

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放送等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。

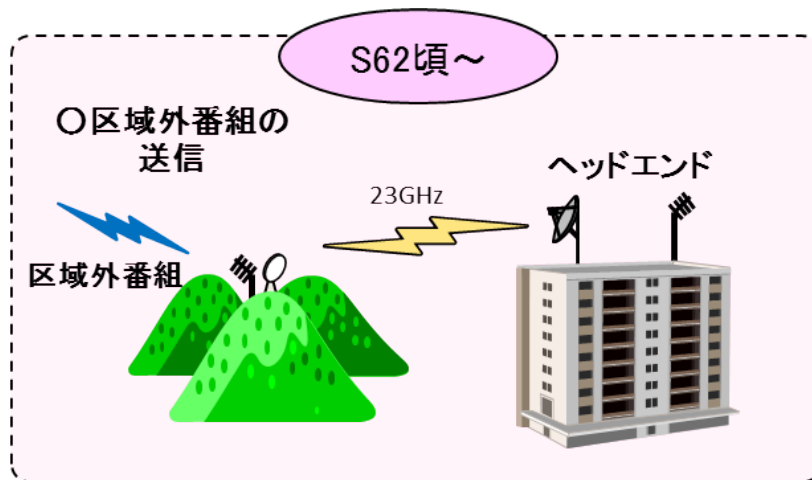


図1 ヘッドエンドへの連絡線

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引込み線や各戸への配線について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。

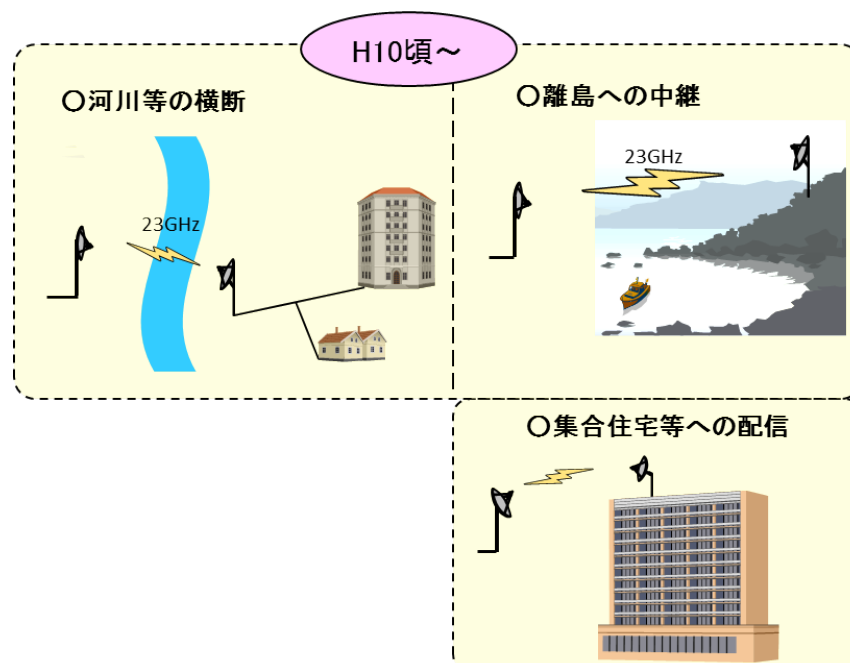


図2 多チャンネル同時伝送

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 方式を用い、直交周波数分割多重変調（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送送するものである。

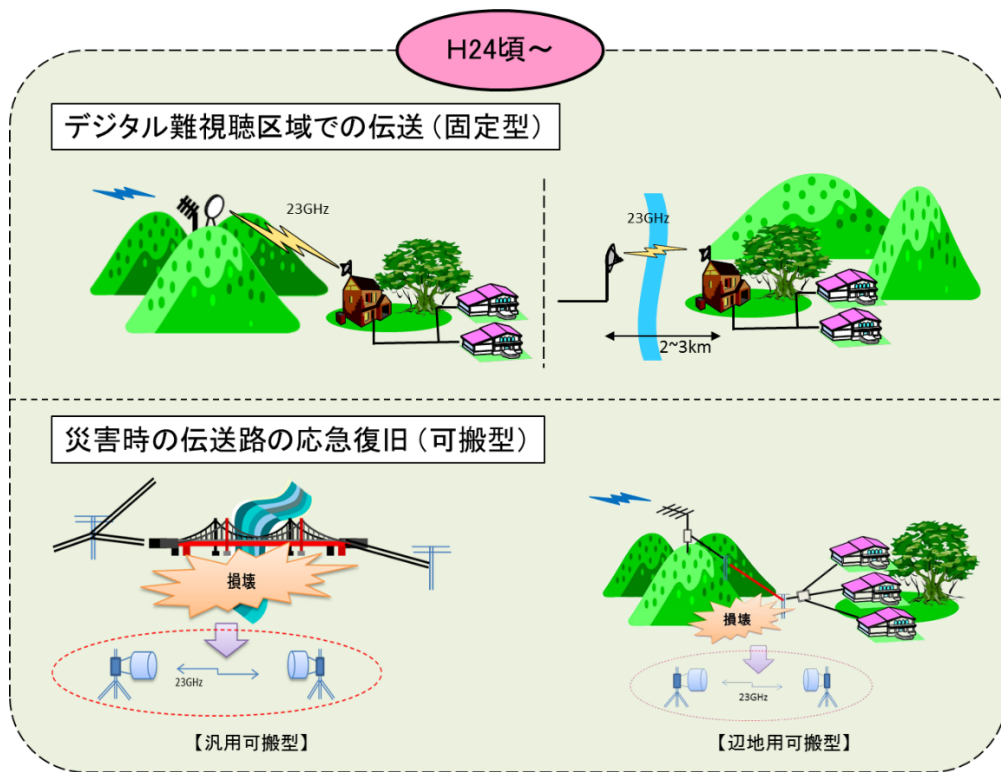


図 3 デジタル難視聴地域の解消や災害時の伝送送路の復旧

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。23GHz 帯無線伝送システムは、400MHz の帯域があるため、18GHz に比べてより多くのチャンネル伝送が可能であり、また、60GHz に比べて長距離での伝送が可能である。

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。

こうした特徴を生かしながら、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た実績がある。

1.3 23GHz 帯無線伝送システムの高度化に関するニーズと技術

(1) 大容量化のニーズ

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。

(2) 双方向化のニーズ

多くのケーブルテレビ事業者は、ケーブルテレビ番組の伝送に利用するケーブルを用いてインターネットサービスを提供しており、主要な事業となっていることから、23GHz 帯無線伝送システムを用いて通信サービスの信号も伝送したいという強いニーズがある。更に、昨今の大規模災害時等の非常時において、ケーブルテレビ伝送路を利用した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、切断された伝送路の応急復旧のためにも 23GHz 帯無線伝送システムで通信トラヒックを伝送する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。

(3) 高度化のために期待される技術

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。

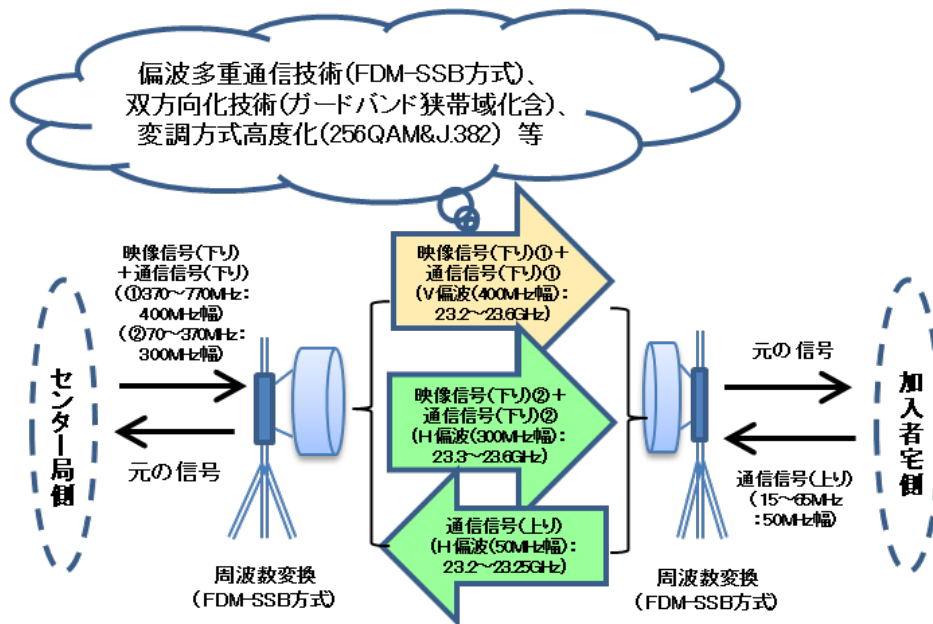


図4 高度化の実現イメージ

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元の信号の変調方式（ベースバンドチャンネル）に応じた性能が必要であり、これ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が得られた。ケーブルテレビ事業者は多チャンネル伝送を行う場合、OFDM、64QAM、256QAM など多様な変調方式を多重して伝送することが考えられるが、デジタル有線テレビジョン放送方式で規定される全てのベースバンドチャンネルを伝送することを想定すると ITU-T 勧告 J.382（4096QAM 符号化率 5/6）を想定した最も高い 48dB 以上とする必要がある。しかしながら、現実的には実際にケーブルテレビ事業者が伝送するベースバンドチャンネルに応じた性能を確保すれば十分であり、メーカーの機器製作の自由度を高める観点から、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 方式を用いる場合、各ベースバンドチャンネルの伝送方式ごとの伝送信号数や所要の搬送波対雑音比（C/N）などから、基準値を算出し、その基準値以下となる時間率を 5×10^{-4} 以下であるよう規定している。

変調方式に FDM-SSB 方式を用いて、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のベースバンドチャンネルを伝送する場合、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。技術実証において有線伝送路区間及び無線伝送路区間への干渉雑音の配分を検討した結果、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 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適当である。

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	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

なお、ベースバンドチャンネルの伝送方式のまま 23GHz 帯で伝送する場合、現行の OFDM 方式及び 64QAM 変調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として、有線テレビジョン放送を行うにあたり確保されることから、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ないものとする。

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 変調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チャンネル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、現行の混信保護比は、搬送波対干渉雑音比 (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 (既存)	45.0	42.0
64QAM (既存)	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 変調方式と同様、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 5×10^{-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 (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

2.3 双方向化に関する検討

2.3.1 双方向化の実現方策

(1) 23GHz 帯以外の帯域の併用による双方向化の検討

23GHz 帯無線伝送システムはこれまで有線テレビジョン放送の信号の伝送のみに使用されてきたことから、通信に関しては他の周波数を用いて双方向化する方法が考えられるため、有線テレビジョン放送事業者が利用可能な 18GHz 帯で検討した。

放送サービスに 23GHz 帯無線伝送システムを用い、インターネット接続サービスに 18GHz 帯の無線伝送システムを用いることにより、双方向化利用することについては、HFC システムを前提とした場合、ケーブルの中に伝送される通信と放送の信号を分離することが必要となる。通信と放送の信号は事業者によって配列が異なり、また、それぞれがまとめて配列されているわけではないため分離するには高性能なフィルタが複数必要となり、高コストになるため現実的ではない。また、放送の信号との分離の必要がない上り方向だけ 18GHz 帯を利用する場合、送信機は対向で 1 対となるが、アンテナを周波数毎に用意する必要があるため計 2 対のアンテナが必要となる他、18GHz と 23GHz の両方に関して周波数調整が必要となり、コスト増となることから、可能な限り 23GHz 帯のみでシステムを構築出来ることが望ましい。

(2) 23GHz 帯による双方向化の検討

23GHz 帯で使用できる 400MHz の周波数帯域幅の中で、偏波多重を用いず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）する際の双方向化を実現するためには、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は、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が、同一方向間の干渉よりも影響が大きくなることを考慮する必要がある。

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。双方向化の実現にあたっては、周波数配列の工夫や同一帯域内の干渉キャンセリングなどを活用することで技術試験における周波数配列や、機器構成でなくとも、上り方向と下り方向の干渉を抑えることが可能となる。

従って、メーカーの機器製作や事業者の運用の自由度を高める観点から、

周波数配列やガードバンド等については一律に規定しないとするのが適当である。

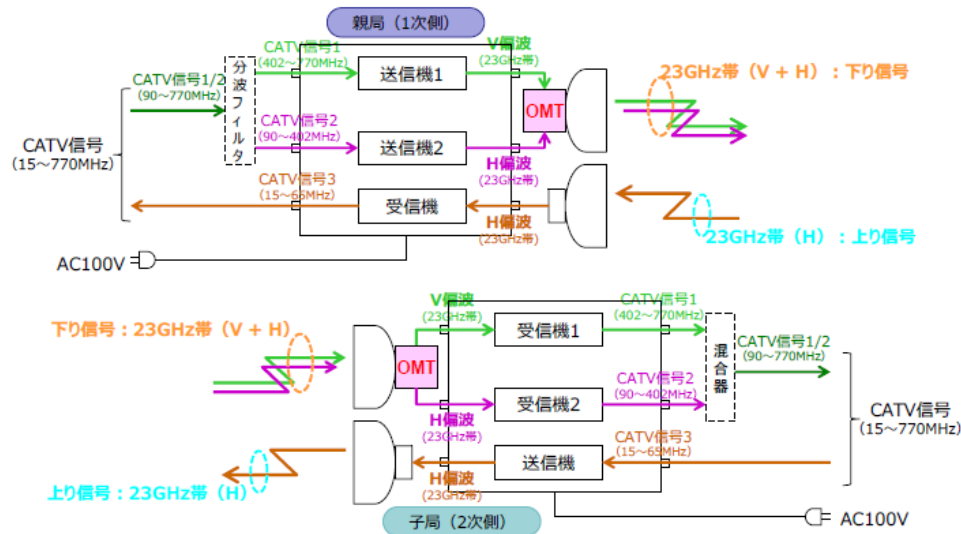


図5 技術実証における機器構成(例)

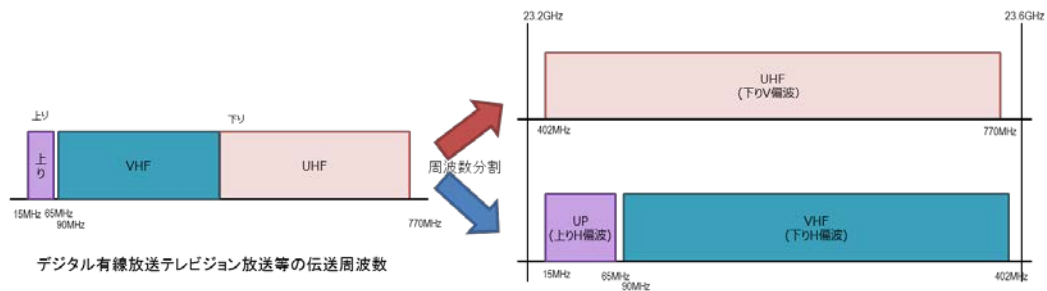


図6 技術実証における周波数配列(例)

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)のベースバンドチャンネルを伝送する場合、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チャンネル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、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。

2.3.3 混信保護

FDM-SSB で DOCSIS 方式のベースバンドチャンネル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ョン放送方式等のベースバンドチャンネル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、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。

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7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7 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8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、また、光ファイバーの利用が増加しているため、無線エントランスシステムは減少傾向にある。

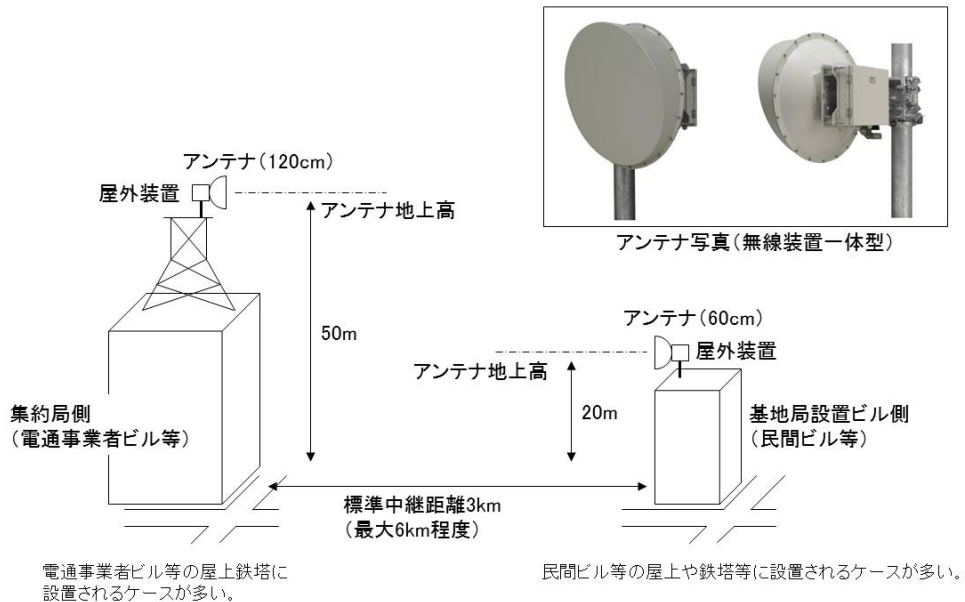


図8 無線エントランスシステムの運用イメージ

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9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。

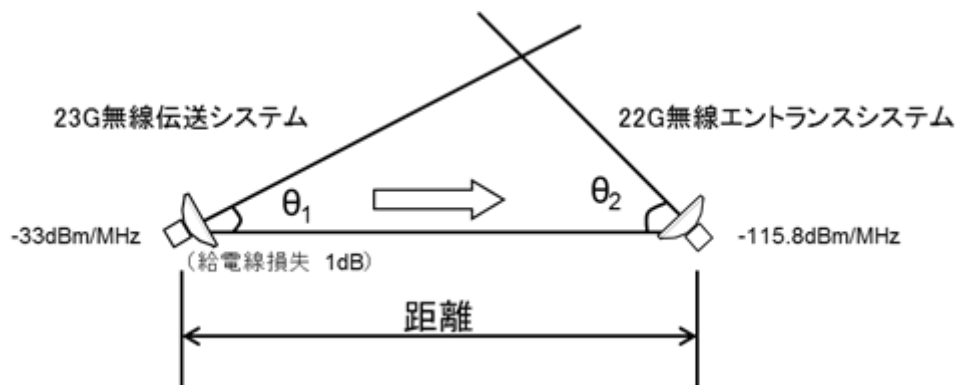


図9 23GHz 帯無線伝送システムから 22GHz 帯無線エントランスシステムへの干渉

ここで、 $G_{23G}(\theta)$ は、23GHz 帯無線伝送システムの角度 θ 方向の送信アンテナ利得、 $G_{22G}(\theta)$ は、22GHz 帯無線エントランスシステムの角度 θ 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。

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

- (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 10 に示す状況を想定して、干渉検討の定式化を図っている。

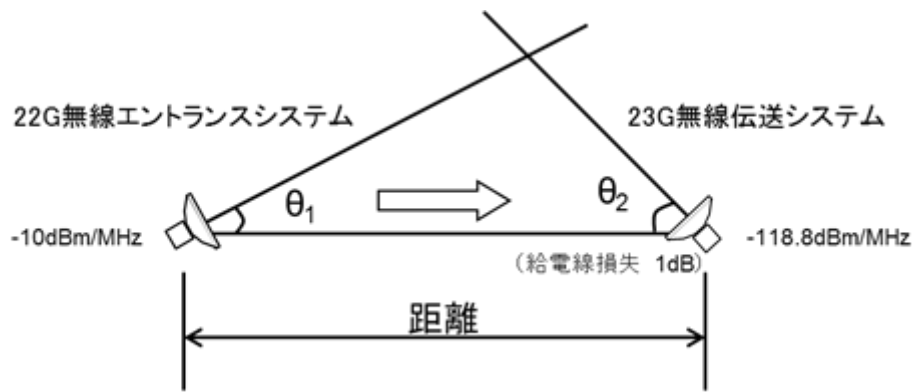


図 10 22GHz 帯無線エントランスシステムから 23GHz 帯無線伝送システムへの干渉

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 θ_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 θ_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。

2.4.2.2 偏波多重を導入した場合における共用条件

2.4.2.1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ア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との間が近距離となる場合においては、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11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11 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 θ 方向の送信アンテナ利得を $G_{23G}(\theta)$ 、電波天文台の受信アンテナ利得 $G_{\text{天文}}(\theta)$ (=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。

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

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に規定する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(1024QAM 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変調(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 回線品質

FDM-SSB 方式の場合、各ベースバンドチャンネルの伝送方式ごとの所要 C/N 及び雑音帯域幅は以下のとおりとすることが適当である。

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	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

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、 5×10^{-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

3.1.5 電波防護指針への適合

電波法施行規則第 21 条の 3 では、電波のエネルギー量と生体への作用との関係が定量的に明らかにされており、これに基づき、システムの運用形態に応じて、電波防護指針に適合するようシステム諸元の設定に配慮する必要がある。

従来どおり、正対した状態で送信アンテナと離隔距離を 15.9m 以上とれば、電波防護指針を満たすことができる。必要な離隔距離をとれない場合は送信アンテナの指向特性を考慮、若しくは、人が立ち入れないよう防護柵を設けるなどの適切な措置を加えることとする。

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、 3×10^{-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 12 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 13 に示すとおりを送信スペクトルマスクとすることが適当である。

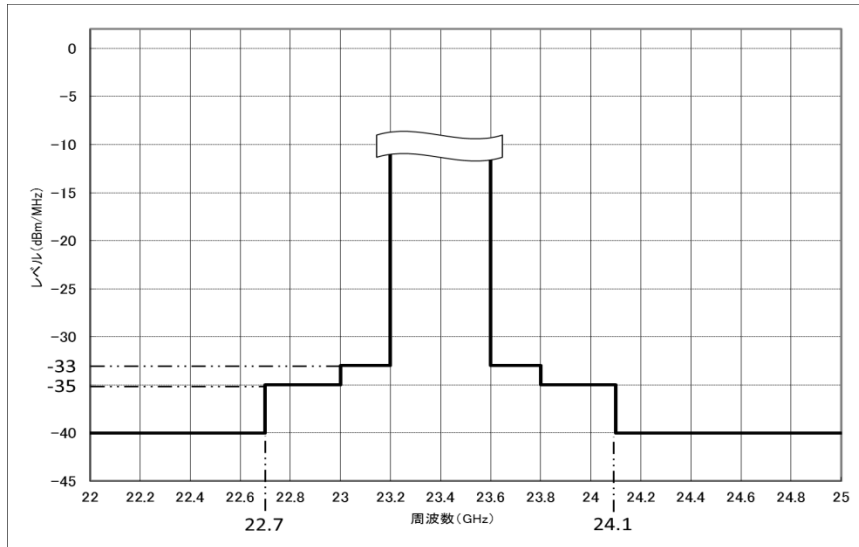


図 12 23GHz 帯無線伝送システム(固定局及び辺地用可搬型)の送信スペクトルマスク(絶対値)

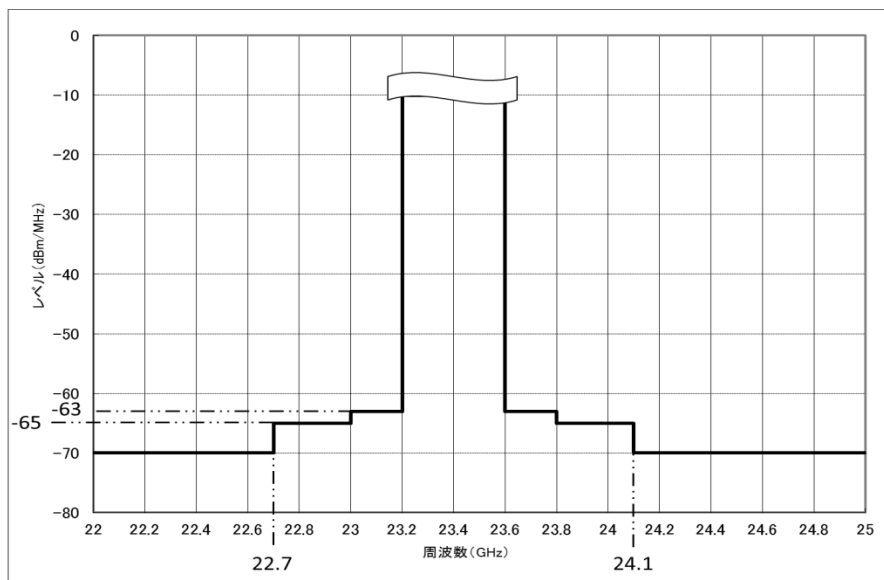


図 13 23GHz 帯無線伝送システム(汎用可搬型)の送信スペクトルマスク(絶対値)

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 1MHz)、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、 4nW 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のが適当である。

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を進める必要があると考えられる。

参考資料

- 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 23GHz 帯電波天文観測局及び分子輝線の状況について
- 参考資料 3 偏波多重による伝送距離等の検討
- 参考資料 4 JCTEA STD-023-2.0 (抜粋) ((一社) 日本 CATV 技術協会)
- 参考資料 5 23GHz 帯無線伝送システム関係法令 (抜粋)

周波数ひっ迫対策のための技術試験事務

「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」

平成 29 年度 成果報告書

平成 30 年 3 月

目次

1. 調査検討の目的.....	1
2. 調査検討の概要.....	3
2.1. 調査検討項目.....	3
2.2. 実施体制.....	6
2.3. 調査検討スケジュール.....	7
3. 調査検討実施内容.....	9
3.1. 偏波多重技術の検討.....	9
3.1.1. XPD 及び偏波分離度の所要性能.....	9
3.1.2. 交差偏波識別度 (XPD) に関するフィールド試験.....	13
3.2. 双方向化技術の検討.....	14
3.2.1. 双方向化の実現.....	14
3.2.2. フィールドにおける双方向試験.....	16
3.2.3. 双方向化技術における課題と対策.....	16
3.3. 変調方式高度化技術の検討.....	18
3.3.1. [C/N]0、及び C/I の検討.....	18
3.3.2. [C/N]0、及び C/I.....	33
3.3.3. デジタルケーブルテレビ信号の品質測定に関するフィールド試験.....	33
3.4. 小型・軽量化の検討.....	35
3.4.1. 目的.....	35
3.4.2. 測定用筐体.....	35
3.4.3. 小型化.....	38
3.4.4. 軽量化.....	43
4. フィールド試験.....	45
4.1. フィールド試験の概要.....	45
4.1.1. 目的.....	45
4.1.2. 試験期間.....	46
4.1.3. 試験回線の概要.....	47
4.1.4. 試験装置の主要概要.....	49

4.2.	技術試験の条件.....	52
4.2.1.	23GHz 無線装置の設定.....	52
4.3.	技術試験評価.....	53
4.3.1.	目的.....	53
4.3.2.	測定項目.....	53
4.3.3.	測定方法.....	55
4.3.4.	信号周波数配列.....	56
4.3.5.	測定系統図.....	58
4.3.6.	回線設計.....	58
4.3.7.	干渉検討.....	62
4.3.8.	測定結果.....	65
4.4.	偏波多重伝送試験.....	77
4.4.1.	目的.....	77
4.4.2.	測定系統図.....	77
4.4.3.	試験方法.....	78
4.4.4.	伝送信号条件.....	79
4.4.5.	測定結果.....	80
4.5.	アンテナ間回り込みによる影響.....	84
4.5.1.	目的.....	84
4.5.2.	測定系統図.....	84
4.5.3.	試験方法.....	85
4.5.4.	伝送信号条件.....	86
4.5.5.	測定結果.....	88
4.6.	スループット試験.....	91
4.6.1.	目的.....	91
4.6.2.	測定系統図.....	91
4.6.3.	試験方法.....	92
4.6.4.	双方向化技術、及び偏波多重技術の検討の測定結果.....	94
4.7.	映像（地デジ）伝送試験.....	99
4.7.1.	目的.....	99
4.7.2.	測定系統図.....	99
4.7.3.	伝送信号条件.....	100
4.7.4.	映像（地デジ）伝送試験測定結果.....	101
4.8.	アンテナ・偏波分離器調整.....	102

4.8.1.	目的.....	102
4.8.2.	アンテナ方向調整.....	102
4.8.3.	OMT 調整.....	106
4.8.4.	まとめ.....	118
4.9.	レベルインジケータの製作.....	119
4.9.1.	目的.....	119
4.9.2.	レベルインジケータの製作.....	119
4.9.3.	調整結果.....	122
4.10.	フィルタ製作.....	124
4.10.1.	上り/下り分波フィルタ.....	124
4.10.2.	UHF/VHF 分波フィルタ.....	127
5.	調査検討の成果と課題.....	131
5.1.	調査検討の成果.....	131
5.2.	今後の課題.....	133
6.	資料編.....	135
6.1.	用語・略語.....	135
6.2.	測定機材.....	137
6.3.	参考文献.....	138

1. 調査検討の目的

現在、23GHz帯無線伝送システムは、ケーブルテレビ伝送路（同軸、又は光ケーブル）の二重化や不具合時の臨時回線等として、ケーブルテレビ独自方式であるケーブルテレビ信号の周波数配列をそのまま23GHz帯の電波に変換するFDM-SSB方式により、上り又は下り片方向の放送用途（素材伝送を含む）に利用されている。

一方で、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あり、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帯で使用できる周波数帯域幅は400MHzしかなく、またインターネット接続サービスを提供できる双方向機能もないため、全サービスを提供することができない現状がある。

加えて、現在23GHz帯で伝送可能な放送信号の変調方式としては、地上デジタルテレビ放送の標準デジタルテレビジョン放送方式（OFDM）とデジタル有線テレビジョン放送方式のうち64QAM信号のみとなっており、現行のハイビジョン（2K）を超える超高精細な画質を可能にする4K・8K放送の伝送を可能にするには、デジタル有線テレビジョン放送方式の256QAMや周波数利用効率を向上できる高度な変調方式（ITU-T勧告J.382に準拠した方式）に対応することが不可欠であり、ケーブルテレビサービスとして期待されている全てのサービスを伝送可能な無線伝送システムの実現が望まれている。

以上のように、現在の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、平成28年度の「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」（以下「平成28年度調査検討」）では、FDM-SSB方式による23GHz帯無線伝送システムにおいて、現状の帯域内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に、垂直偏波と水平偏波を偏波多重によって同時に用いることで周波数利用効率を2倍にし、システムの双方化を図り、現行の変調方式と比較して伝送速度換算で周波数利用効率を約70%向上させる高度な変調方式を導入するための技術的条件を取得することを目的として、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、変調方式高度化技術、及び小型・軽量化について下記技術的課題の検討を行い、システムの試作を実施した。

- (ア) 垂直偏波と水平偏波を多重することによって周波数利用効率を2倍にして約800MHz相当の帯域を確保可能とする偏波多重技術
- (イ) 周波数帯の一部を上り回線に用いることによって双方化を実現する双方向化技術

- (ウ) 256QAM や ITU-T 勧告 J.382 に準拠した高度な変調方式等に対応可能な変調方式高度化技術
- (エ) 臨時回線として設営する場合や無線装置の設置のしやすさを実現するための小型・軽量化の検討

本調査検討では、平成 28 年度調査検討における課題を整理し、必要に応じて試作した 23GHz 帯無線伝送システムの対策・改善を行い、実フィールドを用いた屋外環境（雨、雪等悪条件の場合も含む。）を実施して、23GHz 帯無線伝送システムの技術的条件の明確化を行う。

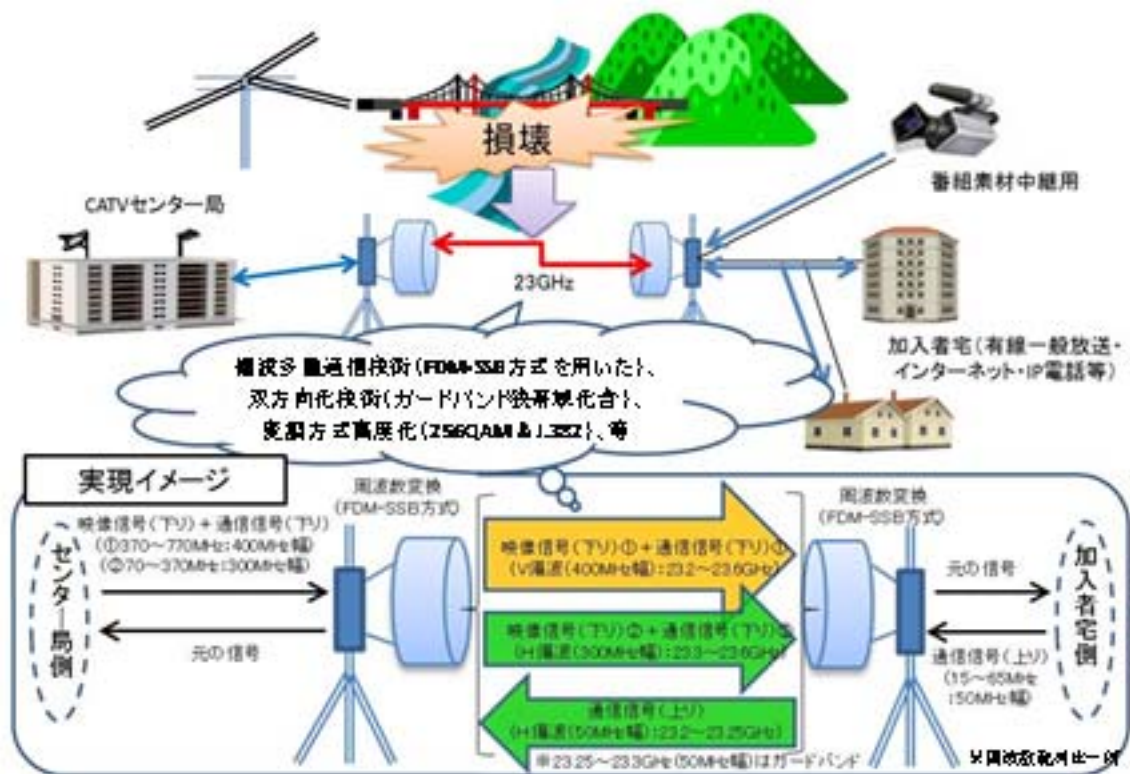


図 1-1 23GHz 帯無線伝送システムの双方向化等の実現イメージ

2. 調査検討の概要

2.1. 調査検討項目

現在、ケーブルテレビの有線伝送路（同軸又は光ファイバー）の二重化や臨時回線等で使用されているケーブルテレビの独自方式である FDM-SSB 方式を利用した 23GHz 帯無線伝送システムでは、使用できる周波数帯域幅が 400MHz しかなく、また双方向利用ができず、伝送可能なデジタルテレビ信号の変調方式も OFDM と 64QAM に限定されていることもあり、ケーブルテレビ事業者が提供する全てのサービスを伝送することができない。

昨今、23GHz 帯無線伝送システムにおいては、ケーブルテレビ事業者からインターネット事業に対応するための双方向化の要望が高まっており、また、平成 27 年 3 月にケーブルテレビで 4K・8K 放送を可能とする省令改正を実施し、ITU-T 勧告 J.382 に準拠した周波数利用効率を向上できる高度な変調方式等を導入したため、既存の 256QAM とあわせてこれらへの対応が要望され、ケーブルテレビ事業者の全サービスを伝送可能なシステムの実現が望まれている。

このようなシステムの実現に加え、無線装置の固定設置や臨時回線としての設営を考慮し、導入を容易にするための手法（小型・軽量化）の検討も必要である。

これらを勘案し、平成 28 年度の「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」（以下「平成 28 年度調査検討」）では、以下の項目について検討を行い、試験装置の試作、並びに技術試験（室内）を行った。

(1) 偏波多重技術の検討

23GHz 帯で一般的に利用されている FDM-SSB 方式において、垂直偏波と水平偏波を偏波多重によって同時に用いることで周波数利用効率 2 倍（800MHz 幅相当）を実現するための垂直・水平偏波分離度等に関する技術的条件を検討する。

(2) 双方向化技術の検討

23GHz 帯で一般的に利用されている FDM-SSB 方式において、23GHz 帯無線伝送システムを利用する際に、周波数帯の一部を上り回線（約 50MHz 帯幅）に用いることによって双方向化を実現するためのガードバンドの帯幅等に関する技術的条件を検討する。

(3) 変調方式高度化技術の検討

23GHz 帯で一般的に利用されている FDM-SSB 方式において、ITU-T 勧告 J.382 に準拠した高度な変調方式や、既存の 256QAM 方式、通信用変調方式 (DOCSIS 方式) 等を導入するための所要 C/N 比等に関する技術的条件を検討する。

(4) 小型・軽量化の検討

災害等による同軸・光ファイバ回線の断線時の早期復旧や、電線類地中化工事区間における臨時回線の設営の対応が可能となるよう、小型・軽量化を検討する。

本調査検討では、平成 28 年度調査検討における課題を整理し、試作した 23GHz 帯無線伝送システムを用いた屋外環境 (雨、雪等悪条件の場合も含む。) を通じて、以下の課題に取り組み、23GHz 帯無線伝送システムの技術的条件の明確化を行う。

(1) 偏波多重技術の検討

平成 28 年度調査検討における室内試験結果を踏まえ、FDM-SSB 方式において偏波多重伝送を行う際に必要となる偏波分離器 (OMI) の偏波間結合量及び降雨による劣化を考慮した交差偏波識別度 (XPD) に関する基準値 (所要値) を策定し、フィールド試験を通じて基準値の妥当性を確認する。

また、偏波多重方式を導入するにあたってのその他の条件 (隣接帯域等を使用する他の無線システムへの干渉等) についても検討を行う。

(2) 双方向化技術の検討

平成 28 年度調査検討で実現した FDM-SSB 方式における双方向化技術に関する有用性について、フィールド試験を通じて確認を行う。また、アンテナの設置及び適切な離隔についての検討を行い、試験過程で抽出された課題については対策・改善を図る。

(3) 変調方式高度化技術の検討

平成 28 年度調査検討における室内試験結果を踏まえ、FDM-SSB 方式において既存の 256QAM 方式、ITU-T 勧告 J.382 に準拠した高度な変調方式等を伝送する際に必要となる所要 C/N 比及び CI 値を (1) で検討する XPD を考慮して基準値を策定し、フィールド試験等を通じて基準値の妥当性を確認する。23GHz 帯は降雨の影響を受けやすい周波数帯であることを考慮し、各変調方式と降雨減衰との関係についても調査を行う。

また、本変調方式を導入するにあたってのその他の条件 (隣接帯域等を使用する他の

無線システムへの干渉等) についても検討を行う。

(4) 小型・軽量化の検討

平成 28 年度調査検討において実現した小型・軽量化の結果を踏まえ、実フィールドにおける 23GHz 帯無線伝送システムの簡便な導入・設置を実現させる手法(小型化等) について検討する。

2.2. 実施体制

本研究開発の実施体制を図 2-1 に示す。

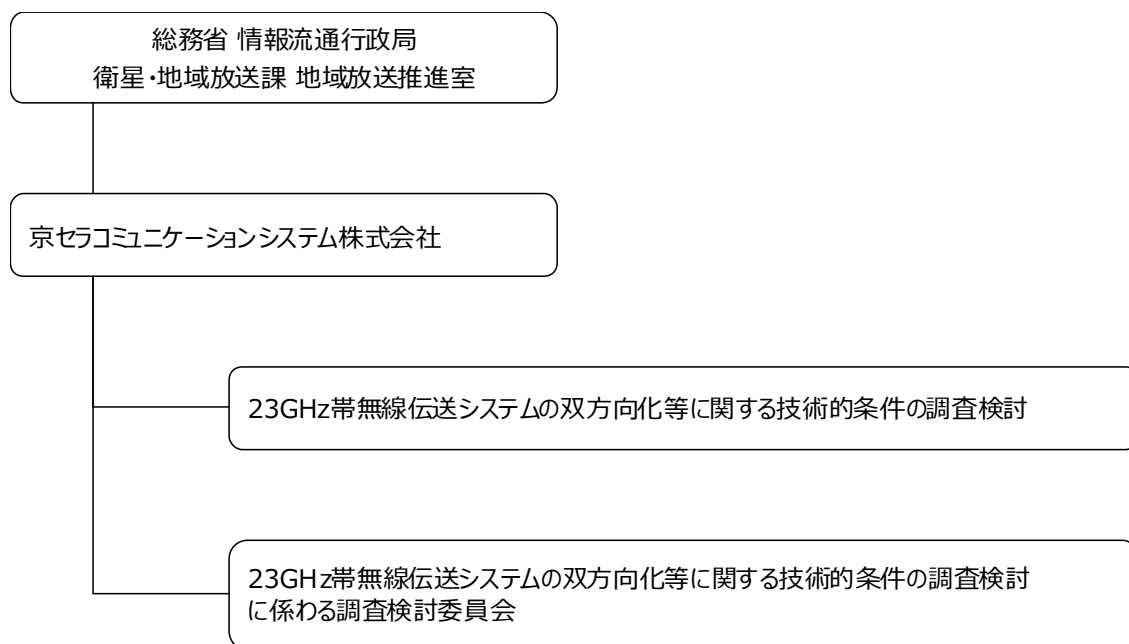


図 2-1 実施体制

また、関連する要素技術間の調整、並びに成果の取りまとめ方等、調査検討全体の方針について幅広い観点から助言を頂くとともに、実際の調査検討の進め方について適宜指導を頂くことを目的として、「23GHz 帯無線伝送システムの双方向化等に関する技術的條件の調査検討に係わる検討委員会」（以下、調査検討委員会）を設置し、計 3 回委員会を開催した。第 1 回調査検討委員会（平成 29 年 9 月 15 日）では本調査検討の概要説明と意見交換、第 2 回調査検討委員会（平成 29 年 12 月 22 日）ではフィールド試験に関する中間報告及び課題整理、第 3 回調査検討委員会（平成 30 年 3 月 26 日）では本調査検討の結果報告及び課題整理と、今後に向けた意見交換等を行った（詳細については参考資料を参照のこと）。

調査検討委員会とは別に、23GHz 帯実験局の現地見学会を実施（平成 30 年 3 月 2 日）し、フィールド試験における測定系や受信映像などを確認して頂き、課題整理を実施した。

2.3. 調査検討スケジュール

	2017年					2018年		
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
調査検討								
偏波多重技術の検討				机上検討			結果まとめ・データ整理	
双方化技術の検討				机上検討			結果まとめ・データ整理	
変調方式高度化技術の検討				机上検討			結果まとめ データ整理	
小型・軽量化の検討		机上検討					結果まとめ・データ整理	
技術試験・フィールド試験								
機材・部材調達、及び試作		設計・部材調達・試作						
技術試験						調整機構など		
フィールド試験		フィールド選定	実験局免許申請	★予備免許 (11/1)	★免許(12/11)	フィールド試験 (~3/20)		撤去工事
調査検討委員会								
検討委員会開催		★第1回 (9月15日)			★第2回 (12月22日)	現地見学会 (3月2日)	★第3回 (3月26日)	
報告書等								
資料作成		資料作成			資料作成	資料 報告書作成		

3. 調査検討実施内容

3.1. 偏波多重技術の検討

「偏波多重技術の検討」の目的は、平成 28 年度の「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」（以下「平成 28 年度調査検討」）における室内試験結果を踏まえ、23GHz 帯無線伝送システムで一般的に利用されているケーブルテレビの独自方式である FDM-SSB 方式において偏波多重伝送を行う際に必要となる偏波分離器 (OMT) の偏波間結合量及び降雨による劣化を考慮した交差偏波識別度 (XPD) に関する基準値 (所要値) を策定し、フィールド試験を通じて基準値の妥当性を確認することにある。

また、偏波多重方式を導入するにあたってのその他の条件 (隣接帯域等を使用する他の無線システムへの干渉等) についても検討を行う。

本調査検討では、デジタルケーブルテレビ信号 (OFDM、64QAM と 256QAM、J.382、及び DOCSIS) に影響を与えない交差偏波識別度 (XPD : Cross Polarization Discrimination)、及び直交二偏波を分離する導波管回路である偏波分離器 (OMT : OrthoMode Transducer) のアイソレーション (偏波分離度) について、机上検討により技術基準を策定し、フィールド試験を通じてその整合性について確認する。

3.1.1. XPD 及び偏波分離度の所要性能

平成 28 年度調査検討では、偏波多重により、標準デジタルテレビジョン放送方式 (OFDM)、既存のデジタル有線テレビジョン放送方式 (64QAM と 256QAM)、新規デジタル有線テレビジョン放送方式 (J.382)、及びケーブルインターネット (DOCSIS) の信号を伝送する場合、異なる偏波間の変調信号はそれぞれ雑音 (妨害波) 信号になると考え、有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令」で規定されている「搬送波のレベルと雑音のレベルとの比」を参照し (表 3-1 参照)、OMT の偏波間結合量の目標値を 40dB 以上 (新規デジタル有線テレビジョン放送方式 (J.382) のうち、4096QAM (符号化率 : 5/6) の変調方式で規定されている 40dB 以上が必要)、パラボラアンテナの XPD 性能の目標値を 33dB 以上 (一般的な 23GHz 帯パラボラアンテナの XPD 性能が 30dB 程度であり、現行のパラボラアンテナでもほぼ同等であることから実現的な値とした) に設定し、それぞれ試作を行った。

表 3-1 有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令（C/N 比、及び妨害波）

項目	<新規> デジタル有線テレビジョン放送方式 (J.382)				<既存> デジタル有線テレビジョン放送方式		<既存> 標準デジタルテレビジョン放送方式	
	256QAM (OFDM)	1024QAM (OFDM)	4096QAM 符号化率 4/5 (OFDM)	4096QAM 符号化率 5/6 (OFDM)	64QAM	256QAM	OFDM	
雑音レベルとの差（所要 C/N 比）	26dB 以上	33dB 以上	37dB 以上	40dB 以上	26dB 以上	34dB 以上	24dB 以上	
妨害波とのレベル差	単一周波数	-33dB 以下	-39dB 以下	-39dB 以下	-40dB 以下	-26dB 以下	-34dB 以下	-35dB 以下
	多 CH 妨害	-26dB 以下	-33dB 以下	-37dB 以下	-40dB 以下	CTB- 39dB 以下	CTB- 45dB 以下	CTB- 45dB 以下

なお、規定のうち「搬送波のレベルと妨害波のレベルとの差」については、偏波多重する信号自体が、23GHz 帯無線伝送システムへの入力時点で「有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令」で規定される性能を十分満足していることと、23GHz 帯無線伝送システム上でもその性能に十分考慮していることから、単一周波数や CTB などの妨害波の影響はほぼないと考えられることから考慮しないこととした。

試作した 0.3m 径パラボラアンテナと OMT を図 3-1 と図 3-2 に示す。

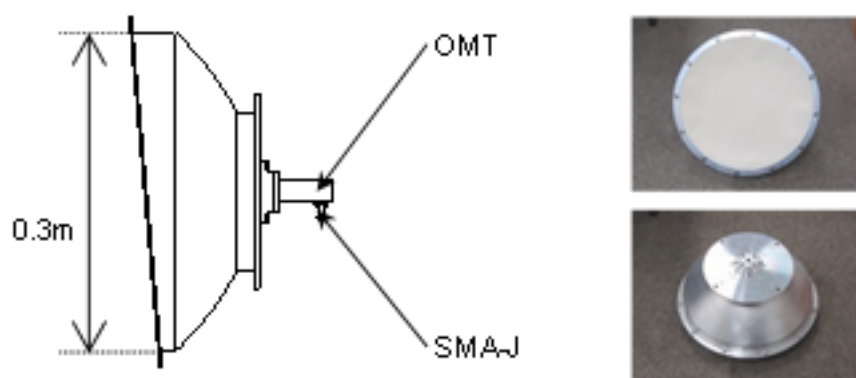


図 3-1 0.3m 径パラボラアンテナ

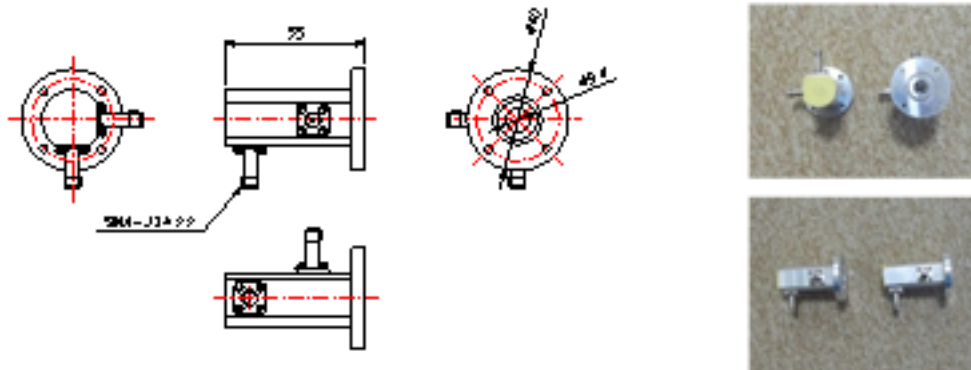


図 3-2 偏波分離器 (OMT)

試作した 0.3m 径パラボラアンテナと OMT の性能 (XPD と偏波間結合量) を表 3-2 に示す。0.3m 径パラボラアンテナの XPD については 33.3dB 以上を、OMT の偏波間結合量については、同一 OMT の偏波間 (V1-H1、及び V2-V3) で 51dB 以上、また、異なる 2 つの OMT を直結したときの偏波間 (V1-Hz、及び V2-H1) でも 49dB 以上を実現した。

表 3-2 XPD、及び偏波間結合量の実性能

	XPD [dB]		偏波間結合量 [dB]			
	垂直(Tx H)	水平(Tx V)	V1-H1	V2-H2	V1-H2	V2-H1
目標値	33dB 以上		-40dB 以下			
実測値	レドーム有		-56.08	-51.44	-49.74	-50.54
	33.3	34.2				
	レドームなし					
	40.4	44.8				

また、試作した OMT を用いた偏波多重によるケーブルテレビ信号 (OFDM、64QAM と 256QAM、J.382、及び DOCSIS) の室内伝送試験では、信号品質に影響することなく伝送できることを確認しており、垂直偏波を水平偏波の D/U 比を変化させることにより擬似的に XPD を劣化させたときの室内試験結果でも、無線区間の C/N 比が十分確保できている状態では、有線一般放送で規定されている所要 C/N 比程度の D/U 比 (XPD) が必要となることがわかった (表 3-3 参照)。

表 3-3 無線区間の C/N 比が確保されているときの最小 D/U 比(XPD)

項目	<新規> デジタル有線テレビジョン放送方式 (J.382)				<既存> デジタル有線テレビジョン放送方式		<既存> 標準デジタルテレビジョン放送方式
	256QAM (OFDM)	1024QAM (OFDM)	4096QAM 符号化率 4/5 (OFDM)	4096QAM 符号化率 5/6 (OFDM)	64QAM	256QAM	OFDM
雑音レベルとの差 (所要 C/N 比)	26dB 以上	33dB 以上	37dB 以上	40dB 以上	26dB 以上	34dB 以上	24dB 以上
D/U 比 [dB] (XPD)	26.4	33.1	37.5	-	25.4	32.2	-

※ 無線区間の C/N 比 : 38dB (レベル差伝送無し)

※ J.382 の信号のうち 4096QAM 符号化率 5/6 については、無線区間の C/N 比が所要 C/N 比にみたく計測できていない。

※ OFDM の試験は未実施。

実際の偏波多重による無線伝送においては、無線区間における降雨減衰等による CN 比の劣化量と XPDの劣化量を考慮した回線品質(無線区間における伝送性能)が必要になる。XPD の所要性能を検討するに当たり、降雨減衰等による XPD の劣化量がどの程度かを把握する必要があるため、本調査検討では、降雨量と無線区間の CN 比の関係に加え、実フィールドにおける XPD の劣化量や特性を評価する。

3.1.2. 交差偏波識別度 (XPD) に関するフィールド試験

本調検討では、平成 28 年度調査検討で試作した双方向機能 (90MHz~770MHz の下りケーブルテレビ信号及び 15MHz~65MHz の上りケーブルテレビ信号を同時に伝送) を有する 23GHz 帯無線伝送システムと 0.3m 径パラボラアンテナ、及び OMT を試験フィールドに設置し、XPD と降雨量、並びにデジタルケーブルテレビ信号 (256QAM など) の信号品質 (搬送波レベル、C/N 比、BER (ビット誤り率)、MER (変調誤差比) 等) を一定期間計測し、無線回線断の時間率 (回線不稼働率) と降雨減衰特性を評価した。

XPD の計測については、垂直偏波を主偏波として送信し、垂直・水平偏波での受信電力結果より、下記の計算式により算出した。

$$XPD[dB] = 10 \log \left(\frac{P_V}{P_H} \right)$$

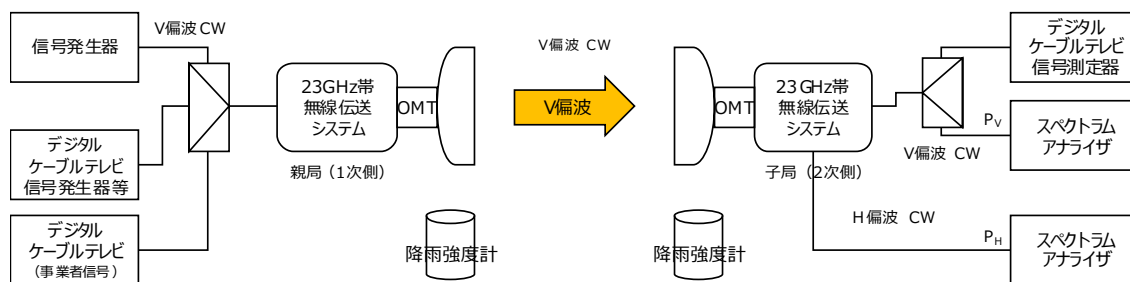


図 3-3 XPD 測定系統図

フィールドへの設置時に偏波面調整を実施した結果、標準状態 (降雨などの影響による劣化が無い状態) での XPD 値は 37.6dB となり、平成 28 年度の調査検討時よりも高い性能を実現し、同性能下においてデジタルテレビ信号 (OFDM、64QAM、256QAM) の偏波多重伝送が問題なく行えることを確認した。フィールド試験期間中、降雨等による XPD の大きな劣化は観測されず、デジタルテレビ信号への影響も無かったことを確認した。詳細については 4 章で述べる。

3.2. 双方向化技術の検討

「双方向化技術の検討」の目的は、平成 28 年度調査検討で実現した、23GHz 帯無線伝送システムで一般的に利用されているケーブルテレビの独自方式である FDM-SSB 方式における双方向化技術に関する有用性について、フィールド試験を通じて確認を行うことである。また、アンテナの設置及び適切な離隔についての検討を行い、試験過程で抽出された課題については対策・改善を図る。

本調査検討では、平成 28 年度調査検討で実現した FDM-SSB 方式における双方向化技術を用いた 23GHz 帯無線伝送システム（パラボラアンテナと偏波分離器（OMT）を含む）を用いてフィールド試験を実施し、その有用性を確認すると共に、実現した双方向技術に関する課題点について検討を行う。

3.2.1. 双方向化の実現

平成 28 年度調査検討では、以下の 2 つの理由からアンテナ共用器は用いず、上り信号と下り信号をそれぞれ別々のアンテナで送受する送受分離型とした。1 つ目は 23GHz 帯の 400MHz 帯域幅を偏波多重で 2 倍の 800MHz 帯域幅を実現した際、ケーブルテレビの上り（15MHz～65MHz）と下り（90MHz～770MHz）で必要となる帯域幅と、隣接する他の帯域（携帯エントランスと電波天文）への影響を考慮したガードバンドの設定より導き出した 50MHz 程度のガードバンドで上り信号と下り信号を分離するには、非常に高性能（急峻）なフィルタが必要になり、フィルタサイズも大きなものになるためである。2 つ目は異なる偏波間において下り信号と上り信号の帯域の一部が同じであり、空中線ポイント（アンテナ接続部）で大きなレベル差が発生し、アンテナの交差偏波識別度（XPD）及び OMT の偏波分離度だけでは、DU 比の確保が非常に困難になるためである。これらの理由から上り信号と下り信号をそれぞれ別々のアンテナで送受する送受分離型として試作を行い、DOCSIS3.0（ケーブルインターネット）の信号の疎通（PING 試験）及びスループットに問題がないことを確認した。

偏波面の適用については、室内試験の結果、「H 偏波（水平偏波）- H 偏波（水平偏波）」配置のときの回り込み量をもっとも小さいため上り回線を H 偏波とした。

図 3-4 にアンテナ配置を垂直方向にしたときの 23.4GHz におけるアンテナ間回り込み量（V 偏波-V 偏波、H 偏波-H 偏波、及び V 偏波-H 偏波間）の比較図を、図 3-5 に平成 28 年度調査検討で試作した双方向機能を有する 23GHz 帯無線伝送システムのイメージ図を示す。

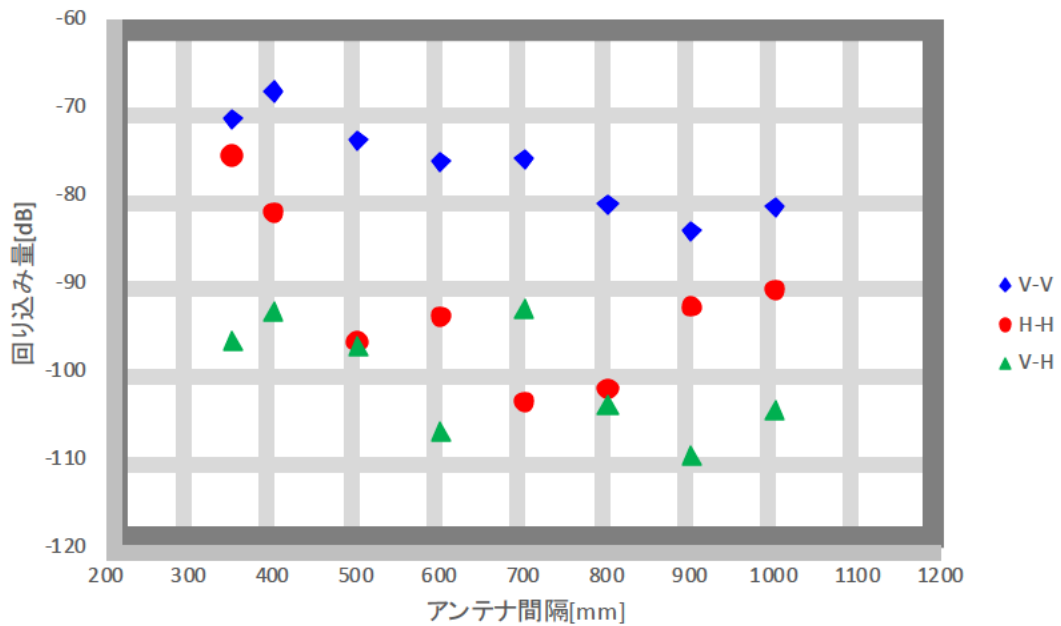


図 3-4 アンテナ間回り込み量(垂直設置)@23.4GHz

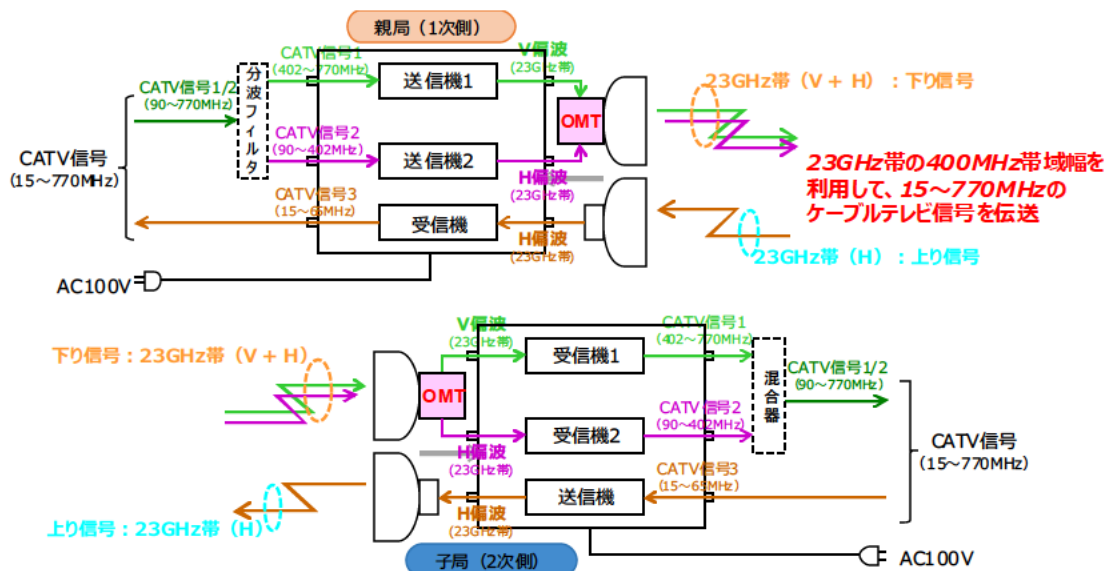


図 3-5 双方向機能を有する 23GHz 帯無線伝送システム

本調査検討では、試作した双方向機能を有する 23GHz 帯無線伝送システムを用いてフィールド試験を実施し、その有用性を確認すると共に、実現した双方向技術に関する課題点について検討を行う。

3.2.2. フィールドにおける双方向試験

平成 28 年度調査検討で試作した双方向機能（90MHz～770MHz の下りケーブルテレビ信号及び 15MHz～65MHz の上りケーブルテレビ信号を同時に伝送）を有する 23GHz 帯無線伝送システムと 0.3m 径パラボラアンテナ、及び OMT を試験フィールドに設置し、DOCSIS3.0（ケーブルインターネット）の信号の疎通（PING 試験）及びスループットを計測した。単一偏波、並びに偏波多重伝送によるデータ通信試験では、有線接続時と同じ性能（スループットと PING）となり劣化無く通信できることを確認した。

表 3-4 DOCSIS3.0 データ通信試験結果

		スループット [Mbps]	PING		
			実施[回]	失敗[回]	失敗率[%]
単一偏波	上り	99.2	600	0	0.0%
	下り	282.0			
偏波多重	上り	97.6	600	0	0.0%
	下り	282.0			
有線接続	上り	98.6	600	0	0.0%
	下り	280.0			

3.2.3. 双方向化技術における課題と対策

本調査検討では、上り信号と下り信号をそれぞれ別々のアンテナで送受する送受分離型とした双方向機能を有する 23GHz 帯無線伝送システム試作を行い、室内試験とフィールド試験を通じて、DOCSIS3.0（ケーブルインターネット）の信号の疎通（PING 試験）及びスループットに問題がないことを確認した。

試作した双方向機能を有する 23GHz 帯無線伝送システムのフィールドへの導入では、設置するアンテナが 4 面となったことから、従来の物より設置・調整に時間を要することとなり、加えて、偏波多重伝送を実現するための偏波面調整を実施しなければならず、既存の無

線システムよりも導入が煩雑になる。これらの課題を解決するため、アンテナの調整機構、並びにアンテナ方向調整の簡便化について検討・試作を行い、改善を図った。詳細については、4.8 アンテナ・偏波分離器調整に記載する。

また、設置スペースの問題から、フィールド試験では、室内試験で検討した垂直設置ではなく水平設置（離隔：700mm）とし、上りパイロット信号（水平偏波）の下り空中線端子への回り込み量（水平偏波と垂直偏波）が、下り水平偏波では88dB、下り垂直偏波では約96dBという状態での試験となったが、問題なく双方向通信ができることがわかった。

3.3. 変調方式高度化技術の検討

「変調方式高度化技術の検討」の目的は、平成 28 年度調査検討における室内試験結果を踏まえ、FDM-SSB 方式において既存の 256 値直交振幅変調方式 (256QAM)、ITU-T 勧告 J.382 に準拠した高度な変調方式等を伝送する際に必要となる所要 C/N 比及び C/I 値を 3.1.1 で検討する XPD を考慮して基準値を策定し、フィールド試験等を通じて基準値の妥当性を確認するとともに、23GHz 帯は降雨の影響を受けやすい周波数帯であることを考慮し、各変調方式と降雨減衰との関係についても調査を行うことである。

また、本変調方式を導入するにあたってのその他の条件（隣接帯域等を使用する他の無線システムへの干渉等）についても検討を行う。

本調査検討では、23GHz 帯無線伝送システムにてデジタルケーブルテレビ信号(256QAM、J.382 など) を伝送するために必要となる技術的条件（送信周波数の許容偏差、通信系の受信端における C/N、混信保護 C/I など）を机上検討し、平成 28 年度調査検討で実現した FDM-SSB 方式における双方向化技術を用いた 23GHz 帯無線伝送システム（パラボラアンテナと偏波分離器 (OMT) を含む）を用いてフィールド試験を通じてその妥当性を評価する。

3.3.1. [C/N]0、及び C/I の検討

平成 28 年度調査検討で実施した[C/N]0、及び C/I の検討について振り返る。

[C/N]0、及び C/I の検討については、平成 10 年度 電気通信技術審議会回答申（諮問 102 号「有線テレビジョン放送事業用無線局の技術的条件」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条件」）で行われた検討手法を踏襲し、有線系及び無線系を含むトータルシステムの所要 C/N 比が、「有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令」で定められた受信者端子における「搬送波のレベルと雑音のレベルとの比」を確保できるよう有線系及び無線系への性能配分 (C/N 比配分) を行い、配分された無線系 C/N 比を無線伝送路で発生する劣化要因（干渉雑音や熱雑音など）へ配分し、熱雑音に配分された C/N 比を無線伝送区間における降雨減衰発生時の最悪値[C/N]0 として決定する。

図 3-6 に本調査検討における性能配分の検討手順を図示する。

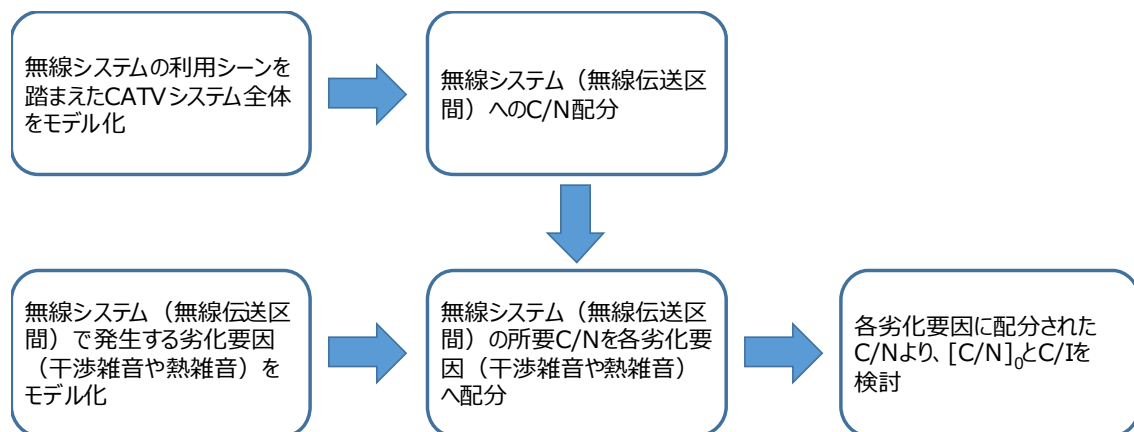


図 3-6 性能配分の検討手順

上記の検討手法と併せて、平成 21 年度 総務省 四国総合通信局 調査検討（有線テレビジョン放送事業用固定局における地上デジタル放送の伝送に関する調査検討報告書）で実施された検討手法も参照することとする。

3.3.1.1. 23GHz 帯無線伝送システムの利用シーン検討

平成 28 年度調査検討では、23GHz 帯無線伝送システムを適用する有線系伝送モデルを HFC (Hybrid Fiber Coax) と FTTH (Fiber To The Home) /FTTB (Fiber To The Building) の 2 つに絞り検討を行った。検討した利用シーンについて以下に示す。

(ア) HFC

23GHz 帯無線伝送システムを HFC へ適用するときの利用シーンとしては、図 3-7 に示すようにサービスエリアの拡張、並びに応急復旧利用が想定される。

サービスエリアの拡張として特に期待されるのは河川横断や無線柱化地域への伝送路としての利用であり、23GHz 帯無線伝送システムの接続先は、同軸伝送路、または棟内伝送路が主となる。本利用シーンでは、HFC と FTTH のカスケード接続は基本的に無いことを想定した。

応急復旧利用としては、HFC 伝送路の光幹線部、又は同軸部（同軸増幅器間）が被災した際に、23GHz 帯無線伝送システムを用いて、ケーブルテレビ信号（下り：90～770MHz、上り：15～65MHz）を伝送し、被災部が復旧するまで伝送路として利用される。ノード間を結ぶことになるため、無線伝送距離は比較的短いことが予想される。

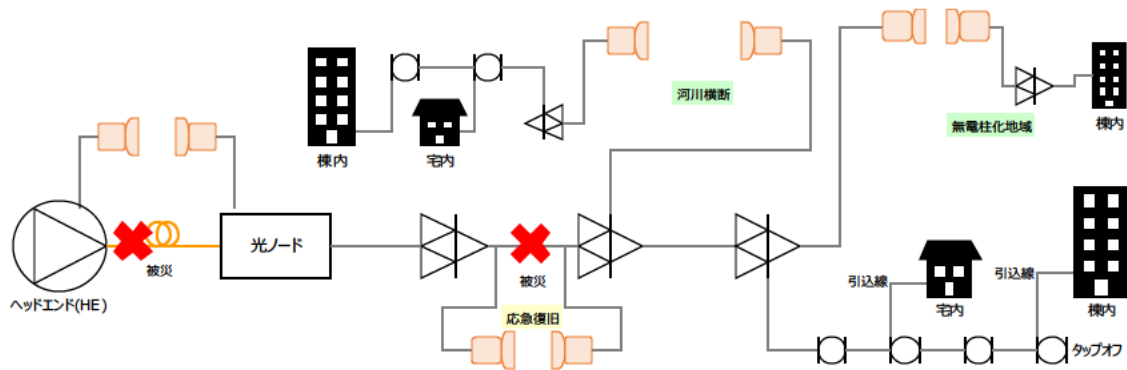


図 3-7 23GHz 帯無線伝送システムの利用シーン (HFC)

(イ) FTTH

23GHz 帯無線伝送システムを FTTH/FTTB へ適用するときの利用シーンとしては、図 3-8 に示すようにサービスエリアの拡張、並びに応急復旧利用が想定される。

HFC への適用のときと異なり、FTTH/FTTB への適用では通信サービスに DOCSIS 方式を使用しない（通信方式は PON 方式を利用）ため、23GHz 帯無線伝送システムで伝送する信号は、下りのケーブルテレビ信号（90MHz～770MHz）のみとなる。

サービスエリアの拡張として期待されるのは河川横断や離島への伝送路（下り信号で映像のみ）としての利用である。ヘッドエンドから 23GHz 帯無線伝送システム適用箇所までは光伝送路（幹線相当）で整備し、無線伝送後の接続先はサブヘッドエンドとなる。通信サービスは、メディアコンバータを介して、別のデータ通信用無線伝送装置（25GHz/60GHz/80GHz など）を使用して伝送する。

応急復旧利用としては、光伝送路が被災した際に、23GHz 帯無線伝送システムを用いて、下りケーブルテレビ信号（映像系のみ）を伝送し、被災部が復旧するまで伝送路として利用される。ノード間を結ぶことになるため、無線伝送距離は比較的短いことが予想されるが、FTTH/FTTB の幹線部は多心となっており、23GHz 帯無線伝送システムを用いて復旧できるのは任意の 1 心のみとなる。

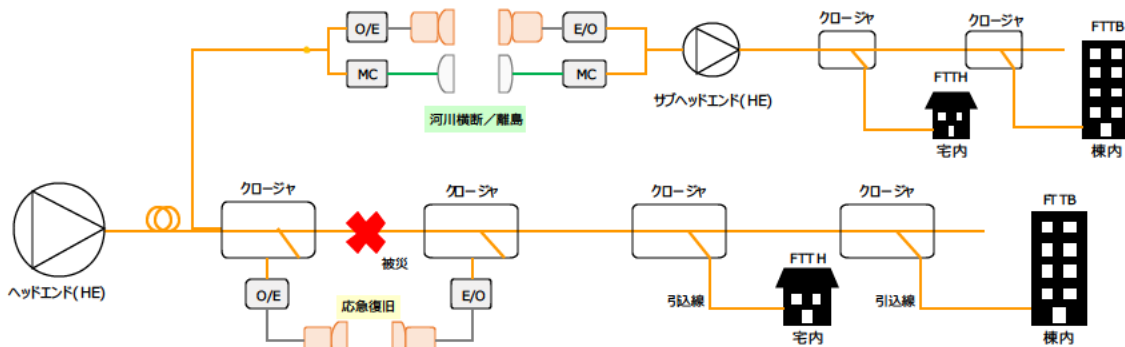


図 3-8 23GHz 帯無線伝送システムの利用シーン (FTTH/FTTB)

3.3.1.2. 性能配分モデルの検討

23GHz 帯無線伝送システムを適用する有線系伝送モデルを HFC と FTTH/FTTB とし、3.3.1.1 で検討した利用シーンを踏まえた性能配分モデルをそれぞれ検討する。

(ア) HFC

23GHz 帯無線伝送システムを河川横断や無電柱化地域への伝送路として想定すると、適用する HFC 伝送路は新設でなく、既設伝送路が主になると考えられるため、ヘッドエンドに加え、HFC 伝送路と無線伝送路の構成となる。

また、接続先に想定される「有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令」で規定される性能規定点 (受信者端子) となる集合住宅については、戸宅伝送路と棟内伝送路のうち最も所要性能が厳しい棟内伝送路を想定すると、性能配分モデルは図 3-9 のような構成になる。

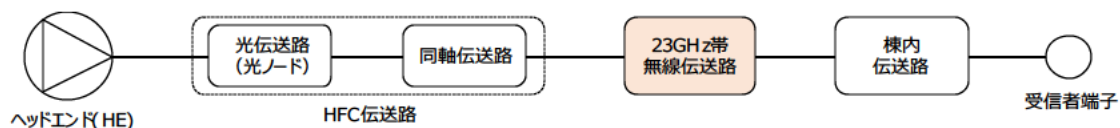


図 3-9 性能配分モデル (HFC)

HFC 伝送路の性能に関する技術基準等は存在しないため、実運用されている平均的な中継段数を有するシステムをモデル化することとし、平成 10 年度 電気通信技術審議会回答申 (諮問 102 号) で検討された「光伝送路 1 リンク+幹線分岐増幅器 4 段+延

長増幅器1段」の性能で検討を行う。

なお、応急復旧時における性能配分モデルについては、無線システムを適用する箇所が地理的要因に左右され一意に決まらないことから、実施設計の段階で考慮することとし、ここでは図3-9の性能配分モデルのみの検討を行なった。

(イ) FTTH/FTTB

23GHz帯無線伝送システムを河川横断や離島への伝送路として想定すると、適用するFTTH/FTTB伝送路は既設伝送路ではなく、新設伝送路への適用が主となる。23GHz帯無線伝送システムの適用箇所まで光伝送路(幹線相当)を敷設し、無線システムの後段にFTTH伝送路が接続される構成となる。

また、接続先に想定される「有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令」で規定される性能規定点(受信者端子)となる集合住宅については、戸宅伝送路と棟内伝送路のうち最も所要性能が厳しい棟内伝送路を想定すると、性能配分モデルは図3-10のような構成になる。

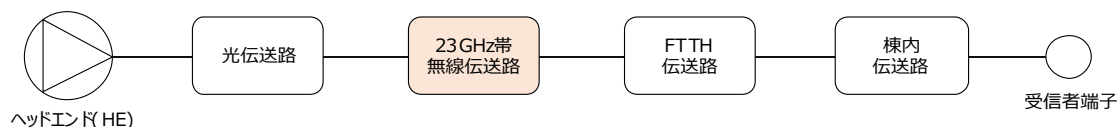


図 3-10 性能配分モデル (FTTH/FTTB)

FTTH伝送路の性能については、一般社団法人日本CATV技術協会標準規格 JCTEA STD-018-3.0を参照して検討を行う。

応急復旧時におけるモデルについては、幹線部に近い比較的光レベルの高い箇所で断線が起きた場合、図3-10の性能配分モデルの適用が考えられる。一方、支線部に近い光レベルの低い箇所で断線が起きた場合には、FTTH伝送路が2段となる構成が想定されるが、その場合、新たに光送信器を設置することになり、光レベルをある程度上げることが可能であるが、無線システムを適用する箇所が地理的要因に左右され一意に決まらないことから、実施設計の段階で考慮することとし、ここでは図3-10の性能配分モデルのみの検討を行うこととする。

3.3.1.3. CATV システム全体での性能配分

3.3.1.2 でモデル化した有線系及び無線系を含むトータルシステムの CATV システム全体で、所要 C/N 比が、「有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令」で定められた受信者端子における「搬送波のレベルと雑音のレベルとの比」を確保できるよう有線系及び無線系への性能配分 (C/N 比) を行った。

(ア) HFC

平成 10 年度 電気通信技術審議会回答申 (諮問 102 号「有線テレビジョン放送事業用無線局の技術的条件」) では、HFC における性能配分 (C/N 配分) を検討するには実運用されている平均的な中継段数を有するシステムをモデルとすればよいとし、図 3-11 のように HFC 伝送モデルを、住宅密集地域 (TO 間隔約 30m) で幹線は 2 段、郊外地域 (TO 間隔約 70m) では幹線 4 段程度でカバーできるため、モデルシステムは幹線系 4 段、EA は 1 段としている。

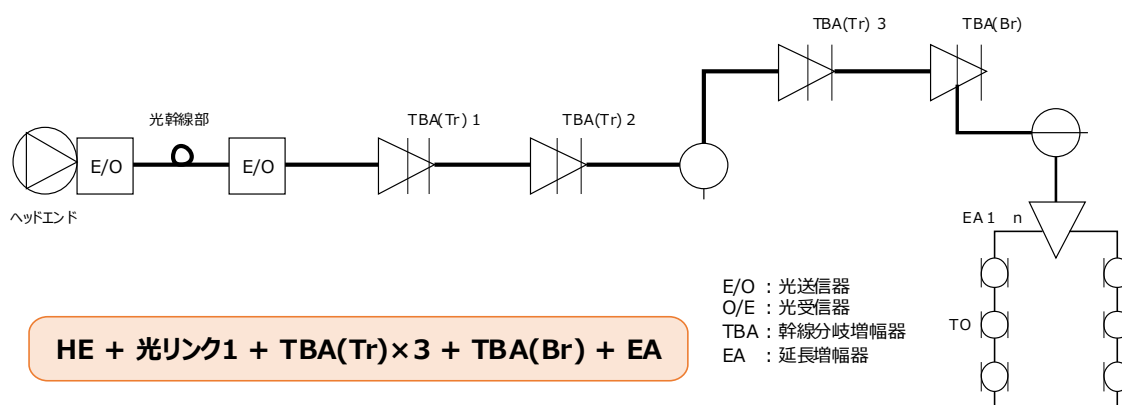


図 3-11 NTSC-VSB-AM 方式における HFC 性能配分モデル

本検討においても、NTSC-VSB-AM 方式における検討性能を基準とし、OFDM と 64QAM における伝送レベルは -10dB、256QAM や J.382 のデジタル信号は 64QAM を基準としたレベル差伝送を適用する。

表 3-5 に NTSC-VSB-AM を基準にした HFC 伝送路における各性能を、伝送レベル差や雑音帯域換算を行い、OFDM や 64QAM/256QAM、ITU-T 勧告 J.382 に準拠した高度な変調方式に関する性能を算出した結果を示す。

表 3-5 HFC 伝送路における性能①

	NTSC- VSB-AM	OFDM	64QAM	256QAM	J.382			
					256QAM	1024QAM	4096QAM 符号化率 4/5	4096QAM 符号化率 5/6
雑音帯域幅 [MHz]	4.00	5.60	5.30	5.30	5.71	5.71	5.71	5.71
帯域換算値 [dB]	0.00	-1.47	-1.23	0.00	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33
レベル差 [dB]	0	-10	-10	+6	+0	+6	+8	+10
光伝送路 C/NR [dB]	51.0	39.5	39.8	45.8	39.5	45.5	47.5	49.5
同軸伝送路 C/NR [dB]	49.9	38.5	38.7	44.7	38.4	44.4	46.4	48.4
TBA(Tr)1	57.0	45.53	45.77	51.77	45.44	51.44	53.44	55.44
TBA(Tr)2	57.0	45.53	45.77	51.77	45.44	51.44	53.44	55.44
TBA(Tr)3	57.0	45.53	45.77	51.77	45.44	51.44	53.44	55.44
TBA(Br)	55.0	43.53	43.77	49.77	43.44	49.44	51.44	53.44
EA	60.0	48.53	48.77	54.77	48.44	54.44	56.44	58.44
総合性能	47.4	36.0	36.2	42.2	35.9	41.9	43.9	45.9

帯域換算値[dB]ならびにレベル差[dB]の項目における数値は、OFDMと64QAMについてはNTSC-VSB-AM、256QAM、J.382については64QAM信号を基準としたときの値となる。

表 3-5 の結果（光伝送路、及び同軸伝送路における性能）を用いて、HFC 伝送路によるモデルにおける有線系及び無線系への性能配分（C/N 比）を行った結果を表 3-6 示す。

表 3-6 CATV システム全体での性能配分（HFC の場合①）

	伝送路	伝送性能（C/N 比）						
		OFDM	64QAM	256QAM	J. 382			
					256QAM	1024QAM	4096QAM 符号化率 4/5	4096QAM 符号化率 5/6
1	ヘッドエンド	27.0	35.0	43.0	35.0	42.0	46.0	49.0
2	HFC (光伝送路)	39.5	39.8	45.8	39.5	45.5	47.5	49.5
3	HFC (同軸伝送路)	38.5	38.7	44.7	38.4	44.4	46.4	48.4
4	無線伝送路 (計算値)	29.10	28.37	37.91	28.42	36.06	42.65	49.35
5	棟内伝送路	33.0	33.0	39.0	33.0	39.0	41.0	43.0
6	受信者端子	24.0	26.0	34.0	26.0	33.0	37.0	40.0
	無線伝送路性能	33.0	29.0	38.0	29.0	37.0	43.0	50.0

項番 1: JCTEA STD-018-3.0 より

項番 5: 有線一般放送（省令）。4096QAM については、JCTEA STD-018-3.0 を参照。

項番 6: 有線一般放送（省令）

表 3-6 では、項番 1～5 までの電力和（総合性能）が、項番 6 の受信者端子性能(C/N 比)以上となるように無線伝送路（項番 4）の性能を決めている。

平成 21 年度 四国総合通信局「有線テレビジョン放送事業用固定局における地上デジタル放送の伝送に関する調査検討会」で実施された既存の OFDM と 64QAM の結果は、それぞれ 27.1dB と 29.0dB となっており、OFDM についてはより高い性能が必要との結果になった。しかし、OFDM の無線伝送路性能を 27.1dB として実導入した固定系で性能不足であるということは現在のところない。

J.382 のうち 4096QAM（符号化率 5/6）については、有線系の伝送路よりも高い性能が必要になる結果となっており、無線装置の性能上、4096QAM については非常に厳

しい結果となった。

また、有線系の伝送路で、256QAM や J.382 などの変調信号は、64QAM に対してレベル差をつけて運用することになっているが、算出された無線伝送路性能は、実際の運用レベル差との整合が取れておらず、ケーブルテレビ信号の性質を変えることなく周波数のみ変換して無線伝送する FDM-SSB 方式の利点が十分に活かされないことになる。

そこで検討した一部の性能を見直し、HFC の性能配分モデルで配分した結果を表 3-7 に示す。

表 3-7 CATV システム全体での性能配分 (HFC の場合②)

	伝送路	伝送性能 (C/N 比)						
		OFDM	64QAM	256QAM	J. 382			
					256QAM	1024QAM	4096QAM 符号化率 4/5	4096QAM 符号化率 5/6
1	ヘッドエンド	31.0	35.0	43.0	35.0	42.0	46.0	49.0
2	HFC (光伝送路)	40.5	40.8	46.8	40.5	46.5	48.5	50.5
3	HFC (同軸伝送路)	38.5	38.7	44.7	38.4	44.4	46.4	48.4
4	無線伝送路 (計算値)	26.10	28.31	35.68	28.4	36.0	42.4	48.6
5	棟内伝送路	33.0	33.0	39.0	33.0	39.0	41.0	43.0
6	受信者端子	24.0	26.0	33.0	26.0	33.0	37.0	40.0
	無線伝送路性能	27.0	29.0	36.0	29.0	36.0	43.0	49.0

項番 1: JCTEA STD-018-3.0 より

項番 5: 有線一般放送 (省令)。4096QAM については、JCTEA STD-018-3.0 を参照。

項番 6: 有線一般放送 (省令)

表 3-6 から見直した点は次の通り：

- 光伝送路 (HFC 幹線相当) の性能を NTSC-VSB-AB 方式の 51dB から、52dB (現行機種のカatalog性能より) に変更。
- OFDM のヘッドエンド性能を、HFC 伝送路では主に都市型ケーブルテレビが対象となるため、比較的受信環境が良い受信点を選定できることを鑑み、放送波中継時の 3 段目の中継局からの受信を想定した 31dB とする (平成 21 年度 四国総合通

信局「有線テレビジョン放送事業用固定局における地上デジタル放送の伝送に関する調査検討会」に基づく。

- 256QAM の受信者端子 C/N 比を 34dB から 33dB へ変更。

一部の有線系伝送路の性能を見直した結果、全ての変調信号で無線伝送路に比較的現実的な性能を配分することができた。

256QAM、及び J.382 のうち 4096QAM (符号化率 5/6) については、若干、所要性能が若干緩和されたが、レベル差伝送、及び無線装置の性能に関する課題は残ったままとなる。さらに、同性能を満足させるには 64QAM に対して 20dB 以上のレベル差が必要であり、有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令で規定されている他の搬送波のレベルとの差 16dB 以内を満足しないことになる。また、棟内伝送路の性能については、新設の場合には実情に合わせた設計が可能であるが、既設の場合でも NTSC-VSB-AM を伝送可能な性能 (46dB 以上) を有しているため、NTSC-VSB-AM に対する 64QAM のレベル差(-10dB)と、64QAM に対する J.382(4096QAM)のレベル差を想定し、それぞれの棟内伝送路性能を 44dB と 46dB とすると、4096QAM(4/5)で 41dB、4096QAM(5/6)で 45dB となる。

(イ) FTTH/FTTB

FTTH/FTTB 伝送路によるモデルにおいて、有線系及び無線系への性能配分 (C/N 比) を行った結果を表 3-8 に示す。

表 3-8 CATV システム全体での性能配分 (FTTH/FTTC の場合①)

	伝送路	伝送性能 (C/N 比)						
		OFDM	64QAM	256QAM	J. 382			
					256QAM	1024QAM	4096QAM 符号化率 4/5	4096QAM 符号化率 5/6
1	ヘッドエンド	27.0	35.0	43.0	35.0	42.0	46.0	49.0
2	HFC (光伝送路)	39.5	39.8	45.8	39.5	45.5	47.5	49.5
3	無線伝送路 (計算値)	37.04	-	-	-	44.84	55.14	-

4	FTTH 伝送路	29.3	27.7	37.0	27.7	36.0	41.3	45.7
5	棟内伝送路	33.0	33.0	39.0	33.0	39.0	41.0	43.0
6	受信者端子	24.0	26.0	34.0	26.0	33.0	37.0	40.0
無線伝送路性能		38.0	-	-	-	45.0	56.0	-

項番 1 : JCTEA STD-018-3.0 より

項番 3 : JCTEA STD-018-3.0 に記載されている棟内伝送路の 64QAM の C/N 比が 33dB 以上のときのヘッドエンド入力と光受信機出力における C/N 比より算出。

項番 5 : 有線一般放送 (省令)。4096QAM については、JCTEA STD-018-3.0 を参照。

項番 6 : 有線一般放送 (省令)

表 3-8 では、項番 1~5 までの電力和 (総合性能) が、項番 6 の受信者端子性能(C/N 比)以上となるように無線伝送路 (項番 4) の性能を決めている。

既存の基準 (伝送性能) で検討を進めると、ほぼ全変調信号で破綻するうえ、HFC よりも高い性能を要求される結果となった。

そこで一部性能を変更し、FTTH/FTTC の性能配分モデルで配分した結果を表 3-9 に示す。

表 3-9 CATV システム全体での性能配分 (FTTH/FTTC の場合②)

	伝送路	伝送性能 (C/N 比)						
		OFDM	64QAM	256QAM	J. 382			
					256QAM	1024QAM	4096QAM 符号化率 4/5	4096QAM 符号化率 5/6
1	ヘッドエンド	31.0	35.0	43.0	35.0	42.0	46.0	49.0
2	HFC (光伝送路)	40.5	40.8	46.8	40.5	46.5	48.5	50.5
3	無線伝送路 (計算値)	26.74	29.46	37.75	29.48	37.71	43.02	-
4	FTTH 伝送路	33.2	33.2	39.2	33.2	39.2	41.2	43.2
5	棟内伝送路	33.0	33.0	39.0	33.0	39.0	41.0	43.0
6	受信者端子	24.0	26.0	33.0	26.0	33.0	37.0	40.0
無線伝送路性能		27.0	30.0	38.0	32.0	38.0	54.0	-

項番 1 : JCTEA STD-018-3.0 より

項番 3 : JCTEA STD-018-3.0 に記載されている棟内伝送路の 64QAM の C/N 比が 33dB 以上のときのヘッドエンド入力と光受信機出力における C/N 比より算出。

項番 5 : 有線一般放送 (省令)。4096QAM については、JCTEA STD-018-3.0 を参照。

項番 6 : 有線一般放送 (省令)

表 3-8 から見直した点は次の通り :

- 光伝送路 (HFC 幹線相当) の性能を NTSC-VSB-AB 方式の 51dB から、52dB (現行機種のカatalog性能より) に変更。
- OFDM のヘッドエンド性能を、HFC 伝送路では主に都市型ケーブルテレビが対象となるため、比較的受信環境が良い受信点を選定できることを鑑み、放送波中継時の 3 段目の中継局からの受信を想定した 31dB とする (平成 21 年度 四国総合通信局「有線テレビジョン放送事業用固定局における地上デジタル放送の伝送に関する調査検討会」に基づく)。
- 256QAM の受信者端子 C/N 比を 34dB から 33dB へ変更。
- FTTH 伝送路における光受信機の受光レベルを 2dB 上げたときの 64QAM における FTTH 伝送路性能を基準として、その他の信号 (OFDM、256QAM、J.382) についてはレベル差伝送を適用する。

一部の有線系伝送路の性能を見直した結果、J.382(4096QAM 符号化率 5/6)を除く全ての変調信号で無線伝送路に性能を配分できたが、無線系としては無理な配分も多く、全体的に HFC 伝送路の場合よりも高い性能が必要になるうえ、HFC と同様の課題がある。

23GHz 帯無線伝送システムを適用する FTTH/FTTB の性能配分モデルでは、新設を想定していることを踏まえると、適用する FTTH 伝送路の性能は、無線導入に適した性能での設計が可能である。以上のことを踏まえ、FTTH 伝送路における 64QAM の性能を 39dB としてレベル差を適用すると、無線伝送路性能は HFC 伝送路と同じ結果となる。

23GHz 帯無線伝送システムの利用シーンを「HFC 伝送路」と「FTTH/FTTB 伝送路」適用するモデルに分類し、既存の技術基準 (省令) や標準規格をベースにそれぞれ性能配分を行った。

既存の技術基準 (省令) や標準規格をベースにした有線伝送路系に 23GHz 帯無線伝送シ

システムを適用すると全体的に性能配分が厳しくなるため、設計や運用により変更が可能な一部性能を緩和した結果（基本的には標準規格のみ）、表 3-10 のように現実的な配分が可能となった。

表 3-10 無線システムへの性能配分結果

	OFDM	64QAM	256QAM	J. 382			
				256QAM	1024QAM	4096QAM 符号化率 4/5	4096QAM 符号化率 5/6
HFC 伝送路 [dB]	27	29	36	29	36	43	49
FTTH/FTTB 伝送路 [dB]	27	30	38	30	38	54	-

性能配分モデルで言及したとおり、「23GHz 帯無線伝送システムを河川横断や離島への伝送路として想定すると、適用する FTTH/FTTB 伝送路は既設伝送路ではなく、新設伝送路への適用が主となる」ことから、導入当初より「23GHz 帯無線伝送システム」を組み込んだ設計が可能になる。また、23GHz 帯無線伝送システムを双方向の通信システムとして利用される場合は、通信用変調方式(DOCSIS)を利用することになり、DOCSIS は、HFC 伝送路で使われる変調方式であることを考慮し、無線システムへの性能配分モデルは、「HFC 伝送路」における利用シーンを採用することにする。

J.382 の 4096QAM（符号化率 5/6）については、表 3-10 の性能（49dB）を満足させるには、64QAM に対して 20dB のレベル差伝送が必要であり、有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令で規定されている他の搬送波のレベルとの差 16dB 以内を満足し無いことから、既設の棟内伝送路性能が、NTSC-VSB-AM を伝送可能な性能（46dB 以上）を有していることを踏まえ、NTSC-VSB-AM に対する 64QAM のレベル差(-10dB)と、64QAM に対する J.382(4096QAM)のレベル差を適用し、それぞれの棟内伝送路性能を 44dB と 46dB とすることにする。その結果、4096QAM(符号化率:4/5)を 41dB、4096QAM(符号化率:5/6)を 45dB とした。

表 3-11 無線伝送路性能

OFDM	64QAM	256QAM	J. 382			
			256QAM	1024QAM	4096QAM 符号化率 4/5	4096QAM 符号化率 5/6
27	29	36	29	36	43	49

3.3.1.4. 無線系雑音配分

平成 10 年度 電気通信技術審議会回答申（諮問 102 号）で検討された無線系雑音配分モデル（参照）を用いて、で配分された無線伝送路の所要 C/N 比を各劣化要因に配分し、熱雑音に配分された C/N 比（[C/N]₀）を算出する。

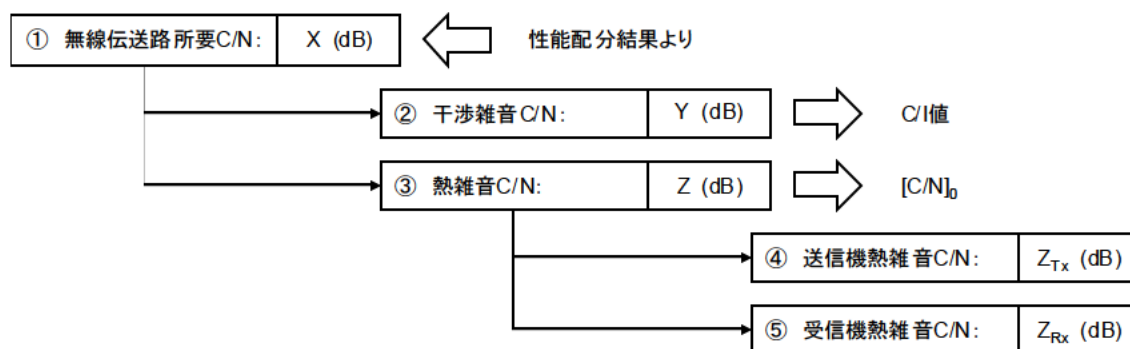


図 3-12 無線系雑音配分モデル

表 3-12 無線系雑音配分モデル

	雑音配分系	備考
①	無線伝送路所要 C/N[dB]	CATV システム全体で有線系と無線系に性能を配分した値。
②	干渉雑音 C/N[dB]	無線区間で発生する干渉雑音。C/I の規定値となる。FDM-SSB 方式の既設局のうちアナログ TV 信号を伝送している無線局がある場合の干渉を考慮する場合、より厳しい C/I 値 (52dB) となるが、現状ではデジタル TV 信号のみとなっていると考えられるため、既存のデジタル TV 信号における C/I 値 (42dB) を基準

		とし、その他は実運用に応じたレベル差を適用するものとする。
③	熱雑音 C/N[dB]	無線区間で発生する熱雑音は、送信機熱雑音と受信機熱雑音とする。回線設計（伝送の質）上の閾値 $[C/N]_0$ となる。
④	送信機熱雑音 C/N[dB]	
⑤	受信機熱雑音 C/N[dB]	

3.3.1.3 で検討した無線伝送路性能（表 3-11）を用いた無線系雑音配分の結果を表 3-13 に示す。

表 3-13 無線系雑音配分（HFC 伝送路）

	伝送路	無線系雑音配分（C/N比） HFC②						
		OFDM	64QAM	256QAM	J. 382			
					256QAM	1024QAM	4096QAM 符号化率 4/5	4096QAM 符号化率 5/6
1	無線伝送路 所要 C/NR[dB]	27.0	29.0	36.0	29.0	36.0	41.0	45.0
2	干渉雑音 C/NR[dB]	42.0	42.0	48.0	42.0	48.0	50.0	52.0
3	熱雑音 C/NR[dB]	27.14	29.22	36.28	29.22	36.28	41.58	45.97
4	送信機熱雑音 C/NR[dB]	42.0	42.0	48.0	42.0	48.0	50.0	52.0
5	受信機熱雑音 C/NR[dB]	27.3	29.5	36.6	29.5	36.6	42.3	47.2
	$[C/N]_0$	27.1	29.2	36.3	29.2	36.3	41.6	46.0

項番 1:HFC 伝送路との性能配分結果（表 3-11）より

項番 2:電波法関係審査基準の OFDM/64QAM における C/I 値。レベル差伝送を適用。

項番 4:干渉雑音と同等に設定（例）

送信機熱雑音と受信機熱雑音への配分は、熱雑音を配分した結果であり、受信機熱雑音については、送信機熱雑音を干渉雑音程度に設定した結果となる（製作する送信機の性能によるため参考となる）。

3.3.2. [C/N]0、及び C/I

3.3.1 で検討した[C/N]0 と C/I を表 3-14 に示す。

算出した[C/N]0 については、平成 28 年度に実施した試作装置を用いた室内試験結果と比較して問題のない値となっており、フィールド試験を通じてその妥当性について検証を行う。

表 3-14 [C/N]0 と C/I 値

	OFDM	64QAM	256QAM	J. 382			
				256QAM	1024QAM	4096QAM 符号化率 4/5	4096QAM 符号化率 5/6
[C/N]0	27.1	29.2	36.3	29.2	36.3	41.6	46.0
C/I	42.0	42.0	48.0	42.0	48.0	50.0	52.0

3.3.3. デジタルケーブルテレビ信号の品質測定に関するフィールド試験

本調査検討では、平成 28 年度調査検討で試作した双方向機能（90MHz～770MHz の下りケーブルテレビ信号及び 15MHz～65MHz の上りケーブルテレビ信号を同時に伝送）を有する 23GHz 帯無線伝送システムと 0.3m 径パラボラアンテナ、及び OMT を試験フィールドに設置し、デジタルケーブルテレビ信号（256QAM など）の信号品質（搬送波レベル、C/N 比、BER（ビット誤り率）、MER（変調誤差比）等）と降雨量を一定期間計測し、無線回線断の時間率（回線不稼働率）と降雨減衰特性を評価し、机上計算との整合性を確認するとともに、所要受信 C/N 比について確認した。

偏波多重伝送の場合、降雨減衰による信号レベルの低下（C/N 比の劣化）に加え、交差偏波識別度（XPD）の劣化量を考慮することがあることから、調査検討項目 3.1.2 の XPD に関するフィールド試験と同時に実施した。

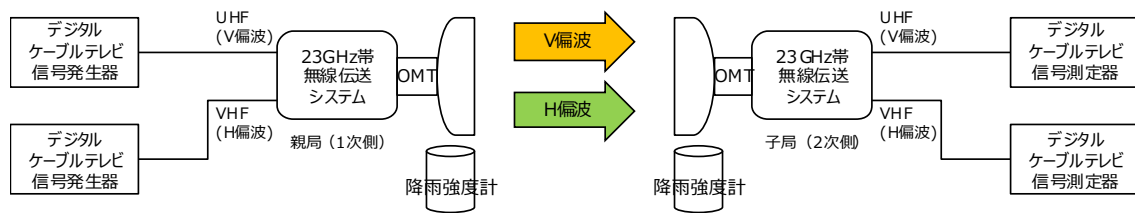


図 3-13 デジタルケーブルテレビ信号の品質測定系統

2017年12月28日から2018年3月20日まで長野県松本市にて無線伝送実験を実施した。期間を通じて回線設計で適用した1分間降雨量(1.33m/分)を超える降雨は無く、良好な結果を得ることができた。また、XPDについても期間を通じて大きな劣化は発生しておらず、降雨や降雪による影響は信号レベルの低下よりも少ない結果となった。

詳細については4章で述べる。

3.4. 小型・軽量化の検討

「小型・軽量化の検討」の目的は、平成 28 年度調査検討において実現した 23GHz 帯無線伝送システムにおける小型・軽量化の結果を踏まえ、実フィールドにおける 23GHz 帯無線伝送システムの簡便な導入・設置を実現させる手法（小型化等）について検討することである。

本調査検討では、平成 28 年度調査検討で実現した FDM-SSB 方式における双方向化技術を用いた 23GHz 帯無線伝送システムについて、実装モジュールの配置や配線等を見直すことで小型化を実現するとともに、23GHz 帯無線伝送システムの簡便な設置・調整方法について検討を行う。

3.4.1. 目的

平成 28 年度「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の請負」にて作成した無線機は各モジュールをプレートに取り付けた状態にて性能試験を行っていた。昨年度の実績より従来の片方向の無線装置（以下現行無線装置）と比較すると、実装すべきモジュールが単純計算で 3 倍以上となるが、装置サイズで 263%、装置重量で 135%の軽量化を実現している。

今年度フィールド試験を実施するにあたり、試作装置を屋外設置可能なものにして現地に取り付け実験を行うこと、同時に実装モジュールの配置や配線等を見直すことで更なる小型化の実現と屋外設置可能な筐体を製作することを目的とする。

3.4.2. 測定用筐体

平成 28 年度「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の請負」にて作成した無線機を屋外設置するためにボックスに収容し現地に設置した。平成 28 年度に製作したプレート実装の写真を図 3-14 に示し、屋外設置のためボックスに収容した親局（1 次）側の写真を図 3-16 に子局（2 次）側の写真を図 3-18 に示す。なお、本ボックスは測定のための屋外設置を目的としており小型化は現地測定とは別に検討を行った。

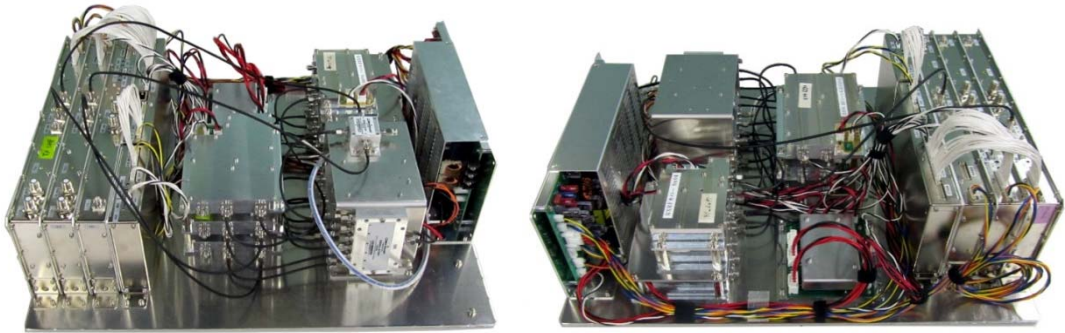


图 3-14 平成 28 年度製作品 (左: 親局 (1 次) 側 右: 子局 (2 次) 側)

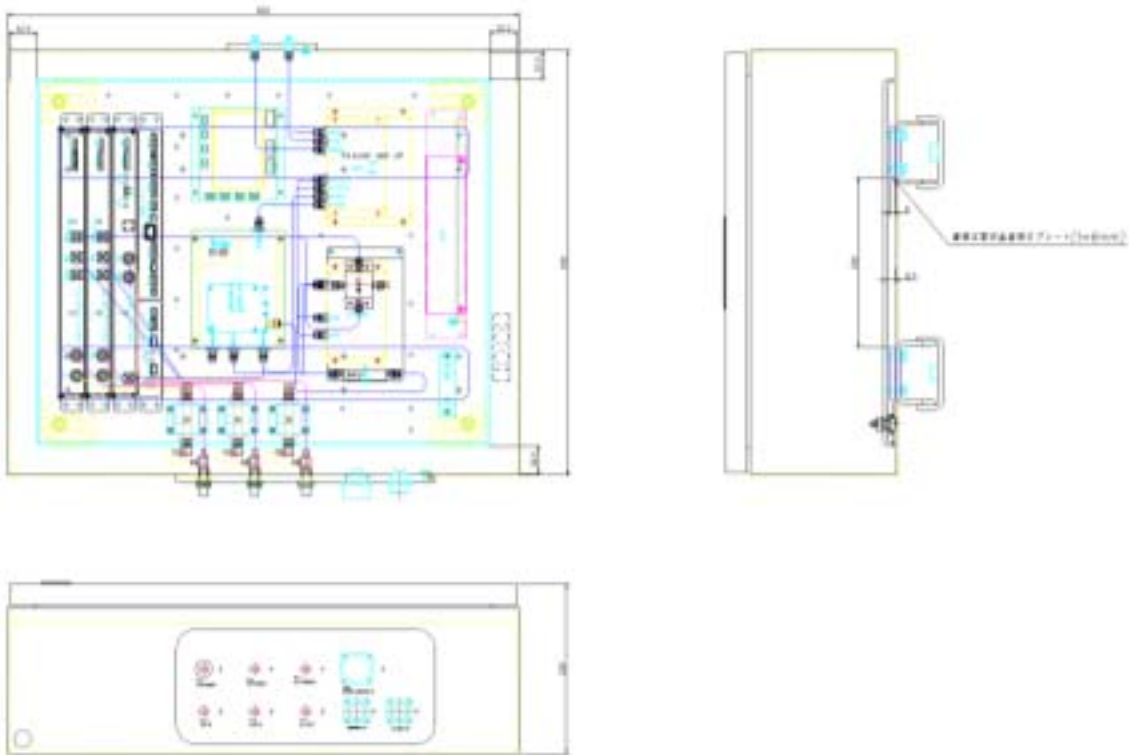


图 3-15 測定用 親局 (1 次) 側 製作図

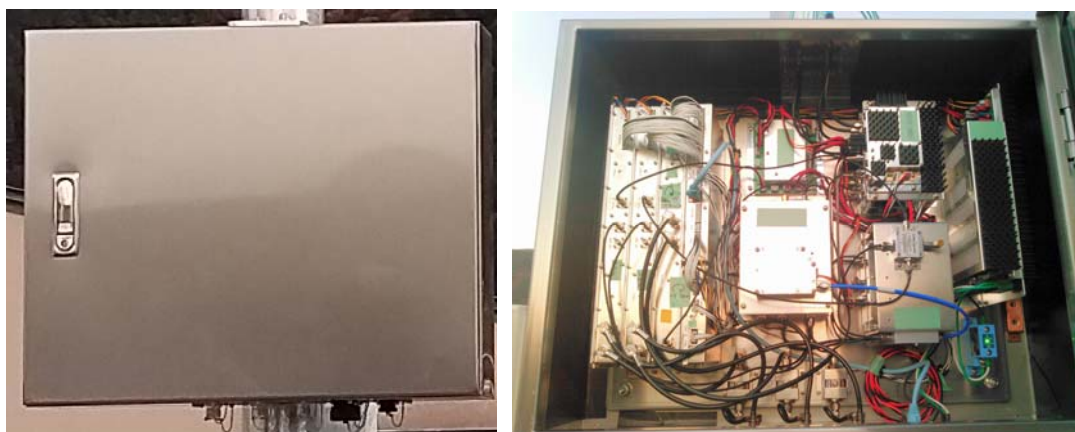


图 3-16 测定用 親局（1次）側（左：外觀 右：筐体内）

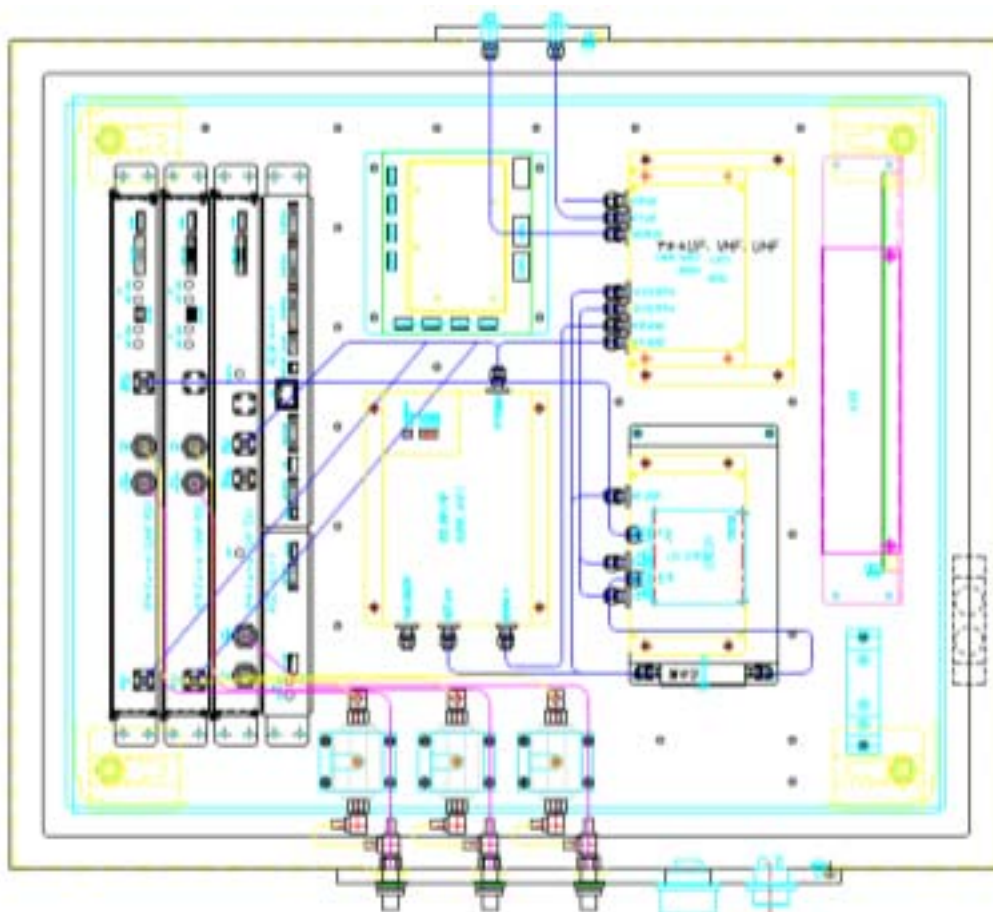


图 3-17 测定用子局（2次）側製作図

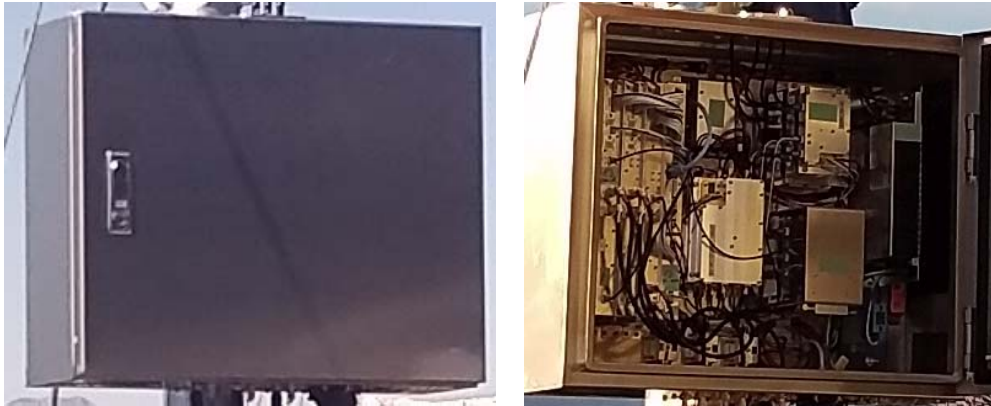


図 3-18 測定用子局（2次）側（左：外観 右：筐体内）

3.4.3. 小型化

3.4.2 の測定用筐体で測定を行うことと並行して、実装モジュールの配置や配線等の見直しを行うことで小型化を実現した。

平成 28 年度製作品はベースプレートへの実装であったことから内寸で比較すると、現行無線機が $222 \times 387 \times 160$ (W×D×H, mm) に対し平成 28 年度は $480 \times 470 \times 160$ (W×D×H, mm) となっていた。これは実装すべきモジュールが単純計算で 3 倍以上となるところを見直しにより 263% に納めた結果であったが、今回の小型化により $480 \times 470 \times 160$ (W×D×H, mm) と現行比 188% まで小型化することができた。本結果を表 3-15 に示す。この小型化により平成 28 年度製作品に対して 71.4% の小型化を達成することができた。

さらに内部搭載する機器が小型化されたことにより、筐体を含めた外寸を比較すると $294 \times 427 \times 178$ (W×D×H, mm) に対し、 $378 \times 484 \times 180$ (W×D×H, mm) となり、こちらも実装モジュールが 3 倍以上となるのに対して 147% に抑えることができた。本結果を表 3-16 に示す。

今回小型化した親局（1 次）側の製作図を図 3-19 に、その写真を図 3-20 に示し、子局（2 次）側の製作図を図 3-21 に、その写真を図 3-22 示す。また、図 3-23 に現行無線装置との比較写真を示す。

表 3-15 内寸比較

装置名	幅 [mm]	奥行 [mm]	高さ [mm]	容積 [m ³]	備考
現行無線装置	222	387	160	0.013746	
平成 28 年度	480	470	160	0.036096	現行比：263% ベースプレート実装
平成 29 年度 小型化	458	352	160	0.025785	現行比：188% 平成 28 年度比：71.4% 筐体実装

表 3-16 外寸比較

装置名	幅 [mm]	奥行 [mm]	高さ [mm]	容積 [m ³]	備考
現行無線装置	294	427	178	0.0223	
平成 29 年度 小型化	378	484	180	0.0329	現行比：147%

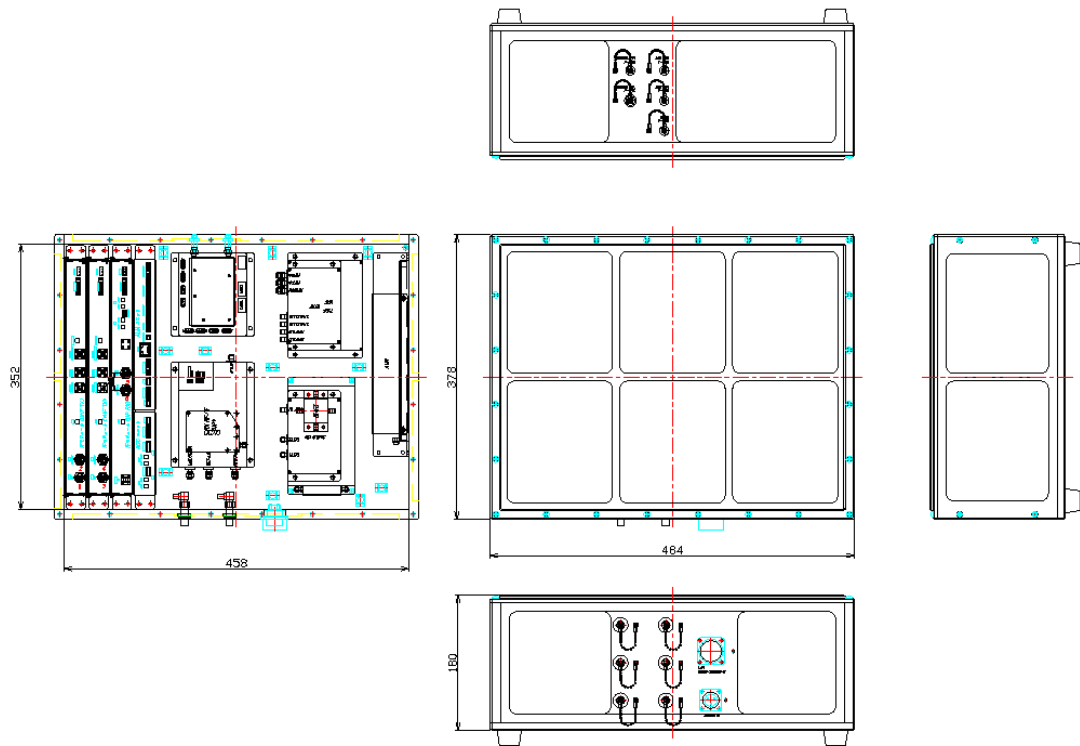


图 3-19 小型化後 親局 (1 次) 側 製作図

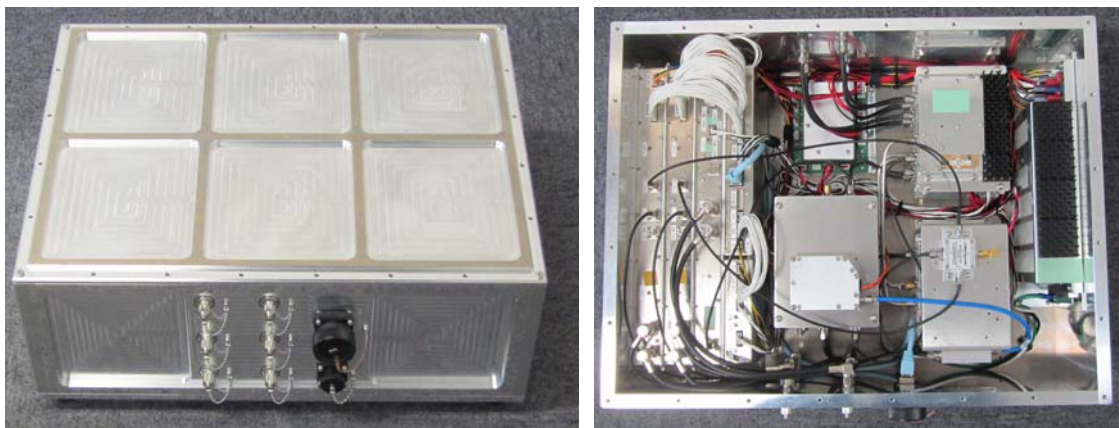


图 3-20 小型化後 親局 (1 次) 側 (左: 外觀 右: 筐体内)

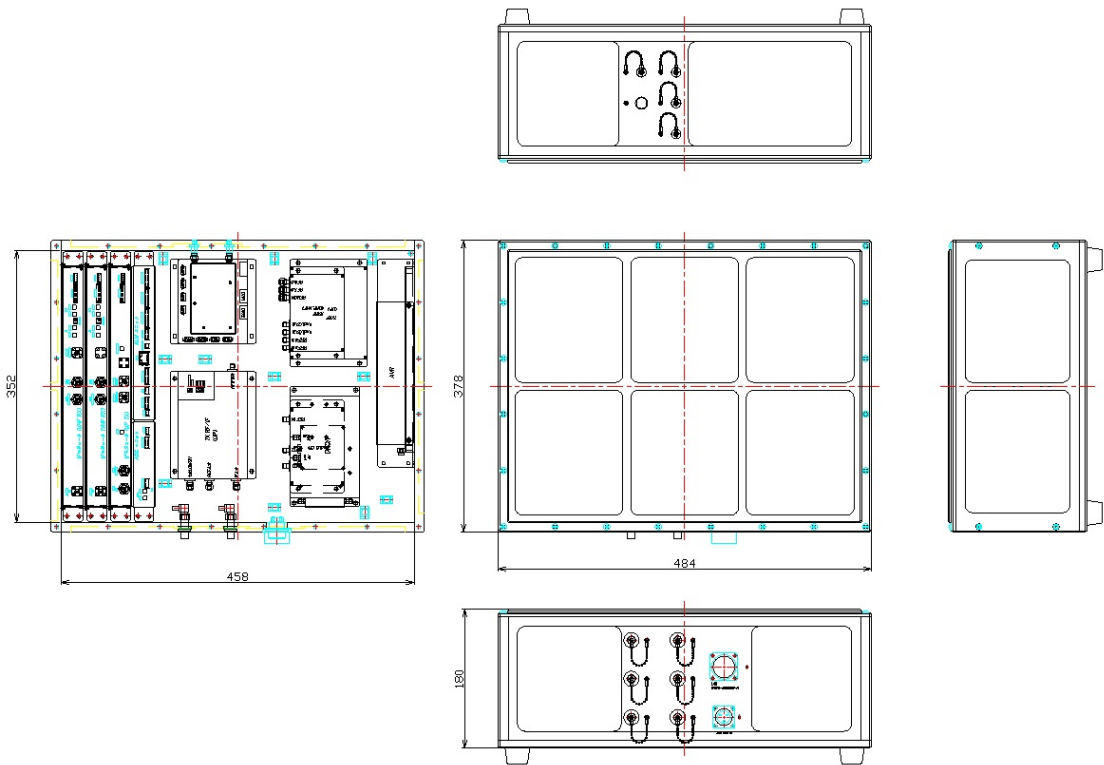


图 3-21 小型化後子局（2次）側 製作図

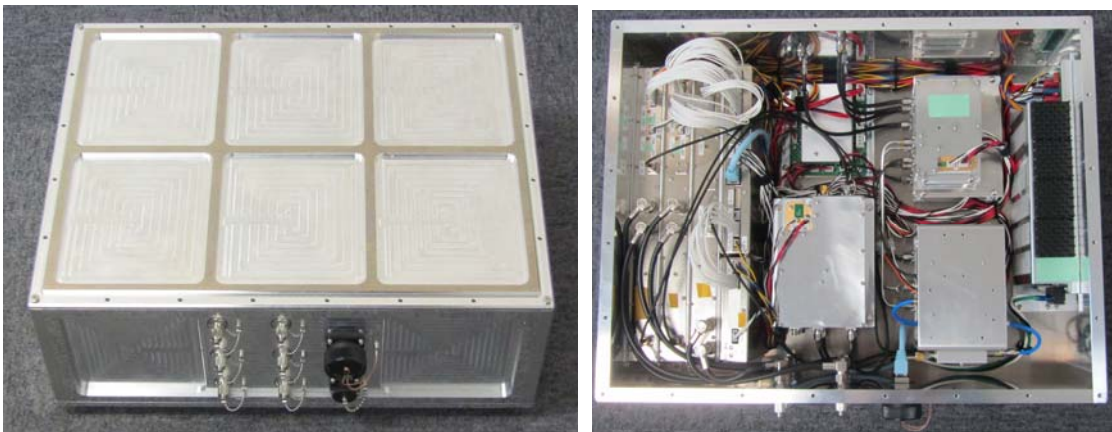


图 3-22 小型化後子局（2次）側（左：外觀 右：筐体内）

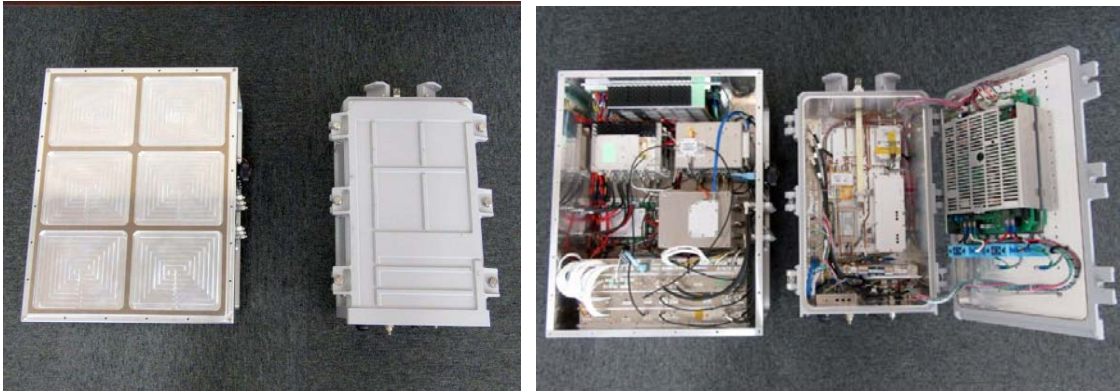


図 3-23 現行無線機との比較（左：外観比較 右：内観比較）

3.4.4. 軽量化

表 3-17 に現行無線装置と平成 28 年度製作品および平成 29 年度小型化した製品の質量比較を示す。なお、平成 28 年度製作品については無線装置の筐体製作は行っていないため、現行装置との比較は筐体部を除いた質量（装置質量）で比較し、平成 29 年度小型化品は筐体部を含めた質量（全体質量）で比較している。

こちらでも現行無線装置と比較すると、実装すべきモジュールが単純計算で 3 倍以上となり、それに合わせた重量が必要となるが、ベースプレートをなくしてモジュールが筐体に直接接触するよう変更したことにより軽量化を図ると共に、放熱性能の向上につながっている。

結果、23GHz 帯無線親局（1 次側）が 133.8%、23GHz 帯無線子局（2 次側）が 128.8% となり、2 倍以下に抑え大幅な軽量化を達成した。

今回試作した筐体は小型化を中心に検討を行ったため、防水・防塵性能確保が確認されておらず今後の課題となるが、保護等級 3～4 程度は十分確保可能であると考えられる。

表 3-17 質量比較

項目		23GHz 帯無線親局 (1 次側)	23GHz 帯無線親局 (2 次側)	備考
現行無線装置	全体質量[kg]	17.0	17.0	
	装置質量[kg]	9.4	9.4	筐体部：7.6kg
平成 28 年度	装置質量[kg]	12.7	11.8	
	装置質量比[%]	135.2	125.9	装置質量比
平成 29 年度 小型化	全体質量	22.7	21.9	
	全体質量比[%]	133.8	128.8	全体質量比

4. フィールド試験

4.1. フィールド試験の概要

変調方式に FDM-SSB 方式を用い、双方向機能を有する 23GHz 帯無線伝送装置と 0.3m 径パラボラアンテナ、偏波分離器 (OMT)、及び降雨強度計を試験フィールドに設置し、デジタルケーブルテレビ信号 (256QAM など) の信号品質 (搬送波レベル、C/N 比、BER (ビット誤り率)、MER (変調誤差比) 等) と交差偏波識別度 (XPD)、並びに降雨量を計測する。

4.1.1. 目的

本実証実験では、変調方式に FDM-SSB 方式を用い、双方向機能を有する 23GHz 帯無線伝送システムを試験フィールドに設置し、23GHz 帯におけるデジタルケーブルテレビ信号の電波伝搬特性を調査し、無線区間における所要性能を確認する。

実験では、下記の 4 項目を実験の主たる目的とする。

(1). 無線伝送装置による伝送品質の検証

今回試作した無線伝送装置においては、従来の OFDM や 64QAM などのデジタルケーブルテレビ信号に加え、より高度な変調方式となる 256QAM や ITU-T 勧告 J.382、ケーブルインターネットの DOCSIS 信号を良好な品質で伝送する必要がある。本実証実験では、無線伝送装置を用いて 23GHz 帯無線伝送をした信号の品質を測定し、その伝送品質について検証する。

(2). XPD と高度な変調方式に係る所要性能の確認、並びに無線伝送装置の安定性の検証

FDM-SSB 方式において偏波多重伝送を行う際に必要となる交差偏波識別度 (XPD)、256QAM や ITU-T 勧告 J.382 に準拠した高度な変調方式等を伝送する際に必要となる所要 C/N 比及び C/I 値等を策定するにあたり、23GHz 帯が降雨の影響を受けやすい周波数帯であることを考慮し、XPD 並びに各変調方式と降雨減衰との関係について調査を行う必要がある。本実証実験では、フィールドに設置した無線伝送装置を数ヶ月間連続稼働させ、伝送した信号の品質、並びに降雨強度データを連続で取得し、所要 XPD や所要 C/N 比の関係について検証する。併せて、試作した無線伝送装置の安定性についても検証を行う。

(3). 無線伝送装置と既存 CATV ネットワークとの接続検証

試作した無線伝送装置においては、どのようなケーブルテレビ事業者のネットワークに接続しても利用が出来るよう、既存の CATV ネットワークとの高い親和性が求められる。そのため、本実証実験では、テレビ松本ケーブルビジョン様にご協力頂き、テレビ松本ケーブルビジョン様有線伝送路において伝送しているケーブルテレビ信号を無線伝送装置へ繋ぎこみ、その接続性について検証する。

(4). 無線伝送装置の調整方法に関する簡易化の検証

従来の 23GHz 帯無線伝送装置（固定局）では、400MHz 帯域幅内で多チャンネルのケーブルテレビ信号を単一偏波で伝送するものであり、アンテナの方向調整などについては様々な簡易方法が考案され、比較的容易に対応できるようになっている。

今回試作した無線伝送装置は、FDM-SSB 方式において偏波多重伝送を行い、800MHz 帯域幅相当の多チャンネル伝送を可能にするものであるが、従来のアンテナ方向調整に加えて偏波面の調整を実施しなければならず、その設置・施工、並びにアンテナの調整等にかかなりの時間を要することが予想される。本実証実験では、無線伝送装置を現地に導入する際のアンテナ調整・偏波面調整等について、簡易な調整機能の検討・試作を行い、使い勝手や所要時間を確認し、その有効性について検証する。

4.1.2. 試験期間

平成 28 年度「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の請負」にて作成した無線装置を 2017 年 12 月 11 日より長野県松本市に設置し、2018 年 3 月 25 日までのデータ取得を行った。表 4-1 に試験実施スケジュールを示す。

表 4-1 フィールド試験スケジュール

	2017年					2018年		
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
フィールド試験								
フィールド試験					←フィールド試験→			
フィールド選定・免許等		←フィールド選定→		実験用免許申請	予備免許 (11/1)	免許 (12/11)		
工事				←設置工事→				

4.1.3. 試験回線の概要

伝搬試験回線は長野県松本市里山辺 3044-1 と長野県松本市里山辺 2504-1 間に開設した。実験局の概要を表 4-2 に、伝搬試験回線概略ルート図を図 4-1 に、プロファイル図を図 4-2 に示す。また、実験局の概観を図 4-3 と図 4-4 にそれぞれ示す。

表 4-2 実験局の概要

局名	識別信号	場所	アンテナ高	距離
親局(1次)側	きょうせら23G でんぱんじっけん1	長野県松本市 里山辺 3044-1	649m(海拔)	1312m
子局(2次)側	きょうせら23G でんぱんじっけん2	長野県松本市 里山辺 2504-1	694m(海拔)	



図 4-1 伝搬試験回線概略ルート図

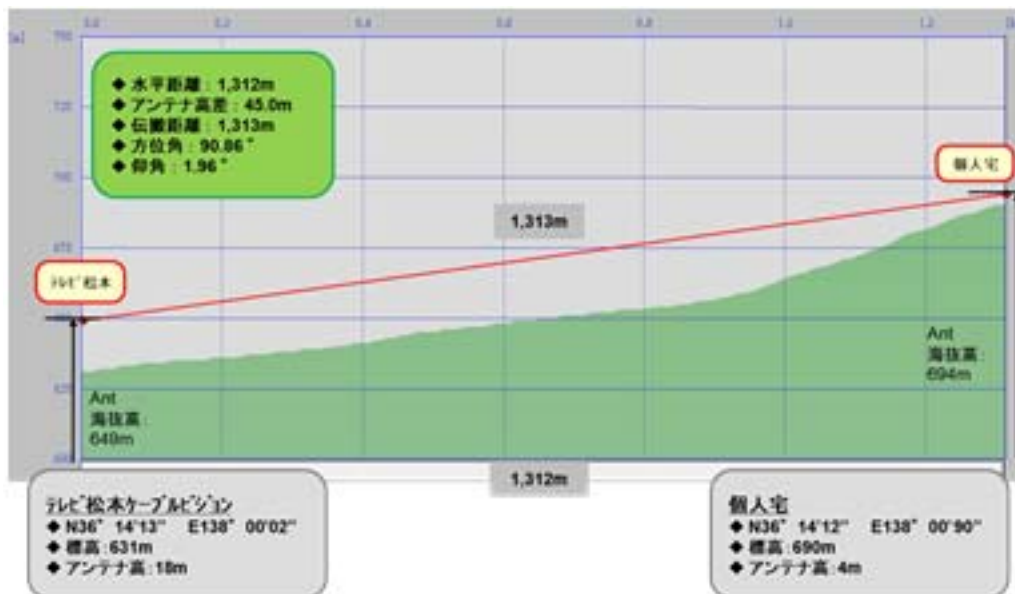


図 4-2 伝搬試験回線概略プロフィール図

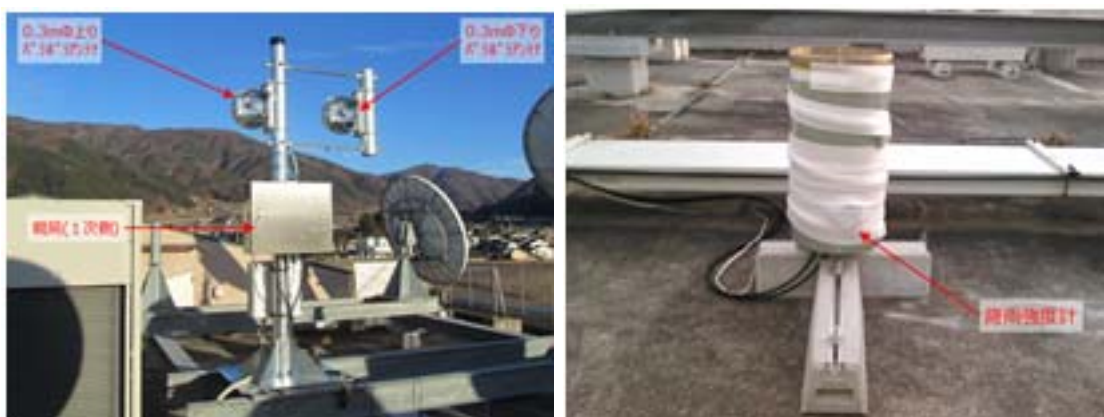


図 4-3 親局（1次）側概観



図 4-4 子局（2次）側概観

4.1.4. 試験装置の主要概要

4.1.4.1. 無線装置

表 3-17 に 23GHz 帯無線装置の主な仕様を示す。

表 4-3 試験装置緒元

項目	定格			備考
	上り信号	VHF帯信号	UHF帯信号	
変調方式	FDM-SSB方式	FDM-SSB方式	FDM-SSB方式	
テレビ信号周波数	15MHz~65MHz	90MHz~402MHz	402MHz~770MHz	
マイクロ波周波数	23,218.125MHz ~23,273.125MHz	23,277.5MHz ~23,589.5MHz	23,214.5MHz ~23,582.5MHz	
占有周波数帯域幅	50MHz	312MHz	368MHz	
伝送容量	4ch	50ch	61ch	パイロット信号を除く
パイロット信号	テレビ信号	70MHz	156.25MHz	468.75MHz
	マイクロ波	23,273.125MHz	23,343.75MHz	23,280.75MHz
送信機出力(トータル電力)	7.0dBm	13.0dBm typ.	13.0dBm typ.	
偏波面	水平偏波	水平偏波	垂直偏波	
インターフェース	アンテナ部	SMA(J)	SMA(J)	SMA(J)
	テレビ信号部	FT(J)	FT(J)	FT(J)
電源電圧	AC100V (50/60Hz)	AC100V (50/60Hz)	AC100V (50/60Hz)	
周波数安定度 (対向)	送信機と位相同期 (パイロット信号を用いた周波数同期)			

4.1.4.2. アンテナの仕様

表 4-4 にパラボラアンテナの主な仕様を示す。

表 4-4 パラボラアンテナ 緒元

項目	仕様	備考
アンテナ形式	レドーム付パラボラアンテナ	レドーム形式： フロンシート型レドーム
アンテナ径	0.3m	Φ9.4mm 円形導波管
周波数範囲	23,200MHz～23,600MHz	
利得	34.0dBi 以上	
半値角	3 度 typ.	
VSWR	1.4 以下	
交差偏波識別度 (XPD)	33dB 以上	

4.1.4.3. 偏波分離器 (OMT) の仕様

表 4-5 に偏波分離器 (OMT) の主な仕様を示す。

表 4-5 偏波分離器 (OMT) 緒元

項目	仕様	備考
インタフェース (V/H 偏波)	SMA-J 型	インピーダンス : 50 Ω
インタフェース (複偏波)	WRI-220	Φ9.4mm 円形導波管
周波数範囲	23,200MHz～23,600MHz	
挿入損失	1.0dB 以下	
偏波間結合量	-40dB 以下	
VSWR	1.4 以下	

4.1.4.4. 降雨強度計の仕様

表 4-6 に降雨強度計の主な仕様を、図 4-5 に降雨強度計の概観を示す。

表 4-6 降雨強度計 緒元

項目	緒元
検出方式	水滴計数方式
測定精度	0.0083mm±10%以内
受水口径	200mm
測定範囲	0mm～100mm/h
検出器	LED～フォトトランジスタ
電源	DC10.5～16.5V,約 20mA
外形寸法	約φ210mm×450mm(H)
重量	4.5kg



図 4-5 降雨強度計概観

4.2. 技術試験の条件

4.2.1. 23GHz 無線装置の設定

本技術試験に用いた 23GHz 帯無線装置の設定を表 4-7 に示す。

屋外試験では、降雨による受信レベルの減衰量を明らかにするために、23GHz 帯無線装置の持つ AGC (Auto Gain Control) 等の機能をオフにし、MGC (Manual Gain Control) モードで動作させて影響の確認を行った。

表 4-7 23GHz 帯無線装置の設定

23GHz 帯無線装置		緒元
親局 (1次) 側	上り	MGC(Manual Gain Control)モード
	下り	ALC(Auto Level Control)モード
子局 (2次) 側	上り	MGC(Manual Gain Control)モード
	下り	MGC(Manual Gain Control)モード

4.3. 技術試験評価

4.3.1. 目的

23GHz 帯の周波数を利用する有線テレビジョン放送事業用無線局のうち、変調方式に FDM-SSB 方式を使用するものにおいて、標準デジタルテレビジョン放送方式(以下「OFDM」という。)やデジタル有線テレビジョン放送方式(以下「64QAM」という)のデジタル信号のみを伝送する場合の信号品質(搬送波レベル、搬送波対雑音比(以下「C/N 比」という)、ビット誤り率(以下「BER」という)、変調誤差比(以下「MER」という)等)と降雨量を計測し、無線回線断の時間率(回線不稼働率)と降雨減衰特性を評価し、机上計算との整合性を確認するとともに、所要受信 C/N 比について検討する。

4.3.2. 測定項目

測定項目について表 4-8 に示す。記載データの取得間隔は測定するチャンネルの変調方式やチャンネル数に依存している。また、C/N 比については、子局(2次側)のみの測定年、雑音電力測定については隣接するチャンネルの空き帯域で計測している。

表 4-8 測定項目

測定項目	信号	測定局				データ 取得間隔	測定器	備考
		親局 (1次側)		子局 (2次側)				
		V偏 波	H偏 波	V偏 波	H偏 波			
搬送波対 雑音比 (C/N比)	OFDM	×	×	○	○	1分間	スペクトラムアナライザ：FPH (R&S製)	親局（1次側） の 測定はスポットのみ 実施。
	64QAM	×	×	○	○			
	256QAM	×	×	○	○			
搬送波 レベル	OFDM	○	○	○	○	1分間	シグナル・レベルメータ：LF990 (リーダー電子製)	
	64QAM	○	○	○	○			
	256QAM	○	○	○	○			
ビット誤り 率 (BER)	OFDM	○	○	○	○	1分間	シグナル・レベルメータ：LF990 (リーダー電子製)	
	64QAM	○	○	○	○			
	256QAM	○	○	○	○			
変調誤差 比 (MER)	OFDM	○	○	○	○	1分間	シグナル・レベルメータ：LF990 (リーダー電子製)	
	64QAM	○	○	○	○			
	256QAM	○	○	○	○			
受信レベル	無変調信号	×	×	○	○	1分間	スペクトラムアナライザ：FPH (R&S製)	主偏波：V編波
降雨強度	-	○		○		1分間	降雨強度計： B-061 (横河電子製)	0.0083mmの 雨量をカウント

4.3.3. 測定方法

本伝送試験では、図 4-1 と図 4-2 の伝搬試験回線概略図（ルート図とプロファイル図）に示す通り、長野県松本市里山辺 3044-1 に設置した親局（1次）側（以下、親局）と長野県松本市里山辺 2504-1 に設置した子局（2次）側（以下、子局）間で 23GHz 帯無線周波数による無線伝送を行う。

伝送する信号については、テレビ松本ケーブルビジョン様より借用した商用信号に信号発生器による信号を加えたものを親局より伝送する。信号発生器による信号は、標準デジタルテレビジョン放送方式による OFDM 信号を 2 波（V 偏波と H 偏波）、デジタル有線テレビジョン放送方式による 64QAM 信号を 2 波（V 偏波と H 偏波）、同様に 256QAM 信号を 2 波（V 偏波と H 偏波）入力し、1.3km 先の子局側と信号入力元の親局側で測定を実施した。

親局側・子局側とも搬送波レベル、BER、MER を取得すると共に子局側で C/N 比と無変調信号の測定それぞれ 1 分間隔で取得し、各局に設置した測定用パソコンに保存した。また降雨量等の気象データについては、親局と子局それぞれに設置した降雨強度計を使用して、1 分間降雨量を計測し、各局に設置した測定用パソコンに保存した。併せて、気象庁より発表されている長野県松本市の AMeDAS（Automated Meteorological Data Acquisition System）データ（10 分間降水量、1 時間降水量等）を取得した。

4.3.3.1. 搬送波対雑音比（C/N 比）

搬送波対雑音比（C/N 比）の測定について、子局（2次）側に設置したスペクトラムアナライザを用いて測定を行った。設定を表 4-9 に示す。

表 4-9 測定設定

信号	変調方式	スペクトラムアナライザの推奨設定値					測定で使用する帯域幅	
		検波モード	RBW [kHz]	VBW [kHz]	SPAN [MHz]	Ave.	伝送帯域幅 [MHz]	雑音帯域 [MHz]
標準デジタルテレビジョン放送	OFDM	SAMPLE	30	300	10	30 以上	5.70	5.60
	64QAM	SAMPLE	100	1000	10	30 以上	6.00	5.30
	256QAM	SAMPLE	100	1000	10	30 以上	6.00	5.30

デジタル有線 テレビジョン 放送	OFDM (J.382)	SAMPLE	30	300	10	30 以上	5.82	5.71
------------------------	-----------------	--------	----	-----	----	-------	------	------

4.3.4. 信号周波数配列

伝送試験において、23GHz 帯無線周波数で無線伝送し品質測定する信号は、表 4-10 に示す通り OFDM 信号 2 波、64QAM 信号 2 波、256QAM 信号 2 波の 6 波であるが、偏波多重による影響を確認するため、テレビ松本ケーブルビジョン様の商用信号と偏波多重して伝送を行っている。チャンネル配列イメージを図 4-6 に示す。

表 4-10 測定チャンネル

CH	変調方式	偏波面	テレビ周波数 [MHz]	無線周波数 [MHz]	信号源	備考
XPD _H	CW	垂直	254	23,441.5	信号発生器	XPD _V のH偏波成分、C28
XPD _V	CW	垂直	629	23,441.5	信号発生器	39CH
11	256QAM	水平	213	23,400.5	信号発生器	偏波多重
C45	64QAM	水平	357	23,544.5	信号発生器	単一偏波
C47	OFDM	水平	369	23,556.5	信号発生器	単一偏波
35	64QAM	垂直	605	23,420.5	テレビ松本	偏波多重
41	OFDM	垂直	641	23,453.5	テレビ松本	偏波多重
53	256QAM	垂直	713	23,525.5	信号発生器	単一偏波

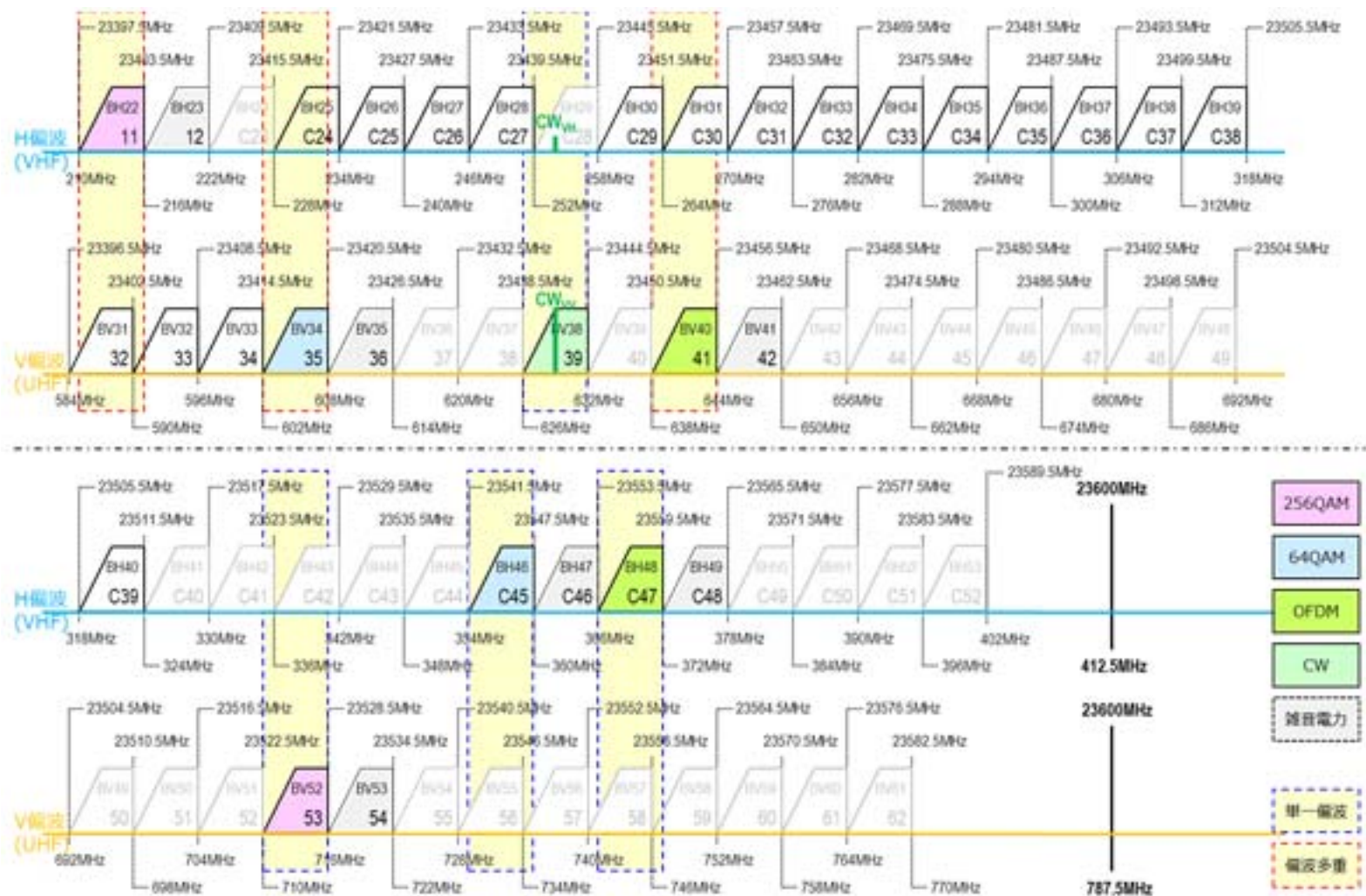


図 4-6 チャンネル配列イメージ

4.3.5. 測定系統図

デジタルケーブルテレビ信号伝送試験における測定系統図（データ収集系）を図 4-7 に示す。本データ収集系統では、親局（1次）側および子局（2次）側で収集したデータを各局に設置している測定用パソコンに約 1 分間隔で集積し、1 時間ごとに測定サーバへアップロードしている。

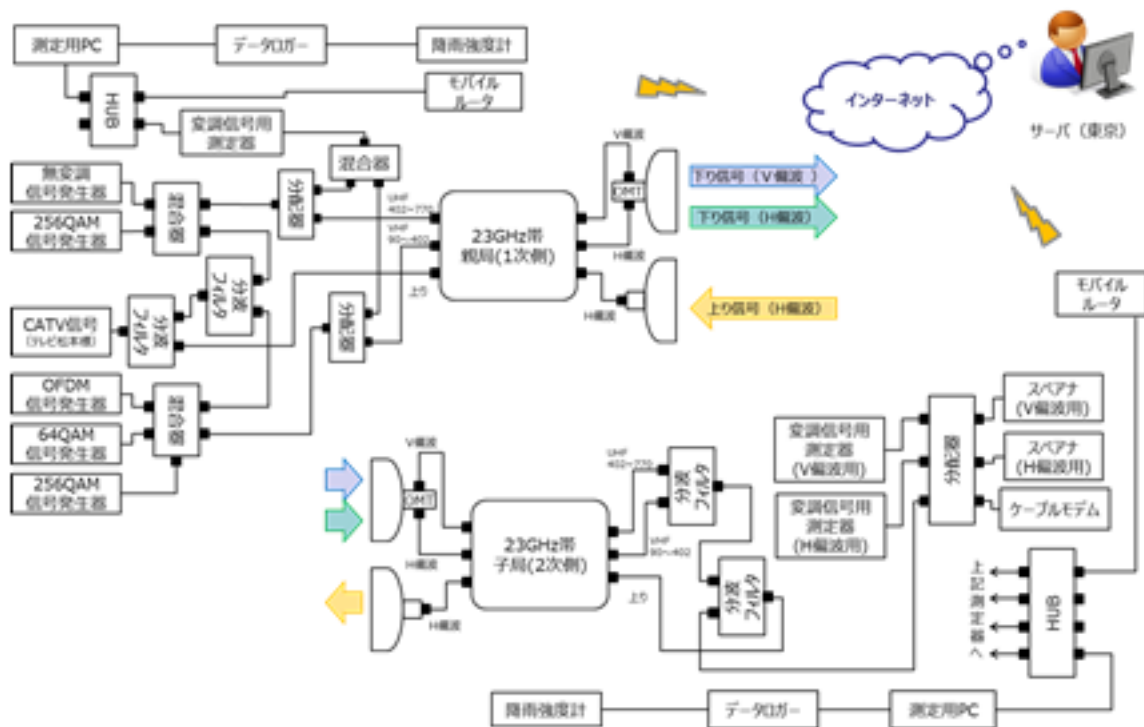


図 4-7 測定系統図

4.3.6. 回線設計

実験時の回線設計を表 4-11 に示す。FDM-SSB 方式における所要受信 C/N 比を 28.6dB (OFDM 信号: 27.3dB (電波法関係審査基準より)、64QAM 信号: 29.4dB (電波法関係審査基準より)、256QAM 信号: 35.4dB (一般的なケーブルテレビ事業におけるレベル差伝送を適用し、64QAM の所要 C/N 比に対して+6dB))、年間回線稼働率の目標値を 99.95%以上として設計した。なお、降雨量の地域分布による係数および 0.0075%1 分間降雨量 1.66mm/分の降雨減衰量は電波法案系審査基準の図 4-8、図 4-9 より算出している。

表 4-11 回線設計

項番	項目	単位	FDM-SSB	OFDM	64QAM	256QAM	備考
1	伝搬距離	km	1.31	1.31	1.31	1.31	
2	1分間雨量累積分布の0.0075%値	mm/min	1.33	1.33	1.33	1.33	電波法関係審査基準より(長野県松本)
3	中心周波数	GHz	23.4	23.4	23.4	23.4	23.2GHz~23.6GHzの中心周波数。
4	チャンネル帯域幅	MHz	151.4	5.6	5.3	5.3	FDM-SSB:28ch(OFDM:10ch, 64QAM:17ch, 256QAM:1ch)
5	空中線電力	dBm	11.8	-3.1	-3.1	2.9	CH当たりの送信電力[dBm]。 256QAM:64QAM+6dB
6	給電線系損失(送信)	dB	4.6	4.6	4.6	4.6	送信局側における給電線損失、接続損失の合計値
7	送信空中線の絶対利得	dBi	34.0	34.0	34.0	34.0	アンテナ径:0.3[m]。
8	自由空間損失	dB	122.2	122.2	122.2	122.2	$L_p = 32.4 + 20\log(d) + 20\log(f)$ d[km], f[MHz]
9	受信空中線の絶対利得	dBi	34.0	34.0	34.0	34.0	アンテナ径:0.3[m]。
10	給電線系損失(受信)	dB	3.6	3.6	3.6	3.6	受信局側における給電線損失、接続損失の合計値
11	外部からの干渉等による許容劣化量	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	
12	受信入力レベル	dBm	-50.6	-65.5	-65.5	-59.5	
13	受信機雑音電力レベル	dBm	8.0	8.0	8.0	8.0	NF=8.0dB
14	算出された受信 CNR	dB	33.6	33.1	33.3	39.3	標準状態における受信 CNR[dB]
15	送信 CNR	dB	-	34.4	34.7	40.7	
16	無線リンクトータル CNR	dB	-	30.7	30.9	36.9	送信 CNR と受信 CNR の電力和。
17	降雨量の地域分布による係数	-	0.8	0.8	0.8	0.8	電波法関係審査基準 図1より

18	0.0075% 1 分間降雨量 1.66mm/分の降雨減衰量	dB	4.8	4.8	4.8	4.8	電波法関係審査基準 図 2 より
19	当該区間の降雨減衰量	dB	3.9	3.9	3.9	3.9	
20	降雨時における受信 CNR	dB	29.7	29.2	29.4	35.4	
21	降雨時における無線リンクトータル CNR	dB	-	28.1	28.3	34.3	送信 CNR と降雨時における受信 CNR の電力和。
22	所要 CNR	dB	28.6	27.3	29.4	35.4	電波法関係審査基準より。本リンクにおける閾値。
23	降雨減衰マージン	dB	5.0	5.8	3.9	3.9	標準状態の受信 CNR[dB]と最小受信 CNR[dB]の差分
24	降雨マージン	dB	1.1	1.9	0.0	0.0	降雨減衰時における回線マージン
25	0.0075% 1 分間降雨量 1.66mm/分相当の降雨減衰量	dB	6.3	7.3	4.9	4.9	電波法関係審査基準 図 1 及び図 2 より
26	回線稼働率	%	99.95 以上	99.95 以上	99.95 以上	99.95 以上	電波法関係審査基準 図 1 及び図 2 より
27	システム不稼働時間	min	262.8 以下	262.8 以 下	262.8 以下	262.8 以下	

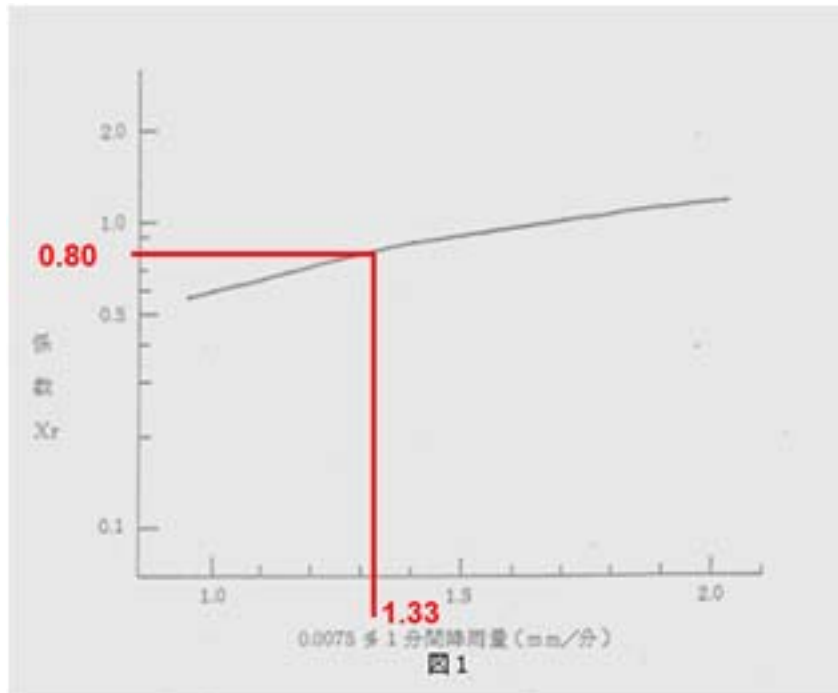


図 4-8 降雨量の地域分布による係数

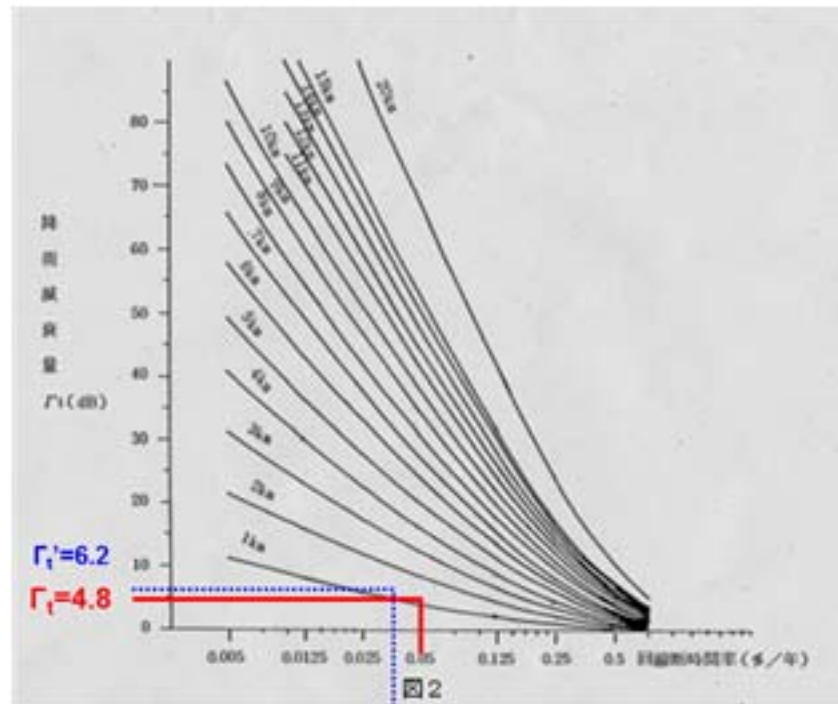


図 4-9 0.0075%1分間降雨量 1.66mm/分の降雨減衰量

4.3.7. 干渉検討

干渉検討について、既存の 23GHz 帯無線伝送システムにおける隣接システム（「移動通信基地局エントランス回線用無線システム」と「法第 56 条の規定により指定を受けた電波天文業務の受信設備（以下、電波天文台）」）との共存条件に沿って、より条件の厳しい電波天文台に対する与干渉検討を実施する。

フィールド試験時の電波天文台へ与干渉検討については、双方向のシステムであることから親局（1 次側）及び子局（2 次側）それぞれについて検討を行い、条件を満足することを確認した。親局側の結果を図 4-10、表 4-12 に子局側の結果を図 4-11、表 4-13 にそれぞれ示す。



図 4-10 親局における電波天文台への余干渉ルート図

表 4-12 「電波天文台への与干渉（法第 56 条）」検討結果（親局（1 次側））

項番	項目	単位	被干渉局							備考	
			高萩局	日立局	つくば局	NICT鹿島局	野辺山局	JAXA臼田局	岐阜大岐阜局		
1	被干渉局までの伝搬距離	d	km	246.9	246.6	188.5	241.5	53.4	24.5	142.4	
2	周波数	f	MHz	23,600	23,600	23,600	23,600	23,600	23,600	23,600	
3	被干渉局の角度	θ_1	deg	-13.7	-13.7	3.0	5.7	36.2	18.3	142.8	送信空中線の指向方向に対する被干渉局の角度
4	23GHz帯送信局の帯域外不要輻射電力	P_{sp}^{f}	dBm/MHz	-33.0	-33.0	-33.0	-33.0	-33.0	-33.0	-33.0	電波法関係審査基準より固定局:-33[dBm/MHz]
5	23GHz帯固定局の送信給電線系損失	L_{tt}	dB	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
6	23GHz帯固定局の角度 θ_1 方向の送信アンテナ利得	G_{23G}	dBi	-5.3	-1.0	23.9	15.6	-4.6	-7.9	-25.8	パラボラアンテナ($\phi 0.3\text{m}$)の θ_1 方向の利得
7	23.6GHzにおける自由空間伝搬損失	L_p	dB	167.7	167.7	165.4	167.5	154.4	147.6	162.9	$L_p = 32.4 + 20\log(d) + 20\log(f)$ [d[km], f[MHz]]
8	山岳等による遮蔽損失	L_s	dB	0.0	0.0	15.4	4.8	0.0	0.0	0.0	自由空間伝搬損失のみで許容干渉量を満足する場合は0.0[dB]として計算
9	電波天文業務の角度 θ_2 方向の受信アンテナ利得	$G_{\text{天文}}$	dBi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	電波法関係審査基準より
10	算出された与干渉値	P_{rs}	dBm/MHz	-210.5	-206.2	-194.4	-194.2	-196.5	-193.0	-226.2	$P_{rs} = P_{\text{sp}}^{\text{f}} - L_{\text{tt}} + G_{23G}(\theta_1) - L_p - L_s + G_{\text{天文}}(\theta_2)$
11	電波天文業務の許容干渉量	P_{lims}	dBm/MHz	-191.6	-191.6	-191.6	-191.6	-191.6	-191.6	-191.6	電波法関係審査基準より
12	許容干渉量までのマージン	M_s	dB	18.9	14.6	2.8	2.6	4.9	1.4	34.6	$M_s = P_{\text{lims}} - P_{rs}$

図 4-11 子局における電波天文台への余干渉ルート図

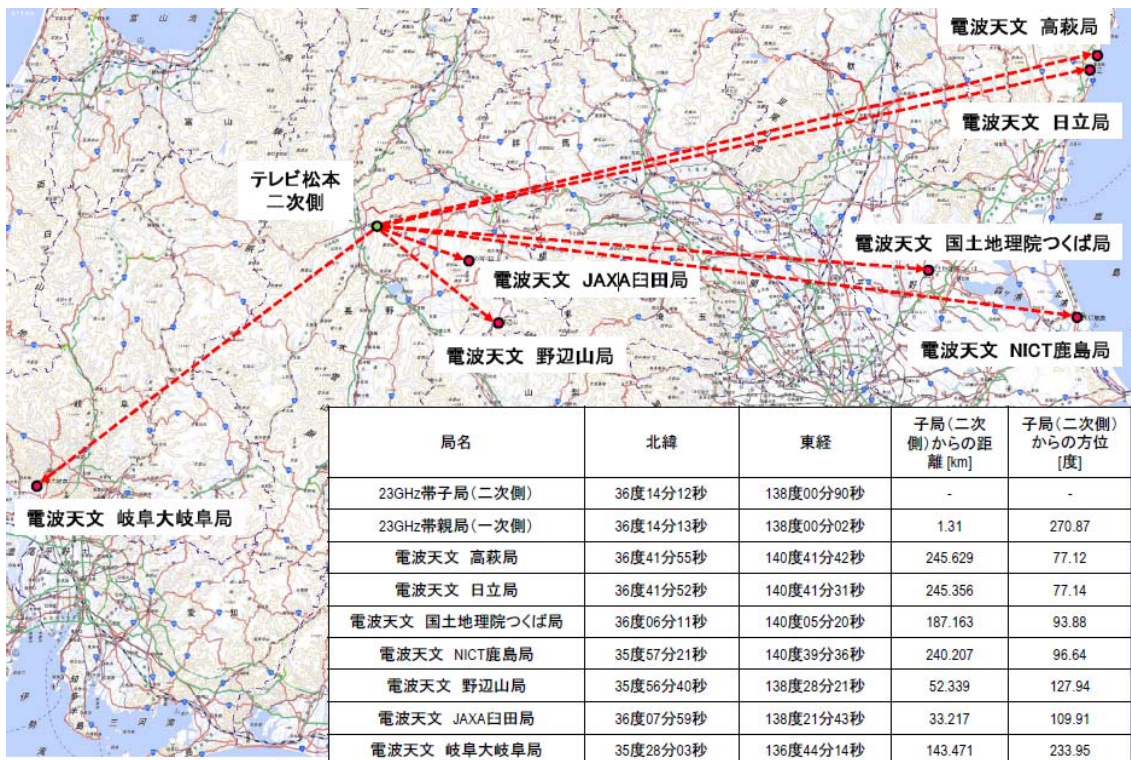


表 4-13 「電波天文台への与干渉（法第 56 条）」検討結果（子局（2 次側））

項番	項目	単位	被干渉局							備考	
			高萩局	日立局	つくば局	NICT 鹿島局	野辺山 局	JAXA 臼田局	岐阜大 岐阜局		
1	被干渉局までの伝搬距離	d	km	246.6	245.4	187.2	240.2	53.3	33.2	143.5	
2	周波数	f	MHz	23,600	23,600	23,600	23,600	23,600	23,600	23,600	
3	被干渉局の角度	θ_1	deg	166.3	166.3	-177.0	-174.2	-142.9	-161.0	-36.9	送信空中線の指向方向に対する被干渉局の角度
4	23GHz帯送信局の帯域外不要輻射電力	$P_{\text{sp}}^{\text{dBm/MHz}}$	dBm/MHz	-33.0	-33.0	-33.0	-33.0	-33.0	-33.0	-33.0	電波法関係審査基準より 固定局：-33[dBm/MHz]
5	23GHz帯固定局の送信給電線系損失	L_{ft}	dB	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
6	23GHz帯固定局の角度 θ_1 方向の送信アンテナ利得	G_{23G}	dBi	-33.5	-29.8	-23.6	-31.6	-23.7	-26.4	-5.0	パラボラアンテナ($\phi 0.3\text{m}$)の θ_1 方向の利得
7	23.6GHzにおける自由空間伝搬損失	L_p	dB	167.7	167.7	165.3	167.5	154.4	150.3	163.0	$L_p = 32.4 + 20\log(d) + 20\log(f)$ $f[\text{MHz}]$, $d[\text{km}]$
8	山岳等による遮蔽損失	L_s	dB	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	自由空間伝搬損失のみで許容干渉量を満足する場合は0.0[dB]として計算
9	電波天文業務の角度 θ_2 方向の受信アンテナ利得	$G_{\text{天文}}$	dBi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	電波法関係審査基準より
10	算出された与干渉値	P_{rs}	dBm/MHz	-238.7	-235.0	-226.4	-236.6	-215.6	-214.2	-205.5	$P_{\text{rs}} = P_{\text{sp}}^{\text{dBm/MHz}} - L_{\text{ft}} + G_{23G}(\theta_1) - L_p - L_s + G_{\text{天文}}(\theta_2)$
11	電波天文業務の許容干渉量	P_{lims}	dBm/MHz	-191.6	-191.6	-191.6	-191.6	-191.6	-191.6	-191.6	電波法関係審査基準より
12	許容干渉量までのマージン	M_s	dB	47.1	43.4	34.8	45.0	24.0	22.6	13.9	$M_s = P_{\text{lims}} - P_{\text{rs}}$

既存の 23GHz 帯無線伝送システムにおける隣接システム（「移動通信基地局エントランス回線用無線システム」と「電波天文台」）との共存条件については、FDM-SSB 変調波 1 波としての規定である。また、関係する送信スペクトルマスク規定についても、伝送するデジタルケーブルテレビ信号の種類によらず FDM-SSB 変調波 1 波として満足すべき条件であることから、伝送するデジタルケーブルテレビ信号の変調方式が OFDM 信号や 64QAM 信号以外であったとしても、既存の送信スペクトルマスク規定を満足するよう 23GHz 帯無線伝送システムは設計・調整される。

よって、FDM-SSB 方式で新たなデジタルケーブルテレビ信号（256QAM や J.382、DOCSIS などの変調方式）を伝送する場合でも、与干渉検討で使用する 23GHz 帯送信局の帯域外不要発射電力(23.6GHz～23.8GHz)は既存の値(固定局：-33dBm/MHz、陸上移動局：-63dBm/MHz)と同じになるため、隣接システムとの共存条件についても、現行基準と同じにすることが望ましいと考える。

4.3.8. 測定結果

4.3.8.1. 256QAMにおける時系列変化

図 4-12 に 2017 年 12 月 28 日から 2018 年 3 月 20 日までの、子局側（2 次側）における 256QAM（11ch : H 偏波）の信号品質（C/N 比、BER、MER など）と 1 分間降雨量の時系列変化を示す。期間を通じて回線設計で使用した降雨量（1.33mm/min）を超える降雨はなかったが、2/28 日に比較的大きな減衰が発生しており、同タイミングで MER や BER の劣化も発生している。

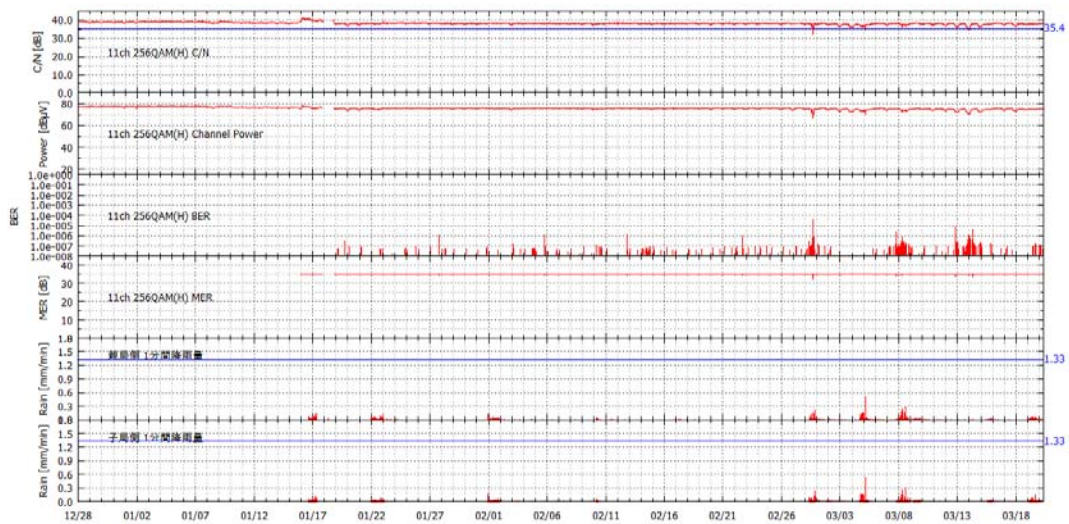


図 4-12 子局側 256QAM 信号品質・降雨量

次に図 4-13 に 2017 年 12 月 28 日から 2018 年 3 月 20 日までの、親局側（1 次側）における 256QAM（11ch : H 偏波）の信号品質（C/N 比、BER、MER など）と 1 分間降雨量の時系列変化を示す。期間を通じて安定しており、入力信号系には異常がなかったことが分かる。

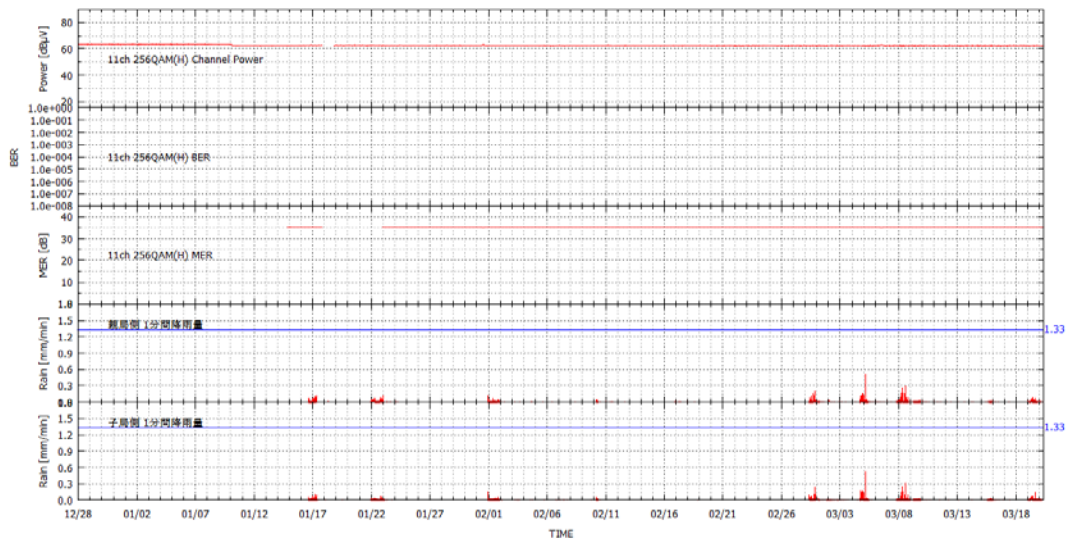


図 4-13 親局側 256QAM 信号品質・降雨量

4.3.8.2. 256QAMにおける時系列詳細変化

図 4-14 に 2018 年 2 月 28 日から 2018 年 3 月 1 日までの、子局側（2 次側）における 256QAM（11ch：H 偏波）の信号品質（C/N 比、BER、MER など）と 1 分間降雨量の時系列変化を示す。

3 月 1 日の 7 時ごろ 10dB 程度の搬送波レベルの減衰が発生し、それに伴い C/N 比や BER、MER の劣化も発生しているが、降雨のタイミングとはズレており、また観測された降雨量も 10dB 程度の減衰が発生するほどの降雨強度ではない。

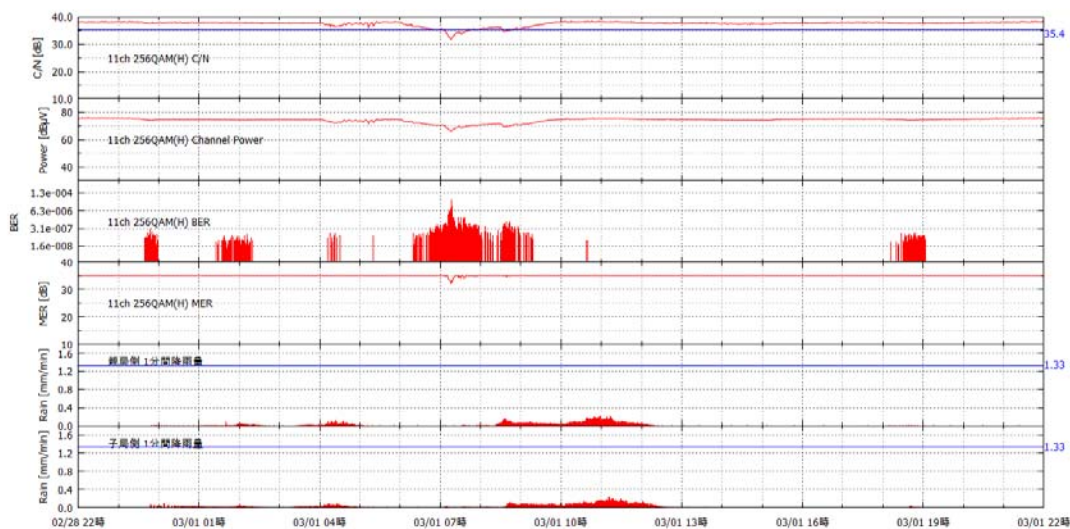


図 4-14 子局側 256QAM 信号品質・降雨量 (2/28~3/1)

図 4-15 に 2018 年 2 月 28 日から 2018 年 3 月 1 日までの、子局側 (2 次側) における 256QAM (11ch: H 偏波) の信号品質 (C/N 比、BER、MER など)、XPD、1 分間降雨量、並びに天候の時系列変化を示す。

3 月 1 日の 7 時ごろに発生した 10dB 程度の搬送波レベルの低下では、C/N 比や MER、BER の劣化が観測されたが、XPD については特に劣化は見られなかった。

一方、搬送波レベルの変動に着目すると、3 月 1 日の 4 時から 7 時にかけてほぼ連続的に低下し、その後 10 時にかけてゆっくりと連続的に上昇しており、最も搬送波レベルが低下した前後において 1 分間降雨量が観測されておらず、一般的な降雨によるレベル変動 (減衰) とは異なる現象を示している。1 分間降雨量が観測されていない原因としては、7 時から 13 時にかけて長時間に渡る少量の 1 分間降雨量が連続して観測されていること、気象庁のデータによると 3 月 1 日の未明から 10 時にかけて曇 (みぞれ) が観測されており、気温も氷点下であったことから、曇が降雨強度計の受水口に氷として固まってしまい、その後ゆっくり溶け出したことにより 1 分間降雨量が正確に計測できなかったと予想される。また、搬送波レベルの変動についても、本気象条件から、アンテナのレドーム面に曇が付着して氷として固まった影響によるものと考えられ、本現象については通常の降雨減衰や XPD の劣化によるものとは異なるものと推測される。

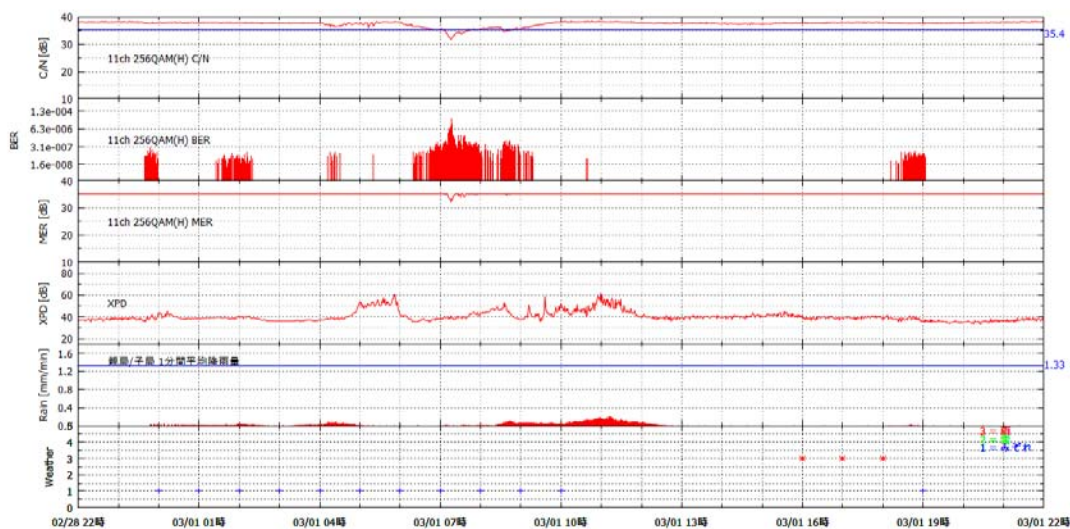


図 4-15 子局側 256QAM 信号品質・降雨量・天候

4.3.8.3. XPD における時系列変化

図 4-16 に 2017 年 12 月 28 日から 2018 年 3 月 20 日までの子局側（2 次側）における V 偏波を主偏波とする無変調信号（CW：629MHz/23441.5MHz）のレベルと同無変調信号（CW：254MHz/23441.5MHz）の H 偏波からの出力レベル、XPD、1 分間降雨量の時系列変動を示す。

期間を通じて XPD の大きな劣化は見られないが、H 偏波からの出力レベルが大きく減衰しており、見かけ上 XPD が改善するといった現象が発生している。

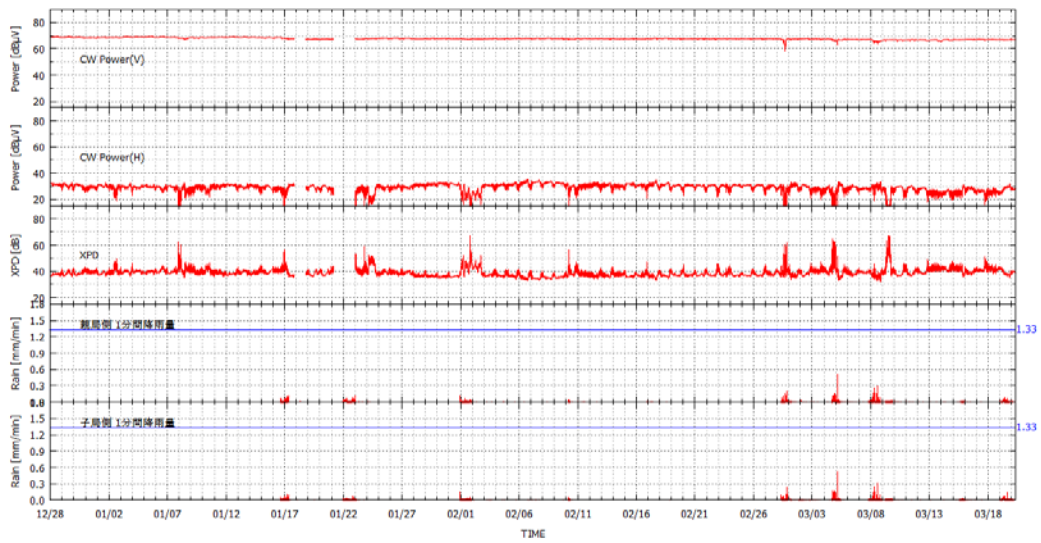


図 4-16 子局側無変調信号レベル・XPD・降雨量

4.3.8.4. 降雨量・降雨強度、及び気象状況（天候）における時系列変化

図 4-17 に 2017 年 12 月 28 日から 2018 年 3 月 20 日までの、長野県松本市における気象状況（天候）、気象庁による 10 分間降雨量、並びに降雨強度計による 10 分間降雨量の時系列変化を示す。

降雨強度計による 10 分間降雨量と気象庁発表の 10 分間降雨量に大きな差異は発生していないが、2 月 28 日から 3 月 1 日のピーク値について、降雨強度による結果の方が時間的に遅いことが分かり、4.3.8.2 で言及した曇による影響と考えられる。

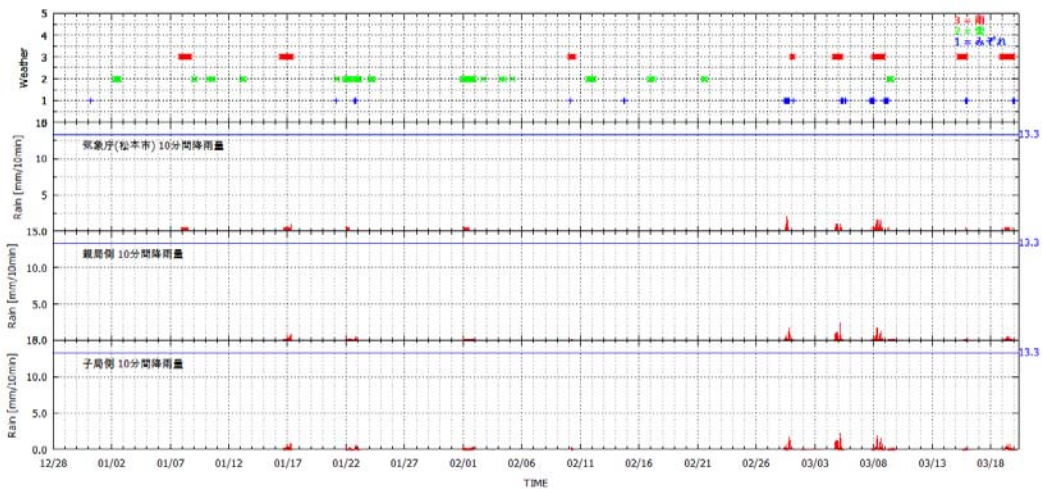


図 4-17 松本市における天候・降雨量・降雨強度

4.3.8.5. XPD 相関

C/N 比と XPD の相関を確認するため、フィールドの設置した 23GHz 帯無線システムを使用してスポット測定を実施した。

4.3.8.5.1. 測定方法

図 4-18 に測定システムを示す。なお、本スポット測定においては、多チャンネル信号伝送による歪み等の影響を排除するため、UHF 帯 (V 偏波) に信号発生器からのデジタルケーブルテレビ信号 4 波 (31、32、33、34 チャンネル) と VHF 帯 (H 偏波) にケーブルインターネットの下り信号となる CMTS (Cable Modem Termination System) を用いた DOCSIS3.0 の 8 波 (8、9、10、11、12、C23、C24、C25 チャンネル) の構成とした。本測定におけるチャンネル構成を図 4-19 に、信号条件を表 4-14 に示す。



図 4-18 測定系統

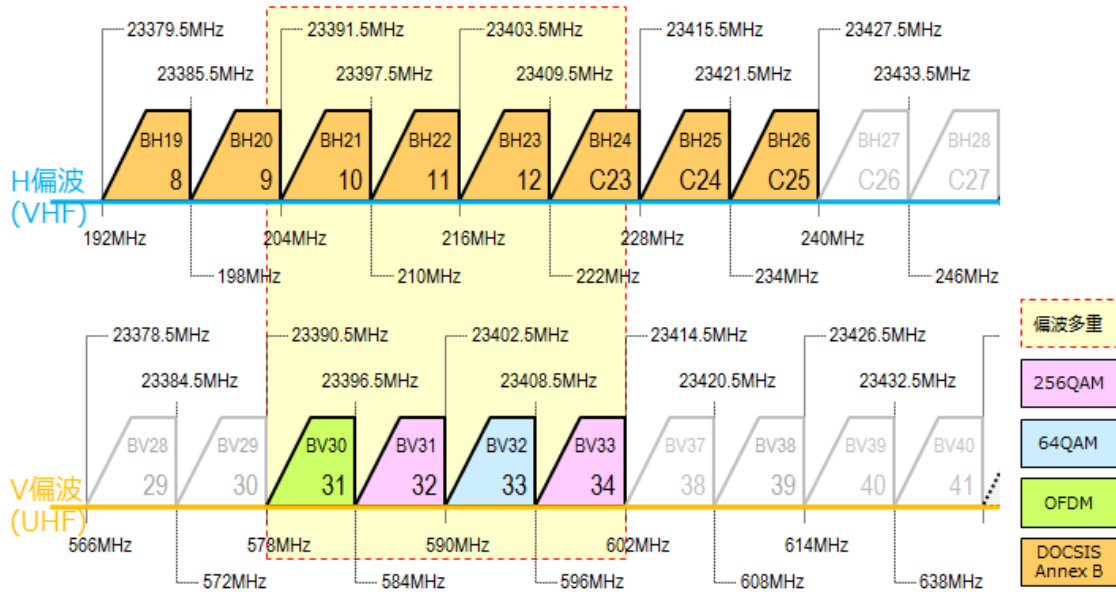


図 4-19 チャンネル構成

表 4-14 XPD スポット測定信号条件

	下り	備考
信号数	DOCSIS3.0:8波 256QAM : 2波 64QAM : 1波 OFDM : 1波	256QAM は 6dB のレベル差伝送

測定箇所Bにて V 偏波を主偏波とする無変調信号 (CW : 23441.5MHz) の H 偏波におけるレベル (CW_H : 254MHz) と V 偏波におけるレベル (CW_V : 629MHz) を測定し、その比を求めることで XPD の値を確認する。なお、測定箇所Bでの測定は無線機内部の周波数特性が関係することからアンテナ出力箇所 (2次側無線機入力部) でも同様の測定を行う。本測定により算出される XPD (XPD1) は以下の式で表される。

$$XPD1 = 10 \log \left(\frac{CW_V}{CW_H} \right)$$

また、XPD について測定区間の C/N 比からも算出を行う。C/N 比は二次側の値と一次側

の値との差分で求めることができることから、単一偏波で伝送した時の C/N 比と多重偏波にて伝送を行ったときの C/N 比を比較した差分が XPD の性能に相当すると考えられる。

具体的な算出方法として、測定箇所Aにて伝送する信号の C/N 比 (CN_{TX})、単一偏波伝送を行った際の測定箇所Bでの C/N 比 (CN_{Rx1})、多重偏波伝送を行った際の測定箇所Bでの C/N 比 (CN_{Rx2}) をそれぞれ測定する。この時、単一偏波伝送時の C/N 比 (CN₁) と多重偏波伝送時の C/N 比 (CN₂) はそれぞれ次の式にて表される。

$$CN1 = -10\log\left(10^{-\frac{CN_{TX}}{10}} + 10^{-\frac{CN_{Rx1}}{10}}\right)$$

$$CN2 = -10\log\left(10^{-\frac{CN_{TX}}{10}} + 10^{-\frac{CN_{Rx2}}{10}}\right)$$

また、上記 CN₁、CN₂ は以下の関係で表される。

$$CN1 + XPD = CN2$$

上式より算出される XPD (XPD₂) は次のように表される。

$$XPD2 = -10\log\left(10^{-\frac{CN2}{10}} - 10^{-\frac{CN1}{10}}\right)$$

これらにより算出された XPD₁ と XPD₂ より XPD の性能について検討を行う。

4.3.8.5.2. 結果

XPD₁ の測定結果を表 4-15 に示す。子局出力の XPD 値は 40.5dB、子局入力での XPD 値は 37.6dB となり、2.9dB の差が生じた。これは無線機内における周波数特性が関係していると考えられる。

表 4-15 XPD₁ 測定結果 (CN)

測定点		CW _v	CW _H	XPD[dB]
周波数 [MHz]	23GHz 帯	23441.5	23441.5	-
	VHF/UHF 帯	254	629	
子局出力 [dBm]		-65.0	-24.5	40.5
子局入力 [dBm]		-99.3	-61.7	37.6

次に親局の入力、偏波多重時の子局の出力、単一偏波の子局の出力における C/N 比の測定結果を表 4-16 に示す。本表より本伝送における伝送についてほぼ劣化なく伝送することができていることがわかる。

表 4-16 XPD スポット測定結果 (C/N 比)

測定点	測定項目	1	2	3	4	5	6
		31ch	32ch	33ch	34ch	8ch	9ch
		581MHz	587MHz	593MHz	599MHz	195MHz	201MHz
		23393.5MHz	23399.5MHz	23405.5MHz	23411.5MHz	23382.5MHz	23388.5MHz
		V 偏波	V 偏波	V 偏波	V 偏波	H 偏波	H 偏波
OFDM	256QAM	64QAM	256QAM	256QAM Annex.B	256QAM Annex.B		
親局入力 (1 分岐主信号)	C/N[dB]	50.2	53.2	47.4	47.2	38.4	38.2
	BER[Pre]	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	3.90E-09	1.00E-09	1.00E-09
	MER[dB]	35.0	47.4	42.3	44.1	50.0	50.0
子局出力 【偏波多重伝送】	C/N[dB]	35.3	41.9	35.4	35.4	32.6	32.2
	BER[Pre]	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09
	MER[dB]	32.1	40.5	34.6	35.0	32.6	32.3
子局出力 【単一波伝送】	C/N[dB]	36.8	42.4	36.8	36.0	31.8	31.8
	BER[Pre]	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	4.90E-09	1.00E-09	1.00E-09
	MER[dB]	32.6	41.2	35.4	35.6	31.5	31.5

測定点	測定項目	7	8	9	10	11	12
		10	11	12	C23	C24	C25
		207MHz	213MHz	219MHz	225MHz	231MHz	237MHz
		23394.5MHz	23400.5MHz	23406.5MHz	23412.5MHz	23418.5MHz	23424.5MHz
		H 偏波	H 偏波	H 偏波	H 偏波	H 偏波	H 偏波
256QAM Annex.B	256QAM Annex.B	256QAM Annex.B	256QAM Annex.B	256QAM Annex.B	256QAM Annex.B		
親局入力 (1 分岐主信号)	C/N[dB]	38.8	38.4	38.2	37.7	37.7	37.8
	BER[Pre]	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09
	MER[dB]	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
子局出力 【偏波多重伝送】	C/N[dB]	29.7	27.7	30.2	29.4	31.6	31.7
	BER[Pre]	6.80E-08	1.80E-05	1.00E-09	3.60E-07	1.00E-09	1.00E-09
	MER[dB]	29.9	27.5	30.5	29.0	31.6	31.4
子局出力 【単一波伝送】	C/N[dB]	31.9	31.5	31.7	29.6	30.8	30.8
	BER[Pre]	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	9.20E-08	1.00E-09	1.00E-09

	MER[dB]	31.7	31.4	31.3	29.3	30.9	30.7
--	---------	------	------	------	------	------	------

最後に表 4-17 に算出した結果を示す。XPD2 について表 4-15 の XPD1 と比較すると、DOCSIS 信号との偏波多重伝送を行ったチャンネルにおいて CN1 よりも CN2 が高くなったことで算出されていない項目はあるものの、DOCSIS 以外の 3 チャンネル (31、33、34 チャンネル) においては近い値となっていることがわかる。

一方、32 チャンネル (256QAM) 及び同帯域にて多重伝送を行った 11 チャンネル (256QAM) については 10dB 以上の大きな差分が発生しており、これは該当チャンネルが 6dB のレベル差伝送を行っていることが要因であると考えられる。該当チャンネルにおいて CN1 と XPD2 からの CN2 を算出した値についても 3dB 程度の差が発生しており、このことから偏波多重による 256QAM のレベル差伝送を行う際はチャンネル配列等を検討して伝送する等の注意が必要である。

表 4-17 XPD スポット測定結果 (XPD)

No.		1	2	3	4	5	6
チャンネル		31	32	33	34	8	9
周波数[MHz]	RF 周波数	581	587	593	599	195	201
	無線周波数	23393.5	23399.5	2405.5	23411.5	23382.5	23388.5
変調方式		OFDM	256QAM	64QAM	256QAM	256QAM Annex.B	256QAM Annex.B
CN1 (多重無) [dB]		36.6	42.1	36.4	35.7	30.9	30.9
CN2 (多重有) [dB]		35.2	41.6	35.1	35.1	31.6	31.2
XPD2		40.6	51.5	41.0	44.3	-	-
CN1 と XPD1(40.5)からの CN2 換算値 [dB]		35.1	38.2	35.0	34.5	30.5	30.5
CN1 と XPD1(37.6)からの CN2 換算値 [dB]		34.1	36.3	34.0	33.5	30.1	30.1

No.		7	8	9	10	11	12
チャンネル		10	11	12	C23	C24	C25
周波数[MHz]	RF 周波数	207	213	219	225	231	237
	無線周波数	23394.5	23400.5	2406.5	23412.5	23418.5	23424.5
CN1 (多重無) [dB]		31.1	30.7	30.8	29.0	30.0	30.0
CN2 (多重有) [dB]		29.2	27.3	29.6	28.8	30.6	30.7
XPD2		33.7	30.0	35.5	42.9	-	-
CN1 と XPD1(40.5)からの CN2 換算値 [dB]		30.6	30.3	30.4	28.7	29.6	29.6

CN1とXPD1(37.6)からの CN2換算値 [dB]	30.2	29.9	30.0	28.4	29.3	29.3
----------------------------------	------	------	------	------	------	------

また、「CN1とXPD1から算出されるCN2換算値」とCN2について比較するとほぼ同じ値であることから、XPDによるC/N比への影響は殆ど無いことがわかる。今回の現地測定においてはXPD値が37.6dB確保できていたことから、前年度の「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」平成28年度成果報告における「表5-7 偏波多重伝送試験(D/U比変化) レベル差なし」(表4-18)より4096QAM(符号化率4/5)の伝送が可能であると言える。

しかしながら、本検討は今回のスポット測定をベースとしたものであることから、更なる測定を行い、値を検討することが今後の課題となる。

表 4-18 偏波多重伝送試験(D/U比変化) レベル差なし
(「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」平成28年度成果報告における表5-7より引用)

変調方式		所要 CNR	D/U比 [dB]	C/N比 [dB]	BER	MER [dB]	備考
64QAM		26dB 以上	49.4	38.6	0.00E+00	36.9	
			25.4	25.0	9.70E-05	24.8	
256QAM		34dB 以上	48.9	38.3	2.00E-07	46.5	
			32.2	31.8	1.90E-04	31.3	
J.382	256QAM 符号化率 9/10	26dB 以上	49.4	37.2	0.00E-08	34.5	
			26.4	24.8	3.28E-06	25.5	
	1024QAM 符号化率 9/10	33dB 以上	48.9	38.5	0.00E-08	35.2	
			33.1	32.2	2.18E-07	31.2	BER計測3分
	4096QAM 符号化率 4/5	37dB 以上	48.6	38.2	0.00E-08	34.9	
			37.5	34.9	2.96E-06	33.4	BER計測1分
	4096QAM 符号化率 5/6	40dB 以上	-	-	-	-	
			-	-	-	-	

4.4. 偏波多重伝送試験

4.4.1. 目的

偏波多重伝送試験では、平成 28 年度調査検討にて試作した双方向機能を有する 23GHz 帯無線伝送システム（0.3m 径パラボラアンテナ、OMT を含む）をフィールドに設置し、256QAM 等のデジタルケーブルテレビ信号を偏波多重により無線伝送し、その性能を確認することにある。

偏波多重伝送試験は、降雨減衰や XPD の劣化などによる影響を確認するための長期測定と、無線伝送区間の性能を確認するスポット測定の 2 つからなり、長期測定に関しては別途記述する。

4.4.2. 測定系統図

図 4-20 に偏波多重伝送に関する測定系統図を示す。

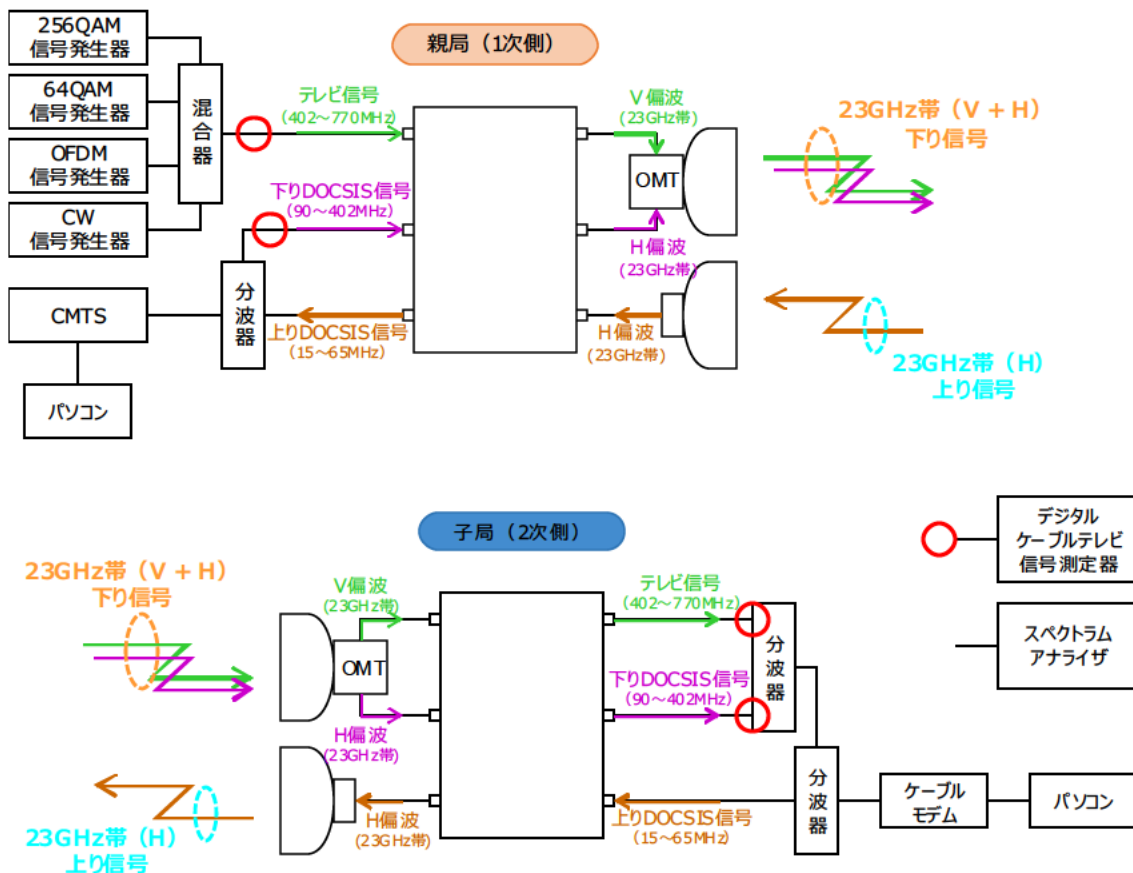


図 4-20 偏波多重伝送試験に関する測定系統図

4.4.3. 試験方法

フィールドに設置した双方向機能を有する 23GHz 帯無線伝送システムに信号発生器からのデジタルケーブルテレビ信号 (OFDM、64QAM、256QAM など) と、ケーブルインターネットの下り信号となる CMTS (Cable Modem Termination System) のよる下り DOCSIS 信号 (DOCSIS3.0) を入力し、無線伝送前後での信号品質 (C/N 比、BER、MER など) を計測する。

デジタルケーブルテレビ信号については垂直偏波 (V 偏波) で、DOCSIS 信号については水平偏波 (H 偏波) で伝送することとし、単一偏波で伝送する場合と、偏波多重で伝送する場合の 2 つの伝送パターンで図 4-20 の赤丸で示した性能規定点でデジタルケーブルテレビ信号 (OFDM、64QAM、256QAM) の品質 (C/N 比、BER、MER) を計測する。

4.4.4. 伝送信号条件

本試験で伝送する変調信号について、図 4-21 と表 4-19 に示す。

偏波多重伝送による影響を確認するため、無線伝送周波数である 23GHz 帯において各偏波の信号が重なる用に信号を配置する。伝送信号のレベルについては、通常のケーブルテレビ利用を想定し、256QAM については 64QAM の信号レベルに対して +6dB とするようにし、その他の信号については同じレベルに設定する。

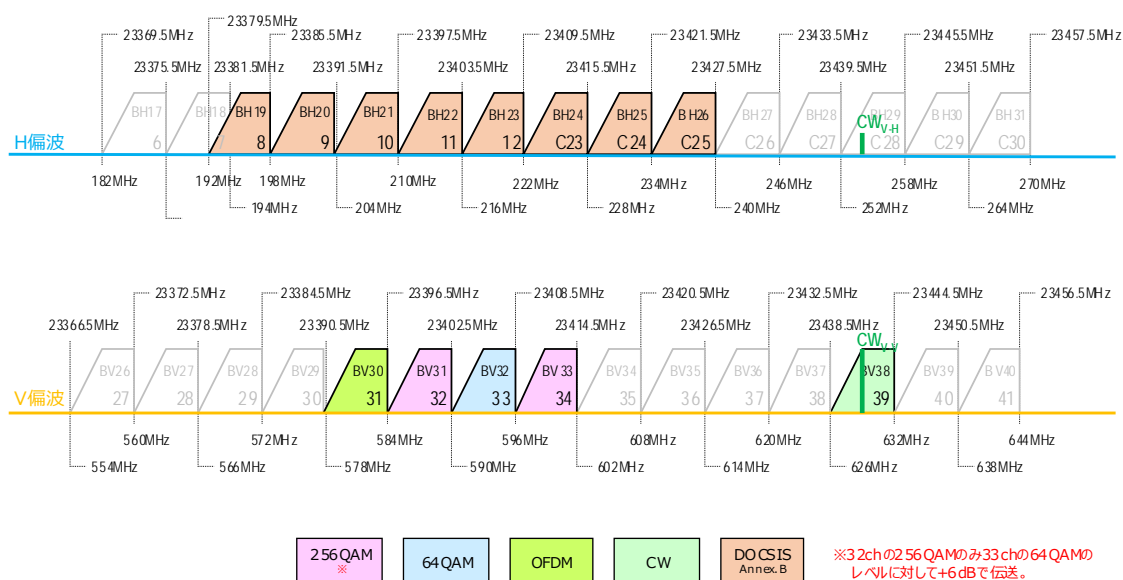


図 4-21 偏波多重伝送試験で使用する伝送信号イメージ (信号配列)

表 4-19 測定チャンネルプラン

	偏波面	CH	周波数 [MHz]	変調方式	備考
上り	水平	-	20.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	水平	-	30.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	水平	-	40.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	水平	-	50.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	水平	PT _{UP}		70.0	CW

下り	水平	8	195.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	9	201.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	10	207.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	11	213.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	12	219.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	C23	225.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	C24	231.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	C25	237.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	PT _H	156.25	CW	23, 343.75MHz. パイロット信号。
	垂直	31	581.0	OFDM	
	垂直	32	587.0	256QAM	33ch に対して+6dB
	垂直	33	593.0	64QAM	
	垂直	34	599.0	256QAM	33ch に対して+0dB
	垂直	39	629.0	CW	XPD 計測用無変調信号
	垂直	PT _V	467.75	CW	23, 281.25MHz. パイロット信号。

4.4.5. 測定結果

表 4-20 に本無線リンクにおける XPD の測定結果を、表 4-21 に偏波多重伝送における試験結果を示す。

表 4-20 XPD 測定結果

CH 周波数 [MHz]	変調 方式	性能規定点	測定結果			備考
			受信レベル [dBm]	D/U 比 [dB]	XPD [dB]	
XPD _V 629.0	CW	下り空中線端 子[V 偏波]	-61.7	37.6	37.6	
XPD _H 254.0	CW	下り空中線端 子[H 偏波]	-99.3			

XPD は、垂直偏波を主偏波として垂直・水平偏波での受信電力結果より、下記の計算式により算出。

$$XPD[dB] = 10 \log \left(\frac{P_V}{P_H} \right)$$

表 4-21 偏波多重伝送における試験結果

CH 周波数 [MHz]	変調 方式	性能規定点	測定結果			備考
			C/N 比 [dB]	BER	MER [dB]	
31ch 581.0	OFDM	無線機入力	47.2	1.00E-09	33.1	
		無線機出力 (偏波多重)	32.3	1.00E-09	32.1	
		無線機出力 (単一偏波)	31.5	1.00E-09	32.6	
32ch 587.0	256QAM	無線機入力	53.2	-	-	データ欠損。
		無線機出力 (偏波多重)	41.9	1.00E-09	37.0	
		無線機出力 (単一偏波)	42.4	1.00E-09	42.3	
33ch 593.0	64QAM	無線機入力	47.4	1.00E-09	42.3	
		無線機出力 (偏波多重)	35.4	1.00E-09	34.6	
		無線機出力 (単一偏波)	36.8	1.00E-09	35.4	
34ch 599.0	256QAM	無線機入力	47.2	3.90E-09	44.1	
		無線機出力 (偏波多重)	35.4	1.00E-09	35.0	
		無線機出力 (単一偏波)	36.0	4.90E-09	35.6	

表 4-21 の結果より、単一偏波伝送時の C/N 比と比較して偏波多重伝送時の C/N 比の方が 0.5dB から 1.0dB ほど劣化するという結果になった。それに伴い MER も劣化しているが、BER についてはほぼ劣化していない。XPD の性能 (37.5dB) を踏まえると、単一偏波伝送時からの劣化量はもう少し大きくなると予想されたが、実測値は異なる結果となった。

図 4-22 から図 4-25 に偏波多重伝送時と単一偏波伝送時におけるコンスタレーション図

を示す。本結果についても大きな劣化は認められなかった。

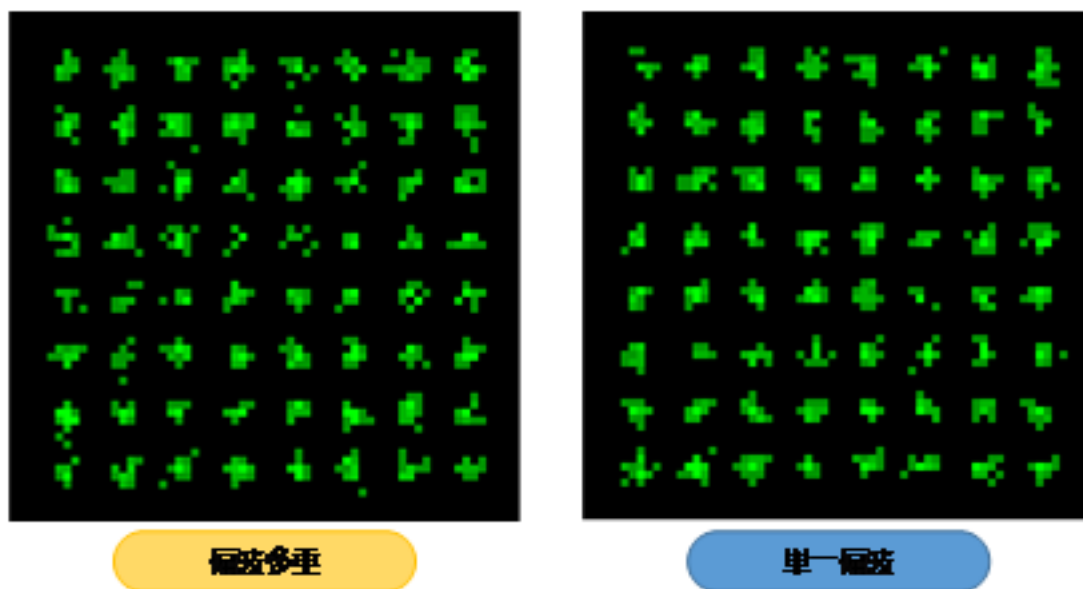


図 4-22 OFDM コンスタレーション比較図

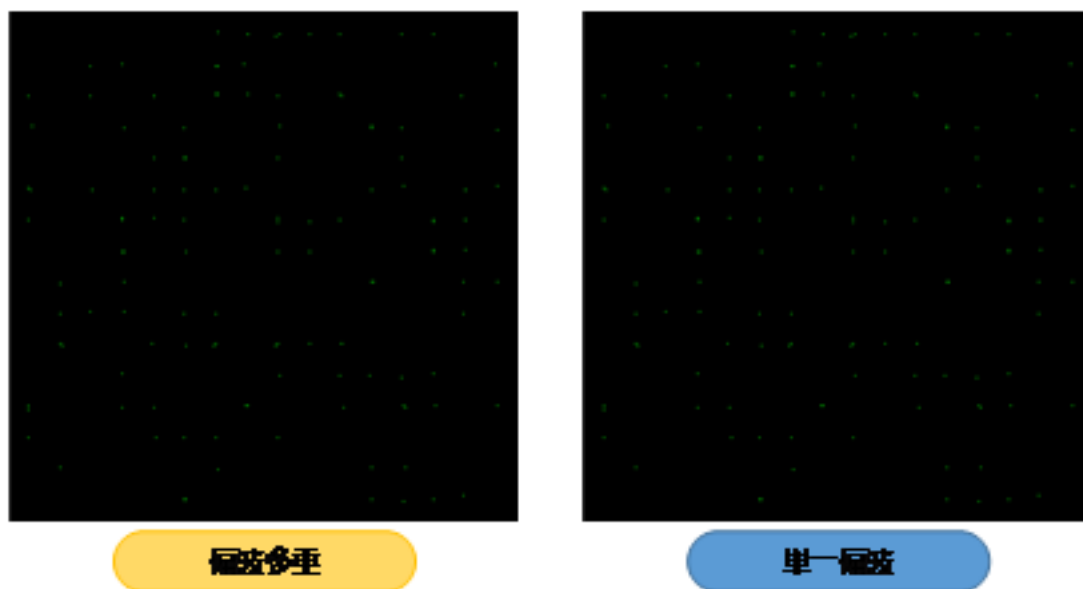


図 4-23 256QAM (64QAM+6dB) コンスタレーション比較図

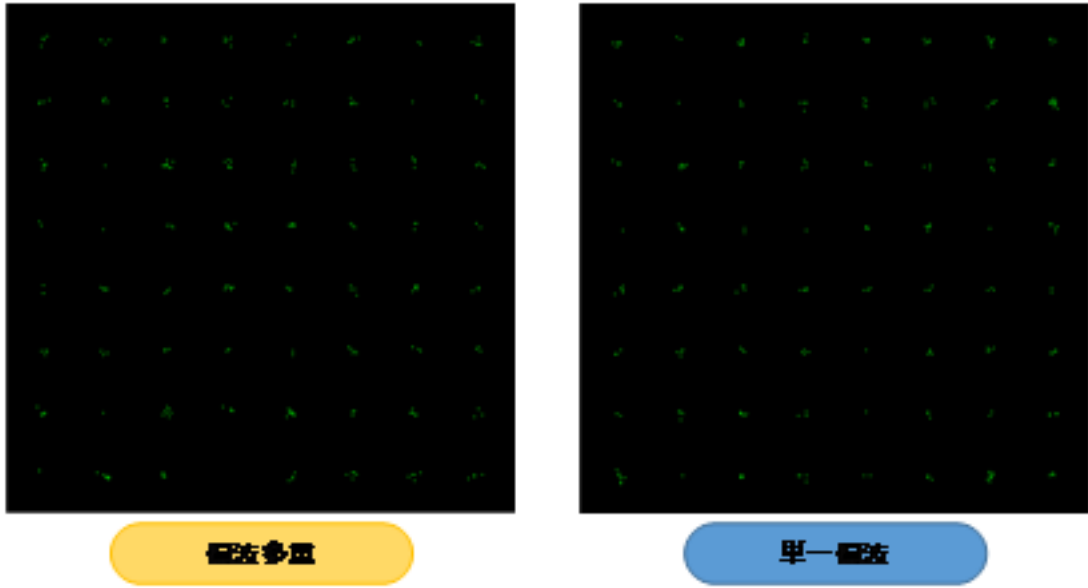


図 4-24 64QAM コンスタレーション比較図

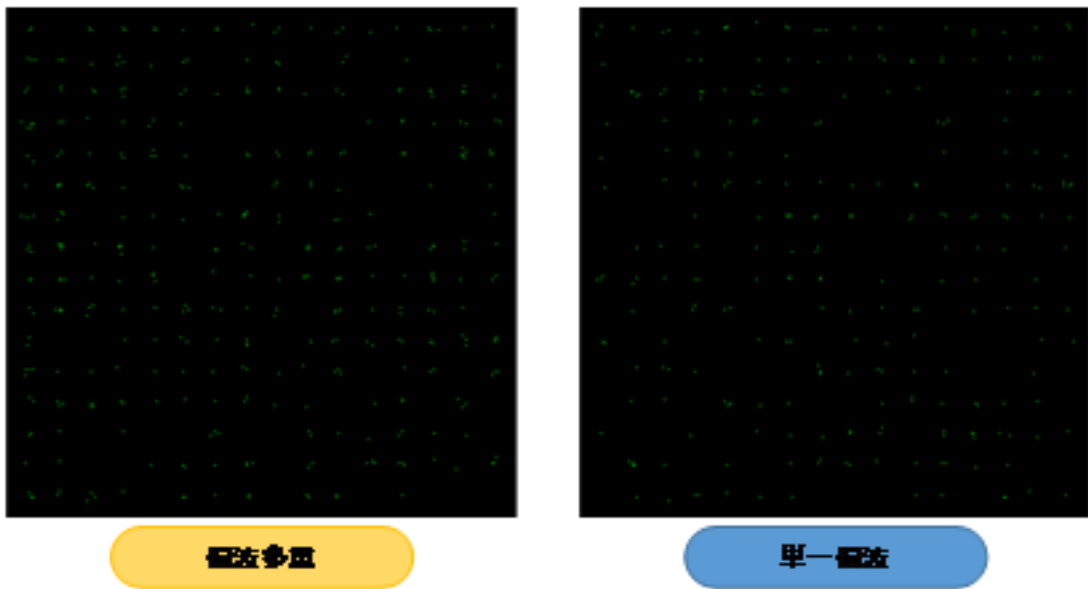


図 4-25 256QAM コンスタレーション比較図

4.5. アンテナ間回り込みによる影響

4.5.1. 目的

本調査検討では、平成 28 年度調査検討にて試作した上り信号と下り信号をそれぞれ別々のアンテナで送受する送受分離型とした双方向機能を有する 23GHz 帯無線伝送システムを使用してフィールド試験を実施する。アンテナの設置については、設置スペースの問題から、平成 28 年度に検討した垂直設置ではなく水平設置とし、アンテナ間の離隔については約 600mm とした。

本試験では、フィールドに設置した送受分離型双方向機能を有する 23GHz 帯無線伝送システムにおけるアンテナ間の回り込み量を計測し、同条件におけるデジタルテレビ信号品質への影響について確認する。

4.5.2. 測定系統図

図 4-26 にアンテナ間回り込み量による影響確認に関する測定系統図を示す。

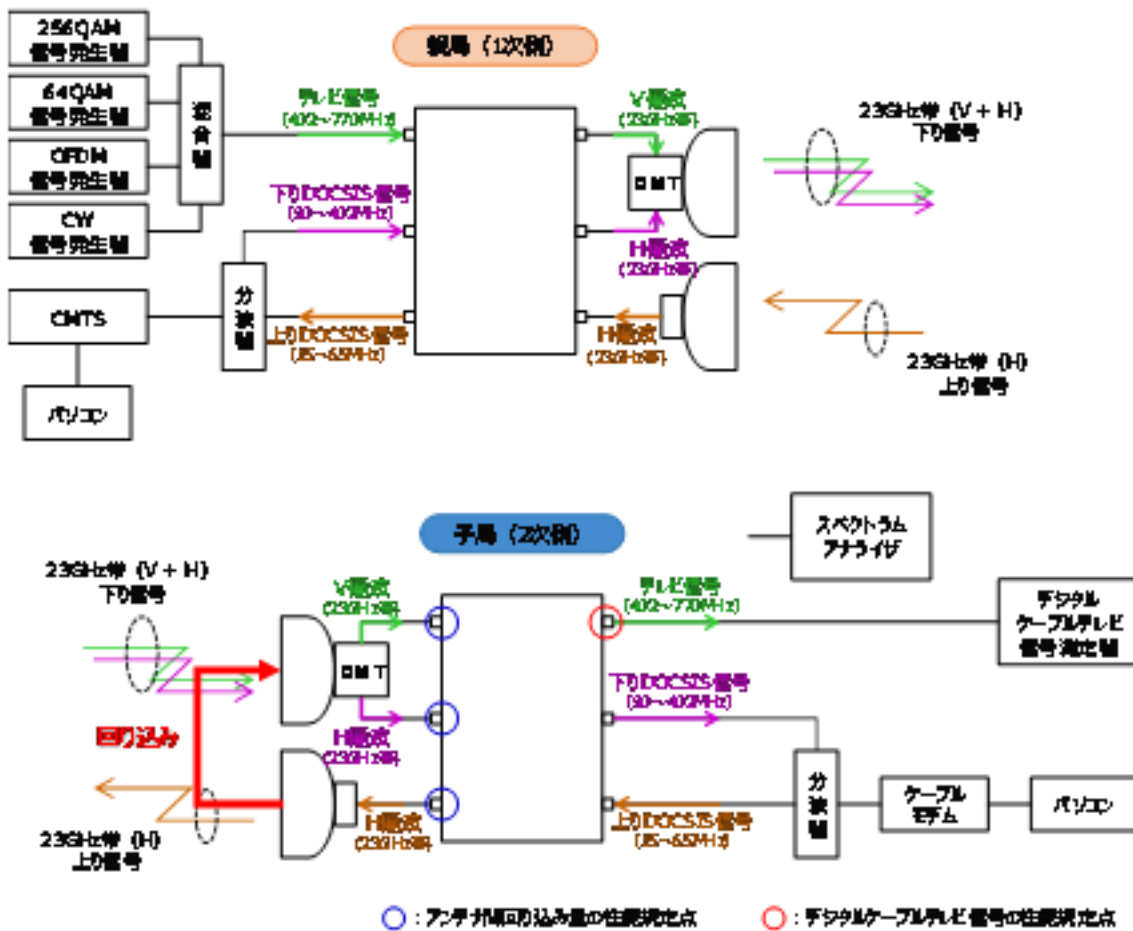


図 4-26 アンテナ間回り込み量による影響確認に関する測定系統図

4.5.3. 試験方法

フィールドに設置した送受分離型双方向機能を有する 23GHz 帯無線伝送システムにおけるアンテナ間の回り込み量の計測では、子局（2次側）の上り空中線端子（図 4-26 の青丸部分）で上りのパイロット信号（23,273.125MHz）の送信レベルを、下り水平偏波と垂直偏波用のそれぞれの空中線端子部（図 4-26 の青丸部分）で上りのパイロット信号の受信レベル（回り込みによるレベル）をスペクトラムアナライザで計測し、その差分から回り込み量を算出する。

デジタルケーブルテレビ信号への影響については、上り信号を連続送信状態とするためにスループット計測ソフト（iPerf）を使用し、上りのスループットの計測時（上り信号が常時送信状態）と非計測時（上り信号の送信がほぼ無い状態）の2パターンで、デジタルケー

ブルテレビ信号 (OFDM、64QAM、256QAM) の品質 (搬送波レベル、BER、MER) を計測する。

使用する計測ツール、並びに主な設定を表 4-26 に示す。

表 4-22 DOCSIS 計測ツール

測定内容	測定ツール	備考
スループット測定	iPerf3 Ver.3.1.3	計測：TCP スループット TCP Window Size：256Kbyte ストリーム数：10 計測時間：60sec CM から CMTS 方向を計測。

4.5.4. 伝送信号条件

本試験で伝送する変調信号について図 4-27 と表 4-23 に示す。

アンテナ間の回りこみによる影響については、異なる偏波間で無線伝送周波数となる 23GHz 帯の信号が上りと下りで重なっている部分の影響が最も大きいことから、上りチャンネル (H 偏波) の帯域と重なっている下りチャンネルの周波数帯 (V 偏波) に、信号品質の測定チャンネルを設定する。本試験では、20.0MHz を中心とする上り信号 (BH1 UP1) と 23GHz 帯で帯域が重なる C54 (411.0MHz：垂直偏波) を測定用チャンネルに設定し、上り信号の有無で各変調方式 (OFDM、64QAM、256QAM) の下り信号 (測定毎に変更) への影響がどのように現れるのかを確認する。

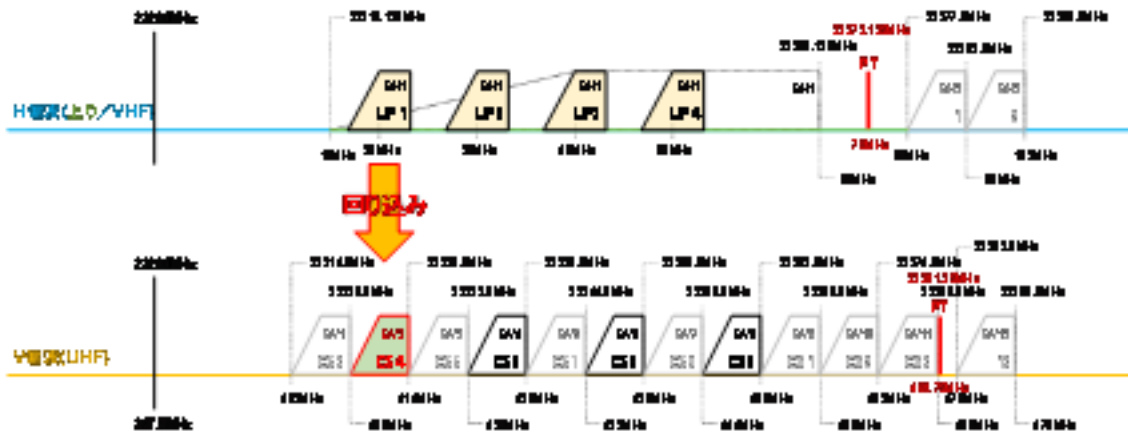


図 4-27 アンテナ間回り込み量による影響確認に関する伝送信号イメージ

表 4-23 測定チャンネルプラン（アンテナ間回り込みによる影響試験）

	偏波面	CH	周波数 [MHz]	変調方式	備考
上り	水平	UP1	20.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	水平	UP2	30.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	水平	UP3	40.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	水平	UP4	50.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	水平	PT _{UP}	70.0	CW	23, 273. 125MHz. パイロット信号
下り	水平	8	195.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	9	201.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	10	207.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	11	213.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	12	219.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	C23	225.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	C24	231.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	C25	237.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	PT _H	156.25	CW	23, 343. 75MHz. パイロット信号
	垂直	C54	411.0		64QAM/256QAM/OFDM 測定チャンネル
	垂直	C56	423.0		64QAM/256QAM/OFDM

	垂直	C58	435.0		64QAM/256QAM/OFDM
	垂直	C60	447.0		64QAM/256QAM/OFDM
	垂直	PT _v	467.75	CW	23, 281.25MHz. パイロット信号

4.5.5. 測定結果

表 4-24 にアンテナ間の回り込み量の計測結果を示す。

上りと下りのアンテナの離隔を 600mm として水平設置したとき、上りパイロット信号（水平偏波）の下り空中線端子（水平偏波と垂直偏波）への回り込み量は、下り水平偏波では約 88dB、下り垂直偏波では、約 96dB という結果になった。平成 28 年度調査検討で行った室内試験では、アンテナ間隔 600mm で垂直設置したときに、異なる偏波間で 105dB 程確保できていたことを考慮すると、より厳しい条件下での技術試験となる。

表 4-24 アンテナ間回り込み量

	PT _{UP} レベル [dBm]	回り込み量 [dB]	備考
上り(水平偏波)	-2.5	-	
下り(水平偏波)	-91.3	-88.6	
下り(垂直偏波)	-98.8	-96.5	

表 4-25 にデジタルケーブルテレビ信号への影響の確認結果（信号品質）を示す。

全ての信号において、回り込み(上り送信)の有無により、MER の劣化が見られた。OFDM の MER で 1.4dB、64QAM で 5.7dB、256QAM で 5.8dB となっているが、BER の劣化は認められず、また、上りのスループットへの影響も無かったことより、アンテナ離隔 600mm で水平設置した場合でも映像伝送と DOCSIS3.0 通信が可能であることが分かった。

表 4-25 デジタルテレビ信号品質への影響

信号	上り送信 (回り込み) の有無	MER[dB]	BER	上り スループット [Mbps]	備考
OFDM	無	32.5	1.0E-09	-	

	有	31.1	1.0E-09	97.6	
64QAM	無	36.2	1.0E-09	-	
	有	30.6	1.0E-09	96.8	
256QAM	無	42.3	1.0E-09	-	
	有	37.3	1.0E-09	97.3	

図 4-28 に OFDM のコンスタレーションを、図 4-29 と図 4-30 に 64QAM と 256QAM のコンスタレーション図を示す。

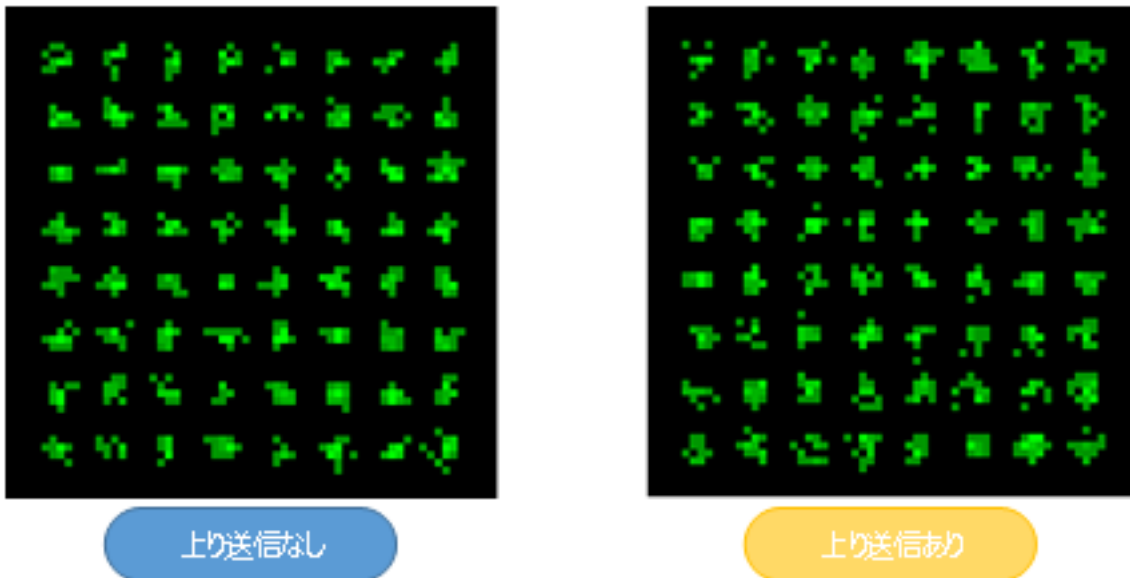


図 4-28 OFDM コンスタレーション

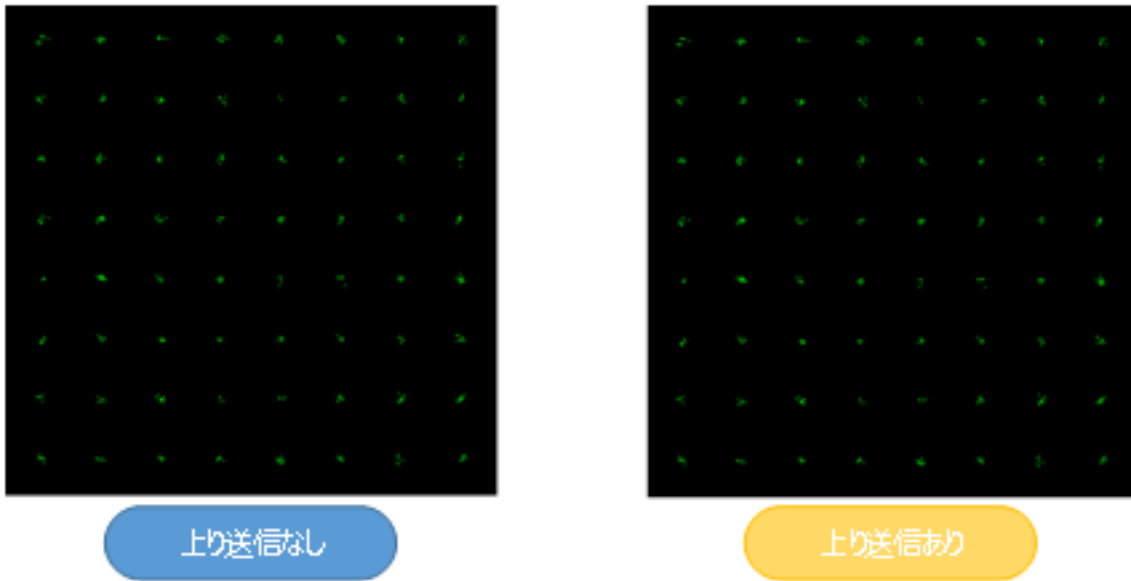


図 4-29 64QAM コンスタレーション

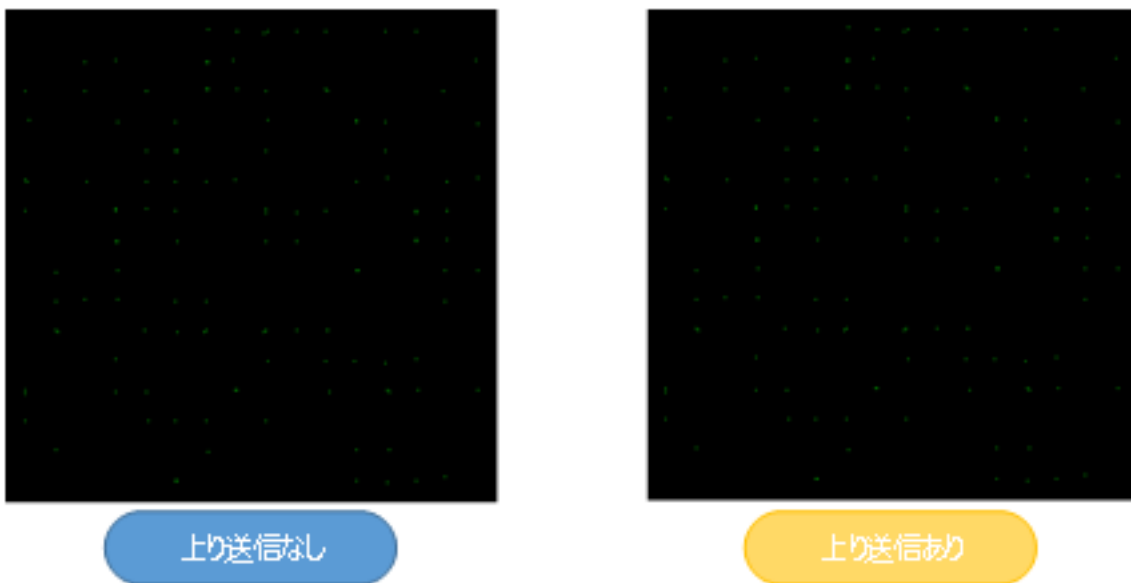


図 4-30 256QAM コンスタレーション

4.6. スループット試験

4.6.1. 目的

23GHz帯無線伝送システムで一般的に利用されているケーブルテレビの独自方式であるFDM-SSB方式において、双方向化した試験装置を用いて、ケーブルインターネット通信（DOCSIS（Data Over Cable Service Interface Specifications）信号）とデジタルケーブルテレビ信号の変調波を単一偏波伝送した場合と偏波多重伝送した場合のパフォーマンスについて確認する。

4.6.2. 測定系統図

図 4-31 と図 4-32 に偏波多重伝送における双方向通信試験（DOCSIS 信号伝送）の測定系統図を示す。

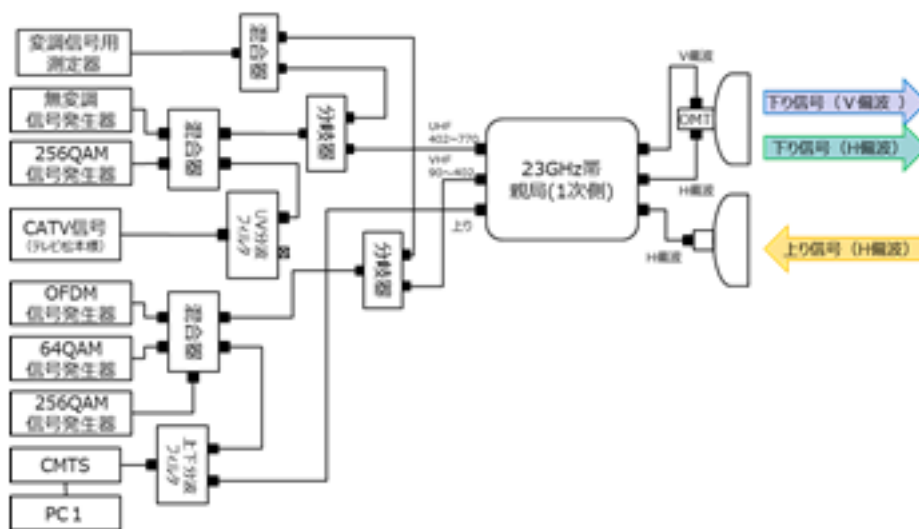


図 4-31 測定系統図：DOCSIS 伝送親局（1次）側

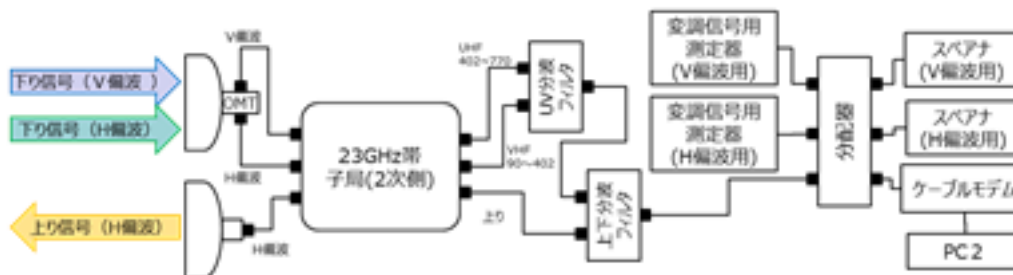


図 4-32 測定系統図：DOCSIS 伝送子局（2次）側

4.6.3. 試験方法

設置した 23GHz 帯無線伝送システムの親局（1次）側、子局（2次）側にそれぞれ測定用の PC を設置し、DOCSIS3.0 信号を含む 4.6.3.1 に示す変調信号を送らせ、図 4-31 と図 4-32 に示す PC1 と PC2 の間でスループットを計測する。また、ケーブルモデム終端システム（Cable Modem Termination System、以下 CMTS）とケーブルモデムを同軸ケーブルで直接繋いだ状態でのパフォーマンスについても確認する。

使用する計測ツール、並びに主な設定を表 4-26 に示す。

表 4-26 DOCSIS 計測ツール

測定内容	測定ツール	備考
スループット測定	iPerf3 Ver.3.1.3	計測：TCP スループット TCP Window Size：256Kbyte ストリーム数：10 計測時間：60sec 測定回数：5回
PING 測定	ExPing Ver.1.33	繰り返し回数：600回 実行間隔：1000msec ブロックサイズ：64 バイト タイムアウト：1000msec

4.6.3.1. 伝送信号条件

本試験で伝送する変調信号について表 4-27 に、DOCSIS3.0 信号のチャンネルプランについて表 4-28 に示す。

表 4-27 DOCSIS 通信測定における伝送信号条件

方向	信号数	備考
下り CMTS⇒CM	DOCSIS3.0 信号(256QAM):8波 (VHF帯) テレビ信号(OFDM, 64/256QAM) : 26波 (UHF帯) 無変調信号 : 1波 (UHF帯)	H 偏波 : 8波(PT 信号除く) V 偏波 : 27波(PT 信号除く)※偏波多重伝送のみ
上り CM⇒CMTS	DOCSIS3.0 信号(64QAM) : 4波	4波(PT 信号除く) 帯域幅 : 6.4MHz/ch

表 4-28 DOCSIS3.0 信号チャンネルプラン

伝送試験	方向	偏波面	CH	周波数 [MHz]	変調方式	備考
単一偏波伝送	上り	水平	UP1	20.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
		水平	UP2	30.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
		水平	UP3	40.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
		水平	UP4	50.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	下り	水平	C33	285.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C34	291.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C35	297.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C36	303.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C37	309.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C38	315.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C39	321.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C40	327.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
偏波多重	上り	水平	UP1	20.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
		水平	UP2	30.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz

		水平	UP3	40.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
		水平	UP4	50.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	下り	水平	3	105.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C13	111.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C14	117.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C15	123.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C16	129.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C17	135.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C18	141.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz
		水平	C19	147.0	256QM	Annex. B/6. 0MHz

4.6.4. 双方向化技術、及び偏波多重技術の検討の測定結果

表 4-29 に双方向化技術の検討に係わる DOCSIS3.0 信号の伝送結果を示す。なお、表中のスループットは 5 回の計測結果より、最大値と最小値を除いた値の平均値を、SNR は CMTS の保守画面より取得した値のうちデータ伝送時開始から 1 分間の平均値を記載している。

表 4-29 DOCSIS3.0 スループット試験結果

		単一偏波伝送			偏波多重伝送			ケーブル直結	
		スループット [Mbps]	C/N 比 [dB]	SNR [dB]	スループット [Mbps]	C/N 比 [dB]	SNR [dB]	スループット [Mbps]	SNR [dB]
上り	U1	99.2	-	32.9	61.7	-	33.6	98.6	43.5
	U2		-	33.6		-	34.1		44.7
	U3		-	33.8		-	34.0		42.9
	U4		-	32.5		-	32.8		43.2
下り	D1	282.0	35.5	35.4	282.0	32.8	31.4	280.0	38.1
	D2		34.8	34.6		27.9	32.5		37.8
	D3		34.7	34.3		34.4	32.8		37.8
	D4		34.2	34.0		34.9	33.0		38.1
	D5		34.1	33.9		34.8	33.3		38.2
	D6		34.0	33.9		34.7	32.6		38.1

	D7		34.3	34.1		34.8	32.5		38.3
	D8		33.9	34.0		35.0	32.7		38.5

単一偏波伝送におけるスループット試験では、TCP スループットが下り 282.0Mbps と上り 99.2Mbps 程度（物理レイヤの理論値：下り 320Mbps、上り 120Mbps）となり、CMIS と CM(ケーブルモデム)を直接同軸で接続した場合のパフォーマンスとほぼ同じになった。偏波多重伝送におけるスループット試験においては、上りの速度が遅くなり、偏波多重による影響がみられる結果となった。

偏波多重伝送試験のうち、レベル差伝送（デジタル有線テレビジョン放送方式のうち 256QAM 信号のレベルを 64QAM に対して+6dB）の有無により、データ通信品質（スループットと PING）がどのように影響を受けるかについて、図 4-33 と表 4-30 に示すチャンネルプランで確認を行った。

表 4-31 に測定結果を示す。レベル差伝送時には、スループットが大きく振れる（15～277Mbit/sec）状態となり、PING の失敗率の増加が確認されたが、レベル差無し（32ch の 256QAM 信号の送信レベルを 6dB 下げ）の状況で再度確認を行ったところ単一偏波に近い値を得ることができた。

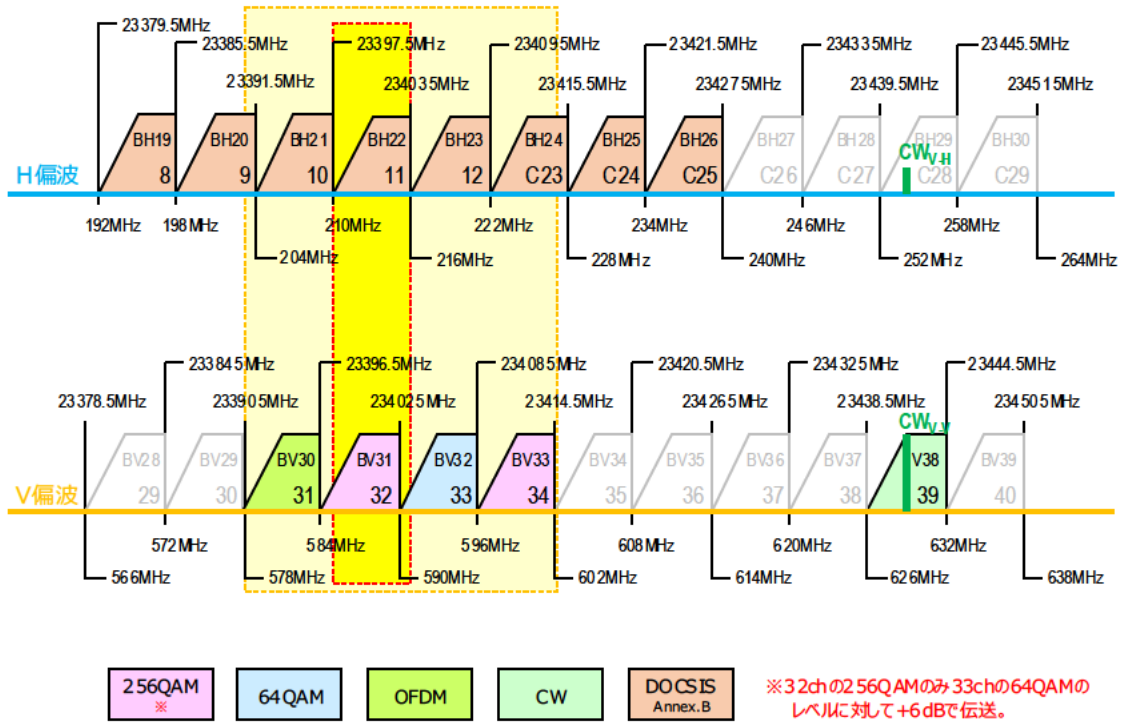


図 4-33 DOCSIS 信号伝送試験チャンネルプラン図

表 4-30 DOCSIS 信号伝送試験チャンネルプラン

	偏波面	CH	周波数 [MHz]	変調方式	備考
上り	水平	UP1	20.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	水平	UP2	30.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	水平	UP3	40.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	水平	UP4	50.0	64QAM	Annex. B/6. 4MHz
	水平	PT _{UP}	70.0	CW	23, 273.125MHz. パイロット信号
下り	水平	8	195.0	256QAM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	9	201.0	256QAM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	10	207.0	256QAM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	11	213.0	256QAM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	12	219.0	256QAM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	C23	225.0	256QAM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	C24	231.0	256QAM	Annex. B/6. 0MHz

	水平	C25	237.0	256QAM	Annex. B/6. 0MHz
	水平	PT _H	156.25	CW	23,343.75MHz. パイロット信号
	垂直	PT _V	467.75	CW	23,281.25MHz. パイロット信号
	垂直	31	581.0	OFDM	1/7MHz オフセットあり。
	垂直	32	587.0	256QAM	レベル差伝送 (64QAM に対して +6dB)
	垂直	33	593.0	64QAM	
	垂直	34	599.0	256QAM	
	垂直	39	629.0	CW	XPD 測定用信号

表 4-31 DOCSIS 伝送試験結果 (レベル差伝送の有無による)

			SNR [dB]	BER	MER [dB]	スループット [Mbps]	PING		
							回数	失敗回数	失敗率
単一偏波	上り	U1	37.3	-	-	97.6	600	0	0.0%
		U2	38.6	-	-				
		U3	37.3	-	-				
		U4	37.3	-	-				
	下り	D1	32.1	1.00E-09	31.5	277.0			
		D2	31.6	1.00E-09	31.5				
		D3	29.1	1.00E-09	31.7				
		D4	31.7	1.00E-09	31.4				
	D5	29.3	1.00E-09	31.3					
	D6	29.1	1.00E-09	28.3					
	D7	31.3	1.00E-09	30.9					
	D8	30.9	1.00E-09	30.7					
偏波多重 (レベル差伝送あり)	上り	U1	35.8	-	-	57.2	600	38	6.3%
		U2	36.5	-	-				
		U3	37.1	-	-				
		U4	37.7	-	-				
	下り	D1	32.2	1.00E-09	32.6	125.2			
		D2	31.9	1.00E-09	32.3				
		D3	29.2	6.80E-08	29.9				
		D4	26.3	1.80E-05	27.5				
		D5	29.8	1.00E-09	30.5				

		D6	29.3	3.60E-07	29.0				
		D7	31.4	1.00E-09	31.6				
		D8	31.1	1.00E-09	31.4				
偏波多重 (レベル差伝 送なし)	上り	U1	37.7	-	-	94.2	600	3	0.5%
		U2	38.1	-	-				
		U3	39.1	-	-				
		U4	37.9	-	-				
	下り	D1	31.9	1.00E-09	31.6	277.0			
		D2	31.5	1.00E-09	31.3				
		D3	28.4	1.00E-09	28.4				
		D4	28.8	1.00E-09	28.5				
		D5	28.9	1.00E-09	28.6				
		D6	28.8	1.00E-09	28.0				
		D7	31.0	1.00E-09	30.9				
		D8	31.9	1.00E-09	30.6				

4.7. 映像（地デジ）伝送試験

4.7.1. 目的

23GHz帯無線伝送システムにおいて一般的に利用されているケーブルテレビの独自方式である FDM-SSB 方式において、ケーブルテレビ信号のうち標準デジタルテレビジョン放送方式 (OFDM)、及びデジタル有線テレビジョン放送方式 (64QAM) を偏波多重伝送したときの受信状態を確認する。信号品質 (C/N 比、BER、MER など) については別途長期測定にて確認していることから、本項目では受信状態のみ確認する。

4.7.2. 測定系統図

図 4-34、及び図 4-35 と図 4-36 に映像伝送試験に係わる測定系統図を示す。

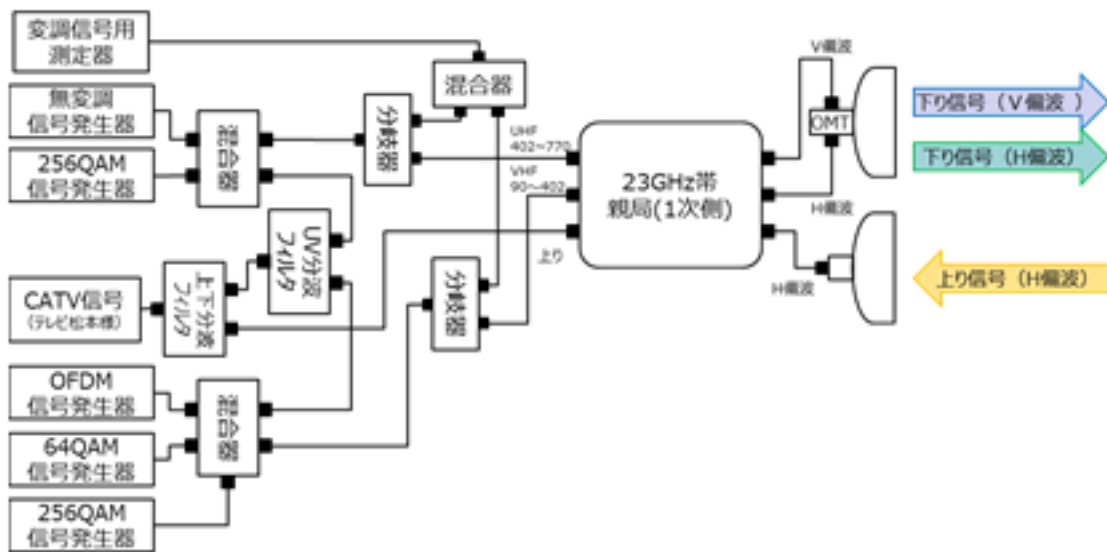


図 4-34 系統図 親局（1次）側

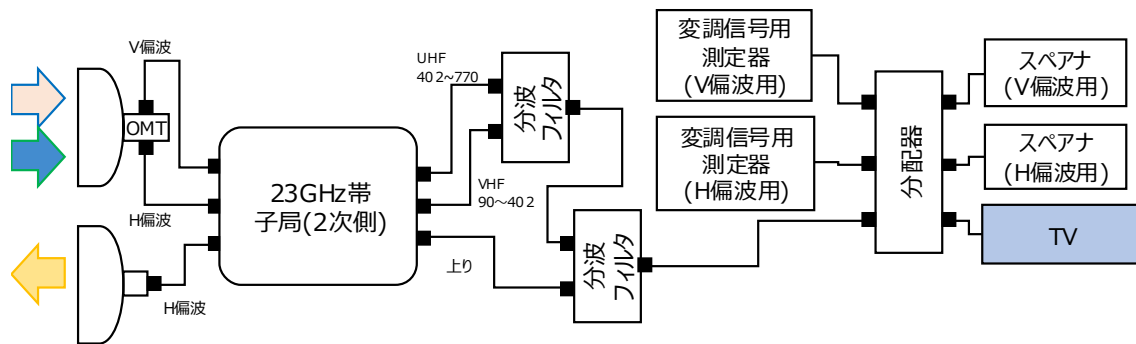


図 4-35 系統図 子局（2次）側（OFDM 映像確認時）

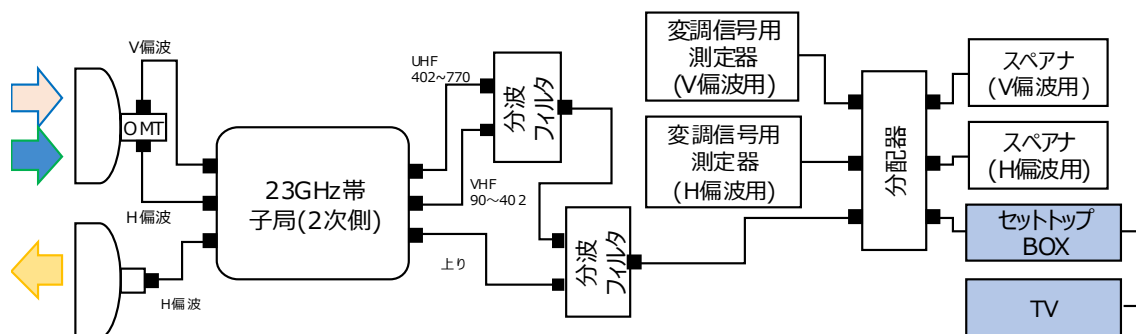


図 4-36 系統図 子局（2次）側（64QAM 映像確認時）

4.7.3. 伝送信号条件

本試験で確認する信号について、表 4-32 に示す。

両チャンネルとも多重偏波伝送を行っているが、単一偏波の場合は多重偏波よりも条件がよくレベルが確保されていることから多重偏波のチャンネルのみの確認としている。

表 4-32 映像伝送試験における伝送信号条件

	CH	周波数 [MHz]	チャンネル名称	偏波	変調方式
測定 1	41	638-644	テレビ東京	V 偏波 多重有	OFDM (パススルー)
測定 2	35	602-608	テレビ松本	V 偏波 多重有	64QAM

4.7.4. 映像（地デジ）伝送試験測定結果

図 4-37 と図 4-38 に映像（地デジ）伝送試験測定の映像を示す。

測定時は晴天の状況であったが、OFDM の信号伝送が問題なく行えたことを確認した。



図 4-37 測定 1 テレビ東京（OFDM）受信状態



図 4-38 測定 2 テレビ松本（64QAM）受信状態

映像を確認した結果、ブロックノイズ等の発生なく伝送していることを確認することができ、検討委員会の現地視察の際も本映像を確認頂いた。

4.8. アンテナ・偏波分離器調整

4.8.1. 目的

フィールド試験を実施するにあたり、アンテナ方向調整を行った後に下り方向の偏波面（H 偏波と V 偏波）を偏波分離器（Ortho Mode Transducer、以下 OMT）で調整する必要があるが、実験システム導入時の本調整作業において想定以上に時間を要した。

これらを踏まえ、23GHz 帯無線システムの導入をより簡便にすることを目的として、アンテナ方向調整および OMT 調整（偏波面調整）について検討を行い、より簡易な操作で調整が可能な機構について試作を行う。

4.8.2. アンテナ方向調整

4.8.2.1. アンテナ調整金具

フィールド試験を実施するにあたり、無線装置設置後にアンテナ方向調整を行う必要がある。平成 28 年度の調査検討では室内試験のみであったことから、アンテナを取り付ける金物について調整機構は必要としなかったが、試験フィールドへの設置には上下左右の方向調整が必要となる。

上記を踏まえ、図 4-39 に示す調整機構付きのアンテナ取付金具を試作し、アンテナの取り付けと方向調整を行った。図 4-40 に試験フィールドにおけるアンテナ取付状況を示す。本アンテナ取付金具により、左右方向は柱との U ボルト調整含め 360° （ターンバックルによる調整幅 $\pm 5^\circ$ ）、上下方向に対しても $\pm 15^\circ$ の調整が可能となった。

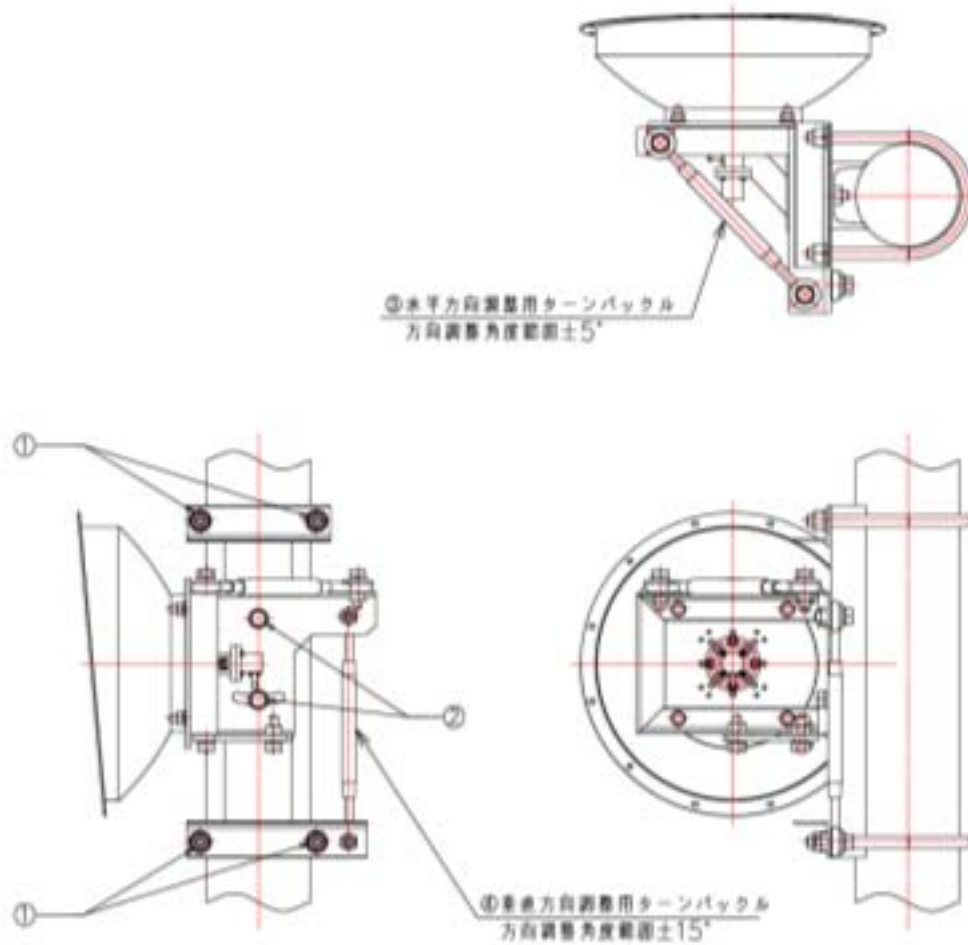


図 4-39 アンテナ調整金物



図 4-40 アンテナ取付状況 (左: 親局 (1次) 側 右: 子局 (2次) 側)

4.8.2.2. 調整方法

アンテナ方向調整における測定系統をエラー! 参照元が見つかりません。に示す。

始めに親局（1次）側、子局（2次）側それぞれで粗調整を実施する。図 4-39 に示す①のボルトを緩め左右方向にアンテナを振り対向する装置の方向におおよそ合わせて仮止する。同様に同図内の②を緩め上下方向にアンテナを振り対向する装置の方向におおよそ合わせて仮止する。

次にそれぞれの局にて微調整を実施する。本作業は親局（1次）側、子局（2次）側が同時作業を行うと基準が定まらないことからどちらか一方の局から実施する必要がある。ここでは下り信号方向のアンテナ方向調整について記載する。

スペクトラムアナライザを子局（2次）側の RF 出力端子（図 4-41 内の①（垂直偏波、水平偏波のどちらでも良い））に接続して左右方向に一度大きく動かし、23GHz 帯親局（1次側）から出力されるパイロット信号レベルが最大となる方向を探る。もっともレベルが高くなる方向を確認できたらその位置で図 4-39 に示す①のボルトを固定する。次に図 4-39 に示す③のターンバックルを回してよりレベルが高くなるよう左右方向の微調整を行う。同様に上下方向への調整についても上下に一度大きく動かしレベルの高い方向で固定した後、図 4-39 に示す④のターンバックルを用いて上下方向の微調整を行う。同じ作業を対向側（子局（2次）側）でも行い、両局でピークとなる方向を決め固定する。

上り信号方向のアンテナ方向調整については、スペクトラムアナライザを親局（1次）側の RF 出力端子（図 4-41 内の③）に接続して、前述の作業を実施する。

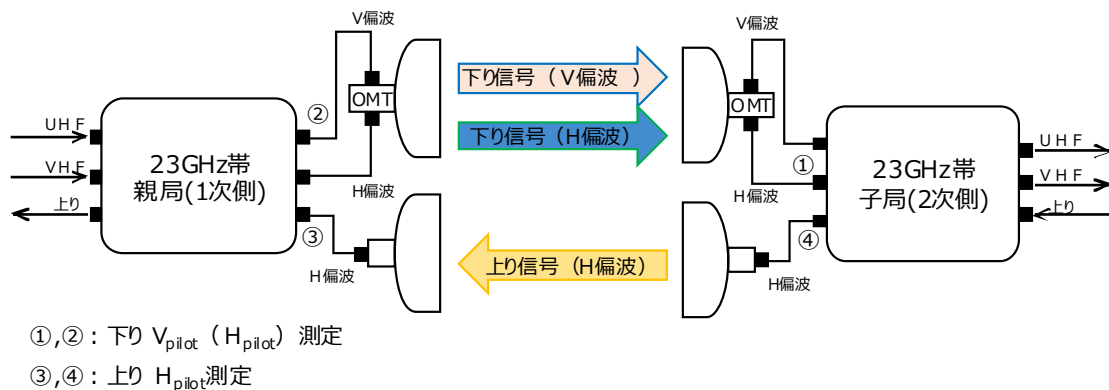


図 4-41 アンテナ方向調整における測定系統

4.8.2.3. 調整結果

調整作業を行った結果、1時間程度で方向調整を完了させることができたが、課題として次の2点があげられた。

- ①アンテナ設置位置と無線機設置位置が 2m 程度離れていることにより、アンテナ調整者とスペクトラムアナライザを確認する作業者が別に必要であった。
- ②スペクトラムアナライザを確認・読み上げる作業者と調整者との間でタイミングのズレ発生してしまい、タイムリーにレベルのピークに合わせることができず、調整に時間を要した。

これらの課題に対して受信レベルインジケータを導入することで解決することを検討し、試作を行った。試作したインジケータについては 4.9 項に記載する。

4.8.3. OMT 調整

4.8.3.1. 28 年度製作 OMT による調整方法

アンテナ方向調整後、親局（1次側）より、2つの無変調信号（Pilot 信号）をそれぞれ垂直偏波（23,281.25MHz）と水平偏波（23,343.75MHz）で送信させる。子局（2次側）の OMT の垂直偏波用のポートにスペクトラムアナライザ（MS2726C：アンリツ製）を接続し、2つの無変調信号のレベルを測定し、その D/U 比が最大となるよう図 4-42 の通り OMT を調整する。

上記調整後、OMT の水平偏波用のポートにスペクトラムアナライザを接続し、2つの無変調信号のレベルを測定し、その D/U 比が劣化していないことを確認する。

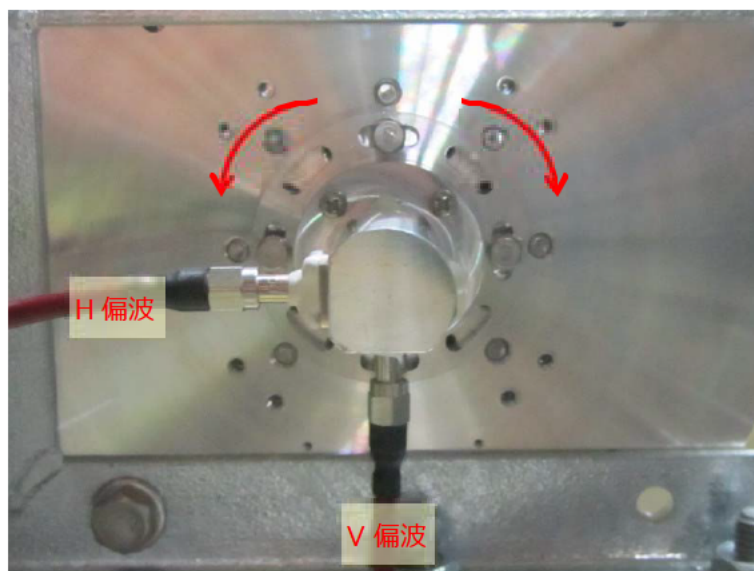


図 4-42 OMT 調整部

4.8.3.2. 28 年度製作 OMT を用いた調整結果

調整結果を以下の表 4-8 に示す。

調整前、左一杯に回した状態、右一杯に回した状態の 3つの状態を測定してから調整を行った。表記上途中の調整記載は1つとしたが、水平偏波で最大となる D/U 比が取れても垂直偏波では非常に低い値となってしまう、逆に水平偏波で値を調整すると水平偏波では D/U 比が小さくなるという状況となり、両偏波で適切な値（最大の D/U 比）とするための調整に時間を要した。また、図 4-43 に示す OMT を固定しているネジを締め付ける際の微

細なずれによっても値が変動し、測定も含めると調整に4時間以上を要する長時間の作業となったが、調整前より1dBの改善とすることができた。

表 4-33 OMT 調整記録

測定箇所	測定周波数 [MHz]	調整前	右一杯	左一杯	調整	調整後
V _{PT} -V _{out} [dBm]	23,281.25	-58.7	-58.5	-58.5	-58.3	-57.6
H _{PT} -V _{out} [dBm]	23,343.75	-93.6	-74.1	-76.0	-90.7	-93.5
D/U 比 [dB]		34.9	15.6	17.5	32.4	35.9
V _{PT} -H _{out} [dBm]	23,281.25	-57.4	-57.4	-57.5	-57.3	-56.3
H _{PT} -H _{out} [dBm]	23,343.75	-93.2	-74.4	-73.2	-97.7	-93.4
D/U 比 [dB]		35.8	17.0	15.7	40.4	37.1

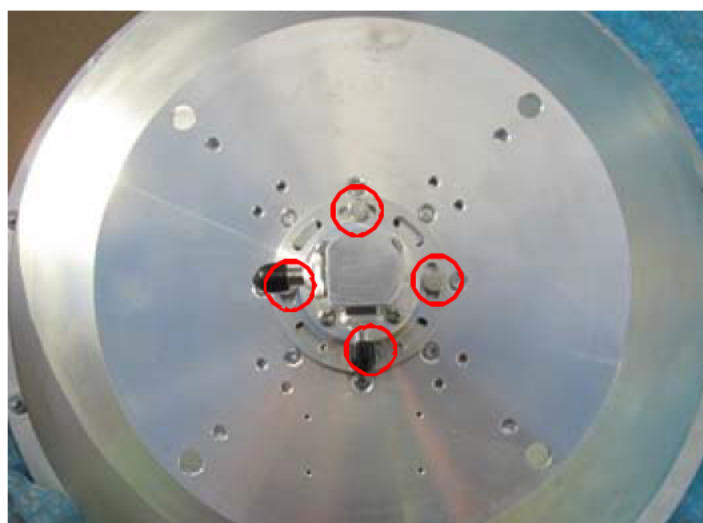


図 4-43 アンテナ背面 OMT 固定ネジ (4 か所)

4.8.3.3. 考察

測定結果記載の通り OMT の調整について想定以上の時間がかかる結果となった。原因としては片方の偏波を調整するともう一方の偏波で値が変わってしまうこと、OMT 固定のネジを締めこむときに微妙なずれが発生することが大きな要因である。本内容について検討委員会で報告したところ OMT の調整機構について改善が必要とのご意見を頂いたことか

ら、調整方法についての見直しと検討を行い、新たな調整機構付き OMT(以後、分離型 OMT)の試作を行った。

4.8.3.4. 分離型 OMT

4.8.3.3 の考察を受け、より簡易な操作で調整が可能な機構とするため再度試作を行った。新たな機構として OMT の水平偏波、垂直偏波をそれぞれ独立した部品構成とし、水平・垂直偏波ポート間に角度調整機能を設けることで、水平・垂直偏波間の角度調整が可能となり、短時間での微細な調整が可能な機構とした。また、分離した OMT 間は O リング設置溝を設け防水性を確保している。新規試作した OMT を図 4-44、図 4-45 に示し、仕様を表 4-34 に示す。

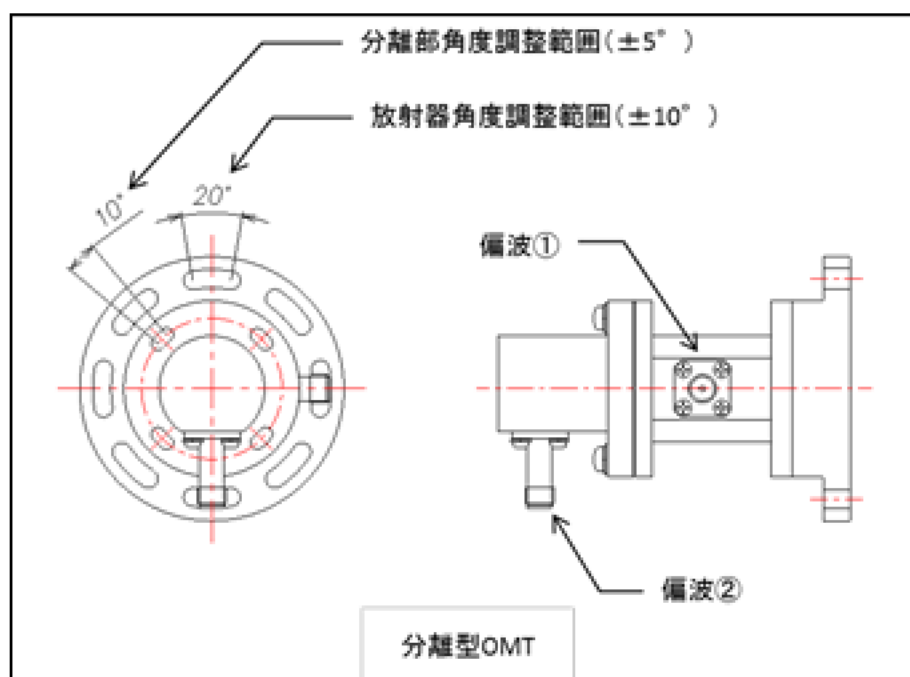


図 4-44 分離型 OMT 外観図



図 4-45 新規 OMT (左 : 組み合わせ状態、右 : 分離状態)

表 4-34 分離型 OMT 仕様

項目	仕様	備考
インタフェース(V 偏波)	SMA-J 型	50Ω
インタフェース(H 偏波)	SMA-J 型	50Ω
インタフェース (複偏波)	WRI220	φ 9.4mm 円形導波管
周波数範囲	23200~23600MHz	
挿入損失	1dB 以下	
偏波間結合量	-40dB 以下	
VSWR	1.4 以下	

4.8.3.5. 調整方法

分離型 OMT を用いた調整方法については 4.8.3.1 とほぼ同様の手順となるが、調整が 2 段階となる点が異なる。

まず親局（1次側）より、2つの無変調信号（Pilot 信号）をそれぞれ垂直偏波（23,281.25MHz）と水平偏波（23,343.75MHz）で送信させる。アンテナ本体と固定されている箇所（図 4-46 内の第一段階固定ネジ）を緩めた状態で分離型 OMT の水平偏波ポートにスペクトラムアナライザ（E4440A：アジレント製）を接続しレベルが最大となるところで仮止めを行い、次に垂直偏波のレベル測定を行う。DU 比が最大となるところでネジを締めこみ固定する。次に第一段階で測定したレベルの高い方の偏波を測定しながら分離型 OMT 中央のネジ（図 4-46 内の第二段階固定ネジ）を緩めた状態にて第二段階の調整を行い、DU 比が最大となるところでネジを締めこみ固定する。最後に垂直・水平偏波それぞれのレベル測定を行い D/U 比を測定する。

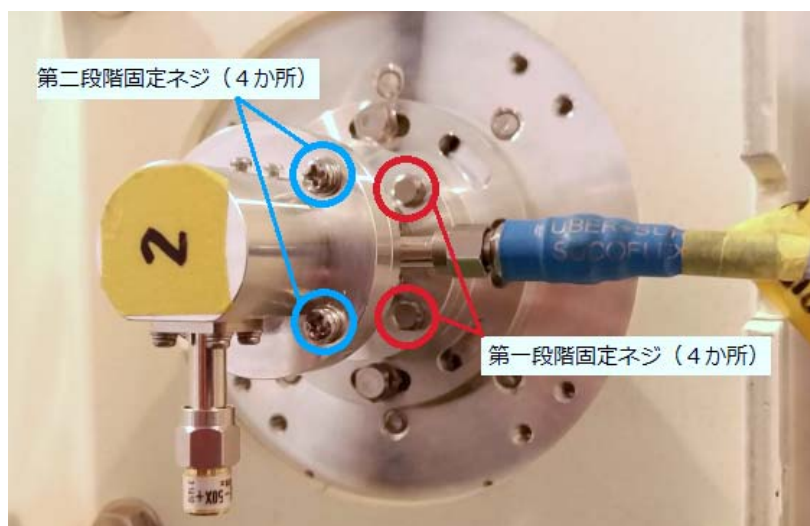


図 4-46 分離型 OMT における調整作業

4.8.3.6. 調整結果

分離型 OMT を用いて電波暗室にて調整を行い、調整結果と調整に要する時間を測定した。

調整結果を表 4-35 に示し、測定時のスペクトラムアナライザの表示を図 4-47 と図 4-48 に示す。本結果より D/U 比はそれぞれ 41.55dB、43.42dB を確保することができた。また、その調整にかかった時間は 10 分程度であり、試験フィールドで実施した 28 年度製作の OMT を用いた調整と比較して 1/10 以下の時間での調整を行うことができた。これは OMT を分離機構とすることにより第一段階の調整で大よその値を決めることができ、微細な調整を後に回せること、第二段階の微細な調整時において第二段階固定ネジが手前に配置されており、締め込みによるずれが出にくい機構としたことが大きく影響している。

表 4-35 分離型 OMT 調整結果

測定箇所	測定周波数[MHz]	レベル[dBm]	D/U 比[dB]
V _{PT} -V _{out}	23,281.25	-73.73	41.55
H _{PT} -V _{out}	23,343.75	-32.18	
V _{PT} -H _{out}	23,281.25	-75.79	43.42
H _{PT} -H _{out}	23,343.75	-32.37	

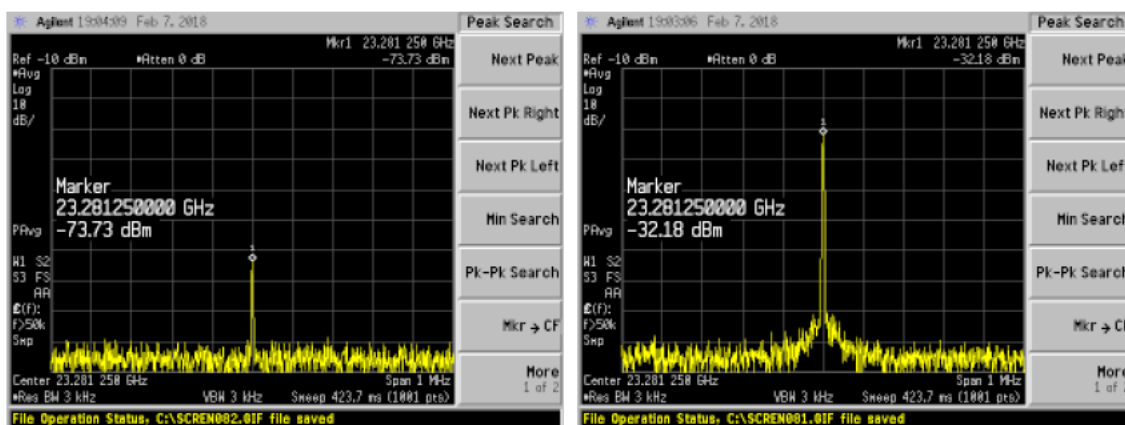


図 4-47 23,281.25MHz での測定結果

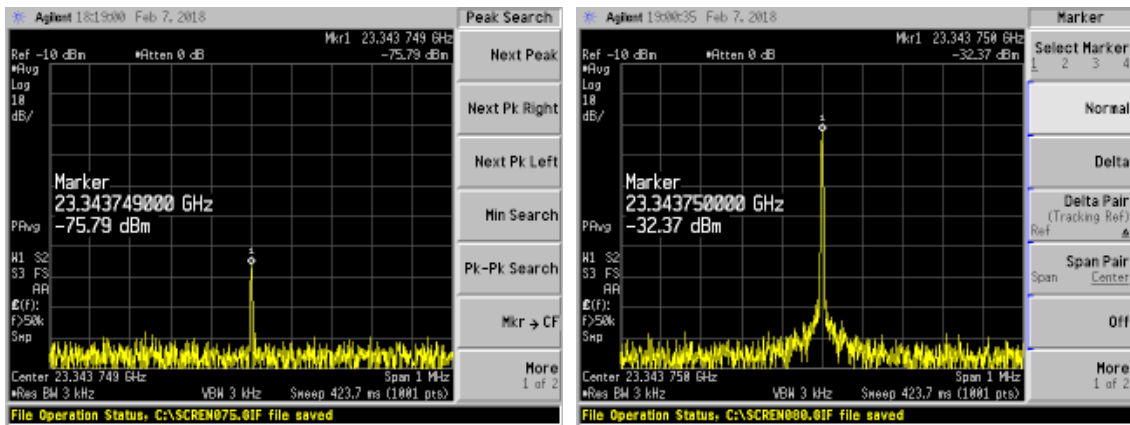


図 4-48 23,3437.5MHz での測定結果

4.8.3.7. 分離型 OMT 評価

4.8.3.7.1. 挿入損失、偏波間結合量、電圧定在波比

試作した分離型 OMT について、図 4-49 に示す通り 2 個を直結した状態にして測定・評価を実施した。測定した挿入損失および偏波間結合量を表 4-36、図 4-50 と図 4-51 に、電圧定在波比 (Voltage Standing Wave Ratio、以下 VSWR) を表 4-37 と図 4-52 に示す。なお図表中の番号は図 4-49 で示すポート番号を指す。

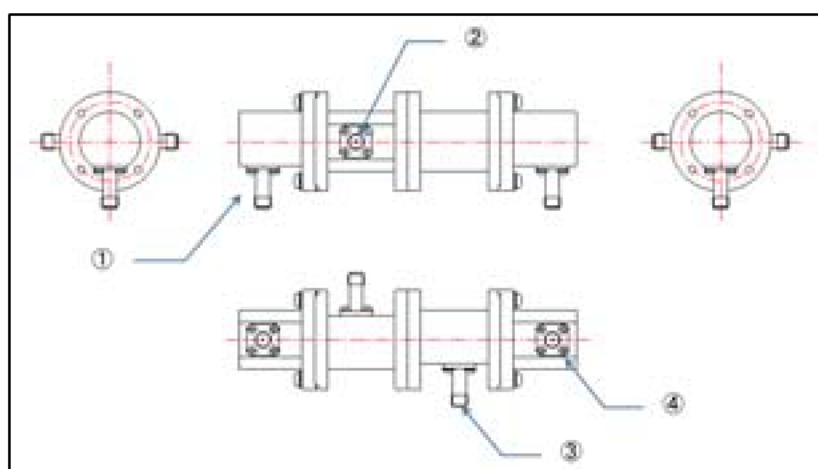


図 4-49 分離型 OMT 接続評価構成

表 4-36 分離型 OMT 挿入損失と偏波間結合量

	挿入損失(dB)		偏波間結合量(dB)			
	1-4	2-3	1-2	3-4	1-3	2-4
帯域内最大	-0.56	-0.22	-68.23	-50.30	-49.74	-59.44
帯域内最小	-0.53	-0.21	-52.50	-49.05	-49.02	-51.60
帯域内平均	-0.54	-0.22	-58.48	-49.62	-49.49	-55.30

※挿入損失は2個直結の合計値

表 4-37 分離型 OMT VSWR

	VSWR			
	1	2	3	4
帯域内最大	1.08	1.09	1.14	1.08

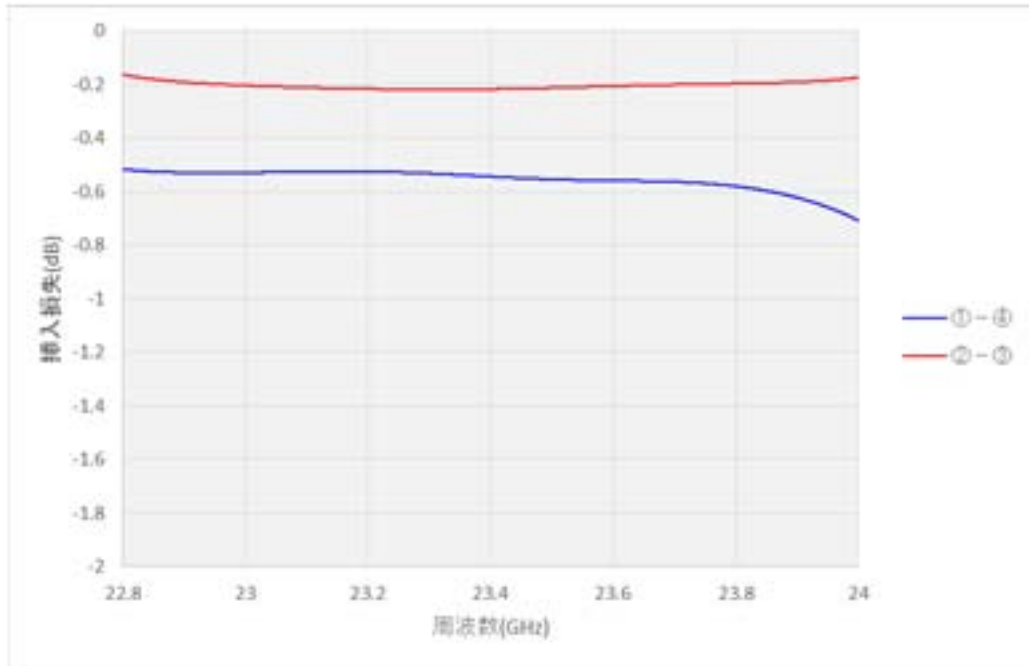


圖 4-50 分離型 OMT 插入損失

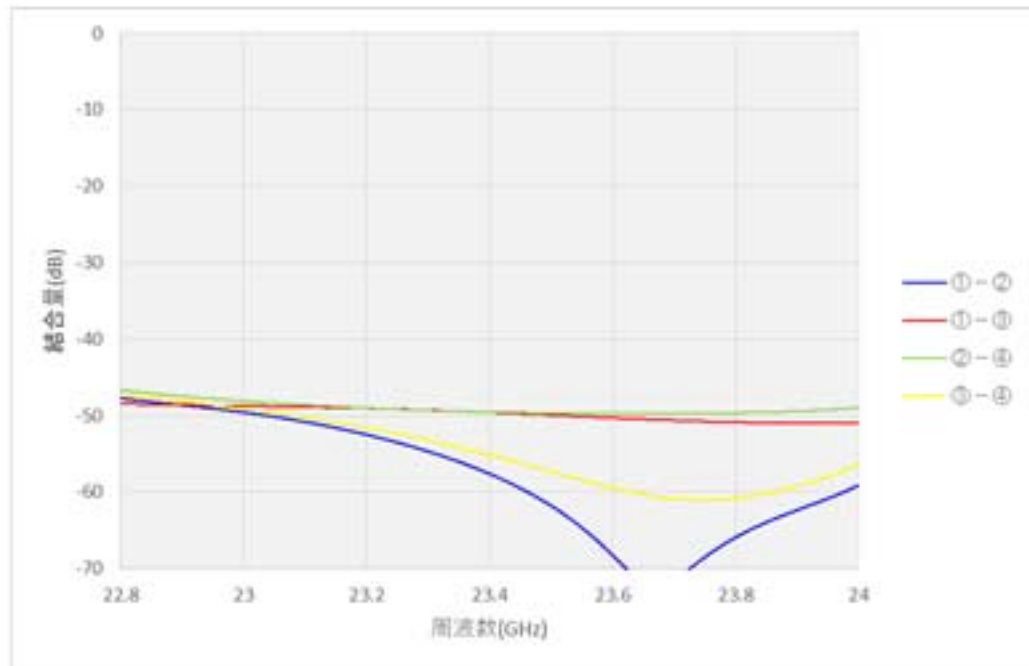


圖 4-51 分離型 OMT 偏波間結合量

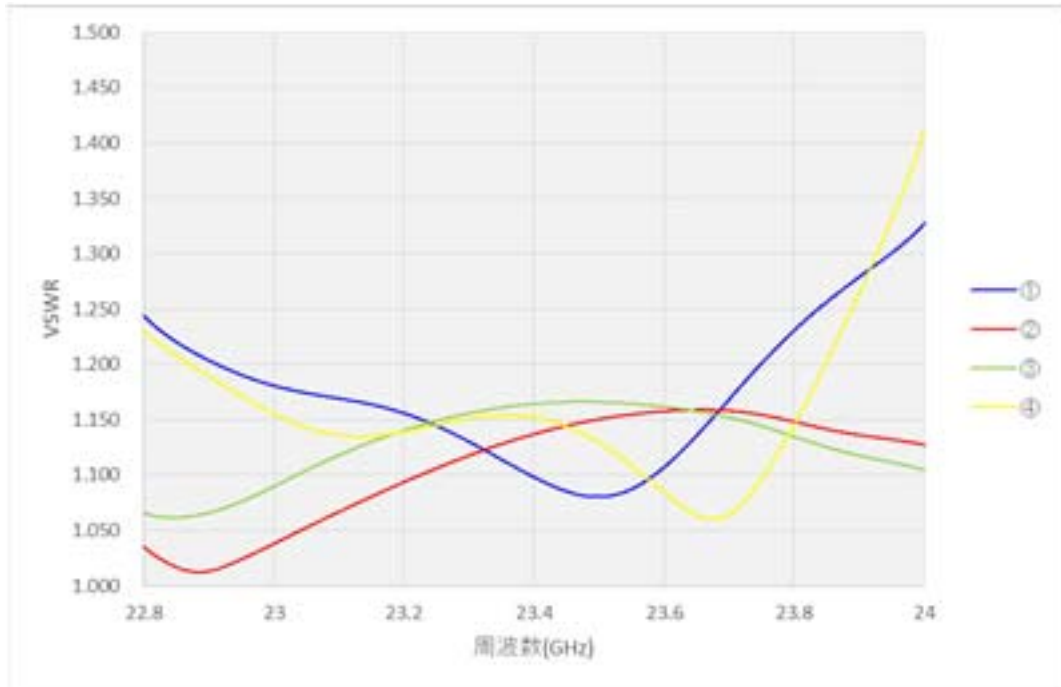


圖 4-52 分離型 OMT VSWR

4.8.3.7.2. 交差偏波識別度評価

試作した分離型 OMT を H28 年度に試作した 0.3m 径パラボラアンテナに接続し、交差偏波識別度 (Cross Polarization Discrimination、以下 XPD) の評価を行った。評価構成は図 4-53 の通り、1 次側アンテナに H28 年度製作の OMT を、2 次側アンテナに分離型 OMT を接続し、1 次側の V 偏波と H 偏波それぞれの偏波面から、UHF と VHF に相当するマイクロ波帯信号を同レベルで出力し、2 次側の分離型 OMT の V 偏波と H 偏波のそれぞれのポートで V/H、H/V のレベル差を確認しながら調整する。偏波面の調整を行った後、XPD の測定を実施した。測定結果を表 4-38 と図 4-54 に示す。

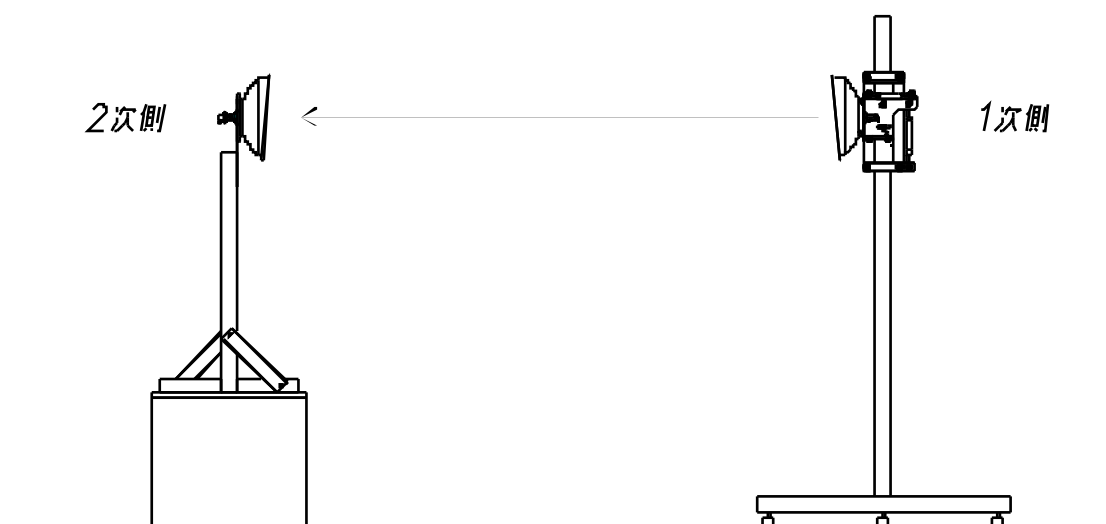


図 4-53 XPD 評価構成図

表 4-38 XPD 測定結果

	XPD(dB)	
	H-V 偏波	V-H 偏波
帯域内最大	-38.8	-38.6
帯域内最小	-45.7	-48.5
帯域内平均	-40.8	-41.9

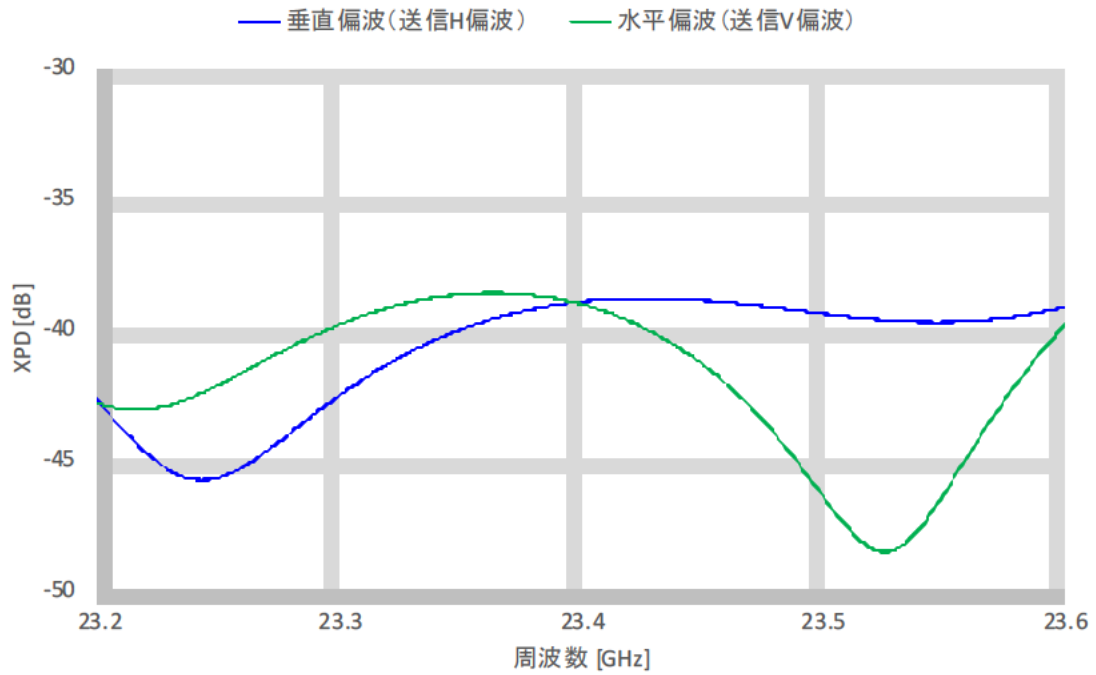


図 4-54 XPD 測定結果

分離型 OMT を用いたときの XPD 性能は、38dB 以上を実現できた。平成 28 年度に試作した一体型の OMT を用いたときの XPD 性能 (図 4-55 参照) が 35dB 以上であること考慮すると、3dB の改善となった。

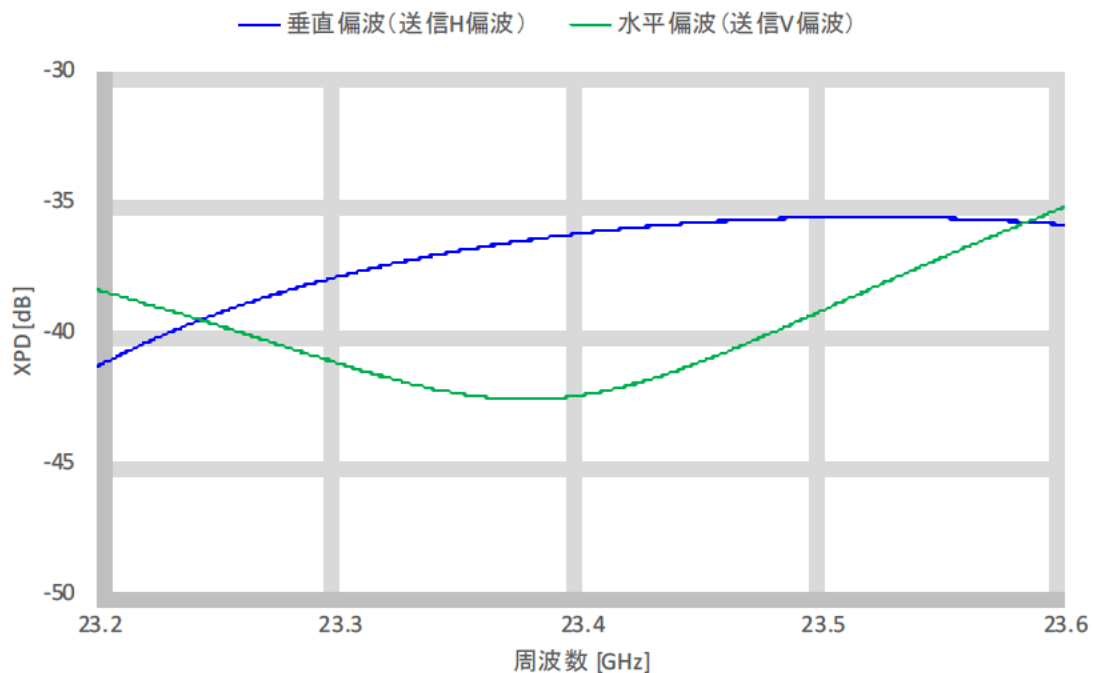


図 4-55 XPD 測定結果 (H28 年度製作 一体型 OMT 接続時)

4.8.4. まとめ

アンテナ調整機構の仕様、及び OMT の調整機構を変更したことで、交差偏波識別度の改善と調整時間の大幅な短縮を実現することができた。フィールド試験では実施期間の関係から平成 28 年度製作の OMT を使用したが、調整に多くの時間を要するという課題に対し、分離型 OMT を使用することで調整時間を 1/10 程度まで改善することができた。

また、XPD 性能についても、平成 28 年度製作の OMT を接続したときよりも約 3dB 程度の改善を実現できた。

なお、分離型 OMT の調整機構については、微調整が細かくできるよう操作用の棒を取り付ける等の意見を検討委員会で頂いたことから、より操作の行いやすい機構を検討することが課題となる。

4.9. レベルインジケータの製作

4.9.1. 目的

4.8.2.3 で記載した通り、①アンテナの方向調整において調整人員が複数名必要となること、②スペクトラムアナライザを確認する人員と方向調整者が別になることからタイムリーに調整できず時間を要することが課題としてあげられたため、これを解決することを目的とする。

4.9.2. レベルインジケータの製作

本課題を解決する方法として、図 4-56 に示す現行無線装置に採用されているレベルインジケータを使用することとした。これは現行無線装置の子局（2次）側装置に設置されており、親局（1次）側からの無変調信号（Pilot 信号）の受信レベルをLEDの点灯数で表示するものである。本レベルインジケータを用いることで、スペクトラムアナライザ等の測定器を必要とせず受信レベルを容易に確認可能としている。



図 4-56 現行無線装置のインジケータ

現行無線装置では、アンテナと無線装置が一体であることからレベルインジケータを確認しながら調整を行うことができるが、インジケータを確認できる位置（筐体の背面部）での調整が必要であり、設置状況によっては作業し辛いことも考えられる。

また、今回試作した双方向型 23GHz 帯無線システムでは、アンテナ分離型であることから筐体にレベルインジケータを実装してしまうとインジケータを確認する人と調整する人

が別になり今回の課題解決には至らない。

これらの課題を解決するために、アンテナ調整者が手元でレベルインジケータを確認できるよう、図 4-57 に示す通り無線機本体と別構成として試作を行った。図 4-59 に無線機本体との接続を示す。



図 4-57 レベルインジケータ外観

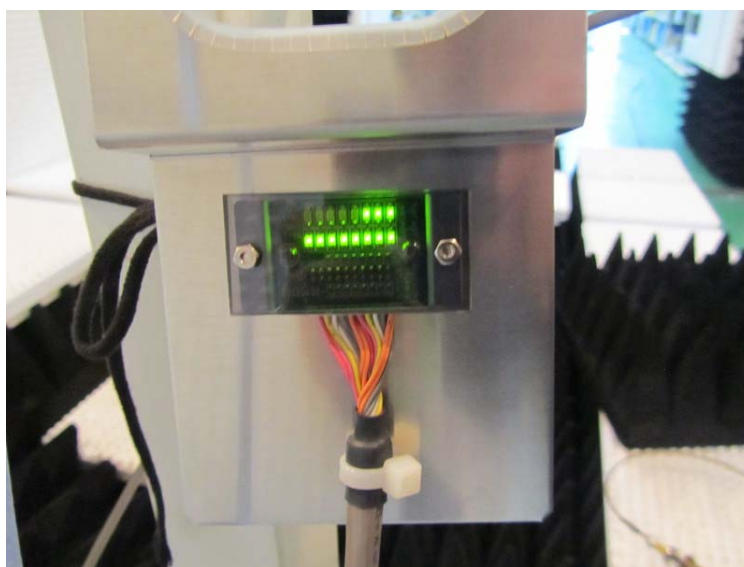


図 4-58 レベルインジケータ表示状態

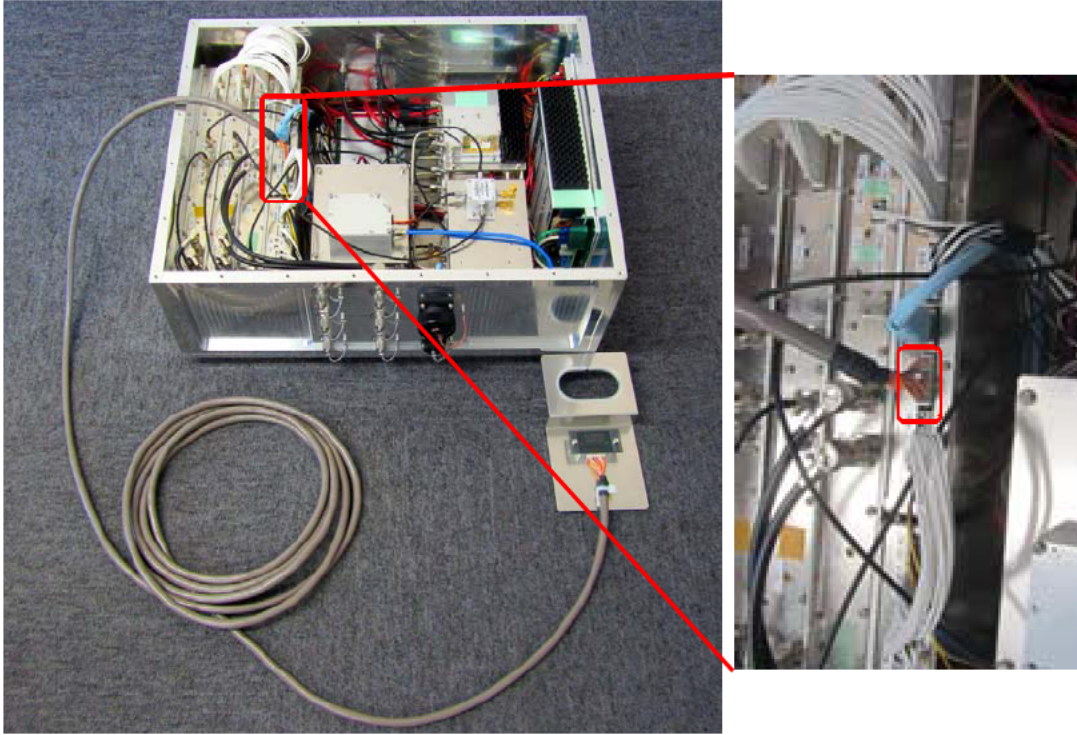


図 4-59 インジケータ接続箇所

4.9.3. 調整結果

レベルインジケータを試作したことにより調整における時間が1時間程度から30分程度とすることができた。現行無線装置におけるインジケータについて、好評価を頂いていることから本インジケータの有用性は高いものであると考える。本レベルインジケータの導入により、アンテナ方向調整者が直接レベルを確認しながら調整することができ、作業時間の短縮と調整作業員の人数削減が可能となる。

本インジケータは16個のLEDで構成され、1つのLEDが3dBステップに相当する。表示範囲は表4-39に示す通り-37dBm～-82dBmまでの表示が可能である。

これにより現地にスペクトラムアナライザなどの測定器を持ち込まずとも調整が可能になり、無線システム導入時の利便性向上に大きく寄与すると考えられる。

今回製作したレベルインジケータは試作品であり、アルミ板に基盤を直接取り付けられたものであることから防塵・防水性能が確保されていない。そのため屋外、特に悪天候時の調整などにも耐えうる筐体を作成することが課題となる。

さらには無線機本体との接続についても、筐体内部に接続ポートを備えていることから一度筐体の蓋を開ける必要があり、筐体の外から容易に接続できるよう屋外用のコネクタを別途設けるなどの利便性向上についても検討を行う必要がある。

表 4-39 無線機入力レベルと LED 点灯数

Pilot信号 無線機入力レベル [dBm]				LED								点灯数	
-37	<=	LEVEL		●	●	●	●	●	●	●	●	●	16
-40	<=	LEVEL	< -37	●	●	●	●	●	●	●	●	○	15
-43	<=	LEVEL	< -40	●	●	●	●	●	●	○	○	○	14
-46	<=	LEVEL	< -43	●	●	●	●	●	○	○	○	○	13
-49	<=	LEVEL	< -46	●	●	●	●	○	○	○	○	○	12
-52	<=	LEVEL	< -49	●	●	●	○	○	○	○	○	○	11
-55	<=	LEVEL	< -52	●	●	○	○	○	○	○	○	○	10
-58	<=	LEVEL	< -55	●	○	○	○	○	○	○	○	○	9
-61	<=	LEVEL	< -58	○	○	○	○	○	○	○	○	○	8
-64	<=	LEVEL	< -61	○	○	○	○	○	○	○	○	○	7
-67	<=	LEVEL	< -64	○	○	○	○	○	○	○	○	○	6
-70	<=	LEVEL	< -67	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5
-73	<=	LEVEL	< -70	○	○	○	○	○	○	○	○	○	4
-76	<=	LEVEL	< -73	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3
-79	<=	LEVEL	< -76	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2
-82	<=	LEVEL	< -79	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1
		LEVEL	< -82	○	○	○	○	○	○	○	○	○	0

4.10. フィルタ製作

本 23GHz 帯無線伝送システムは、上り信号 (15MHz~65MHz) と下り信号 (90MHz~770MHz) を伝送するために、下り信号を VHF 帯 (90MHz~402MHz) と UHF 帯 (402MHz~770MHz) の 2 つに分離し、外部インタフェースとして、上りポート、VHF ポート、及び UHF ポートの 3 つの入出力端子をもつ仕様となっている。下り信号については、親局 (1 次) 側の入力部で VHF 帯と UHF 帯それぞれに分離 (子局 (2 次) 側では合成) する必要があることから、フィールド試験を行うに当たり、UHF/VHF の分波フィルタの試作を行った。また、上り/下りの分波器についても、上りの通過帯域が既製品のものとは異なることから、併せて試作を行った。

4.10.1. 上り/下り分波フィルタ

4.10.1.1. 目的

CATV における上り/下り分波器 (フィルタ) については、上り信号 (10~55MHz) と下り信号 (70~2610MHz) を分派する既製品が存在する。本フィールド試験では、既製品を用いても伝送上問題はないが、本 23GHz 帯無線伝送システムの仕様に合ったフィルタ、及び今後 CATV における上り信号周波数帯の拡張を想定し、上り信号 (10~65MHz) と下り信号 (70~2610MHz) を分ける分波器を試作することを目的とする。

4.10.1.2. 性能

試作した上り/下り分波フィルタにおける外観図を図 4-62 に示し、Common-High Path 間 (下り方向) の性能を図 4-60、Common-Low Path 間 (上り方向) の性能を図 4-61 に示す。

65MHz における下り信号の抑圧性能は約 54.7dB となり、上り信号の通過損失性能は約 0.7dB という結果になった。

試作した上り/下り分波フィルタをフィールドに設置して試験を実施し、伝送性能上問題ないことを確認した。

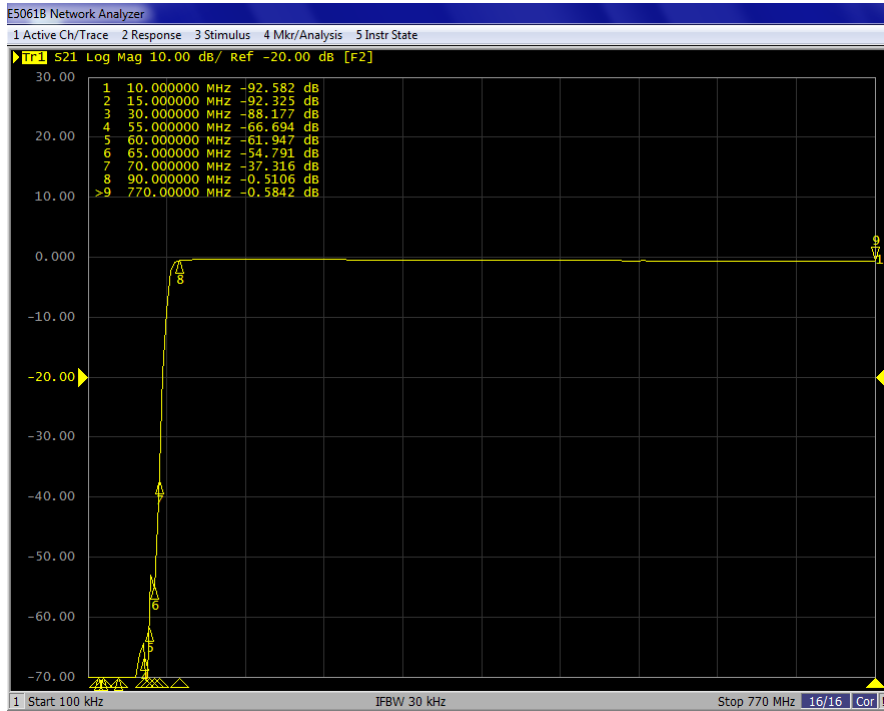


図 4-60 上り/下り分波フィルタ Common-High Pass 間

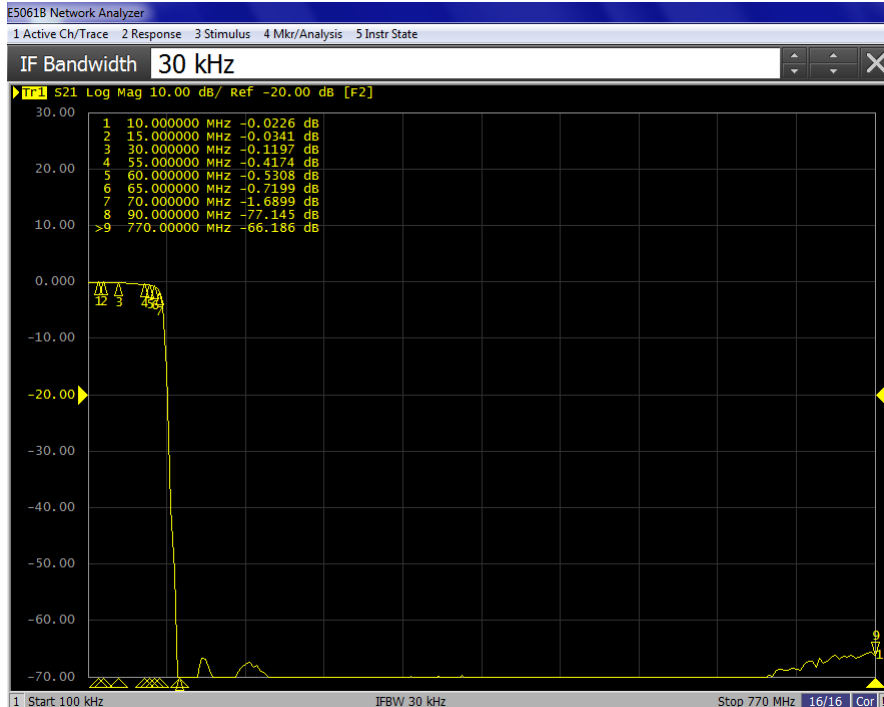


図 4-61 上り/下り分波フィルタ Common-Low Pass 間



図 4-62 上り/下り分波フィルタ外観図

4.10.2. UHF/VHF 分波フィルタ

4.10.2.1. 目的

本 23G 帯無線伝送システムは、下り信号のうち 90MHz～402MHz の信号を水平偏波 (H 偏波)、402MHz～770MHz の信号を垂直偏波 (V 偏波) で伝送するシステムであり、無線伝送前 (23GHz 帯無線親局 (1 次側) 装置の入力時) に VHF 帯 (90MHz～402MHz) と UHF (402MHz～770MHz) に分ける分波フィルタが必要になる。402MHz の周波数で分波するためには、急峻な特性を持つフィルタを利用することとなるが、フィルタの特性上、402MHz 前後の隣接チャンネルに影響を与えてしまうことは避けられない。

そのため平成 28 年度の成果報告書に記載されている通り、信号品質、及び電波法に考慮して、23GHz 帯無線親局 (1 次側) 装置の入力信号で対象となる帯域を十分抑圧することとし、VHF 帯で 90MHz～384MHz を、UHF 帯で 420MHz～770MHz を通過させる性能を持つフィルタ (VHF/UHF 分波フィルタ) を製作することを目的とする。

4.10.2.2. 性能

試作した VHF/UHF 分波フィルタにおける Common-High Path 間 (420MHz～770MHz) の性能を図 4-63 に、Common-Low Path 間 (90MHz～384MHz) の性能を図 4-64 に示し、外観を図 4-65 に示す。なお、今回無線装置の小型化を実現する必要から、無線装置と別に設置することを前提として試作を行っている。

VHF/UHF 分波フィルタにおける抑圧性能は、VHF 帯通過時の 420MHz において約 73dB、UHF 帯通過時の 394MHz において約 66dB の性能を実現できた。また、402MHz の周波数における抑圧性能についても、VHF 帯で約 46dB、UHF 帯で約 51dB を実現しており、23GHz へのアップコンバート時における平均電力が -10dBm/MHz となることから、402MHz を境に伝送信号が存在し場合でも帯域外領域におけるスプリアス発射の規定値を満足できると考える。

試作した VHF/UHF 分波フィルタをフィールドに設置して試験を実施し、伝送性能上問題ないことを確認した。

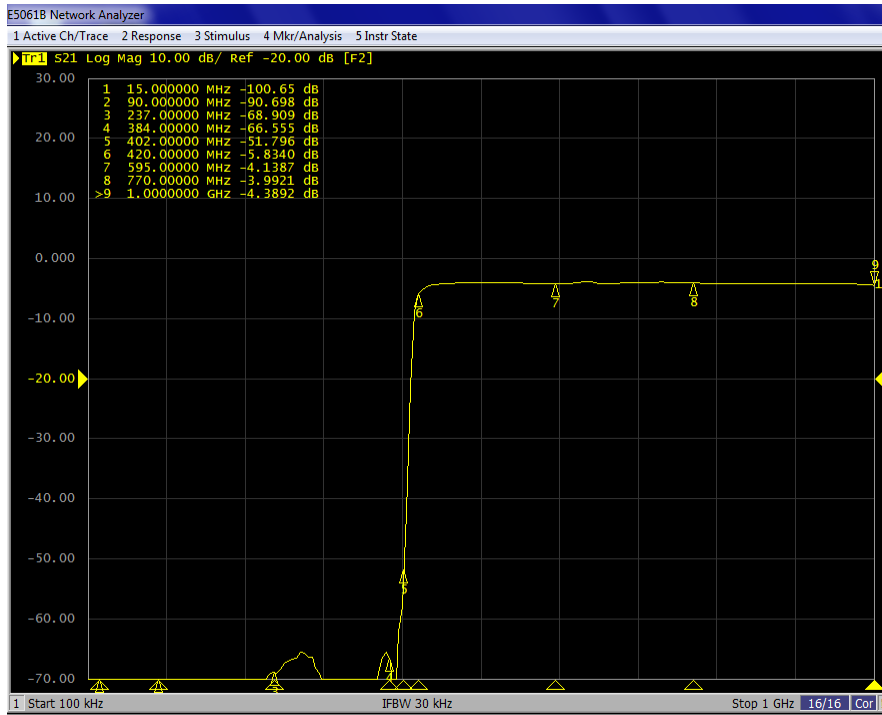


図 4-63 VHF/UHF分波フィルタ Common-High Pass 間(402MHz~770MHz)

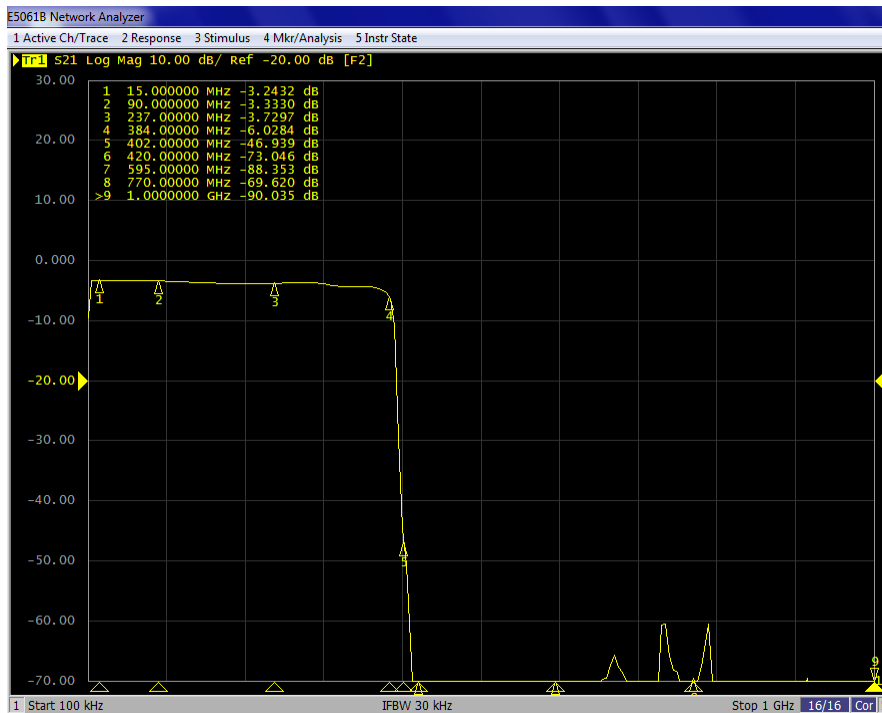


図 4-64 VHF/UHF分波フィルタ Common-Low Pass 間(90MHz~402MHz)



図 4-65 UHF/VHF分波フィルタ外観図 (左 : 外観、右 : 入出インターフェース部)

5. 調査検討の成果と課題

5.1. 調査検討の成果

本調査検討では、FDM-SSB方式による23GHz帯無線伝送システムにおいて、現状の帯域内（23.2GHz～23.6GHzの400MHz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に、垂直偏波と水平偏波を偏波多重によって同時に用いることで周波数利用効率を2倍にし、システムの双方化を図り、現行の変調方式と比較して伝送速度換算で周波数利用効率を約70%向上させる高度な変調方式を導入するための技術的条件を取得することと目的として、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、変調方式高度化技術及び小型・軽量化について検討を行い、平成28年度調査検討において試作した双方向機能付23GHz帯無線伝送システムをフィールドに設置して試験を実施した。

また、調査検討を進める中で発生した課題への取り組みや小型・軽量化についても検討を進めた。

本調査検討で試作した無線伝送装置により、以下のような成果を得た。

- (1) 平成28年度の調査検討で試作した交差偏波識別度（XPD）を改良したパラボラアンテナ、及び偏波分離器（OMT）と双方向機能付23GHz帯無線伝送システムをフィールドに設置し、無線伝搬試験を実施してデジタルケーブルテレビ信号（OFDM、64QAM、256QAMなど）を偏波多重伝送できることを確認した。
- (2) 平成28年度の調査検討で試作したアンテナ、OMT、及び無線伝送装置を用いてケーブルインターネット通信（DOCSIS3.0）の無線伝送試験を実施し、アンテナ間の回りこみ量を90dBとしたときの信号の疎通（PING試験）及びスループットに問題がないことを確認した。
- (3) 平成28年度の調査検討で試作した双方向機能付23GHz帯無線伝送システムをフィールドに長期間設置し、降雨等によるC/N比やXPDの劣化等を評価した。期間を通じて想定した降雨（1分間降雨量：1.33mm/分）は観測されず、C/N比とXPD共に大きな劣化はなかった。

- (4) デジタルケーブルテレビ信号のうち、256QAM や高度な変調方式(J.382)に係る CN 比と C/I 比、並びに XPD や OMT の性能について検討・評価を行い、CN 比と C/I 比については表 5-1 のような値を算出した。同基準は偏波多重伝送する場合でもその劣化量を考慮して満足すべき値となる。XPD や OMT については今回試作した性能 (XPD : 37dB、OMT 偏波間結合量 : -50dB) 程度あれば偏波多重伝送が可能であることが分かった。XPD については偏波多重による劣化量が想定より少ないため、同一レベルで伝送する場合は、無線伝送路性能以上であれば問題ないと考えられる。技術基準としては 3dB 程度マージンをとることが望ましいが、あまり高い性能を規定すると製作が難しくなるため考慮する必要がある。また、レベル差伝送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になるが、所要値については更なる検討が必要である。

表 5-1 [C/N]0、及び C/I 値 (技術基準)

	OFDM	64QAM	256QAM	J.382			
				256QAM	1024QAM	4096QAM 符号化率 4/5	4096QAM 符号化率 5/6
無線伝送路性能 [dB]	27.0	29.0	36.0	29.0	36.0	41.0	45.0
[C/N]0 [dB]	27.1	29.2	36.3	29.2	36.3	41.6	46.0
C/I [dB]	42.0	42.0	48.0	42.0	48.0	50.0	52.0
XPD [dB]	各無線伝送性能+3dB とすることが望ましいが、レベル差伝送する場合にはより高い性能が必要になる。						
OMT 偏波間 結合量 [dB]	-50dB 以上 接続するアンテナ性能 (XPD 性能) が支配的であり、XPD 性能以上であれば問題ないとする。						

- (5) フィールドへの導入時に必要となる交差偏波識別度 (XPD) の調整について、OMT に新たな調整機構を実装し、半日程度かかっていた調整時間を大幅に短縮した。また、

アンテナの面合せ(リンク調整)においても、外付けのレベルインジケータを試作し、導入時間の短縮を実現した。

- (6) 従来の片方向の無線装置と比較すると、実装すべきモジュールは単純計算で3倍となり、それに合わせた装置サイズ、重量、電源容量が必要となるが、平成28年度に試作した双方向機能付23GHz帯無線伝送システムの実装モジュールの配置や配線等を見直すことで小型化を実現させ、現行の無線装置の容積比で147%となり、更なる小型化を達成した。
- (7) 実装モジュールの配置や配線等を見直すことにより実現した小型化をベースに筐体の試作を実施し、現行の質量比で、23GHz帯無線親局(1次側)が133.8%、23GHz帯無線子局(2次側)が128.8%となり、3倍以下に抑え軽量化を達成した。

5.2. 今後の課題

- (1) C/N比とCI比の技術基準については、各種技術基準を参考にして性能配分を行い、策定することができたが、各技術基準間の不整合については更に検討する必要がある。
また、XPDとOMTの偏波間結合量については、偏波多重の有無により所要性能が変わることと、実際の製作面に課題があることから、更なる検討が必要になる。
- (2) 降雨に関する評価については、雨の少ない時期でかつ短期間であったことから、強雨期を含めた更なる調査が必要と考えられる。
- (3) 近年、動画配信される映像の高精細化が進展しており、ケーブルテレビ事業者等は、既に平成27年から「ケーブル4K」、「ひかりTV4K」といった4K実用放送を開始しているが、さらに、平成30年12月からは、衛星放送により4K・8K実用放送が(4K18番組、8K1番組)が開始される予定である。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、BS-IFパススルー伝送や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。

6. 資料編

6.1. 用語・略語

略語	用語
64QAM	64 Quadrature Amplitude Modulation
256QAM	256 Quadrature Amplitude Modulation
1024QAM	1024 Quadrature Amplitude Modulation
4096QAM	4096 Quadrature Amplitude Modulation
AGC	Automatic Gain Control
BER	Bit Error Rate
CM	Cable Modem
CMTS	Cable Modem Termination System
C/N 比	Carrie to Noise Ratio
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specifications
D/U 比	Desired to Undesired Signal Ratio
FDM-SSB	Frequency Division Multiplexing - Single Side Band
FTTB	Fiber To The Building
FTTH	Fiber To The Home
HFC	Hybrid Fiber - Coaxial
IF	Intermediate Frequency
MER	Modulation Error Ratio
MGC	Manual Gain Control
NF	Noise Figure
OCXO	Oven-Controlled Crystal Oscillator
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OLT	Optical Line Terminal
OMT	OrthoMode Transducer
ONU	Optical Network Unit
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
UHF	Ultra High Frequency

VCXO	Voltage-Controlled Crystal Oscillator
VHF	Very High Frequency
V-ONU	Video - Optical Network Unit
XPD	Cross Polarization Discrimination

6.2. 測定機材

	使用測定器			備考
	機器	型番	メーカー	
1	周波数カウンタ	MF2413C	アンリツ	
2	信号発生器	MG3700A	アンリツ	
		MSD5000A	エイデン	
		3555A	エイデン	
		SFC	Rohde&Schwarz	
3	QAM 変調器	NSG9000	住友電工	
4	OFDM 変調器	MR3000X	ミハル	
5	CMTS	MA5633	HUAWEI	
6	スイッチ	3560CG	シスコ	
7	ケーブルモデム	CBW383G4J	シンクレイヤ	
8	スペクトラム アナライザ	E4440A	アジレント	
		N9030A	アジレント	
		MS2726C	アンリツ	
		FPH	Rohde&Schwarz	
9	USB パワーセン サ	MA24126A	アンリツ	
10	シグナルレベルメ ータ	LF990	リーダー電子	
11	テスター	DSAM	VIAMI	
12	可変アッテネータ	J7211C	アジレント	
		9012-9	Api	
		9012-70	Api	
		75BR023	JFW	
		5122	Waveline	
13	電源供給器	SPS-A6030U	シンクレイヤ	プラグイン機能付き

6.3. 参考文献

1. JCTEASTD-015-4.0 FTTH 型ケーブルテレビシステム 光システム性能測定法
(一社)CATV 技術協会,2016 年
2. JCTEASTD-018-3.0 FTTH 型ケーブルテレビシステム 光ネットワークの性能
(一社)CATV 技術協会,2016 年
3. JCTEASTD-024-1.0 CATV 高速データ伝送装置 DCCSIS3.0
(一社)CATV 技術協会,2015 年
4. 4K・8K 衛星 IF 伝送システムに関する調査研究報告書
(一社)CATV 技術協会,2015 年
5. JCTEASTD-017-4.0 有線一般放送設備と同等の試験施設
(一社)CATV 技術協会,2015 年
6. JCTEASTD-014-5.0 FTTH 型ケーブルテレビシステム 光ネットワークとその機器
(一社)CATV 技術協会,2013 年
7. 電波法関係審査基準
(財)情報通信振興会,2016 年
8. 平成 10 年度 電気通信技術審議会答申 (諮問第 102 号「有線テレビジョン放送事業用無線局の技術的条件」のうち「2.3GHz 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」)
電気通信技術審議会,1998 年
9. 有線テレビジョン放送事業用固定局における地上デジタル放送の伝送に関する調査検討 報告書

23GHz帯電波天文観測局及び分子輝線の状況について

23GHz帯電波天文観測局一覧

	局名	所在地等	局位置（東経、北緯）	
			※世界座標系	
1	VERA水沢*	岩手県奥州市	141.132544	39.133493
2	VERA入来*	鹿児島県薩摩川内市	130.439993	31.747976
3	VERA小笠原*	東京都小笠原村父島	142.216773	27.09168
4	VERA石垣島*	沖縄県石垣市	124.171085	24.412453
5	水沢10m*	岩手県奥州市 国立天文台	141.132372	39.133323
6	高萩*	茨城県高萩市 茨城大学運用	140.694866	36.698593
7	日立*	茨城県日立市 茨城大学運用	140.692002	36.697552
8	NICT鹿島	茨城県鹿嶋市 情報通信研究機構	140.660051	35.955872
9	野辺山(NRO)*	長野県南佐久郡南牧村	138.472517	35.944503
10	JAXA臼田	長野県佐久市 宇宙科学研究所	138.36201	36.132953
11	岐阜大岐阜	岐阜県岐阜市 岐阜大学	136.737092	35.467595
12	内之浦 ^{注1}	鹿児島県肝属郡肝付町 内之浦宇宙空間観測所(JAXA)	131.07816	31.254432

注1:開局準備局、*は国立天文台所有

(連絡窓口)

国立天文台 電波天文周波数小委員会事務局

E-mail: catv-23ghz@nro.nao.ac.jp

23GHz帯(23.6GHz~24.0GHz)のアンモニア分子輝線について

23GHz帯のアンモニア分子輝線分布状況

(J,K)= (1,1): 23.69450GHz付近、(2,2): 23.72263GHz付近、
(3,3): 23.87012GHz

輝線の強度比較によって、分子雲の温度、密度、アンモニア分子の量といった物理量を精度良く推定する事ができる。

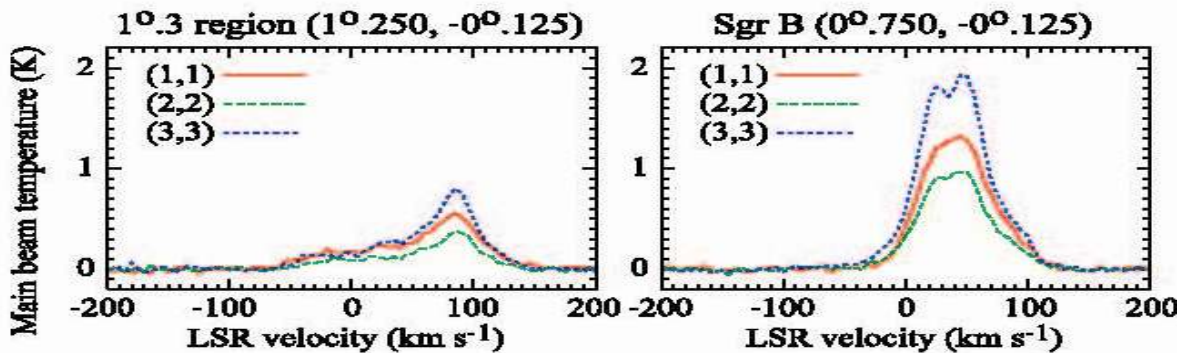


図1 アンモニア輝線のスペクトルの例

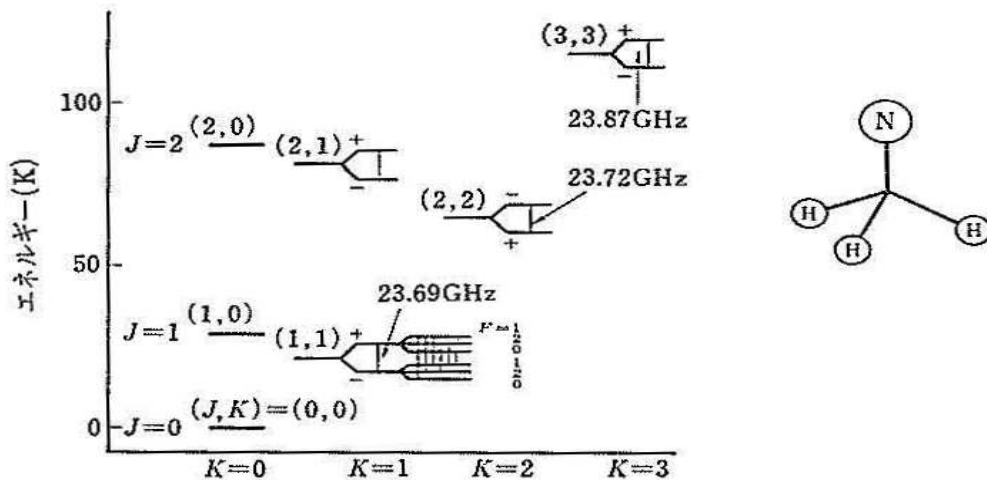


図2 (左)アンモニア分子のエネルギーレベルと遷移 (右)分子モデル

偏波多重による伝送距離等の検討

2.3GHz帯無線伝送システムは、周波数の特性から降雨や降雪が原因となる降雨減衰の影響を受け、受信レベルが落ちることが想定されるため、降雨減衰の影響を受けた際の伝送路距離等を算出する。

2.3GHz帯無線伝送システムにおいて、偏波多重することで伝送帯域は2倍になるが空中線電力は1W以下に決められていることから、偏波毎の出力電力は0.5W以下、空中線電力の半分になる。

参考に現行の1.0Wと偏波多重時の0.5Wでの伝送距離の検討を記載します。

同一条件で電力を1.0Wと0.5Wで比較した回線設計値は、

1.0W、伝送距離:3.5km、降雨減衰量:14dB、降雨減衰マージン:9.1dB

0.5W、伝送距離:3.0km、降雨減衰量:12dB、降雨減衰マージン:9.4dB

となる。

概ね、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。(長距離伝送の場合はこの比率は小さくなる)

以下に回線設計例を記載します。

【1.0W 出力の回線設計例】

23GHz 伝送試算

回線設計例 P-P 伝送 OFDM 信号

	項目	単位		設計値	備考
1	伝搬距離	km	d	3.5	BST は青梅市役所、CPT は TCN
2	1 分間雨量累積分布の 0.0075% 値	mm/分	R0.0075%	1.7	「東京」地点における 1 分間雨量累積分布の 0.0075% 値 [mm/分] 電波法関係審査基準 別紙 1 別図第 35 号より
3	中心周波数	GHz	f	23.4	周波数ブロック番号 1' の中心周波数
4	チャンネル帯域幅	MHz	B	5.6	ISDB-T チャンネル帯域幅
5	空中線電力	dBm	Pt	14.0	チャンネル当たりの送信電力 [dBm/ch]
6	給電線系損失 (送信)	dB	Lft	1.0	送信局側における給電線損失、共用器損失等の合計値
7	送信空中線の絶対利得	dB	Gat	34.3	高利得セクターアンテナ
8	自由空間伝搬損失	dB	Lp	130.7	$L_p = 20 \log(4000 \cdot \pi \cdot d/\lambda)$
9	受信空中線の絶対利得	dB	Gar	34.3	30 cmφ パラボラアンテナ
10	給電線系損失 (受信)	dB	Lfr	1.0	受信局側における給電線損失、共用器損失等の合計値
11	外部からの干渉による許容劣化量	dB	Id	1.0	
12	受信機入力レベル	dBm	Pr	-51.1	$Pr = Pt - (L_p + (L_{ft} + L_{fr})) + (G_{at} + G_{ar}) - Id$
13	受信機熱雑音指数	dB	NF	5.0	
14	受信雑音電力レベル	dBm	Prni	-101.5	$Prni = 10 \log(B) + NF - 114$ B [MHz]: 受信機通過帯域幅 NF [dB]: 受信機雑音指数
15	標準状態における受信 CN 比	dB	CN	50.4	$CN = Pr - Prni$
16	所要受信 CN 比 →無線システム CN 比	dB	CNth	27.3	標準デジタルテレビジョン放送方式の信号 (OFDM) 伝送時の無線伝送区間における所要受信 CN 比 →無線伝送区間の IM3 特性を増幅器で 10km 伝送した場合の 61.8dB に合わせてシステム所要受信 CN 比 25dB を確保する場合の無線システム CN 比
17	降雨マージン	dB	Zr	23.1	$Z_r = CN - CN_{th}$
18	降雨減衰量	dB	Zp	14.0	降雨マージン ≥ 降雨減衰量であること
19	年間回線不稼動率		p	0.050	

【0.5W 出力の回線設計例】

23GHz 伝送試算

回線設計例 P-P 伝送 OFDM 信号

	項目	単位		設計値	備考
1	伝搬距離	km	d	3.0	BST は青梅市役所、CPT は TCN
2	1 分間雨量累積分布の 0.0075% 値	mm/分	R0.0075%	1.7	「東京」地点における 1 分間雨量累積分布の 0.0075% 値 [mm/分] 電波法関係審査基準 別紙 1 別図第 35 号より
3	中心周波数	GHz	f	23.4	周波数ブロック番号 1' の中心周波数
4	チャンネル帯域幅	MHz	B	5.6	ISDB-T チャンネル帯域幅
5	空中線電力	dBm	Pt	11.0	チャンネル当たりの送信電力 [dBm/ch]
6	給電線系損失 (送信)	dB	Lft	1.0	送信局側における給電線損失、共用器損失等の合計値
7	送信空中線の絶対利得	dB	Gat	34.3	高利得セクターアンテナ
8	自由空間伝搬損失	dB	Lp	129.4	$L_p = 20 \log(4000 \cdot \pi \cdot d / \lambda)$
9	受信空中線の絶対利得	dB	Gar	34.3	30 cmφ パラボラアンテナ
10	給電線系損失 (受信)	dB	Lfr	1.0	受信局側における給電線損失、共用器損失等の合計値
11	外部からの干渉による許容劣化量	dB	Id	1.0	
12	受信機入力レベル	dBm	Pr	-52.8	$Pr = Pt - (L_p + (L_{ft} + L_{fr})) + (G_{at} + G_{ar}) - I_d$
13	受信機熱雑音指数	dB	NF	5.0	
14	受信雑音電力レベル	dBm	Prni	-101.5	$Prni = 10 \log(B) + NF - 114$ B [MHz]: 受信機通過帯域幅 NF [dB]: 受信機雑音指数
15	標準状態における受信 CN 比	dB	CN	48.7	$CN = Pr - Prni$
16	所要受信 CN 比 →無線システム CN 比	dB	CNth	27.3	標準デジタルテレビジョン放送方式の信号 (OFDM) 伝送時の無線伝送区間における所要受信 CN 比 →無線伝送区間の IM3 特性を増幅器で 10km 伝送した場合の 61.8dB に合わせてシステム所要受信 CN 比 25dB を確保する場合の無線システム CN 比
17	降雨マージン	dB	Zr	21.4	$Z_r = CN - CN_{th}$
18	降雨減衰量	dB	Zp	12.0	降雨マージン ≥ 降雨減衰量であること
19	年間回線不稼動率		p	0.050	

【回線設計例】

伝搬距離 5km、1 分間雨量累積分布の 0.0075%値が 1.66[mm/分]の条件にて OFDM：10 チャンネル、64QAM：50 チャンネルを伝送することを想定した回線設計例を示す。

解表 2.2 回線設計例

	項目	単位		設計値			備考
				FDM-SSB	OFDM	64QAM	
1	伝搬距離	km	d	5.0	5.0	5.0	
2	1 分間雨量累積分布の 0.0075%値	mm/分	R	1.66	1.66	1.66	電波法関係審査基準 別紙 1 別図第 35 号より 「東京」地点における数値
3	中心周波数	GHz	F	23.40	23.40	23.40	
4	チャンネル帯域幅	MHz	B	321.0	5.6	5.3	
5	空中線電力	dBm	Pt	19.8	2.0	2.0	OFDM:10ch, 64QAM:50ch
6	給電線系損失 (送信)	dB	Lft	1.9	1.9	1.9	送信局側における給電線損失、接続損失の合計値
7	送信空中線の絶対利得	dBi	Gat	44.8	44.8	44.8	1.0m 径パラボラアンテナ
8	自由空間伝搬損失	dB	Lp	133.8	133.8	133.8	$Lp=32.4 + 20\log(d) + 20\log(f)$ d: 伝搬距離 [km], f: 周波数 [MHz]
9	受信空中線の絶対利得	dBi	Gar	44.8	44.8	44.8	1.0m 径パラボラアンテナ
10	給電線系損失 (受信)	dB	Lfr	1.9	1.9	1.9	送信局側における給電線損失、接続損失の合計値
11	受信機入力レベル	dBm	Pr	-28.2	-46.0	-46.0	$Pr = Pt - (Lp + (Lft + Lfr)) + (Gat + Gar)$
12	受信機雑音指数	dB	NF	8.0	8.0	8.0	
13	受信雑音電力レベル	dBm	Prni	-81.0	-98.6	-98.8	$Prni=10\log(B)+NF-114$ B[MHz]: 受信機通過帯域幅 NF[dB]: 受信機雑音指数
14	標準状態における受信 CN 比	dB	CN	52.8	52.6	52.8	$CN=Pr-Prni$
15	降雨量の地域分布による係数	-	Xr	1.0	1.0	1.0	電波法関係審査基準 図 1 より
16	0.0075%1 分間降雨量 1.66mm/分の降雨減衰量	dB	Γ_t	19.9	19.9	19.9	電波法関係審査基準 図 2 より 年間回線稼働率 99.95%相当の降雨減衰量
17	当該区間の降雨減衰量	dB	Γ_r	19.9	19.9	19.9	$\Gamma_r = X_r \cdot \Gamma_t$
18	降雨時における受信 CN 比	dB	CNr	32.9	32.7	32.9	$CNr=CN-\Gamma_r$
19	所要受信 CN 比 (審査基準による無線区間のみの CN 比)	dB	CNth	29.1	27.3	29.4	最小受信 CN 比。このリンクにおける閾値。FDM-SSB の場合、電波法関係審査基準の計算式により求める。接続する有線伝送路の性能を考慮して設計する。
20	システムマージン	dB	Msys	3.8	5.4	3.5	$Msys = CNr - CNth$
21	降雨マージン	dB	Zr	23.7	25.3	23.4	$Zr = CN - CNth$
22	1 分間降雨量 1.66mm/分の降雨減衰量換算値	dB	Γ_t'	23.7	25.3	23.4	$\Gamma_t'=\Gamma_r / X_t$
23	年間回線断時間率	%	P	0.048	0.045	0.047	Γ_t' から、電波法関係審査基準より求める。

(参考：一般社団法人日本 CATV 技術協会 標準規格 JCTEA STD-023-2.0 抜粋)

一般社団法人日本CATV技術協会 標準規格
Japan Cable Television Engineering Association Standard

JCTEA STD-023-2.0

準ミリ波帯無線アクセスシステム 23GHz 帯無線システムの性能

Specification for 23GHz Band Wireless System
Quasi-Millimeter Microwave Access Systems

(一部抜粋)

2. 23GHz 帯無線システムの回線設計例

2.1 回線設計の基本的な考え方

23GHz 帯のような高い周波数帯を用いる無線回線品質への影響は、降雨による減衰が支配的である。降雨減衰による一時的な回線品質の劣化を回避するために、晴天時には、想定する降雨量とターゲットとする回線稼働率により決まる降雨減衰量以上の回線マージンを保持した状態で伝送することが必要になる。

回線設計では、無線伝送区間における最低限度の品質を確保できる所要受信 CN 比 (Carrier-to-Noise Ratio : 搬送波対雑音電力比) と、降雨減衰によりその所要受信 CN 比を下回る許容年間回線断時間率 p [%] を設定し、降雨減衰のない標準状態における受信 CN 比と、所要受信 CN 比との差分より求まる降雨マージン Z_r [dB] が、導入地域における降雨量 [mm/分] とターゲットとする年間回線断時間率 p [%] から求まる降雨減衰量 Γ_r [dB] よりも大きくなるようにリンクバジェット (送信機出力やアンテナ利得など) を検討する (帯域内振幅特性や熱雑音等の無線システムの特性を十分考慮し、適切なマージンを設定することが望ましい)。

リンクバジェットの検討から求めた降雨マージン Z_r [dB] より、無線区間における年間回線断時間率 p [%] を算出する。

2.2 リンクバジェット算出における主なパラメータ

1) 所要回線品質

有線系の伝送路に接続することを考慮した無線伝送区間における所要 CN 比より受信機の熱雑音による CN 比 (以下、受信 CN 比) を算出し、所要回線品質 (閾値) とする。

所要受信 CN 比は、無線伝送区間における所要 CN 比を送信機の熱雑音 CN 比と受信機の熱雑音 CN 比に配分し、後者の CN 比を所要受信 CN 比とする。

23GHz 帯無線システムでは、23GHz 帯有線テレビジョン放送事業用固定局 (以下「23GHz 帯 CATV 用固定局」という) に係る電波法関係審査基準内に上記の考えに基づいたベースバンドチャンネルごとの所要受信 CN 比が規定されており、その値は、標準テレビジョン放送方式 (NTSC-VSB-AM) で 45.0dB、標準デジタルテレビジョン放送方式 (OFDM) で 27.3dB、デジタル有線テレビジョン放送方式 (64QAM) で 29.4dB となっている。FDM-SB 搬送波における所要受信 CN 比は、電波法関係審査基準に規定された計算式により求める。

2) アンテナ利得

送信局並びに受信局の双方において回線品質を満足する絶対利得 [dBi] を持つアンテナを検討する。

3) 給電線系損失

送信機・受信機とアンテナ間に導波管などの給電線を用いる場合、給電線が持つ伝送損失や接合面における損失等を考慮する。

4) 送信機出力

伝送する信号毎の出力レベル[dBm/ch]とし、バックオフを考慮した送信機出力とする。

FDM-SSB 搬送波における出力レベルは、伝送する全てのベースバンドチャンネル信号(O FDM 信号や 64QAM 信号など) 出力レベルの合算値であり、下記計算式により求める。

$$P_p = P_{tDTV} \times N_{DTV}$$

P_{tDTV} : テレビジョン放送 1 チャンネル当りの電力。以下同じ。

N_{DTV} : テレビジョン放送の伝送チャンネル数。以下同じ。

注 : OFDM 信号、及び 64QAM 信号を同時に伝送する場合は、方式ごとに算出した電力値の総和を空中線電力とすること。

上記計算式より得られる結果は、無線局免許申請時の空中線電力値となる。

5) 受信雑音電力 (受信機の熱雑音電力)

受信雑音電力[dBm] : $kTB(NF) = 10\log B - 114 + NF$

B [MHz] : 受信機の通過帯域幅。伝送信号の帯域幅を受信機の通過帯域幅 (例 : 標準デジタルテレビジョン放送方式の信号 (OFDM) =5.6MHz、デジタル有線テレビジョン放送方式の信号 (64QAM) =5.3MHz など) とする。

NF [dB] : 受信機の雑音指数。

6) 自由空間損失

自由空間損失 [dB] : $L_p = 32.4 + 20\log(d) + 20\log(f)$

d [km] : 伝送距離

f [MHz] : 周波数

7) 降雨減衰量

降雨減衰量は、下記 1.3 項の降雨減衰量の推定方法に示す方法により、ターゲットとする年間回線断時間率 p [%] に対応した降雨減衰量 Γ_r [dB] を算出する。

2.3 降雨減衰量の推定方法

任意の地域に対して大まかな降雨減衰量の推定を行う場合は ITU-R 勧告の推定方法が比較的簡易で便利であるが、降雨減衰特性は地域的な気候に依存するため信頼性の高い回線設計を実施するには対象地域の気候特性を予め知って必要なパラメータを選択し、精度の高い計算方法を用いることが重要である。

降雨減衰が問題となる周波数帯における回線設計方法として、電波法関係審査基準内で規定されている 11/15GHz 帯及び 20GHz 帯、18GHz 帯における降雨減衰量の推定方法を用いる手法が国内方式としては一般的である。23GHz 帯無線システムについても 23GHz 帯 CA

TV 用固定局に係る電波法関係審査基準において回線の年間回線断時間率に対応する降雨減衰量を算出する手法が規定されており、同手法を用いて設計を行うことが妥当である。

なお、近年、ゲリラ豪雨のような強い雨が発生する機会が増えてきており、回線設計にあたっては、強い降雨が発生する年を考慮して、ある程度のマージンを持って計算することが望ましい。

2.4 降雨設計値

電波法関係審査基準に掲載されている降雨減衰量の推定方法で基本となる降雨設計値としては、7月から9月までの強雨期3ヶ月間の降雨強度分布の0.0075%値を用いている。降雨強度分布は、1分間の積分値で表現されており電波法関係審査基準 別紙1 別図第35号「0.0075% 1分間降雨量[mm/分]の地域分布図」内で日本全国の各地域における値が記載されている。

降雨減衰量の推定では、電波法関係審査基準より23GHz帯無線システムを導入する地域における0.0075%1分間降雨量 [mm/分]を抽出する。

解表 2.1 に代表的な地域における0.0075%1分間降雨量 [mm/分]を示す。

解表 2.1 0.0075%1分間降雨量 [mm/分]の代表値

地域	0.0075%1分間降雨量[mm/分]
札幌	0.95
仙台	1.59
東京	1.66
富山	1.37
名古屋	1.62
大阪	1.44
広島	1.38
高松	1.67
福岡	1.63

2.5 回線設計例

以下に、伝搬距離 5km、1 分間雨量累積分布の 0.0075%値が 1.66[mm/分]の条件にて OFDM:10 チャンネル、64QAM:50 チャンネルを伝送することを想定した回線設計例を示す。

解表 2.2 回線設計例

	項目	単位		設計値			備考
				FDM-SSB	OFDM	64QAM	
1	伝搬距離	km	d	5.0	5.0	5.0	
2	1 分間雨量累積分布の 0.0075%値	mm/分	R	1.66	1.66	1.66	電波法関係審査基準 別紙 1 別図第 35 号より 「東京」地点における数値
3	中心周波数	GHz	F	23.40	23.40	23.40	
4	チャンネル帯域幅	MHz	B	321.0	5.6	5.3	
5	空中線電力	dBm	Pt	19.8	2.0	2.0	OFDM:10ch, 64QAM:50ch
6	給電線系損失 (送信)	dB	Lft	1.9	1.9	1.9	送信局側における給電線損失、 接続損失の合計値
7	送信空中線の絶対利得	dBi	Gat	44.8	44.8	44.8	1.0m 径パラボラアンテナ
8	自由空間伝搬損失	dB	Lp	133.8	133.8	133.8	$Lp=32.4+20\log(d)+20\log(f)$ d: 伝搬距離 [km], f 周波数 [MHz]
9	受信空中線の絶対利得	dBi	Gar	44.8	44.8	44.8	1.0m 径パラボラアンテナ
10	給電線系損失 (受信)	dB	Lfr	1.9	1.9	1.9	送信局側における給電線損失、 接続損失の合計値
11	受信機入力レベル	dBm	Pr	-28.2	-46.0	-46.0	$Pr = Pt - (Lp + (Lft + Lfr))$ $+ (Gat + Gar)$
12	受信機雑音指数	dB	NF	8.0	8.0	8.0	
13	受信雑音電力レベル	dBm	Prni	-81.0	-98.6	-98.8	$Prni=10\log(B)+NF-114$ B[MHz]: 受信機通過帯域幅 NF[dB]: 受信機雑音指数
14	標準状態における受信 CN 比	dB	CN	52.8	52.6	52.8	$CN=Pr-Prni$
15	降雨量の地域分布による係数	-	Xr	1.0	1.0	1.0	電波法関係審査基準 図 1 より
16	0.0075%1 分間降雨量 1.66mm/分の降雨減衰量	dB	Γ_t	19.9	19.9	19.9	電波法関係審査基準 図 2 より 年間回線稼働率 99.95%相当の 降雨減衰量
17	当該区間の降雨減衰量	dB	Γ_r	19.9	19.9	19.9	$\Gamma_r = Xr \cdot \Gamma_t$
18	降雨時における受信 CN 比	dB	CNr	32.9	32.7	32.9	$CNr=CN-\Gamma_r$
19	所要受信 CN 比 (審査基準による無線区間のみの CN 比)	dB	CNth	29.1	27.3	29.4	最小受信 CN 比。このリンクにおける閾値。FDM-SSB の場合、電波法関係審査基準の計算式により求める。 接続する有線伝送路の性能を考慮して設計する。
20	システムマージン	dB	Msys	3.8	5.4	3.5	$Msys = CNr - CNth$
21	降雨マージン	dB	Zr	23.7	25.3	23.4	$Zr = CN - CNth$
22	1 分間降雨量 1.66mm/分の	dB	Γ_t'	23.7	25.3	23.4	$\Gamma_t'=\Gamma_r / X_t$

	降雨減衰量換算値						
23	年間回線断時間率	%	P	0.048	0.045	0.047	Γ _p から、電波法関係審査基準より求める。

2.6 利用シーン

23GHz 帯無線システムとしては、連絡線及び中継回線として利用する P-P 伝送と、分配回線として利用する P-MP 伝送が想定される。以下に具体的な利用シーンを示す。

本項を参照するに当たり「光伝送路 (HFC 幹線)」及び「FTTH/同軸伝送路」と常に組み合わせたシステムモデルとなっているが、この場合は有線と無線を総合したシステム設計に注意する。

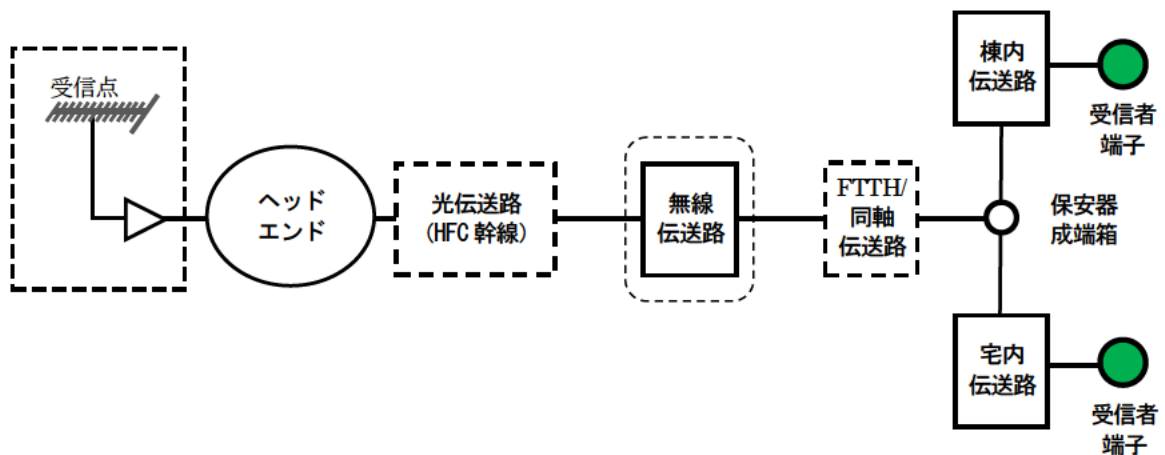
2.6.1 固定局

2.6.1.1 離島への中継伝送

ケーブルテレビ局のヘッドエンドから有線による伝送が困難な離島への中継伝送路としての利用を想定する。中継先からはケーブル施設での宅内伝送路及び棟内伝送路への有線網で接続する。無線回線方式は、P-P 伝送とし、伝送する放送信号については、地上デジタル放送やコミュニティチャンネル、デジタル有線テレビジョン放送 (64QAM のみ) を合わせて 65 チャンネルまでとする。



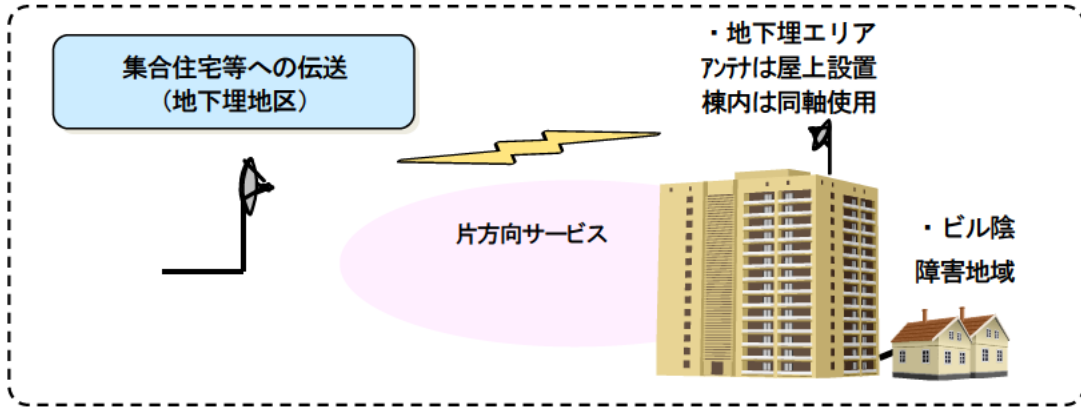
解図 2.1 離島への中継伝送イメージ図



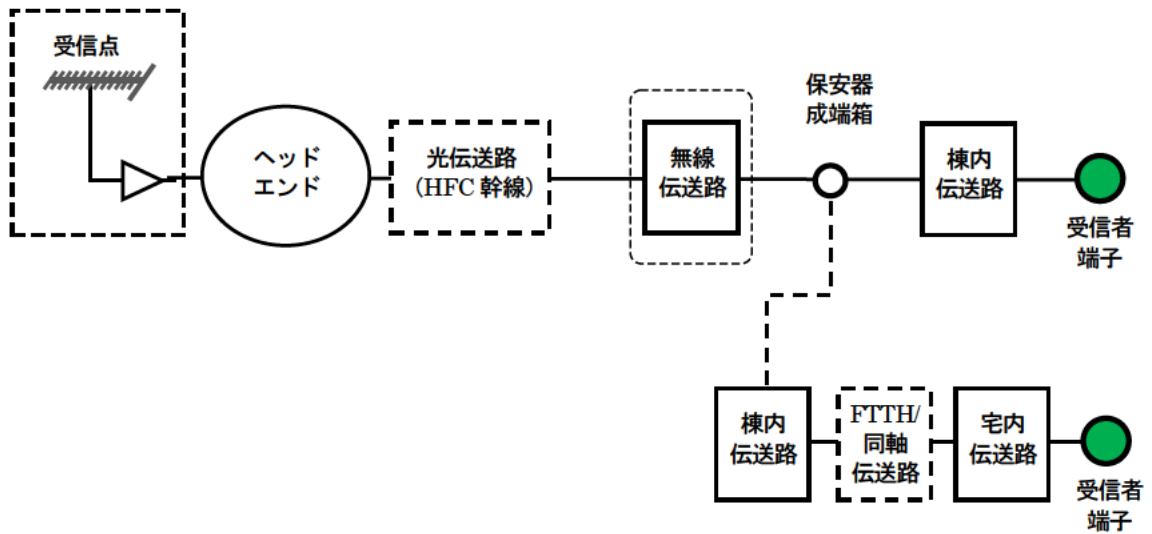
解図 2.2 離島への中継伝送システムモデル

2.6.1.2 集合住宅等への中継伝送

ケーブルテレビ局のヘッドエンドから有線による伝送が困難な無電柱地域（地下埋地域）などにおける集合住宅等への中継伝送路としての利用を想定する。なお、宅内伝送路はビル陰電波障害施設を想定している。無線回線方式は、P-P 伝送とし、伝送する放送信号については、地上デジタル放送やコミュニティチャンネル、デジタル有線テレビジョン放送（64 QAM のみ）を合わせて 65 チャンネルまでとする。



解図 2.3 集合住宅等への中継伝送イメージ図

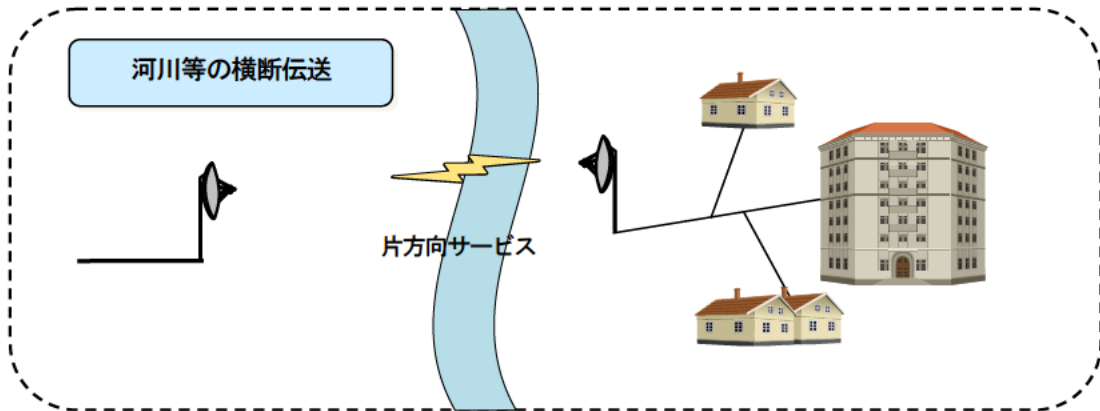


解図 2.4 集合住宅等への中継伝送システムモデル

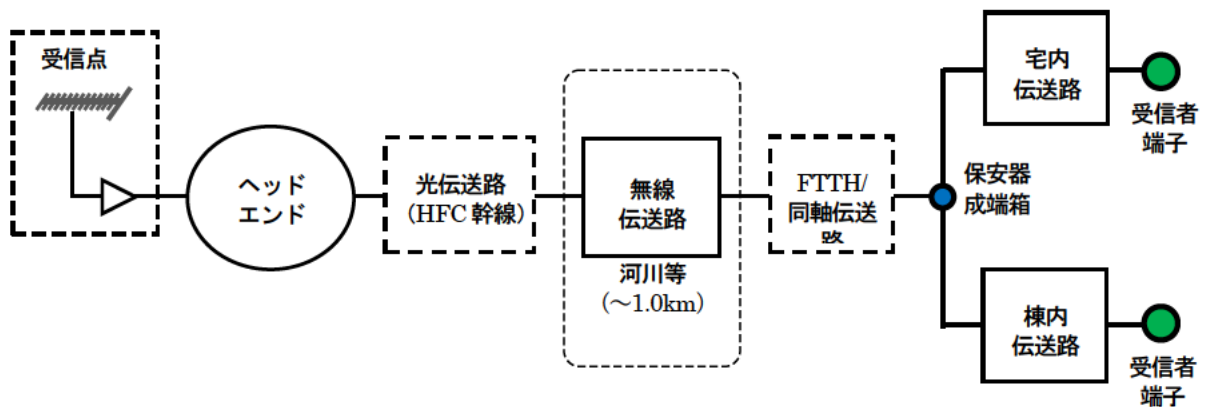
2.6.1.3 河川、軌道等の横断伝送

ケーブルテレビサービスエリアにおいて、ケーブル敷設が困難な河川及び軌道等の横断中継伝送に利用する。無線回線方式は、P-P 伝送で、無線伝送距離は、1km 以下を想定する。横断先からはケーブル敷設での宅内伝送路及び棟内伝送路への有線網で接続する。

伝送する放送信号については、地上デジタル放送やコミュニティチャンネル、デジタル有線テレビジョン放送（64QAM のみ）を合わせて 65 チャンネルまでとする。



解図 2.5 河川、軌道等の横断伝送イメージ図



解図 2.6 河川、軌道等の横断伝送システムモデル

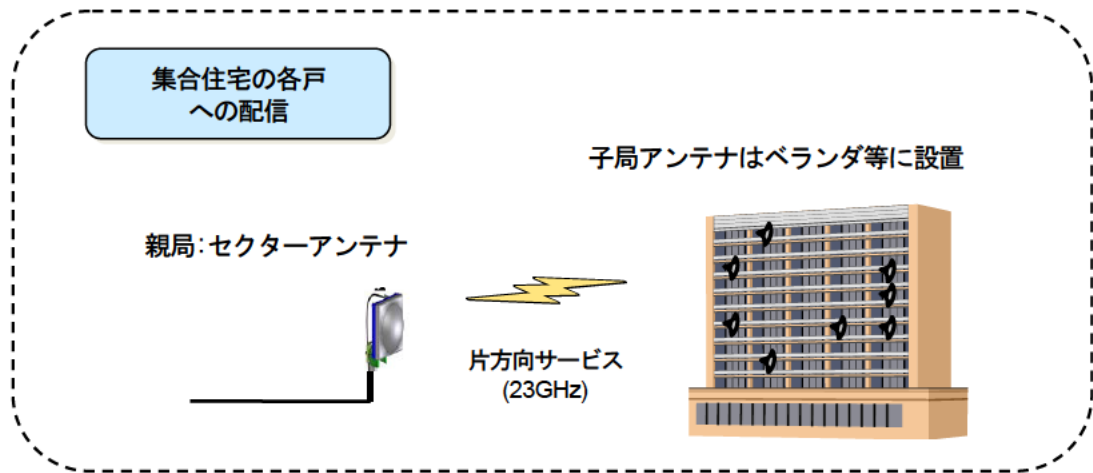
2.6.1.4 集合住宅各戸への配信

集合住宅の同軸ケーブルが古く、有線でのケーブル信号配信が困難な場合があり、これに対応する P-MP 無線システムを想定する。

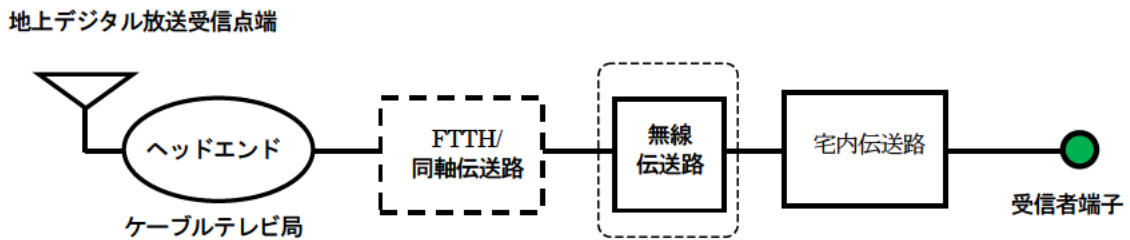
ここで、P-MP は 1 送信点から多数の受信点への配信を行うシステムを言う。

この場合、送信アンテナは集合住宅近傍に設置し、各戸のベランダに受信アンテナを設置する。親局の送信アンテナはセクターアンテナを使用し、水平/垂直各 90 度内をカバーするものを使用する。この P-MP 無線配信システムは、多点对応のため、送信アンテナ利得が低くなるため、サービス可能距離は短くなる。また、このシステムは、条件不利地域への P-MP (各戸向け) のアクセス網としての利用も可能 (送信アンテナは、セクターアンテナ使用)。

伝送する放送信号については、地上デジタル放送やコミュニティチャンネル、デジタル有線テレビジョン放送 (64QAM のみ) を合わせて 65 チャンネルまでとする。



解図 2.7 集合住宅各戸への P-MP 配信システムのイメージ図



解図 2.8 集合住宅各戸への P-MP 配信システム系統図

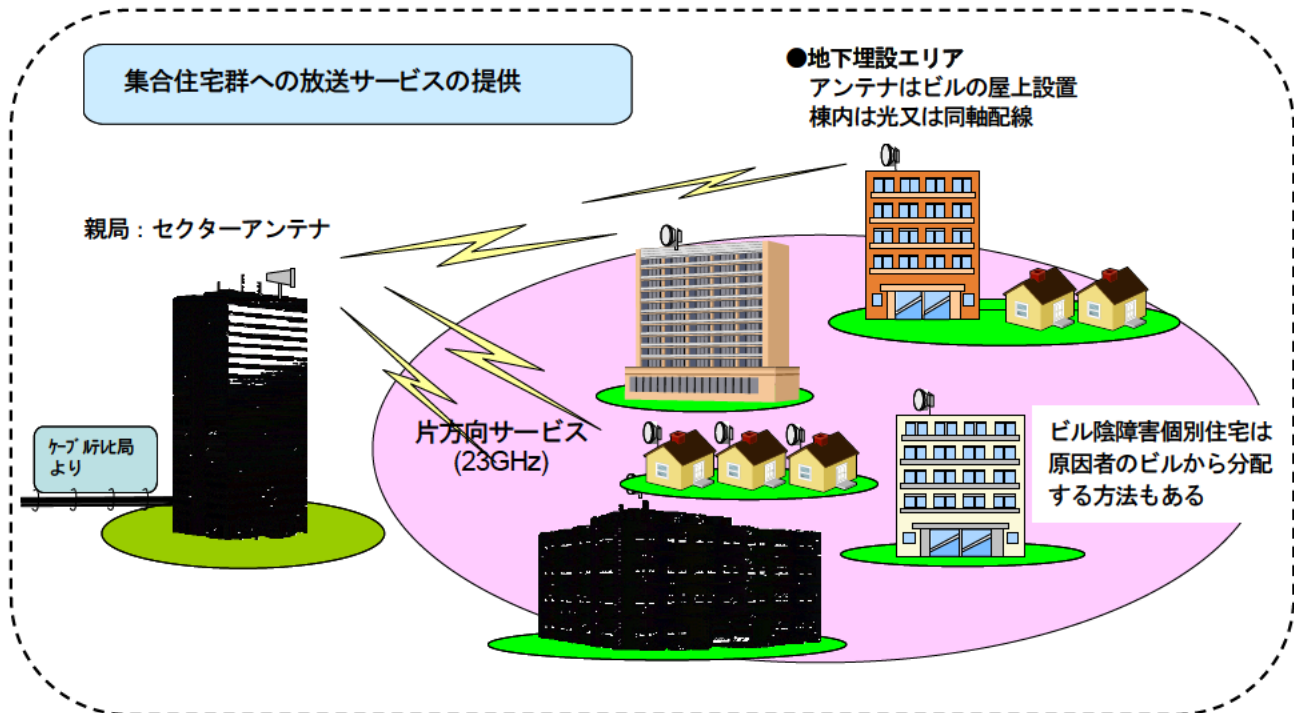
2.6.1.5 集合住宅群への配信

都市部において大形の建造物や丘陵の陰等の自然条件が原因で、地上デジタル放送を受信できないエリアに散在する集合住宅群への放送サービスの配信を想定する。

地上デジタル放送の難視エリアでかつ無電柱地域（地下埋地地域）等に点在する複数の集合住宅に対して、一つの親局からまとめて配信する場合に以下のような無線アクセス方式は有効である。

セクターアンテナを使用する P-MP による配信と、複数のパラボラアンテナを利用して各集合住宅へリンク伝送する Point-to-Multi-Link (P-ML) による配信が考えられる。セクターアンテナを使用する場合は、送信アンテナ利得が制限されるため、P-ML よりも伝送距離が短くなる。複数のアンテナを使用するか、セクターアンテナを使用するかは、集合住宅の分散度合いや伝送距離を考慮しながら個別検討となる。

なお、本項の利用シーンは、観光地等で、“景観保護”の面から有線による伝送路を敷設できない地域においても適用できる。



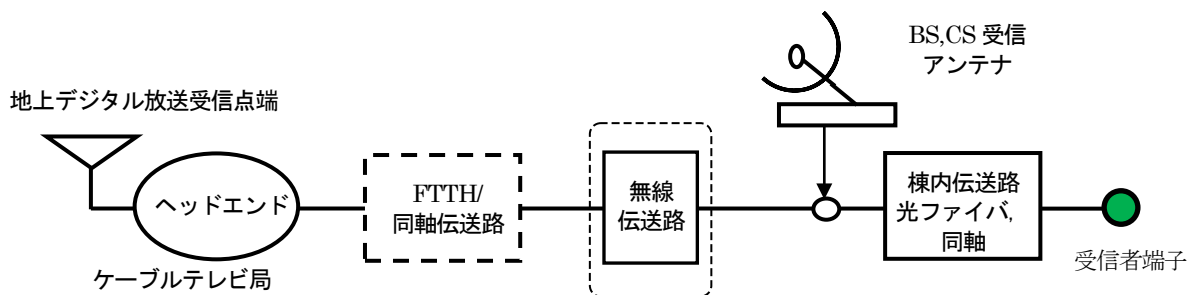
解図 2.9 複数の集合住宅への P-MP 配信システム概念図

伝送する放送信号については、地上デジタル放送やコミュニティチャンネル、デジタル有線テレビジョン放送（64QAM のみ）を 65 チャンネルまでとする。

23GHz 帯無線システムの信号サービスエリア内で、ビル陰等で信号を受信できない戸別住宅がある場合は、集合住宅から戸別住宅に分配することを検討する。ビル陰等にある建物は、無電柱化地域でない場合が多いため、通常のケーブルテレビの伝送路から引き込みが可能な場合もある。

親局の送信アンテナはセクターアンテナを使用することで、水平 90 度内に点在する集合住宅の屋上まで P-MP にて配信可能となる。

- ・親局はセクターアンテナを使用(水平 90 度、垂直 10 度の指向性アンテナ)

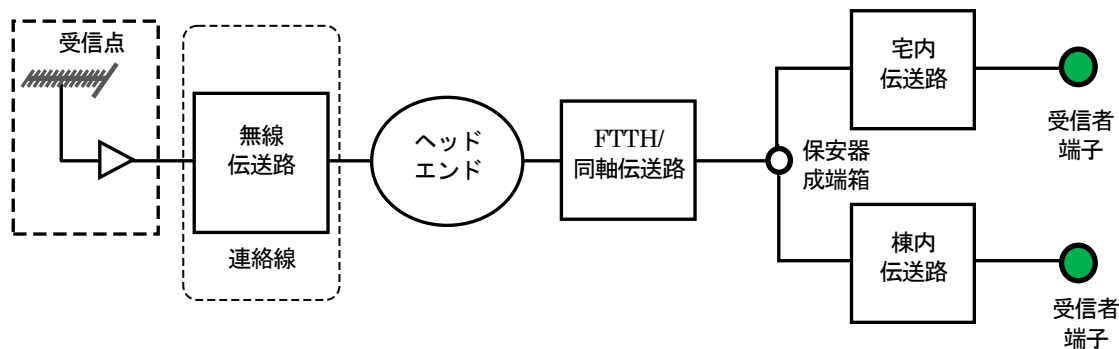


解図 2.10 複数の集合住宅への P-MP 配信システム系統図

2.6.1.6 受信点からの連絡線

1) ケーブルテレビ局のヘッドエンド

地上デジタル放送の良好な受信点からケーブルテレビ局のヘッドエンドまでの伝送に利用する。



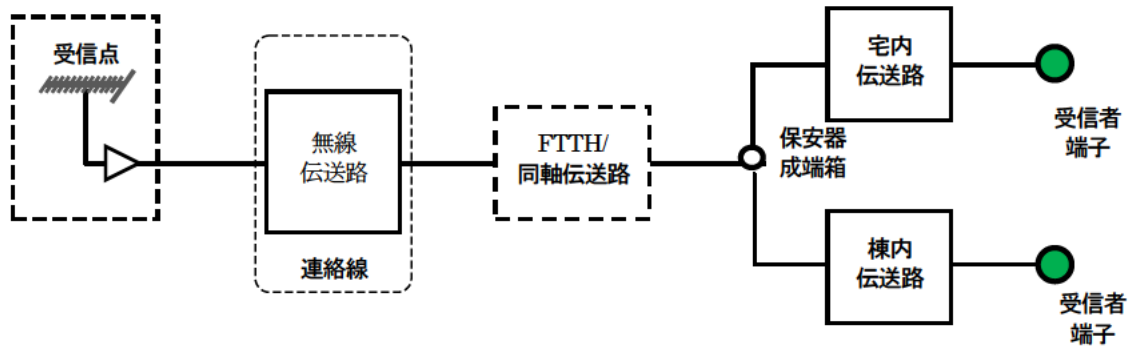
解図 2.11 受信点からヘッドエンドまでの連絡線システム系統図

2) 共聴施設のヘッドエンド

難視聴解消を目的とし、地上デジタル放送の良好な受信点から共聴施設のヘッドエンドまでの伝送に利用する。

また、複数事業者が同一の受信点において 23GHz 帯無線システムを運用する場合は、事

前に事業者間にて相談の上、相互の干渉が生じないように十分留意することが望ましい。



解図 2.12 受信点から共聴施設までの連絡線システム系統図

基本的には1)のケーブルテレビ局のヘッドエンドまでの伝送と同じである。23GHz帯無線線システムでは、受信した地上デジタル放送を周波数変換することなく伝送できるが、多くの共聴施設が狭帯域でMID帯伝送(最大10チャンネル)を採用していることから、受信点で60MHzに集約した下り信号をそのまま共聴施設に伝送するのが現実的である。

2.6.1.7 有線伝送路のバックアップ回線

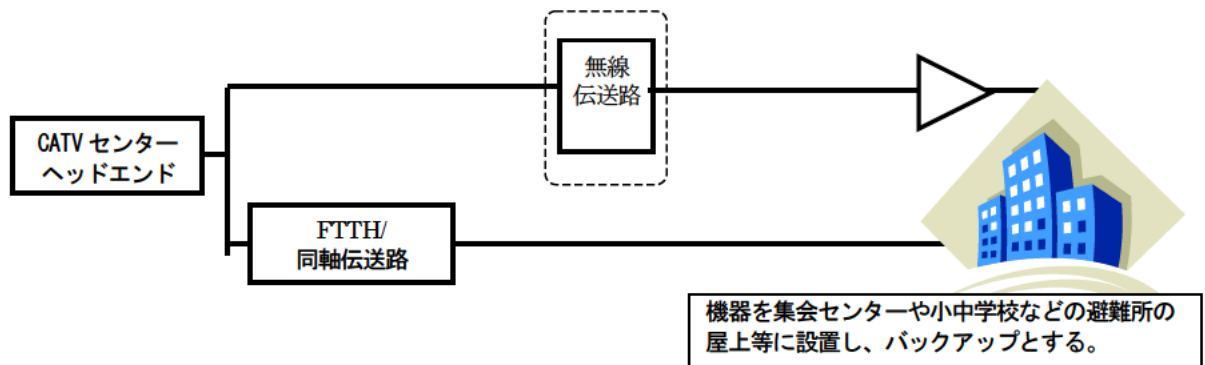
市内の行政情報を伝えるケーブルテレビのコミュニティチャンネルは特に災害時には欠かせない情報源となるが、地震災害ではケーブルが切れてしまうことがある。

100芯以上の多芯光ケーブルが切断されると、復旧までに1日以上要する。また、地震災害では何箇所ものケーブル断線が発生したり道路の寸断から交通渋滞が発生して更に復旧が遅れることがあり、災害直後に住民に対して行政情報が迅速に伝わらないことが予想される。

このような事態に対応するには、点在する地域の避難場所である小中学校や集会センターなどに予め23GHz帯無線システムを設置し、ケーブルテレビのアクセスを二重化して備えておくことが有効である。P-MP伝送であればコスト的にも低減化が期待でき、CATVセンターは受信点用の鉄塔を設置されている場合もあり比較的親局となるアンテナを高所に設置しやすいというメリットがある。

また、地震災害でなくても、火災によるケーブル断線も都市部、郊外に限らず発生することがあるが、このような場合にも無線アクセスによるバックアップは有効であるものと考えられる。

逆に台風などの豪雨の際は、降雨減衰により、無線アクセスが停まるケースも考えられるため、有線の伝送路との冗長化が望まれる。

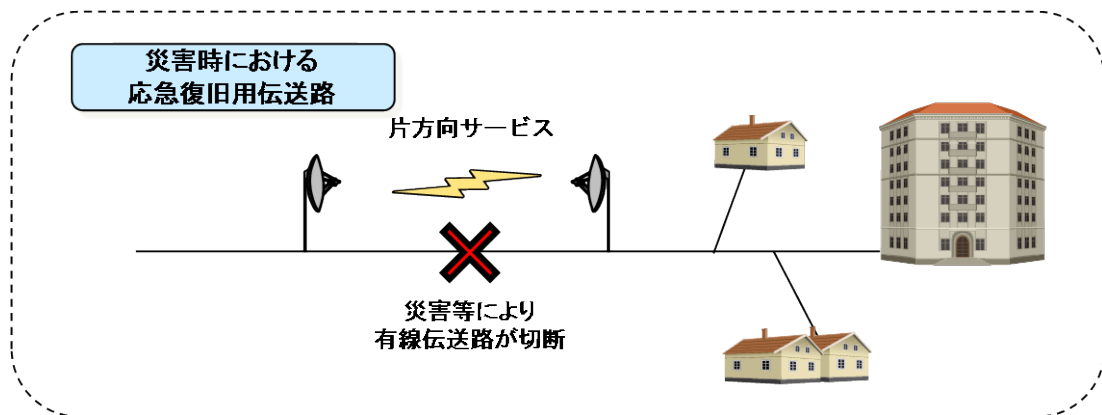


解図 2.13 有線伝送路のバックアップ回線 システム系統図

2.6.2 汎用可搬型陸上移動局

2.6.2.1 災害時における応急復旧用伝送路

地震や土砂崩れ、火災等の災害によって、ケーブルテレビの有線伝送路が被災した場合において、切断された有線伝送路の復旧に時間を要する場合がある。そのような災害時における伝送路の早期復旧のため、予め陸上移動局として免許を取得した 23GHz 帯無線システム（可搬型）を被災した箇所に設置し、応急復旧用の伝送路として利用する。無線回線方式は、P-P 伝送とし、伝送する放送信号については、地上デジタル放送やコミュニティチャンネル、デジタル有線テレビジョン放送（64QAM のみ）を合わせて 40 チャンネルまでとする。

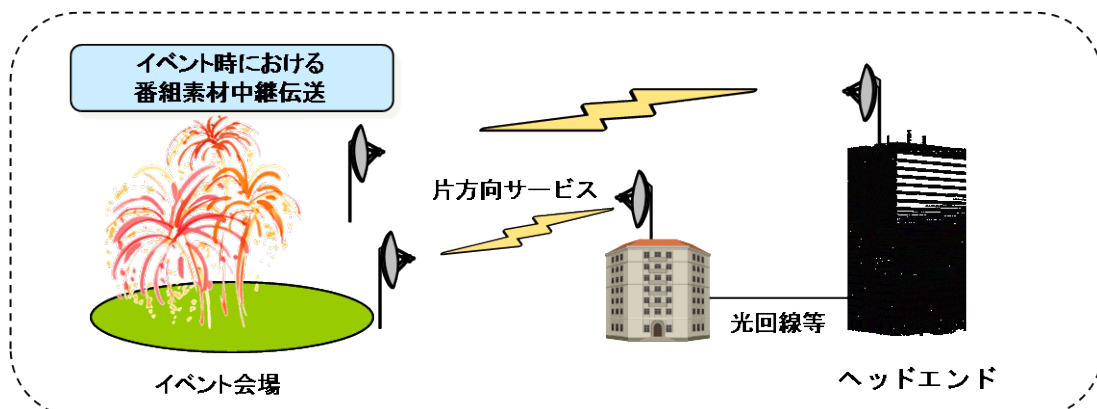


解図 2.14 災害時における応急復旧用伝送路イメージ

図

2.6.2.2 イベント時における番組素材中継伝送

イベント時において、現場からケーブルテレビ局のヘッドエンドへ番組素材を中継するための伝送路（FPU：Field Pickup Unit）として利用する。無線回線方式は、P-P 伝送とし、伝送する信号については、OFDM や 64QAM 等で変調した映像信号とする。

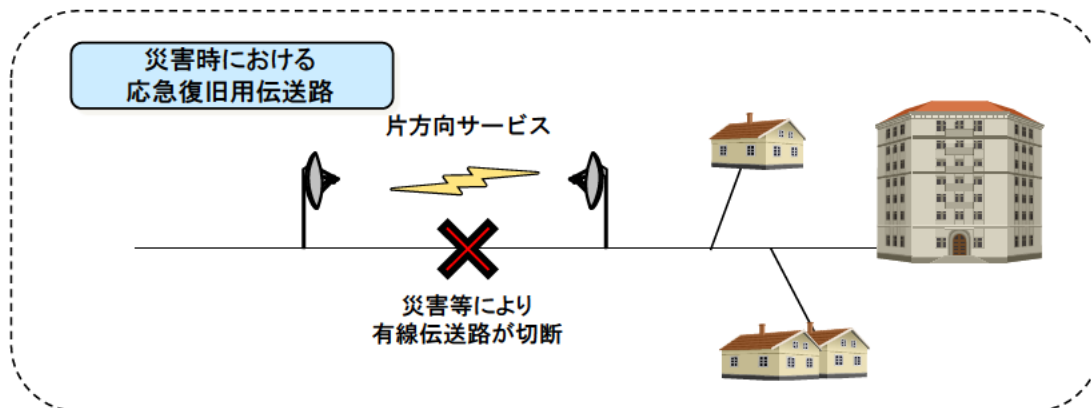


解図 2.15 イベント時における番組素材中継伝送イメージ図

2.6.3 辺地用可搬型陸上移動局

2.6.3.1 災害時における応急復旧用伝送路

地震や土砂崩れ、火災等の災害によって、辺地共聴設備の有線伝送路が被災した場合において、切断された有線伝送路の復旧に時間を要する場合がある。そのような災害時における伝送路の早期復旧のため、予め陸上移動局として免許を取得した 23GHz 帯無線システム（可搬型）を被災した箇所に設置し、応急復旧用の伝送路として利用する。無線回線方式は、P-P 伝送とし、伝送する放送信号については、地上デジタル放送やコミュニティチャンネル、デジタル有線テレビジョン放送（64QAM のみ）を合わせて 65 チャンネルまでとする。



解図 2.16 災害時における応急復旧用伝送路イメージ図

無断転載を禁じます

一般社団法人日本 CATV 技術協会標準規格

JCTEA STD-023-2.0

準ミリ波帯無線アクセスシステム
23GHz 帯無線システムの性能

Specification for 23GHz Band Wireless System
Quasi-Millimeter Microwave Access Systems

2013 年 12 月 26 日 第 2.0 版

発行

一般社団法人日本 CATV 技術協会
160-0022 東京都新宿区新宿 6-28-8
ラ・ベルティ新宿 6F

電話 : 03-5273-4671 FAX : 03-5273-4675

URL : <http://www.catv.or.jp/jctea/>

23GHz 帯無線伝送システム関係法令(抜粋)

1. 無線設備規則(抜粋)

第5条(周波数の許容偏差)

送信設備に使用する電波の周波数の許容偏差は、別表第一号に定めるとおりとする。

周波数帯	無線局	周波数の許容偏差(Hz 又はkHz を付したものを除き、百万分率)
(略)	(略)	(略)
9 10.5GHz を超え 134GHz 以下	(略) 7 その他の無線局	(略) 300

第6条(占有周波数帯幅の許容値)

発射電波に許容される占有周波数帯幅の値は、別表第二号に定めるとおりとする。

別表第二号

第3 第1及び第2に定める電波の型式以外の電波の型式(衛星非常用位置指示無線標識、携帯用位置指示無線標識、第45条の3の5に規定する無線設備及び航空機用救命無線機が使用する電波の型式A3Xを除く。)の発射電波に許容される占有周波数帯幅は、別に指定する。この指定をする場合には、電波の型式に冠して表示する。

第7条(スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値)

スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値は、別表第三号に定めるとおりとする。

基本周波数帯	空中線電力	帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値	スプリアス領域における不要発射の強度の許容値
(略)	(略)	(略)	(略)
960MHz を超えるもの	10W 以下	100 μ W 以下	50 μ W 以下

第14条(空中線電力の許容偏差)

空中線電力の許容偏差は、次の表の上欄に掲げる送信設備の区別に従い、それぞれ同表の下欄に掲げるとおりとする。

送信設備	許容偏差	
	上限(パーセント)	下限(パーセント)
(略)	(略)	(略)
十八 その他の送信設備	20	50

第24条(副次的に発する電波等の限度)

法第二十九条に規定する副次的に発する電波が他の無線設備の機能に支障を与えない限度は、受信空中線と電氣的常数の等しい疑似空中線回路を使用して測定した場合に、その回路の電力が四ナノワット以下でなければならない。

第49条の31(23GHz帯の周波数の電波を使用する陸上移動局の無線設備)

二三・二GHzを超え二三・六GHz以下の周波数の電波を使用する陸上移動局の無線設備は、次の各号の条件に適合するものでなければならない。

- 一 通信方式は、単向通信方式、複信方式又は同報通信方式であること。
- 二 変調方式は、振幅変調、周波数変調、四相位相偏移変調、一六値直交振幅変調若しくは直交周波数分割多重方式又は六四値直交振幅変調及びこれと同等以上の性能を有するものであること。
- 三 通信方式が単向通信方式又は複信方式である場合の送信空中線は、直径一〇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こと。
- 四 前三号に掲げるもののほか、総務大臣が別に告示する技術的条件に適合すること。

第58条の2の11(23GHz帯の周波数の電波を使用して通信)

二三・二GHzを超え二三・六GHz以下の周波数の電波を使用して通信系を構成する固定局の無線設備は、次の各号の条件に適合するものでなければならない。

- 一 通信方式は、単向通信方式、複信方式又は同報通信方式であること。
- 二 変調方式は、振幅変調、周波数変調、四相位相偏移変調、一六値直交振幅変調若しくは直交周波数分割多重方式又は六四値直交振幅変調及びこれと同等以上の性能を有するものであること。
- 三 通信方式が単向通信方式又は複信方式である場合の送信空中線は、直径三〇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こと。
- 四 前三号に掲げるもののほか、総務大臣が別に告示する技術的条件に適合すること。

2. 23GHz 帯を用いる無線設備の技術的条件を定める告示

二三 GHz 帯の周波数の電波を使用する陸上移動局の無線設備又は二三 GHz 帯の周波数の電波を使用して通信系を構成する固定局の無線設備は、次の条件に適合すること。

一 不要発射の強度の許容値

1 二三 GHz 帯の周波数の電波を使用する陸上移動局の無線設備

スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は五〇マイクロワット以下、帯域外領域における不要発射の強度の許容値は一〇〇マイクロワット以下とし、参照帯域幅は一 MHz とする。ただし、二二・〇 GHz を超え二三・二 GHz 以下及び二三・六 GHz を超え二五・〇GHz 以下の周波数範囲においては、次のイ又は口のいずれかの表の許容値を適用する。

イ 二二・〇GHz を超え二三・二 GHz 以下及び二三・六 GHz を超え二五・〇GHz 以下の周波数範囲における不要発射の強度の許容値

周波数範囲	不要発射の強度の許容値
22.0GHz を超え 22.7GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−70 デシベル(1ミリワットを0デシベルとする。以下同じ。)以下の値
22.7GHz を超え 23.0GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−65 デシベル
23.0GHz を超え 23.2GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−63 デシベル
23.6GHz を超え 23.8GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−63 デシベル
23.8GHz を超え 24.1GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−65 デシベル
24.1GHz を超え 25.0GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−70 デシベル

ロ 二二・〇GHz を超え二三・二 GHz 以下及び二三・六 GHz を超え二五・〇GHz 以下の周波数範囲における不要発射の強度の許容値

周波数範囲	不要発射の強度の許容値
22.0GHz を超え 22.7GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−40 デシベル(1ミリワットを0デシベルとする。以下同じ。)以下の値
22.7GHz を超え 23.0GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−35 デシベル
23.0GHz を超え 23.2GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−33 デシベル
23.6GHz を超え 23.8GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−33 デシベル
23.8GHz を超え 24.1GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−35 デシベル
24.1GHz を超え 25.0GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−40 デシベル

2 二三 GHz 帯の周波数の電波を使用して通信系を構成する固定局の無線設備

スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は五〇マイクロワット以下、帯域外領域における不要発射の強度の許容値は一〇〇マイクロワット以下とし、参照帯域幅は一 MHz とする。ただし、二二・〇 GHz を超え二三・二 GHz 以下及び二三・六 GHz を超え二五・〇GHz 以下の周波数範囲においては、次の表の許容値を適用する。

周波数範囲	不要発射の強度の許容値
22.0GHz を超え 22.7GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−40 デシベル(1ミリワットを0デシベルとする。以下同じ。)以下の値
22.7GHz を超え 23.0GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が−35 デシベル

23.0GHz を超え 23.2GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が-33 デシベル
23.6GHz を超え 23.8GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が-33 デシベル
23.8GHz を超え 24.1GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が-35 デシベル
24.1GHz を超え 25.0GHz 以下	任意の1MHz の帯域幅における平均電力が-40 デシベル

二 空中線電力

1 二三 GHz 帯の周波数の電波を使用する陸上移動局の無線設備

前項第1号イの不要発射の強度の許容値を適用する場合にあつては五〇〇ミリワット以下、前項第1号ロの不要発射の強度の許容値を適用する場合にあつては五ミリワット以下とする。

2 二三 GHz 帯の周波数の電波を使用して通信系を構成する固定局の無線設備

一ワット以下とする。

三 占有周波数帯幅の許容値

次の表の左欄に掲げる変調方式を使用した無線設備の占有周波数帯幅の許容値は、それぞれ同表の右欄に掲げるとおりとする。

変調方式	占有周波数帯幅の許容値
振幅変調	$f_H - f_L$ f_H : 伝送に用いる最高周波数 f_L : 伝送に用いる最低周波数
周波数変調	25.0MHz
四相位相偏移周波数変調	33.0MHz
一六値直交振幅変調	33.0MHz
六四値直交振幅変調又はこれと同等以上の性能を有するもの	6.0MHz
直交周波数分割多重方式	5.7MHz

3. 電波法関係審査基準(抜粋)

○無線局の目的又は用途等ごとの周波数一覧表(地域周波数利用計画策定基準一覧表)

第1号 固定局

1 単独の周波数又は任意の組合せの周波数を利用する固定局

(1) 一般用周波数

周波数	電波の型式	占有周波数帯幅の許容値	最大空中線電力	用途	使用区域	備考
23.225 GHz	F8W, F9W	25 MHz	1 W	有線テレビジョン 放送事業用	全国	
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	
23.250 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注
23.275 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	
23.300 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注
23.325 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	
23.350 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注
23.375 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	
23.400 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注
23.425 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	
23.450 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注
23.475 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	
23.500 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注
23.525 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	
23.550 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注
23.575 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	

注 この周波数の指定に当たっては、所要の伝送路波が確保できない場合であり、かつ、周波数安定度、フィルター選択度特性等の改善により、隣接の周波数と、所要保護比が得られる場合に限る。

(3) 有線テレビジョン放送事業用周波数

周波数	電波の型式	占有周波数帯幅	最大空中線電力	用途	使用区域	備考
23.2GHzを超え、23.6GHz以下(注1)	J7W, J8W, J9W	注2	1 W	有線テレビジョン 放送事業用	全国	FDM-SSB
	D7W, X7W, N0N	6 MHz	〃	〃	〃	注3

備考 有線一般放送(ラジオ放送を除く。以下同じ。)を行う一般放送事業者(以下「有線一般放送事業者」)

という。)が開設する固定局であって、ヘッドエンドから受信者端子までの間に使用する場合に限り指定することができる。

注1 指定周波数は、有線一般放送を行うために必要とする連続した任意の周波数帯の中心とする。

2 占有周波数帯幅は、有線一般放送を行うために必要とする上限の周波数と下限の周波数の差とする。

3 占有周波数帯幅の許容値は、占有周波数帯幅の欄に掲げる値にかかわらず、X7W電波の使用にあつては、5.7MHzとする。

第2号 陸上移動業務及び携帯移動業務の局

1 一般用及び電気通信業務用

周波数	電波の型式	占有周波数帯幅の許容値	最大空中線電力	用途	使用区域	備考
23.2GHzを超え23.6GHz以下	J7W, J8W, J9W	注33	0.005 W	有線テレビジョン放送事業用	〃	FDM — SSB 注1、注38、注72
	N0N, D7W, X7W	6 MHz	〃	〃	〃	注1、注32、注72
23.225 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注72
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	〃
23.25 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注72、注78
23.275 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注72
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	〃
23.28GHzを超え23.52GHz以下	J7W, J8W, J9W	注33	0.5 W	〃	〃	FDM — SSB 注1、注38、注73
	N0N, D7W, X7W	6 MHz	〃	〃	〃	注1、注32、注73
23.3 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注43、注78
23.325 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注43
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	〃
23.35 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注43、注78
23.375 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注43
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	〃
23.4 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注43、注78
23.425 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注43
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	〃
23.45 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注43、注78
23.475 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注43
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	〃
23.5 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注43、注78
23.525 GHz	F8W, F9W	25 MHz	0.005 W	〃	〃	注1、注72
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	〃
23.55 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注72、注78
23.575 GHz	F8W, F9W	25 MHz	〃	〃	〃	注1、注72
	G7W, D7W	33 MHz	〃	〃	〃	〃

注1 この周波数の指定は、陸上移動業務の局に限る。

32 占有周波数帯幅の許容値は、占有周波数帯幅の許容値の欄に掲げる値にかかわらず、X7W電波の使用については、5.7MHzとする。

33 占有周波数帯幅は、有線一般放送を行うために必要とする上限の周波数と下限の周波数の差とする。

38 この周波数の指定周波数は、有線一般放送を行うために必要とする連続した任意の周波数帯の中心とする。

43 辺地用可搬型システム(別紙2の第5の7(2)ウ(ウ)Bに規定する辺地用可搬型システムをいう。注72において同じ。)の無線局に指定する場合の最大空中線電力は、0.005Wとする。

72 この周波数の指定に当たっては、辺地用可搬型システムに限る。

73 この周波数の指定に当たっては、汎用可搬型システム(別紙2の第5の7(2)ウ(ウ)Aに規定する汎用可搬型システムをいう。)に限る。

78 この周波数の指定に当たっては、所要の伝送路波が確保できない場合であり、かつ、周波数安定度、フィルター選択度特性等の改善により、隣接の周波数と、所要保護比が得られる場合に限る。

○無線局の目的別審査基準

7 公共業務用(通信事項が有線テレビジョン放送事業に関する事項の無線局の場合に限る。)

(1) 放送中継用(固定局に限る。)

放送中継用無線局であって、23GHz帯の周波数の電波を使用して通信系を構成する固定局(以下この(1)において「23GHz帯固定局」という。)の審査は、次の基準による。

ア 適用の範囲

この審査基準は、放送中継用の無線局であって、有線一般放送(放送法施行規則(昭和二十五年電波監理委員会規則第十号)第2条第4号に規定する有線一般放送をいい、ラジオ放送を除く。以下同じ。)の業務の円滑な遂行を図るために開設するものに適用する。

イ 免許の主体

免許の主体は、別表2に掲げる公共業務用(通信事項が有線テレビジョン放送事業に関する事項の無線局の場合に限る。)の無線局を開設する者であること。

ウ 回線構成等

(ア) 無線回線を利用して構成される有線一般放送の放送網は、地域住民の生活圏、文化圏を考慮し、地域メディアとして必要かつ適切な範囲であること。

(イ) 固定局を開設することができるのは、次のいずれかの場合に該当するものであること。

A 河川、鉄道、道路等により隔たれた有線一般放送の業務に用いられる電気通信設備間を接続する場合

B 集合住宅に設置した有線一般放送の業務に用いられる電気通信設備と当該集合住宅の敷地外に設置した有線一般放送の業務に用いられる電気通信設備間を接続する場合

C 地形的要因によりケーブル敷設が著しく経済合理性を欠く地域において有線一般放送の業務に用いられる電気通信設備間を接続する場合

D 放送の受信点と有線一般放送の業務に用いられる電気通信設備間を接続する場合

エ 周波数等

(ア) アナログ方式の変調は、振幅変調(以下この(1)において「FDM—SSB」という。)又は周波数変

調であること。

- (イ) デジタル方式の変調は、4相位相偏移変調(以下この(1)において「4PSK」という。)、16値直交振幅変調(以下この(1)において「16QAM」という。)、64値直交振幅変調(以下この(1)において「64QAM」という。)、直交周波数分割多重方式(以下この(1)において「OFDM方式」という。)であること。なお、パイロット信号は無変調であること。
- (ウ) 周波数変調、4PSK及び16QAMの配列は、表1のとおりであること。
- (エ) 変調方式が、FDM—SSBの指定周波数は次の計算方法により計算し、四捨五入により100kHzの整数倍に整理すること。

$$f_i = (f_H + f_L) / 2$$

f_i : 指定周波数

f_H : 無線周波数帯における最高周波数

f_L : 無線周波数帯における最低周波数

表1 無線通信周波数帯における信号の周波数配列

チャンネル番号	周波数 (GHz)
1	23.225
1' (注)	23.250
2	23.275
2' (注)	23.300
3	23.325
3' (注)	23.350
4	23.375
4' (注)	23.400
5	23.425
5' (注)	23.450
6	23.475
6' (注)	23.500
7	23.525
7' (注)	23.550
8	23.575

注:チャンネル1'～7'は、周波数変調であつてチャンネル1～8では所要の伝送路が確保できない場合であり、かつ、周波数安定度、フィルター選択度特性等の改善により、同一伝送方向に発射するチャンネル1～8との所要の混信保護比が得られる場合に限り、割り当てることができる。

オ 空中線電力

- (ア) 空中線電力は、1W以下であること。
- (イ) FDM—SSBの空中線電力の算出は、次により行う。ただし、標準デジタルテレビジョン方式及びデジタル有線テレビジョン放送方式の信号を同時に伝送する場合は、方式ごとに算出した電力値の総和を空中線電力とすること。

A 標準テレビジョン放送方式の信号を伝送する場合

$$P_p = P_{tATV} \times N_{ATV} + P_{tFM} \times N_{FM}$$

P_{tATV} : アナログテレビジョン放送1ch当りの電力。以下同じ。

N_{ATV} : アナログテレビジョン放送の伝送チャンネル数。以下同じ。

P_{tFM} : P_{tATV} を30で除した値。以下同じ。

N_{FM} : FM放送の伝送チャンネル数。以下同じ。

B 標準デジタルテレビジョン放送方式又はデジタル有線テレビジョン放送方式(変調方式が64QAMの場合に限る。以下同じ。)の信号を伝送する場合

$$P_p = P_{tDTV} \times N_{DTV}$$

P_{tDTV} : テレビジョン放送1ch当りの電力。以下同じ。

N_{DTV} : テレビジョン放送の伝送チャンネル数。以下同じ。

C 標準テレビジョン放送方式の信号と標準デジタルテレビジョン放送方式又はデジタル有線テレビジョン放送方式の信号とを同時に伝送する場合

$$P_p = P_{tATV} \times N_{ATV} + P_{tFM} \times N_{FM} + P_{tDTV} \times N_{DTV}$$

(ウ) 空中線電力の選定は、「コ 無線設備の設置場所」、「サ 無線設備の工事設計」、「シ 伝送の質」、「ス 混信保護」に掲げる基準により行う。

(エ) 空中線電力の選定値は、別紙1第1の2(4)イに掲げる基準により整理すること。

カ 占有周波数帯幅等

(ア) アナログ方式の占有周波数帯幅の許容値は、次のとおりであること。

A 周波数変調 B=25,000kHz以下

B FDM—SSB B= $f_H - f_L$

B: 占有周波数帯幅の許容値

f_H : テレビジョン放送を行うために必要な最高周波数

f_L : テレビジョン放送を行うために必要な最低周波数

(イ) デジタル方式の占有周波数帯幅の許容値は、4PSK及び16QAMの場合は33MHz以下、64QAMの場合は6.0MHz以下、OFDM方式の場合は5.7MHz以下であること。

(ウ) 占有周波数帯幅の許容値の選定は、「別紙1 無線局の局種別審査基準」第1の21の(1)によること。

(エ) アナログ方式の占有周波数帯幅の許容値の計算方法については、次のとおりであること。

A 周波数変調の場合の占有周波数帯幅は、「別紙1 無線局の局種別審査基準」第1の21の(5)のイの(エ)に掲げる計算方法により求め、特に必要がある場合を除き端数を繰り上げ、500kHzの整数倍に整理すること。

B FDM—SSBの場合の占有周波数帯幅は(ア)Bに掲げる計算方法により求め、特に必要がある場合を除き端数を繰り上げ、1MHzの整数倍に整理すること。

キ 通信方式

単向通信方式、複信方式又は同報通信方式であること。

ク 通信事項

有線テレビジョン放送事業に関する事項であること。

ケ 通信の相手方

免許人所属の固定局又は受信設備であること。

コ 無線設備の設置場所

無線設備の設置場所の審査は、次の基準によるほか、別紙1第1の1(3)イ、同1(4)イ及びウに掲げる基準により行う。

- (ア) 同一構内至近距離に2以上の空中線が設置される場合にあっては、十分その必要が認められるものであり、かつ、相互の混信妨害の度合いが「ス 混信保護」に規定する混信保護の標準値を超えないものであること。
- (イ) 当該無線局が、他の無線局に対し与える混信妨害又は他の無線局から受ける混信妨害の度合いが「ス 混信保護」に規定する混信保護の標準値を超えないものであること。
- (ウ) 回線経路及びプロファイルからみて、正常な電波伝搬路が確保され、かつ、近傍反射による伝搬障害を受けない見込みのものであること。
- (エ) 設置場所は、当該事業者の業務区域から判断して妥当なものであること。

サ 無線設備の工事設計

無線設備の工事設計は、次の基準によるほか、別紙1第1の1(3)、3(1)ア、ウ、エ、3(2)ア、イ、3(3)ア(ア)及び(オ)、3(3)イ(ア)、3(4)イ及びウに掲げる基準により行う。

- (ア) 送信周波数の許容偏差は、 300×10^{-6} 以下であること。
- (イ) 周波数変調の最高変調周波数は、映像1回線及び音声2回線当たり12MHz以下であること。
- (ウ) 周波数変調の最大周波数偏移は、10MHz(P—P)以下であること。

なお、8dBエンファシスの前置ひずみ回路を使用した場合の最大周波数偏移は、映像信号周波数及び音声等の副搬送波周波数のそれぞれの周波数偏移の和により求めること。

(エ) 空中線は次のとおりであること。

A 対向型空中線

直径30センチメートル以上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。

B 多方向向け空中線

受信設備の設置場所等に応じた空中線の利得及び指向特性を有するものであること。

シ 伝送の質

(ア) 通信系の受信端における通信路の信号対雑音比(以下「S/N」という。)、搬送波対雑音比(以下「C/N」という。)、回線の信頼度(回線が断となることなく通信できる時間率をいう。以下同じ。)等伝送の質の審査は、次の基準により行う。

A 通信路の標準状態におけるS/N(無評価値)は、周波数変調の場合、50dB以上であること。

B 一区分当りの回線のS/N及びC/Nは、降雨(注1)による減衰を考慮するものとして、次表に示す[S/N]₀及び[C/N]₀の値以上であること(注2)。

変調方式		基準値	備考
アナログ方式	FDM—SSB	45dB(無評価値) ([C/N] ₀)	オ(イ)Aによる場合に限る。
	周波数変調	(イ)により求めた値 ([C/N] ₀)	オ(イ)B又はCによる場合に限る。
		18dB(無評価値) ([S/N] ₀)	
デジタル方式	4PSK	19dB ([C/N] ₀)	

	16QAM	26dB ([C/N] ₀)	
--	-------	----------------------------	--

C FDM—SSBの場合の[C/N]₀又は周波数変調の場合の[S/N]₀が基準値以下となる時間率及び4PSK又は16QAMの場合の符号誤り率が 1×10^{-4} を超える時間率(以下「許容断時間率」という。)は、それぞれ 5×10^{-4} ／年以下であること。

D 周波数変調の場合、標準状態における受信入力は、原則として-40dBmであること。

注

1 許容断時間率に対応した降雨とする。

2 [C/N]₀の値は、符号誤り率が 1×10^{-4} となるときの熱雑音に分配されたC/Nの値とする。

(イ) FDM—SSBの場合の[C/N]₀の値は以下により算出すること。

A 標準デジタルテレビジョン放送方式又はデジタル有線テレビジョン放送方式の信号を伝送する場合

$$[C/N]_0 = P_{rmin} - P_{rni}$$

P_{rmin}はFDM—SSBの場合の最小受信機入力(dBm)とし $10 \log [\Sigma (10^Y \times N_{XX})]$ により求めた値

$$Y = (P_{rniXX}(\text{dBm}) + [C/N]_X) / 10$$

P_{rniXX}:伝送方式ごとの帯域内雑音電力(dBm)で $10 \log B_{XX} + F - 114$ により求めた値
[dBm]

B_{XX}:伝送方式ごとの雑音帯域幅(MHz)

F:受信機の熱雑音指数(dBm)

[C/N]_X:伝送方式ごとの所要C/N(dB)

N_{XX}:伝送方式ごとの伝送信号数

P_{rni}は受信機の熱雑音電力(dBm)とし $10 \log BW + F - 114$ により求めた値

BW:受信機の熱雑音帯域幅[MHz]で $\Sigma (B_{XX} \times N_{XX})$ により求めた値

なお、各伝送方式ごとの所要C/N及び雑音帯域幅は次表のとおりとする。

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)
標準テレビジョン放送方式	45	4
標準デジタルテレビジョン放送方式	27.3	5.6
デジタル有線テレビジョン放送方式	29.4	5.3

B 標準テレビジョン放送方式の信号と標準デジタルテレビジョン放送方式又はデジタル有線テレビジョン放送方式の信号を同時に伝送する場合

$$[C/N]_0 = P_{rmin} - P_{rni}$$

P_{rmin}はFDM—SSBの場合の最小受信機入力(dBm)とし $10 \log [\Sigma (10^{Z1} \times NNT) + \Sigma (10^{Z2} \times NXX)]$ により求めた値

$$Z1 = (P_{rniNT} + 45) / 10$$

P_{rniNT}は標準テレビジョン放送方式の帯域内雑音電力(dBm)とし $P_{rniNT} = 10 \log 4 + F - 114$ により求めた値

NNT:標準テレビジョン放送方式の伝送信号数

$$Z2=(P_{rmi}NT+45-DXX)/10$$

DXX:伝送方式ごとのレベルの差

(ウ) 一区間当りのS/Nの値の計算は次による。ただし、必要に応じ、計算許容差又はその他の要因を考慮できることとする。

A 標準状態におけるS/N

$$S/N=P_t-L_p-L_f+G_{at}+G_{ar}-P_{rmi}+I+E$$

B 降雨時におけるS/N

$$S/N=P_t-L_p-L_f-\Gamma_r+G_{at}+G_{ar}-P_{rmi}+I+E$$

P_t : 空中線電力 (dBm)。以下同じ。

L_p : 伝搬損失 (dBm)。以下同じ。

注

1 「別紙1 無線局の局種別審査基準」第1の別図第19号により求めた値を使用する。

2 「別紙1 無線局の局種別審査基準」第1の別図第26号により第1フレネルゾーンの深さを求め、見通し図からみて、第1フレネルゾーンのクリアランスがとれているかどうか調べる。

L_f : 給電線損失 (dB)。以下同じ。(分波器、ろ波器(高調波除去装置を除く。)、共用回路等の損失を含み、工事設計書に記載された値による。)

Γ_r : 降雨減衰量 (dB)

$$\Gamma_r=X_r \cdot \Gamma_t(\text{dB})$$

X_r : 降雨量の地域分布による係数

「別紙1 無線局の局種別審査基準」第1の別図第35号に掲げる回線近傍の0.0075%1分間降雨によって、図1により求める。

Γ_t : 0.0075%1分間降雨量1.66mm/分の降雨減衰量 (dB) 図2により算出する。

G_{at} : 送信空中線の絶対利得 (dB)。以下同じ。

G_{ar} : 受信空中線の絶対利得 (dB)。以下同じ。

P_{rmi} : 受信機の熱雑音電力。以下同じ。

$$P_{rmi}=10\log B+F-114(\text{dBm})$$

B: 受信機の通過帯域幅 (MHz)。以下同じ。

F: 受信機の雑音指数 (dB)。以下同じ。

I: S/N改善係数(周波数変調の場合に限る。)。以下同じ。

$I=S/N$ 改善数(周波数変調の場合に限る。)。以下同じ。

$$I=10\log(3f_d^2B/f_m^3)(\text{dB})$$

f_d : 白レベルとペDESTALレベルとの差で示される絵信号レベルに対する周波数偏移量であって、せん頭値~せん頭値(P-P)で表す。($f_d=f_d \times 0.625$)

f_m : 映像部分の最高変調周波数

f_m : 画像信号がテレビジョン放送に関する標準方式によるときは、4MHzとする。

E: エンファシス改善係数

(エ) 一区間当たりのC/Nの値の計算は、次によること。ただし、必要に応じ、計算許容差又はその他

の要因を考慮できることとする。

$$C/N = P_t - L_p - L_f - \Gamma_r + G_{at} + G_{ar} - P_{rni}$$

(オ) 多区間のS/Nの計算は、次によること。

$$1/(S/N) = 1/(S_1/N_1) + 1/(S_2/N_2) + \dots + 1/(S_n/N_n)$$

S/N: 全区間の信号対雑音比

S_n/N_n : n番目の区間の信号対雑音比

注 S/Nは、すべて電力デシベルを絶対値に換算して行う。ただしnが2の場合は、「別紙1 無線局の局種別審査基準」第1の別図第33号により求める。

(カ) FDM—SSBの場合のC/Nがオ(イ)Aに規定する場合にあつては45dB(無評価値)以下、オ(イ)B若しくはCに規定する場合にあつてはシ(イ)A若しくはBにより計算された値以下又は周波数変調の場合のS/Nが18dB(無評価値)以下となる断時間率Pは次により計算すること。

$$P = \sum_{i=1}^n P_i$$

n: 無線区間数

P_i : 降雨によるi番目の無線区間において、FDM—SSBの場合のC/Nが標準テレビジョン放送方式の信号を伝送する場合にあつては45dB(無評価値)以下、標準デジタルテレビジョン放送方式の信号を伝送する場合にあつては27.3dB以下若しくはデジタル有線テレビジョン放送方式の信号を伝送する場合にあつては29.4dB以下又は周波数変調の場合のS/Nが18dB(無評価値)以下となる断時間率

当該区間の降雨減衰マージンから、図1及び図2により求める。

(キ) デジタル方式の場合において、符号誤り率が 1×10^{-4} を超える断時間率Pは、次により計算すること。

$$P = \sum_{i=1}^n P_i$$

n: 無線区間数

P_i : 降雨によるi番目の無線区間の符号誤り率が 1×10^{-4} を超える時間率i番目の無線区間の断時間率 P_i は、0.0075%1分間降雨、当該区間距離及び次式により求める降雨減衰マージン Γ_{rm} から「別紙1 無線局の局種別審査基準」第1の23の(4)の力の(エ)に基づき求めること。

$$\Gamma_{rm}(\text{dB}) = P_r - P_{rmin}$$

P_r : 標準受信入力(dBm)。以下同じ。

$$P_r = P_t - L_p - L_f - G_{at} + G_{ar}$$

P_{rmin} : 最低所要受信入力(dBm)。以下同じ。

$$P_{rmin} = P_{rmi} + [C/N]$$

ス 混信保護

(ア) 他の無線局に対し当該無線局の与える混信妨害又は当該無線局が他の無線局から受ける混信妨害については、被干渉局の搬送波対干渉雑音比(C/I)、信号対干渉雑音比(S/I)又は希望波対妨害波比(D/U)の審査は、次のとおり行う。

A 標準状態におけるS/Iは次の標準値を満足すること。

(A) FDM—SSBの場合のC/Iの標準値は、ベースバンドチャンネルごとの値とし、標準テレビジョン放送方式の信号を伝送する場合にあっては55dB以上、標準デジタルテレビジョン放送方式又はデジタル有線テレビジョン放送方式の信号を伝送する場合にあっては45dB以上であること。

(B) 周波数変調の場合のS/Iは、50dB(無評価値)以上であること。

B 降雨による減衰を考慮したC/I、S/I及びD/Uは、次表に示す標準値を満足すること。

被干渉局の変調方式	標準値
FDM—SSB	52dB (C/I) 注1
	42dB (C/I) 注2
周波数変調	18dB (S/I)
4PSK	19dB (C/I)
16QAM	26dB (C/I)
64QAM	29dB (D/U)
OFDM方式	29dB (D/U)

注1: 標準テレビジョン放送方式の信号を伝送する場合の各ベースバンドチャンネルごとの値

注2: 標準デジタルテレビジョン放送方式又はデジタル有線テレビジョン放送方式の信号を伝送する場合の各ベースバンドチャンネルごとの値

(イ) (ア)のC/I及びS/Iは、次により計算すること。

$$1/[C/I] = \sum_{i=1}^m 1/[C/I_i]$$

$$C/I_i(\text{dB}) = D/U_i + R$$

$$1/[S/I] = \sum_{j=1}^n 1/[S/I_j]$$

$$S/I_j(\text{dB}) = D/U_j + R$$

m、n: 妨害波の数

C/I_i: i番目の妨害波による搬送波対干渉雑音比 (dB)

S/I_j: j番目の妨害波による信号対干渉雑音比 (dB)

D/U_i: 希望波対i番目の妨害波受信電力比 (dB)

D/U_j: 希望波対j番目の妨害波受信電力比 (dB)

R: 希望波と妨害波の方式又は周波数差によって干渉が軽減される度合いを示す係数であって、表3により求める。

$$D(\text{dBm}) = P_t - L_p - L_f + G_{at} + G_{ar} - \Gamma_r$$

$$\frac{U_i}{U_j}(\text{dBm}) = P_{t'} - L_{p'} - L_{f'} + G_{at\theta} + G_{ar\theta} - \Gamma_{r'} + DR$$

P_t: 妨害波送信空中線電力 (dBm)

L_p: 妨害送信点と当該受信点間の伝搬損失 (dB)

L_f: 妨害側及び当該受信側給電線損失 (dB)

$G_{at\theta}$: 妨害波送信空中線の当該受信点方向に対する絶対利得 (dB)

$G_{ar\theta}$: 当該受信空中線の妨害波送信点方向に対する絶対利得 (dB)

Γ_r : 降雨減衰量 (dB)

$$\Gamma_r = X_r \cdot \Gamma_c \text{ (dB)}$$

X_r : 降雨量の地域分布による係数

「別紙1 無線局の局種別審査基準」第1の別図第35号に掲げる回線近傍の0.0075%1分間降雨量によって、図1により求める。

Γ_c : 0.0075%1分間降雨量1.66mm/分の降雨減衰量 (dB) 図2により算出する。

DR: 降雨減衰差 (次式により算出する。)

$$DR = \begin{cases} \Gamma_r \cdot \frac{\theta}{270} & (0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ) \\ \frac{\Gamma_r}{3} & (90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ) \end{cases}$$

θ : 当該受信空中線とのなす角度 (度)

(ウ) 周波数変調の場合は、妨害波受信電力 (U_i 又は U_j) は、いかなる場合でも次の基準を満足するものであること。

$$\frac{U_i}{U_j} < P_{sq} - L_s$$

P_{sq} : 希望波回路のスケルチレベル

$$P_{sq} = P_{rmin} + 3$$

L_s : 高周波及び中間周波数選択度による減衰量 (dB)

セ 隣接システムとの共存条件

(ア) 23GHzを超え23.2GHz以下の電波を使用する移動通信基地局エントランス回線用無線システムを構成するために開設する固定局 (以下この7において「エントランス回線用固定局」という。) への干渉については、次式を満足すること。

$$P_{tspt} - L_{ftt} + G_{23G}(\theta) - L_p - L_s + G_{22G}(\theta) - L_{frr} \leq P_{limt}$$

P_{tspt} : 23GHz帯固定局の帯域外不要輻射電力 -33.0 (dBm/MHz)

L_{ftt} : 23GHz帯固定局の送信給電系損失 (付加損失を含む) (dB)

$G_{23G}(\theta)$: 23GHz帯固定局の角度 θ 方向の送信アンテナ利得 (dBi)

$G_{22G}(\theta)$: エントランス回線用固定局の角度 θ 方向の受信アンテナ利得 (dBi)

L_p : 23.2GHzにおける自由空間伝搬損失 (dB)

L_s : 山岳や建造物等による遮蔽損失 (dB)

L_{frr} : エントランス回線用固定局の受信給電系損失 (付加損失を含む) (dB)

P_{limt} : エントランス回線用固定局の許容干渉量 -115.8 (dBm/MHz)

(イ) エントランス回線用固定局からの干渉については、次式を満足すること。

$$P_{tspr} - L_{ftr} + G_{22G}(\theta) - L_p - L_s + G_{23G}(\theta) - L_{frr} \leq P_{limr}$$

P_{tspr} : エントランス回線用固定局の帯域外不要輻射電力 -10.0 (dBm/MHz)

L_{ftr} : エントランス回線用固定局の送信給電系損失 (付加損失を含む) (dB)

$G_{22G}(\theta)$: エントランス回線用固定局の角度 θ 方向の送信アンテナ利得 (dBi)

$G_{23G}(\theta)$: 23GHz帯固定局の角度 θ 方向の受信アンテナ利得 (dBi)

L_p : 23.2GHzにおける自由空間伝搬損失 (dB)

L_s : 山岳や建造物等による遮蔽損失 (dB)

L_{frr} : 23GHz帯固定局の受信給電系損失 (付加損失を含む) (dB)

P_{limr} : 23GHz帯固定局の許容干渉量 -118.8 (dBm/MHz)

- (ウ) 23.6GHzを超え24GHz以下の周波数帯における法第56条の規定により指定を受けた電波天文業務 (以下この7において「電波天文業務」という。)の受信設備への干渉については、次式を満足すること。

$$P_{tspt} - L_{ftt} + G_{23G}(\theta) - L_p - L_s + G_{天文}(\theta) \leq P_{lims}$$

P_{tspt} : 23GHz帯固定局の帯域外不要輻射電力 -33.0 (dBm/MHz)

$G_{23G}(\theta)$: 23GHz帯固定局の角度 θ 方向の送信アンテナ利得 (dBi)

L_{ftt} : 23GHz帯固定局の送信給電系損失 (付加損失を含む) (dB)

$G_{天文}(\theta)$: 電波天文業務の受信アンテナ利得 (=0dBi)

L_p : 23.6GHzにおける自由空間伝搬損失 (dB)

L_s : 山岳等による遮蔽損失 (dB)

P_{lims} : 電波天文業務の許容干渉量 -191.6 (dBm/MHz)

ソ その他

無線設備の総合的性能、工事設計書の添付図面の審査は、別紙1第1の1(4)オからキまでに掲げる基準により行う。

- (2) 放送中継用 (陸上移動業務の無線局に限る。)

放送中継用の無線局であって、18GHz帯陸上移動業務の無線局 (別紙2第2の2(13)ア(ア)Aに規定するものをいう。以下この(2)において、「18GHz帯無線局」という。)、21GHz帯 (21.2GHzを超え21.4GHz以下)の周波数の電波を使用する陸上移動局 (以下この(2)において、「21GHz帯無線局」という。)又は23GHz帯 (23.2GHzを超え23.6GHz以下)の周波数の電波を使用する陸上移動局 (以下この(2)において、「23GHz帯陸上移動局」という。)の審査は、次の基準によるほか、18GHz帯無線局にあっては別紙2第2の2(13)の基準により行う。

ア 適用の範囲

(1)のアによること。

イ 免許の主体

(1)のイによること。

ウ 回線構成等

- (ア) 18GHz帯無線局

通信統括が可能な施設に開設する基地局と免許人所属の陸上移動中継局又は陸上移動局の間で回線を構成するものであって、申請者が開設する電気通信業務用無線局と無線設備を共用するものに限る。

- (イ) 21GHz帯無線局

イベント等番組素材の取材及び中継を行うものに限る。

- (ウ) 23GHz帯陸上移動局

23GHz帯陸上移動局を開設することができるのは、次のいずれかの場合に該当するもので

あること。

A 平成24年総務省告示第359号(二三GHz帯の周波数の電波を使用する陸上移動局の無線設備又は二三GHz帯の周波数の電波を使用して通信系を構成する固定局の無線設備の技術的条件を定める件)第1項第1号イに規定する不要発射の強度の許容値を適用した無線設備(以下この(2)において「汎用可搬型システム」という。)を用いるものであって、次のいずれかに該当する場合

- (a) 橋りよりの損壊等により、有線の復旧に時間を要する場合の応急復旧作業を行うに当たり有線一般放送の業務に用いられる電気通信設備間を接続する場合
- (b) 応急仮設住宅等で臨時の需要がある地域において有線一般放送の業務に用いられる電気通信設備間を接続する場合
- (c) 災害時等において有線一般放送の番組素材の中継を行う場合
- (d) 有線一般放送の業務に用いられる電気通信設備の保守及び管理を行うために当該電気通信設備に代えて設置する場合

B 平成24年総務省告示第359号(二三GHz帯の周波数の電波を使用する陸上移動局の無線設備又は二三GHz帯の周波数の電波を使用して通信系を構成する固定局の無線設備の技術的条件を定める件)第1項第1号ロに規定する不要発射の強度の許容値を適用した無線設備(以下この(2)において「辺地用可搬型システム」という。)を用いるものであって、次のいずれかに該当する場合

- (a) 地形的に電波が遮蔽された地域において、辺地共聴施設等の伝送路の切断箇所の一時的な復旧作業を行うに当たり有線一般放送の業務に用いられる電気通信設備間を接続する場合
- (b) 地形的に電波が遮蔽された地域において、有線一般放送の業務に用いられる電気通信設備の保守及び管理を行うために当該電気通信設備に代えて設置する場合

エ 周波数等

(ア) 18GHz帯無線局

別紙2第2の2(13)ア(オ)A(A)の地方公共団体グループのものによること。

なお、チャンネル配置については、併せて開設する電気通信業務用無線局の周波数も含めて一の周波数ブロックに収まるようにし、周波数の有効利用に配慮したものとすること。

(イ) 21GHz帯無線局

A アナログ方式の変調は、周波数変調方式であること。

B デジタル方式の変調は、位相偏移変調方式又は周波数偏移変調方式であること。

C チャンネル配列は、表2のとおりであること。

表2 無線通信周波数帯における信号の周波数配列

チャンネル番号	周波数(GHz)
1	21.2125
2	21.2375
3	21.2625
4	21.2875
5	21.3125

6	21.3375
7	21.3625
8	21.3875

(ウ) 23GHz帯陸上移動局

(1)のエによること。

オ 空中線電力

(ア) 18GHz帯無線局

空中線電力は、1W以下であること。ただし、一の周波数ブロック内で複数の周波数を指定する場合にあっては、その空中線電力の合計が1W以下であること。

(イ) 21GHz帯無線局

空中線電力は、1W以下であること。

(ウ) 23GHz帯陸上移動局

汎用可搬型システムは0.5W以下、辺地用可搬型システムは0.005W以下であること。

カ 占有周波数帯幅等

21GHz帯無線局の占有周波数帯幅の許容値は、33MHz以下であること。また、23GHz帯陸上移動局の占有周波数帯幅の許容値は(1)のカによること。

キ 通信方式

21GHz帯無線局及び23GHz帯陸上移動局の通信方式は、単向通信方式、複信方式又は同報通信方式であること。

ク 通信事項

(1)のクによること。

ケ 通信の相手方

21GHz帯無線局及び23GHz帯陸上移動局の通信の相手方は、免許人所属の陸上移動局又は受信設備であること。

コ 無線局の移動範囲

18GHz帯無線局及び21GHz帯無線局の移動範囲は、業務に必要な範囲とすること。

また、23GHz帯陸上移動局の移動範囲は、「当該事業者の業務区域内及び当該事業者と応援協定等を締結した他の事業者の業務区域内」であること。

サ 無線設備の工事設計

21GHz帯無線局の空中線は、直径30センチメートル以上のパラボラアンテナと同等以上の指向特性を有するものであること。

また、23GHz帯陸上移動局は、(1)のサの(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)によることとし、(エ)のAについては、「直径30センチメートル以上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。」を「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。」と読み替えること。

シ 伝送の質

23GHz帯陸上移動局の伝送の質は、(1)のシによること。

ス 混信保護

23GHz帯陸上移動局の混信保護は、(1)のスによること。

セ 隣接システムとの共存条件

(ア) エントランス回線用固定局への干渉の回避

A 汎用可搬型システム

エントランス回線用固定局から23GHz帯陸上移動局への干渉については、23GHz帯陸上移動局側で干渉回避策をとる必要があることから「この周波数の使用は、移動通信基地局エントランス回線用固定局の運用に妨害を与えない場合に限る。」旨の付款を付すものとする。

B 辺地用可搬型システム

23GHz帯陸上移動局は干渉回避のため、地形的にエントランス回線用固定局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ため「この周波数の使用は、移動通信基地局エントランス回線用固定局の運用に妨害を与えない場合に限る。」旨の付款を付すものとする。

(イ) 電波天文業務の受信設備への干渉の回避

A 汎用可搬型システム

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必要があることから「法第56条第1項の規定により23.6GHzから24.0GHzまでの周波数を受信するものとして指定を受けた電波天文業務の受信設備の運用に支障を与えない場合に限る。」旨の付款を付すものとする。

B 辺地用可搬型システム

23GHz帯陸上移動局は干渉回避のため、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必要があることから「法第56条第1項の規定により23.6GHzから24.0GHzまでの周波数を受信するものとして指定を受けた電波天文業務の受信設備の運用に支障を与えない場合に限る。」旨の付款を付すものとする。

※ 別紙、図等は省略。