

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

～23GHz帯無線伝送システムの

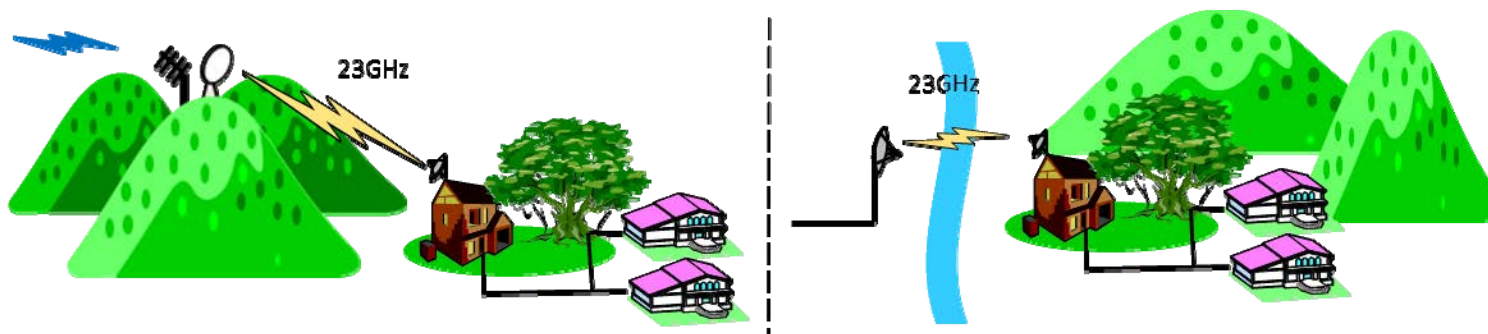
双方向化等に関する技術的条件～

23GHz帯無線伝送システムの現状の利用方法

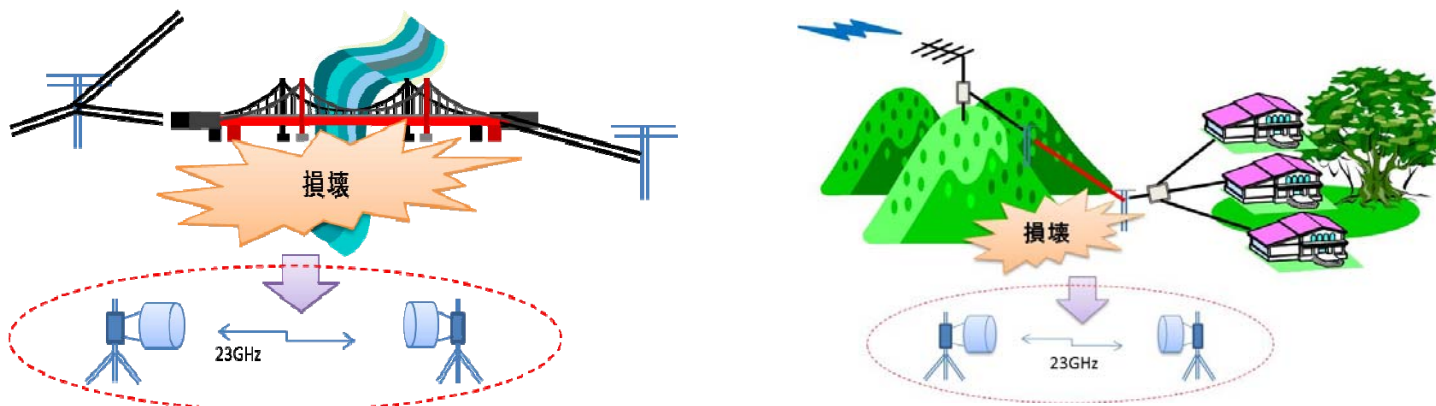
23GHz帯無線伝送システムは、離島、河川等におけるケーブルテレビ伝送路の補完や災害時の臨時回線等として、ケーブルテレビの周波数配列をそのまま23GHz帯の電波に変換する振幅変調方式(FDM-SSB方式※)によって主に利用されている。

※ Frequency Division Multiplex - Single Side Band

固定型 (デジタル難視聴区域での伝送、ケーブルテレビ伝送路の補完)



可搬型 (災害時の伝送路の応急復旧)



【汎用可搬型】

【辺地用可搬型】

23GHz帯無線伝送システムの検討の背景と高度化

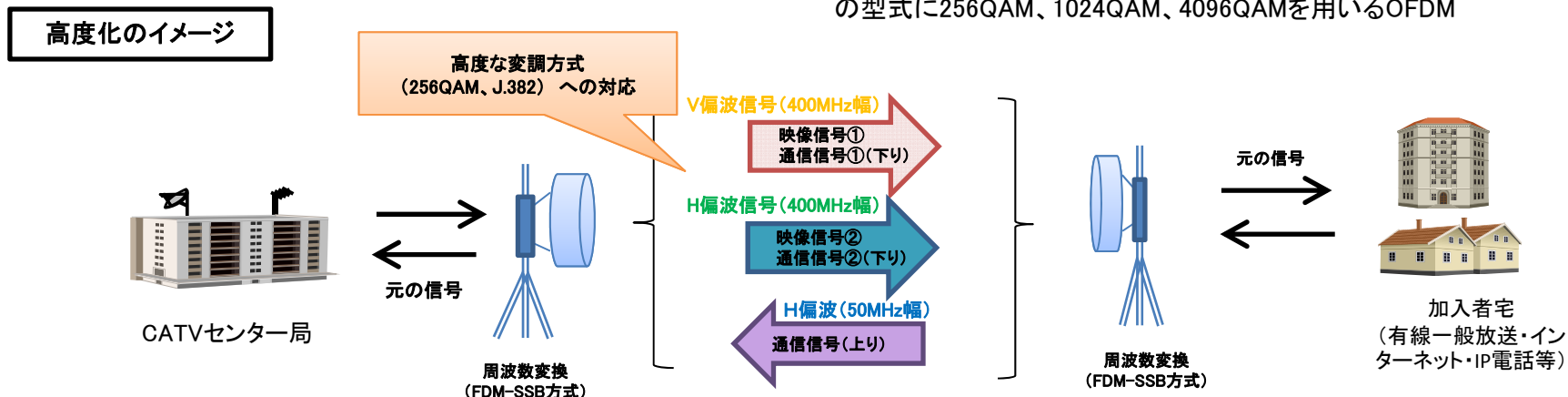
- ケーブルテレビ事業者は、地上デジタル放送等の再放送等、多チャンネル放送に加えインターネット接続サービスを提供しており、全サービスを提供するためには、約700MHz(下り:90~770MHz、上り:15MHz~65MHz)以上の周波数帯域幅が必要である。
- しかしながら、現状、23GHz帯無線伝送システムで使用できる周波数帯域幅は400MHz幅(23.2~23.6GHz)であり、また、双方向で利用できないためケーブルテレビ事業者が提供する全サービスを伝送することができない等の課題がある。

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、

- ① 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
- ② 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。

※ケーブルテレビ事業者が放送の変調に用いる方式として副搬送波の変調の型式に256QAM、1024QAM、4096QAMを用いるOFDM

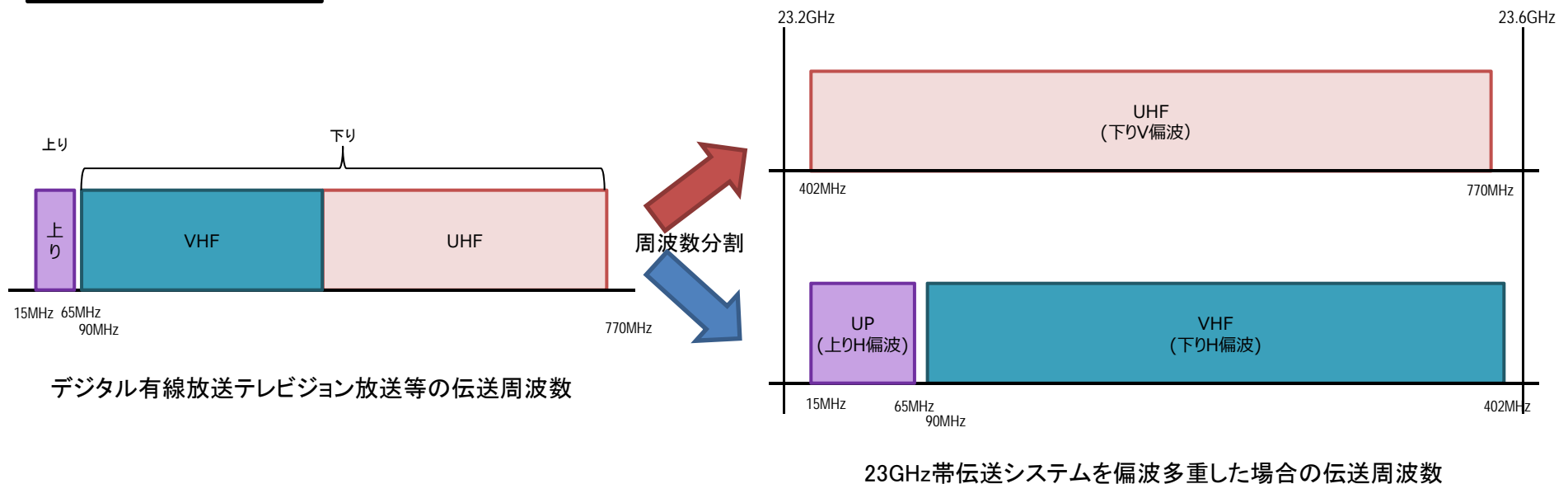


偏波多重技術に関する検討

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。

XPD: Cross Polarization Discrimination

偏波多重のイメージ



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およ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り、メーカーの機器製作の自由度を高める観点から、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)

C/N : 搬送波対雑音比
C/I : 搬送波対干渉雑音比
D/U : 希望波対妨害波比

変調方式にFDM-SSB方式を用いて、256QAM方式及びITU-T勧告J.382に準拠した高度な変調方式のベースバンドチャンネルを伝送する場合、各ベースバンドチャンネルの伝送方式ごとの所要C/N(dB)は、以下のとおりとする。

ベースバンドチャンネルの伝送方式	所要C/N (dB)	雑音帯域幅 (MHz)
標準デジタルテレビジョン方式(OFDM(既存))	27.3	5.6
デジタル有線テレビジョン放送方式(64QAM(既存))	29.4	5.3
256QAM	36	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

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	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(既存)	45.0	42.0	29.0	29.0
64QAM(既存)	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になる。
- 下り方向について、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。

加えて、ケーブルテレビ事業者により変調方式や搬送波レベルが異なることから、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、実際の運用に応じて、下り方向の回線品質の考え方を準用することとする。

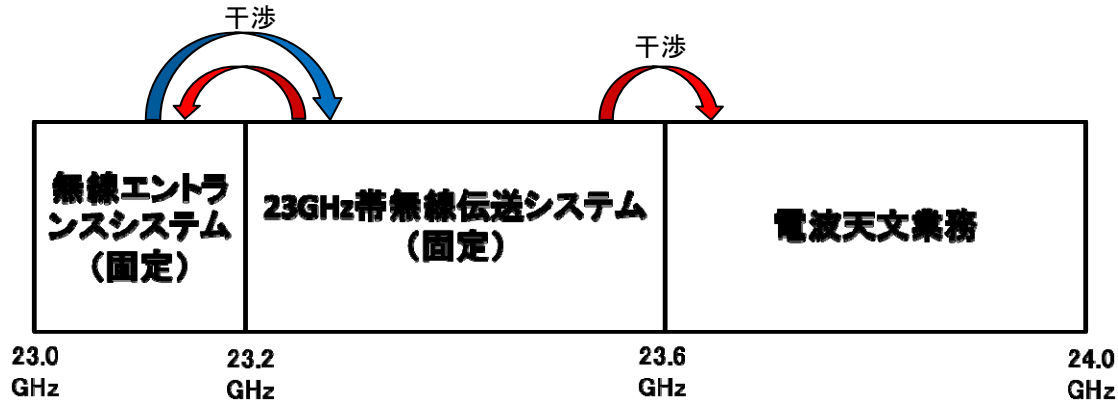
混信保護

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ること、またケーブルテレビ事業者により信号の変調方式や搬送波レベルが異なることから、実際の運用に応じて、下り方向の混信保護の考え方を準用することとする。

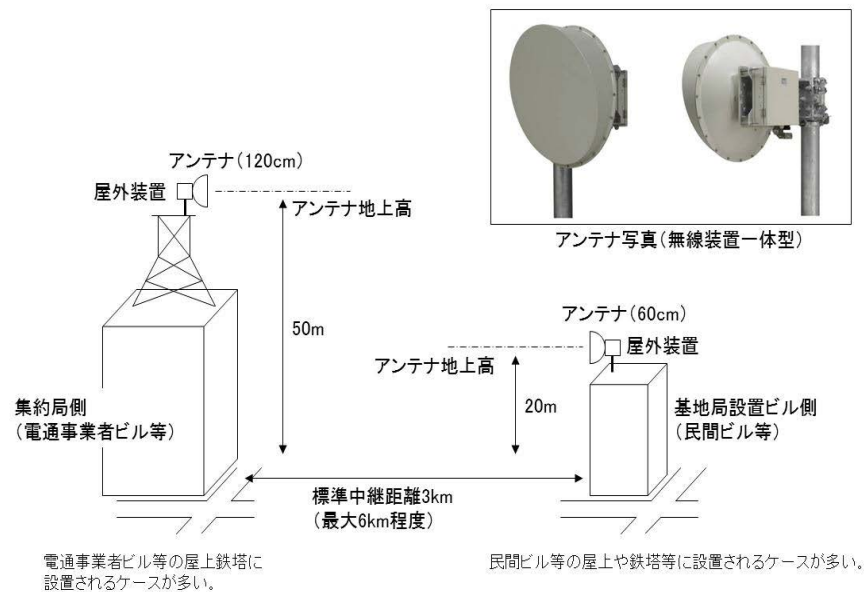
- ※ なお、実際の運用にあたっては、送信チャンネルと受信チャンネルが干渉(システム内干渉)し、信号品質に影響を与えないようにする必要がある。一般的には上り方向と下り方向の間に適当なガードバンドを設け、デュプレックス・フィルタ等を適用することにより回避することができる。
- ※ また、偏波多重によるFDM-SSB方式を利用する場合は、同一偏波の上り方向と下り方向のチャンネル配置を工夫する、上り方向と下り方向でアンテナを分離する等により干渉を回避することが可能である。

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

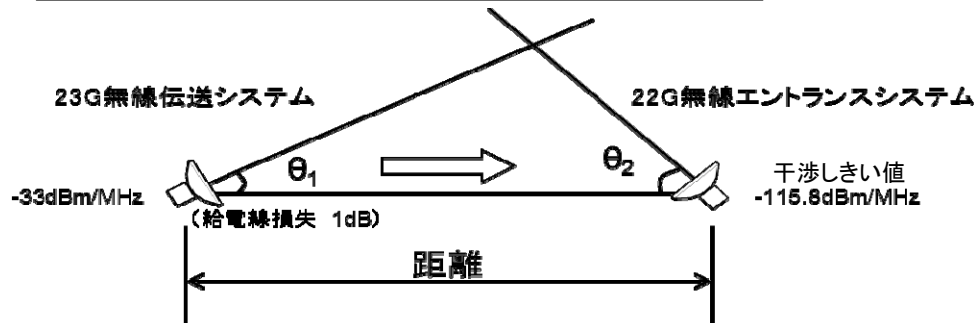
無線エントランスシステムとの共用条件の検討①

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

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



$G_{23G}(\theta_1)$: 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

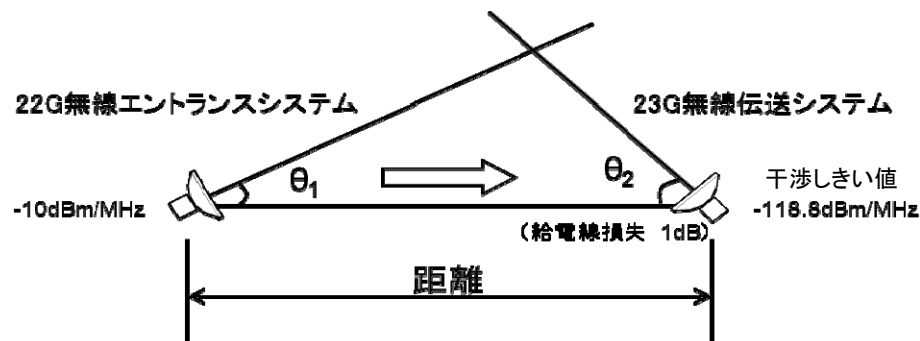
$G_{22G}(\theta_2)$: 22GHz帯無線エントランスの
角度 θ_2 方向の受信アンテナ利得

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

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



$G_{22G}(\theta_1)$: 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。

無線エントランスシステムとの共用条件の検討②

既存の送信スペクトルマスク規定を満足したシステムにおいて、偏波多重を用いた場合における無線エントランスシステムとの共用条件について検討を行った。

23GHz帯無線伝送システムの干渉検討用パラメータ

項目	パラメータ値
許容スプリアス発射強度	-33dBm/MHz 以下
給電線損失	1dB
アンテナ利得	23dBi (セクターアンテナ)
	34.5dBi (30cmパラボラアンテナ)
	40dBi (60cmパラボラアンテナ)

23GHz帯無線伝送システムとエントランスシステムとの被干渉・与干渉について、以下の結果より、無線エントランスシステムの交差偏波識別度を25dB確保できた場合、許容スプリアス発射強度は現行と同等と判断できるため、現行の無線エントランスシステムとの共用条件のまま運用が可能である。

干渉結果

(与干渉: 23GHz帯無線伝送システムから無線エントランスシステムへの干渉)

主偏波の強度 (-33dBmの真値)	交差偏波の強度 (-58dBmの真値)	両偏波成分の和	
		真値の和	dBmに変換
0.000501187	0.00000158489	0.000502772	-32.98628807

干渉結果

(被干渉: 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)

主偏波の強度 (-10dBmの真値)	交差偏波の強度 (-35dBmの真値)	両偏波成分の和	
		真値の和	dBmに変換
0.1	0.000316228	0.100316228	-9.986288072

電波天文業務との共用条件の検討①

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

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

※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。

電波天文業務との共用条件の検討②

既存の送信スペクトルマスク規定を満足したシステムにおいて、偏波多重を用いた場合における電波天文との共用条件について検討を行った。

電波天文業務の観測システムでは、直線偏波、右旋円偏波又は左旋円偏波のうち1偏波を受信し観測を行っている。

①直線偏波を受信し観測を行う場合

23GHz帯無線伝送システムから送信された水平偏波と垂直偏波の内、電波天文業務の観測で受信する直線偏波成分のみを受信することになり、既存の基準を満たすことにより干渉を回避できると判断できる。

②右旋円偏波又は左旋円偏波を受信し観測を行う場合

23GHz帯無線伝送システムから送信された水平偏波と垂直偏波の電力のそれぞれ1/2の電力※、つまり、合計1の電力を受信することになり偏波多重を導入した場合であっても、既存の基準を満たすことにより干渉を回避することが可能となる。

以上の結果により、23GHz帯無線伝送システムに偏波多重を導入した場合であっても、現行の電波天文業務との共用条件のまま運用が可能である。

※ おおむね、5km程度までの伝送では1.0Wと0.5Wでの差はおおよそ1.17 : 1.0の伝送距離の比率になる。
(作業班報告 参考資料3 偏波多重による伝送距離等の検討)

23GHz帯無線伝送システムの技術的条件

主な技術的条件

※赤字が今回追加する技術的条件

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変調(OFDM)及び64値直交振幅変調(64QAM)に加え、 <u>有線デジタルテレビジョン方式に規定される256値直交振幅変調(256QAM)、副搬送波の型式として256QAM、1024値直交振幅変調(1024QAM)、4096値直交振幅変調(4096QAM)を用いる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	現行(参考3)のままとする。
回線品質	<u>4ページに示すとおりとする。</u>
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

※双方向化に係る技術的条件に関しては、下り方向における回線品質、混信保護比等の技術的条件やその考え方等を準用するものとする。

その他の技術的条件

無線設備の技術的条件

※規定について変更はなし

- 送信周波数の許容偏差
従来どおり、 3×10^{-4} 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、 $-50\% \sim +20\%$ 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
 - ① 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と同等以上の利得又は指向特性を有するものであること、また、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。
 - ② 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。

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。

○ 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実用放送の再放送等に対応する帯域が十分になく、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、FDD方式だけでなくTDD方式による多チャンネルの伝送を可能とするなどシステムの高度化を検討していくことが望ましい。また、高度化を進めるにあたり既存のアナログに係る規定を見直すなど更に周波数を有効利用出来るよう検討が必要

(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。
- ・第67回(令和元年6月13日)
23GHz帯無線伝送システム作業班からの報告を受けて、放送システム委員会報告(案)について審議を行った。

(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
主査代理 専門委員 都竹 愛一郎	名城大学 理工学部 教授
委員 村山 優子	津田塾大学 数学・計算機科学研究所 特任研究員
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 副学長(国際連携担当)・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
〃 松井 房樹	一般社団法人電波産業会 代表理事・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 >

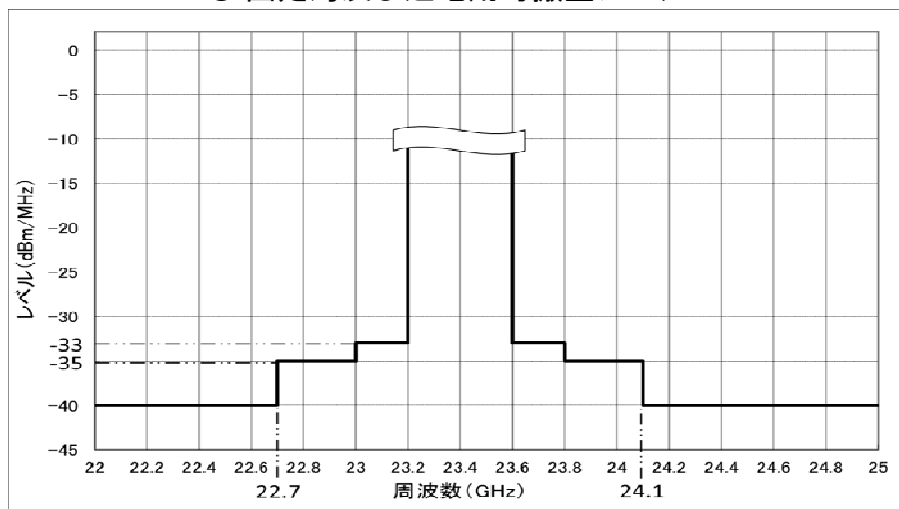
(主任)	野田 勉	元 スターキャット・ケーブルネットワーク株式会社 上席主任研究員
	石川 渉	ヴィ・ネットワーク・システムズ株式会社 技術本部 取締役 技術部長
	石田 洋之	古河電気工業株式会社 情報通信ソリューション統括部門 ブロードバンドソリューション事業部門 新商品企画担当部長
	上園 一知	一般社団法人日本ケーブルラボ 実用化開発部 主任研究員 兼 株式会社ジュピターテレコム 技術開発室 マネージャー
	大原 久典	マスプロ電気株式会社 システム営業部 営業副本部長兼システム営業部長
	小竹 信幸	一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター 技術部 部長
	小山 祐一	ソフトバンク株式会社 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
	前田 規行	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

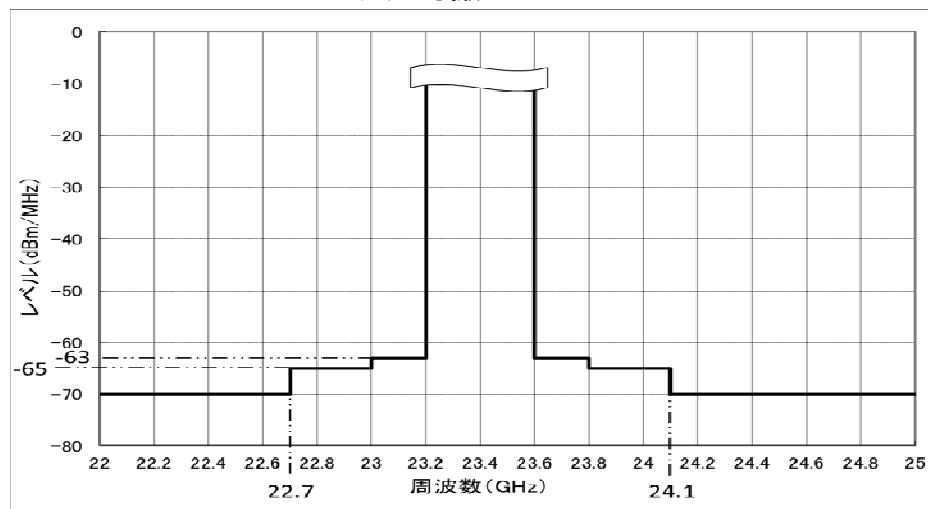
23GHz帯無線伝送システムの送信スペクトルマスクの設定

※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

○ 固定局及び辺地用可搬型システム

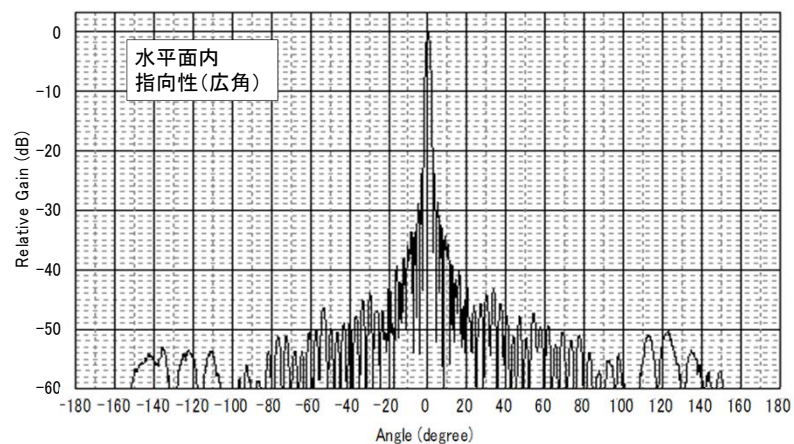


○ 汎用可搬型システム

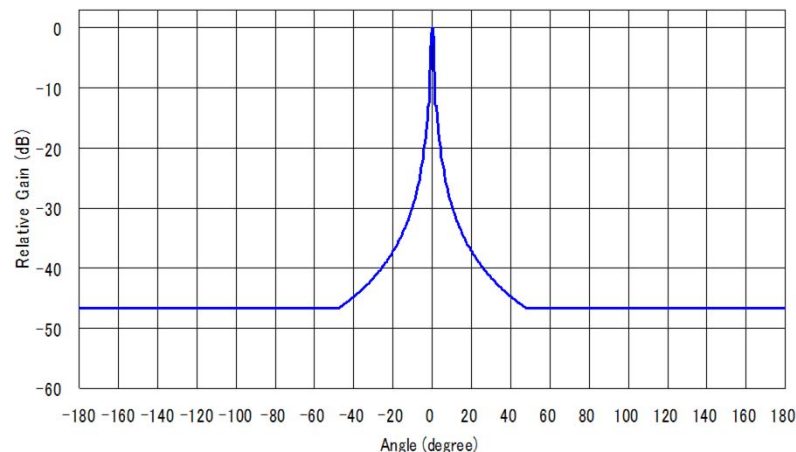


アンテナ指向特性の例

○ 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



(参考4) 有線伝送区間における搬送波等の条件

○有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令

		デジタル有線テレビジョン放送方式 【第2章第2節(第9条～12条)】			標準デジタルテレビジョン放送方式 【第2章第3節(第13条～16条)】
変調方式		64QAM	256QAM	OFDM (256/1024 /4096QAM)	OFDM
使用する周波数		90～770MHz			90～770MHz
ヘッドエンド入力信号		最悪月において99%パーセントの確率で 高度広帯域衛星デジタル放送の 16APSK(7/9以下)の場合は15dB以上、 16APSK(9/10以下)の場合は21dB以上、 上記以外の衛星放送はBER 1×10^{-8} 以下			BER 1×10^{-4} 以下
		地デジのBERは 1×10^{-4} 以下			
搬送波等の条件	許容偏差	±20kHz以内			±20kHz以内
	搬送波レベル(平均値)	49-81dB μ V	55-81dB μ V	49/56/60/63 -81dB μ V	47-81dB μ V
	受信者端子における 搬送波と雑音のレベル比 (C/N)	26dB以上	32dB以上	26～40dB以上	24dB以上