

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  
 23GHz 帯無線伝送システム作業班 報告(案)  
 諮問 2024 号「ケーブルテレビの技術的条件」のうち  
 「23GHz 帯無線伝送システムの双方向化に関する技術的条件」

## 目次

I 検討事項	1
II 委員会及び作業班の構成	1
III 検討経過	1
IV 検討概要	2
別表 1 (委員会構成員)	3
別表 2 (作業班構成員)	4
別紙 1	5
1. 検討の背景	6
1.1 検討開始の背景	6
1.2 23GHz 帯無線伝送システムの概要	6
1.3 23GHz 帯無線伝送システムの高度化	10
2. 23GHz 帯無線伝送システムの双方向化等に関する技術検討	12
2.1 偏波多重技術に関する検討	12
2.2 変調方式に関する検討	12
2.3 双方向化に関する検討	15
2.4 他の無線システム等との共用条件の検討	17
3. 23GHz 帯無線伝送システムの技術的条件	25
3.1 一般的条件	25
3.2 無線設備の技術的条件	25
3.3 隣接システムとの共存条件	27
3.4 測定法	28
4. 今後の検討課題	29
参考資料	30

## I 検討事項

放送システム委員会では、情報通信審議会諮問第 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」について検討を行い、本報告（案）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は、別表 1 のとおり。

なお、放送システム委員会の下に、委員会における調査のために必要な情報を収集し、委員会の検討を促進させるために、23GHz 帯無線伝送システム作業班を設置した。23GHz 帯無線伝送システム作業班の構成は別表 2 のとおり。

## III 検討経過

### 1. 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での検討経過は、次のとおり。

#### ① 第 63 回（平成 30 年 6 月 22 日）

23GHz 帯無線伝送システム作業班の設置、同作業班の運営方針、検討課題及びスケジュール等について検討を行った。

#### ② 第 66 回（平成 31 年〇月〇日）

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。また、当該報告（案）について、広く意見を求めることとし、平成 31 年〇月〇日から同年△月△日までの間、パブリックコメントを行うこととした。

#### ③ 第 67 回（平成 31 年〇月〇日）

〇月〇日から△月△日まで行ったパブリックコメントの結果を踏まえ、検討を行い、放送システム委員会報告を取りまとめた。

### 2. 23GHz 帯無線伝送システム作業班での調査

23GHz 帯無線伝送システム作業班の検討経過は次のとおり。

#### ① 第 1 回（平成 30 年 7 月 30 日）

作業班の運営方法、今後のスケジュール等について検討を行った。また、構成員からのプレゼンテーションを行い、23GHz 帯無線伝送システムの現状及び双方向化等に関する技術的条件について検討を行った。

#### ② 第 2 回（平成 30 年 12 月 21 日）

構成員からのプレゼンテーションを行い、23GHz 帯無線伝送システムの双方向化等に係る共用条件について検討を行った。また、23GHz 帯無線伝送システム作業班報告骨子案について検討を行った。

#### ③ 第 3 回（平成 31 年 3 月 4 日）

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い、

23GHz 帯無線伝送システム放送作業班報告を取りまとめた。

#### IV 検討概要

別紙 1 のとおり。

別表 1 (委員会構成員)

情報通信技術分科会 放送システム委員会 構成員

(敬称略)

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

別表2（作業班構成員）

情報通信技術分科会 放送システム委員会  
23GHz 帯無線伝送システム作業班 構成員

（五十音順、敬称略）

（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 涉	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
	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

## 検 討 概 要

(23GHz 帯無線伝送システム作業班報告)

## 1. 検討の背景

### 1.1 検討開始の背景

23GHz 帯無線伝送システムについては、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）等によって利用されている。

現状の 23GHz 帯無線伝送システムは片方向の伝送機能のみとなっており、変調方式も限定されていることから、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（平成 24 年 6 月 19 日）において、今後の検討課題として「双方向機能については、ケーブルテレビ事業者がインターネット接続サービスを行っている現状を踏まえ、必要不可欠である。」及び「256QAM 等、更に高度な変調方式については、更にフィールド実験等を行う必要がある。」とされたことを受け、平成 28 年度から平成 29 年度にかけて「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調査検討」を実施した。

このような背景を踏まえ、23GHz 帯無線伝送システムにおける偏波多重技術、双方向化技術及び変調方式高度化に関して、必要な技術的条件の検討を行うものである。

### 1.2 23GHz 帯無線伝送システムの概要

#### 1.2.1 23GHz 帯無線伝送システムのこれまでの経緯

##### 1.2.1.1 ヘッドエンドへの連絡線

我が国のケーブルテレビは、難視聴対策や都市における受信障害対策を主目的として発展してきたが、自主放送の充実や衛星放送の再送信に対応するため昭和 62 年に電気通信審議会において、「多チャンネル化等に伴う有線テレビジョン放送施設に関する技術的条件」(諮問第 30 号)の答申(昭和 62 年 9 月 28 日)が行われ、伝送方式、安全対策、混信妨害等に関する技術基準が整備され、有線放送における多チャンネル伝送が可能となった。

23GHz 帯無線伝送システムについても受信空中線からヘッドエンドまで伝送する連絡線として区域外番組の再送信等に利用されるようになった(図 1)。伝送方式としては、周波数変調を用い、単一チャンネルの伝送を行うものである。

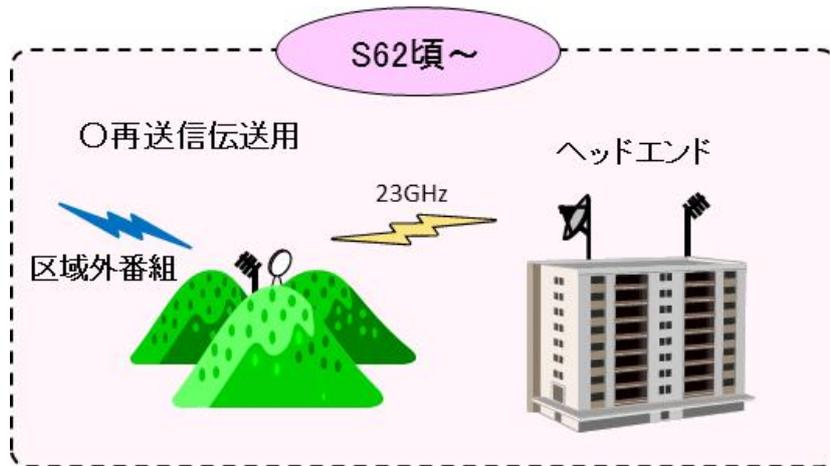


図 1 ヘッドエンドへの連絡線

### 1.2.1.2 多チャンネル同時伝送

その後、ケーブルテレビの放送区域の拡大に伴い、河川や鉄道を横断する幹線の設置に際して、橋脚の利用の同意が得られない場合や集合住宅の同意が得られない場合が生じてきた。こうした状況を踏まえ、「有線テレビジョン放送事業用無線局の技術的条件」(諮問第 102 号)のうち「23GHz 帯を使用する有線テレビジョン放送事業に用いる固定局の技術的条件」の一部答申(平成 10 年 6 月 29 日)が行われ、固定局の送信設備及び受信設備等の技術的条件等が整備され、河川等の横断、離島への中継及び集合住宅等への多チャンネル同時伝送が可能となった(図 2)。

伝送方式としては、FDM-SSB 方式を用い、アナログテレビ信号等を多チャンネル同時に伝送するものである。

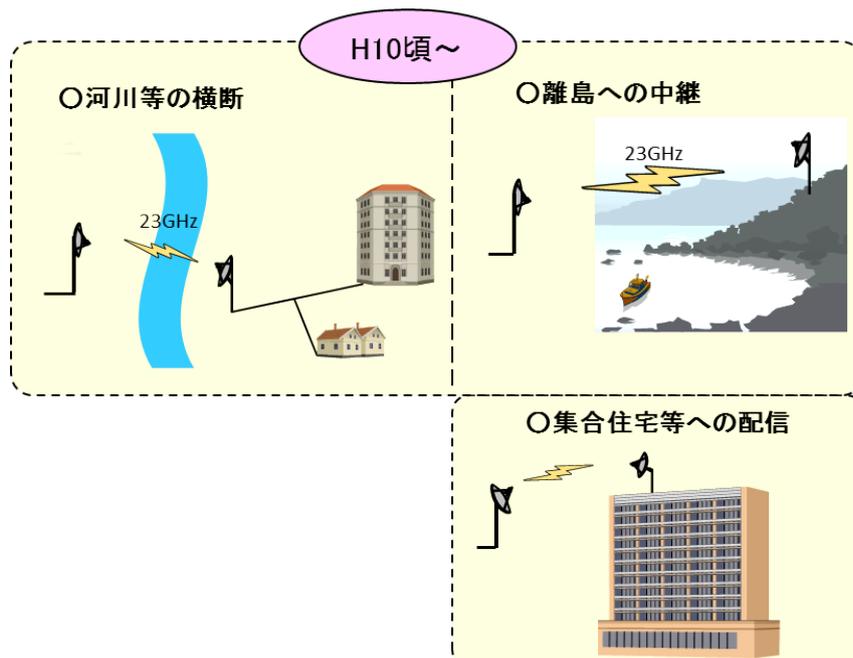


図 2 多チャンネル同時伝送

### 1.2.1.3 デジタル難視聴地域の解消や災害時の伝送送路の復旧

近年、地上デジタル放送への完全移行に伴うデジタル難視聴地域の解消や災害などによるケーブルテレビの幹線伝送路の切断箇所の応急復旧など、23GHz帯無線伝送システムを用いて、効率的にネットワークを構築したいというニーズが高まった。こうした状況を踏まえ、情報通信審議会において「ケーブルテレビシステムの技術的条件」（諮問第2024号）のうち「23GHz帯無線伝送システムの技術的条件」に関して一部答申（平成24年6月19日）が行われ、固定局及び陸上移動局の技術的条件等が整備され、地上デジタル放送への完全移行に伴うデジタル難視聴区域での伝送、災害時にケーブルテレビによる確実な情報伝達などの伝送路の復旧のために利用可能となった（図3）。

伝送方式としては、FDM-SSBを用い、直交周波数分割多重方式（OFDM方式）や六四値直交振幅変調（64QAM変調方式）等のデジタル信号を伝送するものである。

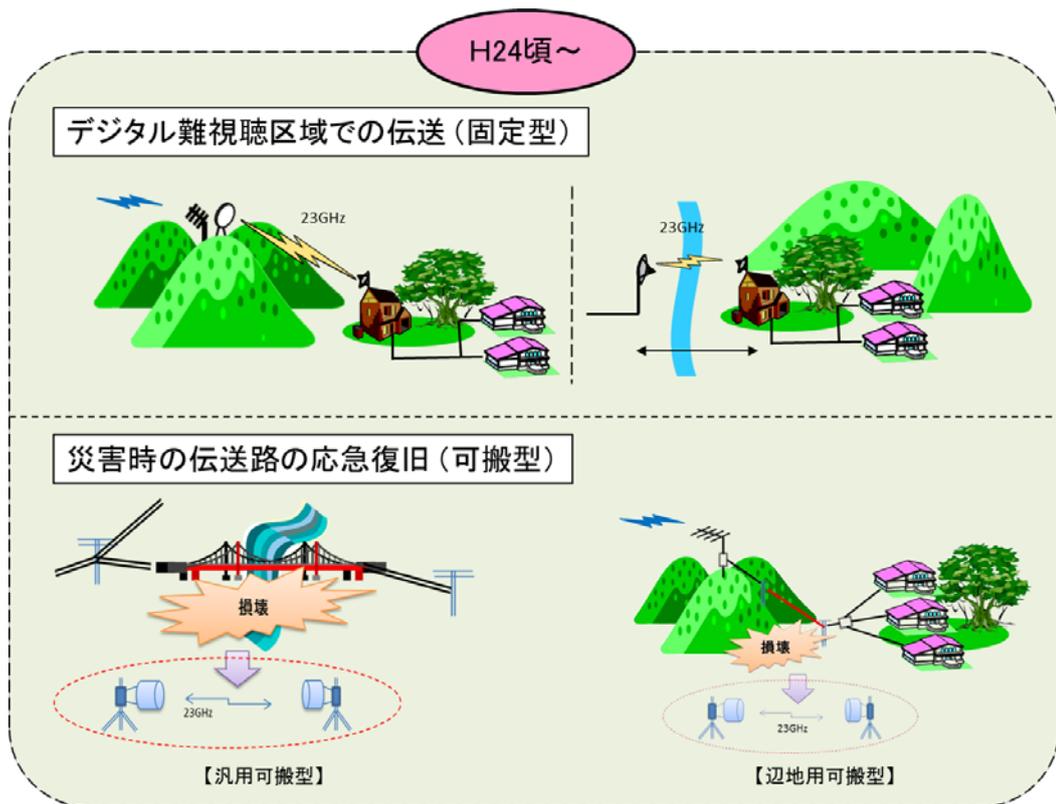


図3 デジタル難視聴地域の解消や災害時の伝送送路の復旧

### 1.2.2 ケーブルテレビ事業者が利用可能な無線システム

ケーブルテレビ事業者が利用可能な無線伝送システムとしては、表 1 のとおり 23GHz 帯の他に 18GHz 帯や 60GHz 帯の伝送システムがある。

18GHz 帯の無線伝送システムは、ケーブルテレビ事業者が利用する場合には、電気通信業務用無線局の無線設備を共用するものに限定され、上り下りそれぞれ 60MHz 幅の 1 ブロックを利用して最大 9ch を伝送することができる。

一方、60GHz 帯の伝送システムは、特定小電力無線局として個別免許は不要であるものの、出力が 10mW 以下であることから伝送距離が 200m 程度に限られている。これらのシステムに比べて 23GHz 帯無線伝送システムは、400MHz の帯域があるため、多チャンネル伝送が可能であることや比較的長距離での伝送も可能である。

表 1 ケーブルテレビ事業者が利用可能な無線伝送システム

	23GHz 帯	18GHz 帯	60GHz 帯
主な目的	有線テレビジョン 放送事業用	電気通信業務用 公共業務用	特定小電力無線局
周波数帯域幅	400MHz	上り下り各 60MHz × 4 ブ ロック	9GHz
最大伝送 チャンネル数	最大 65CH	最大 9CH	
特徴	CATV 多チャンネル放 送の無線伝送	放送/通信同時伝送	ミリ波画像伝送用及びミ リ波データ伝送用
利用シーン	離島や山間部等の CATV ネットワークエリ アの拡大	・地デジの受信点から共 聴施設までの中継伝送路 ・離島や山間部への地域 イントラネットの延長ルー ト	ホームリンク(配線の無 線化)
メリット	・60GHz 帯と比較して、 伝送距離が長い。 ・18GHz 帯と比較する と、伝送 CH が多くとれ る。	・60GHz 帯と比較して伝送 距離が長い。 ・双方向通信が可能。	個別免許が不要。
デメリット	ケーブルテレビの上り 回線の伝送ができな い。	・23GHz 帯と比較すると、 伝送 CH が多くとれない。 ・電気通信業務用無線局 の無線設備と共用するも のに限定。	・無線局免許を受けて いないので、混信を受 ける可能性がある。 ・18GHz 帯及び 23GHz 帯と比較すると、伝送距 離が短い。

### 1.3 23GHz 帯無線伝送システムの高度化

現在、山間部の谷間や、ダム湖河川横断などで信号伝送が困難な施設等に23GHz 帯無線伝送システムが利用されており、東日本大震災の際には、被災地域において、復旧のため、幹線の河川横断に利用されている。

ケーブルテレビ事業者が提供するサービスとしては、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、その提供には、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、23GHz 帯無線伝送システムで使用できる周波数帯域幅は 400MHz に限定されている。加えて、インターネット接続サービスを提供するための双方向利用ができないため、現状の23GHz 帯無線伝送システムでは、ケーブルテレビ事業者が提供する全サービスを提供することができない。

また、23GHz 帯無線伝送システムで伝送可能な放送信号の変調方式としては、OFDM 方式と 64QAM 変調方式があるが、ケーブルテレビにおいて 4K・8K 放送の伝送に使用される二五六値直交振幅変調方式(256QAM 変調方式)や ITU-T 勧告 J.382 に準拠した高度な変調方式(搬送波の変調の型式が直交周波数分割多重変調であって副搬送波の変調の型式として二五六値直交振幅変調(256QAM 変調方式)、一〇二四値直交振幅変調(1024QAM 変調方式)、符号化率五分の四である四〇九六値直交振幅変調(4096QAM 変調方式)、並びに符号化率六分の五である四〇九六値直交振幅変調(4096QAM 変調方式))に対応していないという課題がある。

昨今の大規模災害時等の非常時において、ケーブルテレビによる確実な情報伝達を行うため、放送だけでなく通信での情報伝達の重要性が増しており、23GHz 帯無線伝送システムを用いて伝送路の復旧を行うニーズが高まっている。

また、データ放送を利用した視聴者参加型番組や、ハイブリッドキャスト放送等の双方向サービスを前提とした放送の高度化に対応するため、23GHz 帯無線伝送システムの双方向化が必要となっている。

このような23GHz 帯無線伝送システムに対する大容量化、双方向化等のニーズを踏まえ、現状の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なる双方向化技術

の導入及び既存の256QAM 変調方式や ITU-T 勧告 J.382 に準拠した高度な変調方式等への対応が期待されている。

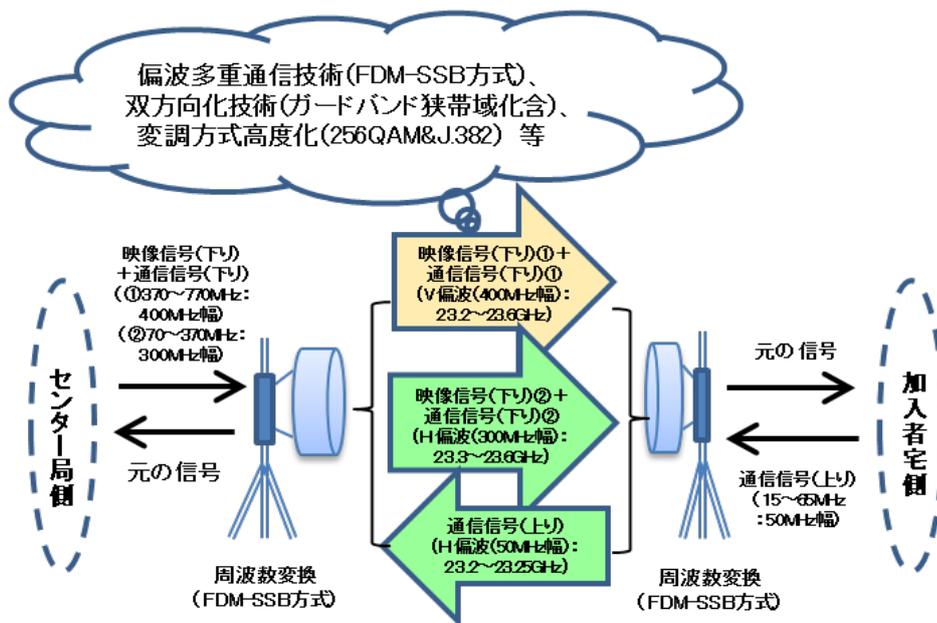


図4 高度化の実現イメージ

## 2. 23GHz 帯無線伝送システムの双方向化等に関する技術検討

### 2.1 偏波多重技術に関する検討

ケーブルテレビ事業者が提供する多チャンネル放送やインターネット接続サービスを提供するには、現状、700MHz 以上の周波数帯域幅が必要である。23GHz 帯（23.2GHz～23.6GHz）で使用可能な 400MHz の周波数帯域幅でこのニーズを満たすためには、同一の割り当て周波数において、水平偏波および垂直偏波の同時利用（コチャネル配置）が可能とすることが考えられる。

水平偏波および垂直偏波の同時利用するためには、交差偏波識別度（XPD：Cross Polarization Discrimination）がシステム内干渉として最も重要な要素となり、この干渉量を最小限に抑えることが望まれる。技術試験の結果より、必要となる交差偏波識別度の性能としては、23GHz 帯無線伝送システムで伝送するベースバンド信号における変調信号毎の無線伝送性能に機器の性能差を考慮した 3dB 程度のマージンをとることが望ましいと結論付けられており、全てのベースバンド信号を伝送することを想定すると最も高い無線伝送性能を基準として、ITU-T 勧告 J.382（4096QAM 符号化率 5/6）相当の 48dB 以上とする必要があるが、現実的には実際に伝送するベースバンド信号の最大性能程度あれば十分であることもあり、メーカーの機器製作の自由度を高める観点から、技術的条件を一律に規定しない。

### 2.2 変調方式に関する検討

#### 2.2.1 回線品質

23GHz 帯無線伝送システムで規定される回線品質のうち、変調方式に FDM-SSB 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信号を伝送する場合、有線伝送路及び無線伝送区間を含むシステムの回線品質が、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、デジタル有線テレビジョン放送方式による有線テレビジョン放送等を行う有線放送設備に係る条件第十二条（搬送波等の条件）に規定する搬送波のレベルと雑音のレベルとの比を確保する必要があることから、有線伝送路及び無線伝送区間への干渉雑音との配分の結果、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、無線伝送区間において降雨時の減衰を考慮して次のようにすることが望ましい。

表2 各ベースバンドチャンネルの伝送方式における所要 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 方式における無線伝送区間の回線品質は、有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令第 12 条（搬送波等の条件）に規定される受信者端子における品質を満足するものとし、各ベースバンドチャンネルの伝送方式ごとの無線伝送区間の回線品質は規定していない。したがって、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も、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、各ベースバンドチャンネルの伝送方式ごとに無線伝送区間の回線品質は規定しないものとする。

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、民間規格として定めることが望ましい。

### 2.2.2 混信保護

既存の 23GHz 帯無線伝送システムで規定される混信保護比は、FDM-SSB にあつては、ベースバンドチャンネルごとの値となっており OFDM 方式または 64QAM 方式の信号を伝送する場合、標準状態にあつては 45dB 以上、降雨による減衰を考慮した場合に合つては、42dB 以上と規定されている。

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のベースバンド信号を伝送する場合においても、ベースバンドチャンネルごとに規定することとし、現行の混信保護比 (C/I) を基準にして次のようにすることが望ましい。

表3 被干渉局の変調方式における C/I

被干渉局の変調方式	混信保護 (C/I) (dB)	
	標準状態	降雨減衰時
OFDM	45.0	42.0
64QAM	45.0	42.0
256QAM	51.0	48.0
OFDM (256QAM)	45.0	42.0

OFDM (1024QAM)	51.0	48.0
OFDM (4096QAM 符号化率:4/5)	53.0	50.0
OFDM (4096QAM 符号化率:5/6)	55.0	52.0

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混信保護比については、現行の OFDM 方式及び 64QAM 方式と同様、希望波対妨害波比 (D/U) で規定し、降雨減衰による D/U が規定値以下となる時間率についても、従来どおり  $5 \times 10^{-4}$ /年以下とすることとして次のようにすることが適当である。

表4 被干渉局の変調方式における D/U

被干渉局の変調方式	混信保護 (D/U) (dB)	
	標準状態	降雨減衰時
OFDM	29.0	29.0
64QAM	29.0	29.0
256QAM	37.0	37.0
OFDM (256QAM)	36.0	36.0
OFDM (1024QAM)	42.0	42.0
OFDM (4096QAM 符号化率:4/5)	42.0	42.0
OFDM (4096QAM 符号化率:5/6)	43.0	43.0

## 2.3 双方向化に関する検討

### 2.3.1 双方向化の実現方策

23GHz 帯で使用できる 400MHz の周波数帯域幅で、周波数帯域を上り方向と下り方向の 2 つに分割して利用する周波数分割多重方式による双方向化を実現するためには、各々の無線局において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、フィルタ（デュプレックス・フィルタ）を適用することにより回避することができる。

同 400MHz の周波数帯域幅で水平偏波および垂直偏波の同時利用（コチャンネル配置）する際の双方向化については、同一偏波内におけるガードバンドやフィルタの適用に加え、異偏波間の上り方向と下り方向の干渉についても考慮する必要がある。無線局における異偏波間の送信チャンネルと受信チャンネルの干渉については、同一方向間の干渉よりも影響が大きく、技術試験では、同一偏波内における干渉を抑えるためにガードバンドやフィルタの適用、異偏波間の上り方向と下り方向の干渉については、異なるアンテナを相応の離隔で設置することにより、双方向化を実現している。双方向化の実現については、周波数配列の検討や同一帯域内の干渉キャンセリングなどでも可能であり、実現方法は多岐に渡ると考えられ、メーカーの機器製作の自由度を高める観点から、一律に規定せずに、映像伝送やデータ通信に有害な干渉を生じさせないよう個別に指定することが適当である。

### 2.3.2 回線品質

上り方向における回線品質の技術的条件については、有線伝送路において支配的となる流合雑音は無線伝送区間においては発生する可能性は少ないこと、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ことから、下り方向と同等の品質になることが適切である。

さらに、FDM-SSB で通信用変調方式（DOCSIS 方式）のベースバンド信号を伝送する場合、標準デジタルテレビジョン放送方式やデジタル有線テレビジョン放送方式等のベースバンド信号における回線品質が保証されている場合においては、十分な回線品質を担保できる。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、回線品質については、一律に規定せずに、実際の運用に応じて設定することとし、無線伝送区間の回線品質は規定しないものとする。

### 2.3.3 混信保護

FDM-SSB で DOCSIS 方式のベースバンド信号を伝送する場合の混信保護比については、標準デジタルテレビジョン放送方式やデジタル有線テレビジ

ン放送方式等のベースバンド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は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変調方式や搬送波レベルが異なることから、一律に規定せずに、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ものとする。

## 2.4 他の無線システム等との共用条件の検討

### 2.4.1 隣接する 23GHz 帯の無線システム等について

23GHz 帯の周波数の割当状況は図5のとおりであり、23GHz 帯無線伝送システムの下の帯域を携帯電話事業者の無線エントランスシステムが利用しており、上の帯域は電波天文が観測業務を行っている。

無線エントランスシステム (固定)	23GHz 帯無線伝送システム	電波天文業務
23.0 GHz	23.2 GHz	23.6 GHz
		24.0 GHz

図5 23GHz 帯における周波数の割当状況

### 2.4.2 無線エントランスシステム

当該システムは、図6の運用イメージのとおり電気通信事業者(主に携帯電話事業関係)が、集約局から携帯電話基地局までの間を無線で中継する回線として用いている。集約局から携帯電話基地局までの伝送距離は、最大6km程度である。

近年、携帯電話システムの高速化により無線エントランスシステムの伝送容量では十分でなくなりつつあり、光ファイバーの利用が増加しており、無線エントランスシステムは減少傾向にある。

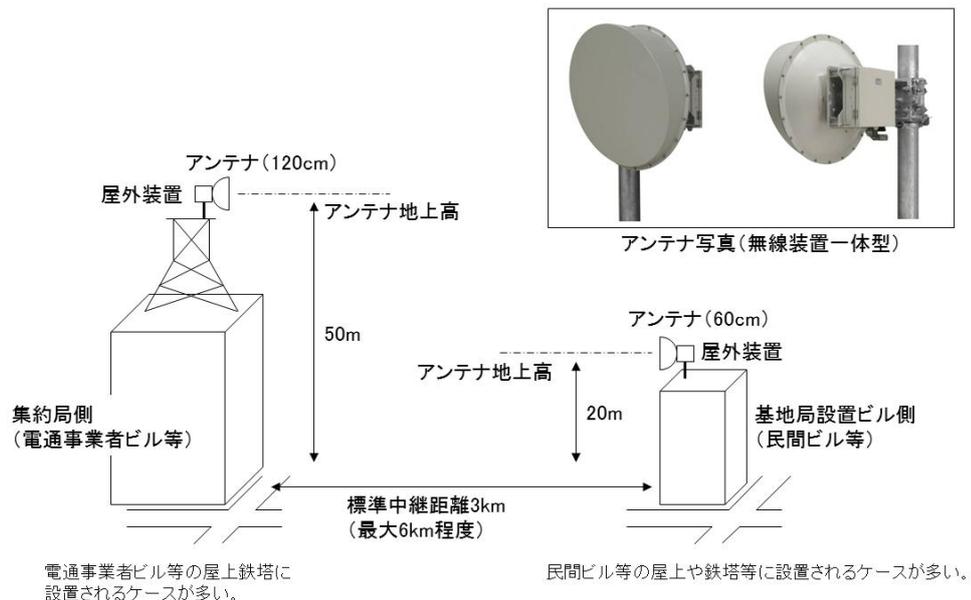


図6 無線エントランスシステムの運用イメージ

#### 2.4.2.1 無線エントランスシステムとの共用条件

23GHz帯無線伝送システムと無線エントランスシステムとの干渉しきい値を満足する所要離隔距離等の共用条件の検討にあたり、平成24年6月19日の情報通

信審議会情報通信技術分科会放送システム委員会報告の中で、自由空間伝搬損失と23GHz帯無線伝送システムの送信アンテナの指向特性を考慮し、以下のとおり検討を行っている。

①固定局に関する干渉検討結果

- (1) 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の検討  
 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の有無について、図7のような状況を想定して、干渉検討の定式化を図っている。

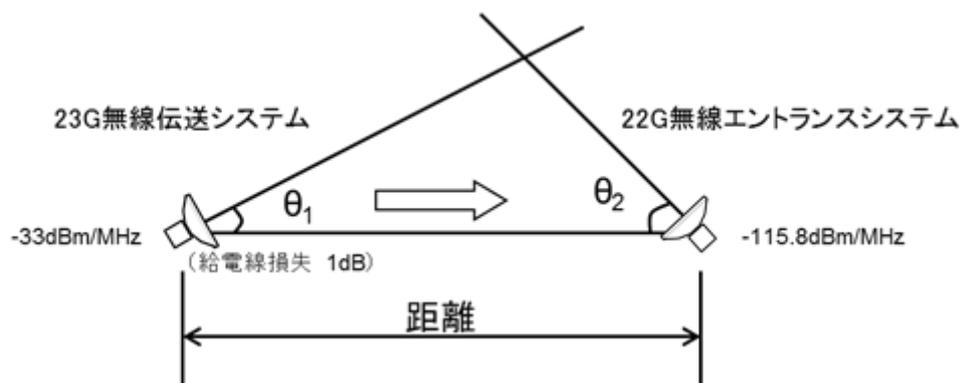


図7 23GHz 帯無線伝送システムから 22GHz 帯無線エントランスシステムへの干渉

ここで、 $G_{23G}(\theta_1)$ は、23GHz 帯無線伝送システムの角度  $\theta_1$  方向の送信アンテナ利得、 $G_{22G}(\theta_2)$ は、22GHz 帯無線エントランスシステムの角度  $\theta_2$  方向の受信アンテナ利得、自由空間伝搬損失(@23.2GHz)を  $L_p$ 、山岳や建造物等による遮蔽損失を  $L_s$  とすると、帯域外不要発射が無線エントランスシステムの干渉しきい値(-115.8 dBm/MHz)を超えないためには、次の式を満足する必要がある。

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

- (2) 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の検討  
 一方、22GHz 帯無線エントランスシステム(与干渉)の帯域外不要発射が 23GHz 帯無線伝送システム(被干渉)の干渉しきい値を超えない条件について図8に示す状況を想定して、干渉検討の定式化を図っている。

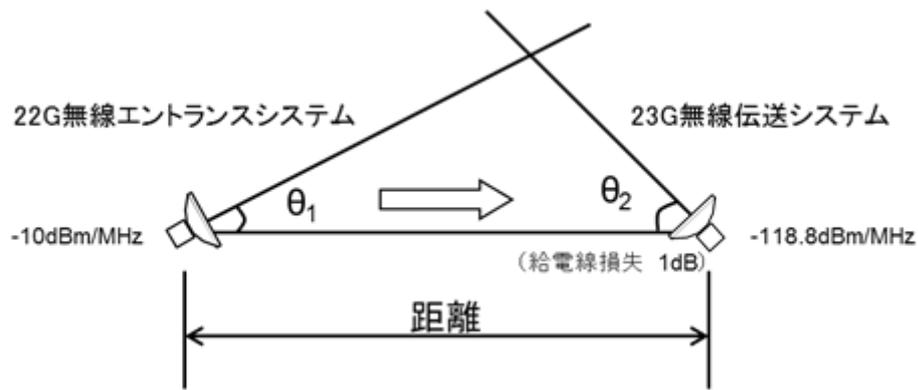


図8 22GHz 帯無線エントランスシステムから 23GHz 帯無線伝送システムへの干渉

ここで、 $G_{22G}(\theta_1)$ は、22GHz 帯無線エントランスシステムの角度  $\theta_1$  方向送信アンテナ利得、 $G_{23G}(\theta_2)$ は、23GHz 帯無線伝送システムの角度  $\theta_2$  方向の受信アンテナ利得、自由空間損失(@23.2GHz)を  $L_p$ 、山岳や建造物等による遮蔽損失を  $L_s$  とすると、干渉しきい値(-118.8 dBm/MHz)を超えないためには、次の式を満足する必要がある。

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

## ②移動局に関する干渉検討結果

辺地用可搬型システムの場合は、地形的に無線エントランスシステム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することが可能となっている。

一方、汎用可搬型システムは、利用地域が限定されておらず、無線エントランスシステムとの共存条件を満たすことが困難になる可能性があるため、より厳しいスペクトルマスクを適用することによりスプリアス干渉を回避している。ただし、無線エントランスシステムの近距離においては、空中線の指向方向や実際に使用する 23GHz 帯無線伝送システムの空中線電力に応じた感度抑圧干渉にも留意する必要がある。

なお、無線エントランスシステムから 23GHz 帯無線伝送システムの移動局への干渉については、移動局側で干渉回避策をとる必要がある。しかし、23GHz 帯無線伝送システムの運用者は、無線エントランスシステムの置局情報を持っていないため、無線エントランスシステムの運用者が当該情報の提供を行う等の協力が必要である。

### 2.3.2.1 偏波多重を導入した場合における共用条件

2.3.1を活用し、無線エントランスシステムとの共用条件として、偏波多重技術の採用においても、既存の送信スペクトルマスク規定を満足するようシステム設計を行い、帯域外不要発射電力は既存の値以下とすることが前提となっているため、垂直偏波と水平偏波を偏波多重により同時に用いる際の影響を検討し

た。検討を行うに当たり、23GHz帯無線伝送システムの干渉検討用パラメータとしては、以下のとおりで想定した。

表5 23GHz 帯無線伝送システムのパラメータ値

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)

### ①固定局に関する干渉検討結果

(1)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の検討  
受信側である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同等と判断できる。

表6 干渉検討結果(与干渉)

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

(2)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の検討  
受信側である 23GHz 帯無線伝送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同等と判断できる。

表7 干渉検討結果(被干渉)

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

以上の結果により、23GHz 帯無線伝送システム及び無線エントランスシステムそれぞれのアンテナの交差偏波識別度が十分に確保できることで、許容スプリアス発射強度は平成 24 年 6 月 19 日の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にて実施した許容スプリアス発射強度と同等と判断でき、現行の共用条件のまま運用が可能である。

### ②移動局に関する干渉検討結果

現状、辺地用可搬型システムの場合は、地形的に無線エントランスシステム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

している。偏波多重を導入した場合においても、地形的に無線エントランスシステム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することが可能である。

一方、現状の汎用可搬型システムは、利用地域が限定されておらず、無線エントランスシステムとの共存条件を満たすことが困難になる可能性があるため、より厳しいスペクトルマスクを適用することによりスプリース干渉を回避しており、偏波多重を導入した場合においても、現状のより厳しいスペクトルマスクを適用することによりスプリース干渉を回避することが可能である。ただし、現状の23GHz 帯無線伝送システムと同様に、無線エントランスシステムの近距離においては、空中線の指向方向や実際に使用する23GHz 帯無線伝送システムの空中線電力に応じた感度抑圧干渉にも留意する必要がある。

なお、偏波多重を導入した場合であっても、無線エントランスシステムから23GHz 帯無線伝送システムの移動局への干渉については、移動局側で干渉回避策をとる必要があるが、23GHz 帯無線伝送システムの運用者は、無線エントランスシステムの置局情報を持っていないため、引き続き、無線エントランスシステムの運用者が当該情報の提供を行う等の協力が必要である。

### 2.4.3 電波天文業務

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。このうち、23.6GHz～24.0GHz には、主にアンモニア分子輝線が存在している。この帯域は、電波天文学にとって非常に重要でかつ国内外で広く頻繁に使われている周波数帯となっている。

また、遠方の天体から放射される分子輝線は、宇宙膨張のため低い周波数にずれる(赤方偏移)。また、微弱天体を感度よく観測するために広帯域で観測する。

国内にはこの周波数の観測を実施する、又は実施する可能性が高い電波天文業務の観測局が 12 局存在している。主な電波天文観測局は、図9に示すとおり。なお、参考資料3に 23GHz 帯電波天文観測局の一覧及び観測分子輝線の概要を示す。



図9 主な電波天文業務の観測局

#### 2.4.3.1 電波天文業務との共用条件

23GHz帯無線伝送システムと電波天文業務との干渉しきい値を満足する所要離隔距離等の共用条件の検討にあたり、平成24年6月19日の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の中で、自由空間伝搬損失と23GHz帯無線伝送システムの送信アンテナの指向特性を考慮し、以下のとおり

検討を行っている。

#### ①固定局に関する干渉検討結果

##### (1)23GHz 帯無線伝送システムから電波天文業務への干渉の検討

23GHz 帯無線伝送システムから電波天文業務への干渉については、2.3.2.1 の無線エントランスシステムとの共存条件の検討と同様、23GHz 帯無線伝送システムの  $\theta_1$  方向の送信アンテナ利得を  $G_{23G}(\theta_1)$ 、電波天文台の受信アンテナ利得  $G_{\text{天文}}(\theta_2)$  (=0dBi)、自由空間損失(@23.6GHz)を  $L_p$ 、山岳等による回折損失を  $L_s$  とすると、帯域外不要発射が電波天文業務の干渉しきい値(-191.6 dBm/MHz)を超えないためには、次の式を満たす必要がある。

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

#### ②移動局に関する干渉検討結果

辺地用可搬型システムの場合は、地形的に電波天文業務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することが可能となっている。

一方、汎用可搬型システムは、利用地域が限定されてなく、隣接システム等との共存条件を満たすことが困難になる可能性があるため、より厳しいスペクトルマスクを適用することによりスプリアス干渉を回避している。更に、23GHz 帯における観測を実施している電波天文台近傍で使用する場合は、電波天文業務への影響を軽減するために、送信空中線の指向方向に十分留意するとともに、必要に応じて電波天文台と事前に調整を行うことにより干渉を回避することとしている。

#### 2.4.3.2 偏波多重を導入した場合における共用条件

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る。

従って、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る。

従って、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。

### 3. 23GHz 帯無線伝送システムの技術的条件

#### 3.1 一般的条件

##### 3.1.1 周波数帯

従来どおり、23GHz 帯(23.2GHz～23.6GHz)とすることが適当である。

##### 3.1.2 変調方式

従来の変調方式に追加して、デジタル有線テレビジョン放送方式の二五六値直交振幅変調(256QAM 変調方式)及び副搬送波の型式が二五六値直交振幅変調(256QAM 変調方式)、一〇二四値直交振幅変調(1024 QAM 変調方式)又は四〇九六値直交振幅変調(4096QAM 変調方式)を用いる直交周波数分割多重方式(OFDM 方式)とすることが適当である。

##### 3.1.3 偏波

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とすることが適当である。

##### 3.1.4 混信保護

個別のベースバンドチャンネルの伝送方式における混信保護比は以下のとおりとすることが適当である。なお、降雨減衰による D/U が 29dB 以下となる時間率は、 $5 \times 10^{-4}$ /年以下とする。

被干渉局の変調方式	混信保護 (D/U) (dB)	
	標準状態	降雨減衰時
OFDM (既存)	29.0	29.0
64QAM (既存)	29.0	29.0
256QAM	37.0	37.0
OFDM (256QAM)	36.0	36.0
OFDM (1024QAM)	42.0	42.0
OFDM (4096QAM 符号化率:4/5)	42.0	42.0
OFDM (4096QAM 符号化率:5/6)	43.0	43.0

その他の 23GHz 帯無線伝送システムの技術的条件のうち一般的条件については、従来どおりとすることが適当である。

#### 3.2 無線設備の技術的条件

##### 3.2.1 送信装置

###### 3.2.1.1 送信周波数の許容偏差

従来どおり、 $3 \times 10^{-4}$  以下とすることが適当である。

### 3.2.1.2 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とすることが適当である。

### 3.2.1.3 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以下とすることが適当である。

### 3.2.1.4 空中線電力の許容偏差

現行の無線設備規則のとおり、 $-50\% \sim +20\%$ とすることが適当である。

### 3.2.1.5 送信スペクトルマスク

従来どおり、固定局及び辺地用可搬型システムの移動局については図10に示すとおり、汎用可搬型システムの移動局については、図11に示すと通りの送信スペクトルマスクとすることが適当である。

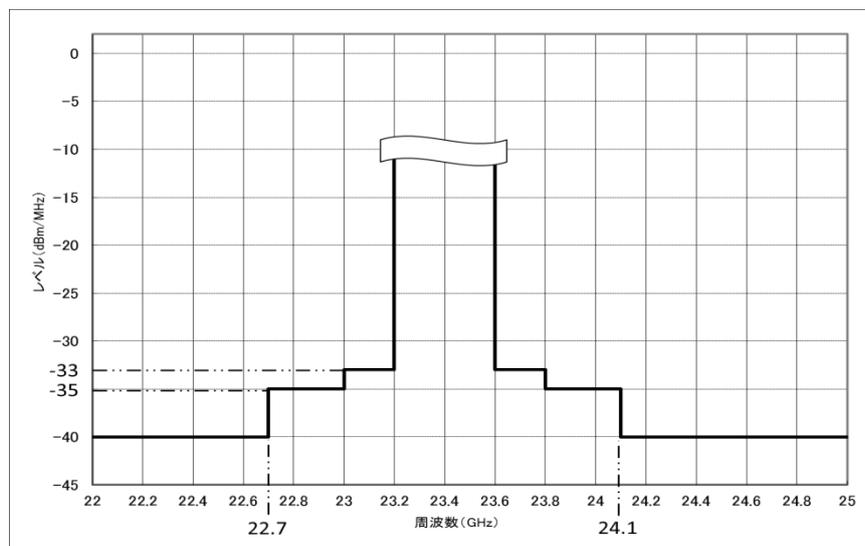


図 10 23GHz 帯無線伝送システム(固定局及び辺地用可搬型)の送信スペクトルマスク(絶対値)

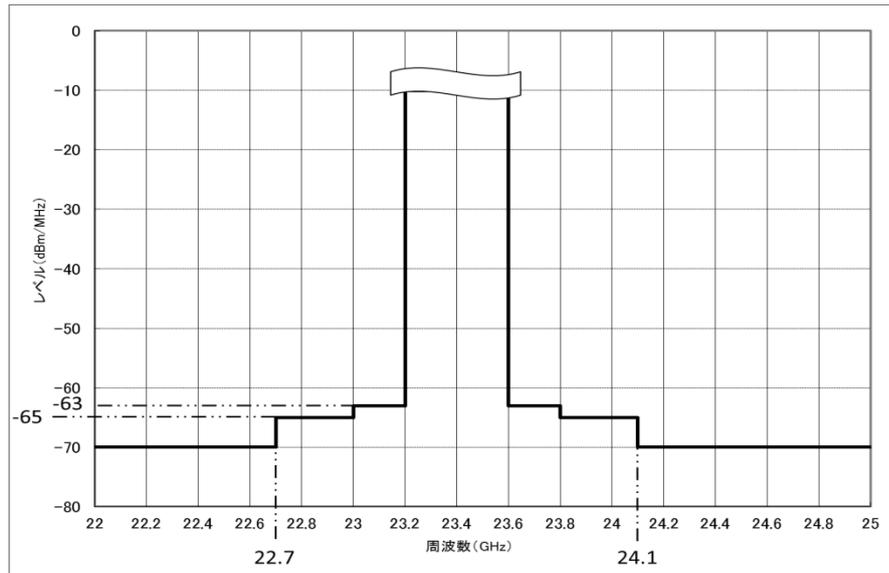


図 11 23GHz 帯無線伝送システム(汎用可搬型)の送信スペクトルマスク(絶対値)

### 3.2.1.6 不要発射の強度の許容値

従来どおり、帯域外領域における不要発射の強度の許容値は  $100 \mu\text{W}$  以下(参照帯域幅は  $1\text{MHz}$ )、スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は  $50 \mu\text{W}$  以下とすることが適当である。

### 3.2.2 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、 $4\text{nW}$  以下とすることが適当である。

### 3.2.3 空中線系

#### 3.2.3.1 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、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のが適当である。

#### 3.2.3.2 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のが適当である。

## 3.3 隣接システムとの共存条件

### 3.3.1 無線エントランスシステムとの共存条件

無線エントランスシステムとの共存条件は、「2.4.2 無線エントランスシステムと

の干渉検討」のとおり。

### 3.3.2 電波天文業務との共存条件

電波天文業務との共存条件は、「2.4.3 電波天文業務との干渉検討」のとおり。

### 3.4 測定法

従来どおりの測定法とすることが適当である。

#### 4. 今後の検討課題

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、交差偏波識別度（XPD）や及び偏波分離器（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、更なる検討が必要である。

また、可搬型システム（移動局）の平常時における利用については、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である。

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、民間規格として規定される必要がある。

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。

参考資料（略）

- 参考資料 1 「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調査検討」成果報告書
- 参考資料 2 放送システム委員会報告（23GHz 帯無線伝送システムの技術的条件）（平成 24 年 6 月）（抜粋）
- 参考資料 3 23GHz 帯電波天文観測局及び分子輝線について
- 参考資料 4 偏波多重による伝送距離等の検討
- 参考資料 5 JCTEA STD-023-2.0（抜粋）（（一社）日本 CATV 技術協会）