4　高度番組制作技術

高品質で魅力的なコンテンツの効率的な制作、新しい映像表現の実現、安全・安心を確保する緊急報道の支援などを目指し、高度番組制作技術の研究を進めている。

急速に普及しているIP網を活用して、番組の素材伝送、制作、送出に活用する研究を進めた。IP網ではクロストラヒックにより伝送帯域の制約や遅延の増加が発生し、さらに無線LANを用いると無線伝搬に伴う障害も影響する。これらを考慮して利用可能帯域を推定して遮断なく映像素材を伝送する技術を開発し、検証を進めた。

また、将来のテープレス時代の制作送出システムへの寄与を目指し、全国の放送局などに分散配置されたサーバーをIP網で接続し、効率的にコンテンツを管理利用する広域分散ファイルシステムやクラウド型コンテンツ処理システムの開発を行った。

高品質音声合成技術の研究では、気象通報自動読み上げ装置の実用化を推進するとともに、既存話者の音声データベースの情報に基づき新規話者音声データから合成音を作成する方式の開発を進めた。

音響デバイスの研究では、高分子膜を用いた軽量スピーカーの発音効率の向上を図った。さらに、大音圧に対応可能な大音圧マイクロホンを開発し、スーパーハイビジョン（SHV）コンテンツであるスペースシャトルの発射音の収録に利用した。また、電荷蓄積型シリコンマイクの実用化に向けて、マイクロホン内部の誘電体の電荷の保持期間を検証して常温での電荷保持期間を推定し、長期間にわたり安定して使用可能であることを明らかにした。

無線による素材伝送技術の研究では、非圧縮SHV信号の無線伝送を目指して、偏波多重を用いる120GHz帯FPUの研究を進めた。ロードレース中継などで使用される700MHz帯FPUに関しては、1.2GHz帯と2.3GHz帯への周波数移行が検討されているため、これらの帯域に対応した送受信装置を試作した。また、マイクロ波帯FPUの研究も進め、マクロダイバーシティ受信アダプターを改良しロードレース中継やゴルフ中継に使用するとともに、双方向FPUの方式検討、周波数領域でのチャンネル等化技術の研究を進めた。

ハイビジョンカメラの撮影映像を低遅延・高画質のまま無線伝送可能なミリ波モバイルカメラについては、実用化に向けて性能や機能を改善し、第62回NHK紅白歌合戦をはじめ多くの番組撮影で使用された。また、700MHz帯特定ラジオマイクの周波数移行において、ラジオマイク信号を低遅延かつ安定に伝送するため、非圧縮音声信号を伝送するデジタルラジオマイクの研究を進めた。

携帯・可搬型アンテナに関しては、VHF帯連絡無線アンテナの放射特性に対する人体の影響を評価するとともに14GHz帯SNGメッシュ反射鏡アンテナを用いて野外伝送実験を行った。

ミリ波を照射して煙や板などで遮られた物体を撮影できる電波カメラについては、3次元表示や動き表示など画像表示方法の改善を進めるとともに、霧、煙、炎を透過して撮影する実証実験を行った。

4.1　ネットワークを活用した番組制作・送出システム

IP（Internet Protocol）通信網を素材伝送手段として有効に活用するための伝送方法の研究、永続的に番組ファイルを保存して活用する新しいサービスの開拓を目指した分散サーバー放送システムの研究を進めた。

■映像素材リアルタイム伝送の高信頼化

IP網は、1つの伝送路を複数の利用者や用途で共用することから、他の通信の利用（クロストラヒック）が増加すると、利用可能帯域の減少や伝送遅延の急増が起こり、映像信号のとぎれや劣化を発生することがある。そこで、混雑状況を勘案して伝送データを複数の通信回線に振り分けることで、遅延増加を抑制する技術を開発した（図1）。

まず、伝送路の容量を超えてデータが入力された時に発生する遅延と受信レートの低下を利用して、各経路の可用帯域を推定する。各経路への送信をこの値に制限し、超過分は他の経路に振り分けることで遅延を抑制する。

各経路に振り分ける量はクロストラヒックの変化に応じて適宜修正する必要があるが、一時的な変動による過度な制御を防ぐため、遅延限界に到達するまで余裕があるうちは修正制御を抑制する手法を開発した[1]。

また、無線LANをリアルタイム映像伝送に用いる場合は、無線環境の変化による伝送容量の変動や遮断への対策が必要である。このため、（株）NHKアイテックと共同で無線装置の状態を映像伝送装置のレート制御に反映させる改良を行うとともに、無線遮断時に予備の無線LANに切り替える手法を開発した。

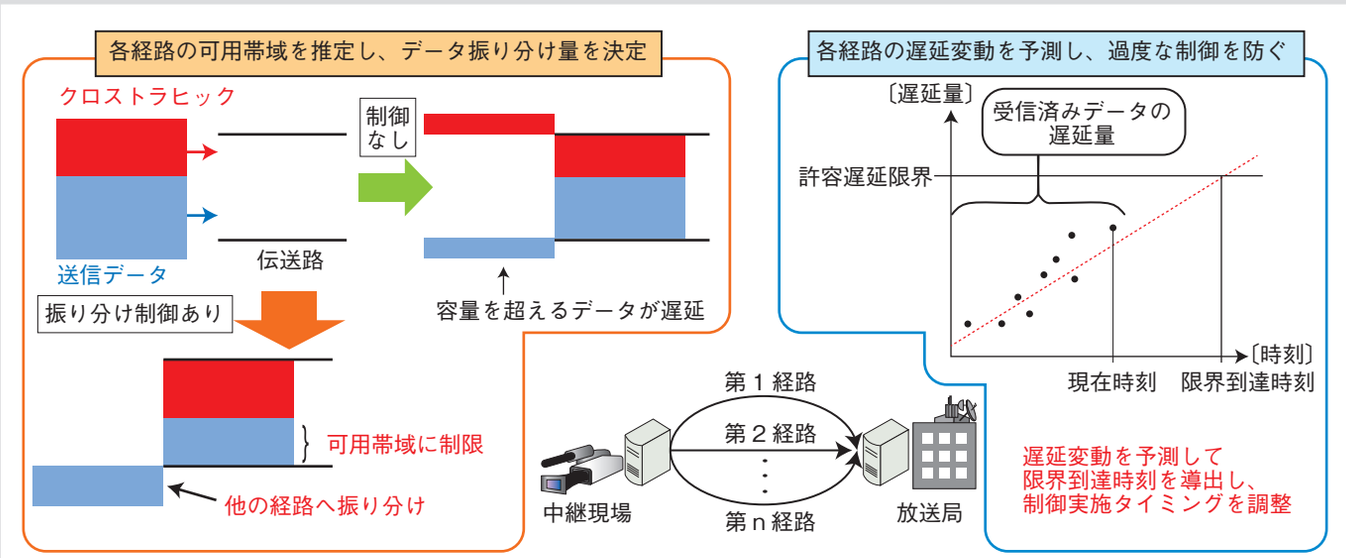


図1　複数通信回線へのデータ振り分け手法

■分散サーバー放送システム

分散サーバー放送システムは、番組の蓄積と検索機能を持つ広域分散ファイルシステム、高速映像処理のためのクラウド型コンテンツ処理システム、番組コンテンツの配信システムとで構成される。

広域分散ファイルシステムは、集中管理機構を持たず、放送局の増え続けるファイルを永続的に保管し、多数のユーザーで共用できる特長をもつ。2011年度は、広域分散ファイルシステム内にデータベース機能を持たせ、連続IDをインデキシング情報として保管したファイルを管理検索する方式を開発した[2]。連続IDとして時刻情報を用いることで、広域分散ファイルシステムに分散保管された映像、音声、テキストなどのファイルを、共通の時間軸上のフレーム単位のデータとしてアクセスし、容易に同期して利用することを可能とした。このほか、ファイル管理に利用している分散ハッシュテーブルについて、各ノードが管理するデータ数を均等化するアルゴリズムを改善し性能向上を行った。

クラウド型コンテンツ処理システムは、分割した映像処理工程をネットワークを介して複数のサーバーに割り当てるシステムであり、サーバーを増やすことで容易に映像処理の並列化・高速化を実現できる特長をもつ[3]。2011年度は、これまで開発したプル型ファイル転送プロトコル内の転送処理待ちのバッファー量に着目し、映像処理のボトルネック箇所の発見手法を開発して、装置の試作、性能検証を行った。

分散サーバー放送システムのサービスの1つとして、放送された番組を、番組単位ではなく放送時刻で選択視聴できるタイムザッピングサービスの検討を進めた。幅広い時刻の番組を多くのユーザーでザッピング視聴するため、短い時間幅に分割したキャッシュをエッジサーバー間で協調保存するキャッシュ置換方式を開発し、シミュレーションにより効果を確認した。また、ザッピング視聴のためのユーザーインターフェースを検討し、実装した。

〔参考文献〕
(1) 小山, 小田, 黒住, 青木, 山本: “ライブ映像伝送のための複数経路を用いた遅延抑制手法の検討,” 信学技報, Vol.111, No.278, CQ2011-46, pp.13-18 (2011)
(2) 金子, 黄, 竹内, 和泉: “分散ファイルシステムにおける連続IDを使ったファイル管理手法の提案,” 映情学年次大, 11-1 (2011)
(3) 黄, 金子, 竹内, 和泉: “処理速度を保証可能な並列分散映像処理手法の検討,” 信学ソ大, B-7-60 (2011)

4.2　高品質音声合成

放送用の原稿を自動的に音声に変換する自動音声放送や、目の不自由な方のためにデータ放送などの文字を読み上げるサービスの実現に向けて、高品質な音声合成の研究を進めている。

2010年度までにニュース番組のアナウンサーの大量の録音音声データを用いて、高品質に任意の文章を音声合成する方式を開発するとともに、ラジオ第2放送の「株式市況」の自動読み上げ装置の開発および「気象通報」の自動読み上げ装置の試作を行った[1]。2011年度は、気象通報自動読み上げ装置の実用化を推進するとともに、運用面の課題に対する検討を進めた。まず、2010年度に開発した文構造の型の分類結果に基づく音声合成方式[2]の汎用性や頑健性を検証するために、6年分の気象通報電文データで合成音を作成した。その結果、既に開発済みの装置で問題なく合成音が作成できることを確認した。また、実際の放送での運用を想定して、装置やデータベース構造を改良し、新規の海域名や新規の話者の追加を容易にできるようにした。

さらに、柔軟で多様な表現が可能な音声合成を実現するために、既存の話者の大規模な音声データベースの情報に基づき、

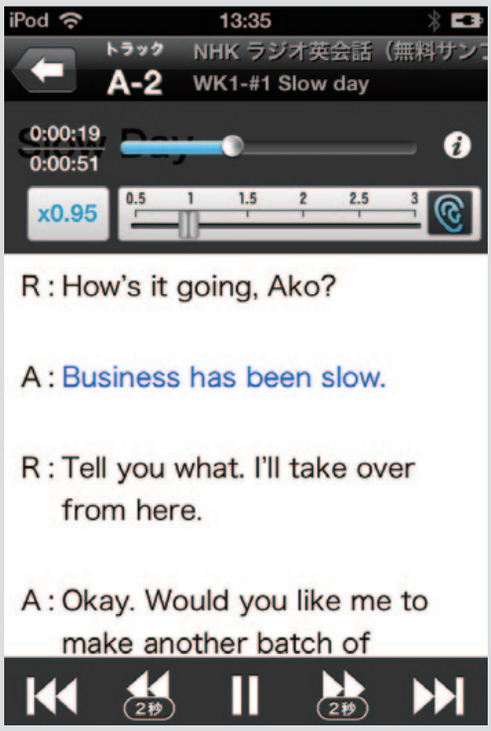


図1　話速変換機能を内蔵した語学学習アプリの画面

新規の話者の少量の音声データから既存の話者と同程度の音質の合成音を作成する方式の開発に取り組んだ。2011年度は、音響的・言語的な情報を付与した学習用の音声データベースを用いて音声変換規則を導出し、これを適用して新規の話者の少量の音声データから合成音を作成する際に不足する音の並びを補完する方法の開発を進めた。

話速変換技術では、スマートフォン用の語学学習アプリ（図1）への応用を推進した。また、教育や朗読などの録音音声の高速再生の高度化に向け、声の高さや強さの変化のほかに、発声内容のテキストが利用可能な場合には品詞に応じて話速を制御する方式を開発した。さらに、新規の地名など単語音声を合成して編集する装置やアナウンサーの発話訓練装置で抑揚を入れ替える機能を改良した。

〔参考文献〕
(1) 世木, 田高, 清山, 都木, 斎藤, 小澤: “音声合成のためのテンプレートを用いた録音文セット生成システムとラジオ番組「気象通報」への適用について,” 映情学誌, Vol.65, No.1, pp.76-83 (2011)
(2) H. Segi, R. Takou, N. Seiyama, T. Takagi, H. Saito and S. Ozawa: “Template-based Methods for Sentence Generation and Speech Synthesis,” IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing 2011, ITT-L1.6 (2011)

4.3　音響デバイス

次世代放送メディアのコンテンツ制作への応用を目指して、新しい発音原理に基づくスピーカーや、新しい機能を備えたマイクロホンの開発を進めている。

■高分子膜を用いた軽量スピーカー

2011年度は、直流電圧と交流電圧の比、膜厚、比誘電率とヤング率の比の3種類の条件をパラメーターとして発音効率を調べた。その結果、交流電圧を下げ（図1）、膜厚を薄くすることで、発音効率が向上することを見いだした[1]。この研究は、フォスター電機（株）と共同で実施した。

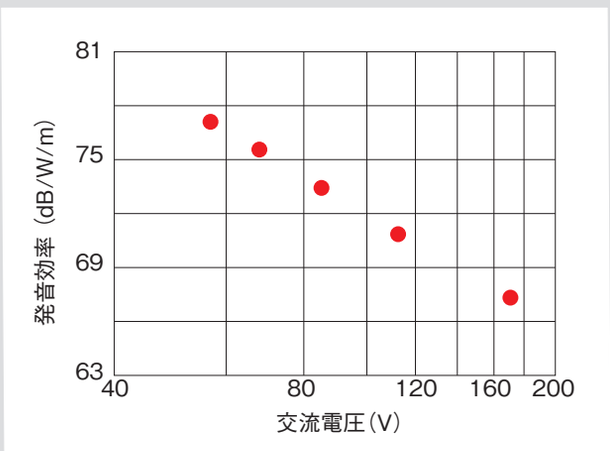


図1　交流電圧と発音効率の関係

■大音圧マイクロホン

臨場感の高いスーパーハイビジョン番組を制作するために、スペースシャトルやロケットなどの大音圧の発射音が収録可能なマイクロホンを開発し、スペースシャトルの発射音を実際に実用上十分な品質で収音した。

■シリコンマイク

2011年度は、電荷蓄積型シリコンマイクの実用化に向けて、マイク内部の誘電体に蓄積した電荷の保持期間を検証した。具体的には、電荷を蓄積した誘電体を加熱して電荷の放電を加速させる負荷試験を行い、それを基に常温での電荷保持期間を推定した。その結果、保持期間は10年以上であることが分かり、電荷蓄積型シリコンマイクが通常の運用では長期間にわたって安定に使用できることが確認できた。

〔参考文献〕
(1) 杉本, 小野, 安藤, 森田, 細田, 石井: “電場駆動型エラストマー発音体の特性感度レベル,” 音講論（春）, 1-9-3 (2011)

4.4　素材伝送技術

放送番組の制作現場において、番組素材の伝送に用いる各種の無線伝送装置についての研究開発を進めた。

■非圧縮スーパーハイビジョン用120GHz帯FPU

非圧縮スーパーハイビジョン（SHV）信号の無線伝送を目指して、偏波多重を用いる120GHz帯FPU（Field Pick-up Unit）の研究を進めている。2011年度は、2010年度の総務省の技術試験事務「次世代放送システムのための周波数共用技術等に関する検討」で報告された要求性能を基に、小型で高信頼な120GHz帯FPU高周波部とデジタルベースバンド信号処理部の試作を進めた。さらに、偏波多重の野外伝送実験を約1か月間行い、降雨時も含めた伝送特性の調査を行った（図1）。

■700MHz帯FPU

ロードレース中継などで使用される700MHz帯FPUは、総務省の周波数再編アクションプランに基づく移行先として1.2GHz帯と2.3GHz帯が検討されており、これらの帯域に適用する送受信装置を試作した[1]（図2）。試作に際しては、STTC-MIMO（Space-Time Trellis Code - Multiple-Input Multiple-Output）変復調部の雑音正規化やチャネル推定などの復調アルゴリズムを見直し、装置劣化を0.5dB以下に抑えた。この装置は、総務省の技術試験事務で設置された「700MHz帯FPUの周波数移行に係る技術的条件に関する調査検討会・作業部会」が行った、京都や箱根などの駅伝コースにおける野外伝送実験で使用された。

また、周波数移行先候補の潜在電界の調査を、試作した対数周期アンテナを用いて、実際のロードレース中継で使用する複数の受信基地局で実施した。

一方、従来の700MHz帯の送信アンテナについて、2010年度に引き続き改善を進めた。取得した受信データの解析から、アンテナ高を400mm高くすることでさらにアンテナ利得が改善されることをシミュレーションで確認し、ロードレース中継で運用した。

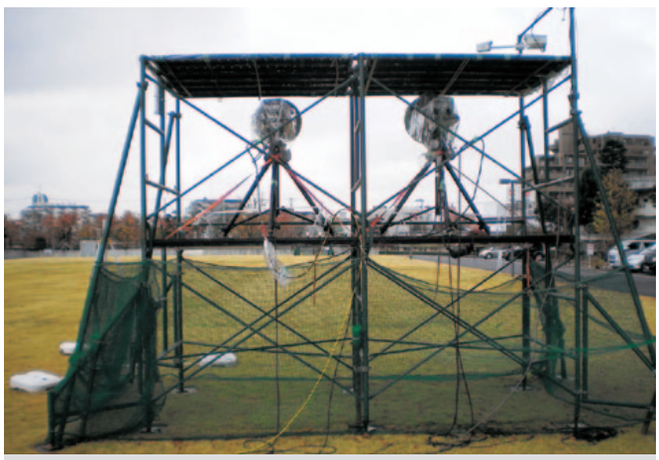


図1　偏波多重の野外伝送実験の様子

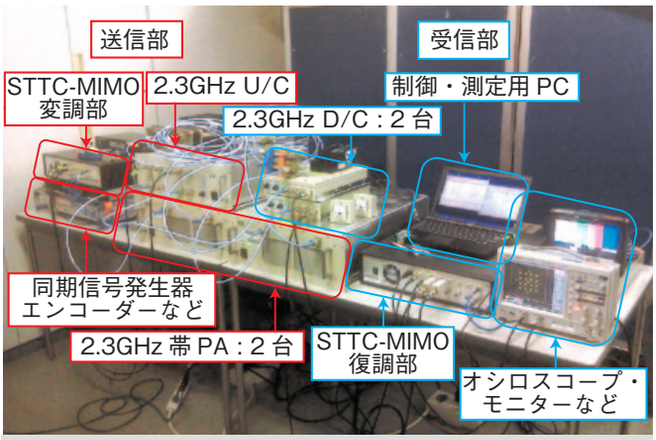


図2　試作した2.3GHz帯FPU

■マクロダイバーシティ受信システム

2010年度に試作したFPUの16入力基地局受信装置に対して、ハーフモード機能の追加、信号同期の強化や入出力インターフェースの改良を行ったマクロダイバーシティ受信アダプターを新たに試作した[2]。本装置は、ロードレース中継やゴルフ中継に使用され、安定した映像伝送に成功するとともに、シンプルなシステムの実現など運用性の向上にも貢献した（図3）。

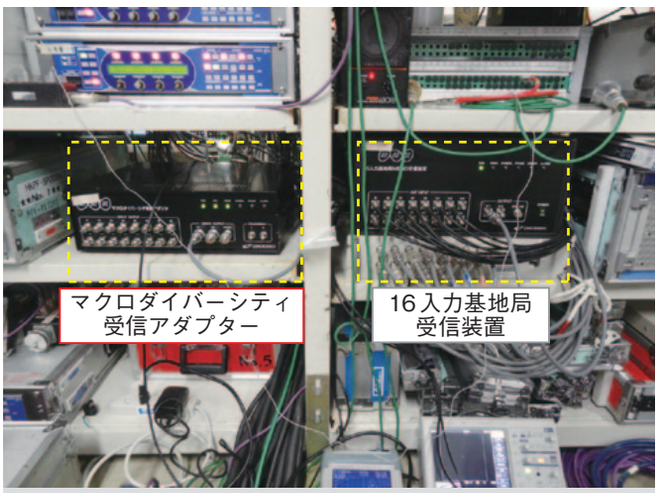


図3　ロードレース中継で使用したマクロダイバーシティ受信アダプター

■双方向FPU

2010年度に試作したTDD（Time Division Duplex）方式検討用の基礎実験装置を用いて、送受信比率を変えた場合の伝送効率を検証した[3]。また、パケット型OFDM方式の検討を進め、信号同期方式などハードウェア実装で必要となる基本機能の設計とプログラムモジュールの試作を進めた。

■新ワイヤレス伝送技術

ミリ波帯に適用する技術としてシングルキャリアに対して周波数領域でチャンネル等化を行うSC-FDE（Single Carrier - Frequency Domain Equalization）方式を検討している。2011年度は、静的マルチパス環境においてOFDM方式とSC-FDE方式の伝送特性の比較をシミュレーションで行った。その結果、増幅器の直線性が悪いミリ波帯において、SC-FDE方式の方が伝送距離を拡大できる見通しが得られた。また、圧縮SHV映像や非圧縮ハイビジョン映像を伝送するGbps級の無線伝送技術の実現を目指し、従来の倍となる送信4系統を用いた4x4 MIMO伝送技術の検討をシミュレーションベースで行った。

■ミリ波モバイルカメラ

ハイビジョンカメラの撮影映像を低遅延・高画質のまま無線伝送可能なミリ波モバイルカメラの実用化を目指し、2011年度は性能や機能の改善を行った。光回線を使用して共通の周波数基準を伝送し、全ての基地局高周波部を同期させる改修や、送り返しIF信号の光インターフェースにAGC機能の追加を行った。また、現場での運用性向上を目的として、無線伝送回線の品質をリアルタイムで表示・記録する回線品質モニター付き復調器の開発や、送り返し信号の誤り率や受信C/Nなどのカメラ側の受信状況を副調整室側で確認できるAC（Auxiliary Channel）キャリアの伝送機能の追加を行った（図4）。さらに、4系統の送り返し映像を同時に伝送し、撮影者が任意に映像を選択できる送り返し映像伝送装置も試作した。上記システム改善を行ったミリ波モバイルカメラは、第62回NHK紅白歌合戦をはじめ多くの番組で使用された。

図4　回線品質モニターと送り返しBER表示器

■ラジオマイク伝送技術

総務省の周波数再編アクションプランに基づき、700MHz帯特定ラジオマイクの周波数移行が検討されている。移行先の周波数においても、ラジオマイク信号を低遅延かつ安定に伝送するため、非圧縮音声信号を伝送するデジタルラジオマイクの研究を進めている。

2011年度は、OFDMと誤り訂正符号による伝送方式を検討した。ラジオマイクの伝送条件からキャリア間隔、パイロット配置などの伝送パラメーターを最適化し、反射波などの妨害波に耐性のある方式を検討した。また、非圧縮音声信号に適した誤り訂正符号の符号長やOFDMシンボル長などを選定することで伝送遅延時間を低減した。これらの検討結果をふまえて、ダイバーシティ受信に対応したデジタルラジオマイク伝送実験装置を試作し（図5）、圧縮音声信号を伝送する市販のデジタルラジオマイクの1/3以下となる1msの伝送遅延時間が得られた。

また、ラジオマイクを人体近傍に設置した際の放射特性に対する人体の影響について従来の700MHz帯を中心に検討を進めた。マイクと送信機が一体になった「ハンド型」と、マイクと送信機が分離した「2ピース型」の2種類を対象とし、数値人体モデル、および試作した人体ファントムを用いて評価した。その結果、人体による遮蔽、反射によりハンド型で約10dB、2ピース型で20dBのアンテナ利得の損失があることがわかり、経験的に知られていた値とほぼ近い値であることを確認した[4]。

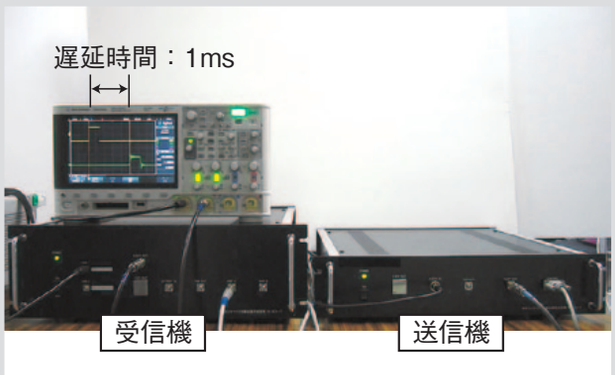


図5　デジタルラジオマイク伝送実験装置

■放送事業用連絡無線の放射特性に対する人体の影響

160MHz帯を使用した放送事業用デジタル方式連絡無線の標準規格策定に寄与するため、人体の影響によるアンテナ利得の損失量および人体への電磁波曝露量（SAR）を評価した。評価結果はARIB STD-B54に反映され、SARをガイドラインとして掲載した。

■SNG用メッシュ反射鏡アンテナ

14GHz帯SNG（Satellite News Gathering）メッシュ反射鏡アンテナを用いて伝送試験を行い（図6）、ほぼ設計通りのアンテナ利得と交差偏波特性を有していること、現用の送信装置と組み合わせることで、安定した映像伝送が可能であることを確認した。

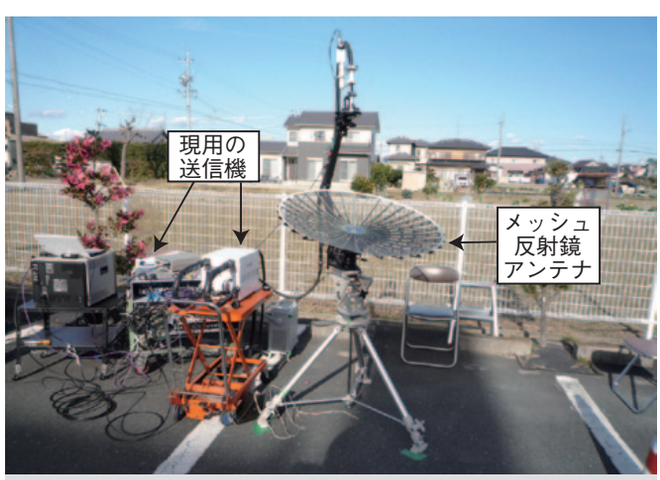


図6　フィールドでの伝送試験（送信側）の様子

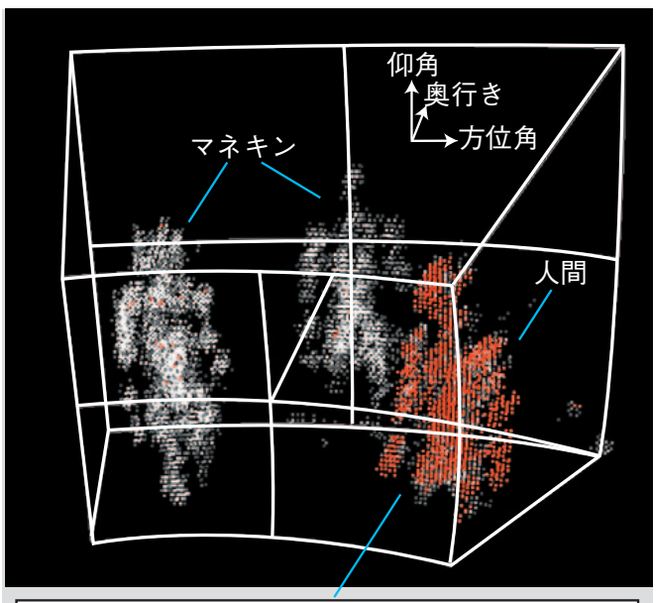
〔参考文献〕
(1) 中川, 池田: “2x2 STTC-MIMO-OFDMシステムの性能改善,” 映情学技報, Vol.36, No.10, BCT2012-48 (2012)
(2) 光山, 鵜澤, 池田, 大槻: “ロードレース中継コースにおけるマクロダイバーシチ受信実験,” 信学技報, Vol.111, No.12, RCS2011-14, pp.77-82 (2011)
(3) 鵜澤, 光山, 池田: “双方向FPUに向けた複信方式の検討,” 映情学技報, Vol.35, No.34, BCT2011-63, CE2011-25, pp.41-46 (2011)
(4) 小郷, 濱住: “人体によるラジオマイクの放射特性への影響の検討,” 映情学技報, Vol.35, No.54, BCT2011-90, pp.111-116 (2011)

4.5　電波テレビカメラ

被写体に60GHz帯の電波を照射し、反射してきた電波を受信することにより画像を得る電波テレビカメラの研究を継続した。

2011年度は、放送への応用を目指し、特に画像表示方法の改善を進めた。被写体の各画素の位置を、方位角、仰角に加えて、奥行き距離の3次元で計測できる特徴を利用して、各画素を透視投影によって画面上に描画し、撮影している3次元空間の様子を直感的に把握できるようにした[(1)(2)](図1)。また、被写体がわずかに動いただけでも反射電波の位相が大きく変化することを利用して、被写体の微小な動きを画素ごとに検出し、色分け表示するようにした[(1)(3)](図1の赤色画素)。これにより、動物と静物との識別が可能になるため、応用範囲が広がると期待できる。

さらに、数～10mの距離のマネキンや人間などの被写体が、霧、煙、炎によって隠され、肉眼や通常のカメラで全く見ることができなくても、電波テレビカメラで撮影できること、被写体の微小な動きの検出でマネキンと人間の識別が可能なことを実証実験で確認した。



静止しているつもりの人間でも、微小な動きを検出した画素である赤い点が多く現れている。

図1　電波カメラによる撮影画像

〔参考文献〕
(1) H. Kamoda, J. Tsumochi and F. Suginoshita: “Millimetre-wave Active Imaging System Using 60-GHz Band,” IBC2011 Conference (2011)
(2) J. Tsumochi, H. Kamoda and F. Suginoshita: “Evaluating Performance of Monostatic Millimeter-wave Imaging Radar,” 2011 Korea–Japan Microwave Conference, FR1-5-5 (2011)
(3) 津持, 鴨田, 杉之下: “ミリ波イメージングにおける距離の微小変動検出,” 信学ソ大, C-2-97 (2011)