝送路及び無線伝送区間への干渉雑音との配分

有線伝送路及び無線伝送区間への干渉雑音との具体的な配分については、民間標準化団体等において、民間規格が必要。

無線伝送区間の更なる高度化の検討

有線放送設備として、ケーブルテレビの伝送路の一部を構成する23GHz帯無線伝送システムについては、帯域が限定されており、現在の無線通信方式では4K・8K実用放送の再放送に対応する帯域が十分でないため、4K・8K等の超高精細映像等のトラヒックの伝送を可能とするような高度化が必要とされていることから、現状の23GHz帯無線伝送システムの帯域内でケーブルテレビ事業者が、IPマルチキャスト方式等を柔軟に利用して、FTTH等により提供する4K・8K放送等の伝送等をできるようにシステムの高度化を検討する必要があると考えられる。

(参考1) 検討事項及び検討経過

1. 検討事項

放送システム委員会は、諮問第2024号「ケーブルテレビシステムの技術的条件」(平成18年9月28日諮問)のうち「23GHz帯無線伝送システムの双方向化等に関する技術的条件」の検討を行った。

2. 検討経過

(1) 放送システム委員会

・第63回(平成30年6月22日)

23GHz帯無線伝送システムの双方向化に係る検討を開始し、23GHz帯無線伝送システム作業班を設置した。

(2) 23GHz帯無線伝送システム作業班

・計3回の作業班を開催し、技術的条件等の検討を行った。

(平成30年7月30日、12月21日、平成31年3月4日)

(参考2) 放送システム委員会及び23GHz帯無線伝送システム作業班 構成員

< 放送システム委員会 >

氏名	主要現職
主査 委員 伊丹 誠	東京理科大学 基礎工学部 電子応用工学科 教授
委員 村山 優子	津田塾大学 学芸学部 情報科学科 教授
専門委員 井家上 哲史	明治大学 理工学部 教授
〃 上園 一知	一般社団法人日本ケーブルラボ 実用化開発部 主任研究員
〃 大矢 浩	一般社団法人日本CATV技術協会 副理事長
〃 甲藤 二郎	早稲田大学 基幹理工学部 教授
〃 門脇 直人	国立研究開発法人情報通信研究機構 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 電磁環境研究室 研究マネージャー
〃 関根 かをり	明治大学 理工学部 教授
〃 高田 潤一	東京工業大学 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 先端科学技術研究科 教授
〃 都竹 愛一郎	名城大学 理工学部 教授
〃 松井 房樹	一般社団法人電波産業会 専務理事・事務局長
〃 山田 孝子	関西学院大学 総合政策学部 教授

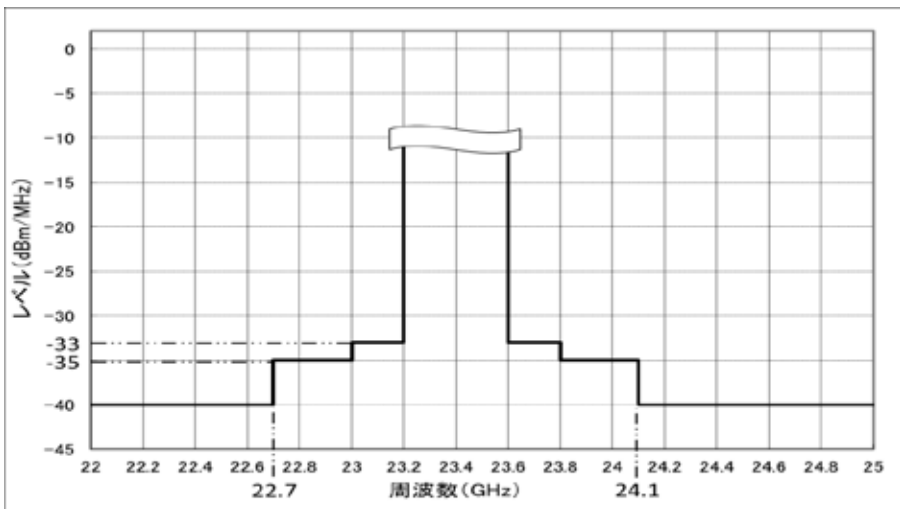
< 23GHz帯無線伝送システム作業班 >

(主任)	野田 勉	スターキャット・ケーブルネットワーク株式会社 上席主任研究員
	石川 渉	ヴィ・ネットワーク・システムズ株式会社 技術本部 取締役 技術部長
	石田 洋之	古河電気工業株式会社 情報通信ソリューション統括部門 ブロードバンドソリューション事業部門 新商品企画担当部長
	上園 一知	株式会社ジュビターテレコム 技術開発室 マネージャー
	大原 久典	マスプロ電工株式会社 システム営業部 営業副本部長兼システム営業部長
	小竹 信幸	一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター 技術部 部長
	小山 祐一	ソフトバンク株式会社 テクノロジーユニット モバイル技術統括 モバイルネットワーク本部 ネットワーク企画統括部 担当部長
	亀谷 收	国立天文台電波天文周波数小委員会 副委員長
	河井 貴志	NHK技術局送受信技術センター放送網施設部 副部長
	川西 直毅	KDDI株式会社 技術企画本部 電波部 企画・制度グループ グループリーダー
	北原 雅宗	京セラコミュニケーションシステム株式会社 エンジニアリング事業本部 ソリューション部 無線技術課 課責任者
	柴田 達雄	一般社団法人日本ケーブルラボ 実用化開発部 部長
	高橋 誠	シンクレイヤ株式会社 営業企画部 次長 兼 パブリシティ課 課長
	谷澤 正彦	日本無線株式会社 事業本部 部長 技術統括担当
	中島 寛	一般社団法人日本ケーブルテレビ連盟 技術部長
	中丸 則兼	一般社団法人日本CATV技術協会 事業部(規格・標準)部長
	松下 智昭	DXアンテナ株式会社 西神テクノロジーセンター 開発本部 技術推進課 担当課長
	八木 宏樹	株式会社NTTドコモ 電波部 電波技術担当課長
	米川 晃	上越ケーブルビジョン株式会社 技術部長

(参考3) 23GHz帯無線伝送システムの送信スペクトルマスク等

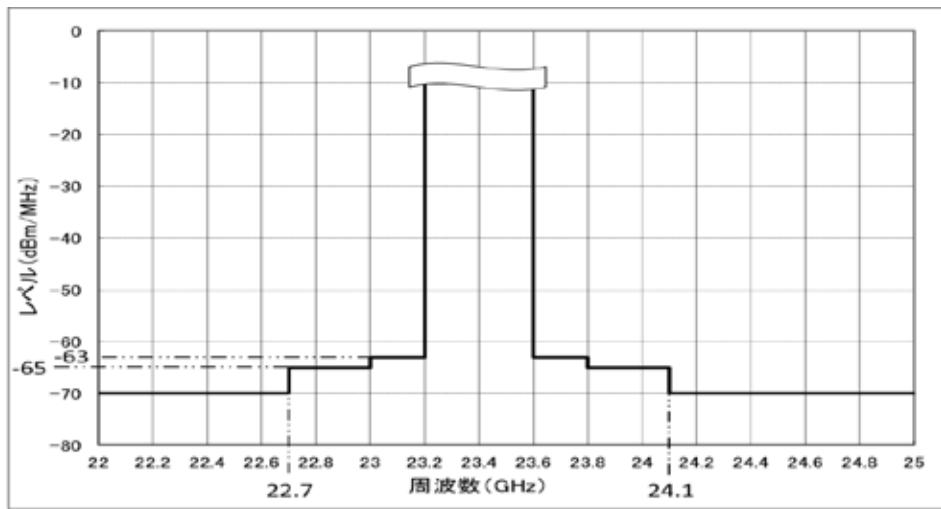
23GHz帯無線伝送システムの送信スペクトルマスクの設定

固定局及び辺地用可搬型システム



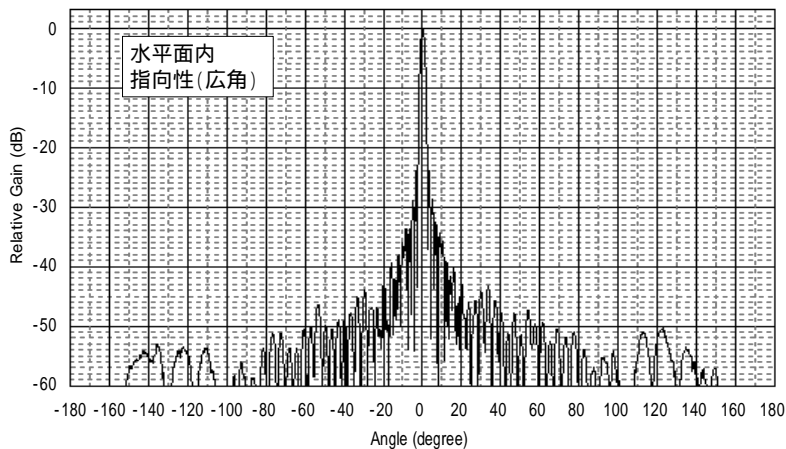
これまで同様、送信スペクトルマスクの規定を使用し、変更はない。

絶対値で規定
汎用可搬型システム



アンテナ指向特性の例

23GHz帯無線伝送システム60cmパラボラ



22GHz帯無線エントランスシステム60cmパラボラ

