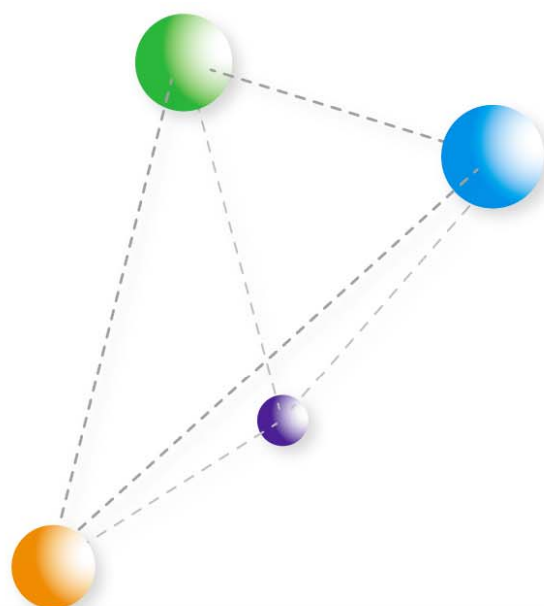


「23GHz帯無線伝送システムの双方向化等に関する技術的条件の調査検討」 概要資料



京セラコミュニケーションシステム株式会社
ソリューション部無線技術課

2018年 7月 30日

調査検討の概要

- ◆ 23GHz帯無線伝送システム※において、周波数の効率利用のため、技術基準の策定に向けて、現状の400MHz帯域内（23.2GHz～23.4GHz）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、偏波多重による周波数利用効率の倍増、双方向化及び変調方式高度化の実現に関する技術的条件を取得する。
- ◆ 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行い、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し、システム試作を実施（固定局及び陸上移動局両方への導入を想定）。

※ FDM-SSB方式を用いて、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ケーブルテレビ独自システム。

➤ 偏波多重技術の検討

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。

➤ 双方向化技術の検討

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。

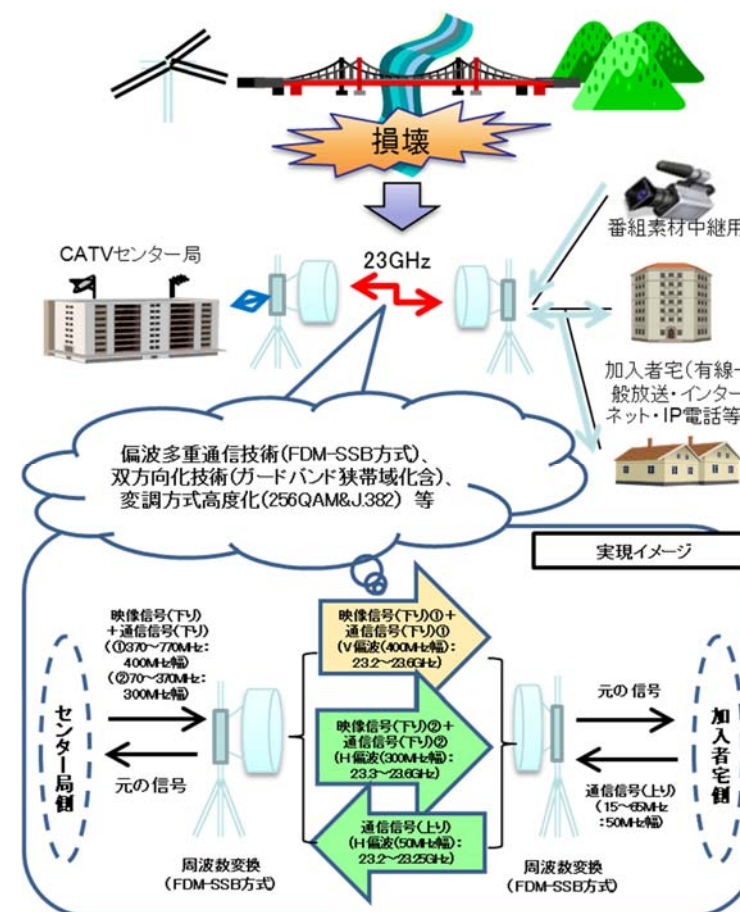
➤ 変調方式高度化技術

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CN比等に関する技術的条件を検討する。

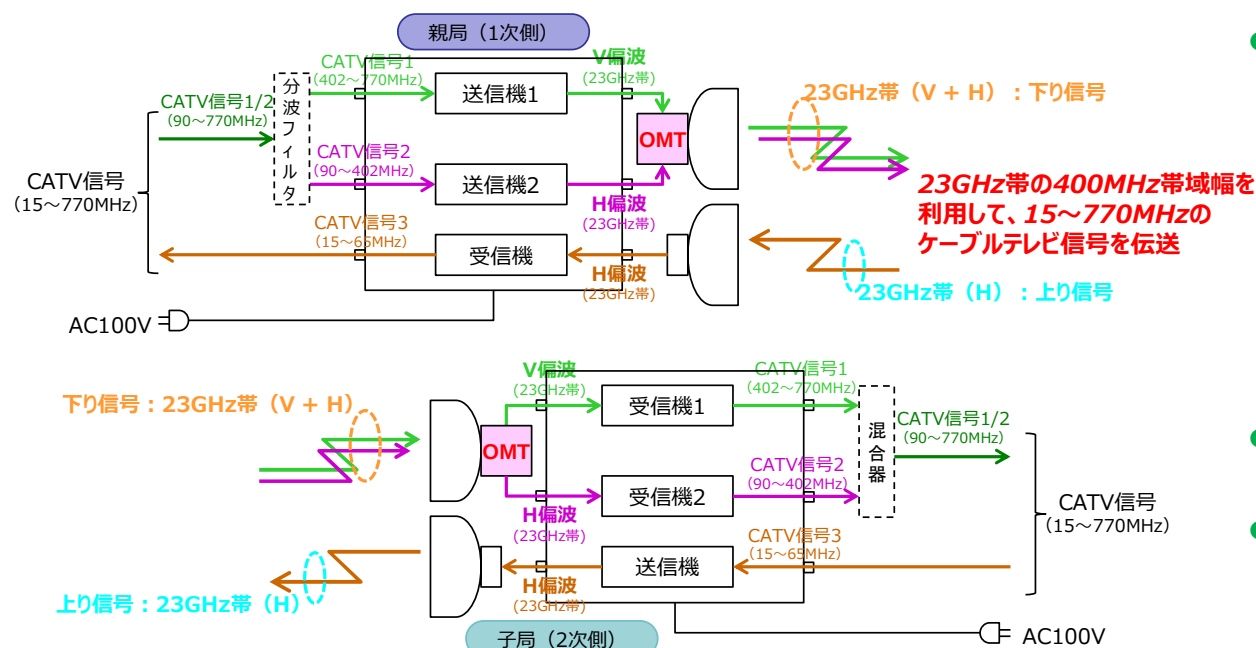
➤ 小型・軽量化の検討

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、変調方式にFDM-SSB方式を用い、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、及び偏波分離器（OMT）を試作し、室内試験と屋外試験の双方を通じて、実用性の確認、並びに各種技術基準の検討を行った。



23GHz帯無線伝送システム試験評価器

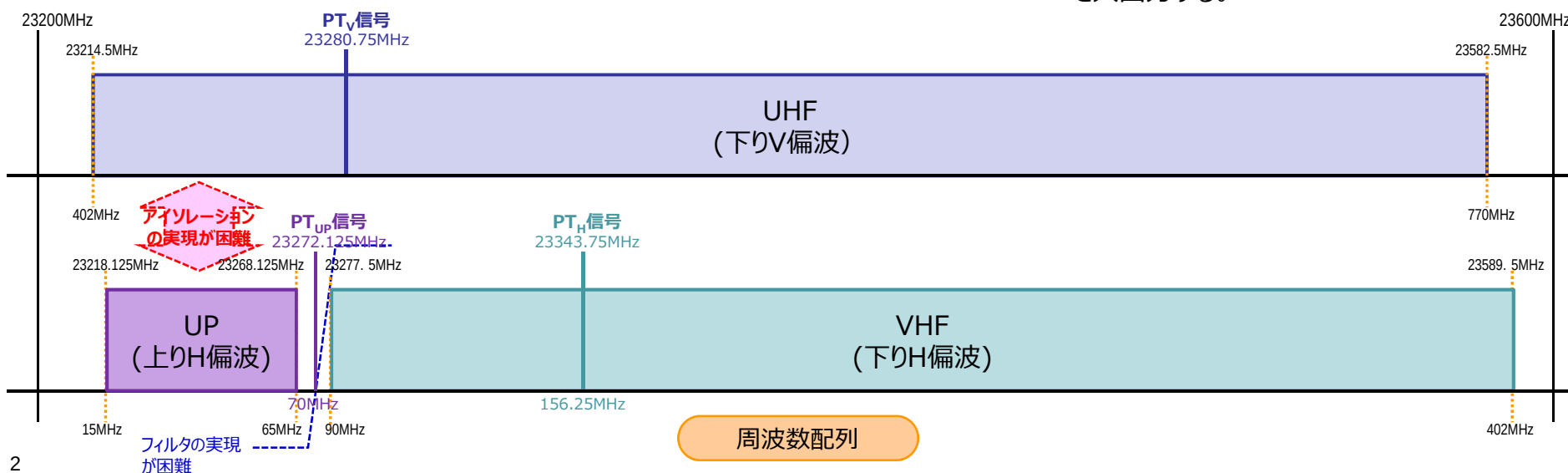


- 上り信号と下り信号のアイソレーションを確保するため、送受分離型（上り下りをそれぞれ別アンテナで送受する）とし、偏波多重伝送を実現する OMT（アンテナに直接接続）と無線装置は、同軸（SMA-J）で接続する。

- 同一偏波間のフィルタリング：装置サイズ大
- 異偏波間のアイソレーション：独自技術が必要
- 「H偏波-H偏波」配置が回り込み量をもっとも小さいため、上り回線をH偏波とする。

- 上り用アンテナには同軸導波管アダプタを接続し、無線装置と同軸接続する。

- CATV信号用のインターフェースは、3つの同軸コネクタを用意し、それぞれ VHF帯信号(90MHz～402MHz)、UHF帯信号(402MHz～770MHz)、及び上り信号(15MHz～65MHz)を入出力する。



23GHz帯無線システム試作装置の主な仕様

23GHz帯無線装置

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	23,281.25MHz	
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)			

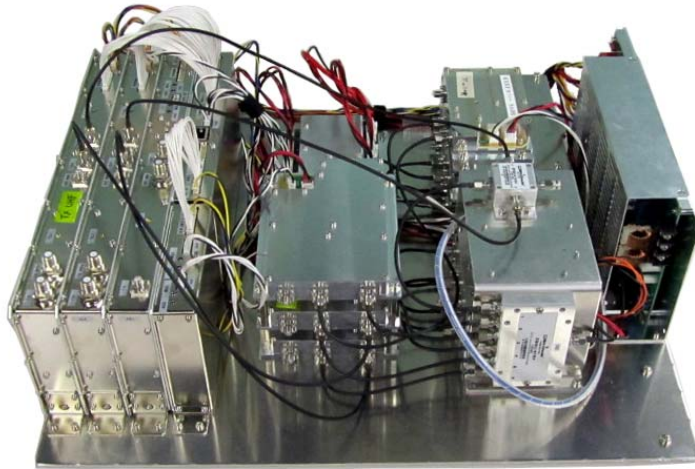
アンテナ

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	テ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	

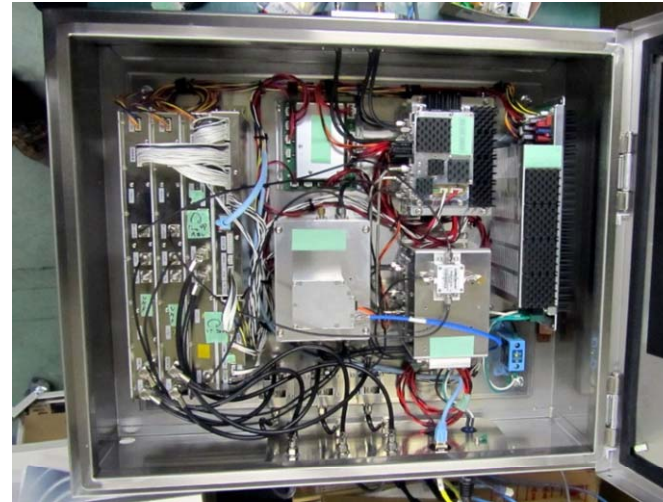
偏波分離器 (OMT)

項目	仕様	備考
インタフェース	SMA-J型	インピーダンス : 50Ω
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	

23GHz帯無線システム試作装置



23GHz帯無線伝送システム試験評価器（親局（1次側））



23GHz帯無線伝送システム試験評価器（フィールド試験器）



インタフェース：TV信号側



インタフェース：アンテナ側



23GHz帯無線伝送システム試験評価器 0.3mφパラボラアンテナ

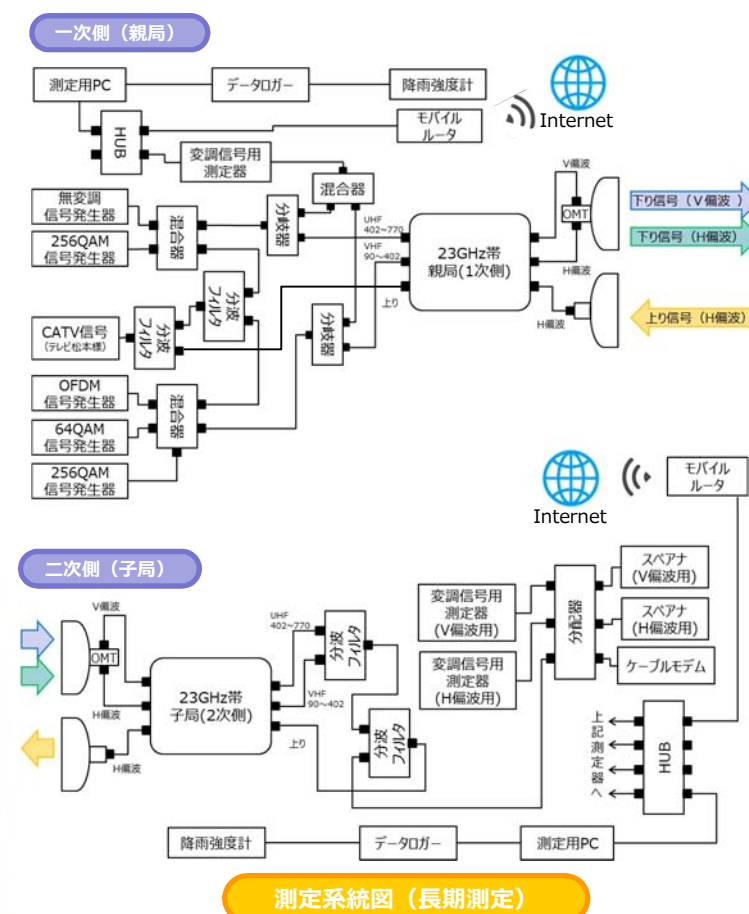
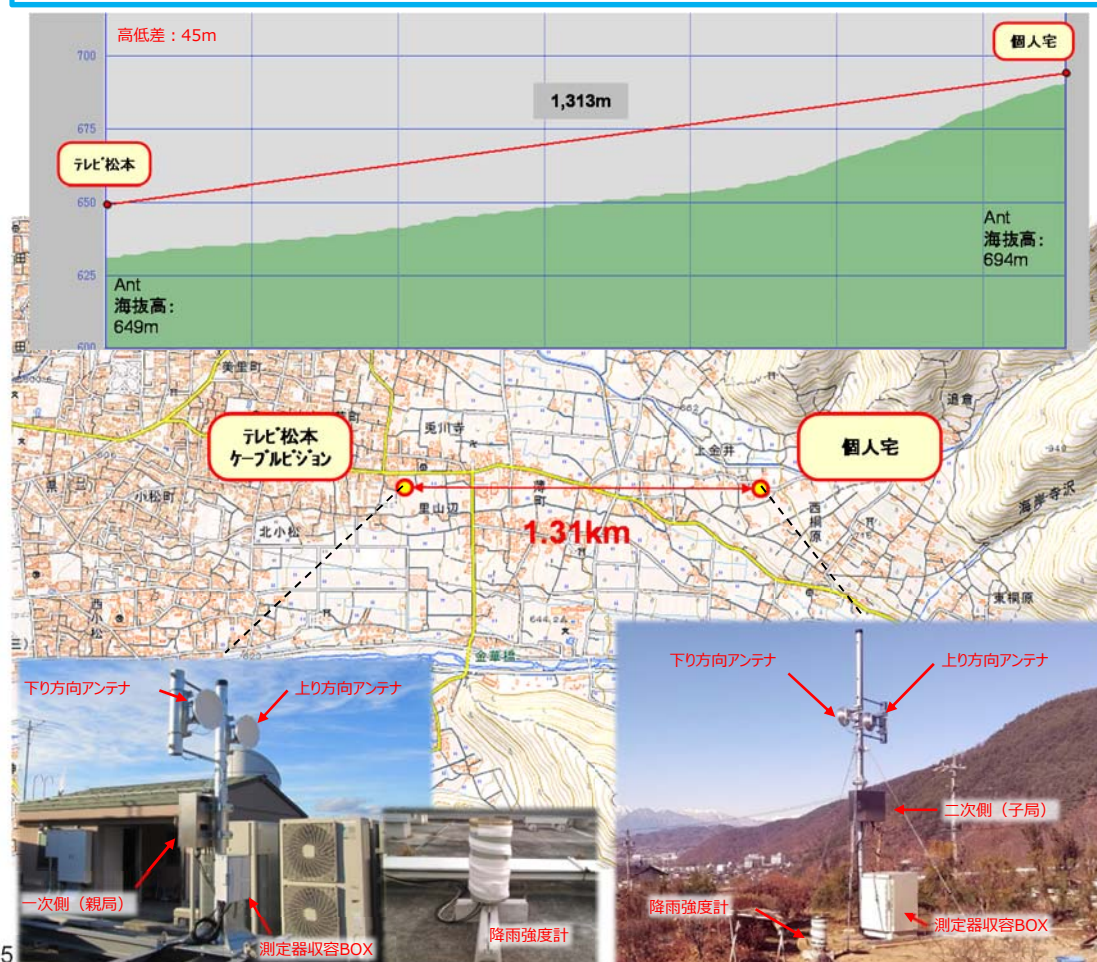


23GHz帯無線伝送システム試験評価器 偏波分離器（OMT）

フィールド試験概要

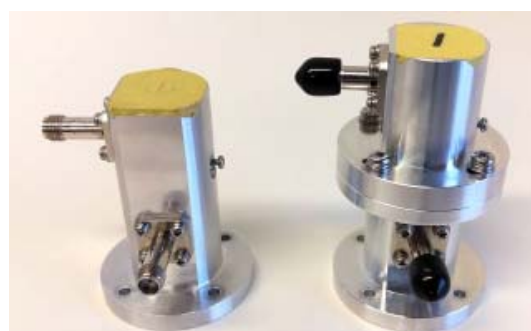
- ◆ 長野県松本市に試作した23GHz帯無線システムを設置し、平成29年12月から平成30年3月までフィールド試験を実施：
 - ✓ [長期] OFDM、64QAM、256QAM（CATV事業者信号を含む57チャンネル）を伝送し、チャンネル電力、変調誤差比、ビット誤り率、合わせてC/Wの受信電力（XPD測定用）を測定（合計82日間）
 - ✓ [スポット] 信号発生器のみの偏波多重伝送試験
 - ✓ [スポット] ケーブルインターネット（DOCSIS信号）伝送試験によるスループット及び疎通（PING試験）確認
 - ✓ [スポット] テレビ信号（OFDM及び64QAM）を用いた受信点における映像確認
 - ✓ [スポット] 各測定点（一次、二次側の入出力箇所）でのC/N測定、コンスタレーション測定

※ITU-T勧告J.382に準拠した高度な変調方式については、256QAMの試験結果、及び前年度実施した室内試験結果を用いて評価する。



偏波多重技術の検討（パラボラアンテナ・偏波分離器）

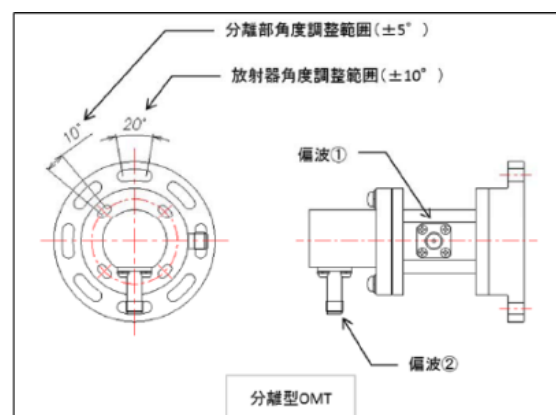
- ◆ 試作したパラボラアンテナ、及び偏波分離器（OMT）と双方向機能付23GHz帯無線伝送システムを用いて、室内試験と屋外試験を行い、デジタルケーブルテレビ信号（OFDM、64QAM、256QAMなど）を偏波多重伝送できることを確認
- ◆ XPDやOMTの所要性能については、試作した性能（XPD：37dB、OMT偏波間結合量：-50dB）程度あれば偏波多重伝送が可能であることを確認
- ◆ 平成28年度に試作したOMTに新たな調整機構を実装することにより、フィールド導入時に半日程度かかった調整作業時間を数十分程度に短縮させるとともに、XPD（分離型偏波分離器の性能含む）性能の向上を実現



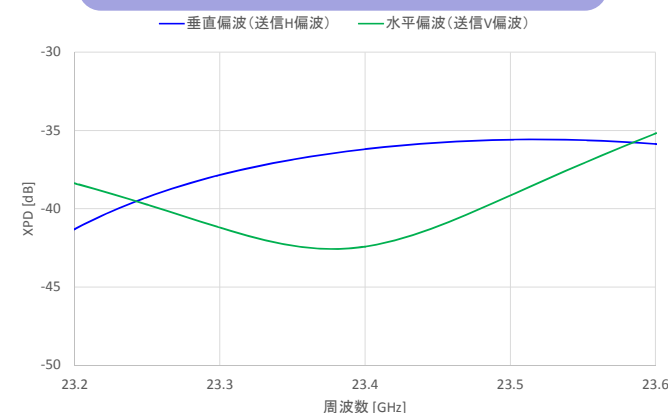
単一型OMT
平成28年度試作

分離型OMT
平成29年度試作

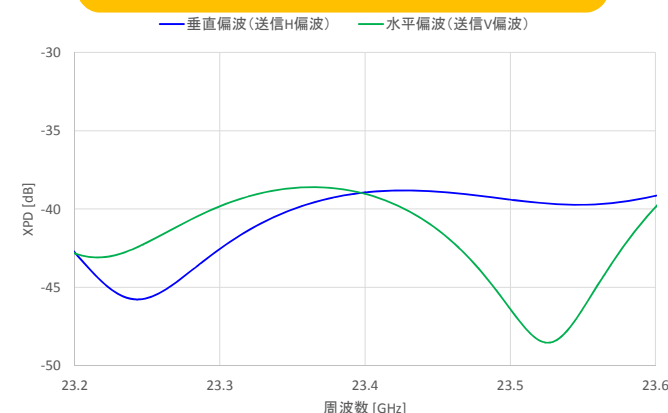
※フィールド試験においては単一型OMTを使用



単一型OMTを接続したときのXPD性能



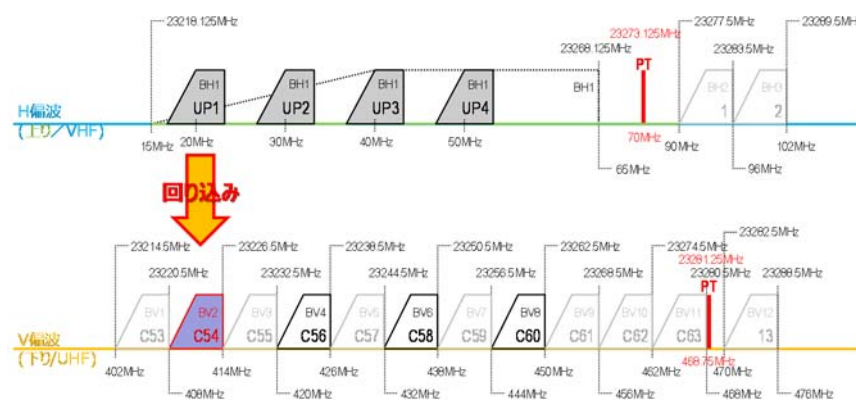
分離型OMTを接続したときのXPD性能



	OMT性能						アンテナ性能	
	挿入損失[dB]		結合量[dB]				XPD[dB]	
	V ₁ -V ₂	H ₁ -H ₂	V ₁ -H ₁	V ₂ -H ₂	V ₁ -H ₂	V ₂ -H ₁	V-H	H-V
目標値	1.0dB以下		40dB以上				33dB	
平成28年度試作(一体型OMT)	0.58	0.39	56.08	51.44	49.74	50.54	35dB以下	
平成29年度試作(分離型OMT)	0.54	0.22	58.48	49.62	49.49	55.30	38dB以下	

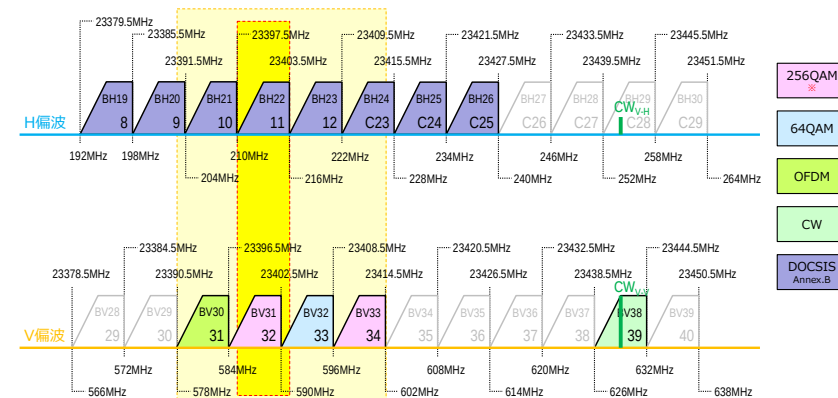
双方向化技術の検討

- ◆ 最も影響が大きい状態（下りの信号を伝送している状態で、上りの信号を伝送）での、デジタルケーブルテレビ信号への影響、スループット及び疎通（PING試験）に問題がないことを確認することで、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構成の有用性を実証
- ◆ アンテナを2面にすることによるアンテナ面合わせの時間増についてはインジケータを製作し、時間短縮を実現した



上り信号によるデジタルケーブルテレビ信号への影響

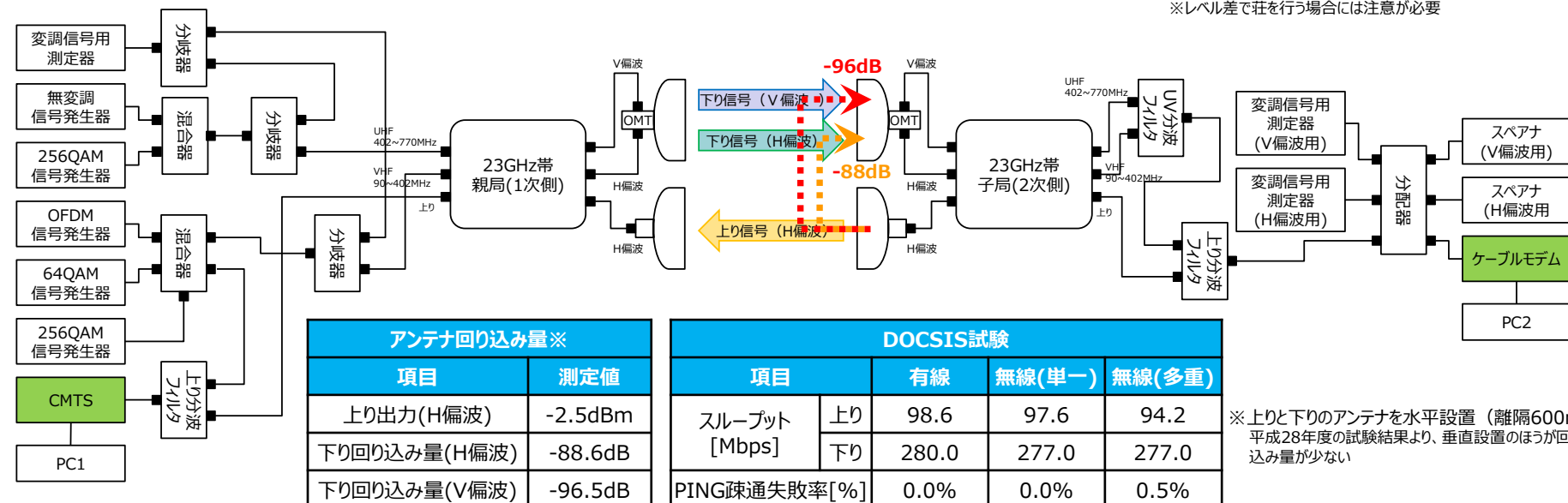
回り込み（上り信号）の有無により、MERの若干の劣化が発生するも、BERの劣化は見られなかった



DOCSIS試験

偏波多重の有無によるDOCSIS通信への影響は見られなかった

※レベル差で荘を行う場合には注意が必要



アンテナ回り込み量※	
項目	測定値
上り出力(H偏波)	-2.5dBm
下り回り込み量(H偏波)	-88.6dB
下り回り込み量(V偏波)	-96.5dB

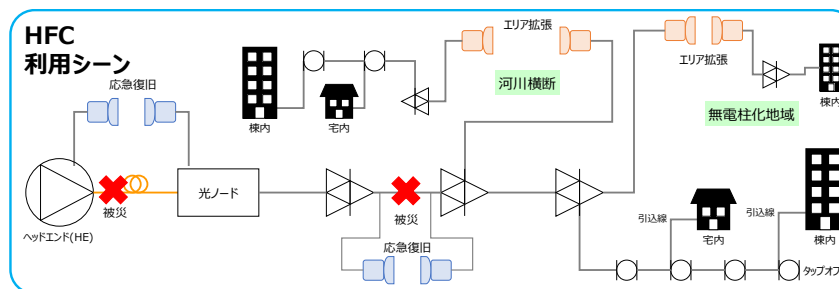
DOCSIS試験				
項目		有線	無線(単一)	無線(多重)
スループット [Mbps]	上り	98.6	97.6	94.2
	下り	280.0	277.0	277.0
PING疎通失敗率[%]		0.0%	0.0%	0.5%

※ 上りと下りのアンテナを水平設置（離隔600mm）
平成28年度の試験結果より、垂直設置のほうが回り込み量が少ない

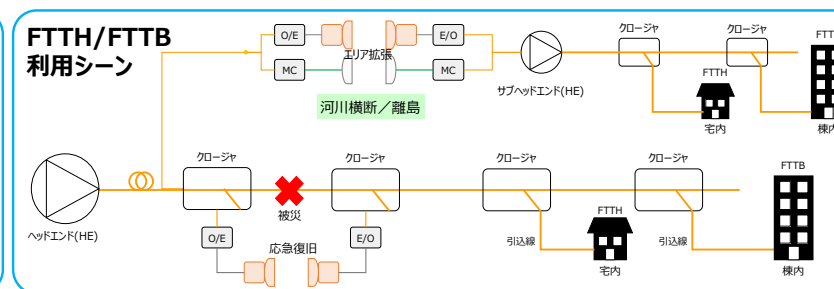
変調方式高度化技術の検討①：C/NとC/Iの検討

◆ FDM-SSB 方式において、既存の256QAM及びITU-T勧告J.382に準拠した高度な変調方式を導入するための所要C/N比について、既存のケーブルテレビシステムに無線を導入する際の利用シーンを検討し、そのモデル化を行い、平成28年度における検討内容を見直し、既存の技術基準等を使用した性能配分により技術的条件となるC/N比 $[[C/N]_0]$ 及びC/Iを算出。

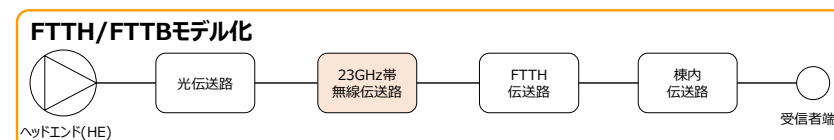
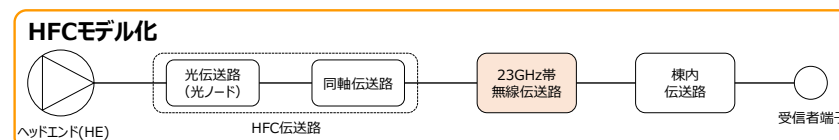
利用シーン
検討



HFC (Hybrid Fiber-Coaxial) : 光ケーブルと同軸ケーブルを組み合わせた方式

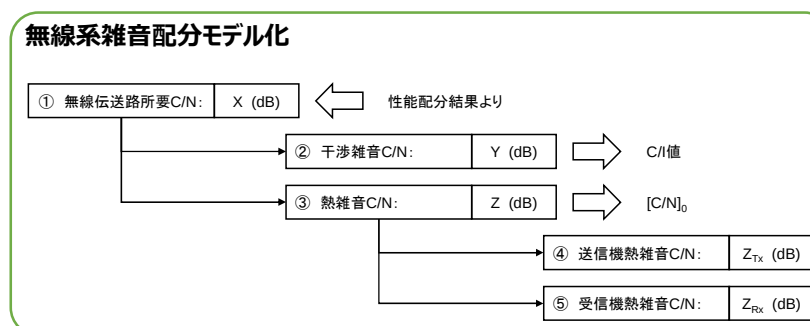


CATV
モデル化・
性能配分



- ◆ FTTH/FTTB伝送路モデルにおける配分では、当該伝送路における既存所要性能が厳しい変調方式もあり、HFC伝送路モデルよりも厳しいC/N比を無線伝送路に配分する結果となった。
- ◆ FTTH/FTTBにおけるシーンでは、無線システムの導入は新設であることが想定されるためFTTH/FTTBの性能を比較的自由に設定可能であり、23GHz帯無線伝送システムの双方向通信では、HFC伝送路で使用されるDOCSISを使用することから、HFC伝送路における性能を対象として無線系雑音配分を実施した。

無線系
雑音配分
モデル化
・
性能配分



※C/I値については、OFDM、及び64QAMの技術的条件を踏襲し、レベル差伝送を考慮した値とした。

	OFDM	64QAM	256 QAM	J.382			
				256 QAM	1024 QAM	4096 QAM (4/5)	4096 QAM (5/6)
HFCにおける無線伝送路性能[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

変調方式高度化技術の検討②：室内試験

- ◆ 単一偏波による室内試験では、既存の256QAM 及びITU-T 勧告J.382に準拠した高度な変調方式の信号伝送が問題なく行えたことを確認。
- ◆ 偏波分離器（OMT）を用いた室内試験では、D/U比（V偏波とH偏波のD/U比。XPDを擬似的に再現）が十分確保できている状態では、単一偏波による伝送性能とほぼ同じ性能であり、既存の256QAM及びITU-T勧告J.382に準拠した高度な変調方式の偏波多重伝送が問題なく行えたことを確認。
- ◆ 無線区間のCNR が十分確保できている場合、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）が必要となる結果となった。

単一偏波伝送（レベル差無し）

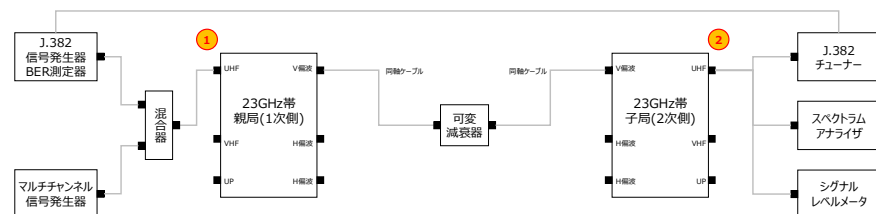
変調方式	受信レベル	C/N比 [dB]	BER	MER [dB]	備考
64QAM	標準時	37.6	0.00E+00	36.6	-50dBm/ch
	最小時	27.2	1.80E-06	26.9	
256QAM	標準時	37.8	4.90E-07	36.2	-50dBm/ch
	最小時	32.0	2.00E-04	31.4	
J.382	256QAM 符号化率9/10	標準時	36.4	0.00E+00	-50dBm/ch
		最小時	26.0	0.00E-00	26.4
	1024QAM 符号化率9/10	標準時	36.3	0.00E-08	-50dBm/ch
		最小時	32.6	1.65E-06	31.0
	4096QAM 符号化率4/5	標準時	37.2	9.46E-08	-50dBm/ch
		最小時	36.2	4.78E-06	BER計測:3分
	4096QAM 符号化率5/6	標準時	37.6	NG	-50dBm/ch
		最小時	-	-	-

J.382(4096QAM符号化率：5/6)については、無線区間のC/N比（38dB程度）が不足しているためBERとMERの測定がNG（JCTEA STD-0076.1に記載のCN比対ビット誤り率の曲線どおり）

偏波多重伝送（レベル差無し）

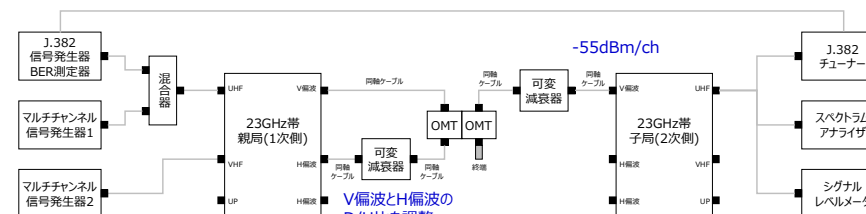
変調方式	所要C/N比 [dB]	D/U比 (XPD) [dB]	C/N比 [dB]	BER	MER [dB]	備考
64QAM	26dB以上	49.4	38.6	0.00E+00	36.9	
		25.4	25.0	9.70E-05	24.8	
256QAM	34dB以上	48.9	38.3	2.00E-07	46.5	
		32.2	31.8	1.90E-04	31.3	
J.382	256QAM 符号化率9/10	49.4	37.2	0.00E+08	34.5	
		26.4	24.8	3.28E-06	25.5	
	1024QAM 符号化率9/10	48.9	38.5	0.00E-08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

J.382(4096QAM符号化率：5/6)については、無線区間のC/N比（38dB程度）が不足しているためBERとMERの測定がNG
レベル差伝送が必要となる



63ch(レベル差無し)

単一偏波伝送 室内試験系統



63ch(レベル差無し)

偏波多重伝送 室内試験系統

変調方式高度化技術の検討③：屋外試験

- ◆ 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ほど劣化しており、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の実性能（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。

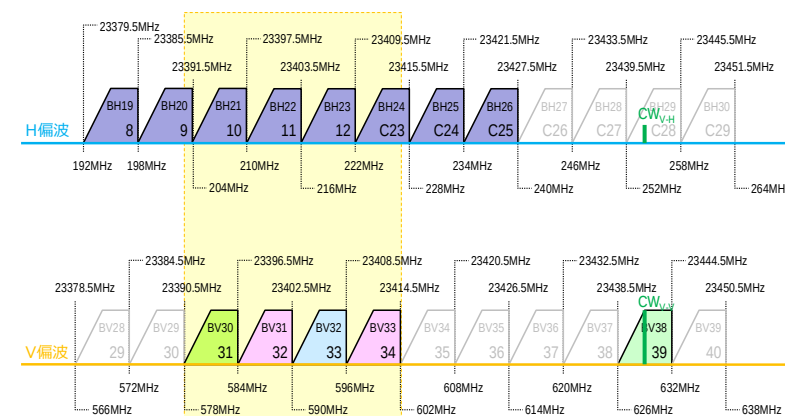
XPD測定結果

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=10log(P _V /P _H)
XPD _H 254.0	CW	下り空中線端子[H偏波]	-99.3			

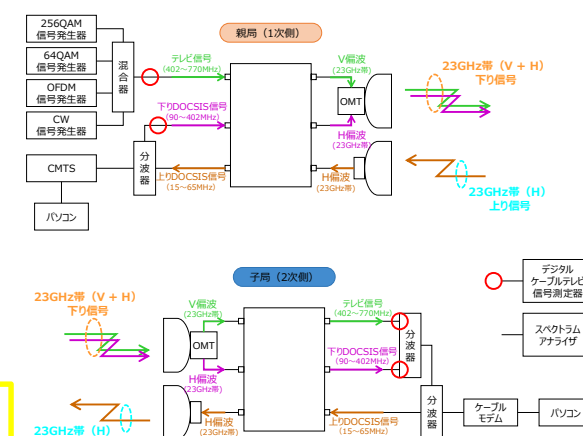
偏波多重伝送試験結果

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	

降雨等によるC/N比やXPDの劣化等を評価するために実施した長期試験では、C/N比、XPD等を測定した。測定期間を通じて想定した降雨（猛烈な雨に分類される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が、傾向として大雨（激しい雨に分類される1分間降雨量：0.50mm/分以上）でない限り、降雨減衰による大きな劣化はないと想定される。



256QAM ※ 64QAM OFDM CW DOCSIS Annex.B ※32chの256QAMのみ33chの64QAMのレベルに対して+6dBで伝送。

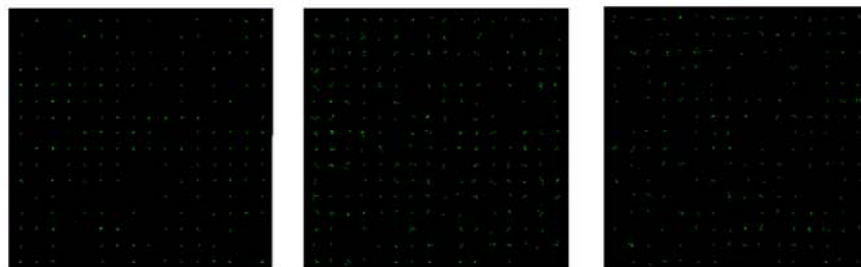


測定系統図（スポット測定）

フィールド試験のまとめ

- ◆ FDM-SSB 方式における偏波多重（垂直偏波と水平偏波）伝送の実現性を確認するため、試作した無線伝送装置及び偏波分離器（OMT）を用い、既存の256QAM及びITU-T勧告J.382に準拠した高度な変調方式の信号伝送が問題なく行えることが確認できた。
- ◆ 偏波多重によるケーブルテレビ信号の品質については、良好であり、ブロックノイズや音声の途切れ等なく視聴可能であることが確認できた。
- ◆ 試作した無線伝送システムを利用したフィールド試験による検証の結果、J.382、256QAMにおいても実運用環境下において、無線伝送システムは、所要のC/N比を満たすことができることが確認できた。
- ◆ 4096QAM(符号化率:4/5)及び4096QAM（符号化率5/6）については、現実の集合住宅等における棟内伝送路の実態を踏まえたC/N比を利用することで、必要な品質を満足できることが判明した。なお、レベル差をつけて伝送する場合においては、同一レベルでの伝送と比べ高い性能が必要であることがわかった。
- ◆ 現状アンテナは送受分離型が適当であることから、2面あるアンテナの面合わせ（リンク調整）に要する時間短縮を目的にレベルインジケータを製作することで導入時間の短縮を実現できた。
- ◆ 調整機構を実装した新たなOMTにより、作業時間を大幅に短縮し、合わせてXPD性能も向上できた。

256QAMコンスタレーション



入力信号

出力信号
(単一偏波)出力信号
(偏波多重)

レベルインジケータ

- ▶ インジケータを用いることで面合わせ(リンク調整)時間を短縮
 導入前：3時間程度
 導入後：1面10分程度



映像伝送



二次側におけるテレビ東京受信状態 (OFDM)



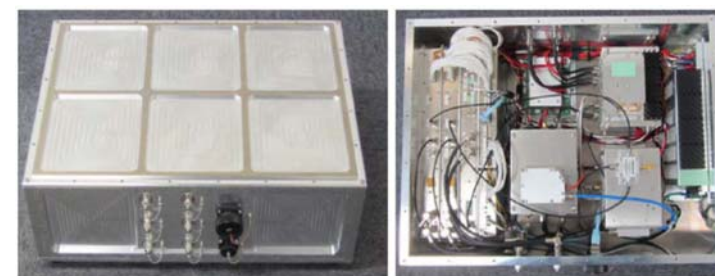
二次側におけるテレビ松本受信状態 (64QAM)

小型・軽量化の検討

- ◆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年度と平成29年度にわたり、現行比：**188%**の小型化を実現。
- ◆設置性を考慮した筐体を試作し、重量についても既存の無線装置と比較して3倍となるところ、全体質量比 **親局：133.8%、子局：128.8%**の軽量化を実現。

装置名称	幅[mm]	奥行[mm]	高さ[mm]	容積[m ³]	備考
既存無線装置	222	387	160	0.013746	
平成28年度試作装置	480	470	160	0.036096	現行内寸比：263%
平成29年度試作装置	458	352	160	0.025785	現行比：188%

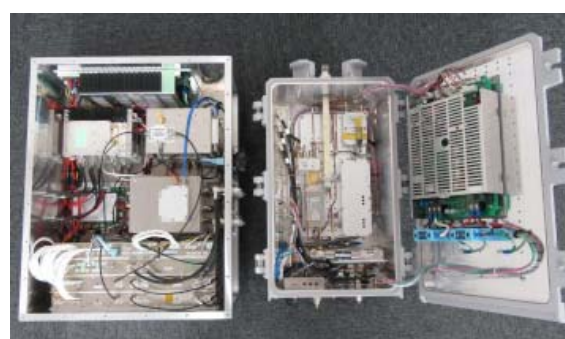
項目	親局[kg]	子局[kg]	備考
装置質量 (筐体なし)			
既存無線装置	9.4	9.4	
平成28年度試作装置	12.7	11.8	現行比：135.2%/125.9%(親局/子局)
全体質量 (筐体あり)			
既存無線装置	17.0	17.0	
平成29年度試作装置	22.7	21.9	現行比：133.8%/128.8%(親局/子局)



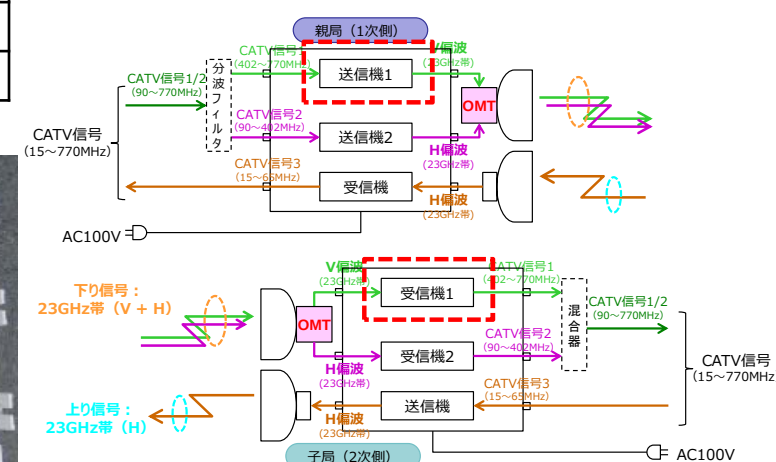
平成29年度試作装置（親局）

平成29年度
試作装置

既存無線装置

平成29年度
試作装置

既存無線装置



- ※ 赤点線枠が従来の無線装置で必要となるモジュール。
- ※ 下り信号（映像＋データ）を偏波共用で伝送し、かつ上り信号を送受するには、それぞれに専用のモジュールが必要となる。

調査検討の成果

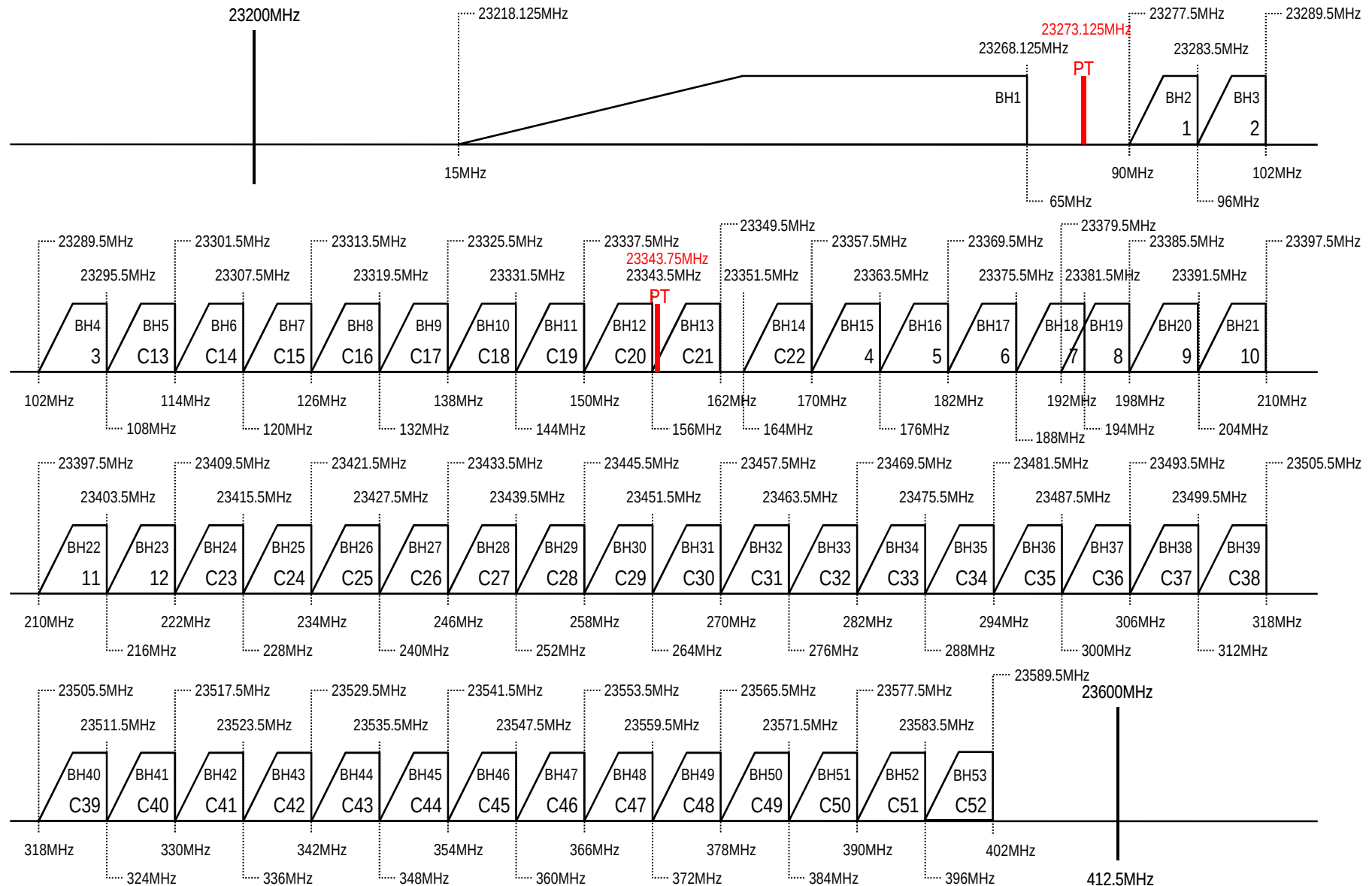
- 試作したパラボラアンテナ、及び偏波分離器（OMT）と双方向機能付23GHz帯無線伝送システムを用い、室内試験と屋外試験を通じてデジタルケーブルテレビ信号（OFDM、64QAM、256QAMなど）を偏波多重伝送できることを確認した。
- 試作したアンテナ、OMT、及び無線伝送装置を用いてケーブルインターネット通信（DOCSIS3.0）の無線伝送試験を実施し、アンテナ間の回り込み量を90dBとしたときの信号の疎通（PING試験）及びスループットに問題がないことを確認した。
- 試作した双方向機能付23GHz帯無線伝送システムをフィールドに長期間設置し、降雨等によるC/N比やXPDの劣化等を評価したが、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共に大きな劣化は無かった。
- 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C/N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、下表のような技術基準を策定した。
 - 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。
- 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。
- 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。
- 小型化・軽量化について、現行の無線装置の容積比で147%、現行の質量比で133.8%を実現した。

	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性能以上あれば問題ないとする。						

調査検討の課題

- C/N比とC/I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。
- 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。
- 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TV 4K」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(4K 18番組、8K 1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なシステムの高度化を検討する必要があると考えられる。

参考：チャンネルプラン①（15MHz～402MHz：水平偏波）



参考：チャンネルプラン②（402MHz～770MHz：垂直偏波）

