

令和2年度 総務省周波数逼迫対策技術試験事務

「放送用周波数を有効活用する技術方策に関する調査検討
（“効率的な周波数利用の実現に向けた調査検討”および
“新たな放送サービスの実現に向けた調査検討”）」
報告書(暫定版)

2021年2月9日

一般社団法人 放送サービス高度化推進協会

2020年度検討項目

WG1	WG2	WG3	WG4	WG5	WG6
技術動向調査 WG	周波数利用検討WG	次世代放送・通信 融合サービスWG	新たな地上 放送方式WG	実験局運用検討WG	受信機検討WG
WG1-1 映像符号化 方式の動向調査	WG2-1(1) 地デジの 電波利用状況調査	WG3 次世代の放送・ 通信融合サービスの 在り方に関する調査	WG4-1(1) 高度化導入 方式に関する検討	WG5 中継局の整備	WG6-1 他の無線システ ムからの影響調査
WG1-2 音声符号化 方式の動向調査	WG2-1(2) 地デジ中継局 の受信信号品質調査		WG4-1(2) 地上放送高度 化方式に関する検討	実験局運用検討 グループ 名古屋連絡会 大阪連絡会 福岡連絡会 ※東京地区については 各WG、関東地デジ 連絡会等で情報共有	WG6-2 受信機影響 調査
WG1-3 コンテンツ保護 方式動向調査	WG2-1(3) 地デジ中継局 の長距離異常伝搬調査		WG4-1(3) 新たな放送 サービスの導入に向 けた技術動向の調査		WG6-3 放送用受信 技術の調査
WG1-4 最新画像圧縮 技術動向調査	WG2-2 ホワイトスペース の利用状況調査		WG4-2 超高精細度テレビ ジョン放送の中継方式 調査		
	WG2-3 周波数資源の 獲得方策調査		WG4-3 通信と親和性の 高い多重化方式の 技術調査		
	WG2-4 放送ネットワー ク設計手法の調査				
	WG2-5 新たな放送サー ビスの導入方策の検討				

(凡例)

「効率的・・・」仕様書に
記載された検討項目

「新たな・・・」仕様書に
記載された検討項目

「課題」 次世代の映像符号化規格VVC (Versatile Video Coding)について画質評価を行なう。

- ・VVC標準化は2020年7月に完了、参照ソフトウェアでHEVC比40%以上のレート削減を確認した。
- ・実用エンコーダ想定シミュレーション環境を構築しシミュレーション実施した。

成果1 VVC標準化動向の調査

- ・ 予定通り2020年7月に標準化作業完了 (MPEG-I Part3 / H.266)
- ・ 参照ソフトウェアVTM11の客観画質(PSNR)に基づく性能評価結果(図1)
HEVC比のレート削減率: 41%(全テスト素材), 44%(4K素材のみ)
処理時間比率: エンコーダ 8.0倍, デコーダ 1.6倍
- ・ 2020年10月の標準化会合で検証試験の実施状況が報告された
4K SDR素材について、VTM10の主観画質(MOS)に基づく評価で
HEVC比ビットレート削減率43%



図1: VTMの圧縮効率、処理時間比

成果2 シミュレーションによるVVC圧縮性能・画質の評価

- ・ 2025年頃の実用VVCエンコーダを想定したシミュレーション
- ・ 符号化ツール簡略化(下表)、レート制御・主観画質改善処理の追加
- ・ 作成した画像は2021年度の主観画質評価実験(ARIB実施)で使用予定
- ・ 環境構築を完了しシミュレーション実施中
 - ・ VTM10によるアンカーデータ作成を完了(図2)
HEVC比のレート削減率: VTM6(31.8%) ⇒ VTM10(36.7%)に改善
- ・ 実用エンコーダ想定シミュレーションを実施中(2月中旬完了予定)

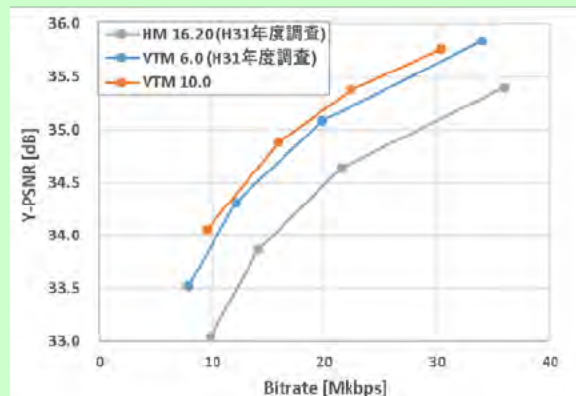


図2: 圧縮効率比較 (暫定結果)

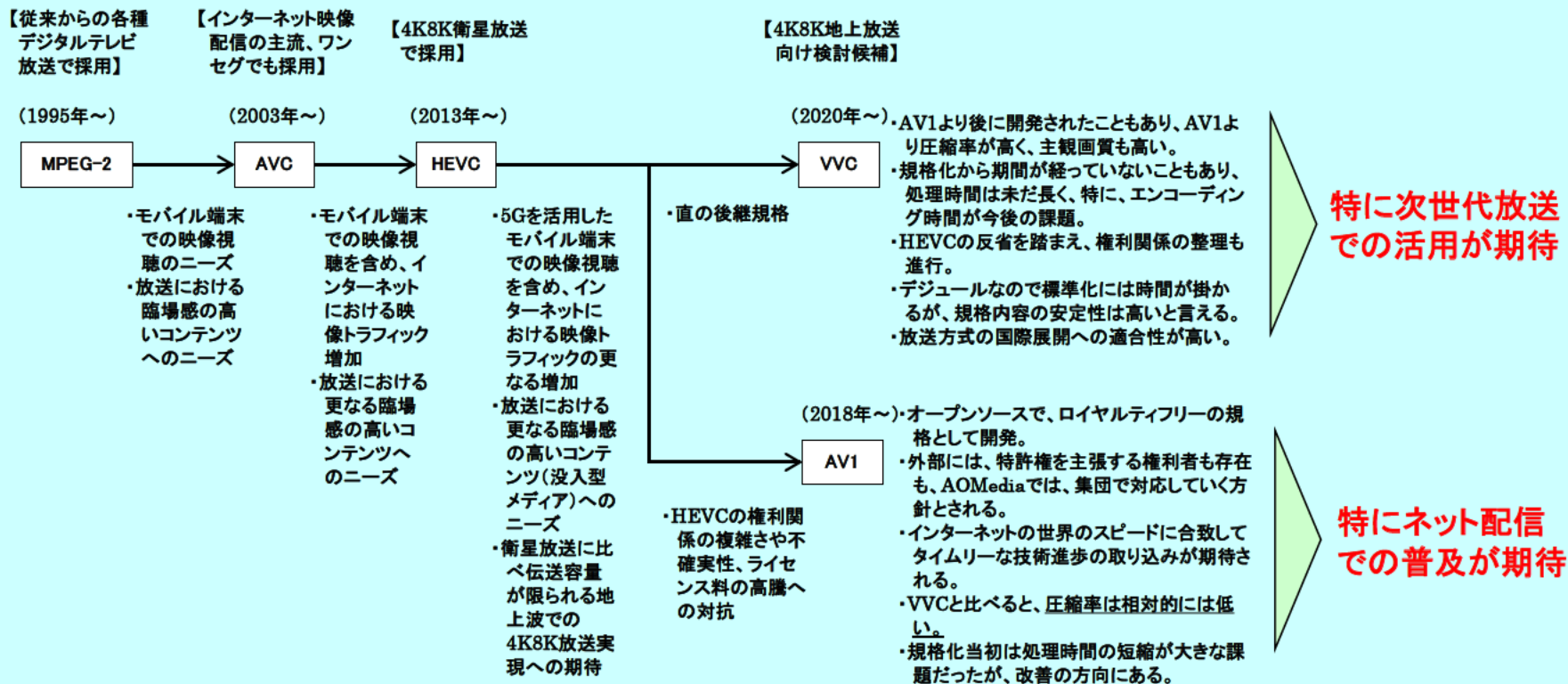
項目	リアルタイムエンコーダ実現上の課題
符号化ブロック分割パターンの絞り込み	分割パターンが大幅に増加しており処理負荷増加
並列処理に適した符号化処理フロー	VTMはシーケンシャル処理前提
イントラ予測・動き予測の軽量化	予測モード追加などの高度化により処理負荷増加
ループフィルタパラメータ導出の軽量化	新規導入のALFの処理負荷が高い
レート-歪最適化処理の軽量化	マルチパス処理であり、そのままでは実装困難

「課題」 オープンソース等で構成される映像符号化方式(AV1)のVVCとの性能比較を行う。

・AV1およびVVCについて、文献調査、及びそれぞれの標準化活動に参加している有識者へのヒアリングを行い、両者を比較するレポートをまとめた。

調査まとめ

- インターネット映像配信向けの次世代映像符号化規格としては、AV1の普及が期待。
- 4K8K地上放送等を念頭においた次世代放送向けには、圧縮性能、規格内容の安定性、放送方式の国際展開への適合性などの観点から、VVCの活用が期待。



「課題」音声符号化方式(MPEG-H 3DA Baselineプロファイル)について動向調査を行ない、音声評価も併せて実施して、放送用途への導入可能性を検討する。

- ・Baseline (BL)プロファイルは、2021年1月会合で規格化作業を完了した。
- ・Baselineプロファイルに準拠したコーデックの試作を行っている。動作検証を行い、放送用途の可能性を確認した。

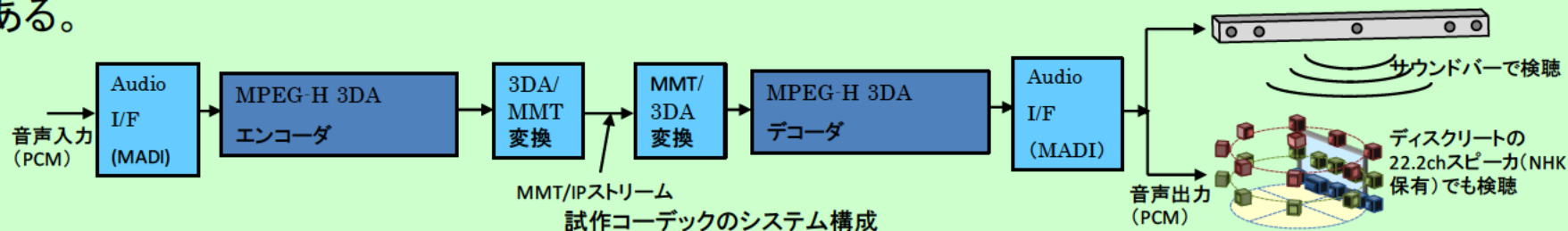
成果①:

MPEG-H 3DA Baselineプロファイルは、LCプロファイルから放送での使用を想定していないHOAと人声の符号化機能を除外し、実装負荷を軽減したものである。2021年1月会合(2021年1月11日～15日)で規格化作業を完了した。

成果②:

Baselineプロファイルに準拠したコーデックを試作中である。動作検証を行い、放送用途の可能性を確認する見込みである。

試作コーデックは、コーデックソフトウェア、検聴用サウンドバー、オーディオI/F、3DA/MMT変換装置で構成される。入力はMADIによる48kHz/24bit、56chの音声信号、出力はMADIによる24chの同時再生である。音響定義モデル(Rec. ITU-R BS.2125-0準拠)のメタデータに対応し、多重化ストリーム形式はMMT/IP。再生はモノ、ステレオの他、5.1ch、7.1、22.2ch等のフォーマットで可能である。

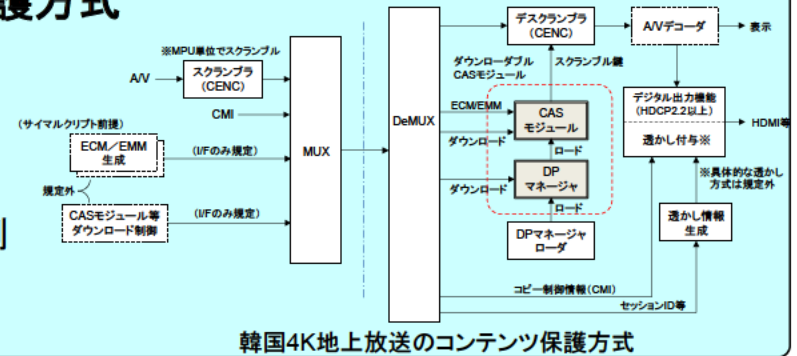


「課題」 諸外国の放送サービスにおけるコンテンツ保護方式について複数取り上げ、技術的条件を比較するなどの動向を調査する。

・米国ATSC3.0、韓国4K地上放送、及び欧州等の動向調査を行い、日本方式との比較を実施した。

成果1 米国ATSC3.0と韓国4K地上放送のコンテンツ保護方式

- ATSC3.0のコンテンツ保護方式は、DRMがベースになっているので、スクランブル方式としてCENC*が決まっている程度。
 - 韓国4K地上放送のコンテンツ保護方式は、1)スクランブル方式としてCENCを採用し、2)ダウンローダブルなソフトウェア型のCASモジュールを導入し、3)CMI記述子でコピー制御・再配布制御を行い、4)デジタル出力にはHDCP2.2で保護を掛けつつ、電子透かしを重畳する方式。
- * : Common Encryption



成果2 欧州などのコンテンツ保護方式

- DVB-CPCMがコンテンツ保護方式として知られているが、具体的なソリューションがなく、普及していない。
- CAS技術として、スクランブル方式はDVB-CSAが、CASインタフェース方式としてDVB-CI+が規格化、運用されており、ドイツDVB-T2では民放が有料放送を行っている。(無料放送はノンスクランブル)
- Googleは、自身のDRMであるWidevineをベースにした「Widevine CAS」を開発し、受信機に対してロイヤリティフリーとするなど、低廉でDRMと親和性の高い方式が出つつある。

成果3 日本方式を含む各方式の比較

	ATSC3.0	韓国方式	DVB	Google (Widevine CAS)
スクランブル方式	CENC (AES)	CENC (AES)	DVB-CSA (AES等)	各放送方式にカスタマイズ対応
視聴契約情報	通信サーバから取得	放送波に多重	放送波に多重※	通信サーバから取得
CASモジュール	規定なし	ダウンローダブルなソフトウェア形式	DVB-CI+ (ICカードなど)	ソフトウェア
コピー制御など	規定なし	CMI記述子による再配布制御/コピー個数制御	FTA content management 記述子 / CPCM USI	(特に触れられていない)
出力保護など	規定なし	HDCP2.2/電子透かし	(規定なし)	(特に触れられていない)

日本方式	地上 (B-CAS方式)	地上 (TRMP方式)	新4K8K衛星放送
スクランブル方式	告示 (MULTI2)		告示 (AES / Camellia)
視聴契約情報等*	放送波に多重		放送波に多重
CASモジュール	ICカード	ソフトウェア	受信機内蔵ICチップ
コピー制御など	デジタルコピー制御記述子によるコピー個数制御		コンテンツコピー制御記述子によるコピー個数制御
出力保護など	HDCP (バージョン指定なし)		HDCP2.2

* : メッセージやワーク鍵も含む

「課題」 知的画像処理による8K画像帯域圧縮の実現可能性を調査する。

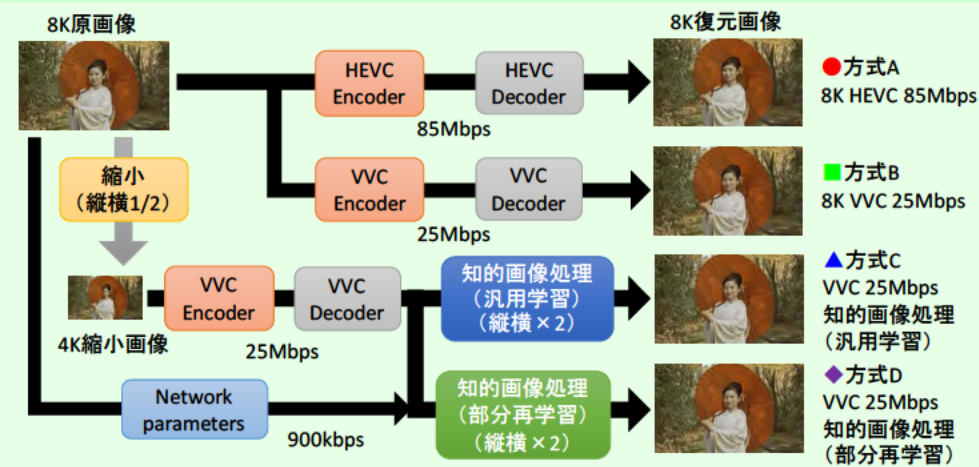
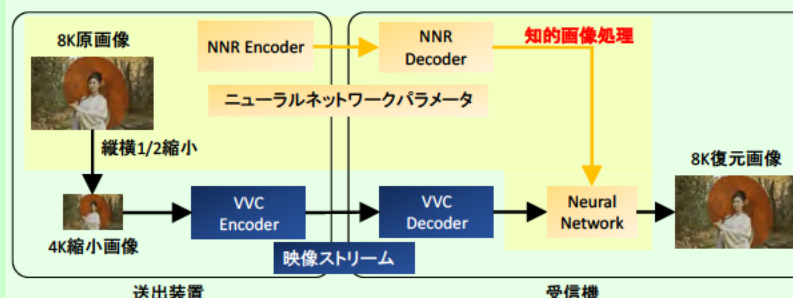
- 最新の知的画像処理に関する標準化動向及びHW化の実現性を調査した。
- 知的画像処理による8K復元画像の画質を評価した。

成果1: 最新の知的画像処理に関する標準化動向及びHW実現性の調査報告

- ニューラルネットワークの圧縮の国際標準MPEG NNRの標準化が2021/04に完了(予定)
- 知的画像処理のHW実現性を評価し、画質評価に用いた方式はASICとして実装可能であることを確認

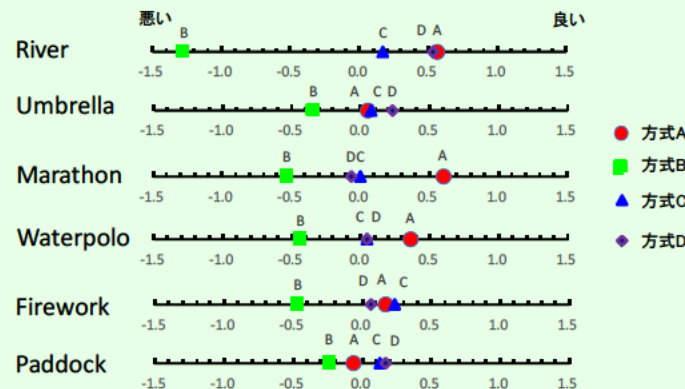
成果2: 知的画像処理による8K復元画像の画質評価

- 一対比較法による主観画質評価(非専門家42名)を実施
 - 方式Cと方式Dは、方式B(8K VVC 25Mbps)と比較して殆どの映像で有意によい。
 - 方式Cと方式Dは、方式A(8K HEVC 85Mbps)と比較して半数以上の映像で有意な差はない。
- 知的画像処理技術は現行8K放送並みの画質を25Mbpsで実現可能
- 関係者デモでは、方式Dは方式Cより精細度が高いとコメント



今回評価を行った4方式とその生成フロー

知的画像処理による帯域圧縮技術



主観評価結果

「課題」 地デジ周波数を稠密に使用している地域を中心に1000地点程度選定し、受信状況・受信形態等の調査を行い、新たなサービス実現に向けたチャンネル選定検討に資するデータとして活用する。

- ・ 瀬戸内:500地点、有明:500地点について、潜在電界測定を含めた受信状況と受信形態を調査した。
- ・ 昨年度調査の東名阪と合わせて、チャンネル選定シミュレーションへのデータ活用を実施した。

成果1 受信状況調査、受信形態調査の実施

- ・ 地デジ周波数を稠密に使用している瀬戸内地域:500地点、有明地域:500地点の合計1,000地点を選定し、潜在電界測定を含めた受信状況調査と受信形態調査を実施した。
- ・ 各地点の潜在電界測定結果は、地デジ13~52チャンネル毎の推定到来局を事後分析して取り纏めた。



成果2 チャンネル選定シミュレーションへのデータ活用

- ・ 現地調査結果をもとに、各地点での妨害局を特定し、検討対象局とのDU比計算等のデータ処理を行い、実測地点としてチャンネル選定シミュレーションへ追加反映した。
- ・ 東名阪、瀬戸内、有明の実測結果を反映することで、チャンネル選定検討票におけるDD判定で、127局の397チャンネルで使用可能チャンネル数が減少した。

地域	与干渉・被干渉の最悪D/U地点	チャンネル選定検討票(DD判定)における使用可能チャンネル数の変化	
	計算から実測に置き換わった地点数	検討対象局数	チャンネル数(減数)
関東	374	18	56
東海	121	5	11
近畿	61	0	0
中国	277	28	80
九州	670	53	197
四国	269	23	53
合計	1772	127	397

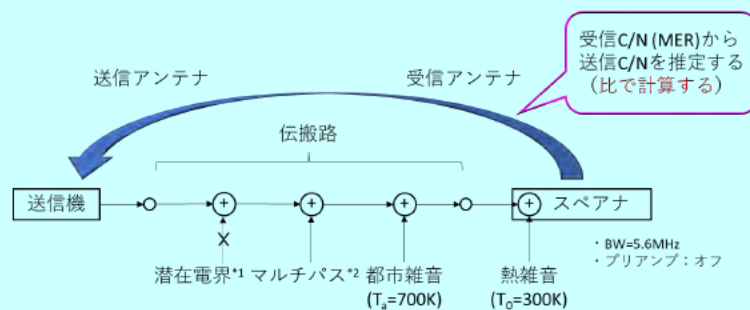
「課題」 全国の地上デジタルテレビジョン放送の親局及び中継局の受信信号品質を把握する。

- ・受信信号のMER値から送信信号のC/Nを精度良く推定する手法を確立した。
- ・全国で1,000カ所の測定を実施して現状の放送ネットワーク品質を統計的に分析した。

成果1 -50dBm以上の受信電力を確保することで、送信信号C/Nを精度良く推定できることを確認した。

調査手法と測定条件

No	項目	内容
1	調査アンテナ条件	20素子八木アンテナ、周辺影響を受けない受信環境及び受信高、受信ブースタ無し(原則)
2	アンテナ方位	親局又は中継局の主方向のみ
3	偏波面	親局又は中継局の送信偏波面
4	周波数	親局又は中継局で送信されている全チャンネル
5	測定項目	電界強度、MER、遅延プロファイル、スペクトラム波形

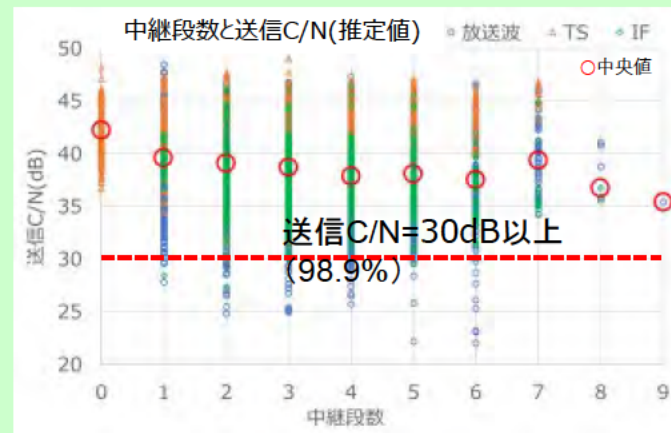
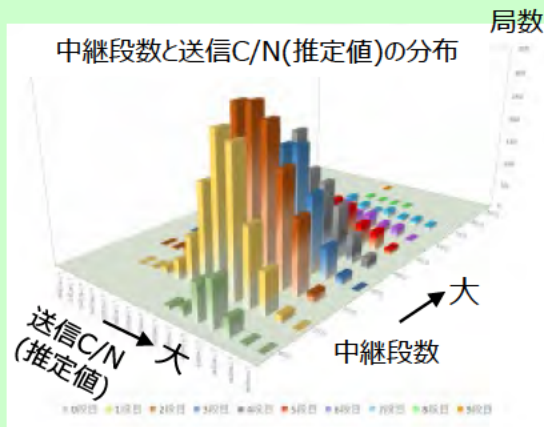


送信信号品質を推定するための雑音モデル

成果2 現状の放送ネットワーク品質を統計的に分析した結果、当初のネットワーク設計を満足していることが裏付けられた。また、補償器の普及により全体的に高い送信C/Nを維持している。

地域別 中継局数および段数

地域/段数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	総計
01 北海道	8	15	28	17	18	5	5	4			100
02 東北	8	26	68	58	33	6	1				200
03 関東	7	52	53	29	21	8	10				180
04 甲信越	3	18	30	15	7	5	1	1			80
05 東海	4	5	16	26	22	9					82
06 北陸	2	6	10	5	4	5	4	2			38
07 近畿	5	18	27	29	10	4	1				94
08 中国	3	14	28	22	18	6	1		2	1	95
09 四国	2	13	12	12	13	8	3	1			64
10 九州	3	14	20	17	11	2					67
総計	45	181	292	230	157	58	26	8	2	1	1000

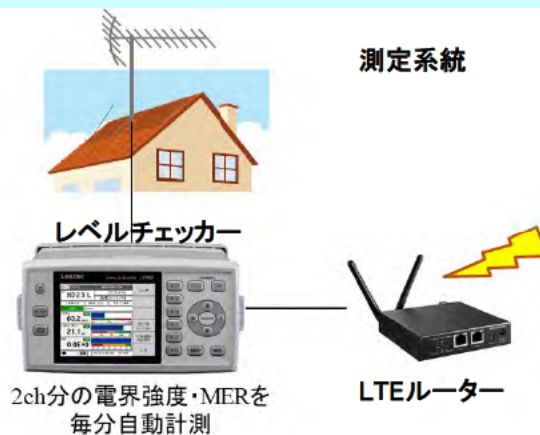


「課題」 地上デジタル放送における電波異常伝搬等を、受信電界変動を実測し分析する。

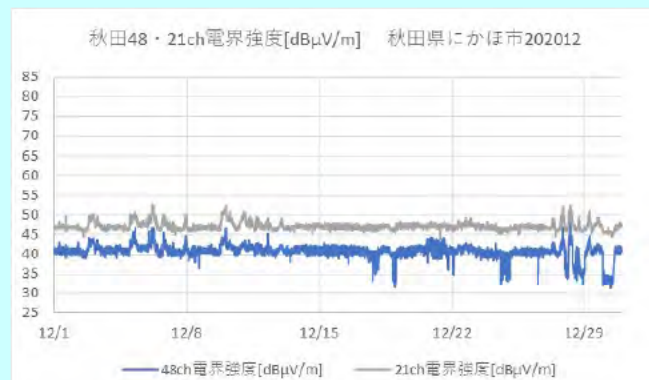
- ・季節によりフェージングの実績がある10区間についてエリア内長距離異常伝搬調査を実施した。
- ・10区間における調査データから距離対電界変動(99.9%時間率)グラフを作成・分析した。

成果1 リモート測定システムの確立

- ・ FTP機能付レベルチェッカーとLTEルータのみの簡易な機器構成の測定システムにより設営条件を緩和し、多地点において気象状況によらず長期的に安定したリモート測定が可能であることを実証した。

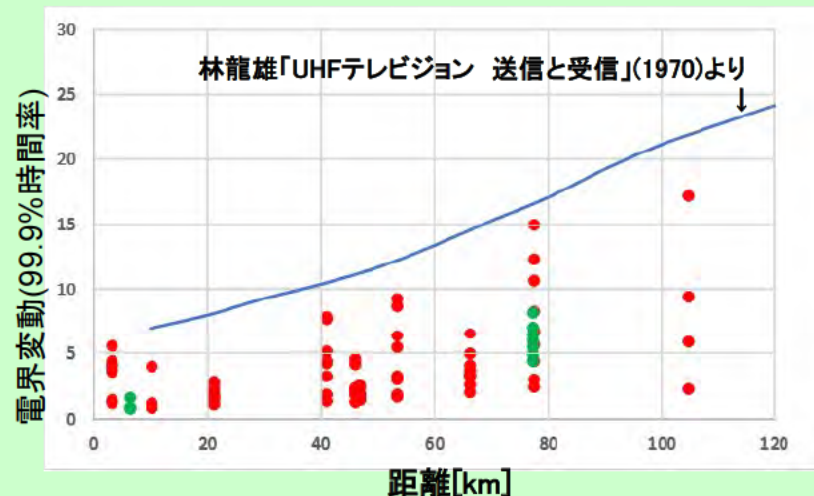


転送された自動計測データを分析



成果2 10区間の電界強度変動データの分析

- ・ 10区間における距離対電界強度変動のデータと従来参照されている電界変動カーブとを比較分析した。
- ・ 異常気象が頻発する現在においても、今回観測された限りでは、観測された電界変動は従来参照されている電界変動カーブの範囲内に収まることから、現在でもそれが適用可能であることを確認した。



「課題」 ホワイトスペースの周波数利用状況を把握する。

- ・特定ラジオマイクの運用実態を分析するとともに、40施設の遮蔽損失調査を実施した
- ・シミュレーションにより、ホワイトスペースの利用拡大に向けた手法の有効性について検討した

成果1 特定ラジオマイクの運用実態と利用チャンネルの追加可能性の把握

- ・昨年度調査期間以降の1年間の運用実績データをもとに、特定ラジオマイク免許人数の変化、使用無線局数や運用調整の発生数の変化について分析し、その運用実態について把握した。
- ・また、デジタルでの利用可能チャンネルが概ね4チャンネル以下となっている施設を対象に40施設を選定し、その遮蔽損失値を実測した。利用可能チャンネル検討時のシミュレーション計算上の遮蔽損失値を実測した値と対比させることで、利用可能となるチャンネルを増やせる可能性があることを把握した。



成果2 シミュレーション条件変更による利用チャンネル増加可能性の把握

- ・特定ラジオマイク電波が地デジに対する干渉許容限界 ($I/N = -10\text{dB}$) とする電界強度 ($12\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$) コンターをシミュレーションした。
 - ① 従来のシミュレーション手法
一般的構造の施設では、 7.5dB の遮蔽損失を全方向に適用
 - ② 実測結果での最小遮蔽損失を全方向に使用
 - ③ 8方向の実測値を用いた遮蔽損失パターンを使用
- ・実測結果を用いた場合の方が、ラジオマイクの $12\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ コンターの範囲が狭まり、地デジの $51\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ コンターとの重なる可能性が小さくなる。結果的に使用可能チャンネルが増える可能性があることを把握した。



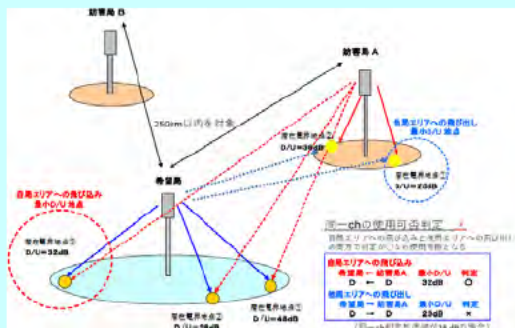
「課題」地デジのチャンネル再配置(リパック)に必要な技術条件や手順を検討し、新たな放送サービスを実現するための周波数資源獲得の可能性を検討する。

- ・ 全国の放送局諸元を整理するとともに潜在電界計算地点を選定し、チャンネル選定検討票を作成した。
- ・ 全国に新たな周波数資源を獲得するため、地デジのチャンネルリパック案の検討と分析を実施した。

成果1: 全国の放送局諸元を整理し、与干渉・被干渉を計算する潜在電界地点を選定して各地点における混信関係局間の最小DU比を求め、全国2271局のチャンネル選定検討票を作成

混信関係局間の計算

- ・ 全国の各放送局エリア内の潜在電界地点における周辺局間のDU比を計算した。



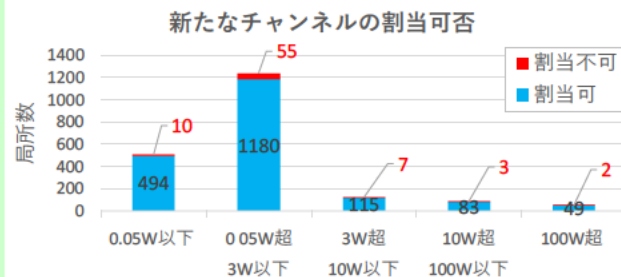
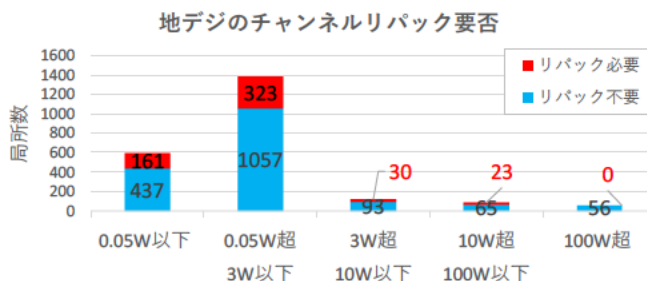
チャンネル選定検討票

- ・ 最小DU比となる潜在電界地点リストをもとに、各放送局におけるチャンネル毎(ch13~52)の使用可否を示すチャンネル選定検討票を作成した。

成果2: 全国で新たに最大2、3、6チャンネルを見いだす場合に必要となる地デジのチャンネルリパックの規模や既存受信者への影響を検討 《最大3チャンネルを見いだす場合の検討事例》

チャンネル検討

- ・ 全国2271局のチャンネルリパックと、NHK単独・民放単独・補完局を除く地デジ全局(1998局所)へのチャンネル割当を複数の手順と条件で検討した。

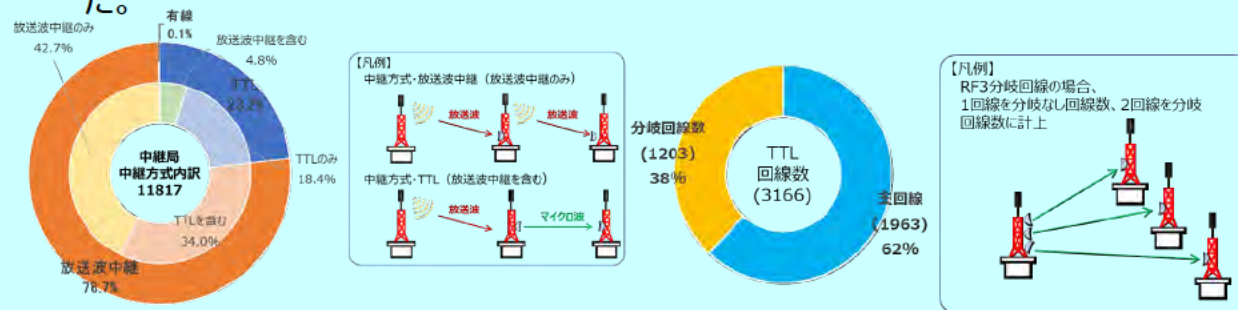


「課題」 放送ネットワーク設計手法に関する基礎調査とネットワーク設計モデルを取り纏める。

- ・ 現行地デジ方式における放送ネットワークの設置状況や各中継方式の特徴をまとめた。
- ・ 現行地デジの設計手法を参考に、地上放送高度化方式のネットワーク設計手法を検討した。

成果1 現行地デジ方式の設置状況、各中継方式の特徴、多段中継回線の構築条件を調査した

- ・ 全国の放送事業者の放送ネットワーク回線に関する情報を収集し、中継局における回線数や中継方式の内訳、固定局における回線数や分岐回線の構成数を統計データとしてまとめた。
- ・ 放送波中継方式、TTL・TS伝送方式、TTL・IF伝送方式について、ネットワーク構成やコストなどの視点で特徴をまとめた。



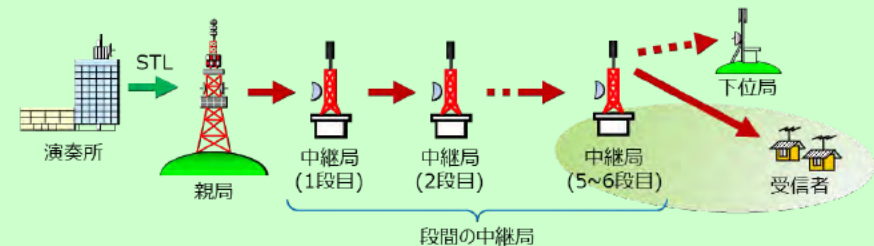
	放送波中継方式	TTL・TS伝送方式	TTL・IF伝送方式
ネットワーク構成	・ 専用伝送線路を必要とする ・ 中継局間の伝送距離が長い ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり	・ 専用伝送線路を必要とする ・ 中継局間の伝送距離が長い ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり	・ 専用伝送線路を必要とする ・ 中継局間の伝送距離が長い ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり
ネットワーク区間の品質劣化高橋	あり (非再生中継方式)	なし (再生中継方式)	あり (非再生中継方式)
SFN	・ OFDM方式による伝送による ・ 中継局間の伝送距離が長い ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり	・ 中継局間の伝送距離が長い ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり	・ OFDM方式による伝送による ・ 中継局間の伝送距離が長い ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり
コスト (伝送線路の伝送)	○	△	△
その他	・ 伝送線路の伝送距離が長い ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり	・ 伝送線路の伝送距離が長い ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり	・ 伝送線路の伝送距離が長い ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり ・ 伝送方式による伝送距離の制限あり

※1 同様のネットワーク構成でも異なる伝送方式によるコスト差がある。
 ※2 伝送方式による伝送距離の制限ありは、伝送方式による伝送距離の制限ありを指す。

各中継方式の特徴

成果2 地上放送高度化方式のネットワーク設計手法を検討した

- ・ 現行地デジの放送ネットワーク設計に対する考え方や、設計に用いる基準、設計フローをまとめた。
- ・ 次に、地上放送高度化方式の放送ネットワーク設計について、現行地デジと同じ送信局で同じエリアをカバーすることを前提に、エリアや放送波中継、TTLの回線設計に関わる項目ごとに現行地デジとの違いを考察した。



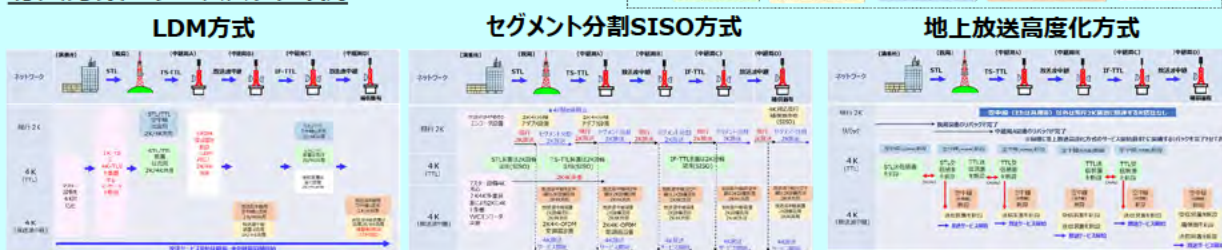
「課題」 新たな放送サービスの導入方策案について、放送ネットワークを含めた多角的なケーススタディを実施し、地上放送高度化方式の放送ネットワーク構築に必要な経費を試算する。

- ・ LDM方式、セグメント分割方式、地上放送高度化方式に関して、放送ネットワークを構成する中継方式の導入方法を整理し、導入方策のケーススタディを実施した。
- ・ 地上放送高度化方式の周波数変更対策に要する経費モデルを作り、対策経費を試算した。

成果1 放送ネットワークを含めた導入方策のケーススタディ

- ・ 各伝送方式について、放送波中継やTTLといった中継方式への導入方法や、移行期の放送ネットワーク設備を整理した。
- ・ 放送ネットワークモデルを作り、3つの伝送方式を放送ネットワークに導入する場合のケーススタディを実施した。

導入方策のケーススタディ例



中継方式への導入方法



成果2 地上放送高度化方式の周波数変更対策に要する経費試算

- ・ 現行地デジで実施した再編・改善リパックの経費を参考に、周波数変更対策に要する経費モデルを構築した。
- ・ 課題①ウで検討したチャンネル検討結果を経費モデルへ適用することで、周波数変更対策に要する経費を試算した。

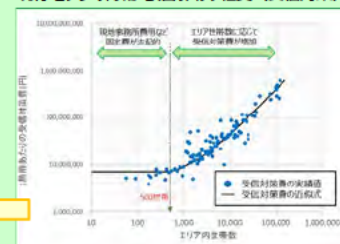
送信対策経費モデル

区分	経費 (千円)
ミニサテ	2,000
0.1~0.5W	6,000
1~5W	10,000
10~100W	20,000

受信対策経費モデル

(エリア内世帯数 500世帯未満)
 $y = 700万$
 (エリア内世帯数 500世帯以上)
 $y = 4000x + 500万$
 y: 1局あたりの受信対策経費
 x: エリア内世帯数

現行地デジの再編 改善リパック経費 (受信対策)



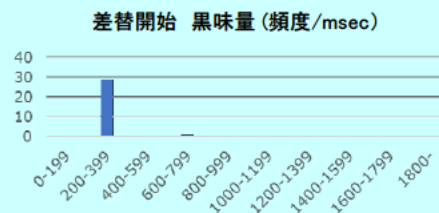
「課題」 放送・通信連携技術を活用した「リアルタイムコンテンツ差替」、「低遅延ライブ配信」、「デバイス連携」、「放送局共通アプリ」等の新サービス実現に必要な基盤技術を調査検討する。

- ・ 符号化方式の異なるコンテンツ間、放送・配信間での連続再生可能なコンテンツ差替方式を検討し、実験によって有効性の確認と必要な技術条件を調査した。
- ・ 低遅延ライブ配信に必要な技術を調査し、これらの技術に対応したテレビ受信機による実験を行って、低遅延性能の実態等を調査した。
- ・ デバイス連携技術を用いたユースケースの実現に必要な技術や動向を調査し、実験システムを構築してデバイス連携モデルを確認した。
- ・ 放送局共通アプリケーションの基盤技術として、放送拡張API等をアップデートしやすいブラウザモデルやコンテンツ保護技術を検討し、実験によって実現性の確認と技術要件を調査した。

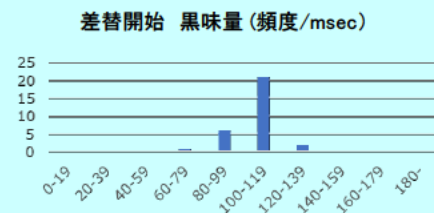
成果1 ライブ配信におけるリアルタイムでのコンテンツ挿入・差替えを実現する仕組み

- ・ 「符号化方式が異なるコンテンツ差替」及び「放送とネット動画で標準的な動画間の差替」の実現方式を検討し、実験システムにより有効性や各動画パラメータ下での連続性を調査した(右図・表)。結果に基づいて、受信機の対応方式に応じたプロファイルを設け、満たすべき性能指標をまとめた。
- ・ 差替動画に必要なクラウド基盤のセキュリティ技術について、データ放送・ハイブリッドキャスト・高度衛星放送の方式、受信機対応状況の実験を行い、地上放送高度化に適した効率的で柔軟なセキュリティ方式の検討を行った。

符号化方式の異なる差替方式 ①



符号化方式の異なる差替方式 ②



差替開始位置ゆらぎ

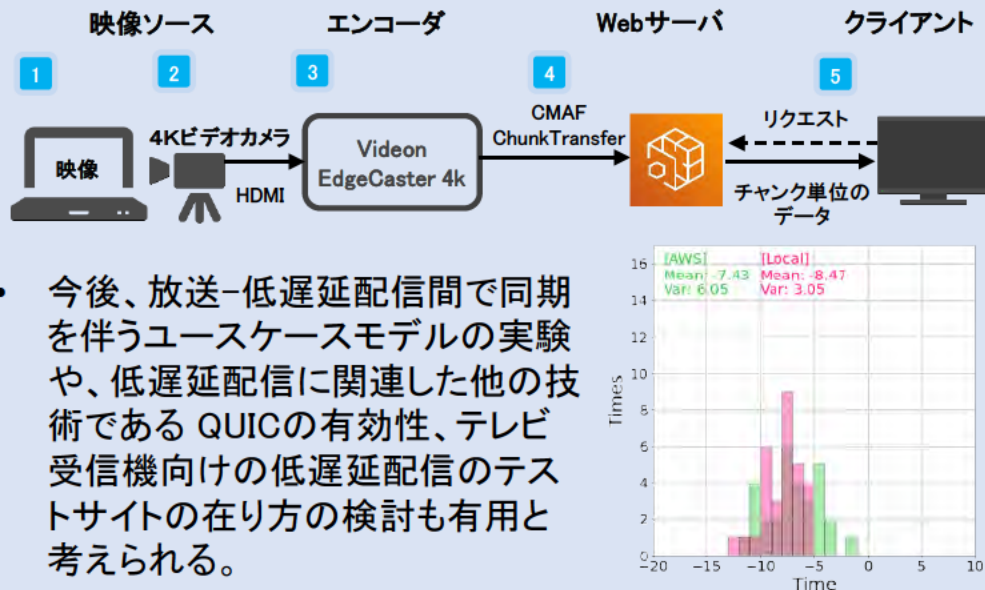
ビットレート	5Mbps	10Mbps	20Mbps
最小 (msec)	0.07	0.04	0.15
最大 (msec)	3.99	4.64	11.65
平均 (msec)	1.71	2.36	1.93
標準偏差	1.07	1.07	1.07

差替開始位置ゆらぎ

ビットレート	5Mbps	10Mbps	20Mbps
最小 (msec)	0.01	-0.73	-0.47
最大 (msec)	2.84	9.57	2.97
平均 (msec)	1.18	1.67	1.27
標準偏差	1.07	1.07	1.07

成果2 ライブ配信における低遅延配信技術

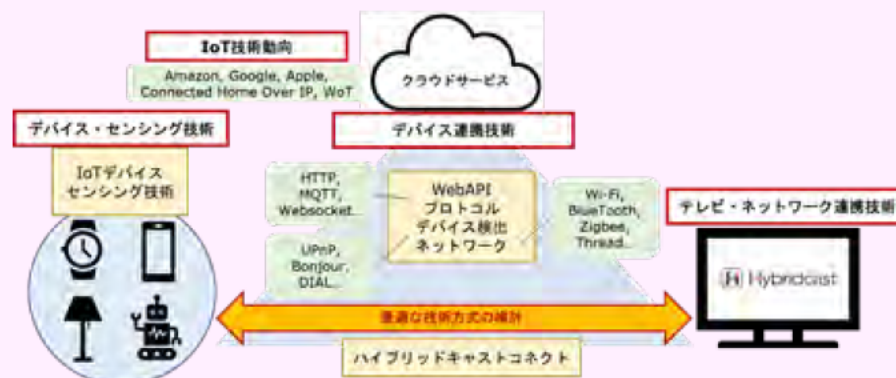
- 昨年度模擬環境により実証した CMAF (ISO/IEC 23000-19:2018) によるチャンクエンコード、チャンク転送、FetchAPI 等の低遅延配信技術の有効性について、これらに対応した実機のテレビ受信機を用いた実験システム(右上図)で検証し、低遅延配信の有効性を示すセグメント長以下での遅延が実現できることを確認した。
- 低遅延配信における Media Timed Event の処理揺らぎの実態を明らかにした。(右図:テレビのヒストグラム例。横軸が目標とのずれ (msec))



- 今後、放送-低遅延配信間で同期を伴うユースケースモデルの実験や、低遅延配信に関連した他の技術である QUICの有効性、テレビ受信機向けの低遅延配信のテストサイトの在り方の検討も有用と考えられる。

成果3 デバイス連携技術

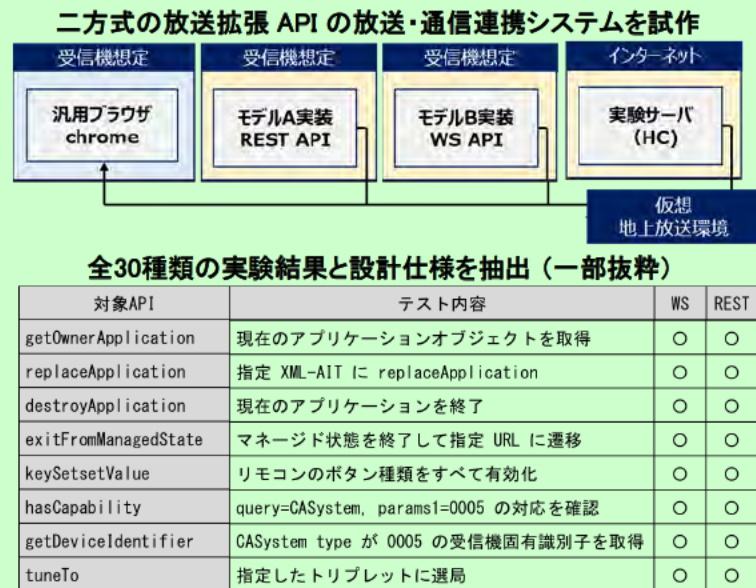
- IoTデバイスとハイブリッドキャスト受信機を連携させたサービスユースケースを検討し、それらの実現に活用できる種々の技術を調査して、その実現性を検討した。
- このうちウェアラブルデバイスとテレビ間の連携サービスについては、実験システムを構築。連携サービスが実現可能であることを検証し、デバイス連携モデル例としてまとめた。持続可能なサービスの実現に向けて、最新のデバイス状況を反映したデバイス連携モデル調査のさらなる充実や課題、ビジネスエコシステムの観点の調査等も考えられる。



- きめ細かな視聴者サービスのため、個人・番組の識別、スマホとテレビ間の認証方式、放送局間を横断してアプリが動作する仕組みを調査し、実現可能性があることを確認した。

成果4 放送局共通アプリケーションの基盤技術

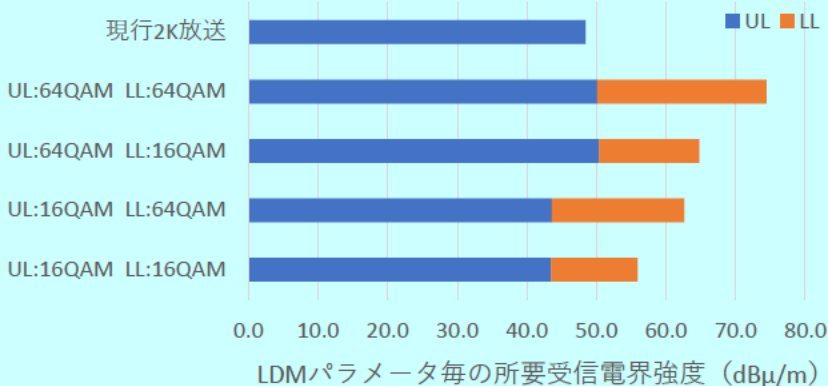
- 標準APIと放送拡張APIを疎結合にし、機能アップデートしやすい放送・通信連携方式を検討。WebSocket と REST の二方式を候補に、新たな放送・通信連携システムを設計・試作(右図)した。実験により、必要な仕様を抽出して、実現性を確認すると共に(右表)、同期型 API を REST、非同期型 API を WebSocket で設計するとアプリ開発しやすいとの考察を得た。放送非依存マネージドアプリ技術と共に、DVB-iのような伝送路に依存しない放送システムにおける仕組みの調査も有用と考えられる。
- 基盤技術として、コンテンツ保護技術と既存受信機の対応状況の調査実験を行った。その結果、W3C Cryptography API やマルチDRMにおける新たな鍵共有方式の必要性などが判明した。



「課題」LDM方式に関する調査検討を行う。

- ・実フィールドにおいてLDM試験電波のデータを取得し、方式の妥当性・実現性を評価した。
- ・実用化に向けたSFN構築に対する検討を行った。
- ・準同期方式の実現可能性についての検討を行った。

成果1：福岡電測にてLDM電波伝搬特性を確認



成果3：LDM、現行2K放送 (ISDB-T) のSFN時の所要C/N劣化を評価

条件	主波パラメータ			主波所要C/N(dB)		
	主波	遅延波	LL	A階層	B階層	LL
1	ISDB-T			5.8	12	
2	LDM			6.4	14	26
3	LDM	LDM		8.2	15.6	27.2
4	LDM	ISDB-T		8.6	17	*
5	ISDB-T	ISDB-T		7.6	13.4	
6	ISDB-T	LDM		8	14.8	
7	ISDB-T	ISDB-T		7.2	20.4	

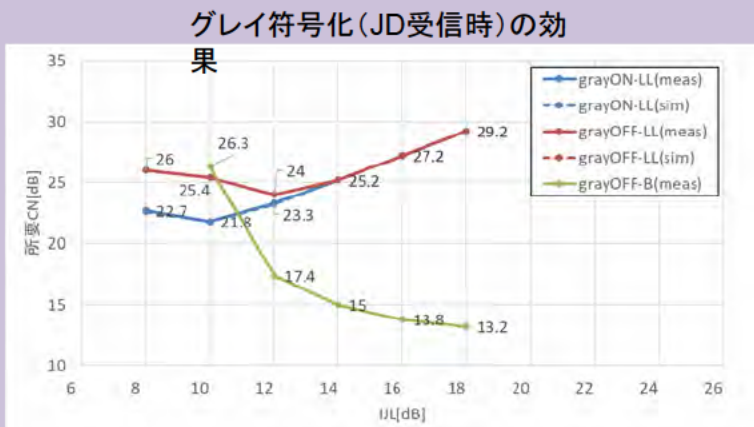
注)遅延波条件:主波に対して+113.45us遅延、-3dB

注)*主波と遅延波とのD/Uが26dB以上で受信可

成果4：準同期方式の実現可能性についての検討

- ・マルチパス環境下におけるパス位置(MUSIC法)、振幅(LS法)による伝送路推定法を評価

成果2：一括復調方式(JD)におけるグレイ符号化、逐次干渉除去方式(SIC)によるLL受信特性改善効果を東京電測にて確認



- 黒: 現行2K放送
- 青: 法定電界
- 赤: LDM-4K放送*1
- 緑: LDM-4K放送*2

- *1 UL:16QAM(2/3) LL:16QAM(12/16) IL:12dB
- *2 UL:64QAM(1/2) LL:16QAM(12/16) IL:16dB

東京実験試験局コンタ図

「課題」 セグメント分割3階層SISO伝送方式の実フィールドでの検証、実用化に向けた分析を行う。

- ・送信電力1Kwでフィールド実験を実施し4K信号受信可否を確認し、2Kと同等のエリアをカバーできることを確認した。
- ・実サービスに向けた最適な変調モードと符号化率の検討した。

成果1 大阪実験試験局 送信電力1kWにおける2K4Kのエリア全24地点でのQEF受信を確認

- 4K: (1×E10bitカウントでBER<1×E-7の場合にQEF受信可とする)
 - ・1024QAM NUC 12/16:22地点(A7,F3以外)で受信可 最大80Km地点で受信可
 - ・1024QAM 11/16:全地点で受信可 最大85Km地点で受信可
 - ・256QAM 11/16~13/16 NUC:全地点で受信可
 - ・256QAM 14/16:23地点(F3以外)で受信可
 - ・4096QAM 10/16 NUC:22地点(A7,F3以外)で受信可
- 2K:全地点で受信可

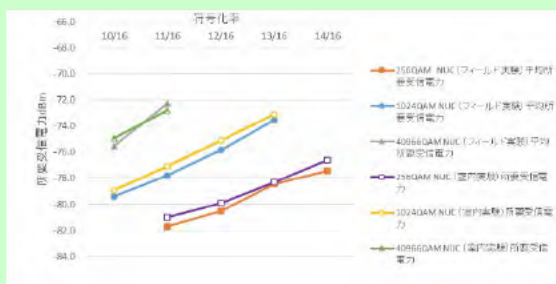
平坦地点 エリアフリンジ地点 ビル谷地点



- ・A7(最遠方 淡路島 51dBμV/mの外地点)
- ・F3(JR大阪駅付近 高層ビル谷間 反射波受信)

成果2 フィールドにおける基本的な伝送受信特性(周波数特性、所要受信電力、BER、MER、コンスタレーション)データを取得し室内実験との比較を行い妥当性を確認
実用に向け安定的伝送と伝送容量を考慮した最適な変調モードと符号化率を検討

変調モード	平均所要受信電力[dBm]	MER [dB]
1024QAM NUC 12/16	-75.8 [-75.1]	23.7 [23.2]
256QAM NUC 12/16	-80.5 [-79.9]	19.0 [18.4]



4K変調モード	符号化率	所要 C/N[dB]	伝送容量 [Mbps]
256QAM NUC	13/16	22.6	8.77
256QAM NUC	14/16	24.2	9.44
1024QAM NUC	11/16	23.9	9.27
1024QAM NUC	12/16	25.9	10.12

4K 所要受信電力、MER []室内実験値

4K符号化率ごとの所要受信電力と室内実験との比較

4K変調モードと符号化率の実用候補

「課題」セグメント分割3階層MIMO伝送方式の実フィールドでの検証、実用化に向けた分析を行う。

- ・送信電力1Kwでフィールド実験を実施し4K信号受信可否を確認し、2Kとほぼ同等のエリアを確認した。
- ・4K復調器システムを改修整備しフィールドでの伝送受信特性データを取得。所要受信電力について改善された。

成果1 大阪実験試験局 送信電力1kWにおける2K4Kのエリア21地点でのQEF受信を確認

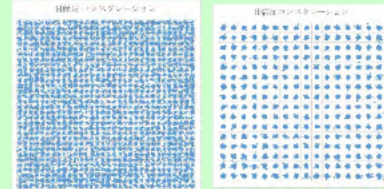
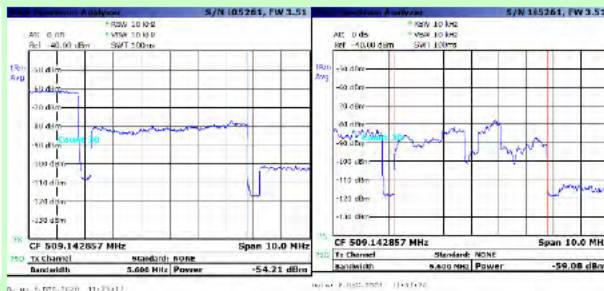
- 4K: (1×E10bitカウントでBER<1×E-7の場合にQEF受信可とする)
 - ・1024QAM UC 89/120: 19地点 (A7,B6,F1,F10以外) で受信可
最大80Km地点で受信可 F1は61/120で受信可
 - ・256QAM 81/120 UC: 20地点 (A7,B6,F10以外) で受信可
最大80Km地点で受信可 F10は81/120で受信可
- 2K: 全地点で受信可
 - ・A7(最遠方 淡路島 51dBμV/mの外地点)
 - ・F6,F1,F10 (エリアフリンジ)

F3除く23地点で測定 平坦地点 エリアフリンジ地点
ビル谷地点



成果2 フィールドにおける基本的な伝送受信特性(周波数特性、所要受信電力、BER、MER、コンスタレーション)データを取得し室内実験との比較を行い妥当性を確認 所要受信電力は改修前と比較し大幅に改善された。1024QAM UC 81/120でH -70.8dBm V -76.0dBm

変調モード	平均所要受信電力[dBm]	MER [dB]	所要C/N [dB]
1024QAM UC 81/120	-70.8 [-72.1]	30.0 [29.8]	[28.9]
256QAM UC 81/120	-76.5 [-77.1]	24.2 [23.7]	[23.9]



1024QAM UC 256QAM UC
コンスタレーション

4K 所要受信電力、MER、所要C/N (H偏波) [] 室内実験値

受信入力周波数特性 左:H偏波 右:V偏波

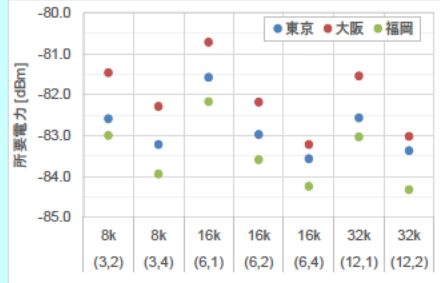
「課題」 実フィールドによる検証(実用化に向けた調査・分析結果の妥当性・実現性等)を行う。

- ・東京、大阪、福岡の実験試験局を用いて、実フィールドで固定受信特性、移動受信特性を検証した。
- ・シミュレーション・室内実験結果と実フィールドの測定結果を比較し、妥当性・実現性を検討した。

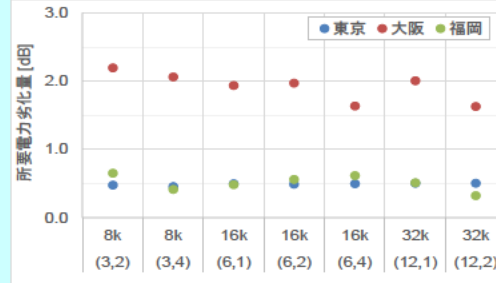
成果1 ・ フィールドでの固定受信実験により、各種受信環境における伝送特性を評価
 ・ FFTサイズ・SP配置による伝送特性を評価し、シミュレーション、室内実験で調査結果の妥当性を確認



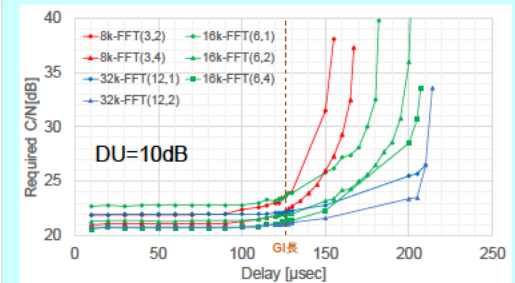
東京エリアの測定点



各エリア測定点における
所要受信電力の比較(中央値)



各エリア測定点における
所要受信電力劣化量の比較(中央値)

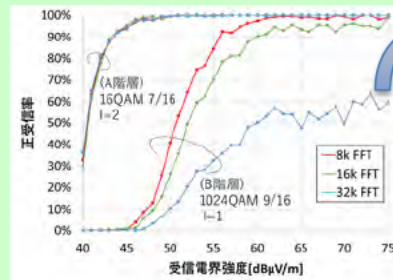


室内実験におけるFFTサイズ・SP配置
の伝送特性差の評価結果

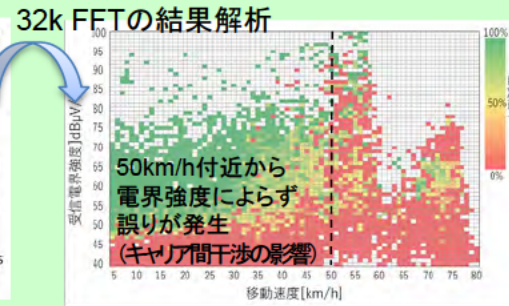
成果2 ・ フィールドでの移動受信実験により、FFTサイズの違いによる受信特性、時間インターリーブ長の違いによる受信特性を評価して、シミュレーション、室内実験との比較結果から、調査・分析の妥当性を確認



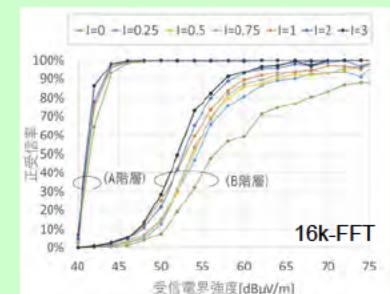
移動受信実験システム



FFTサイズの違いによる特性比較結果
(正受信率の比較)



32k FFT B階層受信の結果解析
(移動速度と電界強度毎の受信率)



時間インターリーブ長の違いによる
特性比較結果
(正受信率の比較)

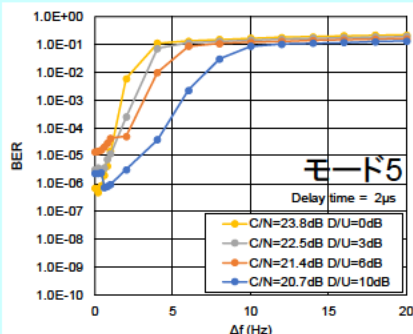
「課題」 放送ネットワーク構築等に係る調査・分析(SFN環境)を行う。

- ・名古屋地区のSFN野外実験環境において、固定受信特性、移動受信特性を評価した。
- ・シミュレーション・室内実験結果と実フィールドの測定結果を比較し、妥当性・実現性を検討した。

成果1 ・周波数ずれのシミュレーション、室内実験を行い、高度化方式の周波数許容偏差を検討
 ・東山実験試験局・鍋田実験試験局を用いたSFN野外実験により、現行地デジと同じ周波数許容偏差（1 Hz）で高次モードのSFNが成立することを確認

変調パラメータ

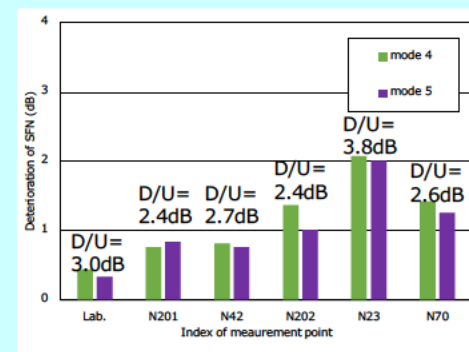
モード	3,4,5
GI長	126 μ s
変調	1024QAM
符号化率	9/16
時間IL	I=1
SP比率	8.3%



周波数ずれに対するBER特性のシミュレーション結果



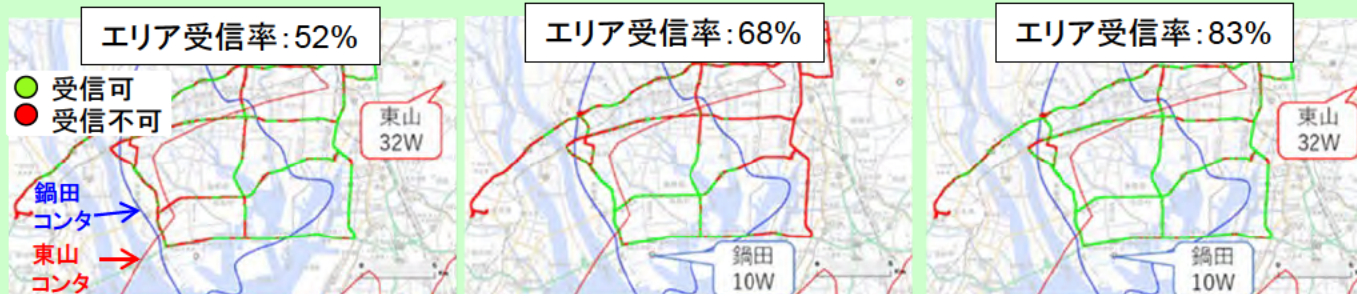
実験試験局、測定点の位置



SFNによる単局からの劣化量 (モード4,5の比較)

成果2 ・単局のみの電波発射時とSFN発射時で、固定受信階層の移動受信が可能となるエリア受信率を比較
 2局のコンタが重なるSFNエリア内でのエリア受信率は、SFNにより15%増加することを確認

- ・モード:4
- ・受信アンテナ本数:4
- ※その他のパラメータは上記の表と同じ



東山単局発射

鍋田単局発射

SFN発射

「課題」 実フィールドの受信特性を確認し、妥当性・実現性を検証する。

・固定受信実験を実施し、SISO・MIMO受信の周波数特性、遅延プロファイル、コンスタレーションを取得し、室内実験で所要受信電力や時間インターリーブ長の効果を評価した。

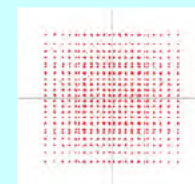
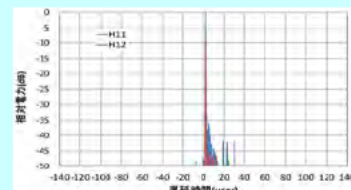
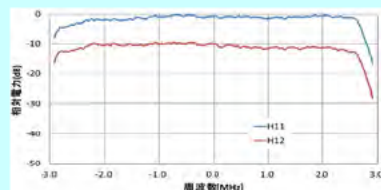
成果1 固定受信実験により、最小所要受信電力のSISOとMIMOの差が約2dB以下、実フィールドから抽出したチャンネルプロファイルの室内実験から時間インターリーブの深さにより効果を評価した



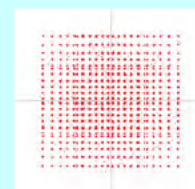
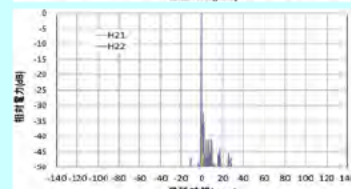
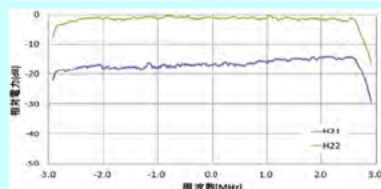
固定受信実験の測定地点

測定地点③のMIMOの測定例

水平偏波



垂直偏波



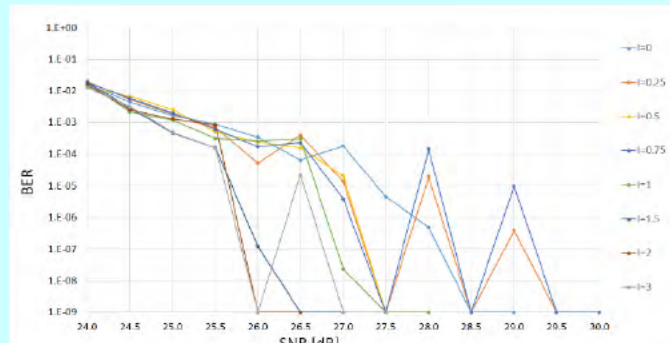
周波数特性

遅延プロファイル

コンスタレーション



時間インターリーブ長に対する所要受信電力 (測定地点③ : SISO(水平偏波)・MIMO)



実フィールドから抽出したチャンネルプロファイルを用いた室内実験の時間インターリーブ長に対するBER

「課題」 地上放送高度化方式・LDM方式・セグメント分割3階層SISO/MIMO方式)の同一条件下での固定受信特性・移動受信特性の比較する。

- 地上放送高度化方式・LDM方式・セグメント分割3階層SISO/MIMO方式)について同一の条件下でのシミュレーションによる固定受信特性および移動受信特性の評価・比較を行うための環境の構築を行った。シミュレータでは各方式に対して同一の伝送路モデル、伝送路・雑音推定アルゴリズム、誤り訂正アルゴリズムを用いた評価が可能である。構築したシミュレータを用いて、実機からの受信信号を正しく復調できることを確認した。現在シミュレータによって各種の伝送路に対する特性の評価を実施中である。

成果1

各方式のシミュレーション評価を行うための環境の構築を行い、実機による信号との整合性の検証を行った。以下の図1の例はセグメント分割3階層SISO信号、図2はLDM信号の受信処理の例であり、各階層のデータが正しく復調可能なことを確認した。

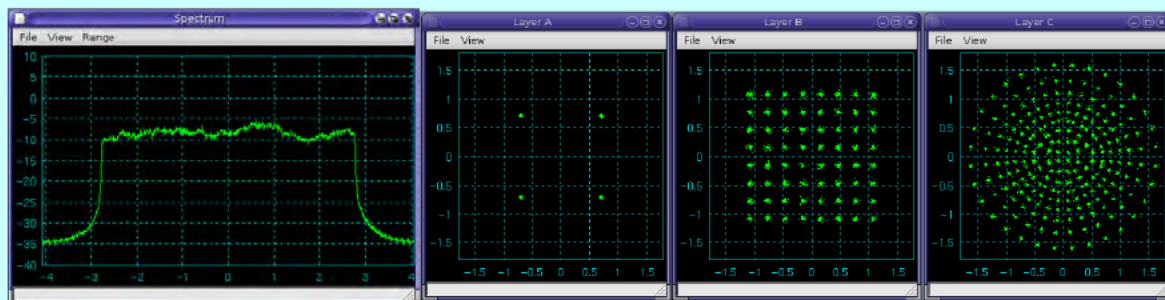


図1 セグメント分割3階層SISO方式の処理例

A階層: 1seg, QPSK, 2/3, I=4
 B階層: 8segs, 64QAM, 3/4, I=2
 C階層: 4segs, NUC-256QAM, 12/16, I=2



図2 LDM方式の処理例

A階層: 1seg, QPSK, 2/3, I=4
 B階層: 12segs, 16QAM, 2/3, I=2
 下位階層: 13segs, 64QAM, 12/16
 インジェクションレベル15dB

「課題」 地デジの緊急情報やLアラートなど他システムで使用している情報伝達形式を調査検討する。

- ・ Lアラートの運用状況、課題等について調査を行った。
- ・ 地デジのACを用いた緊急情報の伝送機能を、高度化方式に導入する場合の調査検討を行った。

成果1 Lアラートの運用状況と課題

Lアラートの運用状況

情報発信者は、全47都道府県をはじめとする501の地方公共団体、通信事業者、ガス事業者、交通事業者である。情報発信内容としては、避難勧告・避難指示情報、避難所情報、災害対策本部設置状況に関する情報、被害情報、お知らせやイベント情報などである。情報伝達者は、放送事業者（広域・県域・エリア放送局、CATV、AM・FM・短波・コミュニティFM・有線ラジオ等）が663団体、新聞社や通信社が61団体、ポータルサイト／アプリやサイネージで伝達している団体が30団体（2020年11月現在）となっている。地上テレビジョン放送での情報伝達手段は、多くがデータ放送、L字放送、画面スーパー、ホームページとなっている。また、CATVではこれらの情報伝達手段に加え、独自のコミュニティチャンネルでの情報展開が行われている。

Lアラートの課題

Lアラートは、情報伝達に係る手間やコストの削減が期待できる一方、発信した情報はユーザーにそのまま届くシステムである。発信元の入力方法は様々であり、発信者のスキルアップが求められるシステムであるといえる。また、避難情報などの緊急の情報が発令されてから実際に発信される時刻の差（＝発信情報の入力遅延）は短いほど良いが、平成28年度に全国で発令された避難情報（1188件）のうち約半数が発令から発信までに20分以上を要している。確実性だけでなく、1分1秒でも早く地域住民に情報伝達されることも課題である。

成果2 高度化方式の低遅延伝送機能

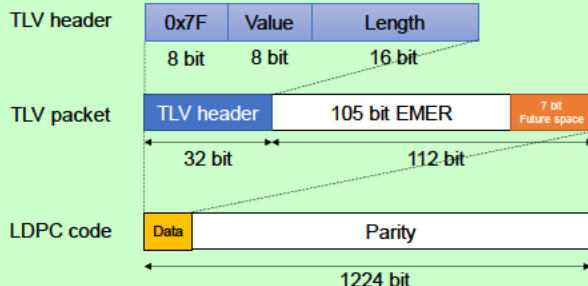
ISDB-Tでは、部分受信帯域（ワンセグ）帯域内のAC（Auxiliary Channel）サブキャリアを用いた緊急地震速報の伝送方式を規定している。高度化方式でも同様に、特定のサブキャリアを用いた低遅延伝送機能（LLch）を検討した。部分受信帯域内、非部分受信帯域内それぞれのLLchサブキャリアを用いた伝送機能をL0ch、L1chとして区別し、緊急地震速報はL0chで伝送する。

・ L0chの信号構造、誤り訂正符号

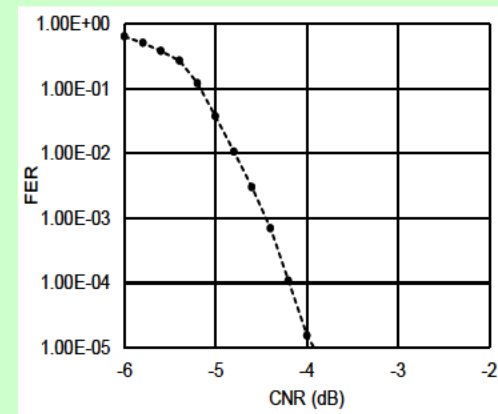
ISDB-Tと同じ105ビットの緊急情報をTLVパケットに格納し、LDPC符号を新たに設計した。

・ 計算機シミュレーションによる特性評価

AWGN環境下でC/N<0 dBで受信可能であり、高い耐性を有することを確認した。



L0chのFECフレーム構造



AWGN環境でのシミュレーション結果

「課題」 放送高度化方式におけるチャンネルボンディングに関する調査検討を行う。

・地上放送高度化方式におけるチャンネルボンディングについて、要求条件の整理及び具体的な方策検討を行った。

成果1 要求条件の整理

- (1) チャンネルボンディングの概要: 高度化方式のChannel Bonding (CB)機能に対して具体的な方策を検討した。M個の物理チャンネル(ch)を束ねて1つの伝送路として扱い、伝送容量を拡大する。なお、本検討ではCBに用いる物理ch数Mは2とした。
- (2) CBのユースケース: 単一の事業者がM個の物理chを使用して、複数番組伝送や大容量伝送サービスを行う場合などである。空きchを確保することで、受信設備の追加改修がなくともM倍の伝送容量を確保でき、例えばFull-8K(120p)コンテンツを地上波で放送する場合などが考えられる。
- (3) CBの要求条件: ユースケースを実現するための要求条件は以下の通りである。
 - ・放送開始当初からCB伝送である場合、放送開始後しばらくしてから帯域が追加される場合の2通りの運用について対応させる必要がある。いずれも、受信設備の追加改修など視聴者に負担を強いることは極力回避する。

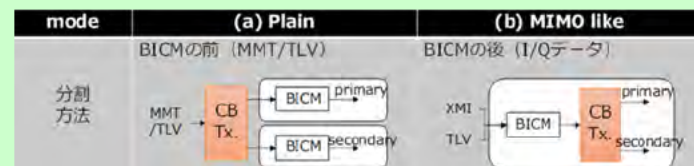
また、制約としては、

- ・固定受信向けサービスを対象とする。狭帯域受信機の回路規模等の観点から、移動受信向けサービスは、従来通り1ch内の部分受信帯域を用いる。
- ・ペアとなる物理ch(周波数)など、CBの情報を受信機に伝達する手段が必要。

TMCCの伝送容量には限りがあるため、本検討ではTMCCへの記述はCB実施の有無に限定し、詳細な制御信号はTLV-SI(Signaling Information)に記述して放送本線での伝送もしくはL1chに多重して伝送する仕組みを検討した。

成果2 具体的な方策検討

CBで2つの物理チャンネルに分割するモード(CB mode)は、(a) Plain (b) MIMO like の2つとする。構成の概念、比較を右図に示す。なお、CBの物理chのうち片方をプライマリch、もう片方をセカンダリchと定義する。



- ・設備面: 2つのモードは、(a)はトランスポート層(BICMの前)での分割、(b)は物理層(BICMの後)での分割を想定した。(a)は従来通りの送信設備を追加すれば良く、設備整備の観点からメリットがある。(b)は高度化方式のMIMO伝送機能を流用できる。
- ・伝送特性: 2つの物理chが常に同じレベルで受信されるとは限らない。C/Nの異なる伝送路による伝送特性は、C/Nが低い方の伝送路による影響が大きくなる。そこで、(b)は誤り訂正符号化の後に物理chを分割する。受信機側では、1LDPC符号中にC/Nの伝送路由来のデータが混合されるため、誤り訂正による改善効果(周波数ダイバーシチ)が期待できる。そのほか、階層伝送への対応や制御信号についても検討を行った。

「課題」欧州を中心とする通信技術を活用した超高精細度映像放送に係る伝送方式等の技術動向調査を行う。

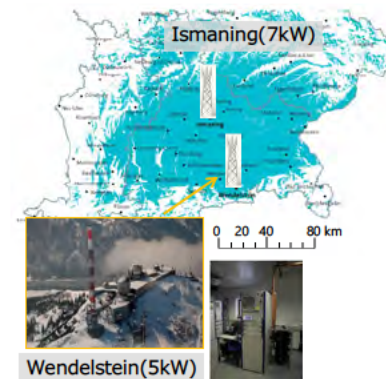
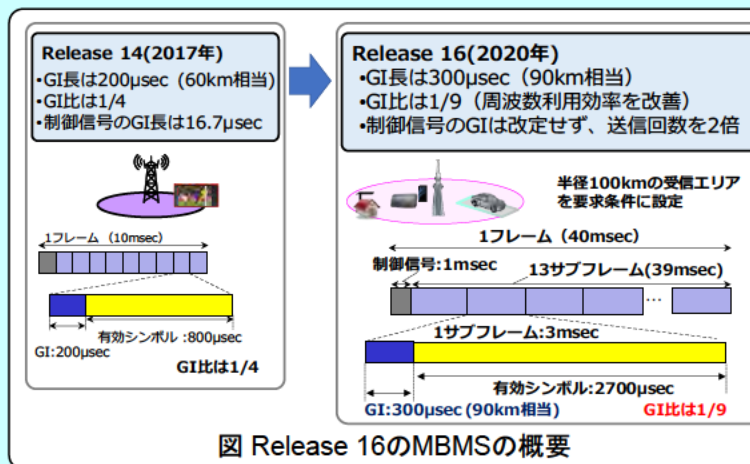
- ・MBMSに関する3GPPの規格化動向、欧州におけるフィールド実験について調査した。
- ・MBMSによる超高精細度映像放送を日本で導入する際の課題と解決策について調査した。

成果1 MBMSに関する標準化動向、実験動向を把握した。

3GPP(Third Generation Partnership Project)においてマルチキャスト・ブロードキャスト規格 MBMS(Multimedia Broadcast and Multicast Service)が規格化されている。3GPP Release 14(2017年)のLTE方式MBMSはFeMBMS(Further evolved MBMS)と呼ばれ、GI(Guard Interval)長を200 μ sec(60km相当)に設定できるなど、放送用途への活用を想定した仕様となっている。その後規格化されたRelease 16(2020年)のMBMSは5G Broadcastと呼ばれ、GI長を300 μ sec(90kmに相当)に設定できるほか、GI比の改定により周波数利用効率の改善を図るなど、機能拡張が図られている。

現在規格化作業が進むRelease 17(2022年発行予定)では、伝送方式に5G用信号構造のNR(New Radio)方式を用いるMBMSの検討が開始されたが、放送をユースケースに設定しておらず、放送のための仕様検討は行われていない。次期のRelease 18のスケジュール、審議項目も未定であることから、LPDC符号により周波数利用効率が改善される見込みのNR方式MBMSは、放送向け仕様の規格化時期が未定の状況である。

欧州においては、放送事業者によるMBMSの放送活用の検討が盛んでおり、FeMBMSによるフィールド実験が各地で実施されている。いずれも、技術実証にとどまっており、今後の導入計画を公表している事業者はない状況である。



成果2 MBMSによる放送を日本で導入する際の課題と解決策について整理した。

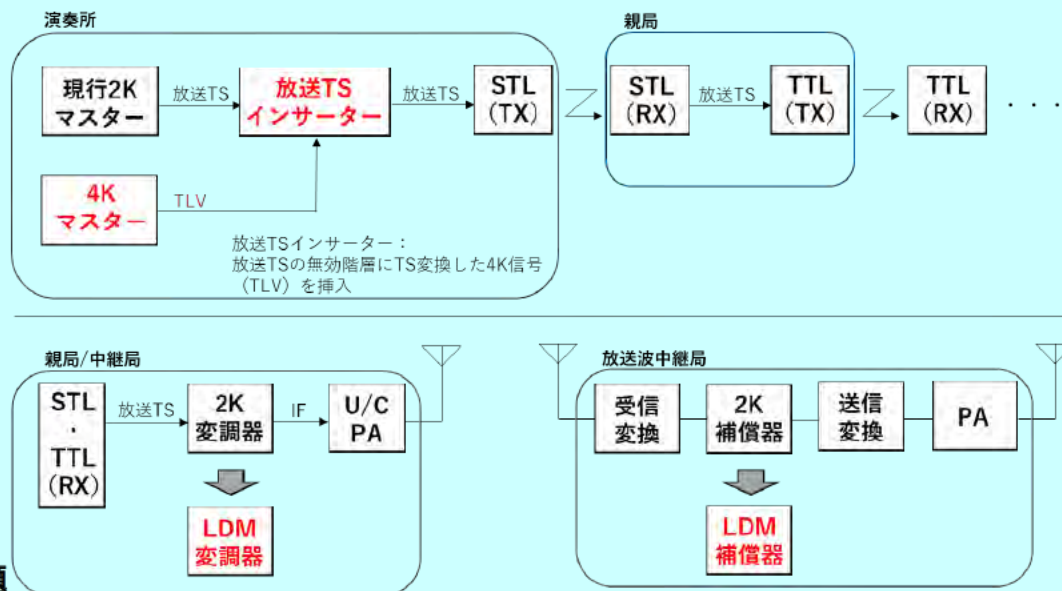
MBMSによる放送を日本で導入する際に、(1)チャンネル帯域幅・周波数帯、(2)周波数利用効率、(3)インターリーブ／制御信号に課題があることを確認した。(1)については、6MHz帯域幅に対応する信号形式が開発され、3GPPで規格化されるとともに、MBMSを適用する周波数帯に日本の地上放送周波数帯を規定する必要がある。(2)については、NR(New Radio)方式のMBMSでも、周波数利用効率が高度化方式よりも低くなる可能性があり、ガードバンド比、ガードインターバル比、キャリア変調(コンスタレーション)、LDPC符号長の仕様に起因することが考えられるため、これらを改良した信号形式の開発と3GPPでの規格化が必要となる。(3)のインターリーブ処理がないこと、制御信号のGI比がデータ信号よりも短いことについては、日本の放送ネットワーク構築において課題となる可能性があり、導入の際にはより詳細な検討を行ったうえで、3GPPで適切な仕様に改定する必要がある状況である。

「課題」LDM方式に関する調査検討を行う。

- ・LDM方式に適したSTL/TTL伝送方式を検討した。
- ・SFNの実現可能性についてを検討した。

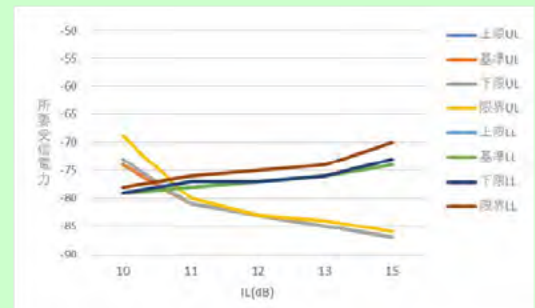
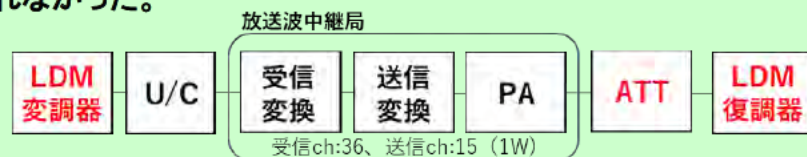
成果1：中継回線(TS-STL/TTL)の検討

- ・現行2K放送の中継回線として使用する“放送TS”の無効階層にLDM用4K信号を重畳する
- ・現行2K放送用OFDM変調器は、無効階層の信号を破棄することから、段階的な機材の入れ替えが可能
- ・LDM変調器などの整備完了後、TMCCなどの遠隔操作機能により、一夜でLDM変調器のモード切替も可能
- ・現行の放送波中継局用補償器はLDM信号をカットするため、LDM専用補償器へ入替が必要
- ・LDMネットワークは、既存の放送ネットワークを流用するため、現行2K放送の遅延時間調整などでSFN対応が可能と思われる。
- ・既存送信機メーカーに、動作確認は必要だが特に問題ないことを確認



成果2：既存の放送波中継機材を用いた室内LDM(簡易)伝送実験

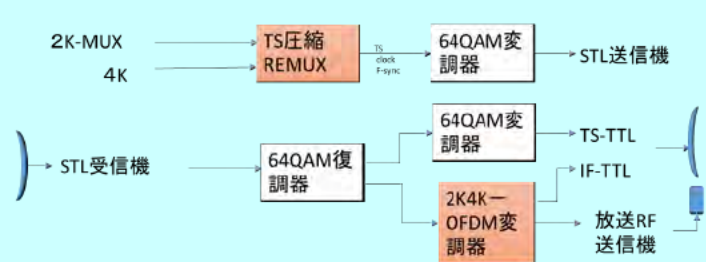
- ・放送波中継装置の各入力レベルに応じたLDM信号を入力し、装置出力をLDM復調器に接続し所要受信電力の測定を行った結果、基準、上下限レベルにて、大きな劣化は認められなかった。



「課題」高度化放送導入方式に対応したSTL/TTL 伝送方式 実運用時における課題及び解決策を検討する。

- ・セグメント分割(SISO/MIMO)方式の各方式に最適なSTL/TTL伝送の技術手法を検討した。
- ・セグメント分割方式を中継ネットワークに段階的導入する手法の検討した。

成果1 SISO方式導入時 現行STL/TTL 送受信装置を用いる技術手法



- 4Kの最大Ts伝送レート 13Mbps
- 現行2K放送用MUX 最大Tsレート32.5Mbps 実効レート20Mbps
- ヌルパケット領域に4K-TS/IPを多重

MIMO方式導入時 2K4K-TS/IP対応 STL/TTL送受信装置の仕様検討

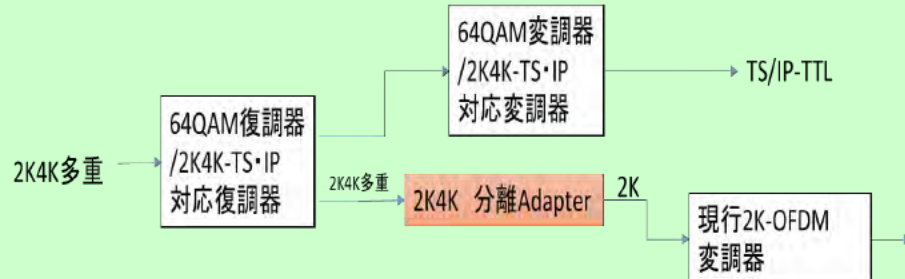
項目	規格	項目	規格案	備考
周波数	B/C/D/E/F/G/N/N バンド	FFTポイント数	8192(BK)	
偏波面	片偏波(SSO)	伝送帯域幅	8.41MHz以下	
最大送信電力	2W	キャリア間隔	2.56kHz	
主信号	TS×2・IP×1	キャリア数	3265	
最大伝送レート	770Mbps(4096QAM 5/6)	データ	3162	
		パイロット	106/107	CP/SPの場合のキャリア数
		TMCC	32	
		AC	68/67	CP/SPの場合のキャリア数
		Null	1	
		キャリア変調	64QAM 256QAM 1024QAM 4096QAM	UC NUCをマッピング
		FFTサンプリングクロック	20.450743	
		シンボル数/フレーム	440	
		誤り訂正内符号	LDPC (R=1/2, 2/3, 3/4, 5/6)	
		誤り訂正内外符号	BCH	

現行周波数バンド
片偏波対応
TS:2入力 IP:1入力

STD-B71をベースに作成

成果2 放送波中継の過渡期に必要な2K4K分離アダプターの検討と中継ネットワーク導入手法の整理

OFDM変調器前段に2K4K分離アダプター挿入
現行放送を継続可能(過渡期)



TS-TTLへ2K4K多重、親局から中継局へ順次4K放送実施



「課題」要件を整理し基本仕様の検討を行う。各種パラメータの妥当性を室内実験で確認する。

- ・高度化STL/TTL伝送方式に関する要件を整理し、基本仕様を検討した。
- ・高度化STL/TTLの基本仕様に基づく実験装置を試作して機能・性能の確認を行った。

成果1 要件整理と基本仕様の検討

3つの項目の主要な要件案を整理した。また、この要件に基づく基本仕様を検討した。

放送方式に関する項目

要件案	<ul style="list-style-type: none"> ・地上放送高度化方式で伝送する情報量を伝送できること ・現行STL/TTLと同等以上の伝送効率を確保すること ・SFNに対応できる同期機能を備えていること
-----	---

回線設計・ネットワーク設計に関する項目

要件案	<ul style="list-style-type: none"> ・現行地デジと同様に多段中継のネットワークを構築できること ・SFNが構築できること ・現行STL/TTLと同じ周波数帯を使用できること ・現行STL/TTLと同等以上の与干渉・被干渉特性、稼働率を確保できること ・現行STL/TTLの遅延時間と同程度とすること
-----	---

設備整備・運用に関する項目

要件案	<ul style="list-style-type: none"> ・送信所への制御情報や補助信号を伝送できること ・冗長系とのシームレスな切替ができること
-----	---

項目	高度化STL/TTL 基本仕様	現行TS-STL/TTL
周波数帯	B/C/D/E/F/G/M/N	同左
占有帯域幅	8.5MHz以下	7.6MHz以下
送信電力	2W/出力端子あたり	2W
変調方式	SISO/MIMO-OFDM (32QAM~4096QAM)	シングルキャリア (64QAM)
誤り訂正	LDPC+BCH	トレリス符号化+RS
主信号	IP、放送TS	放送TS
情報レート	最大約77/154Mbps	約31Mbps

成果2 実験装置の試作と室内実験による動作確認

基本仕様に基づき高度化STL/TTL実験装置の試作を行った。

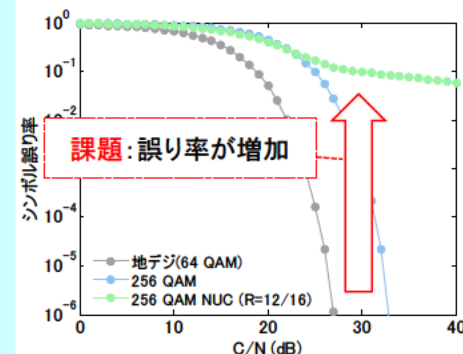
今年度末の高度化STL/TTL実験装置を用いた室内実験により、伝送機能やクロック同期機能の確認、スペクトルマスクなどの電波の質、ビット誤り率特性、固定劣化量、クロックジッタ、遅延量などの性能測定を行った。

「課題」 地上放送高度化方式に対応する放送波中継方式を検討する。

- ・ 現行の等化判定アルゴリズムを用いた場合の特性を評価し、課題を抽出した。
- ・ 新たな等化判定アルゴリズムを検討し、伝送特性を評価することで有効性を確認した。

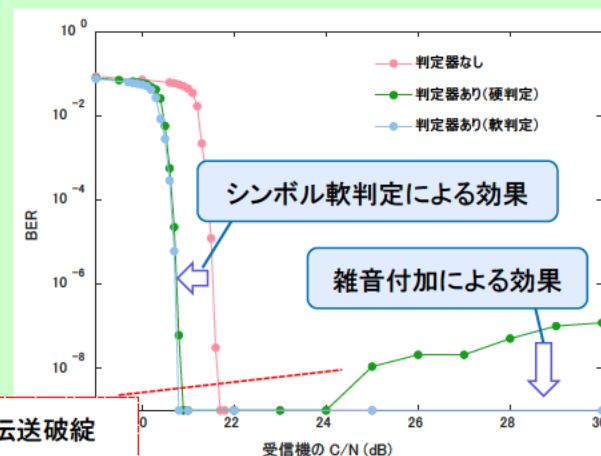
成果1 現行の等化判定アルゴリズムを用いた場合の特性を評価し、課題を抽出した

高度化方式は、ISDB-Tに比べて雑音耐性が向上しているため、キャリア変調は地上デジタル放送よりも多値のキャリア変調により運用されることが想定される。よって中継局においてシンボル硬判定を用いると、地上デジタル放送の場合よりもシンボル誤り率が増加し、誤った情報が再送信されることになるという課題がある。また、LDPC復号における尤度伝播が有効に働かず誤り訂正が効果的に機能しないことがあるという課題がある。



成果2 新たな等化判定アルゴリズムを検討し、伝送特性を評価することで有効性を確認した

地上放送高度化方式へ適用可能な等化判定アルゴリズムがシンボル軟判定と雑音推定用パイロット信号への雑音付加を組み合わせる手法である。計算機シミュレーションによって上記課題が解決され、中継局における上位局波の受信信号品質が一定程度確保されていれば劣化のない放送波中継が可能なこと、またフェージング等により受信信号品質に劣化が生じた場合にもシンボル軟判定により再送信信号の品質改善が実現できることを確認した。



課題: 高 C/N 時の伝送破綻

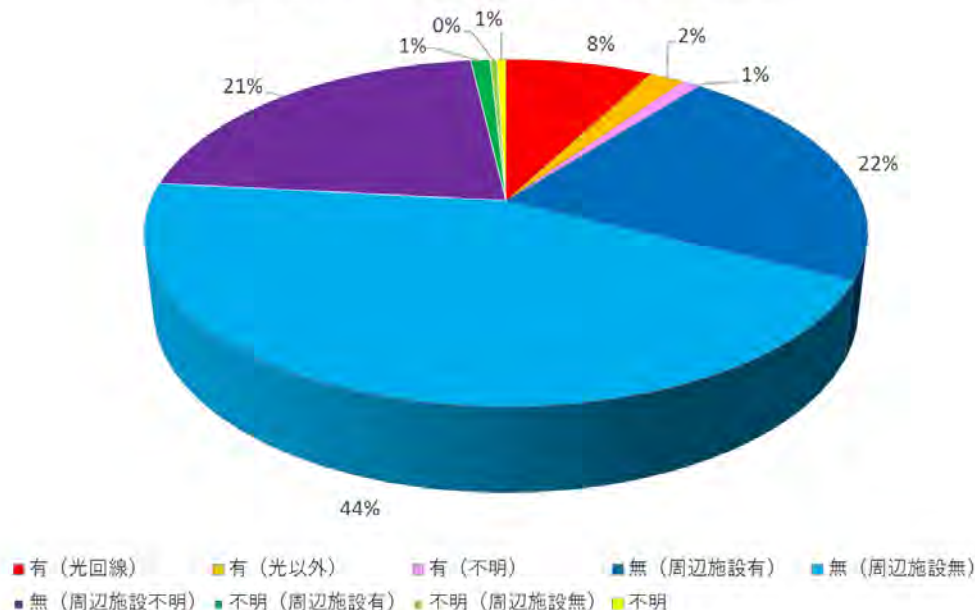
「課題」 IP 回線の回線品質等調査および地上放送高度化への適用可能性をとりまとめる。

- ・全国のすべての親局及び中継局への有線IP回線の提供状況を調査した。
- ・大規模中継局で新規に有線IP回線を使用する場合の課題とまとめた。(品質、コストなど)

成果1 現行地上デジタルテレビジョン放送の全国のすべての親局及び中継局(0.05W以下のミニサテ局を除く)への有線IP回線の敷設状況を調査した。すでに8%の送信所に光回線が敷設されており、光以外を含めると11%の送信所に有線IP回線が敷設されている。また、大規模中継局では敷設されている割合が高く、1KW以上では86%、0.1KW~1KWでは60%の送信所に光回線が敷設されている。敷設の無い送信所については、周辺に通信事業者等の施設有無についても調査した。

成果2 地上放送高度化方式への適用にあたっては、伝送帯域や安定性などの回線品質を確保する必要があるが、すでに光回線が敷設されている場合、帯域の拡張や通信事業者のノード間の信頼性の向上については、通信事業者へのヒアリングにより実現性が高いことがわかった。一方、山間部、離島などで通信事業者のサービスエリア外となる場合は、個別に調査が必要となる。

送信所への有線IP回線敷設状況

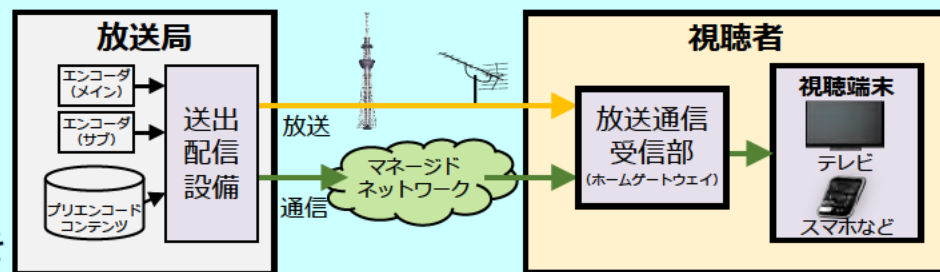


- 「課題」 ① MMTを活用した放送通信連携サービスを調査検討する。
 ② CATV回線網等を活用した通信コンテンツ伝送方式に関する調査検討を行う。

- ・放送コンテンツと通信コンテンツを一括して送出するシステムを検討し、試作装置で実証した。
- ・CATV網を用いて通信コンテンツをマルチキャストで伝送し、放送通信連携サービス例を示した。

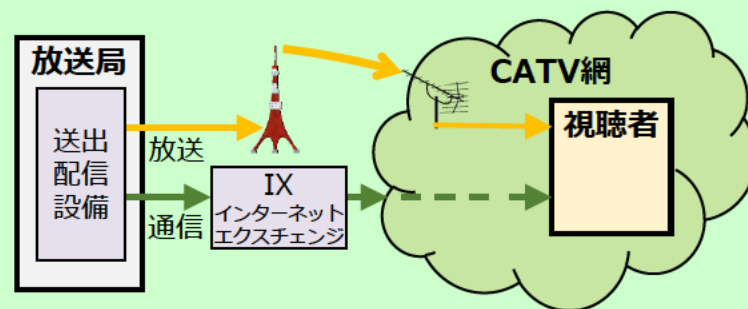
成果1: 高度な放送通信連携サービスを可能とするための送出システムと受信システムを試作し、サービスの実現性を示した

- ・ 放送コンテンツと通信コンテンツを一括して送出配信する送出システムを検討し、放送伝送路と通信伝送路を組み合わせたサービスを可能とする送出配信システムを試作した。
- ・ 放送コンテンツと通信コンテンツを一括して受信するシステムを検討し、PCによる原理検証で有用性を確認した。



成果2: CATV回線網を通信伝送路として活用し、通信コンテンツをIPマルチキャストで伝送する実証実験を行い、効率的なコンテンツ配信方法の可能性を確認した

- ・ 放送局から視聴者までの通信コンテンツの効率的な伝送方法として、マネージドネットワークであるCATV網を活用した手法を検討し、試作した送出配信システムからIPマルチキャストでIXを経由してCATVまで通信コンテンツを配信できることを確認した。
- ・ CATVにおいて、配信されてきた通信コンテンツと放送波で受信した放送コンテンツによる放送通信連携サービスの実現性を確認した。



「課題」 放送波中継等が可能な最大2段の中継設備を設置し、中継局における信号品質及び中継局エリアでの受信特性を評価する。

- ・昨年度までに整備した親局級実験試験局を活用して、新たな方式の実フィールド調査を実施した。
- ・放送波中継が可能な津、伊勢、鍋田実験試験局を新たに設置し、実フィールド調査を実施した。

成果1: 昨年度までに整備した東京、名古屋、大阪、福岡実験試験局を活用した新たな方式の実フィールド調査の実施

福岡実験試験局（開設済）

- ・大陸からの季節的な異常伝搬がある海岸に近い電波環境における大規模実験
- ・親局：福岡タワー
送信チャンネル51ch
アンテナ 水平/垂直、送信出力1kW（×2）

鍋田実験試験局（2020年度設備追加）

- ・SFN環境における実験
- ・放送波中継の実験
- ・中継局：鍋田（東山35ch、津25ch実験試験局放送波受信）
（既設）送信チャンネル35ch アンテナ水平/垂直、送信出力10W
（追加）送信チャンネル25ch アンテナ水平、送信出力10W

名古屋（東山）実験試験局（開設済）

- ・大都市圏および郊外における大規模伝送実験
- ・SFN環境における実験
- ・親局：東山
送信チャンネル35ch
アンテナ 水平/垂直、送信出力1kW（×2）

大阪実験試験局（開設済）

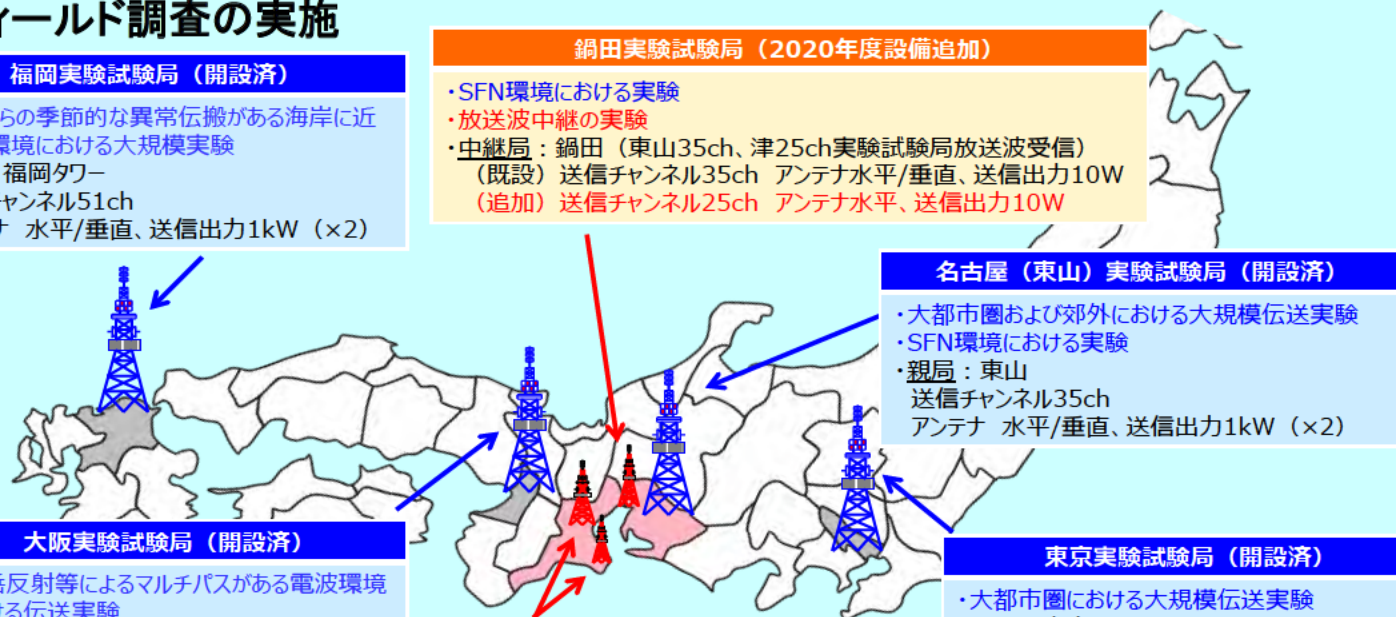
- ・山岳反射等によるマルチパスがある電波環境における伝送実験
- ・親局：生駒山中腹
送信チャンネル19ch
アンテナ 水平/垂直、送信出力1kW（×2）

津・伊勢実験試験局（2020年度開設）

- ・放送波中継の実験
- ・SFN環境における実験
- ・中継局：津（東山実験試験局放送波受信）
送信チャンネル25ch
アンテナ水平、送信出力30W
- ・中継局：伊勢（津実験試験局放送波受信）
送信チャンネル25ch、35ch
アンテナ水平、送信出力10W

東京実験試験局（開設済）

- ・大都市圏における大規模伝送実験
- ・親局：東京タワー
送信チャンネル28ch
アンテナ 水平/垂直、送信出力1kW（×2）



「課題」 放送波中継等が可能な最大2段の中継設備を設置し、中継局における信号品質及び中継局エリアでの受信特性を評価する。

- ・昨年度までに整備した親局級実験試験局を活用して、新たな方式の実フィールド調査を実施した。
- ・放送波中継が可能な津、伊勢、鍋田実験試験局を新たに設置し、実フィールド調査を実施した。

成果2: 津実験試験局を設置し、実フィールド調査を実施

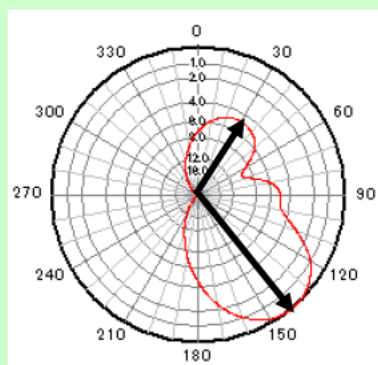
目的: 既設の東山実験試験局からの放送波中継を確立した上で、受信信号及び送信信号の品質及び東山・鍋田局との間でSFNエリア実験を行う

津 実験試験局	
送信場所	長谷山(三重県津市)
チャンネル (中心周波数)	UHF 25ch (545.143/545.21MHz)
信号帯域幅	5.7MHz/5.9MHz
偏波	水平
送信出力	30W
アンテナ方向	1段2面相当
送信海拔高	約 340 m

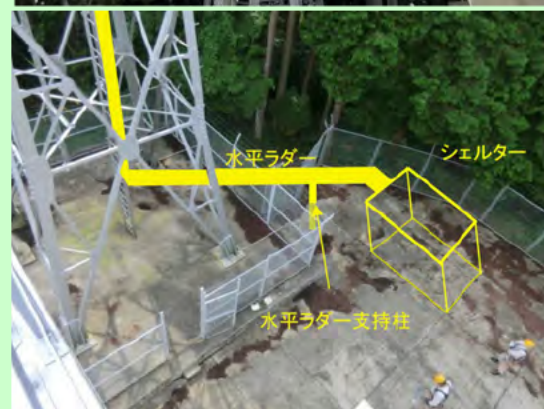
送信諸元



実験エリアの目安(電界強度60dB μ V/m)



送信指向性



建設イメージ写真(現地調査結果)

「課題」 放送波中継等が可能な最大2段の中継設備を設置し、中継局における信号品質及び中継局エリアでの受信特性を評価する。

- ・昨年度までに整備した親局級実験試験局を活用して、新たな方式の実フィールド調査を実施した。
- ・放送波中継が可能な津、伊勢、鍋田実験試験局を新たに設置し、実フィールド調査を実施した。

成果3: 伊勢実験試験局を設置し、実フィールド調査を実施

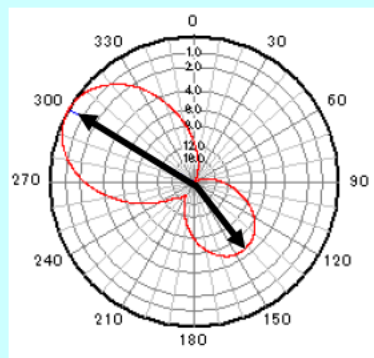
目的: 東山～津実験試験局からの2段の放送波中継を確立した上で、受信信号及び送信信号の品質及び東山および津局との間でSFNエリア実験を行う

	伊勢 実験試験局
送信場所	朝熊山(三重県伊勢市)
チャンネル (中心周波数)	UHF 25ch (545.143/545.21MHz) UHF 35ch (605.143/605.21MHz)
信号帯域幅	5.7MHz/5.9MHz
偏波	水平
送信出力	10W
アンテナ方向	1段2面相当
送信海拔高	約 560m

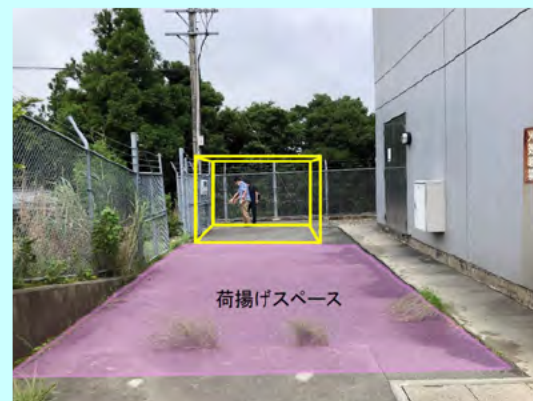
送信諸元



実験エリアの目安(電界強度60dBμV/m)



送信指向性



建設イメージ写真(現地調査結果)

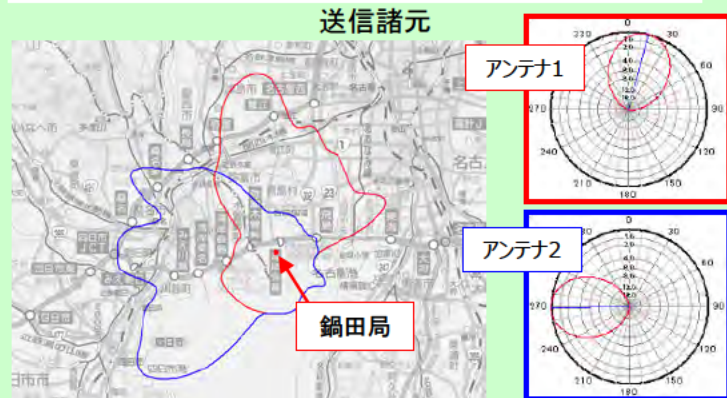
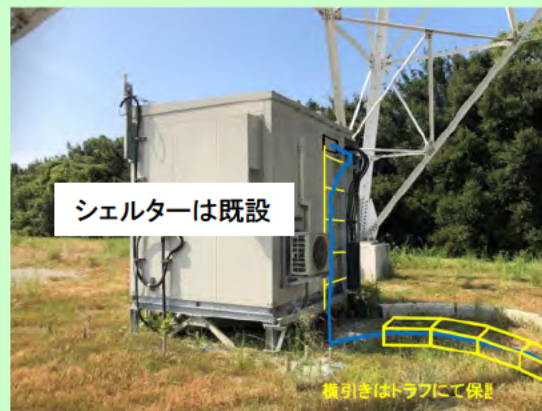
「課題」 放送波中継等が可能な最大2段の中継設備を設置し、中継局における信号品質及び中継局エリアでの受信特性を評価する。

- ・昨年度までに整備した親局級実験試験局を活用して、新たな方式の実フィールド調査を実施した。
- ・放送波中継が可能な津、伊勢、鍋田実験試験局を新たに設置し、実フィールド調査を実施した。

成果4: 鍋田実験試験局を設置し、実フィールド調査を実施

目的: 既存の親局級である東山実験試験局とのSFNエリア検証に加え、今年度新設する津実験試験局(放送波中継ルート)との間で、SFNエリア実験を行う

	鍋田 実験試験局
送信場所	鍋田ラジオ放送所(愛知県弥富市)
チャンネル (中心周波数)	UHF 25ch(545.143/545.21MHz) 追加 UHF 35ch(605.143/605.21MHz) 既設
信号帯域幅	5.7MHz/5.9MHz
偏波	UHF25ch 水平 UHF35ch 水平/垂直
送信出力	10W
アンテナ方向	1面×2式(切替方式)
送信海拔高	約 40m



実験エリアの目安(電界強度60dB μ V/m)

送信指向性

建設イメージ写真(現地調査結果)

主な成果 WG6-1 他の無線システムからの影響調査

「課題」 特定ラジオマイクから高度化方式の受信機に与える影響について評価する。

- ・地上放送高度化方式に対応した受信機を製作し、性能評価を実施した。
- ・高度化方式の受信機と特定ラジオマイクとの干渉試験を実施し、共用条件を取りまとめた。

成果1 地上放送高度化方式に対応した受信機の評価

- ・現行の地上テレビ放送用受信装置のチューナ部の定格および仕様を参考にして、地上放送高度化方式に適した受信機仕様を作成した。
- ・製作した受信機の性能評価を実施した結果、4096QAMの変調方式においても設計仕様を満足する良好な特性を示した。

地上放送高度化方式対応受信機



成果2 高度化方式の受信機と特定ラジオマイクとの干渉試験

- ・6MHz帯域内での特定ラジオマイク複数本の運用を想定し、デジタル9波、アナログ5波の信号源を用いて高度化地上放送との干渉試験を実施した。その結果をもとに共用条件の暫定値を取りまとめた。

試験パラメータ

項目	LDM	3階層 MIMO	3階層 SISO	高度化 MIMO	高度化 SISO	ISDB-T (参考)
入力レベル		-65dBm				-65dBm
干渉保護基準 (内符号後のBER)		1x10 ⁻⁷				2x10 ⁻⁴
パラメータ1(弱)	UL:16QAM(2/3) LL:64QAM(12/16) IL:15dB I=2	4096QAM UC R=89/120 I=1	4096QAM NUC R=12/16 I=2	4096QAM NUC R=12/16 I=1	4096QAM NUC R=12/16 I=1	
パラメータ2(中)	UL:64QAM(1/2) LL:16QAM(12/16) IL:19dB I=2	1024QAM UC R=89/120 I=1	1024QAM NUC R=12/16 I=2	1024QAM NUC R=12/16 I=1	1024QAM NUC R=12/16 I=1	64QAM R=3/4 I=2
パラメータ3(強)	UL:16QAM(2/3) LL:16QAM(12/16) IL:15dB I=2	256QAM UC R=89/120 I=1	256QAM NUC R=12/16 I=2	256QAM NUC R=12/16 I=1	256QAM NUC R=12/16 I=1	
パラメータ4(追加) (所要C/N=16dB) 【高度化方式】				64QAM NUC R=12/16 I=1	64QAM NUC R=12/16 I=1	

共用条件の暫定値

希望波	妨害波	周波数差	混信保護値	
			帯域外干渉	帯域内干渉
地上デジタル 放送波	特定ラジオ マイク波	同一チャンネル	-	I/N = -10dB
		上隣接チャンネル	D/U = -21dB	I/N = -10dB
		上隣々接チャンネル	D/U = -30dB	I/N = -10dB
		下隣接チャンネル	D/U = -25dB	I/N = -10dB
		下隣々接チャンネル	D/U = -32dB	I/N = -10dB

「課題」 現行の車載用受信機への影響調査と課題解決策を取りまとめる。

- ・ 地上放送高度化方式については、現行受信機への混信妨害特性を評価した
- ・ 高度化放送導入方式(LDM方式、セグメント分割方式)については現行受信機の動作を検証した
- ・ 放送事業者および受信機メーカーに調査結果を広く共有した

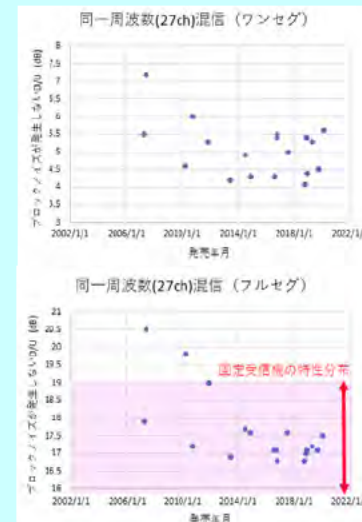
成果1 現行の車載用受信機について、地上放送高度化方式については現行受信機への混信妨害特性を評価し、LDM方式、セグメント分割方式については、現行受信機の動作を検証した

○ 地上放送高度化方式による混信妨害特性評価(18機種)

ほとんどの受信機について、フルセグでは固定受信機の混信妨害特性分布に含まれることが判明し、高度化方式による混信妨害は現行方式による混信妨害と大きな差がないことが確認された。

○ LDM方式、セグメント分割方式の現行受信機の動作検証(13機種)

- ・ LDM方式では13機種でチャンネルプリセットされ、12機種でワンセグ・フルセグともに復号された。
- ・ セグメント分割MIMO方式では、10機種でチャンネルプリセットされ、ワンセグは9機種で復号され、フルセグは13機種で正しく復号されなかった。
- ・ セグメント分割SISO方式では、12機種でチャンネルプリセットされ、9機種でフルセグが復号された。



地上放送高度化方式の混信妨害特性例

成果2 受信機影響調査結果をふまえ、放送事業者及び受信機メーカーと課題を共有した

昨年度実施した固定受信機への影響調査結果について、放送事業者および受信機メーカーと課題を共有し、方式提案者からのフィードバックとともに主な課題としてとりまとめた。また、車載用受信機の提供メーカーへの結果報告やJEITA委員会での報告を通じて、課題を広く共有した。

「課題」地デジ受信システム(受信アンテナから受信端末まで)の実態を把握する。

- ・代表的な事例を150カ所抽出(アンテナ直接受信世帯、CATV受信世帯を含む)した。
- ・各世帯の壁面端子における受信端子電圧、MERを調査し受信システムの実態を把握した。

成果1

- ・スカイツリーから約50km圏内においてアンテナ受信およびCATV受信を含め東京都、埼玉県、神奈川県および千葉県内から150世帯を代表的な事例として抽出し、メインテレビが使用する壁面端子における受信端子電圧およびMERを調査

	アンテナ受信	CATV受信	計
戸建	46	20	66
集合住宅	29	55	84
計	75	75	150



成果2

- ・150世帯での調査結果を分析した結果、壁面端子電圧は40~100[dB μ V]、MERは15~47[dB]に分布しばらつきが大きい
- ・各世帯におけるMER最小chの150世帯でのMER中央値は32.0[dB]で分布は表に示す通り

