

3. デジタル放送の研究

1980年代よりデジタル放送の研究に着手し、周波数確保、伝送方式、多重方式、映像および音声の圧縮符号化方式、データ符号化方式など、デジタル放送を実現するための課題について研究を進めてきた。2000年から2009年は長年にわたる研究が結実し、衛星、地上、ケーブルのすべてのメディアでデジタルテレビジョン放送が開始されるとともに、その後の急速な普及を背景にデジタル放送への完全移行に向けた準備が進められた。

衛星放送では、2000年に開催されたWRC(世界無線通信会議)において新しい周波数プラン(WRC-2000プラン)の策定に寄与し、東経110度近傍の衛星放送業務として帯域幅34.5MHzの日本のデジタル放送用として12チャンネルを確保した。

2000年12月1日に、開発した伝送方式を用いてBS(衛星)デジタル放送が開始された。この時点での衛星放送は、MUSEハイビジョン放送を含むアナログ放送4波とデジタル放送4波の計8波であった。アナログ衛星放送では1中継器1番組であるのに対して、BSデジタル放送では、MPEG-2 Videoによる圧縮符号化により、1中継器でハイビジョン2番組が放送可能になった。また、伝送制御信号を用いることにより1つの中継器を利用して複数の放送事業者が独立に番組を提供することが可能になり、多数の放送事業者が参画するメディアとなった。さらに、降雨減衰による放送遮断への対策としての階層化伝送、自動表示メッセージ、有料放送における個別制御と無料放送のコンテンツ保護を行う限定受信方式のB-CASシステム、放送波により受信機のバージョンアップを行うエンジニアリングサービスなど、デジタル放送の新しい機能にも技研の研究結果が反映された。

地上デジタルテレビジョン放送は2003年12月1日に東名阪で放送が開始され、2006年には全国県庁所在地で開始された。その後、アナログ放送と同一のカバーエリアを確保すべく、中継局の建設が進められている。

地上デジタル放送の方式開発は、わが国の混雑した周波数状況を考慮して、SFN(Single Frequency Network: 単一周波数ネットワーク)が可能でマルチパス妨害にも強いOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 直交周波数分割多重)の研究から開始した。さらにバスや自動車などの移動体受信のニーズにこたえるため、セグメントと呼ばれる小ブロックに帯域を分割し伝送する方式を開発した。

多数の中継局を必要とするネットワークの建設では、その設備経費を削減することが課題となる。特に、SFNを行っている中継局に対し放送信号を配信する手法としては、配信専用の周波数により信号を分配するTTL(Transmitter to Transmitter Link)を利用するよりも、上局の電波を受信する放送波中継が望ましい。このため、SFN放送波中継の基本問題であった送信電波の回り込み対策技術について研究し、一部の中継局に導入された。

2006年4月からは、セグメント方式ならではの新しいサービス、移動体・携帯での受信に適した「ワンセグ」サービスが開始された。ワンセグでは、より狭い帯域で限られた容量の中で動画を実現するため、MPEG-4 AVC/H.264圧縮符号化が用いられている。

ケーブル伝送では、現行の6MHzの帯域の中で、BSデジタル放送を効率的に伝送する仕組みが求められた。1999年よりこの開発に取り組み、現在ケーブルテレビ(CATV)で使用されている方式の規格化に寄与した。

現行技術の改善研究では、主に地上デジタル放送の受信改善研究を行っている。地上デジタル放送ネットワークの整備に向けた中継局の設置に伴い、同じ周波数を使用する遠方の局からの混信や、伝送方式のマルチパス許容遅延時間(GI: ガードインターバル)を越える妨害が発生し、受信が困難になるケースが発生してきた。このため、同一チャンネルの干渉除去装置や、ガードインターバル越えマルチパス等化装置の研究開発を進め、各種の実験を通してその有効性を検証し、実用化に向けて開発を進めている。

小型携帯端末で受信するワンセグでは場所に応じて厳しい受信条件も想定される。このため、

小型アンテナの検討を進め、携帯端末に内蔵可能で、地上デジタル放送の全帯域をカバーするアンテナの開発を進めるなど、より広いエリアで安定して受信できるサービスを目指し、研究開発を進めた。

ワンセグは、サービス開始以来、携帯電話に搭載されたこともあり、爆発的な普及を示している。常時持ち歩く端末は、非常災害時の情報伝達に極めて有効である。緊急警報放送や緊急地震速報に応じる自動起動について研究を進め、消費電力の低減と起動時間を短縮する方式を開発し、端末の試作や技術規格へ寄与した。

地上デジタルハイビジョン放送や移動体でのワンセグ受信が普及するにつれ、ワンセグの携帯受信に加え、車載機などの比較的大きな画面でハイビジョンを移動しながら受信したいとするニーズが高まってきた。屋上に設置したアンテナによる固定受信に比べて、アンテナの位置が低くアンテナ利得を稼ぎにくい車載機受信は、受信可能エリアが小さくなってしまう。これらの制約を乗り越えるため、複数の受信アンテナを利用するダイバーシティー受信を検討し、受信エリアの拡大を図るとともに、高速でも受信可能な受信方式の開発を進めた。

2011年7月のアナログ放送終了を控え、BS デジタル放送の高度化、および、地上アナログ放送終了後のVHF 帯周波数を用いるマルチメディア放送の研究を進めた。

BS デジタル放送の高度化では、現行 BS デジタル放送と同一の中継器帯域幅で、30% 以上伝送容量を拡大した伝送方式を開発した。この伝送方式は、MPEG-4 AVC/H. 264 圧縮符号化方式と組み合わせることにより、1つの衛星中継器で4つのデジタルハイビジョン番組の伝送ができる。さらに、IP(Internet Protocol)のパケット伝送にも対応して通信との親和性を高め、また、放送波によるダウンロードなど新たな機能を備えている。これらの成果は情報通信審議会に寄与するとともに、(社)電波産業会(ARIB)の標準規格に採用された。また、さらなる伝送容量の拡大を目指してAPSKの導入を検討し、衛星伝送で課題となる非線形歪みの等化技術などの、より大容量のスーパーハイビジョンの伝送にも適用可能な方式の研究開発を進めた。

地上アナログ放送終了後のVHF 帯を利用するマルチメディア放送については、地上デジタルテレビジョン放送方式と親和性をもつ地上デジタル音声放送方式を発展させ、IP パケットをMPEG-TS (Transport Stream)上で伝送する方式や、簡易に放送波ダウンロードができるデータ放送の研究開発を進めた。また、VHF-Low 帯(1~3チャンネル)を使用する場合に問題となるアナログFM放送との干渉妨害について、評価実験を実施し混信保護比の提案を行うなど、研究成果を情報通信審議会に寄与した。

将来のスーパーハイビジョン放送の実現に向けた伝送技術について研究を開始した。高画質のスーパーハイビジョンを伝送するために、より大容量の伝送方式の開発が求められる。衛星放送では、600 MHzの帯域を用いて大容量の伝送が可能な21 GHz帯衛星放送の研究を進めた。伝送方式については、多チャンネルのスーパーハイビジョン伝送を可能にする300 MHz級広帯域変復調器の試作を行い、広帯域伝送特性の課題を抽出するとともに、スーパーハイビジョン放送の可能性を示すことを目的に衛星生中継の伝送実験を行った。

21 GHz帯では、降雨減衰が12 GHzに比べて大きいことから、降雨減衰時の遮断を踏まえたうえでのダウンロード方式の検討や、長周期のインターリーブを利用する遮断時間対策など、蓄積型放送を想定した新しい伝送方式の開発も進めた。一方、リアルタイム放送については、できるだけ遮断を回避する補償技術が必須になる。このため、フェーズドアレーアンテナを衛星に搭載し、晴天地域へはほぼ均一な強さの電波を放射しつつ降雨地域への電波を強くする降雨減衰補償技術の研究を進めた。

衛星搭載機器については、搭載アンテナの構成や放射パターンの検討、給電部で密集配置を可能にする小型細径TWT(Traveling Wave Tube: 進行波管)、隣接する電波天文帯域成分を抑圧するためのフィルターなどの研究を行った。また、周波数および衛星軌道確保のためにITU-Rへの寄与を積極的に行い、21 GHz帯衛星放送のシステム設計および共用条件に関する勧告およびレポートの策定に寄与した。

地上デジタル放送でスーパーハイビジョンを実現するためには、6 MHzあたり20 Mbpsの現在の伝送容量を、飛躍的に増大させることが必要になる。このため、OFDMをさらに多値化し1シンボルあたりのビット数を増加させるとともに、水平/垂直両方の偏波を用いるMIMO(Multiple-Input

Multiple-Output)技術により、6 MHz あたり 60 Mbps の容量をもつ伝送装置を試作した。野外伝送実験によりデータを収集するなど、基礎的な検討を開始した。

一方、OFDMに代わる新たな変調方式や、等化技術による受信性能改善も並行して検討を進めた。また、固定受信の大容量化の研究開発と並行して、無線伝送の特長を生かした移動体・携帯端末向けサービスの高度化として、ハイビジョン放送を安定に受信する技術の研究を行い、実験装置を試作し基礎検討を進めた。

デジタル放送移行後、UHF 帯の共用が想定される新しいサービスの可能性を考慮し、UHF 帯で将来的に利用可能な周波数の検討を進めた。具体的には、隣接する ITS(高度道路交通システム)との干渉検討を行うなど、既存地上デジタル放送への干渉妨害を避け、新たなサービスが共存できるような周波数利用のあり方を研究した。

ケーブルテレビについては、家庭内での同軸ケーブルを利用し、より大容量伝送が可能な方式開発を進めた。現在、FTTH(Fiber To The Home)の普及により軒先までは高速の伝送路があるのに対して、屋内の光化までは至っていない家庭も多い。このため、FTTH からの信号を同軸ケーブルで伝送可能な信号に再変調して伝送し、家庭内同軸システムを高速化する方式を検討した。

デジタル放送方式の開発、導入、改善技術の研究を行い、2011 年の完全デジタル化に取り組むとともに、アナログ停波後の周波数状況を検討し、近未来のデジタル放送メディアの規格化に寄与した。また、将来のデジタル放送に向けて、新しい放送サービスを“より大容量で安定に”家庭に届けるための基礎的な研究を開始した。

[黒田 徹]

3.1 周波数プラン

3.1.1 12 GHz 帯放送衛星

現行の 12 GHz 帯(11.7~12.2 GHz)衛星放送サービス(BS)は、1977 年に開催された WARC(世界無線通信主官庁会議)において、各国に周波数資源(軌道とチャンネル)を割り当てる周波数プラン(WARC-BS プラン)が作成された。日本に対しては、東経 110 度で、アナログ放送用 8 チャンネル(27 MHz 幅)が割り当てられ、これらのチャンネルを用いて衛星放送サービスが行われていた。各国の衛星放送需要の高まりによって、周波数資源の追加分配の機運が高まり、1997 年の WRC(世界無線通信会議)から、再プランの作業が開始された。

再プランにおいては、新たに割り当てるチャンネルはデジタル放送用とし、第 1 地域(欧州・アフリカ・中近東)の国に 10 チャンネル、周波数資源に余裕のある第 3 地域(アジア・オセアニア)の国に 12 チャンネルを割り当てることを目標に検討が進められた。

技研は、第 3 地域の意見をまとめる APT(アジア・太

平洋電気通信共同体)におけるプラン作成の作業に積極的に参加し、第 3 地域の各国に 12 チャンネルの割り当てが可能であることを干渉計算によって明らかにした。

2000 年に開催された WRC においては、技研が主導して作成した APT 案をもとに第 3 地域の検討が進められ、第 1 地域の国に最低 10 チャンネル、第 3 地域の国に最低 12 チャンネルを割り当てる新しい周波数プラン(WRC-2000 プラン)が策定された。技研からも会議に参加し、特に東経 110 度近傍の割り当てについて検討を重ねた結果、日本にはこれまでのアナログ放送用 8 チャンネルについて帯域を拡大しデジタル放送(34.5 MHz 幅)が可能になったほか、新たにデジタル放送用 4 チャンネルが追加され、合計で 12 チャンネルのデジタル放送が可能になった(図 3.1)。

なお、2003 年の WRC では、2000 年の WRC で持ち越しとなった放送衛星とほかの業務(通信衛星、地上業務)との周波数共用基準や、プラン策定後に新規に参入する放送衛星との共用条件などの議論が行われた。この

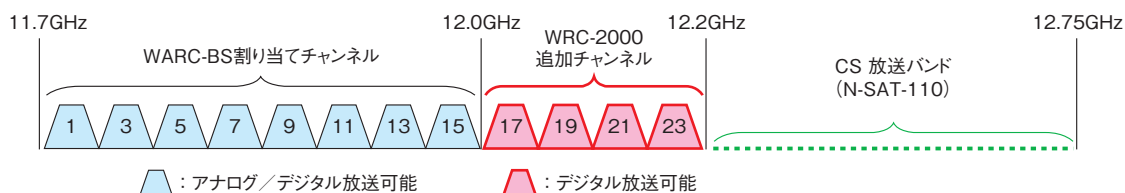


図 3.1 チャンネル周波数配置 (東経 110 度 BS/CS)

会議にも技研から参加し基準策定などに寄与した。

以上の研究は、正源和義、斉藤知弘が主に担当した。

[斉藤 知弘]

3.1.2 21 GHz 帯放送衛星

21 GHz 帯衛星放送バンド(21.4~22.0 GHz)は、1992 年に開催された WARC において、衛星放送用として割り当てが行われた(表 3.1)ものの、具体的な周波数の使い方については規則が定められず、暫定的な手続きが決められたのみであった。2007 年の WRC の場で、恒久的な規則を検討することが合意され、具体的には 2012 年の WRC で議論が行われる予定となっている。

21 GHz 帯衛星放送バンドの規則作りのためには、技術基準が必要になる。技研で研究を行っている可変ビームパターン衛星システムを含めた、降雨減衰補償技術に関する衛星システムの研究を 2001 年に ITU-R に提案した。それらの提案は研究課題に反映され^(1,2)、ITU-R の場でも研究が行われることになった。

2001 年以降、降雨減衰に関する分析、放送衛星のシステム規模の検討、ならびに要素技術として小型・細径化した TWT の開発や、アレーアンテナパターンの設計改善の成果などを継続的に ITU-R に寄与した。これらをベースとして、21 GHz 帯を含む 17.3 GHz から 42.5 GHz の周波数帯を用いる衛星放送システムについてのレポート⁽³⁾、降雨減衰補償技術についての勧告⁽⁴⁾、21 GHz 帯衛星放送の参照電力束密度についての勧告⁽⁵⁾および衛星放送間の周波数共用条件についての勧告⁽⁶⁾が策定された。

また、2012 年の WRC に向けて、APT および ABU (アジア太平洋放送連合)における準備会合などにも参加し、降雨減衰補償技術が利用可能になる技術的な柔軟性を確保できる規則作りに向けて寄与を行った。

以上の研究は、松村 肇、野本俊裕、今井一夫、正源

和義、村田孝雄、中川 仁、斉藤知弘、田中祥次、峯松史明、橋本明記、亀井 雅、中澤 進、山崎雷太、鈴木陽一、長坂正史が主に担当した。

[斉藤 知弘]

3.1.3 UHF 帯地上放送

UHF 帯の放送用周波数 470~770 MHz(13~62 チャンネル)の利用については、2006 年 7 月、地上デジタルテレビジョン放送用の上限周波数を 710 MHz(52 チャンネル)とする周波数割り当て計画の一部変更が告示された。また、2007 年 6 月 27 日、情報通信審議会より「VHF/UHF 帯における電波の有効利用のための技術的条件」が一部答申され、これを受け電波監理審議会で周波数割り当て計画の一部変更が答申され、710~730 MHz は 20 MHz 幅のうち 10 MHz 幅を高度道路交通システム(ITS)に、730~770 MHz は携帯電話などの電気通信業務に割り当てられた。

(1) 地上デジタルテレビジョン放送と ITS の隣接共存条件

2009 年 7 月、情報通信審議会に ITS の技術的条件が諮問され、翌年 6 月答申に向けて ITS 無線システム委員会が発足した。同委員会は、主に ITS と隣接システムの地上デジタルテレビジョン放送との共存条件の調査検討を行うこととなった。技術局計画部、技研から委員、作業班委員、アドホック委員として参加し、ITS 車載機・路側機と地上デジタルテレビジョン放送の相互の干渉モデルを提案し、干渉の許容値を求める机上検討および室内実験を実施した。2010 年 3 月、特に地上デジタルテレビジョン放送の受信への干渉の結果から、地上デジタル放送へ影響を及ぼすことなく ITS 無線機が共存するためには、ITS 無線機の無線規格の一部強化と運用条件の制限が必要であることを委員会報告した。

(2) ホワイトスペース利用

2008 年 11 月、米国はテレビジョン放送のデジタルへの移行に伴い、放送用周波数帯であるが当該地域で使用されていない周波数(ホワイトスペース)を無線ブロードバンドなどに開放した。日本においては、2009 年 11 月、総務副大臣が「新たな電波の活用ビジョンに関する検討チーム」を発足させた。NHK ではホワイトスペース検討 PJ を発足させ、ホワイトスペースのサービス検討とチャンネル利用状況の調査を開始した。同年 12 月、総務省の「ホワイトスペースの活用方策など新たな電波の利用方策に関する提案の募集」に応じて、「スーパーハイビジョンの実験」と「被災地におけるエリア限定ワンセグの活用実験」を提案した。また、地上デジタルテレビジョン放送による全国の UHF チャンネルの利用状況をまとめ、他業務のホワイトスペース利用の可能性について机上検討を行った。

表 3.1 21 GHz 近傍の周波数割り当て
(無線通信規則 (RR) 2008 年版より)

周波数 (GHz)	第 1 地域	第 2 地域	第 3 地域
	欧州・ アフリカ・中近東	南北アメリカ	アジア・ オセアニア
21.2~21.4	地球探査衛星 (受動) 固定 移動 宇宙研究 (受動)		
21.4~22.0	固定 移動 放送衛星	固定 移動	固定 移動 放送衛星
22.0~22.21	固定 移動 (航空移動を除く)		
22.21~22.5	地球探査衛星 (受動) 固定 移動 (航空移動を除く) 電波天文 宇宙研究 (受動)		

以上の研究は、正源和義、黒田 徹、渋谷一彦、中原俊二、岡野正寛、村山研一、実井 仁が主に担当した。

[中原 俊二]

3.1.4 VHF 帯地上放送

VHF 帯のテレビジョン放送用周波数 90~108 MHz(1~3 チャンネル)および 170~222 MHz(4~12 チャンネル)の利用については、2007 年 11 月、電波監理審議会で周波数割り当て計画の一部変更が答申され、2011 年 7 月 25 日以降、90~108 MHz はテレビジョン放送以外の放送、170~205 MHz は災害救援用の自営通信システムを想定した公共移動業務および一般移動業務、205~222 MHz はテレビジョン放送以外の放送に割り当てられることとなった。

2008 年、VHF-Low 帯(1~3 チャンネル)を使用する携帯端末向けのマルチメディア放送(以下、MM 放送)の置局条件として、MM 放送の回線設計と隣接他業務との両立性の検討を開始した。VHF-Low 帯の下側周波数の隣接業務となる FM 放送との両立性については、ガードバンドに対する許容干渉 DU 比を求め、MM 放送と FM 放送相互の混信保護比を導き出した。VHF-Low 帯の上側周波数の隣接業務となる VHF 帯航空無線航行システムに対しては、MM 放送のスプリアス領域の不要輻射が、現在の FM 音声放送の不要輻射の許容値を満足すれば、両システムが両立することを明らかにした。これらの検討結果は、情報通信審議会放送システム委員会で同年 8 月から審議された「携帯端末向けマルチメディア放送方式の技術的条件」のうち、VHF-Low 帯を利用したマルチメディア放送の置局条件の審議に寄与した⁽⁷⁾。2009 年 6 月からは、マルチメディア放送の NHK 局内検討グループ置局検討 WG において、全国を 8 ブロックに分けたブロック放送チャンネルプラン案を検討し、「VHF-Low 帯マルチメディア放送推進協議会」(VL-P)の置局検討作業に寄与した。また、VHF 帯マルチメディア放送の携帯・移動受信向け電波伝搬推定手法を考案し、技術局と共同で携帯・移動受信用 VHF 帯電波伝搬シミュレーター(MMPM)を開発した。

以上の研究は、黒田 徹、中原俊二、高田政幸、土田健一、岡野正寛、実井 仁が主に担当した。

[中原 俊二]

3.1.5 マイクロ波帯、ミリ波帯

番組素材伝送用途の周波数について、FPU(Field Pickup Unit)やワイヤレスカメラなどの機器のハイビジョン化やデジタル化に関する研究を進めた。まず移動中継用として、2002 年、マイクロ波帯および 800 MHz 帯の OFDM-FPU の ARIB 標準規格策定に寄与し、マラソン中継などにおいて実用化した。また、高画質・低遅延のハイビジョンワイヤレスカメラや非圧縮ハイビジョン

信号の FPU 伝送などに利用するため、ミリ波帯のデジタル化についても検討を進め、2007 年に ARIB 標準規格策定に寄与し、音楽芸能番組やスポーツ番組などで実用化した。このデジタル化に際しては、42 GHz 帯では帯域が 500 MHz から 1 GHz に拡大され、55 GHz 帯では空中線の最大電力が 100 mW から 1 W に拡大された。

(1) マイクロ波帯デジタル無線伝送システムの標準化

ARIB デジタル FPU 作業班において、マイクロ波帯および 800 MHz 帯の OFDM-FPU の要求条件、伝送方式、技術的条件の検討を行い、2002 年 3 月に ARIB 標準規格 STD-B 33「テレビジョン放送番組素材伝送用可搬形 OFDM 方式デジタル無線伝送システム標準規格」を策定した。さらに、総務省の委託研究「800 MHz 帯映像素材中継用移動通信システムの高度化のための研究開発」を 2006 年度から 2009 年度まで受託し、FPU の高能率符号化と高信頼化を検討した。

以上の研究は、池田哲臣、岡部 聡、渋谷一彦、伊藤泰宏、中川孝之、光山和彦、神原浩平が主に担当した。

(2) ミリ波帯デジタル無線伝送システムの標準化

大容量デジタル映像素材伝送の標準化に向けた検討を 2004 年から開始し、2006 年には、総務省の技術試験事務「60 GHz 帯等ミリ波を用いた素材伝送システムの技術基準策定に係る調査検討会」に参加し、技研から機材を提供して 55 GHz 帯のハイビジョンワイヤレスカメラの実証実験を行った。この結果をもとに、情報通信審議会 42 GHz 帯および 55 GHz 帯を用いるための技術的条件を取りまとめ、2007 年 6 月には、メーカー間互換性規定を盛り込んだ ARIB 標準規格 STD-B 43「テレビジョン放送番組素材伝送用可搬形ミリ波帯デジタル無線伝送システム」を策定した。また 2006 年からは、新たな周波数開拓として 10 Gbps 級の大容量伝送を目的とした 120 GHz 帯に関する総務省の委託研究も実施した。

以上の研究は、池田哲臣、古田浩之、中川孝之、鈴木慎一、伊藤泰宏、杉之下文康、岡部 聡、居相直彦が主に担当した。

[杉之下 文康、池田 哲臣]

3.1.6 電波伝搬

(1) スポラディック E 層

アナログテレビジョン放送が終了した後の VHF 低域の周波数帯(1~3 チャンネル)の電波を有効利用するため、2004 年から 2006 年にかけて VHF 低域帯の電波伝搬特性の研究を行った。VHF 低域帯では季節的に突然発生するスポラディック E 層(以下、Es 層)による外国電波の混信が問題となる。Es 層による混信波を測定した例を図 3.2 に示す。混信が比較的激しかった測定データを用いて混信波の振幅変動の解析を行った結果、混信波の振幅分布は対数正規分布で近似でき、変動周期は 2 Hz

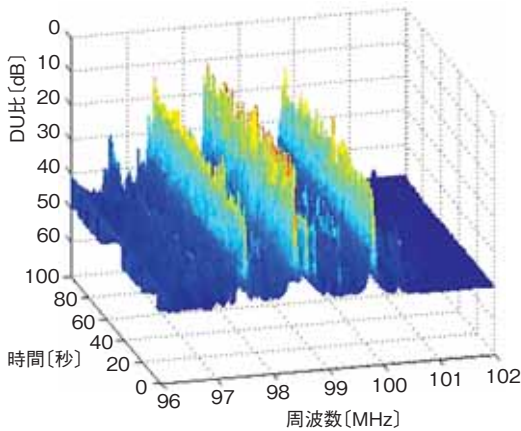


図 3.2 Es 層による混信波 (技研屋上での測定結果の例)

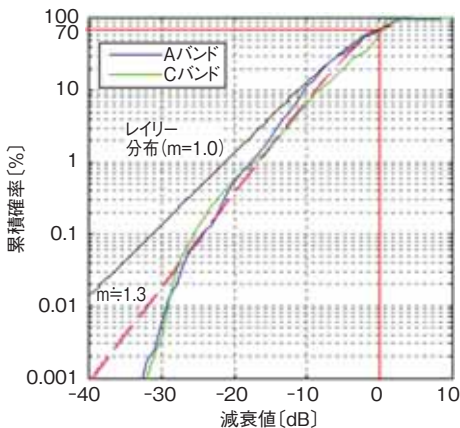


図 3.3 11 か月を通じた累積確率分布

程度以下と比較的緩やかな変動であることがわかった^(8,9)。また、2005年7月から2006年7月の13か月間にわたって取得したEs層による妨害波の電界強度を統計的手法により解析し、電界強度に対する時間率の関係を明らかにした⁽¹⁰⁾。

以上の研究は、山里亜紀子、岡野正寛、居相直彦、濱住啓之、伊藤泰宏、渋谷一彦が主に担当した。

(2) マイクロ波帯のフェージング

放送事業用固定通信に割り当てられているAバンド(3.4~3.6 GHz)とB、C、Dバンド(5.85~7.125 GHzの一部)の伝搬特性について、海上伝搬・長距離(55.4 km)となる千葉県船橋市と神奈川県横浜市の放送所間に実験回線を設置し、64 QAM方式の回線を用いて2004年10月から2005年8月まで(11か月間)の実験を行った。受信電力の確率分布を比較したところ図3.3に示すようにバンド間で顕著な差は確認されなかった。フェージングの深さを示す m 値(仲上- m 分布)を用いて、その値の推

移を比較したところ、秋から冬にかけては、 m 値が大きくなり(フェージングが浅い)、Aバンドの方がCバンドよりも大きくなる(受信電力の変動が少なくなる)ことなどがわかった⁽¹¹⁾。

以上の研究は、山里亜紀子、濱住啓之、伊藤泰宏、中村栄人、矢野司、田中博之が主に担当した。

〔濱住 啓之〕

3.2 伝送技術

3.2.1 12 GHz 帯衛星放送

2000年12月1日からISDB-S(Integrated Services Digital Broadcasting-Satellite)を用いたBSデジタル放送⁽¹²⁻¹⁴⁾が開始された。2000年はBSデジタル放送の開始に向けて、BSデジタル放送実用化対応として以下の活動を行った。

BSデジタル放送に使用されるBSAT-2a衛星の中継器特性を事前に確認するため、衛星の製造過程において、中継器パネルでデジタル伝送試験を(株)放送衛星システム(B-SAT)の依頼により実施し、良好な特性であることを確認した。BSAT-2aの打ち上げ延期により、予備衛星であるBSAT-1bを使ってBSデジタル放送が行われることになった。これに対応するため、技術局やB-SATなどと連携して同衛星のデジタル伝送試験を実施し問題ないことを確認した。また、同一軌道に複数の衛星を配置した場合の衛星管制の安定運用を確保するための技術開発を行った。

以上の研究は、熊田純二、松村肇、野本俊裕、九鬼孝夫、中川仁、山田哲也、橋本明記、松本純、水木也寸志が主に担当した。

BSデジタル放送開始に向けて、各受信機メーカーで開発した受信機が共通の動作を行うことを検証する目的で「BSデジタル受信機テストセンター協議会」が設置された。技研は、テストセンターにおけるテストストリームの作成(図3.4)や、2000年3月15日から8月31日まで実施された受信機調整のための実験電波発射(BS-3Nの中継器を使用)による検証実験に協力した。またBSデジタル放送の本格的なデータ放送開始に向けて、このデータ放送に用いる信号の規格や運用規定について種々の検証を行い、放送開始に寄与した。なお、BSデジタル放送では限定受信(CAS)方式が用いられるが、このCAS方式に関して放送事業者、(株)ビーエス・コンディショナルアクセスシステムズ(B-CAS)、CAS開発メーカーなどとの密接な連携のもとに、自動表示メッセージ機能を含む方式の規格や運用の技術的検討を進めた。

以上の研究は、難波誠一、木村武史、吉村俊郎、中須英輔、浜田浩行、加井謙二郎、渡辺馨、西田幸博、藤

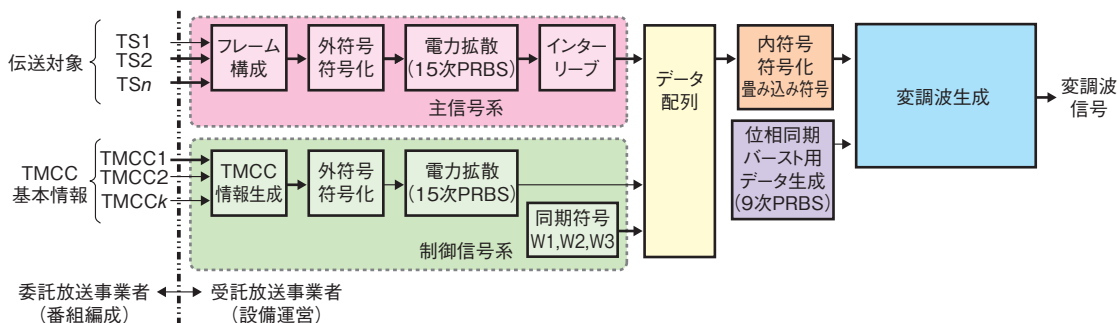


図 3.4 ISDB-S の伝送信号生成

澤和也、斎藤恭一、黒住正顕、小森智康、大槻一博が主に担当した。

(鈴木 陽一)

3.2.2 高度衛星デジタル放送

超高精細映像や高速ダウンロードなど、新サービスの放送にも適用可能な伝送システムとして、高度衛星(BS)デジタル放送伝送方式の開発を2006年から開始した⁽¹⁵⁻¹⁷⁾。検討にあたっては、現行のBSデジタル放送(ISDB-S)で可能なTMCC(Transmission and Multiplexing Configuration Control: 伝送多重制御)信号による伝送制御、例えば階層変調や複数TS対応、緊急警報放送、アップリンク制御などの機能を備えつつ、さらなる高機能化や伝送容量の拡大を図ることとした。この方式は、新たに設計した強力な誤り訂正能力を有するLDPC符号(Low Density Parity Check Code: 低密度パリティ検査符号)^(18-20, 22, 23)の採用とロールオフ率の低減により、現行のBSデジタル放送と同一の占有帯域幅およびサービス時間率を維持しつつ、伝送容量を現在の52.17 Mbpsから70 Mbpsに拡大できるなどの特長をもつ。デジタル変調方式はBPSK、QPSK、8 PSKに加えて16 APSKおよび32 APSK変調が利用可能である。APSKの信号点配置における半径比は、一定雑音下におけるビット誤り率が最小となる半径比を採用した⁽²¹⁻²³⁾。

APSK方式については、衛星中継器の非線形特性や隣接チャンネルからの干渉による伝送特性の劣化量についても検討した⁽²⁴⁻²⁹⁾。また、通信ネットワークで用いられているIP(Internet Protocol)など非同期パケットの伝送にも対応可能にした^(16, 17, 30, 31)。

この方式は、諮問第2023号「放送システムに関する技術的条件」に関する情報通信審議会での技術方式検討に提案された。審議の過程において実施したARIB実証実験では、技研が試作した送・受信装置(図3.5)が用いられた。擬似中継器を使った伝送実験(2007年11月~12月)および放送衛星BSAT-3aを使った伝送実験(2008年2月~4月)が行われ、シンボルレート325941 Mbaudやロールオフ率0.1といった伝送路符号化方式のパラメーターを決定するとともに、CN比対ビット誤り率特性や同期限界特性を評価し、伝送方式の機能および性能が、要求条件を満足することを確認した^(32, 33)。この結果は、「放送システムに関する技術的条件」の一部答申「衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件」として答申された⁽³⁴⁻³⁶⁾。また、2009年にはARIB標準規格STD-B44として規格化された⁽³⁷⁾。

2009年は高度衛星デジタル放送方式のSNG(Satellite News Gathering)への利用を想定し、32 APSK変調における伝送性能改善手法の検討を行った。送信側における



(a) 送信装置



(b) 受信装置と32APSKのコンスタレーション

図 3.5 高度衛星デジタル放送伝送方式 試作送・受信装置

等化手法として、変調器側で衛星中継器による歪みベクトルを信号点ごとに推定し、その逆ベクトルで補正した信号点で搬送波(キャリア)を変調する前置補償法を提案、シミュレーションにより効果を確認し⁽³⁸⁾、この補償法に基づく送信装置を試作した。また、受信側における改善手法として、伝送路推定に伝送信号点配置信号を用いるブラインド適応等化器の性能改善手法⁽³⁹⁾、および伝送路応答推定を利用した繰り返し等化方式^(40,41)を提案し、シミュレーションにより所要 CN 比低減効果を確認した。

以上の研究は、正源和義、木村武史、齊藤知弘、田中祥次、橋本明記、筋誠久、小島政明、鈴木陽一が主に担当した。

[鈴木 陽一]

3.2.3 21 GHz 帯衛星放送

(1) 降雨減衰補償技術

21 GHz 帯衛星放送の降雨による放送遮断軽減のための補償技術の研究を進めた。

1 時間降水量とその中の最大 10 分間降雨強度との関係について、2000 年から 2001 年まで解析を行い、降雨減衰の発生頻度を推定した⁽⁴²⁾。また、2002 年には 1 時間降水量から最大 1 分間降雨強度を推定する手法を考案した⁽⁴³⁾。2003 年、技研で約 3 年間実測した 12 GHz 帯降雨減衰の年間時間率分布と ITU-R 法から推定した同分布とを比較し、実測値が勧告 ITU-R P. 618-5 による推定値に近い結果となることを示した⁽⁴⁴⁾ (図 3.6)。2004 年には、東京、大阪の降雨減衰実測値を用いて ITU-R の降雨減衰推定法の精度評価を行い⁽⁴⁵⁾、さらに、全国の降雨量に関するアメダス 10 分値データの 1 時間

降水量から 1 分間降雨強度分布を推定する手法を考案した⁽⁴⁶⁾。2005 年、1 時間降水量を用いて 21 GHz 帯の降雨減衰分布を求めるとともに、降雨減衰補償が必要な地域の自動判定アルゴリズムを開発した。

衛星搭載アンテナの放射パターン制御による降雨減衰補償の効果について、2006 年から継続的に検討を行った。開口径 4 m のフェーズドアレーアンテナを用いて円形の増力ビームを 1 つ形成する場合、降雨による年間の放送遮断時間を、札幌で 1 時間、東京で 17.3 時間などと、低減できることがわかった⁽⁴⁷⁾ (図 3.7)。2008 年は、衛星搭載アンテナとして、フェーズドアレーアンテナを用いた場合⁽⁴⁸⁾、鏡面修整反射鏡アンテナを用いた場合⁽⁴⁹⁾などについて具体的な衛星システムを検討し、比較を行った。2009 年には、降水量から計算した降雨減衰量に応じて放射パターンを生成するアルゴリズムを

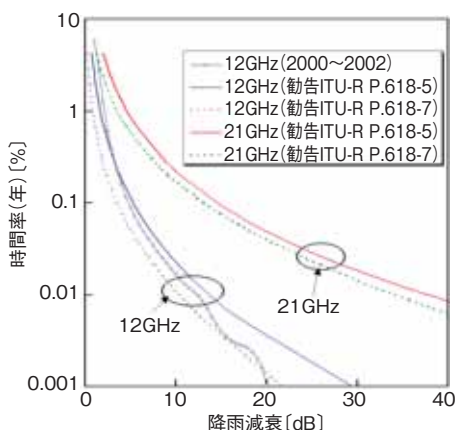
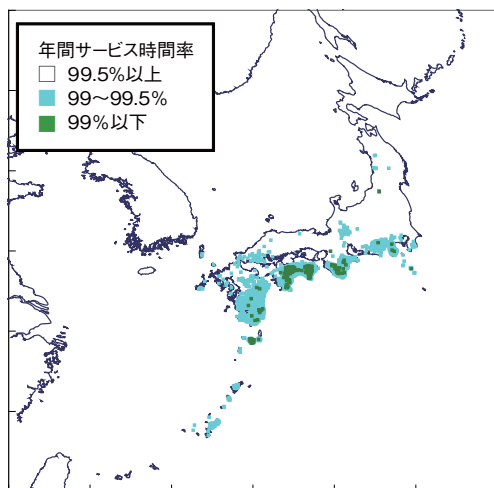
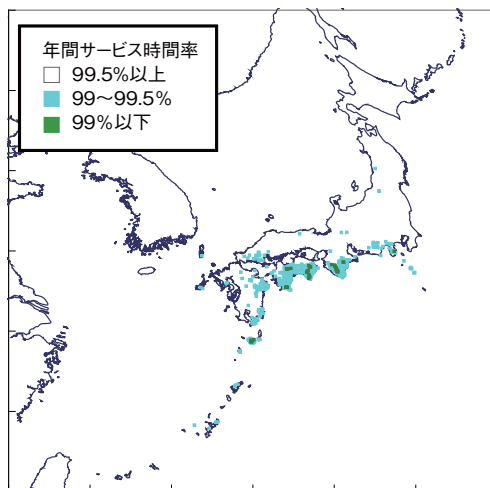


図 3.6 降雨減衰実測値と ITU-R 推定法との比較



(a) 増力ビームがない場合
(全国ビームのみ)



(b) 1 つの円形増力ビームを形成する場合

図 3.7 増力ビーム形成の有無と年間のサービス時間率

検討し、放送遮断時間を低減できることを確認した。

以上の研究は、松村 肇、今井一夫、野本俊裕、正源和義、村田孝雄、中川 仁、田中祥次、峯松史明、山田哲也、清水隆司、亀井 雅、中澤 進、小郷直人、鈴木陽一、長坂正史が主に担当した。

〔長坂 正史〕

(2) 搭載機器の研究

21 GHz 帯衛星放送の実現に向けて、衛星搭載アンテナ、進行波管(TWT)、電波天文帯域成分抑圧のためのフィルターなどの衛星搭載機器の研究を進めた。

(i) 衛星搭載アンテナ

2000~2001 年には、素子間隔 1.5λ (λ は波長)、放射素子数 200 程度の給電部と開口径 10 m の反射鏡で構成する 21 GHz 帯アレー給電オフセットパラボラアンテナを用い、降雨地域への放射電力の増力性能を評価した⁽⁵⁰⁻⁵²⁾。地表面での直径約 100 km の範囲で 10 dB 程度の増力(増力ビーム)であれば、サービスエリアの均一電力地域(全国ビーム)への影響を一定の範囲内に収めたものが形成できることを確認した。このとき、全国ビームの形状は日本国土の主要地域を含む楕円とした。

2002 年には、全国ビームを日本国土の形状に成形し、反射鏡開口径、給電部素子数、増力ビーム数や増力量を変えた場合について降雨減衰補償ビームを含めた所望の放射パターンが得られることを示した^(53,54)。また、アレー給電イメージングリフレクターアンテナの検討を開始した(図 3.8)。ビーム形成回路で生じる制御振幅・位相誤差が放射パターンに与える影響を評価し、誤差が位相 3 度、振幅 0.5 dB のときエリア内の利得低下は平均で 1 dB 程度であることを確認した^(55,56)。給電アレーの励振電力が特定の素子に集中しないように、最適化計算の過程で各素子の励振電力を制限する設計法を提案し、給電アレーを構成する増幅器全体での電力利用効率を向上できることを確認した⁽⁵⁷⁾。増幅器などの放射素子給電系の一部が故障した場合を想定し、173 素子中の 5 素

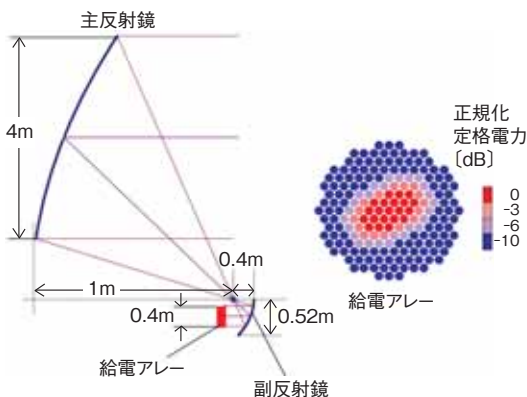


図 3.8 21 GHz 帯アレー給電イメージングリフレクターアンテナの構成

子程度が故障した場合であれば、残りの素子で放射パターンを再設計することでほとんど劣化のない放射パターンが形成できることを確認した⁽⁵⁸⁾。

2003~2005 年には、開口径 4 m、188 素子のアレー給電イメージングリフレクターアンテナの放射特性を評価し、日本のサービスエリア内においては、増力ビーム利得 47 dBi 以上(ビーム半値角での利得)、全国ビーム利得 38 dBi 以上が得られることを確認した⁽⁵⁹⁻⁶⁴⁾ (図 3.9)。21 GHz 帯放送衛星間周波数の共用を検討するため、衛星搭載送信アンテナ放射パターンと、12 GHz 帯放送衛星に適用されている無線通信規則 AP 30 Annex 5 で規定されるアンテナパターンマスクとの比較を行った。衛星軌道上で太陽光にさらされる反射鏡の熱歪みやフェーズドアレー給電部の励振振幅・位相量子化誤差の影響も考慮して比較した。結果として、主偏波の放射パターンは、12 GHz 帯アンテナパターンマスク以下であり、交差偏波は、増力ビームの近傍や高いサイドローブの生じている角度で 12 GHz 帯アンテナパターンマスクを超える場合があった⁽⁶⁵⁻⁶⁷⁾。また、経年変化による TWT の振幅・位相特性の変動に対応するため、静止軌道上での給電部励振誤差補正技術として、給電アレーの放射素子の近傍に配置した検出素子出力値から各放射素子の複素励振振幅・位相を推定する方法を検討し、制御値との誤差の補正が高精度で可能であることを確認した^(68,69)。

2006 年には、増力ビームの形状を楕円とするものやアメダス降水量データに基づく実際の降雨地域の形状とする場合について放射パターンを評価し、複雑な形状にもビーム成形が可能であるが、反射鏡開口径が小さい場合は、ビーム形状が楕円形となることを確認した⁽⁷⁰⁾。

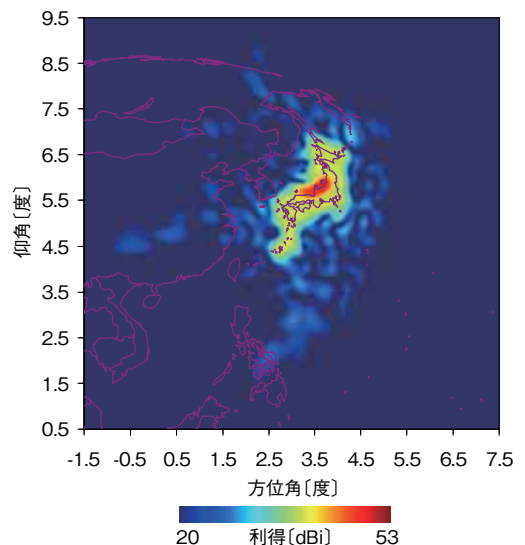


図 3.9 降雨減衰補償放射パターン

2008~2009年には、21 GHz帯実験衛星用の搭載アンテナを想定して、反射鏡開口径2.2 m、61素子のアレー給電イメージングリフレクターアンテナおよび開口径2.2 mの鏡面修整反射鏡アンテナの放射パターンを設計・評価した。那覇に増力ビームを形成した場合、増力ビームの利得47.5 dBi(ビーム半値角)、最小利得35.9 dBiの利得が得られた。鏡面修整反射鏡アンテナは、サービス時間率の地域差を解消することを目的に、日本の降水量の地域特性に応じて南西部の利得が高くなるように鏡面を整形した。サービス時間率を99.9%均一とした場合、北海道が約38 dBi、沖縄が約44 dBiで、利得差は6 dBであった⁽⁷¹⁻⁷³⁾。

以上の研究は、正源和義、村田孝雄、中川仁、田中祥次、山田哲也、松本純、横畑和典、中澤進、小郷直人、長坂正史が主に担当した。

(ii) 21 GHz帯小型細径TWT

2000年には、21 GHz帯TWTの電子銃部、コレクター部を小型化し20×20×330 mm(入出力同軸コネクター部を除く)の21 GHz帯小型細型TWTを試作した(図3.10)。21.4~22.0 GHzで飽和出力18 W、効率40%以上を得た⁽⁷⁴⁾。2002~2003年には、素子間隔20 mmの正3角形配列を可能にするために、電子銃部、コレクター部をさらに小型化し、20×15×300 mmのTWTを試作した。21.7 GHzで飽和出力11.5 W、効率50.6%が得られた^(75,76)。また、アレー状に配置した場合の隣接するTWT間の磁気干渉軽減のための磁気シールド⁽⁷⁷⁾や搭載時の冷却方法検証のためのヒートパイプを装着した⁽⁷⁸⁾。2004年には、TWTアレーの出力を同相合成した場合の伝送特性を検証した。2005年には、TWTの電力効率を向上することを目的として、TWTの動作点に応じてアノード(陽極)電圧を制御する手法を検討した⁽⁷⁹⁾。この手法で21 GHz帯小型細径TWTを制御してTWTアレー全体の総合効率を評価し、総合効率の向上および発熱量の低減のために有効であることを確認した⁽⁸⁰⁾。

以上の研究は、松村肇、今井一夫、野本俊裕、星野均、正源和義、中川仁、田中祥次、松本純、亀井雅、山形和弘、小島政明が主に担当した。



図3.10 21 GHz帯小型細型TWT (口絵参照)

(iii) 給電部の排熱技術

給電部は、小型細径TWTを密集配置するため、体積あたりの発熱量が大きいことから、排熱方法とその性能評価について(独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)と共同研究を実施した。2007年には、真空環境下で使用可能な小型細径TWTの熱平衡試験を行ったが、良好な電気特性が得られたものの、温度変化による機械的な問題が明らかになった。また、JAXA開発の平板型ヒートパイプと組み合わせることによって給電部の温度を60℃程度に抑える可能性があることがわかった⁽⁸¹⁾。

以上の研究は、正源和義、田中祥次、中澤進、山形和弘、小島政明、長坂正史が主に担当した。

(iv) 電波天文帯域成分抑圧のための帯域制限フィルター

21 GHz帯衛星放送帯域近傍の電波天文帯域への不要成分の抑圧を目的として、この帯域で大きな減衰量が得られる小型細径TWT出力フィルターの検討を行った。21 GHz帯衛星放送のチャンネル配列が2および3チャンネルの場合を想定し、給電部に組み込み可能な小型6段疑似楕円関数型フィルターを試作した(図3.11)。

以上の研究は、正源和義、田中祥次、亀井雅、山形和弘、小島政明が主に担当した。

(v) 21 GHz帯移相器・減衰器

複数の放射素子と小型細径TWTで構成するフェーズドアレーアンテナ給電部に接続して、各放射素子の励振信号の位相と振幅を制御する21 GHz帯移相器・減衰器を試作した。

以上の研究は、今井一夫、正源和義、田中祥次、中澤進、山形和弘、小島政明が主に担当した。

(vi) 移動体向けUHF帯放送衛星搭載反射鏡アンテナ

2005年には、反射鏡開口径20 m級のUHF帯衛星搭載楕円反射鏡アンテナを設計し、日本の主要4島を37 dBi以上の利得で照射しつつ、外国方向での利得を約9 dB下げた楕円放射パターンを設計した。



図3.11 21 GHz帯小型フィルター (口絵参照)

以上の研究は、今井一夫、正源和義、田中祥次、亀井雅、中澤進、山形和弘が主に担当した。

〔田中 祥次〕

(3) 伝送方式

21 GHz 帯を使用した将来の衛星放送システムにおける降雨減衰補償技術の研究として、長周期インターリーブ伝送方式の検討を1998年から行った⁽⁸²⁻⁸⁹⁾。これは蓄積受信を想定し、大きな降雨減衰は長時間続かないという性質を利用して長い周期のインターリーブをかけることにより、降雨による放送遮断を克服するものである。また、2004年には長周期インターリーブを応用し、年間遮断率を同じとした場合に遅延時間を大幅に短縮可能なパリティ時差送信方式⁽⁹⁰⁻⁹⁵⁾を検討した。

以上の研究は、今井一夫、野本俊裕、正源和義、川口豊、中川仁、齊藤知弘、橋本明記、亀井雅、山崎雷太が担当した。

2005年からは21 GHz帯放送衛星によるスーパーハイビジョン放送システムの実現を目指し、スーパーハイビジョン放送用300 MHz級広帯域変復調器の開発に着手した。2005年から2006年にかけてQPSKおよび8PSK変調が選択できる広帯域変復調器(最大シンボルレート:250 Mbaud、ロールオフ率:0.1、0.2、0.35に対応)を試作した(図3.12)。2007年には試作した変復調器およびスーパーハイビジョン用高圧縮映像符号化装置を使用してスーパーハイビジョンの21 GHz帯無線伝送室内実験を行った⁽⁹⁶⁻¹⁰⁴⁾。2008年には伝送性能向上を目的として、強力な誤り訂正能力を有するLDPC符号を用いた誤り訂正機能を追加した。符号化率は1/2、3/5、2/3、3/4、4/5、5/6、7/8、9/10に対応している。2009年の超高速インターネット衛星「きずな」の広帯域中継器を利用したスーパーハイビジョン多チャンネル・生中継伝送実験では、QPSK(符号化率3/4)変調信号および8PSK(2/3)変調信号をロールオフ率0.2で伝送するデモンストレーションを実施し、技研公開で展示した。この実験は、NHKと(独)情報通信研究機構(NICT)が共同で実施した^(105,106)。

以上の研究は、今井一夫、正源和義、木村武史、田中



図3.12 試作した広帯域変復調器

祥次、橋本明記、筋誠久、小島政明、鈴木陽一が担当した。

また、通信・放送機構(TAO)との共同研究「成層圏プラットフォームを使った映像伝送技術の研究開発」では2002年11月、横須賀リサーチパーク(YRP)で実施されたヘリコプターによる成層圏プラットフォームの模擬実験に参加した。実験は、成層圏プラットフォームを模擬するためにヘリコプターを滞空させ、ヘリコプター搭載のミリ波帯(47/48 GHz)マルチビームホーンアンテナを使用して実施された。

以上の研究は、中川仁、土田健一、橋本明記、山崎雷太が主に担当した。

〔鈴木 陽一〕

(4) 干渉検討

21 GHz帯衛星放送の外国衛星との共用検討のために、衛星搭載フェーズドアレーアンテナシステムのサイドローブ特性や交差偏波特性の検討を行った。また、衛星軌道上での衛星搭載アンテナの反射鏡熱歪みを評価し、反射鏡熱歪みがサイドローブ特性に及ぼす影響を検討した。これらの検討結果をもとに21 GHz帯送信アンテナパターンを12 GHz帯アンテナパターンマスクと比較し、結果を「21 GHz帯を用いた高度衛星放送システムの概念検討」^(50,51,53,65-67,70)やITU-R WP-6Sへ寄与し、ITU-R レポート⁽¹⁰⁷⁾に反映した。

また、21 GHz帯衛星放送周波数(21.4~22.0 GHz)の近傍には電波天文用周波数帯(22.21~22.5 GHz)があり、21 GHz帯放送衛星から当該周波数帯に漏れる電力を低減させる必要がある。隣接周波数への不要発射のレベルがITU-R 勧告RA.769-2の値を満たす中継器の検討を行い、ITU-R レポートに反映した⁽¹⁰⁷⁾。

以上の研究は、野本俊裕、今井一夫、正源和義、田中祥次、亀井雅、中澤進、山形和弘、小島政明が主に担当した。

〔小島 政明〕

(5) システム設計

21 GHz帯衛星放送の実現に向け、衛星搭載フェーズドアレーアンテナなどを用いて降雨減衰補償を行う放送衛星システムの設計を行った⁽¹⁰⁸⁻¹¹¹⁾。2000年から2007年にかけて実施した国の調査研究「21 GHz帯を用いた高度衛星放送システムの概念検討」^(50,51,53,65-67,70)に積極的に参加し、周波数共用、降雨や降雨減衰に関する分析、伝送方式、放送衛星の規模および所要の送信電力、フィーダーリンク用周波数、サービス・アプリケーションなどのシステム検討、ならびに衛星搭載フェーズドアレーアンテナ、小型細径TWTおよびフィルターなどの中継器コンポーネント、受信アンテナなどの要素技術の検討を進め、その成果を寄与した。

検討結果として、188 個の放射素子と小型細型 TWT のアクティブアレーによる給電部と開口径 4 m の主反射鏡で構成した衛星搭載アレー給電イメージングリフレクターアンテナを用い、21 GHz 帯ダウンリンクのチャンネル帯域幅が約 300 MHz、伝送方式として QPSK および LDPC 符号(符号化率 7/8)としたとき、伝送可能な情報レートは 445 Mbps で、衛星送信電力が約 1.4 kW あれば増力ビームの半値幅内において年間サービス時間率 99.9% 以上を達成できることがわかった^(70,109,110)。このときの衛星規模としては、打ち上げ時の重量が約 4.6 t、衛星所要電力が 7.5 kW 程度で、現用の衛星バスでも対応可能であることがわかった⁽⁷⁰⁾。

以上の研究は、松村 肇、野本俊裕、星野 均、正源和義、川口 豊、村田孝雄、中川 仁、齊藤知弘、田中祥次、峯松史明、山田哲也、松本 純、橋本明記、清水隆司、亀井 雅、中澤 進、山崎雷太、山形和弘、小郷直人、小島政明、鈴木陽一、長坂正史が主に担当した。

[田中 祥次]

3.2.4 地上デジタルテレビジョン放送

(1) 伝送方式

技研における地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式に関する研究は、1986 年にマルチパスに強いという特徴をもつ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) の研究に始まり、1993 年末に BST-OFDM (Band Segmented Transmission-OFDM) という変調方式を考案し、その後装置試作、室内実験、野外実験、干渉実験、SFN 実験などを実施した。技研は(株)次世代デジタルテレビジョン放送システム研究所(DTV-Lab)との共同研究を通して方式改良を加え、(社)電波産業会(ARIB)に共同提案し、その方式は最終的に 1999 年 5 月の電気通信技術審議会(電通技審)において、わが国の標準方式として承認された。

この伝送方式は、ISDB-T(Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial)方式と呼ばれ妨害に対して極めて強く、移動体向け放送、3 階層までの階層伝送、ワンセグの部分受信ができるなど、欧米の方式にはない多くの優れた特長を備えている⁽¹¹²⁻¹¹⁷⁾。

電通技審答申、電監審答申後、ARIB において ISDB-T 伝送方式の国内標準規格が審議され、2001 年 5 月に ARIB STD-B 31 が策定された。また、2003 年 12 月の放送開始に備え、「地上デジタルテレビ放送標準化協議会」が 2000 年 11 月に組織され、放送局の運用規定策定などが進められた。運用規定は、ARIB TR-B 14 として 2002 年 1 月に策定された。一方、2000 年 11 月の ITU-R RA 会合において、ITU-R 勧告 BT. 1306 の System C として承認された。技研は電通技審での審議や ARIB での標準規格化作業に寄与するとともに、ITU

-R 会合でも ISDB-T の世界標準化に積極的に寄与した。

地上デジタルテレビジョン放送にかかわる ARIB 標準規格、運用規定が整い、2003 年 12 月に東名阪の 3 大都市圏で放送が開始され、さらに 2006 年末までに全国都道府県の県庁所在地で放送が開始された。

技研では地上デジタル放送の開始に備え、固定受信のサービスエリアの検討を行った。東京のパイロット実験施設と、広島と仙台の共同利用施設を利用し、2000 年と 2001 年に受信電界強度、マルチパス、受信ビット誤り率、干渉実験などの詳細測定を行い、伝送パラメーターと受信場所率との関係を明らかにし、実用化に向けた運用規定の策定に寄与した^(118,119)。また、受信電界強度の定点観測を開始し、季節変動など長期間にわたる変動データを収集した⁽¹²⁰⁾。さらに、ISDB-T の伝送パラメーター切り替え時のデータ破損量を明らかにするとともに、その破損量を小さくするアルゴリズムを検討した⁽¹²¹⁾。

また、2000 年、2001 年には放送局の運用のための付加的情報を送る伝送路である AC(Auxiliary Channel: OFDM のパイロットキャリアを用いて放送局用の信号を送信する)を活用する検討を行った。これには、中継現場への音声の送り返しや中継局の制御信号を送信するなどのニーズがある。それぞれの用途に対して、方式検証のためのハードウェアを試作し、基礎実験を行い、AC 伝送方式をまとめ、ARIB 標準規格の策定に反映した⁽¹²²⁾。

地上デジタル放送の伝送方式に関しては、その後、ワンセグ高度化技術(6)項参照)、AC を利用した緊急地震速報の伝送方式(7)項参照)などを開発した。

以上の研究は、佐々木誠、齊藤正典、黒田 徹、森山繁樹、中原俊二、高田政幸、上原道宏、土田健一、居相直彦、岡野正寛、藤沢 寛、安藤嘉高、木村 智、神原浩平が主に担当した。

[高田 政幸]

(2) 放送波ネットワーク、放送波中継技術

地上デジタル放送を全国展開するためには数多くの中継局が必要であり、その設備コストの削減が大きな課題となる。中継局に放送信号を配信する手段としては、TTL を使用する方法と、放送波中継を行う方法の 2 つがある。放送波中継は周波数有効利用と設備コストの両面で優れているが、上位局波を受信する際に信号品質を劣化させるさまざまな干渉妨害を受けるため対策が必要となる。技研では放送波中継における干渉妨害の対策として、各種補償器の研究開発を行った。

(i) 回り込みキャンセラー

回り込みキャンセラーは SFN 放送波中継局における回り込みの対策として 1997 年に研究を開始し、1999 年末までに基本原理の考案⁽¹²³⁾、アナログ波を利用した実

際の中継局の回り込みの実態調査、SP (Scattered Pilots) を基準信号とする ISDB-T 方式準拠の試作機の開発を終えた。2000 年は、兵庫県北淡垂水局* (以下、* は通信・放送機構 (TAO) 実験用中継局であることを示す)、宮城県白石局* で野外実験を行い^(124, 125)、実際の中継局で回り込みを安定にキャンセルできること、回り込み DU 比が負の状態にも対応できることを確認した。2001 年は回り込みの変動に対する追従特性と安定性の向上を目的とした信号処理アルゴリズムの改善を行った。2002 年は、回り込みキャンセラーを用いた SFN 放送波 2 段中継 (北淡垂水局*、兵庫県姫路局*) の野外実験を行い⁽¹²⁶⁾、キャンセル残差による劣化の蓄積について評価した。また、装置の要求性能を明らかにするため、TAO の全国の実験用中継局で、回り込みの詳細な調査を行った⁽¹²⁷⁾。2003 年は、沖縄県今帰仁局で野外実験⁽¹²⁸⁾ と台風通過時の回り込み測定^(129, 130) を行い、変動速度に関するデータを取得した。また、検出できる回り込み波の遅延時間範囲を拡大するため、OFDM 信号の全キャリアシンボルの硬判定値を基準信号とする全キャリア方式の試作機を開発し、長野県三登山局*、福岡県須恵局* で野外実験を行った⁽¹³¹⁾。2004~2005 年は、技術局や仙台放送局と共同で、宮城県の涌谷局、気仙沼局、志津川局および東和米川局で構成されるみやぎ実験局を開設し、約 1 年間にわたる長期検証実験を行った。実験では、気仙沼局を 1 段目、志津川局を 2 段目とする SFN 放送波 2 段中継を行った⁽¹³²⁾。この実験で得られたデータをもとに性能改善を図った実用機 (図 3.13) が岐阜県の長良局に導入され、2005 年 12 月に世界初となる回り込みキャンセラーを使用した SFN 放送波中継⁽¹³³⁾ による本放送が開始された。なお、SFN 放送波中継局における送受アンテナ間結合量の改善に関して、1998 年 6 月から 2003 年 3 月まで、古河電気工業 (株) と共同研究を実施した。

(ii) ダイバーシティー受信装置、マルチパス等化装置 A

ダイバーシティー受信装置は、上位局波の受信におけるフェージングやマルチパスの対策として 2000 年に研究を開始し、まず、キャリアごとの最大比合成を時間領域処理で実現する方式を考案し⁽¹³⁴⁾、シミュレーションで有効性を確認した。2001 年は、三重県長谷山局* で試作機を用いた野外実験を行い、性能と有効性を確認するとともに、キャリアごとの最大比合成を周波数領域処理

で実現する方式を考案した⁽¹³⁵⁾。2002 年は新潟県高田局、三重県伊勢局、北淡垂水局* で、時間領域処理の試作機を用いた野外実験を行い^(136, 137)、フェージングやマルチパスによる信号劣化に対して、顕著な改善効果が得られることを確認した。また、周波数領域処理の試作機を用いて室内実験を行い、基本動作を確認した。2003 年は、宮城県延岡局と石川県羽咋局* で周波数領域処理の試作機を用いた野外実験を行い⁽¹³⁸⁾、改善効果を検証した。また、技術局と共同で周波数領域処理の実用機開発を行った。2004 年は、伊勢局で実用機を用いた長期間の野外実験を行った⁽¹³⁹⁾。2005 年には、ダイバーシティー受信装置の実用機を愛知県豊橋局に、マルチパス等化装置 A (周波数領域処理のダイバーシティー受信装置を単ブランチ化したもの) の実用機を長良局に導入して、実運用を開始した。

(iii) 同一チャンネル干渉除去装置

変調内容が異なる同一チャンネルの ISDB-T 波やアナログ放送波の混信対策として、アレー技術を応用した同一チャンネル干渉除去装置の研究を 2001 年に開始した。当初は、SP を基準信号とする MMSE (Minimum Mean Square Error) 規範に基づく OFDM アダプティブアレーについて理論検討およびシミュレーションによる特性評価を行った⁽¹⁴⁰⁾。2002 年は試作機を開発し、2003 年には、宮城県本吉局*、長谷山局*、須恵局*、今帰仁局で野外実験⁽¹⁴¹⁾ を実施した。一方、基準信号に SP を利用すると、希望波と干渉波 (異内容 ISDB-T 波) の SP の受信タイミングが近接した場合に干渉を除去できなくなる現象が発生するため、合成後のキャリアシンボルの硬判定値を基準信号とし、さらに低 DU 比時のミスキャプチャーを防ぐために隣接するキャリアの重みも参照する「合成-比較-選択に基づく判定指向型の OFDM アダプティブアレー」を考案し⁽¹⁴²⁾、試作機を開発した。2004~2005 年は、みやぎ実験局で約 1 年間の長期検証実験を行った⁽¹⁴³⁾。2006 年は、希望波と干渉波のブランチ間の位相差の違いを利用して干渉波を除去する従来の動作モードに加え、DU 比の違いを利用する補助アンテナモードを考案し、シミュレーション⁽¹⁴⁴⁾ と実験⁽¹⁴⁵⁾ で、基本特性と有効性を確認するとともに、実用機への実装を行った。青森県の八戸局を皮切りに 2007 年からこの装置の導入・実運用を開始している。また、この装置を導入した白石局では、到来角度差が約 1.4 度という極めて厳しい条件下でも、安定して高い改善効果が得られている (図 3.14)。

(iv) ガードインターバル越えマルチパス等化装置

ガードインターバル (GI) 越えマルチパスの対策として、等化技術の研究を 2000 年に開始した。当初は、FFT 前の時間領域で等化する方法 (Pre-FFT 型)⁽¹⁴⁶⁾ を



図 3.13 長良局に導入された回り込みキャンセラー (口絵参照)

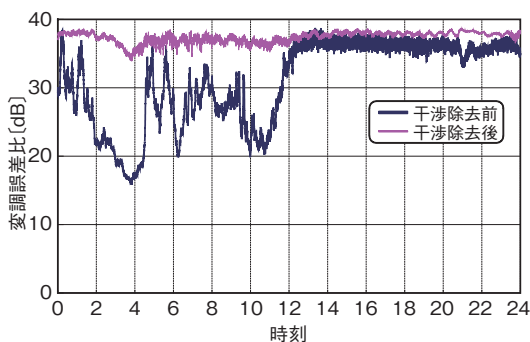


図 3.14 白石局における同一チャンネル干渉除去装置の改善効果

検討し、2003 年までに試作機の開発と室内、野外実験^(147,148)による性能検証を行った。その後、GI 越えの遅延波だけではなく、先行波によるマルチパスも同時に等化する必要が生じたため、FFT 後の周波数領域で等化する方法(Post-FFT 型)の検討を進めた。2003 年は、GI を含む複数シンボル期間を一括して FFT し、周波数領域で等化する方式⁽¹⁴⁹⁾を考案して、試作機を開発した。その後の 2006 年に、淡路島北西部で収録したデジタル難視の受信信号データを実験室で再生し、Post-FFT 型の試作機で等化したところ、顕著な改善が確認されたことから、難視の原因が GI 越えマルチパスであると判明し、この技術に注目が集まった。また、放送波中継用補償器としてのニーズもあったことから、試作機の仕様を共通仕様として提案し、2007 年 3 月改定の「地上デジタル放送用送信設備共通仕様書」(オレンジブック)⁽¹⁵⁰⁾にマルチパス等化装置 C として採用・記載された。2007 年は、大型船舶からの反射波で GI 越えマルチパスが発生していた岐阜県土岐南局で、試作機を用いた野外実験を行い⁽¹⁵¹⁾、効果を確認するとともに、実用機を開発を行った。2008 年は実用化対応として、高知県土佐町局など 5 地点で野外実験を行い、効果を確認した。2009 年には、鹿児島県串木野局や高知県土佐町局などに実用機が導入されて、実運用が開始された。

以上の研究は、佐々木誠、渋谷一彦、阿良田洋雄、中原俊二、濱住啓之、今村浩一郎、居相直彦、岡野正寛、村山研一、横畑和典、木村 智、安藤嘉高、竹内知明、片山洋平、神原浩平、成清善一が主に担当した。

[渋谷 一彦]

(3) 移動受信技術

移動受信は無線伝送のメリットを生かせる利用形態である。日本の地上デジタル放送 ISDB-T は、13 個のセグメントのうち中央部の 1 セグメントを用いて、変調方式や誤り訂正などの伝送パラメーターを、移動受信向けに設定してワンセグを実現している。一方、車載受信機などを用い、より大型画面で、移動中でもハイビジョン

放送を受信したいとするニーズにこたえるため、家庭での固定受信を想定した 12 セグメントにおいても安定に移動受信するための研究を行ってきた⁽¹⁵²⁾。

移動受信環境は極めて劣悪なため、移動体向けにより多くの情報を伝送するためにはさまざまな工夫が必要である。地上デジタル放送の本放送が開始されるまでの 2000 年から 2002 年は、東京や仙台に設置されたパイロット実験局を利用し、移動受信時の電界強度や遅延プロファイルの変動を測定し、移動受信特性改善のための基礎データを収集・分析した^(153,154)。なお、2001 年には東日本旅客鉄道(株)(JR 東日本)と共同で新幹線や在来線での受信実験を行い、電車内での伝送特性について基礎データを収集し解析した⁽¹⁵⁵⁾。

2003 年には、キャリアごとに最大比合成を行うスペースダイバーシティー受信方式について装置を試作し、この装置を用いてハイビジョンの野外移動受信実験を行った⁽¹⁵⁶⁾。4 本の受信アンテナを用いることにより、市街地で安定したハイビジョンの移動受信が可能なることを確認した^(157,159)。2004 年には伝送路推定に 1 シンボル推定を用いることにより高速移動受信時の特性を改善する方式を検討し、試作機による室内実験により時速 200 km 程度でも受信可能なることを確認した^(158,160)。2005 年には、名古屋および関東でハイビジョンの移動受信エリアを調査した。2 ブランチであれば電界強度 80 dB μ V/m 以上、4 ブランチであれば 75 dB μ V/m 以上で受信率 90% 以上が得られることを確認した^(161,162,164,165)。

さらに 2005 年には、より高速な新幹線(時速 300 km 程度)などでも安定に移動受信可能な方式として、アレーアンテナ(アレー素子数は最大 8)を用いた方式の開発に着手した⁽¹⁶³⁾。2006 年から 2008 年にかけて、単一指向特性の固定ビームを形成するもの、適応的にビームパターンを複数形成する M-MSN (Multiple-Maximum Signal-to-Noise ratio) 方式によるものなどを考案し、計算機シミュレーションや実機による検討を進めた⁽¹⁶⁶⁻¹⁷²⁾。

2009 年には、より広いエリアで受信できるようにするため、8 ブランチスペースダイバーシティー受信技術と、ビタビ復号とリードソロモン復号を繰り返して誤り訂正能力を向上させる技術を組み合わせた受信方式「繰り返し復号型 8 ブランチスペースダイバーシティー受信」について、計算機シミュレーションにより研究を進めた。従来の 4 ブランチスペースダイバーシティー受信技術と比べて、8 ブランチスペースダイバーシティー受信により約 4 dB、繰り返し復号により所要 CN 比が約 2 dB 改善し、合計約 6 dB 改善することを確認した^(173,174) (図 3.15)。

以上の研究は、森山繁樹、渋谷一彦、中原俊二、高田

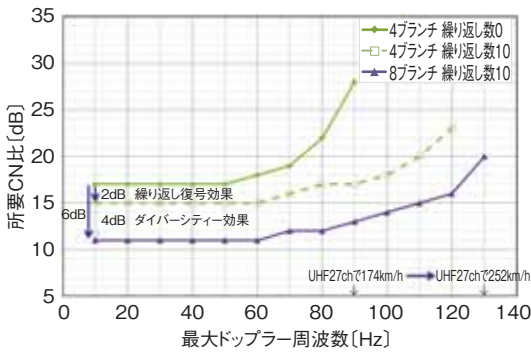


図 3.15 繰り返し復号型 8 ブランチスペースダイバーシティーの移動受信特性

政幸、濱住啓之、土田健一、岡野正寛、横畑和典、神原浩平、木村 智、山崎雷太、成清善一が主に担当した。

〔高田 政幸〕

(4) 受信環境改善

(i) 再送信技術

ビル陰などの都市難視対策としてギャップファイラーと呼ばれる微小電力再送信の研究を 2000~2002 年にかけて行った⁽¹⁷⁵⁻¹⁷⁷⁾。また、2002~2003 年には室内や地下街などの閉空間へ漏えい同軸ケーブルを使用し地上デジタル放送を再送信するため、空間内の電界強度を変動させる装置の開発と実験を行った⁽¹⁷⁸⁾。

以上の研究は、高橋浩一郎、土田健一、居相直彦、渋谷一彦が主に担当した。

(ii) 家庭用干渉除去技術

地上デジタル放送の送信所の設置に伴って、受信電界が充分高いにもかかわらず、同じ周波数を使用している遠方の送信所から飛来した電波による同一チャンネル干渉によって受信不能となるケースが発生し、2007 年より家庭用干渉除去技術の研究を開始した。2008 年には、伝送路歪みを含む再変調時間領域信号を参照信号とするアダプティブアレー技術を開発した⁽¹⁷⁹⁾。この技術は、回路構成が比較的簡単で、劣悪な受信環境でも改善効果を得ることができる。2009 年には、試作機を用いて野

外実験を実施し、開発した技術の性能を検証した (図 3.16)。

以上の研究は、竹内知明、田口 誠、薮 拓也、濱住啓之、渋谷一彦、前田幹夫、本田稔が主に担当した。

(iii) ガードインターバル越えマルチパス等化技術

山腹からの反射などにより発生するガードインターバル (GI) を越えた遅延波妨害の対策に向けて、2006 年に GI 越えマルチパスの調査を行った。2007 年は、複数シンボル期間にわたって OFDM 信号を一括して FFT し、周波数領域でマルチパスによる信号歪みを等化する技術⁽¹⁸⁰⁾の実験を行った⁽¹⁸¹⁾。2008 年から 2009 年は、一般家庭用受信機への適用を考慮し、受信電界が低く、低 DU 比の近接マルチパスが多数存在するような劣悪な受信環境でも安定に動作するように、等化アルゴリズムの改善を行うとともにハードウェアを試作し有効性を検証した。

以上の研究は、竹内知明、今村浩一郎、斉藤正典、濱住啓之、渋谷一彦が主に担当した。

〔濱住 啓之〕

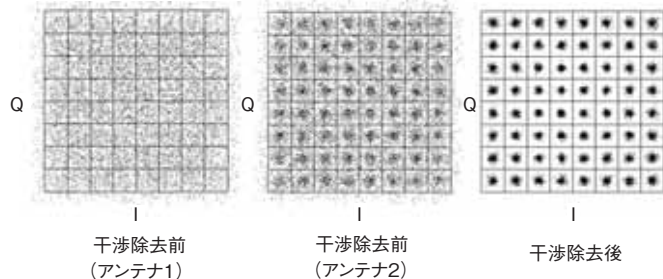
(5) UHF 帯小型アンテナ技術

地上デジタル放送のサービスの 1 つであるワンセグの受信改善のために、携帯端末に内蔵可能で地上デジタル放送の全帯域をカバーする小型アンテナの研究を 2006 年から行った。携帯端末などに内蔵できるように、占有する空間を非常に小さくする構造で、8 の字の放射パターンを維持しつつ、自己共振する小型アンテナを設計した⁽¹⁸²⁾。アンテナの導線部は 1 本の線状の導体で構成し、携帯端末の各側面各辺において適切な間隔で周方向に折り返す構造とすることにより電気長を長くとることができる⁽¹⁸³⁾。地上デジタル放送の最も低い周波数にあたる 470 MHz で共振するアンテナを開発し、測定により電気特性を明らかにした⁽¹⁸⁴⁻¹⁸⁷⁾。また、高次モードにおける電流分布、および放射パターンについても検討し、多周波アンテナとして有用であることを示した⁽¹⁸⁸⁾。

さらに、折り返し型方形ループアンテナの高次モード



(a) 実験風景



(b) 干渉除去前後の信号のコンスタレーション

図 3.16 愛媛県川内地区での干渉除去実験



図 3.17 試作した折り返し型方形ループアンテナ (口絵参照)

を低周波数化し、地上デジタル放送の帯域内で複数の高次モードを利用するために、方形のループ形状で短辺における折り返し回数よりも長辺における折り返し回数を増やしたアンテナを開発した⁽¹⁸⁹⁾。各高次モードを地上デジタル放送の帯域において均等に配置し、アンテナパラメーターを最適化することで利得改善を行った⁽¹⁹⁰⁾。その複数のモードを利用するために入力部に電子同調回路を開発し、地上デジタル放送の全帯域をカバーできることを測定結果により確認し⁽¹⁹¹⁾、地上デジタル放送の帯域内において $-2\sim-6$ dBi のアンテナ利得を得ることを確認した⁽¹⁹²⁾。

また、アンテナを筐体に内蔵することを目的とし筐体の比誘電率を考慮したアンテナを開発した (図 3.17)。アンテナを低姿勢化しつつ、電子同調回路と組み合わせることで地上デジタル放送の全帯域をカバーすることを測定により確認した⁽¹⁹³⁾。

以上の研究は、小郷直人、中澤 進、岩崎 徹、田中祥次、正源和義、長坂正史が主に担当した。

[小郷 直人]

(6) ワンセグ高度化

(i) ワンセグの実用化

2002 年以降、地上デジタルテレビジョン放送 (ISDB-T) の 1 セグメントを用いた携帯端末向けサービスであるワンセグを実用化するうえで課題となる携帯・移動受信環境におけるサービスエリアの推定、サービスエリアに対する伝送パラメーターの最適化、および受信改善について研究を進めた。2002 年は東北、名古屋、大阪 3 か所の通信・放送機構 (TAO) の地上デジタル放送共同利用施設を、2003 年 12 月に地上デジタル放送が開始された後は東京および名古屋の親局の電波を利用し、地上高 1.5 m の電界強度と受信誤り率を測定し、携帯・移動受信環境におけるサービスエリアを推定するための基礎データの収集・解析を進めた⁽¹⁹⁴⁻²⁰⁸⁾。2005 年からは翌

年 4 月のサービス開始に向け、ワンセグの移動受信特性と受信エリアに着目した伝送パラメーターの最適化検討を行った。その結果、時間インターリーブ長は ARIB 標準規格のうち $I=4$ (約 0.4 秒) が望ましいこと⁽¹⁹⁹⁾、また変調と符号化率については、伝送容量の拡大を目指し、QPSK (2/3) は QPSK (1/2) よりガウス雑音で約 2 dB、フェージング下で約 4 dB 劣るものの、実受信環境においては QPSK (2/3) もワンセグサービスに利用可能であることを明らかにした⁽²⁰⁰⁾。この結果からワンセグの本サービスは、QPSK (2/3)、 $I=4$ で運用されている。2006 年には、ワンセグの都市部での携帯移動受信の電界強度とサービスエリアの関係⁽²⁰¹⁾と、2 ブランチのスペースダイバーシティー受信にすれば、移動受信でも固定受信のサービスエリア全域で受信可能であることを明らかにした^(200,202,203)。

(ii) ワンセグ連結再送信方式 (東セグ)

地下街や山間部の難視地区など地上デジタル放送の電波が直接届かない場所においてもワンセグを受信できるようにするために、2006 年に複数の放送局のワンセグ信号を連結して再送信するワンセグ連結再送信方式 (東セグ) を提案し、この方式を用いた装置を開発した⁽²⁰⁴⁾ (図 3.18)。ワンセグ連結再送信は、各放送局のデジタル放送波を受信して抽出し、地上デジタル音声放送で規格化された技術を利用して最大 13 個のワンセグ信号を束ね、受信波とは別の 1 チャンネルで再送信する方式である。束ねるのは放送局のワンセグだけでなく独自放送のワンセグとすることも可能である。2007 年は、富山県南砺市 (世界遺産相倉合掌造り集落) と札幌の地下街で実験電波を放射し、ワンセグ連結再送信の実験を行い、難視対策のケーブルテレビ地区において、ケーブルテレビへの干渉を起こすことなくワンセグサービスが可能であること、地下街でのワンセグサービスも可能であることを実証した⁽²⁰⁵⁻²¹⁰⁾。

以上の研究は、渋谷一彦、森山繁樹、中原俊二、中村直義、高田政幸、土田健一、古田浩之、居相直彦、岡野正寛、高橋浩一郎、木村 智、神原浩平、成清善一が主に担当した。

[岡野 正寛]



図 3.18 ワンセグ連結再送信装置 (口絵参照)



図 3.19 緊急地震速報の展示 (2009 年技研公開) (口絵参照)

(7) ワンセグ端末の自動起動

(i) 緊急警報放送によるワンセグ端末の自動起動

緊急警報放送は、テレビやラジオなどの受信機を自動的に起動して地震や津波などの災害情報を届ける放送システムである。ワンセグ携帯受信機を自動起動させるための研究を 2005 年から 2007 年にかけて実施した。緊急警報放送の受信機能をワンセグ端末に搭載するには、TMCC 信号の中の緊急警報放送用起動フラグ (Bit 26) を常時監視する回路の消費電力を極力小さくする必要がある。このため、Bit 26 のみを間欠的に受信する受信機を試作し、チューナー部の消費電力を連続待ち受け動作の消費電力に比べて約 1/10~1/50 に低減できることを確認した⁽²¹¹⁻²¹³⁾。

以上の研究は、田口 誠、古田浩之、濱住啓之、伊藤泰宏、渋谷一彦が主に担当した。

(ii) 緊急地震速報によるワンセグ端末の自動起動

緊急地震速報は、地震の発生直後に震源付近の地震計で得られたデータから地震の規模や震源の位置を推定し、震源から離れた地域に大きな揺れが来る前に情報を伝えるものである。気象庁は日本全国のどこかで震度 5 弱以上の揺れが予想されるときに緊急地震速報を発表する。

受信機をすばやく起動して緊急地震速報を提示する手段として、符号化した緊急地震速報の地域情報や震源情報をワンセグの AC (Auxiliary Channel) を使って伝送する技術方式の研究を 2007 年から 2009 年に行った^(214, 215)。方式開発を進めると同時に、省令・告示の改正や ARIB 規格化への寄与を行った⁽²¹⁶⁻²¹⁸⁾。また、規格化された技術方式に準拠した送出装置とワンセグ受信機を試作した (図 3.19)。

以上の研究は、田口 誠、村山研一、古田浩之、濱住啓之、高田政幸、渋谷一彦が主に担当した。

[濱住 啓之]

3.2.5 VHF 帯マルチメディア放送

2008 年、アナログ放送終了後の VHF 帯 1~3 チャンネル (VHF-Low 帯) を使用する携帯端末向けのマルチメディア放送方式の検討を進めた。2008 年 10 月、NHK は、ラジオ事業者などと 17 者共同で、情報通信審議会放送システム委員会が公募した「携帯端末向けマルチメディア放送に関する技術方式」に、VHF-Low

帯に適用する放送方式の提案を行った。この方式は、既存のデジタル音声放送方式 (ISDB-T_{SB}) をベースに、「標準テレビと同じ 30 フレーム/秒を可能にする」、「ダウンロード方式を追加する」などの改良を加えたものである。

携帯端末向けマルチメディア放送 (以下、MM 放送) の置局条件については、VHF-Low 帯と隣接業務となる FM 放送との干渉について室内実験による調査を行った。MM 放送から FM 放送への干渉については、11 台の既存 FM 受信機を用いてガードバンドに対する許容干渉 DU 比を求めた。また、FM 放送から MM 放送への干渉については、試作受信機を用いて許容干渉 DU 比を求めた。これらの結果から混信保護比を導き出し MM 放送の置局条件として情報通信審議会放送システム委員会の審議に寄与した⁽²¹⁹⁾。

2009 年、VHF-Low 帯を使用する携帯端末向けマルチメディア放送の放送波ダウンロード機能の検討を進め、DSM-CC データカラーセル方式を用いた伝送方式を開発し、試作受信装置を用いて伝送特性の評価を行い、移動受信環境におけるカラーセル回数をパラメーターとする受信 CN 比対蓄積率を明らかにした。また、データカラーセル方式により複数回送信されるコンテンツの予約蓄積を効率良く実現するため、コンテンツ配信スケジュールを管理するテーブルを定義し、対応する携帯型受信装置を試作した。さらに、屋外での実移動環境における放送波ダウンロードの伝送特性を把握することを目的に、技研の屋上に VHF-Low 帯のマルチメディア放送の伝送方式に準拠した実験試験局の整備を行った。また、2009 年 11 月、VHF 地上デジタル音声放送のプランニング基準に関する ITU-R 勧告 BS. 1660-3 に、周波数 100 MHz の ISDB-T_{SB} の回線設計と、ISDB-T_{SB} の保護を目的とする隣接の航空移動ルート業務の最大許容干渉電界強度を追加した⁽²²⁰⁾。

以上の研究は、黒田 徹、渋谷一彦、中原俊二、高田政幸、土田健一、岡野正寛、横畑和典、実井 仁が主に担当した。

[中原 俊二]

3.2.6 次世代地上デジタル放送

(1) 次世代地上大容量伝送

地上放送においても、スーパーハイビジョンをはじめとする大容量コンテンツを放送するため、現行の ISDB-T の特長を継承しつつ、次世代の地上デジタル放送方式の研究開発を 2007 年から開始した。現行の ISDB-T 方式では、OFDM 信号の 1 つのキャリアシンボルで最大 6 ビット (信号点の数は 64 個) の情報を伝送している。これに対して、1 つのキャリアシンボルで最大 10 ビット (信号点の数は 1024 個) の情報を伝送することを目的

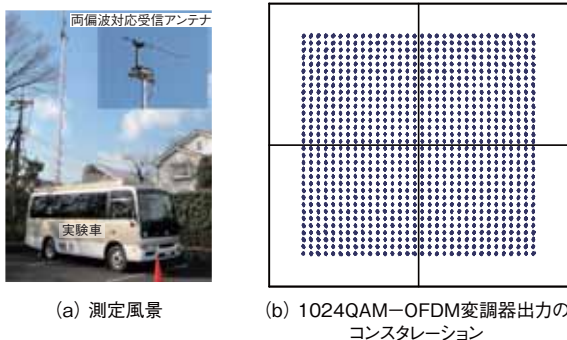


図 3.20 1024 QAM-OFDM 波による大容量伝送の野外実験



図 3.21 移動体携帯端末向け次世代地上デジタル放送の実験装置 (口絵参照)

に、2008年に超多値 OFDM の実験装置を試作して室内実験を実施し、実現性を確認した。2009年、ISDB-T の信号形式を基本として、キャリア変調方式に 256 QAM、512 QAM、1024 QAM を追加した新たな変復調器 2 系統を試作するとともに、水平、垂直両偏波の送信が可能な実験局を開局して野外実験を実施した (図 3.20)。実験の結果、帯域幅 5.6 MHz、キャリア変調方式 1024 QAM、符号化率 3/4、片偏波使用で送信した 33 Mbps (TS レート) の映像情報を、電界強度が 58 dBf の受信点において、正しく受信できることを確認した。さらに、野外実験で取得した両偏波の伝送特性を用いて、偏波 MIMO (Multi-Input Multi-Output) 伝送の計算機シミュレーションを実施し、MMSE やゼロフォーシングアルゴリズムの性能を検証した。また、本格的な偏波 MIMO 伝送の野外実験を実施するため、試作装置の改修を進めた。OFDM に代わる新たな伝送方式として検討を進めているトランスマルチプレクサーに関しては、シンボルタイミングと周波数の同期方式を考案し、シミュレーションによってその有効性を確認した⁽²²¹⁾。

以上の研究は、村山研一、竹内知明、田口 誠、部 拓也、横畑和典、濱住啓之、渋谷一彦が主に担当した。

[濱住 啓之]

(2) 移動体携帯端末向け次世代地上放送

移動体端末、携帯端末でもハイビジョン画質程度の高精細な映像を固定受信エリアと同程度の広いエリアに送ることができる次世代の移動体携帯端末向け地上デジタル放送の伝送方式の開発に 2008 年から着手した。ISDB-T をベースとして、その伝送方式を変更することで特性を向上させる技術として、回転型シンボルマッピング、ターボ符号や LDPC 符号などの各種誤り訂正符号の検討を行った^(222, 223)。この研究は、(株)KDDI 研究所との共同研究として実施した。また、欧州の DVB-H、DVB-T 2、米国の ATSC-M/H などの伝送方式の調査を行った。2009 年には次世代方式の要求条件をまとめ、2×1 の MIMO 伝送、STBC (時空間ブロック符号)、畳

み込み符号/ターボ符号とリードソロモン (RS) 符号との接続符号を使った実験仕様の伝送方式について計算機シミュレーションを行い、実験装置の 1 次試作を行った (図 3.21)。

以上の研究は、渋谷一彦、中原俊二、高田政幸、土田健一、岡野正寛、横畑和典、実井 仁、成清善一が主に担当した。

[高田 政幸]

3.2.7 ケーブル伝送技術

(1) ISDB-C

衛星および地上波によるデジタル放送 (ISDB-S および ISDB-T) をケーブルテレビ (CATV) に効率良く再送信することを目的に、1999 年より ISDB-C (ISDB for Cable) の開発を行ってきた。技研で開発した複数 TS 伝送方式により BS デジタル放送を効率良く再送信する方式について、2000 年にはヘッドエンド装置や STB (セットトップボックス) を試作して渋谷の放送センターで行われた「BS デジタルフェア」などで実証実験を行い、また電通技審答申⁽²²⁴⁾に寄与するなど、規格化と実用化に取り組んだ。

複数 TS 伝送方式について (社) 日本 CATV 技術協会 (JCTEA) での標準化や ITU-T での勧告化にも寄与し、2000 年 6 月には JCTEA で多重化装置などの標準規格⁽²²⁵⁻²²⁷⁾が発行され、2001 年 3 月には ITU-T で勧告 J. 183 として勧告化された⁽²²⁸⁾。また、日本ケーブルラボでの仕様統一に貢献した。

以上の研究は、宮沢 寛、村上清志、小山田公之、前田幹夫、中村直義、倉掛卓也が主に担当した。

(2) ケーブル伝送の高度化

1999 年 5 月の電通技審答申で「ケーブルテレビの高度化」の方向性が示され、2000 年 4 月に通信・放送機構 (TAO) 横浜次世代ケーブルテレビリサーチセンター、

2000年6月に日本ケーブルラボが設立された。これに対応して技研でもケーブルテレビの高度化に向けて高効率伝送と双方向サービスに関する研究を開始した。

高効率伝送に関して2000年より3年間上記TAOリサーチセンターと共同研究を行った。2001年には、受信機でタイミング再生や伝送路等化を正確に精度良く行うためトレーニング期間とデータ伝送期間を含むフレーム構成を導入した1024 QAM方式について、各種固定劣化量をシミュレーションにより定量的に把握した^(229, 230)。2002年には実施施設伝送路を利用したソフトウェア復調実験を行い⁽²³¹⁾、それらの知見をもとに変復調装置を試作し伝送実験を行った^(232, 233)。さらに、4096 QAMへの拡張⁽²³⁴⁾や、OFDM信号からの非線形歪みの影響^(235, 236)の検討を行った。

並行して、ケーブルテレビの国際規格であるITU-T勧告J. 83 Annex Cの64 QAMから1024 QAMに拡張した方式について検討を進めた。この方式は、前述のフレーム構成を導入した1024 QAM方式からさらなる大容量化を目指し、1024 QAMでも64 QAMと同様にブラインド等化(トレーニング系列不要の等化)を可能にする方式である。2002年には搬送波(キャリア)再生およびブラインド等化のアルゴリズムの改善を行い、シミュレーションで効果を確認した⁽²³⁷⁾ (図 3.22)。2003年にはハードウェアを試作して実際のケーブルテレビ伝送施設で伝送実験を行い^(238, 239)、さらに、チューナーの位相雑音の影響を軽減する手法を開発し、6 MHz帯域幅でBSデジタル放送の1中継器分の情報(52.17 Mbps)の伝送が可能であることを実証した^(240, 241)。

2000年にはケーブルテレビを介した番組リクエストサービスにおいて、多数の視聴者によるアクセスを可能にするネットワーク帯域制御手法に関する検討も行い、キャッシュ方法⁽²⁴²⁾やキューイング方法を開発した。

以上の研究は、村上清志、小山田公之、山本真、中村直義、山本正男、倉掛卓也が主に担当した。

(3) FTTH ベースバンド伝送

2003年度末には100万契約を突破しさらなる普及の見込まれたFTTH(Fiber To The Home)を、電波による放送ネットワークの補完に用いるなど放送サービスに活用する技術が注目を集めていた。技研では2004年より、映像信号を光で加入者まで分配伝送する際に、伝送設備コストの低減や広帯域サービスへの柔軟な対応を目指して複数のMPEG-2 TSを時分割多重(TDM)してベースバンド信号(2値のデジタル信号)で伝送する技術の検討を開始した。FTTH技術は、IP伝送技術により通信と放送の両方を単一の光信号で伝送する方法とは異なり、通信と放送では異なる波長の光信号を用いておのおのを独立に伝送するものである。



図 3.22 等化後の 1024 QAM コンスタレーション



図 3.23 FTTH ベースバンド伝送方式実験システム (口絵参照)

FTTH ベースバンド伝送で多チャンネルの映像信号を分配するための要求条件を検討し、JCTEA や ITU-Tでの標準化活動に反映させた^(243, 244)。要求条件の検討をもとに方式の検討を進め、2005年にはイーサネットのフレームを活用して MPEG-2 TS を効率良く多重伝送する方式⁽²⁴⁵⁾と、ケーブル用 TS 多重フレーム (ITU-T J. 183) を拡張して帯域の利用効率を高めて伝送する方式の 2 種類の FTTH ベースバンド伝送方式⁽²⁴⁶⁾を開発した (図 3.23)。さらに 2006 年には、上記 2 方式について、チャンネル選択機能や誤り訂正機能などを実装した送信機、STB の開発を行い、伝送特性や遅延時間、チャンネル切り替え時間などの測定を行い、提案システムがケーブルテレビシステムとして要求条件と整合することを実証した⁽²⁴⁷⁻²⁴⁹⁾。また、光伝送部分のモデル化を行い、従来の周波数分割多重(FDM)による放送分配システムとのコスト比較を行った。光増幅器の単価が光分配器と比べて大きい場合、TDM 方式のコストは FDM 方式の 1/4~1/5 となることを明らかにした^(250, 251)。

FTTH ベースバンド伝送は、光伝送設備の低廉化が可能、新たな広帯域サービスも柔軟に多重可能、といった利点があるが、光配線のない建物内の伝送手段が課題であった。そこで FTTH からの映像信号を建物内の同軸ケーブル(アンテナ線など)を利用して伝送する技術の開発を 2007 年より開始した。2008 年には、市販の受信機で受信できるように、光ファイバーで送られてきた複数のデジタル放送信号(MPEG-2 TS)を建物の入り口で TS ごとに分割し、再変調して伝送する方式について、

再変調装置側のPLL(Phase Locked Loop)の数を削減する工夫やアナログ部品点数を削減する工夫などを盛り込み低廉化を目指した装置を試作し、室内伝送実験を行った^(252, 253)。広帯域サービス対応の特長を生かした複数のMPEG-2 TSをまとめて伝送する方式については、要求条件の整理や方式の検討を進め、2009年には、要求条件を満たせる方式について報告⁽²⁵⁴⁾するとともに、マルチキャリア伝送の伝送路周波数特性の推定方法を工夫して、直流オフセット対策のハイパスフィルターがある場合の等化誤差を低減する手法を開発した⁽²⁵⁵⁾。

以上の研究は、小山田公之、中村直義、岡野正寛、日下部武志、倉掛卓也が主に担当した。

[倉掛 卓也]

3.2.8 光伝送技術

伝搬距離は短いが広帯域信号伝送に必要な帯域を確保しやすいミリ波帯の電気信号を、光信号に変換して光ファイバーで伝送することでケーブルテレビを補完する技術の開発を行った。

光位相変調器および導波路型光フィルターの組み合わせにより発生させたミリ波帯光副搬送波と、光強度変調器から出力される放送波光信号を同時に伝送する変調方式を考案し、2002年に、UHF帯の8チャンネルの放送波の光ファイバー伝送実験を行った⁽²⁵⁶⁾。2003年には、光強度変調器の代わりに光SSB(Single Sideband)変調器を用いて、ミリ波光伝送後のCN比を改善する方法を開発した⁽²⁵⁷⁾。2004年には、SSB変調器のバイアス設定手法を開発し⁽²⁵⁸⁾、光伝送後の40GHz帯のミリ波のCN比を改善した。さらに、自己ヘテロダイン方式による40GHz帯ミリ波受信機を開発し、従来方式よりも検波感度を10dB改善し⁽²⁵⁹⁾、無線実験局を用いて技研構内で屋外実験を行った(図3.24)。

2004年には、茨城県の光通信網に地上デジタル放送を波長多重伝送する実験を行い、通信と放送を波長多重



図3.24 光ファイバーとミリ波による屋外伝送

伝送したときに光ファイバーの非線形性によるクロストーク妨害の影響を明らかにした⁽²⁶⁰⁾。さらに、分布型ラマン増幅技術を地上デジタル放送波の多波長伝送に適用して300kmの無中継伝送を行い、通常の光増幅器に比べてCN比を改善できることを示した⁽²⁶¹⁾。

以上の研究は、小山田公之、渋谷一彦、前田幹夫、遠藤洋介、鈴木健児、中戸川剛が主に担当した。

[小山田 公之]

3.2.9 マイクロ波ミリ波伝送技術

(1) 60GHz再送信技術

安価で高品質な集合住宅用共聴システムへの応用を目指し、60GHz帯電波を用いた放送波再送信システムを、2002年から営業局受信技術センターと連携し検討を進めた。このシステムは、BSや地上デジタルの放送波を60GHz帯へ周波数変換して再送信する。再送信システムの送受信機に低廉な回路を用いても、60GHz帯での周波数漂動や位相雑音の影響によって放送波の品質が劣化しないようにするため、マスプロ電工(株)および(株)村田製作所との共同研究を実施した。再送信波にパイロット信号を重畳して周波数漂動や位相雑音を低減する方式を検討し、この方式の60GHz帯再送信装置を試作した。装置試作の結果、BS共同視聴システムの所要性能である周波数漂動 ± 1.5 MHz以内を満足できることを確認した。さらに、BSデジタルおよび地上デジタル放送波を再送信した場合のビット誤り率特性を測定した結果、固定劣化量は0.5dB以下が得られ、デジタル放送の再送信が可能であることを確認した^(262, 263)。

以上の研究は、清水隆司、杉之下文康、野本俊裕、川口俊介、九鬼孝夫が主に担当した。

(2) ミリ波放送システム

ミリ波の広帯域性を利用した将来の放送システムの検討を継続した⁽²⁶⁴⁾。移動体での受信を想定し、道路場所率(サービスエリア内の全道路面積に対する受信可能な道路面積の比)を、建物の形状や高さの情報をもつ3次元の住宅地図データを用いて計算した。建物や道路の分布が異なる都内3地域について計算した結果、いずれも500m四方のエリアに最大で10局程度の送信局を設置すれば、90%の場所率を確保できることがわかった⁽²⁶⁵⁾。そこで、周波数を21GHz帯として、世田谷区砧地区での移動伝搬実験を行った。住宅地域では、建物などからの反射波を受信する場合でも、希望波に対する干渉波の相対遅延時間が ± 100 ナノ秒以内である場合が90%以上であった⁽²⁶⁶⁾。これより、指向性アンテナを用いた受信に加え、 ± 100 ナノ秒程度のガードインターバルをもつOFDMを導入すれば、多重路伝搬環境でのミリ波放送の場所率を改善できることがわかった。

以上の研究は、古田浩之、村上賢司、杉之下文康、

中川孝之が主に担当した。

(3) 液晶を用いたマイクロ波ミリ波機能デバイス

液晶の誘電率が制御電圧の印加により変化することに着目し、伝送特性を電子的に制御できるマイクロ波ミリ波デバイスの検討を継続した。2001年は、液晶をマイクロストリップ線路の誘電体基板として用いたマイクロ波可変遅延線の性能改善を継続した。多孔質樹脂に液晶を含浸させた材料を新たに開発し、これを可変遅延線の液晶層へ用いることにより、遅延時間制御の応答時間を従来よりも2けた程度高速にする(33ミリ秒)ことができた⁽²⁶⁷⁾。次に、ミリ波の伝搬方向を電子的に制御できる液晶ミリ波ビームフォーマー(ミリ波帯の可変電波レンズ)の研究を進めた。このビームフォーマーは、液晶の誘電率を制御する電極と多孔質樹脂に液晶を含浸させた液晶層を交互に積層した構造で、各電極間の制御電圧を調節して液晶層の誘電率を変化させることにより、ミリ波伝搬方向を制御できる。2002年には、60 GHz電波の伝搬方向を1次元的に約±16度を走査できるデバイスを試作した⁽²⁶⁸⁾。2004年には、縦±10度、横±5度の2次元走査ができるデバイスを試作した⁽²⁶⁹⁾。またこれと並行し、ビームフォーマーの挿入損失の理論検討を進め、損失を約1/30に低減する可能性を示した⁽²⁷⁰⁾。

以上の研究は、鴨田浩和、九鬼孝夫、藤掛英夫、野本俊裕が主に担当した。

[杉之下 文康、九鬼 孝夫]

3.3 多重化

3.3.1 データ放送多重化技術

2000年には、12月に開始されたBSデジタル放送の直前まで、「BSデジタル受信機テストセンター協議会」に参画し、テストストリーム作成、試験電波発射に協力



図 3.25 東京パイロット実験データ放送移動受信調査

した。

BS デジタル放送開始以降は、移動受信時の誤り劣化対策、ワンセグ用携帯端末向け狭帯域伝送など、地上デジタル放送のデータ多重方式の検討を進めた。

2001年12月に東京パイロット実験フェーズ3の1つとして、データ放送伝送実験を行った^(271, 272)。東京タワーから試験電波を発射し、携帯端末受信を想定した歩行・自動車走行などの移動時における狭帯域データ放送サービスの受信特性を、都内数か所で測定した(図 3.25)。その結果、受信状態の悪い所では、データ放送コンテンツの取得・提示までの時間が著しく増大することがわかった。データ放送は、視聴者がどのタイミングでデータ放送サービスにアクセスしても、ある待ち時間後には提示できるように、繰り返し伝送を行っている。そこで、受信状態の悪化によるパケット欠損が発生しても、繰り返しを利用してすべてのパケットを正しく受信できるパケット配列情報多重方式を提案し、データ放送取得時間の短縮化を実現した^(273, 275)。さらに、繰り返し伝送において、データ放送コンテンツ要素の配置を最適化することで、コンテンツの取得時間を短縮する多重化アルゴリズムもあわせて考案した⁽²⁷⁴⁾。これらを ARIB に提案し規格化に寄与するとともに、ITU-R 勧告 BT. 1300(地上デジタル放送のサービス多重)へも規定追加を提案し⁽²⁷⁶⁾2003年9月に改定された。

また、BS デジタル放送、地上デジタル放送などの規格化・拡張の進捗に伴い、さまざまな機能やデータ種別などが追加された。これに対応するため、SI(Service Information)の記述子タグの指定空間拡張方式を ARIB に提案し規格化された。

以上の研究は、難波誠一、大谷 明、吉村俊郎、木村武史、浜田浩行、西田幸博、青木勝典、斉藤恭一、小西宏和、上野幹大、大槻一博、戸張貴司、坂木啓司が主に担当した。

[浜田 浩行]

3.3.2 TLV 多重化技術

放送と通信が連携した新たなサービスの実現に向け、広範囲の多数の端末に安定した伝送が可能な放送伝送路における IP(Internet Protocol)パケットの伝送方式の研究を2006年から行った⁽²⁷⁷⁻²⁸⁰⁾。この結果、IPパケットを効率的に放送伝送路に多重する仕組みとして TLV(Type Length Value)多重化方式を開発した。

ARIBにおいて、2007年から検討が開始されたBSデジタル放送の高度化に際し、開発した TLV 多重化方式を提案し、蓄積型放送サービスのための多重化方式として採用された。これを受け、TLV 多重化方式は、ARIB STD-B 32 第3部「デジタル放送における映像符号化、音声符号化及び多重化方式」に記載された。また、ITU

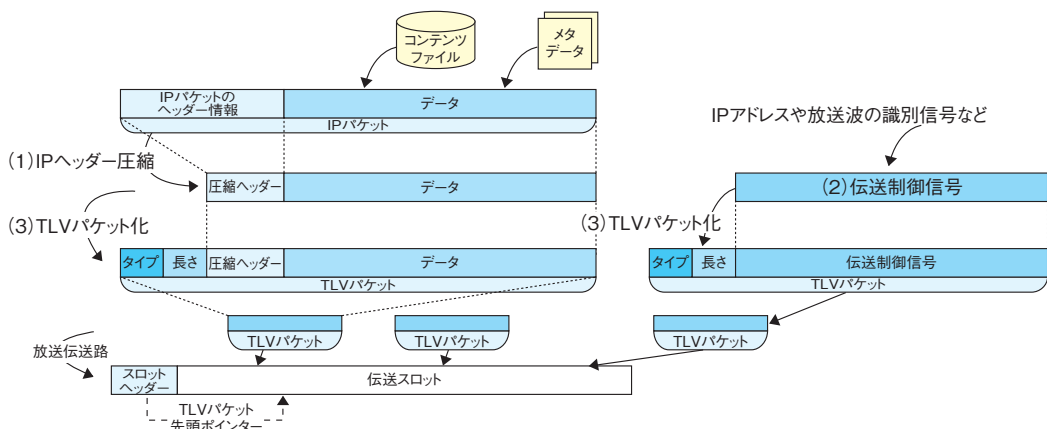


図 3.26 TLV 多重化方式を構成する要素技術

-R への寄与を行い、新勧告 BT. 1869「Multiplexing scheme for variable-length packets in digital multimedia broadcasting systems」として承認された。

IP パケットを放送伝送路に多重するには、IP パケットを MPEG-2 TS にカプセル化する方式がある。この方式を用いることで、多重化方式として MPEG-2 TS を用いる既存のデジタル放送の伝送路にも IP パケットを多重可能である。しかし、IP パケットの大きさは、一般に 1.5 キロバイト程度あり、これを 184 バイトのペイロードしかもたない TS パケットにカプセル化するため、1つの IP パケットが多数の TS パケットに分割され多重されることになる。このため、受信機が TS パケットの結合処理を必要とするほか、IP パケットのオーバーヘッドに TS パケットのオーバーヘッドが加わり、オーバーヘッドが大きくなる欠点がある。

TLV 多重化方式は、これらの欠点を改善し、より低いオーバーヘッドで効率良く IP パケットを多重する方式であり、図 3.26 に示す(1)~(3)の3つの要素技術から構成される。

(1) IP ヘッダー圧縮

IP ヘッダー情報をパケットごとに伝送せず、小さいサイズの圧縮ヘッダーに付け替える。

(2) 伝送制御信号の規定

IP パケットを多重した放送波を識別するための信号。

(3) TLV パケット化

IP ヘッダーを圧縮した IP パケットや伝送制御信号を、TLV パケットと呼ぶ単純な形式にカプセル化し放送波で伝送する。

これらの要素技術に基づく TLV 多重化方式に対応した高度衛星デジタル放送の送受信機を 2008 年に試作した(図 3.27)。試作装置を用いて IP パケットの伝送評価を行い、IP パケット伝送機能およびオーバーヘッド削減効果を確認した。



図 3.27 TLV 多重化方式対応送受信機

2009 年には、TLV 多重化方式を用いるファイル伝送方式を開発した⁽²⁸¹⁻²⁸³⁾。通信回線で個別にリクエストされたコンテンツを配信し、ニーズの高いコンテンツを放送波を用いて一斉に配信するダウンロードサービスが可能になる。通信と連携し、多様なコンテンツを放送の伝送路を用いて、より多くの視聴者に届けることができる。開発した伝送方式は、高度 BS ダウンロード放送におけるコンテンツの伝送方式として ARIB STD-B 45「高度広帯域衛星デジタル放送におけるダウンロード方式」に採用された。

以上の研究は、青木秀一、青木勝典、砂崎俊二、木村武史、田中祥次、正源和義が主に担当した。

〔青木 秀一〕

3.3.3 エンジニアリングサービス

2000 年 12 月に開始された BS デジタル放送では、デジタルハイビジョンやデータ放送などとともに、エンジニアリングサービスも開始された。エンジニアリングサービスとは、放送波により最新の受信機ソフトウェアやログデータなどをダウンロードし、受信機機能の改善や更新などを行うサービスである⁽²⁸⁴⁾(図 3.28)。この研究は、1997 年から「進化したテレビの研究」として開始した。この研究をもとに作成した NHK 方式案を ARIB に提案し、それを基本として規格が制定された^(285, 286)。

BS デジタル放送での本運用に備え、2000 年にはエンジニアリングサービスの運用が委託された(社)BS デジ

タル放送推進協会(BPA、現在は(社)デジタル放送推進協会 Dpa)に協力し、送出システム、運用方法を設計・検討した。また、「BS デジタル受信機テストセンター協議会」が実施したエンジニアリングサービスの試験電波発射にも貢献した。

並行して、110度広帯域CSの開始に向け、BS/CS 共用受信機用エンジニアリングサービスの方式拡張案を検討し、その結果を ARIB に提案し 2001 年 3 月の規格化に寄与した。この方式は、CS から SDTT (Software Download Trigger Table : ダウンロードの告知情報) を取得し、BS からダウンロードコンテンツを取得するメディア横断型ダウンロード方式となっている。

さらに BS デジタル放送開始以降、地上デジタル放送のエンジニアリングサービスの検討を開始した。エンジニアリングサービスは地上デジタル放送の置局時期を含め、全国すべての受信機で受信可能にする必要があり、NHK の総合、教育の 2 波で効率良く伝送する仕組みが求められた。また、携帯などモバイル端末向けや、将来予想される地上デジタル放送の周波数変更(リパッキング)への対応など新たな要求条件も加わった。これらを満足する方式について技術局と協力し検討を進め、方式案を ARIB に提案し 2003 年に ARIB 規格として制定された。

またケーブルテレビについては、BS デジタル放送や地上デジタル放送からダウンロードされる受信機ソフトウェアなどを、再送信されたケーブルテレビの STB でも誤りなく受信可能になるよう、ARIB の運用ガイドライン作成などにも協力した。

以上の研究は、難波誠一、木村武史、浜田浩行、中須英輔、加井謙二郎、武智 秀、小西宏和が主に担当した。

〔浜田 浩行〕

3.4 限定受信方式

2000 年 12 月の BS デジタル放送開始に向け、関連部局と限定受信(CAS : Conditional Access System)用 IC カード運用会社((株)ピーエス・コンディショナルアクセスシステムズ)に対し、運用支援などに協力した。また、衛星デジタル放送の CAS をデジタルケーブルテレビ放送やサーバー型放送に適用する検討を開始した。ケーブルテレビについては、日本ケーブルラボにおけるリマックス方式の CAS(C-CAS 方式)の規格化審議に参画し寄与した。2002 年には、従来の CAS で採用されている 3 重鍵方式をサーバー型放送へ拡張し、コンテンツ鍵を追加した 4 重鍵方式を規格⁽²⁸⁷⁾としてまとめた(4.2.2 項参照)。

ワンセグなど携帯端末向けの CAS について 2005 年から本格的な検討を開始した。携帯端末向けのデジタル放送は帯域幅が小さいため、個別情報(EMM : Entitlement Management Message)を使って受信機ごとに視聴制御を行うことは、従来の CAS の仕組みでは困難である。そこで、複数の個別情報をまとめて放送波で配送することで個別情報の帯域幅を低減する方式を開発した⁽²⁸⁸⁾。この方式では、10 数 kbps の個別情報で約 1,000 万台の受信機の視聴制御が可能になる。また、2005 年から 2006 年にかけて、通信で個別情報を取得する通信連携型 CAS の研究も行った。ここではストリーム暗号によるスクランブルを前提に、映像の I ピクチャー(イントラピクチャー)の直前にストリーム暗号の初期化パケットを配置することで、受信エラーによる映像復号への影響を最小限にできることを明らかにした⁽²⁸⁹⁾。

一般にデジタル放送でスクランブルを行うと、正常に視聴できるか、まったく視聴できないかのどちらかであるが、アナログ放送のスクランブルのように画面の内容が一部わかる(効果制御)スクランブル方式を 2007 年に開発した⁽²⁹⁰⁾ (図 3.29)。MPEG-4 AVC/H.264 による符号化を前提に、ワンセグからハイビジョンまでリアルタイムで効果制御ができることを、実験装置を試作して検証した。

2007 年からは、次世代の CAS として、耐タンパーデバイス内で処理されている CAS プログラムを放送や通信を介して更新できるダウンロードダブル CAS の研究を開始した。2008 年には電力解析攻撃に耐性を有する暗号ハードウェアモジュールの設計手法を開発し^(291, 292)、また、2009 年には FPGA(Field Programmable Gate Array)ベースのダウンロードダブル CAS ボードを試作し実装評価を完了した。

地上デジタル放送では、2004 年から IC カード(B-CAS カード)によるコンテンツ保護が実施されているが、2009 年 7 月に答申された情報通信審議会の中間答申を

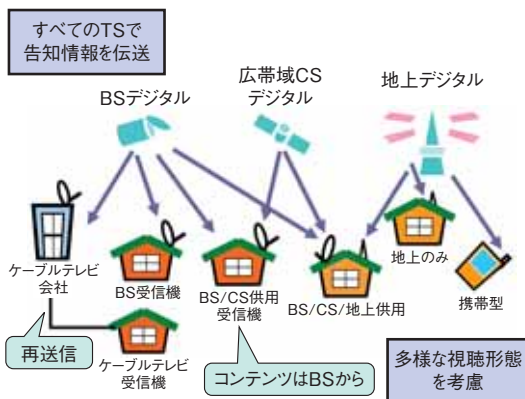


図 3.28 エンジニアリングサービスの概要



スクランブル画像の一例



元画像

図 3.29 スクランブル効果制御をかけた映像 (口絵参照)

受け、ソフトウェアによるコンテンツ保護専用方式の検討が本格的に開始された。技研では、コンテンツ保護専用方式に合わせた自動表示メッセージ技術を開発した。

以上の研究は、難波誠一、国分秀樹、木村武史、井上友幸、今泉浩幸、栗岡辰弥、砂崎俊二、真島恵吾、西本友成、馬場秋継、藤津 智、川喜田裕之が主に担当した。

[井上 友幸]

3.5 符号化

3.5.1 テレビ映像符号化

(1) MPEG-2 映像符号化の画質改善

2000 年 12 月に BS デジタル放送が日本で開始され、その映像符号化方式には MPEG-2 映像規格が採用された。MPEG-2 映像規格の範囲内で、受信機側を変更せずに放送局のエンコーダーの改善のみでより低いビットレートでハイビジョン (HDTV) を放送するための符号化技術の研究を行った。特に、地上デジタル放送では、BS デジタル放送に比べて低いビットレートでハイビジョンを伝送する必要がある、ハイビジョンの高圧縮技術の開発を進めた。この研究を遂行するにあたり、2000 年から 2003 年の 3 年間、通信・放送機構 (TAO) プロジェクト「HDTV 高圧縮技術」に参画した。

ハイビジョンの圧縮率を高めると、動きベクトルや符号化モード情報などのオーバーヘッド情報量の占める割合が大きくなり、画質劣化の要因となる。動きベクトル伝送量を抑えつつ、4:2:0 フォーマットを考慮した動きベクトル検出法を考案し、インターレース画像での色劣化の改善技術を 2000 年に開発した⁽²⁹³⁾。2001~2002 年には、絵柄を考慮し、フレーム単位に MPEG-2 映像符号化のピクチャー構造を適応的にフィールド/フレームに切り替える画像構造適応選択方法を開発した⁽²⁹⁴⁻²⁹⁷⁾。また、画像のアクティビティにより符号化歪みを目立ちにくくする絵柄適応前置フィルターを設計・試作した⁽²⁹⁸⁾。従来、動きベクトル検出は予測誤差信号電力に基づいて判定していたが、予測誤差信号の性質、動きベ

クトル符号量、符号化ビットレートを総合的に勘案してマクロブロックあたりの符号量が最小となる動きベクトルと符号化モードを選択して符号化する手法を開発した⁽²⁹⁹⁻³⁰¹⁾。激しい照明変化や速い動きを含むクリティカルな画像に対して顕著な改善効果が得られることを確認した^(302,303)。TAO プロジェクトにおいては、2002 年に KDDI (株)、三菱電機 (株) とともに開発した HDTV 画質改善手法の統合化を行った。シミュレーションによる符号化画像を主観画質評価した結果、当初の目標のとおり、15 Mbps 程度で放送品質を満たす画質が得られることを確認した⁽³⁰⁴⁾。

HDTV 高圧縮技術を SDTV へ適用した場合の効果も 2003 年に検証した。525/59.94/I および 625/50/I の SDTV にこの技術を適用し、既存のハードウェアによる結果と比較した。ハードウェアエンコーダーとの SN 比の比較では、シーケンスやシーンによって程度は異なるが、この技術により同等以上の改善が示された。HDTV 高圧縮技術では、視覚的に目立ちやすいブロックノイズ、モスキートノイズやぎくしゃくした動きなどの符号化劣化を抑える量子化制御を行っており、主観的画質は SN 比以上に向上した。SDTV では一般に動きベクトル符号量の割合が小さいため、HDTV の場合と比べると動きベクトル符号量低減による効果は少ない。しかし、HDTV と同様に、従来技術では苦手とされていたフラッシュ照明のシーンでは、1 ランク以上の改善が得られた。また、EBU (欧州放送連合) からの協力要請を受け、625/50/I での検証結果を寄与した。

2004 年には、HDTV 高圧縮技術を導入したハードウェアエンコーダーの開発を目指して符号化アルゴリズムの改善・最適化を検討した。MPEG-2 低ビットレート符号化方法 (適応画像構造選択符号化) をエンコーダーに実装するための仕様検討を行った。各種画像に対してさらに性能改善を図るとともに、LSI 仕様、開発スケジュールについて技術局、メーカーと調整を進めた。

デジタル符号化された映像には種々の特徴的な劣化が

現れる。この1つとして、周期的な輝度変動として現れる「フリッカー劣化」がある。高周波成分が存在する画像領域において、符号化によって高周波成分が失われる程度がピクチャータイプによって異なり、これが輝度変動として現れる劣化がフリッカー劣化であることを解明した。復号動画像の空間周波数特性とディスプレイのガンマ特性による輝度変化をシミュレートすることによってフリッカーを検出し、輝度が低下した領域にDC成分を補償することによってフリッカーを低減させる手法を開発した。この手法によって、フリッカー劣化を効果的に低減でき、主観画質の改善に効果があることを確認した⁽³⁰⁵⁻³⁰⁸⁾。

デジタル放送では各種の映像フォーマットによるサービスが可能である。2001年、地上デジタル放送のサービスおよび伝送パラメーターの検討のため、各種映像フォーマット(1080/I、720/P、480/P、480/I)をMPEG-2でビットレートを変えて符号化したときの画質を総合的に評価する実験を行い、放送に必要なビットレートの検討に寄与した⁽³⁰⁹⁾。

デジタル放送では放送システムの高度化、複雑化が進み、複数の映像フォーマットを扱う場合や、符号化・方式変換が縦続的に行われる場合(タンデム接続)が多くなっている。これまで、映像エンコーダー、方式変換器など、それぞれ単体の性能向上を目指した研究開発が中心であったが、システムとしてトータルな性能向上の視点での研究開発にも2002年から取り組んだ。受信機側の信号処理によりモニターの表示解像度に見合った画質改善を行う手法を検討した。符号化により高域成分の欠落した復号画像に対して、表示解像度を最高周波数とするランダムノイズを加えることで、見かけ上の画質を改善する手法を考案した。MPEG-2/4変換方式を検討し、メタデータを用いて画面の一部を切り出して符号化する方法や解像度変換による劣化が最も抑えられる方法の設計指針を得た。

放送用および素材伝送用エンコーダーの性能向上やシステム構築にも寄与した。HDTV素材伝送にMPEG-2符号化を用いる場合の所要ビットレートを明らかにするため、タンデム接続を含む条件で画質評価を行った⁽³¹⁰⁾。また、技術局の地上デジタル放送用TS伝送シームレス切り替え装置の開発に協力した⁽³¹¹⁾。その他、放送技術局と協力してクリティカルシーケンス集を作成したほか、デジタル放送の画質に関連して、放送技術局、営業技術センターなどの関連部局に画質監視の課題と最新の画質改善技術の解説を行うなどデジタル放送の画質に関する技術支援を行った。

以上の研究は、大塚吉道、中須英輔、西田幸博、杉本智彦、神田菊文、黒住正顕、市ヶ谷敦郎、原直弘が主

に担当した。

(2) デジタル放送の画質監視

デジタル圧縮画像は絵柄によって画質が変動するなど、アナログ映像とは異なった性質があり、画質管理はデジタル放送の重要な課題である。そこで、画質を自動監視する技術の研究を行った。

MPEG-2符号化において復号画像のみから、符号化時の条件やパラメーターを推定する手法の開発を2000~2001年に行った。符号化パラメーターの1つであるピクチャータイプを推定する手法の検討を行い、復号画像のクリティカリティを用いる方法とフレーム間差信号の性質を利用する方法を開発した。画質と相関の高い量子化ステップサイズを推定するため、復号画像からDCT(離散コサイン変換)タイプを推定する手法を開発した^(312,313)。また、自動画質モニター技術の要求条件の調査を行い、自動モニターに求められる機能をまとめた。

参照画像を必要とせずに符号化パラメーターから画質や符号化歪みを推定する手法や、復号画像からそれらパラメーターを抽出する技術を検討した。MPEG-2映像ビットストリームを用いて、量子化後のDCT係数分布から符号化劣化程度を推定するアルゴリズムを開発し、性能を実験により確認した^(314,315)。そして、デジタル符号化画像の画質監視、エンコーダーの動作確認、障害の分析・診断の機能をもつ、MPEG-2 TS品質モニター装置を開発した⁽³¹⁶⁾。この装置を2002年の技研公開などで展示した。

2003年には、映像符号化ビットストリームから得られるDCT係数振幅の確率密度分布から符号化誤差を推定する手法の検討を進め、推定精度を改善した^(317,318)。また、ビットストリームから得られる量子化スケールの情報をもとに、主観画質や符号化誤差を推定する手法を考案した⁽³¹⁹⁾。これらの技術をもとに、MPEG-2 TSからデジタル符号化画像の品質監視やエンコーダーの動作状態、障害検出などを行うTS品質監視装置をハードウェア化した。また、この開発装置をもとにした製品が発表され、Inter BEE(国際放送機器展)で展示された。2004年には、MPEG-2ストリーム解析によるPSNR(Peak Signal to Noise Ratio)推定法でこれまで推定が困難だったNot-Coded MBの符号化誤差を推定する手法を開発した^(320,321)。

2008年には、復号映像のフレームごとの交流成分エネルギーの時間変動に着目し、BピクチャーのPSNRの推定を可能にした。PSNR推定実験により、実測値と推定値の間に極めて高い相関があることを確認した⁽³²²⁾。アルゴリズムの高速化を図り、MPEG-2符号化方式による符号化劣化を客観的に自動測定するための画質測定装置を市販PCで実現し、2009年の技研公開で展示し

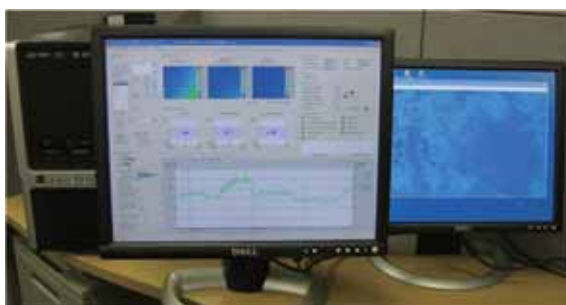


図 3.30 TS 品質監視装置 (口絵参照)

た⁽³²³⁾ (図 3.30)。

(株)KDDI 研究所と自動画質モニター技術に関する共同研究を 2000 年から 4 年間にわたって行い、電子透かしを使った画質推定法の可能性と適用範囲、自動画質モニター技術、マルチメディア評価法を検討した。

以上の研究は、大塚吉道、中須英輔、西田幸博、杉本智彦、神田菊文、黒住正顕、市ヶ谷敦郎、原直弘が主に担当した。

(西田 幸博)

3.5.2 ワンセグ映像符号化

2001 年から携帯端末向け放送サービスの映像符号化の研究を開始した。携帯電話などの携帯端末向けサービスは、2006 年にワンセグとして実用化された。

2001 年の検討開始時点では、MPEG-4 が符号化方式の候補として有力であった。このため、MPEG-4 の符号化パラメーターと画質の関係を調査し、小画面の携帯端末での番組視聴を考慮した主観評価方法を考案した⁽³²⁴⁾。また、MPEG-4 規格のコアプロファイルとアドバンスドシンプルプロファイルに含まれる各種ツールの性能を評価し、放送方式の検討に反映した⁽³²⁵⁾。

その後、MPEG-4 の採用が見直されたため、2003 年からは、最終的にワンセグの映像符号化方式に採用されることになった MPEG-4 AVC/H.264 の検討を開始し、この符号化方式の最適化を(株)富士通研究所と共同で進めた。画像や解像度を変えて符号化実験を行い、各ツールの性能を評価した⁽³²⁶⁾。また、符号化時のモード選択の状態を解析するソフトウェアを開発した⁽³²⁷⁾ (図 3.31)。これらの検討結果を踏まえ、MPEG-4 AVC/H.264 方式の複数参照フレーム機能を利用することにより、放送番組で多用されるフラッシュ映像の符号化効率向上を図った⁽³²⁸⁾。また、低ビットレートでは平坦な部分の平均輝度レベルが変動する傾向があるため、これによって生じるフリッカー劣化への対処を行った。すなわち、この現象がイントラピクチャーの画面内予測と粗い量子化に起因することを解明し⁽³²⁹⁾、エンコーダーでの画面内予測モードの選択評価関数の修正と適応的な量子

化制御により、この劣化を低減する手法を開発した⁽³³⁰⁾。

ワンセグの規格化への対応として、ARIB 標準規格 STD-B 24 の改定作業に寄与した。また、対応する運用規定を(社)地上デジタル放送推進協会(D-pa、現在は(社)デジタル放送推進協会 Dpa)で策定した⁽³³¹⁾。さらに、関連するデジタルラジオサービスの映像符号化を(社)デジタルラジオ推進協会(DRP)において策定した。これらの規格化作業において、MPEG-4 AVC/H.264 の低ビットレートでの有効性を確認する目的で MPEG-4 符号化との比較実験を実施した。

2005 年には、ワンセグの運用規定に準拠したリアルタイムエンコーダーを(株)富士通研究所と共同で試作した⁽³³²⁾ (図 3.32)。128 kbps 程度の低ビットレートで

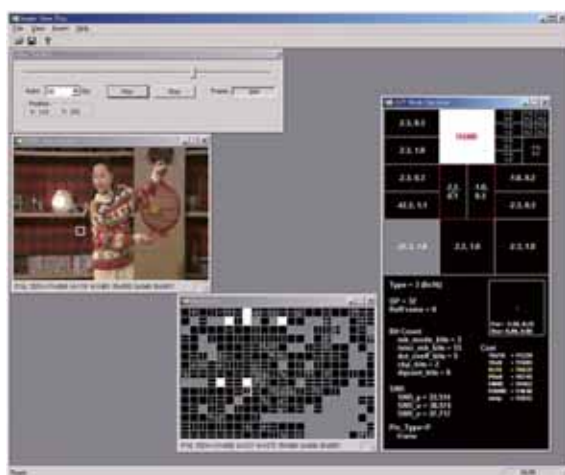


図 3.31 MPEG-4 AVC/H.264 解析用ソフトウェア (口絵参照)



図 3.32 ワンセグ用リアルタイムエンコーダー

きるだけ高画質な画像を得るため、画像中で劣化の発生しやすい領域を検出して優先的にデータ量を配分する機能を実装した。また、リアルタイム処理を実現するため、8×8画素サイズ未満の小さいブロックで動き補償処理を使用しないなどの制限を行うことにより処理の高速化を図った。さらに、このエンコーダーの画質をさらに向上させるため、不必要な周波数成分を符号化前に除去する時空間プリフィルタを考案した⁽³³³⁾。このプリフィルタにより、動きボヤケや空間的なボヤケが生じない程度の低域通過フィルタ処理を適用した後に、人物や文字などの画像領域での劣化を防ぐためのエンハンサー処理を施すことで主観画質を向上させた。

開発したワンセグ用エンコーダーの画質改善の確認とワンセグの所要パラメータの知見を得るために主観評価実験を実施した⁽³³⁴⁾。主観評価実験により、小画面におけるビットレートおよびフレームレート値と主観画質の関係を明らかにした。また、評価結果から、プリフィルタによる主観画質の向上も確認した。開発したプリフィルタはワンセグの放送用エンコーダーに搭載され、実用化に結びついた。

以上の研究は、合志清一、今泉浩幸、苗村昌秀、境田慎一、水野修、井口和久、三須俊枝、池田誠、高橋正樹、中島奈緒が主に担当した。

[境田 慎一]

3.5.3 音声符号化

(1) MPEG-2 AAC 符号化の音質改善

日本のデジタル放送の音声符号化規格は、BS デジタル放送、地上デジタル放送をはじめメディア横断的に AAC 音声符号化 LC (Low Complexity) プロファイルが採用されている。

2000 年から 2003 年にかけて、MPEG-2 AAC 音声符号化 LC プロファイルの規格範囲内で以下の 2 項目の AAC 音声エンコーダー・音質改善手法を研究した。① オーディオ信号の周波数帯域ごとに求めた左右チャンネルの情報の比に応じてビット配分を行う「MS ステレオエンコード法」、② AAC 量子化に用いられるハフマン符号化テーブルの最大値を考慮して、DCT 係数のビット割り当てを行う「ステップ切り替え・量子化ビット割り当て法」。

①の手法により、左右チャンネルの相関の高い音源で MS ツール未使用時に比べ 1 ランク以上の音質改善を図った⁽³³⁵⁾。②の手法により、時間フレームごとに平均的にビット量を配分することが可能になり、音質が改善された⁽³³⁶⁾。また、①と②の手法を併用する場合、単独の改善法に比べて、スピーチ信号の音質改善に有効であることを確認した⁽³³⁷⁾。

2005 年から 2006 年にかけて、早稲田大学と共同で以

下の AAC 音声エンコーダーの音質改善手法を研究した⁽³³⁸⁾。

- ① AAC 音声符号化の変換ブロックのショートブロックはロングブロックに比べて一般的に多くの補助情報を必要とするため、ショートブロックの補助情報を適応グループ化により削減する手法。
- ② AAC 量子化に用いるハフマン符号のビット量を削減するため、隣接する周波数帯域を考慮して符号化コードブックを決定する手法。
- ③ スケールファクター (周波数帯域ごとの音声レベル情報) の符号化に要するビット量を削減するため、隣接する周波数帯域のスケールファクターを考慮してスケールファクターの分割区間を決定する手法。

これら 3 項目の音質改善手法と MS ステレオエンコード法を併用した場合の音質を主観的および客観的に評価した。ITU-R で規定されている PEAQ 客観音質評価法を用いて客観音質評価を行った結果、評価したすべての音源で音質が改善されること、特に③のスケールファクターの分割区間決定法で顕著な改善がみられることを確認した。また、ITU-R で規定されている高音質主観評価法を用いた評価においても、客観音質評価と同様に音質が改善されることを確認した。

以上の研究は、都木徹、渡辺馨、清山信正、小森智康が主に担当した。

(2) 地上デジタル放送の音声符号化

NHK の地上デジタルテレビジョン放送の局間伝送は、MPEG-2 TS 伝送方式を用いている。この方式では、東京発の全国放送は最大 3 回の符号化・復号が繰り返され、符号化のたびに音質の劣化が生じる恐れがある。この音質劣化を防ぐため、TS 信号に含まれる音声モードや符号化パラメータを再符号化時に利用する継承符号化方式を技術局と連携して検討した⁽³³⁹⁾。ITU-R で規定する高音質主観評価法を用いて 5.1 ch サラウンド信号の多段接続時の音質評価を行った結果、継承符号化を利用することにより 320 kbps で放送としておむね十分な音質が得られることを確認した⁽³⁴⁰⁾。

携帯電話などでテレビが見られる「ワンセグ」の音声は地上/BS デジタルテレビジョン放送よりも低い 48 kbps/stereo 程度での符号化が求められる。低ビットレートでの音質改善には、ヘッダー情報を半減し、それを音声情報に割り当てるハーフサンプリング符号化 (サンプリング周波数 24 kHz、22.05 kHz、16 kHz) が有効であり、試聴実験によりその効果を確認した。また、48 kbps/stereo 程度のビットレートの音質改善に有効な手法として、AAC+SBR (Spectral Band Replication) 符号化がある。ワンセグ放送に適した品質を満たすビットレートを明らかにするため、AAC+SBR の 24~64 kbps/

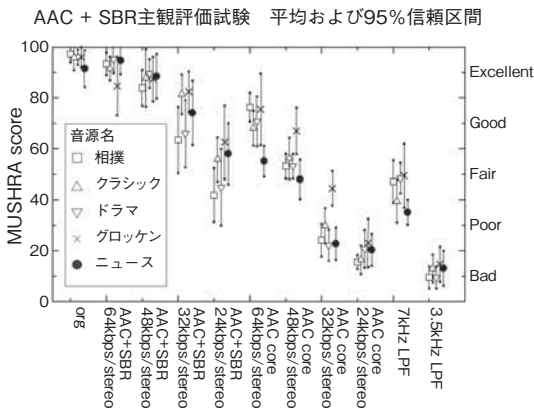


図 3.33 AAC+SBR 符号化の主観評価結果

stereo の品質を主観評価テストにより検討した⁽³⁴¹⁾ (図 3.33)。その結果、AAC+SBR 符号化方式で、①音声送出ビットレートを 48 kbps/stereo 以上にすれば 5 段階評価で上から 2 番目の“Good”以上の音質で放送が可能であること、② 32 kbps/stereo のビットレートであっても、情報伝達を主目的とした番組など用途を限定すれば使用可能な品質であることを確認した。これを受けて NHK のワンセグ放送は 48 kbps/stereo で運用されることになった。また、地上デジタルテレビジョン放送や地上デジタル音声放送の技術基準にハーフサンプリング周波数や SBR 符号化を追加する作業に寄与した。

以上の研究は、黒住幸一、小森智康、杉本岳大が主に担当した。

(渡辺 馨)

3.6 データ放送

BS デジタル放送および地上デジタル放送では、映像、音声によるテレビ放送に加えて、BML (Broadcast Markup Language) 方式によるデータ放送も実施されている。

2000 年には、「BS デジタル受信機テストセンター協議会」に参画して、受信機動作確認のためのテストストリーム作成(2000 年 9 月まで)、試験電波発射(2000 年 3 月～8 月)に協力した。また、これらのテストをもとに、ARIB の規格、運用規定の修正・追加提案を行うなど、BS デジタル放送の円滑な運用開始に寄与した。また、この BML 方式の国際標準化を目指し ITU における標準化作業に参加し、2004 年 7 月の ITU-T 勧告 J.201 および 2005 年 2 月の ITU-R 勧告 BT.1699 の勧告化に寄与した。

BS デジタル放送開始以降は、地上デジタル放送向けのデータ放送サービスの検討を進めた。地上デジタル放送では BS デジタル放送の要件に加えて、ワンセグによ

る携帯端末向けサービス、移動受信、ローカル放送など新たな要件が提案されていた。そこで BML 方式を拡張し、これらを満足する新たなサービス・技術の検討に着手した。

まず、画面解像度などが異なる据置型/車載型/携帯端末など各種端末に向け、共通の情報を各種受信機に適したスタイルで提示する「スケーラブルデータ放送」⁽³⁴²⁾、また、障害者や移動受信時などを考慮し、文字情報などを音声合成で読み上げる「音声読み上げサービス」⁽³⁴³⁾、ローカル放送サービスとして、受信位置に応じて、交通情報、災害緊急情報、市街案内など必要な情報を提供する「位置連動型データ放送」⁽³⁴⁴⁾ (図 3.34)などのサービスを提案するとともに、これを実現するための符号化方式の検討を進め試作機を開発した。2001 年 3 月の東京パイロット実験フェーズ 2 では、これらのサービスの公開伝送実験を行い、技術検証とともにサービスの有用性を示した⁽³⁴⁵⁾。さらに、この方式を ARIB に提案し、2002 年の規格化に寄与した。

また、2003 年 12 月東名阪で開始された地上デジタル放送(固定受信機向けデータ放送)本放送開始にあたっては、「地上デジタルテレビジョン受信機テストセンター協議会」(現在は Dpa に継承)に協力し、テストストリーム作成や試験電波の発射に貢献した。

2003 年以降は、携帯端末向けワンセグ用データ放送の研究開発を進めた。2003 年には、携帯端末に受信部、表示部などをすべて搭載したワンセグ用プロトタイプ携帯端末⁽³⁴⁶⁾ (図 3.35)を試作した。これらを用いてワンセグのサービス実験や展示を行い、ワンセグデータ放送の有効性を検証するとともに、視聴者のワンセグの理解促進に貢献した。また、これらの開発を通して得られた知見をもとに、ARIB でのワンセグ用データ放送方式の規格化に寄与した。

さらに、2005 年には ARIB で規定するワンセグの規格・運用規定に完全に準拠した携帯端末を開発した⁽³⁴⁷⁾。また、データ放送コンテンツをリアルタイムでカラーセル化し、映像・音声信号と多重化して送信するワンセグ実験放送システムを放送技術局、名古屋局と共同で開発した。これらを用いて、2005 年 3 月に名古屋で開催された「愛・地球博」において、博覧会協会が提供する各パビリオンや交通機関の混雑状況のデータをデータ放送コンテンツに自動変換し、ワンセグ携帯端末で利用するサービス実験を行った。どこにいても必要な情報をデータ放送からすぐに得られるというワンセグの利便性を示した⁽³⁴⁸⁾。

2006 年 4 月のワンセグサービス開始にあたっては、Dpa に協力して携帯受信機機能確認のテストに貢献した。



図 3.34 各種端末向け位置連動型データ放送サービス (口絵参照)



図 3.35 プロトタイプ携帯端末とデータ放送サービス (口絵参照)

以上の研究は、難波誠一、国分秀樹、吉村俊朗、木村武史、浜田浩行、加井謙二郎、藤澤和也、青木勝典、小西宏和、齊藤恭一、石川浩一、上野幹大、松村欣司、大槻一博、戸張貴司、中西 弘、星野春夫、武智 秀、上村和宏、馬場秋継、坂木啓司が主に担当した。

〔浜田 浩行〕

3.7 標準化対応

3.7.1 ITU-R への対応

(1) 伝送方式

ITU-R において、地上放送の標準化は WP 6 A (2007 年以前は WP 6 E)、衛星放送の標準化は WP 4 A (2007 年以前は WP 6 S) を中心に行われてきた。

地上デジタル放送方式 ISDB-T は、1999 年に ITU-R 勧告 BT. 1306⁽³⁴⁹⁾ への追加を提案し、2000 年に米国方式 (ATSC)、欧州方式 (DVB-T) に加える形で、国際標準規格となった。また、ISDB-T のプランニング基準についても、2001 年に勧告 BT. 1368⁽³⁵⁰⁾ に追加された。

地上デジタル音声放送方式 ISDB-T_{SB} は 1999 年に提案を行い、2001 年に欧州方式 (DAB) に加える形で勧告 BS. 1114⁽³⁵¹⁾ に追加され、国際標準規格となった。また、

ISDB-T_{SB} のプランニング基準については、2001 年に勧告 BS. 1660⁽³⁵²⁾ に追加された。なお、2009 年 11 月には、VHF-High 帯に加え、VHF-Low 帯の ISDB-T_{SB} のプランニング基準の寄与文書を入力した。

放送による公衆警報システムについては 2005 年から ITU-R において研究が開始され、ISDB-T の緊急警報放送フラグを用いた自動起動の方式も 2006 年に成立した勧告 BT. 1774⁽³⁵³⁾ に記載され、国際標準となった。

いずれの勧告作成、改訂にあたっては、ITU-R に対する寄与文書の作成および会合への参加を行い、標準化に寄与した。

衛星放送については、BS デジタル放送方式 ISDB-S が記載された勧告 BO. 1408⁽³⁵⁴⁾ の改訂、および米国方式 (DSS)、欧州方式 (DVB-S) とともに記載された勧告 BO. 1516⁽³⁵⁵⁾、BO. 1784⁽³⁵⁶⁾ の成立に寄与した。また、2012 年に開催される WRC (世界無線通信会議) で議論される 21 GHz 帯放送衛星バンドの周波数利用法について、ベースとなる技術基準作りのため技術検討資料を数多く寄与した。

以上の活動は、正源和義、森山繁樹、中川 仁、中原俊二、斉藤知弘、高田政幸、田中祥次、土田健一、峯松史明、岡野正寛、横畑和典が主に担当した。

〔齊藤 知弘〕

(2) 多重化および情報源符号化

多重化および情報源符号化の標準化は WP 6 B (2007 年以前は WP 6 A、WP 6 D) で行われてきた。デジタル放送の多重化方式や情報源符号化方式は、主に MPEG 規格に準拠する方式が採用されており、ITU-R 勧告では、放送用の要求条件および要求条件を満足する推奨方式とパラメーターを勧告している。日本のデジタル放送に採用された方式が ITU-R 勧告に反映されるよう対応した。

地上デジタル放送の番組配列情報の勧告 BT. 1300⁽³⁵⁷⁾ に、ISDB-T で用いられる PSI/SI (Program Specific Information/Service Information) の PID (Packet ID) やタグ値などを追加する提案を行い、2004 年の改訂版に反映された。日本の高度衛星デジタル放送の蓄積型サービス用の多重化方式として規定された TLV 可変長パケット多重化方式を 2008 年に ITU-R に提案し、2010 年 3 月に勧告 BT. 1869⁽³⁵⁸⁾ が承認された。

日本のデジタル放送の音声符号化方式には、MPEG-2 AAC が採用されているが、ITU-R 勧告には地上放送用音声符号化方式として MPEG-2 Layer 2 と AC-3 しか記載されていなかったため、AAC を追加するための寄与を行った。MPEG-2 AAC では 144 kbps/stereo のビットレートで放送品質を満足することを報告し、放送用音声符号化の要求条件を規定する勧告 BS. 1548⁽³⁵⁹⁾ の

2002年の改訂版にその結果が記載された。さらに、2005年に低ビットレート音声符号化の勧告 BS. 1115 に放送用音声符号化方式として MPEG-2 AAC が追加記載された。なお、勧告 BS. 1115 は 2010年3月に勧告 BS. 1196⁽³⁶⁰⁾ に統合・改訂された。

以上の活動は、渡辺 馨、西田幸博、青木秀一が主に担当した。

[西田 幸博]

(3) データ放送およびマルチメディア放送

データ放送の標準化は、ケーブルテレビの標準化を担う ITU-T SG 9 と連携して WP 6 B (2007年以前は WP 6 M) で行われてきた。

宣言型のデータ放送フォーマットについては、日本の BML、欧州の DVB-HTML、北米の ACAP-X を合わせた 3 方式の共通要素を規定する勧告 BT. 1699⁽³⁶¹⁾ が 2005年に作成された。手続き型データ放送フォーマットについては、ARIB STD-B 23、DVB-MHP、ACAP、OCAP の Java の共通要素を規定する勧告 BT. 1722⁽³⁶²⁾ が 2005年に作成された。

携帯受信向けのマルチメディア放送方式については、2003年から ITU-R における検討が始まり、放送方式の特徴を記述した勧告 BT. 1833⁽³⁶³⁾ が 2007年に成立し、その中に、ISDB-T のワンセグや ISDB-T_{SB} が含まれている。また、2009年11月に、日本で検討が進められている高度化した ISDB-T_{SB} および ISDB-T_{mm} の両マルチメディア放送方式を既存のシステム F: ISDB-T_{SB} に修正追加し、マルチメディアシステム F: ISDB-T Multimedia Broadcasting for mobile reception として提案した。

以上の活動は、吉村俊郎、八木伸行、加井謙二郎、黒田 徹、西田幸博、武智 秀が主に担当した。

[西田 幸博]

3.7.2 ITU-T への対応

ITU-T については、主に SG-9 (Study Group 9: テレビ映像・音声伝送と統合型広帯域ケーブルネットワークを所掌) や IPTV (Internet Protocol Television) 関連の Focus Group (FG)、Global Standards Initiative (GSI) での対応を行った。

加入者系配信技術に関しては、技研で開発した日本のケーブルテレビでのデジタル放送方式である複数 TS 伝送技術を 2001年に勧告 J. 183⁽³⁶⁴⁾ として勧告化した。関連して、番組配列情報に関する勧告 J. 94 について、記述子を複数 TS 伝送方式に対応させるよう変更するのに貢献した⁽³⁶⁵⁾。また、同 2001年には、アナログ信号とデジタル信号を共存させるための技術的条件に関する勧告 J. 87⁽³⁶⁶⁾ を ISDB-T のパススルーも含む形に、SMATV (Satellite Master Antenna Television) のデジタル伝送方

式に関する勧告 J. 84⁽³⁶⁷⁾ に ISDB-S の信号形式での伝送も含む形に、それぞれ改訂するのに貢献した。2008年には SCM (Sub-Carrier Multiplexing) による光ファイバー伝送方式勧告 J. 186 を、国内規格を反映させて改訂⁽³⁶⁸⁾ するのに貢献した。IP ネットワークでの多チャンネル映像配信に関しては、(社)日本 CATV 技術協会や情報通信審議会の検討に基づく要求条件を 2005年に勧告 J. 281⁽³⁶⁹⁾ として勧告化するとともに、2006年に IP ネットワークでの多チャンネル映像配信アーキテクチャーを勧告 J. 282⁽³⁷⁰⁾ として勧告化することに貢献した。

双方向テレビサービス用の API (Application Programming Interface) に関しては、2001年に基本アーキテクチャーを勧告 J. 200^(371, 372) として勧告化したのに続き、宣言型 API の日米欧(のちにブラジル)方式の共通部分および個別部分に関する勧告 J. 201⁽³⁷³⁾、手続き型 API の日米欧(のちにブラジル)方式の共通部分および個別部分に関する勧告 J. 202⁽³⁷⁴⁾、デジタルレコーダー用 API に関する勧告 J. 203⁽³⁷⁵⁾ の勧告化およびその改訂に貢献した。

番組素材伝送に関しては、技研で開発した「ネットワーク利用制作編集システム」のファイル転送方式をベースに IP ネットワーク上の番組素材同期伝送アーキテクチャーに関する勧告 J. 285⁽³⁷⁶⁾ を 2007年に成立させた。

画質評価法に関しては、提案元ではないが、勧告 P. 910 の改訂、勧告 J. 244、勧告 J. 245、勧告 J. 340 の検討に際して寄書や Last Call Comment の提出を含めた問題点の指摘を行い、完成度の向上に貢献した。

IPTV に関しては、加入者端末に関する審議に寄書を提出するなどして FG-IPTV の出力文書の作成に貢献した。

これらの勧告作成、改訂にあたって、ITU-T に対する日本寄書の作成や会合への参加を通じて、標準化に寄与した。

以上の活動は、吉村俊郎、八木伸行、加井謙二郎、中村直義、青木勝典、武智 秀、竹内真也、西田幸博、井口和久、倉掛卓也が主に担当した。

[倉掛 卓也]

3.7.3 情報通信審議会への対応

(1) ケーブルテレビ

1994年、電気通信技術審議会(電通技審)で諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」に基づき「デジタル放送システム委員会」が設置され、日本のデジタル放送方式の具体的検討が始まった。ケーブルテレビの規格化に関しては、技研では BS デジタル放送の再送信を念頭に複数 TS 伝送方式を開発し、1999年に(社)日

本CATV技術協会の規格・標準化委員会に提案していた。これをもとに電通技審デジタル放送システム委員会第4作業班での審議に寄与し、2000年5月に電通技審から一部答申として「デジタル有線テレビジョン放送における高精細度テレビジョン放送等の導入のための技術的条件」が答申された。同年7月には日本の有線テレビジョン放送におけるデジタル伝送方式の1つとして省令化された。

以上の活動は、宮沢寛、村上清志、小山田公之、前田幹夫、中村直義、倉掛卓也が主に担当した。

(2) サーバー型放送

2001年6月、諮問第2003号「大容量蓄積機能を活用するデジタル放送方式に関する技術的条件」が情報通信審議会に諮問され、情報通信技術分科会にサーバー型放送システム委員会が設置されて、サーバー型放送方式の検討が開始された。要求条件のアドホックグループのほか、システム・メタデータ、権利保護、アクセス制御の各作業班が設置されて、提案内容の審議が行われた。委員会には、タイムシフト視聴、ダイジェスト視聴、情報のフィルタリング、ダウンロード、インターネットとの連携など新しいサービスの実現方式などの提案を行った。まず、「BSデジタル放送用受信機等が対応可能な権利保護方式の技術的条件」が、2002年3月に一部答申された。その後、サーバー型放送全体に関する審議を経て、「大容量蓄積機能を活用するデジタル放送方式に関する技術的条件」が、2002年9月に答申された。

以上の活動は、難波誠一、佐々木誠、久保田啓一、奥田治雄、木村武史、合志清一、上原年博、栗岡辰彰が主に担当した。

(3) 高度狭帯域CSデジタル放送

2005年10月、諮問第2019号「CSデジタル放送(広帯域伝送方式を除く)の高度化に関する技術的条件」が情報通信審議会に諮問され、情報通信技術分科会CSデジタル放送高度化委員会において高度狭帯域CSデジタル放送の検討が開始された。要求条件および技術的条件の検討はARIBデジタル放送システム開発部会で行われ、CSデジタル放送高度化委員会に提案された。実証実験などを経て、2006年7月、「狭帯域CSデジタル放送方式の高度化に関する技術的条件」が答申された。答申された技術方式は、欧州の規格であるDVB-S2方式とMPEG-4 AVC/H.264の採用により、1つの衛星中継器で3つのハイビジョン番組を伝送可能にするものである。

以上の活動は、藤田欣裕、正源和義、西田幸博、田中祥次、橋本明記、筋誠久、鈴木陽一が主に担当した。

(4) 高度衛星デジタル放送

2006年9月、諮問第2023号「放送システムに関する

技術的条件」が情報通信審議会に諮問され、そのうち「衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件」の検討については、2007年3月に情報通信技術分科会放送システム委員会に衛星放送システム作業班を設置して開始された。要求条件および技術的条件の検討はARIBデジタル放送システム開発部会で行われ、衛星放送システム作業班に提案された。実証実験などを経て、2008年7月、「衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件」が答申された。答申された技術方式は、高度衛星デジタル放送伝送路符号化方式とMPEG-4 AVC/H.264の採用により、1つの衛星中継器で4つのハイビジョン番組を伝送可能にするものである。

以上の活動は、藤田欣裕、正源和義、木村武史、砂崎俊二、西田幸博、田中祥次、青木勝典、橋本明記、筋誠久、青木秀一、小島政明、鈴木陽一が主に担当した。

(5) 携帯端末向けマルチメディア放送

諮問第2023号「放送システムに関する技術的条件」のうち、「VHF帯を利用した携帯端末向けマルチメディア放送の技術的条件」は、地上アナログテレビジョン放送終了後の周波数利用方針の決定後の2008年7月より、情報通信技術分科会放送システム委員会にマルチメディア放送システム作業班が設置されて検討が開始された。要求条件の議論を経て、2008年9月に方式を公募することが決定され、VHF-Low帯を用いる方式(ISDB-T_{SB})、VHF-High帯を用いる2方式(ISDB-T_{mm}、MediaFLO)の3方式が提案された。これを受けて、作業班の下にアドホックグループを設置し、各提案方式について詳細な審議を行い、2009年10月、「携帯端末向けマルチメディア放送方式の技術的条件」が答申された。答申された技術方式は、現行「ワンセグ」を踏襲しつつ、画質・音質の改善、放送波ダウンロードの機能を付加したものである。

NHKは、ISDB-T_{SB}の提案者の1者として、方式検討、干渉検討を経て作業班へ技術的寄与を行った。

以上の活動は、黒田徹、中原俊二、青木勝典、土田健一、岡野正寛、実井仁、青木秀一が主に担当した。

(6) UWB(超広帯域)無線システムとの共用検討

2002年9月に、諮問第2008号「UWB(超広帯域)無線システムの技術的条件」が情報通信審議会に諮問され、情報通信技術分科会UWB無線システム委員会において3.4~10.25GHzを使用するマイクロ波帯を用いた通信用途のUWB無線システムの検討が開始された。UWB無線システムから放送やFPUへの干渉条件を検討し、放送用周波数および放送事業用周波数への保護基準を委員会傘下の技術的条件検討作業班に提案した。3年半の審議を経て、2006年3月、「マイクロ波帯を用いた通信用途のUWB無線システムの技術的条件」が一部答申され

た。

2006年12月には、諮問第2008号「UWB無線システムの技術的条件」のうち、22~29GHzを使用する準ミリ波帯を用いたUWBレーダーシステムの検討が開始された。通信用途のUWB無線システムと同様に干渉条件を検討し、放送用周波数および放送事業用周波数への保護基準を委員会傘下のUWBレーダー作業班に提案した。約3年の審議を経て、2009年11月、「準ミリ波帯を用いたUWBレーダーシステムの技術的条件」が一部答申された。

以上の活動は、正源和義、杉之下文康、池田哲臣、田中祥次、土田健一、中澤進が主に担当した。

(田中 祥次)

3.7.4 ARIB への対応

(1) デジタル放送方式

(社)電波産業会(ARIB)では、技術委員会デジタル放送システム開発部会においてデジタル放送に関する標準規格などの策定が行われている。同開発部会は、2004年、地上デジタル放送システム開発部会、デジタル受信機開発部会、衛星デジタル音声放送システム開発部会を統合・再編して設置されたものである。技研は、開発部会委員長、作業班主任、タスクグループリーダーなどを務めつつ精力的な寄与を行い、標準規格の策定に貢献した。

(i) 地上デジタル放送の伝送方式

1999年5月に地上デジタルテレビジョン放送方式が電気通信技術審議会より答申された後、地上伝送路符号化作業班が標準規格策定作業を行い、2001年5月にSTD-B 31⁽³⁷⁷⁾を策定した。

以上の活動は、佐々木誠、斉藤正典、黒田徹、森山繁樹、中原俊二、高田政幸、上原道宏、土田健一、居相直彦、岡野正寛が主に担当した。

(ii) 緊急地震速報の伝送方式

AC(Auxiliary Channel)を利用した緊急地震速報の伝送方式の標準化のため、2008年9月にデジタル受信機作業班に緊急情報伝送タスクグループが設置された。AC伝送方式のほか、文字スーパーやデータ放送のイベントメッセージなどの方法も比較検討した。2009年12月にSTD-B 31 1.8版およびSTD-B 21⁽³⁷⁸⁾ 4.8版を策定し、ACによる緊急地震速報の伝送方式が規定された。

以上の活動は、井上友幸、今泉浩幸、高田政幸、濱住啓之、古田浩之、村山研一、田口誠が主に担当した。

(iii) 地上デジタル音声放送の伝送方式

1999年11月に地上デジタル音声放送の伝送方式が電気通信技術審議会より答申された後、地上デジタル音声放送伝送路符号化作業班が標準規格策定作業を行い、2001年5月にSTD-B 29⁽³⁷⁹⁾を策定した。

以上の活動は、佐々木誠、黒田徹、土田健一、居相直彦が主に担当した。

(iv) 衛星デジタル放送の伝送方式

狭帯域CSデジタル放送の高度化を検討するため、2005年10月にCSデジタル放送高度化作業班が設置された。伝送路符号化方式については、欧州規格であるDVB-S2方式を採用し、2006年3月~5月に実施した実証実験によりロールオフ率0.2、シンボルレート23.3037 Mbaudを選定した。情報通信審議会答申および省令・告示改正を経て、2006年7月にSTD-B 1⁽³⁸⁰⁾ 2.1版を策定した。

高度衛星デジタル放送の標準化のため、2007年4月に衛星デジタル放送高度化作業班が設置された。情報通信審議会からの検討依頼を受けて、2007年6月に開発部会委員に方式提案募集がなされ、NHKからは伝送路符号化方式、多重化方式、映像符号化方式、音声符号化方式、データ放送方式を提案した。伝送路符号化方式は、衛星デジタル放送高度化作業班において検討された。2007年11月~2008年5月には、衛星高度化実証実験タスクグループが実証実験を実施し、放送衛星BSAT-3aを用いて伝送路符号化方式の性能を評価するとともにスーパーハイビジョンの衛星伝送も行った。これらの結果に基づき、LDPC符号とロールオフ率0.1によるシンボルレート32.5941 Mbaudの採用で、伝送容量を現行方式の52 Mbpsから70 Mbpsへの増大を可能にする方式を情報通信審議会に提案した。2008年7月の答申、2009年2月の省令・告示への反映を受けて、2009年7月にSTD-B 44⁽³⁸¹⁾を策定した。

以上の活動は、藤田欣裕、正源和義、木村武史、砂崎俊二、西田幸博、田中祥次、青木勝典、橋本明記、筋誠久、青木秀一、小島政明、鈴木陽一が主に担当した。

(v) 移動体・携帯端末向けマルチメディア放送方式

2007年11月に移動体・携帯端末に向けた有料ダウンロードサービスについて検討を行うモバイルサービス検討作業班が設置され、要求条件などが整理された。

2009年10月にISDB-T_{mm}、高度化したISDB-T_{SB}、およびMediaFLOを放送方式とする「携帯端末向けマルチメディア放送方式の技術的条件」が情報通信審議会より答申されたことを受けて、同年11月に地上デジタル放送伝送路符号化作業班、モバイルマルチメディア放送方式検討作業班およびMediaFLO方式作業班が設置された。地上デジタル放送伝送路符号化作業班はISDB-T_{mm}および高度化したISDB-T_{SB}方式による移動体・携帯端末向けマルチメディア放送の伝送方式を、モバイルマルチメディア放送方式検討作業班は同放送の蓄積型サービスの検討をそれぞれ担当し、標準規格の策定に向けた審議を開始した。

以上の活動は、藤田欣裕、黒田 徹、井上友幸、中原俊二、高田政幸、土田健一、石川清彦、古田浩之、岡野正寛、西本友成、実井 仁が主に担当した。

(vi) 多重化

多重化方式、番組配列情報、データ伝送方式、ダウンロード方式に関する標準規格の策定は多重化作業班で行われている。

STD-B 20⁽³⁸²⁾に記載されていた情報源符号化方式および多重化方式をメディア横断的な独立の標準規格とするよう2001年にSTD-B 32⁽³⁸³⁾が策定され、その後、デジタル放送方式の省令・告示の改正にあわせて改訂を重ねてきた。2003年には地上デジタル音声放送および衛星デジタル音声放送に対応する改訂がなされた。2009年には高度衛星デジタル放送に対応するため改訂し、NHKの提案に基づく蓄積型サービスのための可変長パケット多重化方式 TLV を規定した。

STD-B 10⁽³⁸⁴⁾は、1997年の策定以来、新たなサービスの導入に対応すべく識別子、記述子、テーブルなどの追加・更新のために改訂を重ねてきた。2004年の4.0版では、識別子の運用基準を全面的に整理した。

2008年12月、高度広帯域衛星デジタル放送のダウンロード方式の検討を行うため、ダウンロード放送方式タスクグループを設置した。放送伝送路と通信伝送路を併用してコンテンツを配信する方式を検討し、IPTVフォーラムの仕様などとの整合を図り、2010年4月にSTD-B 45⁽³⁸⁵⁾を策定した。

以上の活動は、大谷 明、木村 武、井上友幸、今泉浩幸、西田幸博、青木勝典、大槻一博、青木秀一が主に担当した。

(vii) 映像符号化

映像符号化方式の策定は、映像符号化方式作業班で行われている。MPEG 国内委員会とのリエゾンを担当してきたMPEG作業班と2004年に統合した。

2005年の狭帯域CSデジタル放送方式の高度化の検討では、CSデジタル放送高度化作業班とともにMPEG-4 AVC/H.264によるハイビジョン符号化画質の評価実験を行った。

2007年の高度衛星デジタル放送方式の検討では、NHKはハイビジョンを超える解像度で広色域の映像フォーマットとMPEG-4 AVC/H.264符号化方式を提案した。作業班は2011年の放送開始を想定した技術動向予測や主観評価実験による所要ビットレートの検討などを行ってパラメーターを選定し、情報通信審議会に提案した。答申および省令・告示改正の後、2009年7月にSTD-B 32 2.2版を策定し、広色域システム、1080/60/Pおよび2160/60/P、MPEG-4 AVC/H.264を追加するとともに、狭帯域CSや低解像度映像サービスも適

用範囲に含むメディア横断的規格とした。

2008年から2009年に素材伝送方式開発部会と共同で、MPEG-4 AVC/H.264をハイビジョンの素材伝送やSNGに使用する場合の所要ビットレートを画質評価実験によって検討し、報告書を作成するとともにITU-Rへ寄与した。

以上の活動は、中須英輔、西田幸博、境田慎一、黒住正顕、市ヶ谷敦郎が主に担当した。

(viii) 音声符号化

音声符号化方式の策定は、音声符号化方式作業班で行われている。

2004年2月、衛星デジタル音声放送やワンセグの音質向上のためにSBR(Spectral Band Replication)を追加する1.5版を策定した。

2007年の高度衛星デジタル放送方式の検討では、NHKは22.2ch音響、AAC符号化方式、およびリニアPCM伝送を提案した。作業班は、情報通信審議会の要請にこたえてロスレス符号化方式も含めて検討した。最大22.2chとAACが答申および省令・告示に採用されたことを受け、2009年7月に策定したSTD-B 32 2.2版に反映した。2.2版では狭帯域CSも適用範囲に含め、MPEG-2 BC(Backward Compatible)も追加した。ダウンロード方式タスクグループからの要請に基づき、ロスレス音声符号化方式のMPEG-4 ALS(Audio Lossless)を追加する2.3版を2010年4月に策定した。

以上の活動は渡辺 馨、濱崎公男、中山靖茂が主に担当した。

(ix) データ放送

データ放送方式に関する標準規格は、データ放送方式作業班(旧XML作業班)およびデータ符号化方式作業班(旧高度データ作業班)で行われている。

XML(Extensible Markup Language)ベースのデータ放送符号化方式を規定するSTD-B 24⁽³⁸⁶⁾を、BSデジタル放送での実運用を考慮して2000年6月に1.2版に改訂した。2001年3月には広帯域CSデジタル放送での蓄積専用データ放送サービスに対応する2.0版に改訂した。2003年10月には、ワンセグ用の映像符号化方式としてMPEG-4 AVC/H.264符号化方式を採用し、ワンセグ向けデータ放送の詳細規定を追加する3.9版に改訂した。2006年3月には、サーバー型放送のために、文字符号の拡張やメタデータ処理機能の追加などを行い4.4版に改訂した。また、IPTVに対応するため、IPTVサービスの放送連携の機能やVOD(Video On Demand)機能、ダウンロード機能を、2008年6月の5.2版、2009年7月の5.3版に追加した。

Javaによるデータ放送符号化方式を、2003年6月にSTD-B 23⁽³⁸⁷⁾として策定した。2009年7月には高度衛

星デジタル放送に対応して機器連携機能を追加した1.2版に改訂した。

以上の活動は、磯部 忠、吉村俊郎、加井謙二郎、藤澤和也、境田慎一、武智 秀、小西宏和、松村欣司、馬場秋継が主に担当した。

(x) サーバー型放送

1999年10月にサーバー型放送方式作業班が設置され、サーバー型放送の規格化作業が開始された。2003年1月にサーバー型放送実施に関する省令・告示が施行されたことを受けて、2003年2月にサーバー型放送の符号化、伝送、蓄積制御方式に関するSTD-B 38⁽³⁸⁸⁾1.0版およびアクセス制御に関するSTD-B 25⁽³⁸⁹⁾4.0版を策定した。その後、サーバー型放送の運用規定が策定された後、2006年3月にSTD-B 38を1.3版に改訂した。また、アクセス制御方式作業班では、2006年5月にライセンス管理方式についてSTD-B 25を4.2版に改訂した。2009年に開始された高度衛星デジタル放送におけるダウンロード方式の検討に伴い、コンテンツの検索・ダウンロード予約およびダウンロード後のコンテンツ検索などで必要となるECG(Electronic Contents Guide)メタデータを規定するため、2010年4月にSTD-B 38を2.0版に改訂した。

以上の活動は、藤田欣裕、奥田治雄、難波誠一、吉村俊郎、上原年博、井上友幸、栗岡辰弥、真島恵吾、石川清彦、藤澤俊之、藤井亜里砂、西本友成、馬場秋継、藤津 智が主に担当した。

(2) 品質評価法

品質評価法調査研究会において放送番組の制作、伝送、受信にかかわる映像・音声などの品質評価法の調査研究と関連する国際標準化への寄与を行っている。技研は、調査研究会委員長、作業班主任などを務めて積極的に寄与し、技術資料や標準動画像の策定などに貢献した。

(i) モニタリング評価法

モニタリング評価法作業班において、客観画質評価法や放送局などにおけるモニタリングに関する調査研究を行った⁽³⁹⁰⁾。SDTV用FR型客観画質評価法のHDTVへの適用性検証⁽³⁹¹⁾、放送チェーンにおける運用監視の要求条件^(392, 393)、監視に有用なメタデータ^(394, 395)について、調査研究報告書やARIB技術資料、ITU-R勧告提案などに貢献した。

以上の活動は、技術局、放送技術局と連携して、中須英輔、西田幸博、中山靖茂が主に担当した。

(ii) IP・モバイル評価法

IP・モバイル評価法作業班において、携帯端末やインターネットで想定される低解像度の動画配信の視聴に適した品質評価法の調査研究を行った。低解像度、低フレームレート、低ビットレート、屋外視聴、手元視聴な

ど、従来のテレビとは異なるサービスの視聴形態や主観評価法の検討⁽³⁹⁶⁾、PCを用いたインタラクティブな主観評価法の検討^(397, 398)、画像処理が主観画質に与える影響の調査⁽³⁹⁹⁾などを行った。

以上の活動は、渡辺 馨、井口和久、大槻一博が主に担当した。

(iii) 評価シーケンス

評価シーケンス作業班において、(社)映像情報メディア学会テストチャート標準動画像小委員会と共同で、1080/60/P(4:2:2)や1080/60/I(4:4:4)のハイビジョン標準動画像の撮影、編集、画像処理、解説書執筆などを行い、ハイビジョン・システム評価用標準動画像第2版の制作に寄与した。

以上の活動は、藤田欣裕、菅原正幸、山本敏裕、井口和久、正岡顕一郎が主に担当した。

(iv) 平面ディスプレイ画質評価法

平面ディスプレイ画質評価法作業班において、平面ディスプレイ(フラットパネルディスプレイ)を主観画質評価用モニターとして使用するための条件を明らかにするための調査研究を2007年から行った。フラットパネルディスプレイの表示特性を把握するためにCRT(ブラウン管)とLCD(液晶ディスプレイ)を用いた測定や評価実験を行うとともに⁽⁴⁰⁰⁾、複数のフラットパネルディスプレイを用いて画面サイズによる見え方の検討を実施した。

以上の活動は、放送技術局と連携して山本敏裕が主に担当した。

(v) 音声品質評価法

音声品質評価法作業班では、主観音質評価実験のための評価音源の要求条件について調査研究を行った。また、モニタリング評価法作業班での監視用メタデータの検討に協力し、音声特徴量の提案ならびに有効性の確認を行った。

以上の活動は、中山靖茂が主に担当した。

[西田 幸博、田中 祥次]

3.7.5 事業者運用規定、テストセンターへの対応

デジタル放送の技術規格は、情報通信審議会の答申に基づき、電波行政にかかわる国が定める省令・告示、それを補足する形で符号化やデータ放送の詳細を定める民間規格(ARIBによる標準規格)、および実際に放送を行う事業者の運用条件を規定する事業者運用規定(ARIBによる技術資料)の3段階に分かれる。

事業者運用規定については、具体的な運用条件をもとに策定することから、主として技術局が中心となり策定にかかわってきたが、その検証や受信機の動作を確認するため、並行してテストセンターが設置された。技研は、テストセンターに参加し、各種試験の実施に寄与してき



図 3.36 伝送試験に使用した装置

た。

地上デジタル放送に関しては、2000年11月に、事業者運用規定の策定を目的に「地上デジタルテレビ放送標準化協議会」が設置され、2002年4月に、運用規定の確認と高性能で廉価な受信機を普及させることを目指し、「地上デジタルテレビジョン受信機テストセンター協議会」が設立された。技研は、2002年と2003年に受信機の高周波性能と復調性能を確保するため、それまでに各地の実験で蓄積した受信データを整理して伝送試験の仕様を作成するとともに試験の実施にあたった（図 3.36）。試験には受信機メーカー各社が参加し、混信保護比に関連するアナログテレビ干渉とデジタルテレビ干渉試験、マルチパス妨害試験、SFN 試験、移動受信試験などを行った^(401,402)。

2006年4月のワンセグサービスの開始に向けて、2004年に(社)地上デジタル放送推進協会(D-pa、現在は(社)デジタル放送推進協会 Dpa)の受信機テスト分科会において、ワンセグのテストストリーム作成WG(ワーキンググループ)と伝送試験WGが発足した。技研は、伝送試験WGのワンセグ「室内伝送路接続試験試験方法」を作成し、受信機メーカー各社が参加した接続試験を支援した。

以上の活動は、高田政幸、阿良田洋雄、中原俊二、安藤嘉高、神原浩平が主に担当した。

〔高田 政幸〕

3.8 国際展開^(403,404)

地上デジタル放送方式 ISDB-T の伝送方式が固まりつつあった1997年9月、ISDB-T の海外普及推進のための組織 DiBEG (Digital Broadcasting Experts Group) が任意団体として設立された。DiBEG はその後、ARIB の普及戦略委員会の下部組織となった。DiBEG の具体的な目的は、地上デジタル放送方式を決めていない海外

の国々(特にアジア、南米諸国)に対し、セミナー、デモンストレーション、野外実験などの普及活動を行うことにより、ISDB-T の採用を促すことである。

NHK は、DiBEG の設立当初から ISDB-T の海外普及活動に協力してきた。設立当初は、香港、シンガポールなどのアジアの国を中心にセミナーや野外比較実験を行った。2000年には、当時まだ日本も放送開始には至っていない状況ではあったが、ブラジルの3方式比較実験に協力し、ISDB-T の優秀性を示すことができた。その後もブラジルに対しては SET(ブラジル放送技術者協会)が主催の国際放送機器展・講演会で ISDB-T の講演やデモを続けた。

DiBEG 活動を続けてきた結果、2006年6月29日、ブラジル政府が ISDB-T を基礎とする地上デジタル放送を採用することを決め、2007年12月2日、サンパウロの8放送事業者が本放送を開始した。ブラジルが南米で初めて ISDB-T 方式を決定し、放送を開始した影響は極めて大きく、南米各国で方式選定の審議が活発化することとなった。

優れた日本の地上デジタル放送方式を他国にも導入し、その普及を図っていくことは、わが国の ICT (Information and Communication Technology) 国際競争力強化に資するものと期待され、DiBEG と政府が協力して普及活動を推進した。技研も DiBEG を通じて、南米を中心とする各国で行われたセミナー、デモンストレーション、野外比較試験などに積極的に協力した。その成果が実を結び、2009年4月にペルー、8月にアルゼンチン、9月にチリ、10月にベネズエラ、2010年3月にエクアドルが ISDB-T をベースとした日本・ブラジル方式(日伯方式)の正式採用を発表した。南米各国が ISDB-T 採用を表明した2009年9月、ペルーにおいて「第1回 ISDB-T インターナショナルフォーラム」が開催され、ISDB-T のさらなる普及・発展に各国が協働していくことな



図 3.37 第1回 ISDB-T インターナショナルフォーラム

どを盛り込んだ「リマ宣言」に日本、ペルー、ブラジル、アルゼンチン、チリの参加大臣（図 3.37）が署名した。

また、フィリピンでの ISDB-T の採用に向けて、2007 年にフィリピンの放送事業者(GMA、ABS-CBN)から 3 名の滞在研究員を約 3 か月間にわたって受け入れた。ISDB-T に関する調査や受信特性の測定を行うことにより、ISDB-T の特長や優れた伝送特性などに関する理解促進に努めた。

以上の活動は、阿良田洋雄、伊藤泰宏、高田政幸、濱住啓之、土田健一、古田浩之、横畑和典、成清善一が主に担当した。

〔高田 政幸〕

文 献

- (1) ITU-R 21/6, Characteristics of receiving systems in the broadcasting-satellite service (sound and television) (2002)
- (2) ITU-R 22-1/6, Satellite orbits and space station technology for the broadcasting-satellite service (sound and television) (2003)
- (3) ITU-R BO. 2071, System parameters of BSS between 17.3 GHz and 42.5 GHz and associated feeder links (2006)
- (4) ITU-R BO. 1659, Mitigation techniques for rain attenuation for broadcasting-satellite service systems in frequency bands between 17.3 GHz and 42.5 GHz (2003)
- (5) ITU-R BO. 1776, Reference power flux-density for the broadcasting-satellite service in the band 21.4-22.0 GHz in Regions 1 and 3 (2006)
- (6) ITU-R BO. 1785, Intra-service sharing criteria for GSO BSS systems in the band 21.4-22.0 GHz in Regions 1 and 3 (2007)
- (7) 平成 21 年 10 月 16 日 携帯端末向けマルチメディア放送方式の技術的条件（一部答申）(2009)
- (8) 山里, 居相, 濱住, 渋谷, 伊藤: VHF 低域帯でのスボラディック E 層伝搬による混信波の振幅変動に関する検討, 信学技報, EMCJ 2004-149 (2005)
- (9) 山里, 居相, 濱住, 渋谷, 伊藤: スボラディック E 層伝搬による混信波の振幅変動に関する検討, 信学総大, B-1-11 (2005)
- (10) 山里, 岡野, 濱住, 渋谷: スボラディック E 層による混信波の年間測定: 映情学冬大, 8-11 (2006)
- (11) 山里, 濱住, 伊藤, 中村, 矢野, 田中: マイクロ波帯におけるフェージング特性~長距離・海上伝搬における A バンドと C バンドの比較実験~, 信学総大, B-1-11 (2006)
- (12) ITU-R BO. 1408-1, Transmission System for advanced multimedia services provided by integrated services digital broadcasting in a broadcasting-satellite channel (1999-2002)
- (13) 松村: 小特集 アナログ放送からデジタル放送へー放送技術の進展ー全デジタル時代の放送 (システム), 映情学誌, Vol. 54, No. 11, pp. 1500-1503 (2000)
- (14) 橋本, 加藤: 第 5 章 デジタル放送の誤り訂正技術入門, 第 6 章 デジタル放送の変復調技術入門, デジタル放送の基礎技術入門, インターフェース増刊, Tech I, Vol. 11, pp. 81-90, pp. 91-103 (2002)
- (15) 橋本, 鈴木, 筋誠, 田中, 正源: ISDB-S 高度化の一検討, 信学総大, B-3-7 (2007)
- (16) 橋本, 鈴木, 筋誠, 田中, 木村, 正源: 高度 BS デジタル放送の伝送方式についての一検討, 信学技報, Vol. 107, No. 83, SAT 2007-10, pp. 13-18 (2007)
- (17) A. Hashimoto and Y. Suzuki: A New Transmission System for Advanced Satellite Broadcast, IEEE Trans. Consum. Electron., Vol. 54, pp. 353-360 (2008)
- (18) 鈴木, 橋本, 筋誠, 田中, 正源: 高度 BS デジタル放送用 LDPC 符号特性についての検討, 映情学年次大, 17-5 (2007)
- (19) 鈴木, 橋本, 筋誠, 田中, 正源: 高度 BS デジタル放送用 LDPC 符号についての検討, 映情学技報, Vol. 31, No. 27, BCT 2007-59, pp. 13-18 (2007)
- (20) 鈴木, 橋本, 小島, 筋誠, 田中, 木村, 正源: LDPC 符号の多値 QAM への適用時の所要 C/N と周波数利用効率の関係, 映情学年次大, 8-5 (2008)
- (21) 鈴木, 橋本, 筋誠, 田中, 木村, 正源: 高度 BS デジタル放送用 LDPC 符号化多値振幅位相変調方式における半径比の最適化についての検討, 映情学技報, Vol. 31, No. 51, BCT 2007-94, pp. 1-4 (2007)
- (22) 鈴木, 橋本, 小島, 筋誠, 田中, 木村, 正源, 横川, 管: 高度 BS デジタル放送用 LDPC 符号の設計, 映情学誌, Vol. 62, No. 12, pp. 1997-2004 (2008)
- (23) 鈴木, 橋本, 小島, 田中, 木村, 齊藤: 高度衛星デジタル放送方式用 LDPC 符号, 信学技報, Vol. 109, No. 212, pp. 19-24, IT 2009-39 (2009)
- (24) 小島, 鈴木, 橋本, 田中, 正源: 高度 BS デジタル放送用多値変調方式への非線形増幅の影響, 信学技報, Vol. 107, No. 145, pp. 13-16, SAT 2007-14 (2007)
- (25) 小島, 鈴木, 橋本, 筋誠, 田中, 木村, 正源: 高度 BS デジタル放送用多値変調方式における最適 OBO 値の検討, 信学ソ大, B-3-8 (2008)
- (26) 小島, 鈴木, 橋本, 筋誠, 田中, 木村, 正源: 32 APSK 変調の隣接チャンネル間干渉の影響についての検討, 映情学技報, Vol. 107, No. 479, pp. 23-28, BCT 2008-24 (2008)
- (27) 小島, 筋誠, 鈴木, 橋本, 田中, 木村: APSK 変調の同一チャンネル間干渉についての一検討, 信学総大, B-3-24 (2009)
- (28) 小島, 筋誠, 鈴木, 橋本, 田中, 木村, 正源: A Study on Influence of Inter-channel Interference of Multi-level Digital Modulations for Broadcasting Satellite, ISTS 2009-j-11 (2009)
- (29) 小島, 橋本, 田中, 木村, 上田, 関藤, 松永, 小塩, 市川: 衛星伝送路における低ロールオフ率伝送実験, Vol. 109, No. 118, pp. 51-56, SAT 2009-16 (2009)
- (30) 青木, 西村, 青木, 木村: 高度 BS デジタル放送における

- IPパケット伝送方式の一検討, 映情学冬大, 3-3 (2007)
- (31) S. Aoki, K. Aoki, K. Ishikawa, H. Imaizumi and T. Kimura : Content Download Application over the Advanced Satellite Broadcasting System, NAB Proceedings 2009 [NAB Broadcast Engineering Conference], pp. 193-201 (2009)
- (32) 橋本, 井上, 松本, 方田, 上田, 市川, 佐藤, 柴田, 石原, 大田, 野崎, 北之園, 齊藤, 筋誠, 小島, 鈴木, 田中 : 高度衛星デジタル放送の ARIB 実証実験, 信学技報, Vol. 108, No. 357, SAT 2008-53, pp. 1-6 (2008)
- (33) 橋本, 井上, 松本, 方田, 上田, 市川, 佐藤, 柴田, 石原, 大田, 野崎, 北之園, 齊藤, 筋誠, 小島, 鈴木, 田中 : 高度衛星デジタル放送方式の ARIB 実証実験, 映情学誌, Vol. 63, No. 7, pp. 957-966 (2009)
- (34) 平成 20 年度情報通信審議会答申, 諮問第 2023 号「放送システムに関する技術的条件」のうち衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件, 平成 20 年 7 月 29 日 (2008)
- (35) 橋本, 田中 : 高度 BS デジタル放送技術, 映情学誌, Vol. 62, No. 5, pp. 682-686 (2008)
- (36) 橋本 : 衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件, 電波技術協会報 FORN, No. 265, pp. 4-7 (2008)
- (37) ARIB STD-B 44 1.0 版, 高度広帯域衛星デジタル放送の伝送方式標準規格 (2009)
- (38) 小島, 鈴木, 橋本, 筋誠, 田中, 木村, 正源 : 衛星伝送路における信号点誤差推定に基づく非線形補償法, Vol. 108, No. 440, SAT 2008-66, pp. 37-42 (2008)
- (39) 鈴木, 橋本, 小島, 筋誠, 田中, 木村 : 高度衛星デジタル放送用 32 APSK 変調へのブラインド適応等化器の適用に関する検討, 信学総大, B-3-25 (2009)
- (40) Y. Suzuki, A. Hashimoto, M. Kojima, H. Sujikai, S. Tanaka, T. Kimura and K. Shogen : A study of Adaptive Equalizer for APSK in the Advanced Satellite Broadcasting System, IEEE GLOBECOM 2009 proceedings (2009)
- (41) 鈴木, 橋本, 小島, 田中, 木村 : 高度衛星デジタル放送用 32 APSK 変調における適応等化器を用いた伝送路推定および繰返し等化に関する一検討, 信学ソ大, B-3-13, p. 265 (2009)
- (42) 清水, 峯松, 中川 : 1 時間雨量を用いた降雨減衰発生時間の推定, 信学総大, B-1-50 (2002)
- (43) 峯松, 中川 : 自己回帰モデルを用いた 1 時間雨量中の最大 1 分間降雨強度の推定, 信学総大, B-1-1 (2003)
- (44) 峯松, 亀井, 正源 : ITU-R 法による降雨減衰時間率推定結果と実測結果の比較, 信学総大, B-1-35 (2004)
- (45) F. Minematsu, Y. Suzuki, M. Kamei and K. Shogen : Comparison of Measured Rain Attenuation in the 12-GHz Band with Predictions by ITU-R Methods, IEICE Trans. Commun., pp. 2419-2426 (2005)
- (46) 峯松, 鈴木, 正源 : アメダス 10 分雨量データを用いた全国の 1 時間降雨中の 1 分間降雨強度推定, 信学総大, B-1-1 (2005)
- (47) S. Nakazawa, S. Tanaka and K. Shogen : A Method to Transform Rainfall Rate to Rain Attenuation and Its Application to 21 GHz Band Satellite Broadcasting, IEICE Trans. Commun., pp. 1806-1811 (2008)
- (48) 中澤, 田中, 正源 : 21 GHz 帯衛星放送システムの降雨減衰補償効果の検討-2.2 m 反射鏡と素子数 61 としたフェーズドアレーアンテナ構成の場合-, 信学技報, SAT 2008-16, pp. 55-59 (2008)
- (49) 長坂, 中澤, 田中 : 鏡面修整反射鏡アンテナを用いた 21 GHz 帯放送衛星の検討, 信学総大, B-3-15 (2009)
- (50) テレコム先端技術研究支援センター : 21 GHz 帯を用いた高度衛星放送システムの概要検討報告書, 平成 13 年 3 月 (2001)
- (51) テレコム先端技術研究支援センター : 21 GHz 帯を用いた高度衛星放送システムの概要検討報告書, 平成 14 年 3 月 (2002)
- (52) 田中, 山田, 村田 : 放送衛星搭載用フェーズドアレー給電反射鏡アンテナの放射パターンの検討, 信学技報, AP 2001-169 (2001)
- (53) テレコム先端技術研究支援センター : 21 GHz 帯を用いた高度衛星放送システムの概要検討報告書, 平成 15 年 3 月 (2003)
- (54) 田中, 中澤, 横畑, 村田 : 次世代放送衛星搭載用アレー給電反射鏡アンテナの放射特性, 信学総大, B-1-222 (2003)
- (55) 中沢, 田中, 村田 : 次世代放送衛星用フェーズドアレー給電反射鏡アンテナにおける位相誤差の影響, 信学ソ大, B-1-62 (2002)
- (56) S. Nakazawa, S. Tanaka and T. Murata : Numerical Estimation for Degradation of Radiation Pattern due to Excitation Coefficient Error for Onboard Array-fed Reflector Antenna, The 21 st AIAA International Communications Satellite Systems Conference & Exhibit (2003)
- (57) S. Nakazawa, S. Tanaka and T. Murata : Evaluation of Degradation of Shaped Radiation Pattern Caused by Excitation Coefficient Error for Onboard Array-fed Reflector Antenna, 2004 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC/URSI National Radio Science Meeting (2004)
- (58) 田中, 中澤, 横畑, 村田 : フェーズドアレー給電反射鏡アンテナの素子励振電力制限の影響, 信学技報, AP-2002-119 (2002)
- (59) 横畑, 田中, 村田 : 21 GHz 帯フェーズドアレーでの素子故障による放射パターン劣化と再形成, 信学ソ大, B-1-72 (2003)
- (60) K. Yokohata, S. Tanaka and T. Murata : Pattern Degradation Caused by Element Faults and Reconfiguration of 21-GHz band Onboard Phased Array-fed Reflector Antenna, 24 th International Symposium on Space Technology and Science (ISTS) (2004)
- (61) 田中, 横畑, 中沢, 村田 : 21 GHz 帯イメージングレフレクタによる整形ビームの検討, 信学総大, B-1-95 (2004)
- (62) 田中, 横畑, 中沢, 村田 : 21 GHz 帯イメージングレフレクタアンテナの放射特性, 信学技報, AP 2004-07 (2004)
- (63) 田中, 中澤, 小郷, 正源 : 21 GHz 帯放送衛星搭載イメージングレフレクタのグレーティングロープ抑圧の検討, 信学総大, B-1-166 (2005)
- (64) S. Tanaka S. Nakazawa, K. Yamagata, N. Kogou and K. Sho-

- gen : ONBOARD ARRAY-FED REFLECTOR ANTENNA FOR 21-GHz-BAND DIRECT BROADCASTING SATELLITE, Proceedings of the first European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP) (2006)
- (65) テレコム先端技術研究支援センター：21 GHz 帯を用いた高度衛星放送システムの概要検討報告書，平成 16 年 3 月 (2004)
- (66) テレコム先端技術研究支援センター：21 GHz 帯を用いた高度衛星放送システムの概要検討報告書，平成 17 年 3 月 (2005)
- (67) テレコム先端技術研究支援センター：21 GHz 帯を用いた高度衛星放送システムの概要検討報告書，平成 18 年 3 月 (2006)
- (68) 小郷，中沢，田中：21 GHz 帯フェーズドアレーアンテナの給電誤差検出法の検討，信学ソ大，B-1-50 (2005)
- (69) 小郷，中沢，田中：励振分布検出素子の放射パターンへの影響，信学総大，B-1-56 (2005)
- (70) テレコム先端技術研究支援センター：21 GHz 帯を用いた高度衛星放送システムの概要検討報告書，平成 19 年 3 月 (2007)
- (71) 中澤，田中，正源：21 GHz 帯衛星放送システムの降雨減衰補償効果の検討-2.2 m 反射鏡と素子数 61 としたフェーズドアレーアンテナ構成の場合-，信学技報，Vol. 108, No. 149, SAT 2008-16 (2008)
- (72) 長坂，中澤，田中：鏡面修整反射鏡アンテナを用いた 21 GHz 帯放送衛星の検討，信学総大，B-3-15 (2009)
- (73) 長坂，中澤，斉藤，田中，正源：21 GHz 帯放送衛星の送信電力の一検討，信学総大，B-3-10 (2010)
- (74) 中川，野本，根本，薦木：衛星搭載フェーズドアレー用小型・細径 TWT，信学ソ大，B-3-25 (2001)
- (75) 亀井，中川，野本，宗廣，金本：フェーズドアレー用進行波管の開発，信学技報，ED-2002-236 (2002)
- (76) H. Nakagawa, M. Kamei and T. Nomoto : Mini-TWT for array-fed antenna for 21-GHz-band broadcasting satellite, IVEC 2003 (2003)
- (77) M. Kamei, K. Shogen and T. Nomoto : A Mini-TWT Array for Array-fed Reflector Antenna in 21 GHz-band Broadcasting Satellites, 2003 Joint Conference on Satellite Communications (2003)
- (78) 亀井，中川，野本：21 GHz 帯放送衛星搭載フェーズドアレー用ヒートパイプ付小型・細径 TWT，信学ソ大，B-3-13 (2002)
- (79) 山形，亀井，田中，今井：アノード電圧制御による飽和電力可変 TWT の効率に関する検討，信学ソ大，B-3-2 (2005)
- (80) K. Yamagata, S. Tanaka and K. Imai : Improvement in Power Efficiency of Miniature TWT for 21-GHz-band On-board Phased Array Antenna, Proceedings of the 25 th International Symposium on Space Technology and Science (ISTS), ISTS 2006-j-13 (2006)
- (81) 山形，小島，中澤，田中，正源，矢部，佐藤，杉田，川崎，金森：小型細形 TWT の温度特性と 21 GHz 帯放送衛星搭載アンテナ給電アレー部排熱機構への要求条件の検討，信学総大，B-2-31 (2008)
- (82) 橋本，亀井，水木，斉藤，野本：長周期インターリーブ伝送方式の検討 (その 1) -概念と装置の構成-，映情学年次大，18-6, pp. 270-271 (2001)
- (83) 亀井，橋本，水木，斉藤，峯松，野本：長周期インターリーブ伝送方式の検討 (その 2)，映情学年次大，18-7, pp. 272-273 (2001)
- (84) 橋本，亀井，山崎，川口：長周期インターリーブ伝送方式，信学技報，Vol. 101, No. 540, pp. 17-21, DSP 2001-135, SAT 2001-93, RCS 2001-193 (2002)
- (85) 亀井，橋本，山崎，川口：バケット誤り特性を考慮した長周期インターリーブ伝送方式，信学総大，B-3-8, p. 231 (2002)
- (86) 亀井，橋本，山崎，中川，川口：A Study on the Long Block-length Interleave Transmission Scheme, ISTS 2002-j-15 (2002)
- (87) 橋本，山崎，亀井，中川：蓄積受信を用いた降雨減衰補償についての一検討～長周期インターリーブ伝送方式とタイムダイバーシティ方式との比較～，信学ソ大，B-3-5 (2002)
- (88) 山崎，橋本，亀井，中川：衛星放送における受信電界短時間変動の一検討，信学ソ大，B-3-2 (2002)
- (89) 山崎，峯松，正源：21 GHz 帯衛星放送システムにおける蓄積受信を用いた降雨減衰補償技術～長周期インターリーブ方式，タイムダイバーシティ方式の年間遮断率と適用範囲の関係～，信学総大，B-3-33 (2004)
- (90) 山崎，正源：衛星放送における蓄積受信を用いたパリティ時差送信方式，信学ソ大，B-3-18 (2004)
- (91) 山崎，今井，正源：衛星放送における蓄積受信を用いた降雨減衰補償用伝送方式，信学技報，Vol. 104, No. 531, pp. 43-49, SANE 2004-71, SAT 2004-159 (2004)
- (92) 山崎，村田，橋本，野本，亀井：降雨減衰補償のための伝送方式，NHK 技研 R&D, No. 46, pp. 41-47 (2004)
- (93) 山崎，今井，正源：パリティ時差送信方式における遅延時間と降雨減衰マージンの関係，信学総大，B-3-27 (2005)
- (94) 山崎：降雨減衰補償のための伝送方式～長周期インターリーブ伝送方式～，VIEW, Vol. 24, No. 4, pp. 7-14 (2005)
- (95) 山崎，今井，正源，野本：衛星デジタル放送への適用を考慮したパリティ時差送信方式の検討，信学論 B, Vol. J 89-B, No. 2, pp. 126-134 (2006)
- (96) 筋誠，鈴木，山形，田中，西田，菅原：スーパーハイビジョン信号の 21 GHz 帯室内伝送実験，映情学技報，Vol. 30, No. 12, pp. 13-16, BCT 2006-23 (2006)
- (97) 鈴木，筋誠，田中，今井：正則 LDPC 符号と RS (204,188) 符号の接続符号の検討，信学技報，Vol. 106, No. 104, pp. 7-12, SAT 2006-9 (2006)
- (98) 鈴木，筋誠，田中，正源：正則 LDPC 符号と組み合わせる外符号の違いによる MPEG-TS パケットエラー数の評価，信学ソ大，B-3-2 (2006)
- (99) 正源，田中，筋誠，西田，菅原：スーパーハイビジョン衛星放送システムの研究，信学ソ大，BS-2-5 (2006)
- (100) 筋誠，橋本，鈴木，正源：衛星シミュレータによる 32 QAM 伝送特性評価，信学技報，Vol. 106, No. 446, pp. 19-24,

- SAT 2006-53 (2006)
- (101) 筋誠, 橋本, 鈴木, 正源: 16 APSK の非線形特性伝送評価, 映情学技報, Vol. 30, No. 49, pp. 1-4, BCT 2006-99 (2006)
- (102) 筋誠, 鈴木, 田中, 正源: スーパーハイビジョン伝送のための広帯域変復調器の試作, 映情学技報, Vol. 31, No. 36, pp. 5-8, BCT 2007-65 (2007)
- (103) 筋誠, 鈴木, 田中, 正源: Super Hi-Vision Transmission Experiment in the 21 GHz band with Prototypes of a Wide-band Modulator and a Demodulator, 信学技報, Vol. 107, No. 299, pp. 221-226, SAT 2007-54 (2007)
- (104) 筋誠, 鈴木, 田中, 正源: Super Hi-Vision Transmission Experiment in the 21 GHz Band, NAB Proceedings 2008, pp. 515-521 (2008)
- (105) 筋誠, 鈴木, 小島, 橋本, 田中, 正源: 衛星「きずな(WINDS)」を利用したスーパーハイビジョン伝送実験, 信学技報, SAT 2009-3, pp. 13-18 (2009)
- (106) 筋誠, 鈴木, 小島, 清水, 橋本, 田中, 木村, 豊田, 松尾, 中島, 井口, 奥村, 中山, 増田, 尾澤, 高橋, 大川, 正源: 超高速インターネット衛星「きずな」によるスーパーハイビジョンの多チャンネル・生中継伝送実験, 放送技術, Vol. 62, No. 9, pp. 91-98 (2009)
- (107) ITU-R BO. 2071, System parameters of BSS between 17.3 GHz and 42.5 GHz and associated (2006)
- (108) Y. Kawaguchi, H. Nakagawa, S. Tanaka and T. Yamada: Application of phased-array antenna technology to the 21 GHz broadcasting satellite for rain-attenuation compensation, ICC 2002, pp. 2962-2966 (2002)
- (109) M. Kamei, K. Yamagata, S. Tanaka, K. Imai and K. Shogen: A Study on the Transponder System in the 21 GHz-band Broadcasting Satellites using Phased-array Antenna, AIAA International Communications Satellite Systems Conference (ICSSC 2005) (2005)
- (110) S. Tanaka, K. Yamagata, S. Nakazawa, N. Kogou, H. Sujikai and K. Shogen: 21 GHz-band Direct Broadcasting Satellite System, AIAA 2007, 3119 (2007)
- (111) 長坂, 中澤, 齊藤, 田中, 正源: 21 GHz 帯放送衛星の送信電力の一検討, 信学総大, B-3-10 (2010)
- (112) 高田, 土田, 中原, 黒田: 地上デジタル放送における OFDM シンボル長とスキューワードパイロットによる伝送特性, 映情学誌, Vol. 52, No. 11, pp. 1658-1665 (1998)
- (113) 高田, 木村, 森山: 地上デジタル放送 ISDB-T の移動受信特性, 映情学誌, Vol. 54, No. 11, pp. 1590-1597 (2000)
- (114) 齊藤: 地上デジタル放送の概要, 映情学冬大, S 1-1, pp. 114-123 (2003)
- (115) H. Asami and M. Sasaki: Outline of ISDB systems, Proceedings of the IEEE, Vol. 94, No. 1, pp. 248-250 (2006)
- (116) M. Takada and M. Saito: Transmission System for ISDB-T, Proceedings of the IEEE, Vol. 94, No. 1, pp. 251-256 (2006)
- (117) M. Uehara: Application of MPEG-2 Systems to Terrestrial ISDB (ISDB-T), Proceedings of the IEEE, Vol. 94, No. 1, pp. 261-268 (2006)
- (118) 安藤, 神原, 中原, 阿良田: 地上デジタル放送の干渉実験と受信性能実験~ATSC と ISDB-T の干渉及び受信性能~, 映情学技報, Vol. 25, No. 78, BCS 2001-54, MIP 2001-105, AIT 2001-109, NIM 2001-134, VIS 2001-91, 2001, pp. 51-57 (2001)
- (119) 中原: 地上デジタル放送の回線設計とネットワーク, 映情学誌, Vol. 56, No. 2, pp. 152-154 (2002)
- (120) 安藤, 中原, 佐々木: 地上波デジタルテレビの長期電界変動, 映情学年次大, 12-2 (2001)
- (121) 藤沢, 上原, 森山, 佐々木: 地上 ISDB の階層パラメータ切り替え手法の検討, 映情学技報, Vol. 24, No. 73, BCS 2000-41, MIP 2000-41, AIT 2000-125, NIM 2000-138, VIS 2000-91, pp. 47-54 (2000)
- (122) 木村, 高田, 森山, 佐々木: 地上デジタル放送における AC の伝送特性に関する考察, 映情学年次大, 6-2 (2000)
- (123) 今村, 濱住, 渋谷, 佐々木: 地上デジタル放送 SFN における放送波中継用回り込みキャンセラの基礎検討, 映情学誌, Vol. 54, No. 11, pp. 1568-1575 (2000)
- (124) 今村, 濱住, 渋谷, 佐々木, 大和田, 佐伯, 金井, 福原, 高瀬, 川瀬: 北淡垂水中継局における放送波中継 SFN 実験, 映情学技報, Vol. 24, No. 43, BCS 2000-24, ROFT 2000-50, pp. 17-23 (2000)
- (125) 今村, 濱住, 佐伯, 岡, 渋谷, 佐々木, 金井: 白石中継局における放送波中継 SFN 実験, 映情学技報, Vol. 25, No. 7, BFO 2001-28, ROFT 2001-28, pp. 53-58 (2001)
- (126) 濱住, 今村, 神原, 安田, 渋谷, 阿良田, 佐伯, 吉田, 佐々木: 回り込みキャンセラを用いた SFN 放送波二段中継の性能, 映情学技報, Vol. 26, No. 32, ROFT 2002-56, pp. 13-16 (2002)
- (127) 竹内, 今村, 濱住, 渋谷: 回り込み波の変動と遅延拡がり, 映情学誌, Vol. 58, No. 7, pp. 957-965 (2004)
- (128) 成清, 今村, 渋谷, 高江洲: 今帰仁中継局における SFN 放送波中継実験, 映情学技報, Vol. 28, No. 15, BCT 2004-49, pp. 9-12 (2004)
- (129) 今村, 成清, 渋谷, 福岡: 今帰仁中継局における台風通過時の回り込み波の変動, 映情学技報, Vol. 28, No. 15, BCT 2004-50, pp. 13-16 (2004)
- (130) 今村, 竹内, 成清, 渋谷: 回り込み変動環境下における回り込みキャンセラの計算機シミュレーション, 信学技報, EMCJ 2004-148, pp. 7-12 (2005)
- (131) 今村, 安藤, 成清, 渋谷, 上田, 曾我: 三登山中継局および須恵中継局における SFN 放送波中継実験 - 全キャリアの判定値を用いた回り込みキャンセラのフィールド検証 -, 信学技報, EMCJ 2003-158, pp. 45-50 (2004)
- (132) 横畑, 成清, 竹内, 今村, 濱住, 渋谷, 成尾, 倉島, 石井: みやぎ実験局における SFN 放送波 2 段中継実験, 信学技報, EMCJ 2005-137, pp. 1-4 (2006)
- (133) 今村, 竹内, 横畑, 成清, 濱住, 渋谷, 石井, 安藤, 江口: 長良デジタル中継局における回り込みキャンセラの動作検証, 信学技報, EMCJ 2005-142, pp. 27-30 (2006)
- (134) 中原, 濱住, 渋谷, 佐々木: スペースダイバシティを用いた地上デジタル放送の放送波中継の検討, 映情学技報, Vol. 25, No. 31, BCS 2001-11, pp. 7-12 (2001)
- (135) 中原, 濱住, 渋谷, 阿良田: 地上デジタル放送の放送波中

- 継におけるスペースダイバシティ受信の適用～周波数軸等化および等化判定を行う放送波中継の検討～, 映情学技報, Vol. 25, No. 50, BCS 2001-26, ROFT 2001-66, pp. 13-18 (2001)
- (136) 安藤, 神原, 中原: 海上伝搬を含む放送波中継回線の地上デジタル放送親局受信波の変動特性, 信学技報, EMCJ 2002-118 (2003)
- (137) 安藤, 神原, 中原, 阿良田: 地上デジタル放送用ダイバシティ受信型中継装置を用いた海上伝搬路の放送波中継実験, 映情学技報, Vol. 26, No. 53, BCS, 2002-33, ROFT 2002-75, pp. 21-24 (2002)
- (138) 安藤, 成清, 竹内, 渋谷, 阿良田, 西森, 清水, 兒玉, 春口: 羽咋中継局および延岡中継局における地上デジタル放送波のダイバシティ受信実験, 映情学技報, Vol. 28, No. 15, BCT 2004-51 (2004)
- (139) 横畑, 成清, 瀧谷, 成尾, 飯利, 中原, 白井, 真弓: 地上デジタル放送波のダイバシティ受信実験, 映情学技報, Vol. 29, No. 16, BCT 2005-52, pp. 11-14 (2005)
- (140) 竹内, 木村, 濱住, 渋谷: ISDB-T 用アダプティブアレーの開発 - MMSE アダプティブアレーの放送波中継への応用 -, 映情学誌, Vol. 60, No. 1, pp. 66-75 (2006)
- (141) 竹内, 成清, 安藤, 濱住, 渋谷: ISDB-T 用アダプティブアレーの開発 - フィールドにおける同一チャンネル干渉除去実験 -, 映情学誌, Vol. 61, No. 1, pp. 67-75 (2007)
- (142) 竹内, 成清, 横畑, 今村, 濱住, 渋谷: 地上デジタル放送の放送波中継のための合成 - 比較 - 選択に基づく最優秀判定指向型アダプティブアレー, 信学誌, Vol. J 91-B, No. 9, pp. 1072-1085 (2008)
- (143) 成清, 横畑, 竹内, 今村, 濱住, 渋谷, 成尾, 倉島, 石井: みやぎ実験局における同一チャンネル干渉除去実験, 信学技報, EMCJ 2005-138, pp. 5-8 (2006)
- (144) 竹内, 横畑, 濱住, 渋谷: 地上デジタル放送の放送波中継における補助アンテナを用いた同一チャンネル干渉除去に関する一検討, 信学技報, EMCJ 2006-121, pp. 33-38 (2007)
- (145) 横畑, 竹内, 片山, 濱住, 渋谷, 上田, 安藤: 補助アンテナを用いる ISDB-T 用同一チャンネル干渉除去装置の屋外基礎実験, 信学技報, EMCJ 2006-122, pp. 39-44 (2007)
- (146) 今村, 濱住, 渋谷: 地上デジタル放送用ガードインターバル越えマルチパス等化器, 映情学技報, Vol. 26, No. 53, BCS 2002-30, ROFT 2002-72, pp. 9-12 (2002)
- (147) 今村, 濱住, 渋谷: 地上デジタル放送用ガードインターバル越えマルチパス等化器 - 全キャリアの判定値を用いたマルチパス等化 -, 信学技報, A-P 2002-82, pp. 19-24 (2002)
- (148) 今村, 成清, 安藤, 渋谷, 中村, 上田: 地上デジタル放送用ガードインターバル越えマルチパス等化器の検証 - 福岡市郊外におけるフィールド実験 -, 信学技報, EMCJ 2003-157, pp. 41-44 (2004)
- (149) 今村, 渋谷: 周波数領域等化型ガードインターバル越えマルチパス等化器の室内実験結果, 信学技報, MoMuC 2005-35, pp. 27-32 (2005)
- (150) 全国デジタル送信設備検討会: 地上デジタル放送用送信設備共通仕様書 2007 改定版 (2007)
- (151) 今村, 渋谷, 若林, 巽, 吉見: 放送波中継用ガードインターバル越えマルチパス等化器の野外実験, 映情学技報, Vol. 31, No. 51, BCT 2007-96, pp. 9-12 (2007)
- (152) 高田, 木村, 森山: 地上デジタル放送 ISDB-T の移動受信特性, 映情学誌, Vol. 54, No. 11, pp. 1590-1597 (2000)
- (153) 木村, 岡野, 高田, 中原, 森山: 地上デジタル放送の都市型モデルにおける移動受信所要 C/N の検討, 映情学年次大, 6-8 (2000)
- (154) 藤沢, 上原, 森山: 地上デジタル放送の TMCC 移動受信特性, 映情学年次大, 2-2 (2000)
- (155) 木村, 土田, 森山: 地上デジタル放送の新幹線移動受信における伝送特性, 映情学技報, Vol. 25, No. 67, BCS 2001-36, ROFT 2001-84, pp. 7-12 (2002)
- (156) 木村, 高田, 濱住: ダイバシティ受信による地上デジタル放送の移動受信特性に関する検討, 映情学技報, Vol. 26, No. 67, BCS 2002-41, ROFT 2002-109, pp. 13-16 (2002)
- (157) 神原, 高橋, 土田, 中原: 4 ブランチダイバシティ受信による移動受信実験, 映情学年次大, 19-9 (2003)
- (158) 木村, 土田, 高田: シンボル毎伝送路推定による地上デジタル放送の高速移動受信特性, 映情学技報, Vol. 29, No. 36, BCT 2005-69, pp. 1-4 (2005)
- (159) 土田, 岡野, 高田: 4 ブランチダイバシティ受信による地上デジタル HDTV 移動受信エリア, 映情学技報, Vol. 29, No. 44, BCT 2005-79, pp. 25-28 (2005)
- (160) 木村, 土田, 高田: シンボル毎伝送路推定を用いたダイバシティ合成による高速移動受信の検討, 映情学年次大, 6-2 (2005)
- (161) 土田, 岡野, 高田: ダイバシティ受信のブランチ数の違いによる HDTV 移動受信エリアの比較, 映情学年次大, 6-3 (2005)
- (162) M. Okano, K. Tsuchida and M. Takada: Mobile Reception Performance with 4-Branch Space Diversity for ISDB-T, 55th Annual IEEE Broadcast Symposium (2005)
- (163) 山崎, 高田, 濱住: 地上デジタル放送における高速移動受信特性の計算機シミュレーション評価, 信学ソ大, B-5-129 (2005)
- (164) N. Itou and K. Tsuchida: HDTV Mobile Reception in Automobiles, Proceedings of the IEEE, Vol. 94, No. 1, pp. 274-280 (2006)
- (165) 神原, 岡野, 土田, 高田: 地上デジタル放送の移動受信 - 関東エリアにおけるハイビジョンとワンセグの受信実験 -, 映情学技報, Vol. 30, No. 12, BCT 2006-20, pp. 1-4 (2006)
- (166) 山崎, 高田, 濱住, 渋谷: 地上デジタルハイビジョン放送の高速移動受信技術の検討, 映情学冬大, 8-10 (2006)
- (167) 山崎, 高田, 濱住, 渋谷: アレーアンテナを用いた地上デジタルハイビジョン放送の高速移動受信方式とその室内基礎実験, 信学技報, Vol. 106, No. 579, EMCJ 2006-118, p. 19-22 (2007)
- (168) 山崎, 高田, 濱住, 渋谷: M-MSN アダプティブアレーを用いた地上デジタルハイビジョン放送の高速移動受信特性に関する一検討, 信学総大, BS-1-12 (2008)
- (169) 成清, 山崎, 土田, 高田, 須崎, 渋谷, 太田, 星野, 川頭: 新幹線における地上デジタル放送の受信電界強度の測

- 定, 映情学年次大, 15-2 (2008)
- (170) 山崎, 成清, 土田, 高田, 須崎, 渋谷, 太田, 山田, 川頭: 新幹線における地上デジタル放送の移動受信実験結果, 映情学年次大, 15-3 (2008)
- (171) 山崎, 岩崎, 土田, 高田, 渋谷, 太田, 山田, 川頭: 指向性ダイバーシティを利用した地上デジタル放送の新幹線移動受信実験, 信学技報, Vol. 108, No. 218, MoMuC 2008-57, pp. 87-90 (2008)
- (172) R. Yamasaki, M. Takada, H. Hamazumi and K. Shibuya: High-speed Mobile Reception of HDTV in ISDB-T with Directional Diversity Reception Method using Adaptive Array Antenna, RWS 2009, WE 1 B-5, pp. 570-573 (2009)
- (177) 成清, 横畑, 岡野, 高田: 地上デジタル放送の繰り返し復号型 8 ブランチスペースダイバーシティ受信方式に関する検討, 映情学技報, Vol. 34, No. 5, BCT 2010-29, pp. 23-26 (2010)
- (174) 成清, 横畑, 岡野, 高田: 繰り返し復号を用いた 8 ブランチスペースダイバーシティ受信の検討, 信学総大, B-5-175 (2010)
- (175) 土田, 居相, 任, 鐵尾, 熊谷, 篠田: 地上デジタル放送のギャップフィルア実験, 映情学技報, Vol. 25, No. 33, pp. 7-12 (2001)
- (176) 土田, 高橋, 熊谷: 地上デジタル放送のギャップフィルア実験 (2), 映情学技報, Vol. 26, No. 31, pp. 1-6 (2002)
- (177) 土田, 大来帰, 高橋, 渋谷: 地上デジタル放送用ギャップフィルアの実証実験, 映情学技報, Vol. 27, No. 62, pp. 13-16 (2003)
- (178) 高橋, 土田, 渋谷: 漏洩同軸ケーブルを用いた地上デジタル放送波の室内伝送実験-地上デジタル放送波の再送信技術-, 信学技報, IE 2002-101, pp. 25-28 (2002)
- (179) 竹内, 渋谷: チャンネル歪みを含む再変調時間領域信号を用いた ISDB-T 用 MMSE アダプティブアレー, 信学技報, EMCJ 2008-122 (2009)
- (180) 今村, 渋谷: 周波数領域等化型ガードインターバル越えマルチパス等化器の室内実験結果, 映情学技報, Vol. 29, No. 49, pp. 27-32 (2005)
- (181) 今村, 成清, 安藤, 渋谷, 中村, 上田: 地上デジタル放送用ガードインターバル越えマルチパス等化器の検証-福岡市郊外におけるフィールド実験-, 信学技報, EMCJ 2003-157 (2004)
- (182) 小郷, 中澤, 岩崎, 田中, 正源: UHF 帯折り返し型矩形ループアンテナの検討, 信学総大, B-1-93 (2007)
- (183) 小郷, 中澤, 岩崎, 田中, 正源, 伊藤: UHF 帯折り返し型矩形ループアンテナの試作と性能評価, 信学ソ大, B-1-155 (2007)
- (184) 小郷, 中澤, 岩崎, 田中, 正源, 伊藤: UHF 帯折り返し型矩形ループアンテナの共振周波数の検討, 信学技報, AP 2007-171, Vol. 107, No. 479, pp. 45-48 (2008)
- (185) N. Kogo, S. Nakazawa, T. Iwasaki, S. Tanaka, K. Shogen and K. Ito: Folded Type Rectangular Loop Antenna in UHF Band, Proc. of IEEE iWAT 2008, P. 305, pp. 434-437 (2008)
- (186) 小郷, 中澤, 岩崎, 田中, 正源, 伊藤: 折り返し型矩形ループアンテナの広帯域化の検討, 信学総大, B-1-115 (2008)
- (187) 小郷: UHF 帯折り返し型矩形ループアンテナの開発現状について, 電波技術協会報 FORN, No. 264, pp. 18-19 (2008)
- (188) 小郷, 中澤, 岩崎, 田中, 正源, 伊藤: UHF 帯折り返し型方形ループアンテナの電気特性, 信学論 B, Vol. J 92-B, No. 1, pp. 271-279 (2009)
- (189) 小郷, 中澤, 岩崎, 田中, 正源, 伊藤: 折返し型方形ループアンテナの高次モードの低周波数化の検討, 信学総大, B-1-116 (2009)
- (190) 小郷, 長坂, 中澤, 田中, 正源, 伊藤: 折返し型方形ループアンテナの試作による高次モードの性能評価, 信学ソ大, B-1-130 (2009)
- (191) N. Kogo, M. Nagasaka, S. Nakazawa, S. Tanaka, K. Shogen and K. Ito: Improvement of Frequency Characteristics of Rectangular Loop Antenna for One-Seg Reception, Proc. of ISAP 2009, pp. 660-663 (2009)
- (192) N. Kogo, M. Nagasaka, S. Nakazawa, S. Tanaka, K. Shogen and K. Ito: Folded Type Rectangular Loop Antenna with Tunable Circuit, Electronics Letters, Vol. 64, No. 1, pp. 19-21 (2010)
- (193) 小郷, 長坂, 中澤, 田中, 正源, 伊藤: 筐体の影響を考慮した折返し型方形ループアンテナの VSWR 特性, 信学総大, B-1-68 (2010)
- (194) 高橋, 土田, 木村, 居相, 森山: 在来線電車における地上デジタル放送の移動受信実験, 映情学技報, Vol. 26, No. 53, pp. 29-32, BCS 2002-35, ROFT 2002-77 (2002)
- (195) 高橋, 土田, 森山: 地上デジタル放送の携帯受信実験, 映情学技報, Vol. 26, No. 53, pp. 33-36, BCS 2002-36, ROFT 2002-78 (2002)
- (196) 土田, 高橋, 森山: 地上デジタル放送の携帯受信実験, 映情学技報, Vol. 26, No. 53, pp. 37-40, BCS 2002-37, ROFT 2002-79 (2002)
- (197) 土田, 岡野, 中村, 高田: 地上デジタル放送携帯受信エリア推定手法の検討, 映情学技報, Vol. 28, No. 60, pp. 17-20, BCT 2004-109 (2004)
- (198) 岡野, 土田, 高田: 地上デジタル放送の携帯受信環境における電界強度の測定, 映情学冬大, 12-1 (2004)
- (199) 岡野, 土田, 高田: 地上デジタル放送 1 セグメント携帯受信環境における時間インターリーブの効果, 映情学年次大, 6-1 (2005)
- (200) 神原, 岡野, 土田, 高田: 地上デジタル放送の移動受信, 映情学技報, Vol. 30, No. 12, pp. 1-4, BCT 2006-20 (2006)
- (201) 岡野, 土田, 高田: 携帯受信環境における地上デジタル放送の受信電界強度及び誤り率特性, 映情学技報, Vol. 29, No. 45, pp. 33-36, BCT 2005-88 (2005)
- (202) 岡野, 成清, 土田, 高田: 携帯端末におけるワンセグのダイバーシティ受信に関する検討, 映情学年次大, 12-4 (2006)
- (203) 岡野, 成清, 土田, 高田, 渋谷: 携帯端末向けダイバーシティ受信によるワンセグの野外受信実験, 信学技報, Vol. 106, No. 579, pp. 23-28, EMCJ 2006-119 (2007)
- (204) 成清, 岡野, 土田, 高田, 渋谷: ワンセグを連結して再送信する方法およびそのギャップフィルア装置, 信学技報,

- Vol. 106, No. 349, pp. 11-14, OCS 2006-63, OFT 2006-48 (2006)
- (205) 成清, 岡野, 土田, 渋谷, 五十嵐: ワンセグ連結再送信システムの札幌地下街における検証実験, 映情学年次大, 12-2 (2007)
- (206) 岡野, 成清, 土田, 高田, 渋谷, 五十嵐: 札幌地下街におけるワンセグの再送信実験, 映情学技報, Vol. 31, No. 36, pp. 67-70, BCT 2007-80 (2007)
- (207) 成清, 岡野, 土田, 渋谷, 五十嵐: ワンセグ連結再送信システムの実証実験, 映情学技報, Vol. 31, No. 41, pp. 17-22, CE 2007-47, BCT 2007-84 (2007)
- (208) 岡野, 成清, 古田, 土田, 渋谷: 地上デジタル放送波の山間地における移動受信の伝搬特性, 映情学技報, Vol. 32, No. 42, pp. 29-32, BCT 2008-95 (2008)
- (209) 成清, 岡野, 土田, 渋谷, 酒井, 古田: ワンセグ連結再送信システムを用いた共聴・ケーブル地域における野外実験, 映情学冬大, 3-5 (2008)
- (210) 吉田, 田丸, 中原, 大崎, 土田, 高田, 小林, 春日, 丸山, 那須: 地下街等電波遮蔽空間における地上デジタル放送信号の再輻射実験, 映情学誌, Vol. 60, No. 5, pp. 686-689 (2006)
- (211) 田口, 濱住, 伊藤: ワンセグサービス用緊急警報信号受信機の検討, 信学総大, DS-2-6 (2006)
- (212) 田口, 濱住, 伊藤: 省電力ワンセグ緊急警報受信の検討, 映情学年次大, 12-2 (2006)
- (213) 田口, 濱住, 伊藤, 渋谷: 緊急警報放送によるワンセグ端末の自動起動の検討, 信学技報, EMCJ 2006-120 (2007)
- (214) 村山, 田口, 古田, 高田, 濱住, 渋谷: ワンセグの AC を用いた緊急地震速報伝送方式の検討-伝送遅延時間短縮と待機電力低減-, 映情学技報, Vol. 33, No. 32, pp. 39-42, BCT 2009-68 (2009)
- (215) 田口, 村山, 古田, 高田, 濱住, 渋谷: ワンセグの AC を用いた緊急地震速報伝送方式の検討-雑音やエージング環境における伝送特性-, 映情学技報, Vol. 33, No. 32, pp. 43-46, BCT 2009-69 (2009)
- (216) 官報 (号外第 232 号), [省令] 標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式の一部を改正する省令 (総務一〇五) [告示] 地震動警報情報の構成を定める件 (総務五〇六), 平成 21 年 10 月 30 日付 (2009)
- (217) ARIB STD-B 31 1.8 版, 地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式標準規格 (2009)
- (218) ARIB STD-B 21 3.0 版, デジタル放送用受信装置 標準規格 (望ましい仕様) (2009)
- (219) 平成 21 年 10 月 16 日 携帯端末向けマルチメディア放送方式の技術的条件 (一部答申) (2009)
- (220) ITU-R SG 6 WP 6 A: PROPOSED REVISION OF ANNEX 2 TO RECOMMENDATION ITU-R BS. 1660-3, ITU, ANNEX 6 TO DOC 6 A/285-E (2009)
- (221) 竹内, 濱住, 渋谷: 重複擬似完全再構成トランスマルチプレクサのマルチパス等化特性, 映情学年次大, 3-4 (2009)
- (222) 成清, 土田, 渋谷, 宮崎, 鈴木: 回転型シンボルマッピングを ISDB-T に適用した場合の一検討, 信学総大, B-5-65 (2009)
- (223) 成清, 土田, 渋谷, 宮崎, 鈴木: 各種誤り訂正符号の ISDB-T への適用に関する一検討, 映情学年次大, 3-3 (2009)
- (224) 電気通信技術審議会 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」の一部答申「デジタル有線テレビジョン放送における高精細度テレビジョン放送等の導入のための技術的条件」(2000)
- (225) JCTEA STD-002-2.0, デジタル有線テレビジョン放送多重化装置 (2000)
- (226) JCTEA STD-003-2.0, デジタル有線テレビジョン放送番組配列情報の構成および識別子の運用基準 (2000)
- (227) JCTEA STD-007-1.0, デジタル有線テレビジョン放送 BS デジタル対応受信装置 (2000)
- (228) ITU-T J. 183, Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams over cable television systems (2001)
- (229) 中村, 倉掛, 小山田, 伊東: ケーブルテレビの 1024 QAM 変復調器における固定劣化のシミュレーション, 映情学技報, Vol. 25, No. 50, pp. 31-36, BCS 2001-29, ROFT 2001-69 (2001)
- (230) 中村, 倉掛, 小山田, 伊東: ケーブルテレビの 1024 QAM 変復調器における固定劣化のシミュレーション, 映情学誌, Vol. 56, No. 2, pp. 297-301 (2002)
- (231) N. Nakamura, T. Kurakake, K. Oyamada and S. Ito: Performance evaluation of 1024 QAM signal transmission in cable television distribution systems by software demodulation method, The 8 th International Conference on Communication Systems (ICCS), 2 A-05-02, pp. 534-538 (2002)
- (232) 中村, 倉掛, 小山田, 伊東: ケーブル伝送用 1024 QAM 信号変復調器の開発, 映情学技報, Vol. 26, No. 67, pp. 29-32, BCS 2002-45, ROFT 2002-113 (2002)
- (233) 中村, 倉掛, 小山田, 伊東: ケーブルテレビ用 1024 QAM 伝送装置の開発, 映情学誌, Vol. 58, No. 10, pp. 1421-1428 (2004)
- (234) 中村, 倉掛, 小山田: ケーブルテレビ伝送 4096 QAM 受信機用タイミング再生機能の評価, 映情学誌, Vol. 60, No. 1, pp. 82-85 (2006)
- (235) 中村, 倉掛, 小山田: 非線形素子を通過した OFDM 信号の三次ひずみの累積分布関数の近似, 信学論 B, Vol. J-88 B, No. 10, pp. 2110-2114 (2005)
- (236) 中村, 倉掛, 小山田: OFDM 信号の三次相互変調ひずみ妨害を受けるシングルキャリア QAM 信号の BER 特性, 信学論 B, Vol. J-89 B, No. 6, pp. 1014-1018 (2006)
- (237) 倉掛, 中村, 小山田: ケーブル施設で伝送した 1024 QAM 信号のソフトウェア復調実験, 信学総大, B-8-10 (2003)
- (238) 倉掛, 中村, 小山田: ブラインド等化を用いた 1024 QAM 復調器, 信学技報, Vol. 103, No. 125, pp. 55-60, CS 2003-29, RCS 2003-53 (2003)
- (239) T. Kurakake, N. Nakamura and K. Oyamada: A Blind 1024-QAM Demodulator for Cable Television, 2004 International Zurich Seminar on Communications (IZS) Proceedings, pp. 136-139 (2004)
- (240) 倉掛, 中村, 小山田: ケーブルテレビ用 1024 QAM 受信機の開発, 信学技報, Vol. 28, No. 33, pp. 13-16, BCT 2004-74 (2004)

- (241) T. Kurakake, N. Nakamura and K. Oyamada : 1024-QAM Demodulator Robust to Phase Noise of Cable STB Tuners, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 51, No. 2, pp. 413-418 (2005)
- (242) 山本, 山本, 小山田: 番組編集システムにおける素材転送要求のモデル化と回線収容特性の検討, 映情学技報, Vol. 100, No. 15, pp. 43-48, SSE 2000-15 (2000)
- (243) JCTEA TR-005, 有線系 IP 伝送技術に関する調査報告書 (2004)
- (244) ITU-T J. 281, Requirements for multi-channel video signal transmission over IP-based fibre network (2005)
- (245) 倉掛, 日下部, 中村, 小山田: イーサネットフレームによるデジタル放送の再送信方式の一検討, 信学総大, B-8-18 (2005)
- (246) 日下部, 倉掛, 中村, 小山田: 多チャンネル MPEG-2 TS 信号のベースバンド多重伝送の検討, 映情学年次大, 12-3 (2005)
- (247) 日下部, 倉掛, 中村, 小山田: ベースバンド時分割多重によるデジタル放送の一括再送信方式の検討, 映情学技報, Vol. 30, No. 40, pp. 21-24, BCT 2006-80 (2006)
- (248) 倉掛, 日下部, 中村, 小山田: イーサネットフレームを用いたデジタル放送のベースバンド一括再送信システム, 映情学技報, Vol. 30, No. 40, pp. 25-28, BCT 2006-81 (2006)
- (249) 日下部, 倉掛, 小山田: フレーム構造を用いた同期多重によるデジタル放送のベースバンド一括再送信システム, 映情学技報, Vol. 30, No. 67, pp. 31-36, BCT 2006-159 (2006)
- (250) 日下部, 倉掛, 小山田: デジタル放送のベースバンド伝送方式における光分配システム構成の検討, 映情学技報, Vol. 32, No. 52, pp. 79-84, BCT 2008-116 (2008)
- (251) T. Kusakabe, T. Kurakake and K. Oyamada : A Study of the Optical Distribution Costs of Multichannel Baseband Digital Broadcasts over a Fibre-To-The-Home Network, The 14th OptoElectronics and Communications Conference (OECC 2009), ThD 4 (2009)
- (252) 日下部, 倉掛, 小山田: デジタル放送のベースバンド一括再送信システムにおける宅内再変調方式, 映情学年次大, 20-1 (2008)
- (253) 日下部, 倉掛, 小山田: ベースバンドデジタル光ケーブルテレビにおける宅内同軸伝送向け多チャンネル再変調装置, 映情学年次大, 16-8 (2009)
- (254) 倉掛, 日下部, 小山田: UHF 帯で地上デジタル放送と共存可能な宅内同軸網向け大容量伝送方式の提案, 映情学冬大, 3-1 (2009)
- (255) 倉掛, 日下部, 小山田: FBMC/OQAM を用いた宅内同軸伝送システムの等化方法, 信学総大, B-8-27 (2010)
- (256) 鈴木, 前田, 小山田, 遠藤: OFDM 信号のミリ波光ファイバ伝送実験, 映情学技報, Vol. 27, No. 45, BCT 2003-13 (2003)
- (257) 中戸川, 前田, 小山田: 光 SSB 変調器を用いた地上波デジタル放送のミリ波光伝送実験, 映情学冬大, 2-4 (2003)
- (258) T. Nakatogawa, M. Maeda and K. Oyamada : Optical SSB Modulation with Reduced Carrier in Millimeter-wave Radio-On-Fiber System for Digital Broadcasting Signals, OECC 2005, 6 B 2-4 (2005)
- (259) 中戸川, 前田, 小山田: デジタル放送波ミリ波 ROF システムに用いる自己ヘテロダイン検波方式ミリ波受信機, 映情学誌, Vol. 61, No. 1, pp. 59-66 (2007)
- (260) 中戸川, 前田: いばらきブロードバンドネットワークを利用した地上デジタル放送の光波長多重伝送実験, 信学総大, B-10-71 (2005)
- (261) 中戸川, 前田, 小山田: 光ラマン増幅を用いた地上デジタル放送の長距離光伝送実験, 映情学年次大, 15-3 (2004)
- (262) 清水, 杉之下, 野本, 松下, 久保, 武田, 杉浦, 坂本, 三上, 多胡, 石川: 60 GHz 帯を用いた集合住宅向け衛星放送再送信システム~パイロット方式における受信限界 CN 比の検討~, 映情学年次大, 15-6 (2004)
- (263) 川口, 九鬼, 清水, 杉之下, 多胡, 中嶋, 三上, 坂本: パイロット方式による 60 GHz 帯デジタル放送再送信装置の評価, 信学総大, CS-2-7 (2006)
- (264) 杉之下, 村上, 古田: ミリ波を用いた放送システム, 映情学技報, Vol. 25, No. 41, BCS 2001-18, BFO 2001-42, ROFT 2001-58, pp. 1-6 (2001)
- (265) 村上, 古田, 中川, 杉之下: 市街地におけるミリ波放送の受信場所率の検討, 映情学技報, Vol. 25, No. 7, BFO 2001-20, ROFT 2001-20, pp. 7-12 (2001)
- (266) 古田, 中川, 村上, 杉之下: 21 GHz 帯移動伝搬実験における受信 CIR の検討, 信学ソ大, B-1-6 (2001)
- (267) T. Kuki, H. Fujikake, H. Kamoda and T. Nomoto : Microwave Variable Delay Line Using a Membrane Impregnated with Liquid Crystal, IEICE Trans. Electronics, Vol. E 86-C, No. 8, pp. 1699-1703 (2003)
- (268) 鴨田, 九鬼, 藤掛, 野本: 液晶ミリ波ビームフォーマ, 信学論 C, Vol. J 88-C, No. 1, pp. 34-41 (2005)
- (269) H. Kamoda, T. Kuki, H. Fujikake and T. Nomoto : A Liquid Crystal Beam Former for Two-dimensional Millimeter-Wave Steering, Progress in Electromagnetics Research Symposium 2006, p. 456 (2006)
- (270) H. Kamoda, T. Kuki and T. Nomoto : Conductor loss reduction for liquid crystal millimeter-wave beam former, IEICE Electronics Express, Vol. 2, No. 18 pp. 471-476 (2005)
- (271) 東京パイロット実験 Phase 3 Stage 2 WG 1 TG 2 : 「地上デジタル向けデータ放送アプリケーション実験」実験報告書 (2002)
- (272) 斎藤, 大槻, 大谷: 地上デジタル放送の携帯型受信機による受信実験, 映情学年次大, 9-9 (2002)
- (273) 斎藤, 大槻, 大谷: 携帯受信におけるデータコンテンツ多重方式の検討, 映情学技報, Vol. 27, No. 14, BCS 2003-11, BFO 2003-34, p. 25-28 (2003)
- (274) 大槻, 斎藤, 大谷: データ放送コンテンツの取得時間を低減する多重方式の検討, 映上學年次大, 9-5 (2002)
- (275) 坂木, 大槻, 西田: 携帯・移動受信においてデータコンテンツの取得時間を短縮する多重方式の性能評価, 映情学技報, Vol. 28, No. 13, BCT 2004-35, p. 21-24 (2004)
- (276) ITU-R WP 6 A : Proposed modification to Recommendation BT. 1300-1, DOC. 6 A/11 (2003)
- (277) S. Aoki and K. Aoki : Efficient Scheme for Transport of IP

- Packets over the Advanced Satellite Broadcasting System, IEEE ICCE 2009, 1.2-4 (2009)
- (278) 青木, 青木, 山本: 放送伝送路における IP パケット多重化方式, 映情学技報, BCT 2009-90 (2009)
- (279) S. Aoki and K. Aoki: Efficient Multiplexing Scheme for IP Packets over the Advanced Satellite Broadcasting System, IEEE Trans. C. E., Vol. 55, No. 1, pp. 49-55 (2009)
- (280) 青木, 青木: 高度衛星デジタル放送における IP パケット多重化方式, NHK 技研 R&D, No. 119, pp. 49-59 (2010)
- (281) S. Aoki, K. Aoki, K. Ishikawa, H. Imaizumi and T. Kimura: Content Download Application over the Advanced Satellite Broadcasting System, National Association of Broadcasters (NAB) Broadcast Engineering Conference, pp. 193-201 (2009)
- (282) S. Aoki, K. Aoki, K. Majima and H. Hamada: Consideration of a transport mechanism on broadcasting from the viewpoint of emerging hybrid content delivery systems, MPEG Kyoto meeting Workshop on MMT (2010)
- (283) S. Aoki, K. Aoki and M. Yamamoto: Effective Content Delivery Method for File-based Broadcast System over Satellite Broadcasting Channels, IEEE Symposium on BMSB, mm 2010-33 (2010)
- (284) 浜田: デジタル放送におけるダウンロードの概要, 映情学技報, Vol. 28, No. 77, BCT2004-172, pp. 13-18 (2004)
- (285) 小西, 武智, 浜田, 大谷, 藤原: BS デジタル放送におけるソフトウェアダウンロードコンテンツ伝送方式の比較, 映情学年次大, 5-3 (2000)
- (286) 小西, 武智, 浜田: デジタル放送の蓄積型サービスの送出方法に関する考察, 映情学年次大, 19-5 (2001)
- (287) ARIB STD-B 25, デジタル放送におけるアクセス制御方式 (1999)
- (288) Y. Nishimoto, H. Imaizumi and N. Mita: Integrated Digital Rights Management for Mobile IPTV Using Broadcasting and Communications, IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 55, No. 2, pp. 419-424 (2009)
- (289) 国分, 木村, 真島, 石川, 砂崎, 大竹, 石川, 藤田, 杉江, 清本: 携帯端末向けデジタル放送用ライセンス管理方式の検討, 映情学年次大, 12-5 (2006)
- (290) 西本, 藤津, 石川, 今泉, 三田: 画質制御可能な低負荷のスクランブル効果制御方式, 映情学誌, Vol. 62, No. 7, pp. 1042-1049 (2008)
- (291) 西本, 川喜田, 石川, 今泉: ダウンロードダブル CAS の開発, 映情学技報, Vol. 32, No. 42, pp. 5-8 (2008)
- (292) 川喜田, 西本, 石川, 今泉: SubBytes をメモリテーブル実装した AES に対する電力解析の評価, 信学技報, Vol. 108, No. 355, pp. 67-72 (2008)
- (293) 黒住, 神田, 中須: MPEG-2 符号化におけるインターレース 4:2:0 の画質改善検討, PCSJ 2000, P-P 1.02 (2000)
- (294) 黒住, 神田, 杉本, 中須, 大塚: 画像構造適応選択による MPEG-2 低ビットレート符号化の検討, 映情学技報, Vol. 25, No. 31, pp. 13-18, BCS 2001-12 (2001)
- (295) 黒住, 市ヶ谷, 杉本, 中須, 大塚, 土屋: 画像構造適応選択による MPEG-2 映像符号化の低ビットレート検討, 信学
- ソ大, B-8-2 (2002)
- (296) 大塚, 土屋, 黒住, 市ヶ谷, 杉本, 中須: HDTV 高圧縮～画像構造適応選択による MPEG-2 映像符号化の低ビットレート化～, 映情学技報, Vol. 26, No. 43, pp. 13-16, BCS 2002-20 (2002)
- (297) M. Kurozumi, A. Ichigaya, E. Nakasu and Y. Ohtsuka: Lower Bit Rate HDTV MPEG-2 Coding by Adaptive Selection of Picture Structure, PCS 2003 (2003)
- (298) 大塚, 杉本, 神田, 黒住, 中須: MPEG-2 映像符号化における前処理フィルタの検討, 映情学技報, Vol. 25, No. 31, pp. 19-24, BCS 2001-13 (2001)
- (299) 黒住, 市ヶ谷, 杉本, 中須, 神田, 大塚: MB 符号量最小による低ビットレート HDTV 符号化の検討, PCSJ 2001, P-5.01 (2001)
- (300) 黒住, 市ヶ谷, 杉本, 中須, 大塚, 土屋: オーバーヘッド符号量低減による MPEG-2 低ビットレート符号化の検討, 映情学技報, Vol. 26, No. 17, pp. 7-12, BCS 2002-2 (2002)
- (301) 黒住, 市ヶ谷, 原, 中須, 大塚, 土屋: DCT 係数符号量を考慮した低ビットレート MPEG-2 符号化の検討, PCSJ 2002, P-2.03 (2002)
- (302) M. Kurozumi, A. Ichigaya, N. Hara, E. Nakasu and Y. Ohtsuka: MPEG-2 High Compression Technologies for HDTV, Broadcast Asia 2004 (2004)
- (303) M. Kurozumi, Y. Nishida and E. Nakasu: MPEG-2 - High-Compression Technologies for HDTV, EBU Tech. Rev., No. 304 (2005)
- (304) 大塚, 黒住, 内藤, 嶋田: HDTV 高圧縮技術～低ビットレート化符号化アルゴリズムの主観画質評価～, 映情学技報, Vol. 27, No. 29, pp. 5-8 (2003)
- (305) 原, 市ヶ谷, 黒住, 西田, 大塚: 符号化映像におけるフリッカ劣化の低減, 信学総大, D-11-36 (2004)
- (306) 原, 市ヶ谷, 黒住, 西田, 大塚: MPEG-2 映像のポスト処理によるフリッカ劣化の低減, 映情学技報, Vol. 28, No. 22, BCT 2004-70, pp. 17-20 (2004)
- (307) 原, 市ヶ谷, 黒住, 西田, 大塚: 画面内ポスト処理による MPEG-2 映像のフリッカ劣化の低減, 映情学年次大, 5-5 (2004)
- (308) N. Hara, A. Ichigaya, M. Kurozumi, Y. Nishida and Y. Ohtsuka: Flicker Reduction Technique in MPEG-2 Video by Post-Processing, ICCE 2005, 8.3-3 (2005)
- (309) 中須, 神田, 市ヶ谷, 黒住, 西田: 異種符号化フォーマット画像の総合品質評価, 映情学誌, Vol. 62, No. 2, pp. 262-270 (2008)
- (310) 西田, 鈴木, 菊地, 池田, 丸山, 田井, 芳賀, 服部: HDTV デジタル素材伝送における所要ビットレートの検討, 映情学技報, Vol. 24, No. 31, pp. 1-6, BCS 2000-17 (2000)
- (311) 花田, 中村, 榎並, 天野, 小林, 蓑毛, 西田, 中須, 渡辺: 地上デジタル放送用 TS 伝送シームレス切替装置の開発, 映情学技報, Vol. 26, No. 34, pp. 13-16, BCS 2002-16 (2002)
- (312) 杉本, 神田, 黒住, 中須: 復号画像からの MPEG-2 符号化パラメータ推定方法の検討, 映情学冬大, 6-8 (2000)

- (313) 市ヶ谷, 黒住, 杉本, 中須: MPEG-2 復号画像からの DCT 符号化モード推定手法の検討, PCSJ 2001, P-P 1.02 (2001)
- (314) 市ヶ谷, 黒住, 中須, 杉本: DCT 係数確率密度分布を用いた符号化 PSNR 推定手法の検討, FIT 2002, No. 3, J-77, pp. 355-356 (2002)
- (315) 市ヶ谷, 黒住, 中須, 原: DCT 係数を用いた MPEG-2 符号化 PSNR 推定手法の検討, PCSJ 2002, P-5.16 (2002)
- (316) 市ヶ谷, 黒住, 杉本, 中須: MPEG-2 TS 品質モニター装置の開発, 信学ソ大, B-11-5 (2002)
- (317) 市ヶ谷, 原, 黒住, 西田, 大塚: ストリームを用いた NR 型 PSNR 推定方法, 映情学技報, Vol. 27, No. 72, BCT 2003-95, pp. 89-92 (2003)
- (318) A. Ichigaya, M. Kurozumi, N. Hara, Y. Nishida and E. Nakasu: A Method of Estimating Coding PSNR Using Quantized DCT Coefficients, IEEE Trans. Circuits and Syst. Video Technol., Vol. 16, No. 2, pp. 251-259 (2006)
- (319) 西田, 市ヶ谷, 黒住, 原, 大塚: MPEG-2 映像ビットストリームからの符号化画質推定, 映情学冬大, 9-1 (2003)
- (320) 市ヶ谷, 黒住, 中須: ピクチャ間相関を利用した NR 型 PSNR 推定方法, 映情学技報, Vol. 30, No. 4, BCT 2006-17, pp. 21-24 (2006)
- (321) A. Ichigaya, M. Kurozumi and E. Nakasu: NR-type PSNR estimation method of MPEG-2 Video, PCS, P 3-16 (2006)
- (322) A. Ichigaya, Y. Nishida and E. Nakasu: Non-reference method for estimating PSNR of MPEG-2 coded video by using DCT coefficients and picture energy, IEEE Trans. Circuits and Syst. Video Technol., Vol. 18, No. 6, pp. 817-826 (2008)
- (323) 市ヶ谷, 西田: デジタル放送用映像品質監視装置の開発, 映情学年次大, 10-6 (2009)
- (324) 境田, 成田, 水野, 今泉, 和泉: 主観評価実験による MPEG-4 低ビットレート小画面符号化画像のパラメータ検討, 映情学誌, Vol. 57, No. 11, pp. 1501-1510 (2003)
- (325) 池田, 井口, 境田, 今泉: MPEG-4 Advanced Simple Profile における動き補償精度と符号化効率の関係, 映情学冬大, 9-4 (2002)
- (326) 境田, 井口, 合志, 酒井, 中川, 三好: H.264/AVC 方式の符号化ツール最適化のための性能検証(1), 映情学冬大, 6-7 (2003)
- (327) 境田, 井口, 合志: AVC/H.264 符号化解析ツールの開発, 映情学年次大, 5-4 (2004)
- (328) 池田, 井口, 境田, 苗村: フラッシュシーンにおける H.264 複数参照フレームの有効性の検証, FIT 2003, No. 3, J-073, pp. 343-344 (2003)
- (329) 井口, 池田, 境田, 苗村: H.264 符号化におけるイントラモードのフリッカ低減手法, FIT 2003, No. 3, J-040, pp. 277-278 (2003)
- (330) S. Sakaida, K. Iguchi, S. Gohshi and Y. Fujita: Adaptive Quantization Control for Reducing Flicker of AVC/H.264 Intra Frames, PCS 2004, A 20 (2004)
- (331) 境田: 携帯端末向けサービス「ワンセグ」の映像符号化技術, 情処研報, Vol. 2006, No. 21, 2006-AVM-52(2), pp. 7-12 (2006)
- (332) 井口, 境田, 合志, 酒井, 中川, 三好: 地上デジタル放送携帯端末向けサービス用 AVC/H.264 エンコーダの開発, 信学論 B, Vol. J 89-B, No. 8, pp. 1512-1522 (2006)
- (333) 井口, 合志, 境田, 酒井, 中川, 三好: AVC/H.264 符号化画質改善の一検討, 映情学年次大, 18-3 (2005)
- (334) 中島, 井口, 境田, 合志: 「ワンセグ」サービス向け符号化画像の画質評価, 信学技報, Vol. 106, No. 243, IE 2006-43 (2006)
- (335) 小森, 渡辺: AAC オーディオ符号化における MS ステレオ割当て法の検討, 音響学会春季講演論文集 No. 1, 1-7-2, pp. 501-502 (2001)
- (336) 小森, 渡辺: AAC オーディオ符号化における量子化ステップ切り替え法の検討, 音響学会春季講演論文集 No. 1, 1-4-8, pp. 545-546, (2002)
- (337) 小森, 渡辺: AAC オーディオエンコーダの音質改善手法の検討, 映情学技報, Vol. 26, No. 52, BCS 2002-23, ROFT 2002-65, pp. 5-8 (2002)
- (338) Y. Kubo, M. Honda, K. Shirai, T. Komori, N. Seiyama and T. Takagi: Improved high-quality MPEG-2/4 advanced audio coding encoder, Acoustical science and technology 29(6), pp. 362-371 (2008)
- (339) 花田, 箕毛, 中村, 西田, 天野, 小林, 中須, 渡辺, 榎並: 地上デジタル放送用 TS 伝送シームレス切替装置の開発, 映情学技報, Vol. 26, No. 34, BCS 2002-16 (2002)
- (340) 杉本, 小森, 黒住, 花田: 地上デジタル放送におけるサウンド CODEC 多段接続時の音質評価, 音響学会秋季講演論文集, 1-2-4, pp. 541-542 (2005)
- (341) 小森, 黒住, 杉本: 携帯端末向け放送用音声符号化方式オプションの AAC+SBR 音声の品質, 音響学会春季講演論文集, No. 1, 2-6-8, pp. 477-478 (2005)
- (342) 松村, 石川, 藤澤, 木村: 地上デジタル放送に向けたスケラブルなデータ放送サービスの検討, 信学総大, B-8-8, p. 373 (2001)
- (343) 松村, 藤澤, 木村: コンテンツ変換を用いたデータ放送読み上げサービスの開発, 映情学冬大, 9-6 (2003)
- (344) 石川, 松村, 藤澤, 木村: 地上デジタル放送における移動体向けデータ放送サービスの検討, 信学総大, B-8-7 (2001)
- (345) 東京パイロット実験実施協議会: 東京パイロット実験 Phase 3 Stage 1 WG 2 TG 1, 「地上デジタル向けデータ放送アプリケーション実験」実験報告書 (2001)
- (346) 国分, 松村, 内藤, 小林, 高木, 小池: デジタル放送における通信・放送融合型端末テストベッドの試作, 映情学年次大, 3-5 (2003)
- (347) 坂木, 武智, 星野, 藤田: PC 版 1 セグ BML ブラウザおよび受信機エミュレーターの開発, 映情学技報, Vol. 29, No. 49, CE 2005-69, BCT 2005-113, pp. 127-130 (2005)
- (348) 星野: 携帯端末向け地上デジタル放送サービス, 映情学技報, Vol. 29, No. 49, CE 2005-53, BCT 2005-97, pp. 39-44 (2005)
- (349) ITU-R BT. 1306-4, Error correction, data framing, modulation and emission methods for digital terrestrial television broadcasting (2009)

- (350) ITU-R BT. 1368-8, Planning criteria for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands (2009)
- (351) ITU-R BS. 1114-6, Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3000 MHz (2007)
- (352) ITU-R BS. 1660-3, Technical basis for planning of terrestrial digital sound broadcasting in the VHF band (2006)
- (353) ITU-R BT. 1774-1, Use of satellite and terrestrial broadcast infrastructures for public warning, disaster mitigation and relief (2007)
- (354) ITU-R BO. 1408-1, Transmission system for advanced multimedia services provided by integrated services digital broadcasting in a broadcasting-satellite channel (2002)
- (355) ITU-R BO. 1516, Digital multiprogramme television systems for use by satellites operating in the 11/12 GHz frequency range (2001)
- (356) ITU-R BO. 1784, Digital satellite broadcasting system with flexible configuration (television, sound and data) (2007)
- (357) ITU-R BT. 1300-2, Service multiplex, transport, and identification methods for digital terrestrial television broadcasting (2004)
- (358) ITU-R BT. 1869, Multiplexing scheme for variable-length packets in digital multimedia broadcasting systems (2010)
- (359) ITU-R BS. 1548-1, User requirements for audio coding systems for digital broadcasting (2002)
- (360) ITU-R BS. 1196-2, Audio coding for digital broadcasting (2010)
- (361) ITU-R BT. 1699, Harmonization of declarative content format for interactive TV applications (2005)
- (362) ITU-R BT. 1722, Harmonization of the instruction set for the execution engine for interactive TV applications (2005)
- (363) ITU-R BT. 1833, Broadcasting of multimedia and data applications for mobile reception by handheld receivers (2007)
- (364) ITU-T J. 183, Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams over cable television systems (2001)
- (365) ITU-T J.94 (1998) - Amendment 2 : Revised Annex C - Service information for digital multi-programme System C (2001)
- (366) ITU-T J. 87, Use of hybrid cable television links for the secondary distribution of television into the user's premises (2001)
- (367) ITU-T J.84 : Distribution of digital multi-programme signals for television, sound and data services through SMATV networks (2001)
- (368) ITU-T J. 186, Transmission equipment for multi-channel television signals over optical access networks by sub-carrier multiplexing (SCM) (2008)
- (369) ITU-T J. 281, Requirements for multichannel video signal transmission over IP-based fibre network (2005)
- (370) ITU-T J. 282, Architecture of multi-channel video signal distribution over IP-based networks (2006)
- (371) ITU-T J. 200, Worldwide common core - Application environment for digital interactive television services (2001)
- (372) ITU-T J. 200 (2001) - Corrigendum 1, Worldwide common core - Application environment for digital interactive television services Corrigendum 1 (2004)
- (373) ITU-T J. 201, Harmonization of declarative content format for interactive television applications (2009)
- (374) ITU-T J. 202, Harmonization of procedural content formats for interactive TV applications (2008)
- (375) ITU-T J. 203, Common core for digital video recorder platform (2008)
- (376) ITU-T J. 285, Architecture for synchronised programme transfer with pull operation over IP-based networks (2007)
- (377) ARIB STD-B 31, 地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式 (2001)
- (378) ARIB STD-B 21, デジタル放送用受信装置 (1999)
- (379) ARIB STD-B 29, 地上デジタル音声放送の伝送方式 (2001)
- (380) ARIB STD-B 1, CS デジタル放送用受信装置 (望ましい仕様) (1996)
- (381) ARIB STD-B 44, 高度広帯域衛星デジタル放送の伝送方式 (2009)
- (382) ARIB STD-B 20, 衛星デジタル放送の伝送方式 (1998)
- (383) ARIB STD-B 32, デジタル放送における映像符号化、音声符号化及び多重化方式 (2001)
- (384) ARIB STD-B 10, デジタル放送に使用する番組配列情報 (1997)
- (385) ARIB STD-B 45, 高度広帯域衛星デジタル放送におけるダウンロード方式 (2010)
- (386) ARIB STD-B 24, デジタル放送におけるデータ放送符号化方式と伝送方式 (1999)
- (387) ARIB STD-B 23, デジタル放送におけるアプリケーション実行環境 (2003)
- (388) ARIB STD-B 38, サーバー型放送における符号化、伝送及び蓄積制御方式 (2003)
- (389) ARIB STD-B 25, デジタル放送におけるアクセス制御方式 (1999)
- (390) 電波産業会 : デジタル放送のモニタリング・品質評価手法に関する調査研究報告書 (2005)
- (391) 西田, 川田 : FR 型客観画質評価法の HDTV への適用性検証実験, 映情学冬大, 10-3 (2005)
- (392) ITU-T J. 243, Requirements for operational monitoring in television programme transmission chains (2006)
- (393) ITU-R BT. 1790, Requirements for monitoring of broadcasting chains during operation (2007)
- (394) ARIB TR-B 29, 放送チェーンにおける映像・音声信号の障害監視のためのメタデータ (2009)
- (395) ITU-R BT. 1865, Metadata to monitor errors of SDTV and HDTV signals in the broadcasting chain (2010)
- (396) 電波産業会 : IP・モバイルサービスの主観品質評価法具体評価事例検討報告書 (2004)
- (397) 電波産業会 : SAMVIQ 法に関する実験報告書 (2006)
- (398) 井口, 幡野, 杉本, 鈴木, 瀧, 柳川, 横田 : モバイル用動画像評価に関する SAMVIQ 法の性能評価, 信学総大, AS-10-7, pp. S. 121-S. 122 (2007)
- (399) 電波産業会 : モバイル映像サービスの画像処理の主観画質

への影響に関する報告書（2008）

- (400) 電波産業会：平面ディスプレイ画質調査実験報告書（2008）
- (401) 神原，安藤，阿良田，中原：地上デジタル放送受信機の評価試験に関する検討－室内試験のためのマルチパスリフレンスの作成－，映情学技報，Vol. 28, No. 40, pp. 9-12, BCT 2004-84（2004）
- (402) 神原，安藤，阿良田，中原：地上デジタル放送受信機の室

内試験，映情学年次大，15-5（2004）

- (403) 高田：特別発表 日本の地上デジタル放送方式 ISDB-T の国際化－方式開発からブラジルでの採用に至るまで－，NHK 技研だより，No.10（2007）
- (404) 土田，高田：小特集 ISDB-T の国際展開 2. 国際標準化活動，映情学誌，Vol. 62, No. 11, pp. 1686-1689（2008）