研究年報

NHK
Science & Technology
Research Laboratories

2011

NHK
放送技術研究所

目　次

ごあいさつ ……1

技研この1年 ……2

1　次世代放送メディア ……4

1.1　スーパーハイビジョン　4
1.1.1　スーパーハイビジョンの方式　4
1.1.2　カメラ　5
1.1.3　ディスプレイ　6
1.1.4　符号化　7
1.1.5　高臨場感音響システム　8
コラム　ロンドン五輪パブリックビューイングに向けた取り組み　10
1.2　立体テレビ　11
1.2.1　インテグラル立体テレビ　11
1.2.2　多視点映像からの立体コンテンツ生成　11
1.3　次世代放送の伝送技術　12
1.3.1　衛星伝送技術　12
1.3.2　地上伝送技術　13
1.3.3　有線伝送技術　15

2　デジタル放送の高度化 ……16

2.1　放送と通信の連携技術　16
2.1.1　Hybridcast®　16
2.1.2　SNS、CGM　19
2.1.3　セキュリティー基盤　20
2.1.4　IP配信技術　22
2.2　ISDB-Tの高度化　22

3　ユニバーサル放送サービス ……24

3.1　人にやさしい情報提示　24
3.2　字幕制作のための音声認識　25
3.3　高齢者のための音声・音響信号処理　26
3.4　言語バリアフリーサービスのための言語処理　26
3.5　コンテンツ検索・推薦技術　27
3.6　視聴者心理状態推定技術　29

4　高度番組制作技術 ……30

4.1　ネットワークを活用した番組制作・送出システム　30
4.2　高品質音声合成　31
4.3　音響デバイス　32
4.4　素材伝送技術　33
4.5　電波テレビカメラ　35

5　放送用デバイス・材料 ……36

5.1　次世代撮像システム　36
5.1.1　超高感度撮像デバイス　36
5.1.2　高フレームレート撮像デバイス　37
5.1.3　有機撮像デバイス　38
5.2　次世代記録システム　38
5.2.1　磁気記録技術　38
5.2.2　光記録技術　39
5.3　次世代表示システム　40
5.3.1　フレキシブルディスプレイ　40
5.3.2　次世代表示材料　42

6　研究関連業務 ……43

6.1　外部との連携　43
6.2　研究成果の公開　47
6.3　研究成果の活用　50

放送技術研究所の概要 ……52

ごあいさつ

NHK 放送技術研究所長　**藤沢 秀一**

NHK放送技術研究所（技研）は、放送技術分野を専門とするわが国唯一の研究機関として、また、公共放送NHKの一員として、わが国の放送技術を先導して豊かな放送文化を築くために、研究開発の立場から貢献するという役割を担っています。

2012年3月31日に東北3県（岩手・宮城・福島）の地上アナログ放送が終了し、2011年7月24日に終了した他の地域の地上アナログ放送およびBSアナログ放送と併せ、全国でデジタル放送への移行が完了しました。放送は新しい時代を迎えています。

技研では、放送を取り巻く環境が日々変化する中、現在のデジタル放送を育み、成熟させるとともに、さらなる放送の進化を目指し、研究開発を進めています。直近の経営課題を解決するための研究から、次の時代の新しいサービスを創造するための長期的研究まで、また、人間の生理、デバイスからシステムまで、幅広い研究開発を進め、新時代の放送にふさわしい技術基盤を構築していきます。

2011年度は、NHKの2009年度からの3か年経営計画の最終年として、経営計画の方針で述べられた「放送・通信融合時代を先導する技術の研究・開発を推進します」のもと、多岐にわたる研究を推進しました。直近の課題を解決する研究としては、放送通信融合の新しいサービスや端末を開発するための研究、そして長期的には、将来の新しいメディアを目指すスーパーハイビジョンや立体テレビの研究、そしてそれらを支える基盤技術の研究を進めています。また、諸外国の放送機関や研究機関との連携を深め、多様な共同実験や研究成果の国際展開を図りました。

本年報が、NHK放送技術研究所の研究開発活動を理解していただく一助として、またあらたな研究開発の連携関係の構築や、私どもの研究開発成果を活用していただくうえで、お役に立てれば幸いです。

今後も変わらぬご支援、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

技研この1年

次世代放送メディア

スーパーハイビジョン（SHV）の映像方式について、2次元映像として究極の臨場感と実物感を提供するフルスペックSHVの検討を進めた。動画像に対する画質改善効果の評価結果などから、フレーム周波数については120Hzとする決定を行った。

3300万画素の撮像素子を用いた単板撮像装置を試作しSHVカメラ小型化の可能性を示したほか、フレーム周波数120Hzで動作するフルスペックSHV用撮像素子および動作検証用カメラを世界に先駆けて試作した。

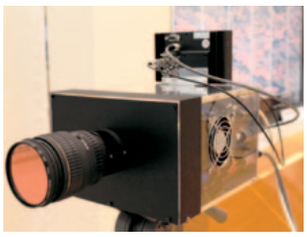
SHVの家庭導入に向けて重要となる直視型SHVディスプレイとして、85インチの液晶ディスプレイと145インチのプラズマディスプレイをメーカーの協力を得て試作した。また、22.2チャンネル音響の臨場感を再現するスピーカーアレーを用いたディスプレイ一体型の音響システムを開発した。

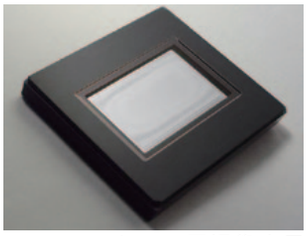
SHVの番組素材伝送のためのミリ波伝送技術、超高速LANを用いた伝送技術の開発などにも取り組んだ。また将来のSHV地上放送の実現を目指して、偏波MIMO-超多値OFDM伝送技術の検討と屋外伝送実験を継続した。

2012年ロンドン五輪のスーパーハイビジョンによるパブリックビューイング（PV）実施に向けて、関連部局とともに実施体制を敷き、英国・米国・日本国内のPV会場調査やロンドンから各PV会場への伝送実験を行うなどの準備を進めた。

特殊な眼鏡を必要とせず、自然に見られる立体テレビの実現を目指した空間像再現型のインテグラル立体テレビの研究では、奥行き方向の解像度特性改善や視域の縦横配分変更を実現する方式を開発した。また、インテグラル立体方式の通常の撮影手法では撮影が困難な被写体に対して、複数のロボットカメラにより撮影した多視点映像をインテグラル立体映像に変換する方式を開発した。

→詳しくは、p.4


3300万画素単板撮像装置


フルスペックSHV用撮像素子

奥行き方向の解像度を改善したインテグラル立体テレビ

デジタル放送の高度化

放送番組を中心として、通信から得られるコンテンツによって利便性の向上とサービスの高度化を実現する基盤システムHybridcast®（ハイブリッドキャスト）の研究を進めた。通信経由で送られる情報を放送に高精度に同期させる研究や携帯端末連携の高機能化、ソーシャルサービスとの連携やセキュリティー機能の実装に加え、メーカーによる対応受信機の試作などを進めた。また、技術仕様案を標準化団体で開示し、検討に寄与するとともに、国内外での展示・講演を通して積極的なPRを行った。

Hybridcast対応のメーカー製試作受信機

ソーシャルテレビサービスteledaの実証実験

NHKの番組を介して視聴者同士がコミュニケーションするソーシャルテレビサービスteledaでは、外部SNS連携などの機能拡張を行い、1000人規模のユーザーを対象とした実証実験を実施した。

そのほか、ホワイトスペースを活用したエリア限定ワンセグの活用実験や、携帯端末向けマルチメディア放送の受信エリアを拡大に向けた伝送技術の検討などを進めた。

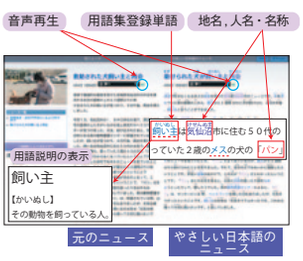
→詳しくは、p.16

ユニバーサル放送サービス

全ての人が放送サービスを享受できるようにする技術として、気象情報を対象に日本語から手話CGへ翻訳可能な構文やCG表現を拡大する研究、ニュース原稿を外国人や子供のためのやさしい日本語に書き換える作業の支援システムの研究を進めた。また、番組音声の直接認識と言い直し音声の認識を組み合わせた新しいニュース字幕制作システムの放送現場への導入に貢献した。

コンテンツの検索・推薦技術では、開発した関連映像検索機能EN-VisionをNHKクリエイティブライブラリーに適用し、インターネット上で公開実験を進めた。

→詳しくは、p.24



やさしい日本語ニュースのサービスイメージ

「Hybridcast」およびロゴは、（財）NHKエンジニアリングサービスの登録商標です。

高度番組制作技術

中継で使用したマクロダイバーシティ受信アダプター

低遅延・高画質伝送が可能なハイビジョン用ミリ波モバイルカメラは、回線の品質モニターなど機能や運用性を改善し、第62回NHK紅白歌合戦をはじめとした多くの番組制作で使用した。またギガヘルツ帯のFPUの移動中継用受信システムは、信号同期の強化やマクロダイバーシティ受信アダプターの小型化を行うことで運用性を向上し、マラソンやゴルフの中継に使用した。

ネットワークを活用した番組制作・送出技術では、映像素材を途切れなく伝送するためにIP網の利用できる帯域を推定する技術を向上させ、無線LANによる映像伝送に適用した。

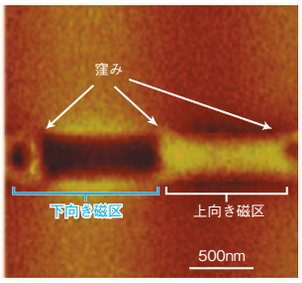
高品質音声合成では、気象通報自動読み上げ装置の実用化を推進するとともに、既存話者の大量の音声素材から抽出した情報を利用して、新規話者の少量の音声素材から高品質な合成音を得る方式の研究を進めた。

音響機器の研究では大音圧に対応可能なマイクロホンを開発してスペースシャトル打ち上げ時の収音に利用した。

→詳しくは、p.30

放送用デバイス・材料

透明化した有機撮像デバイス用TFT回路



微小な窪みによる磁区移動量の制御

有機撮像デバイスの開発を進め、薄膜トランジスター（TFT）の透明化による光利用率の改善と、画素の微細化を行った。

可動部のない高速高密度記録デバイスの実現に向けて、微小磁区制御デバイスの開発を進め、磁界中で磁区を停止させる技術を開発するとともに、パルス電流による磁区移動に成功した。ホログラム記録技術では誤り訂正など再生データの処理法の改善、記録媒体の感度向上などにより、データ転送速度の高速化を進めた。

フレキシブルディスプレイに関しては、塗布形成が可能なポリマーゲート絶縁膜を用いたTFTと、リン光性高分子材料を組み合わせた対角8インチVGAパネルの試作技術を開発した。また、光スピンデバイスによる広視域空間像再現型表示システムの実現に向け、画素ピッチ1μmのスピン注入型空間光変調器の1次元アレー素子を試作し、その動作を確認した。

→詳しくは、p.36

国際連携と標準化活動

IEEEマイルストーン贈呈式

ITU-RやSMPTEをはじめとする国際標準化機関においてSHVなどの標準化活動を行った。また、MPEGにおいて新たな映像符号化方式HEVCへ技術方式の提案を行った。国内の標準化団体と連携して放送通信連携システム用ブラウザーの国際標準化を進めていくため、HTML5の規格化を行うW3Cに2011年度より加入した。

日本の地上デジタル放送方式ISDB-Tの国際普及活動に協力し、ISDB-Tを活用した緊急警報放送について講演やデモなどの活動を実施した。また、ISDB-T方式の地上デジタル放送を既に開始しているブラジルから研究員を受け入れた。このほか、ABU加盟機関からの研究者受け入れプログラムに基づき、韓国KBS研究所から1名の研究者を受け入れた。

→詳しくは、p.43

広報活動

技研公開のエントランス展示

毎年5月に実施している技研公開では、7月のデジタル放送終了を前に、「あなたに伝えたい、デジタル放送の未来」をテーマに、デジタル放送の魅力とそれに続くHybridcast、SHVなど、最新の研究成果36項目を展示した。東日本大震災以降の節電を考慮して開場時間を短縮しての開催となったが、18,873人の来場者を迎えることができた。

さらに、11月には、1984年に開始したNHKの直接衛星放送がIEEEよりマイルストーンに認定され、技研において式典が開催された。放送の実現に向けた長年にわたるNHKの研究開発の功績を広く示すことができた。

このほかにも、海外のIBC2011、国内のCEATEC2011、全国のNHK放送局でのイベントで研究成果の展示を行った。

→詳しくは、p.47

1　次世代放送メディア

次世代の放送メディアとして、スーパーハイビジョン（SHV）と立体テレビの研究を進めた。

SHVの映像方式について、2次元映像として究極の臨場感と実物感を提供するフルスペックSHVの検討を進めた。動画像に対する画質改善効果の評価結果などから、そのフレーム周波数を120Hzと決定した。直視型ディスプレイを用いて、好ましい視距離や解像度と臨場感・実物感の関係を検証した。また、ITU-Rへ提案している広色域表色系を実現する広色域カメラを試作した。ARIBやITU-RでSHV映像方式の標準化を進め、ITU-Rでは提案したフレーム周波数を含めた主要パラメーターが合意され、新勧告草案に反映された。

SHVのカメラについては、3300万画素の撮像素子を用いた単板撮像装置を試作したほか、120Hzのフレーム周波数で撮像可能な実験装置を試作し、小型化・フルスペック化を進めた。また、フルスペックSHV用イメージセンサーを世界に先駆けて試作した。

符号化については、AVC/H.264方式のSHV圧縮装置の画質改善や伝送ストリームの経路遅延差測定・調整装置を開発し、さまざまな国際伝送実験に用いた。標準化が進んでいる映像圧縮方式規格HEVCに技術提案を行う一方、超解像技術を活用した新たな符号化方式である画像復元型符号化の研究を進め、技研公開で初めて展示を行った。

音響については、22.2マルチチャンネル音響制作用に複数の音源を同時に音像移動できるミキシングシステムの開発や残響付加装置の改善、球形ワンポイントマイクロホンの小型化を行った。また、家庭で22.2マルチチャンネル音響を再生するために、スピーカーアレーによるディスプレイ一体型のシステムを開発し、技研公開で展示した。標準化に関しては、ITU-Rにマルチチャンネル音響の要求条件を提案し、新勧告案として承認されたほか、MPEGに3次元音響符号化の寄与を行った。

立体テレビについては、メガネが不要で自然な立体テレビの実現を目指してインテグラル立体方式の研究を進めた。奥行き方向の解像度特性を改善する方式や、これまで同一であった視域の縦横の大きさの配分を変えることが可能な方式を開発した。また、インテグラル立体方式の通常の撮影手法では撮影が困難な被写体に対して、複数のロボットカメラで多視点映像を取得したうえでインテグラル立体に変換する方式を開発した。

伝送技術については、大容量の伝送が可能となるよう、広帯域化した次世代の衛星放送と、周波数利用効率を高めた次世代の地上デジタル放送の方式検討を進めた。また、SHVの家庭への配信に加えて、通信や蓄積型放送サービスを実現するためにIPパケットなどの可変長パケットをケーブルテレビで伝送する方式を開発した。一方、素材伝送技術としては、映像の圧縮による遅延や画質劣化が生じない利点を持つ非圧縮SHV信号の高速光伝送システムの研究を進めた。

1.1　スーパーハイビジョン

1.1.1　スーパーハイビジョンの方式

スーパーハイビジョン（SHV）の映像パラメーターについて検討を進めている。

■スーパーハイビジョンの心理物理的効果

SHVが高い臨場感と実物感を提供するシステムであることを、視角や画素密度に関する心理物理的研究から明らかにしてきた。2011年度には、家庭での視聴環境を想定し、85インチSHVフル解像度直視型液晶表示装置（1.1.3参照）を用い、好ましい視距離ならびに臨場感および実物感と動画像の空間解像度との関係を評価した[1]。2K（1920×1080）、4K（3840×2160）、8K（7680×4320）の3種類の空間解像度の動画像を用いた実験の結果、好ましい視距離は解像度や絵柄に依存せず、画面高の2.5倍をピークに1.5 ～ 4倍の範囲に分布すること、そして、画面高の3倍未満の視距離では8Kの臨場感や実物感が2Kや4Kよりも高いことが示された（図1）。

■フレーム周波数

高フレーム周波数映像システムの動画質改善効果を、100インチの画面に12種類の絵柄のハイビジョン解像度の動画像を提示して評価した[2]。その結果、フレーム周波数を60Hzから120Hzに倍増すると動画質は0.46ランク（5段階間隔尺度）、120Hzから240Hzに倍増すると0.23ランクの改善が認められ、

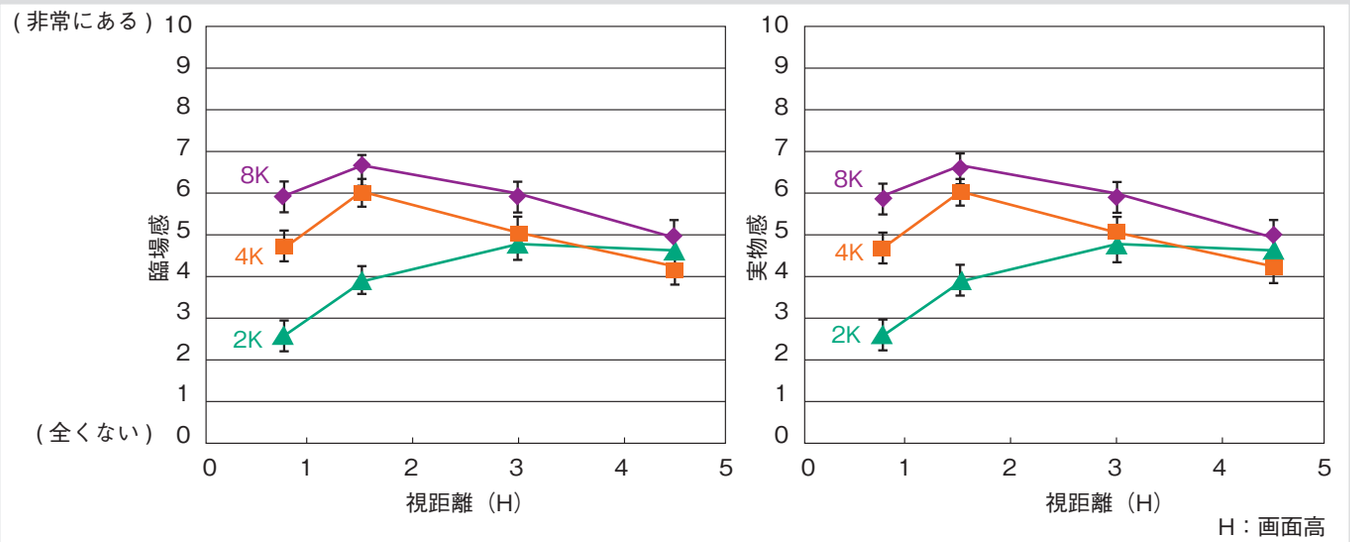


図1　視距離および解像度と臨場感および実物感の関係

60Hzから120Hzに倍増する効果が大きいことが示された。また、フレーム周波数を高くすることの効果は絵柄によって大きな違いがあることが分かった。これは映像に含まれる被写体の角速度の違いが要因であると推測される。

この結果ならびに動きぼやけ、ストロボ効果、フリッカーに関するこれまでの研究に基づき、フルスペックSHVのフレーム周波数を120Hzとする判断を行った。

■広色域カメラ

スペクトル軌跡上の単波長光源に相当する色度点をRGB3原色とする広色域表色系を提案している。2011年度には、この理想撮像特性を近似した分光感度を有するハイビジョン解像度のカメラを試作し、考案した高彩度のカラーチャートを用いて広色域カメラの色再現性を評価した[3]。その結果、高彩度の色についても実用上問題ない色再現性が得られることを確認した。

■標準化

ARIBやITU-Rで引き続きSHV（標準化での用語はUHDTV）の映像方式の標準化を進めた。上記のフレーム周波数120HzをITU-Rに提案し、これを含む主要パラメーターが合意され、新勧告草案に反映された。

〔参考文献〕
(1) 日下部, 正岡, 近藤, 西田, 菅原: “スーパーハイビジョン85インチLCDを用いた好ましい視距離と臨場感・実物感の主観評価,” 映情学技報, Vol.36, No.9, ME2012-62, HI2012-24, AIT2012-24, pp.245-250（2012）
(2) 江本, 菅原, 日下部, 大村: “高フレームレート撮像テレビジョンシステムの動画質改善効果,” 映情学誌, Vol.65, No.8, pp.1208-1214（2011）
(3) 正岡, 西田, 菅原: “スーパーハイビジョン広色域カメラの分光感度設計と色再現評価,” 映情学技報, Vol.35, No.45, ME2011-130, AIT2011-84, pp.83-86（2011）

1.1.2　カメラ

スーパーハイビジョン（SHV）カメラに関する研究として、単板式による小型撮像装置の研究とフルスペック化に向けたフレーム周波数120Hzでの撮像方式およびデバイスの研究を進めた。

■単板式による小型撮像装置の研究

小型カメラの実用化を目指し、カラーフィルターを有した3300万画素撮像素子を用いてSHV単板撮像装置を試作した（図1）。信号出力形式は4板方式と互換性があるため、4板用カメラコントロールユニット（CCU）への接続が可能である。しかしCCU内の色補正処理部の改変が必要なため、カメラヘッド内で色補正処理を行う手法を考案した[1]。本手法を撮像装置に実装して24色マクベスチャートを用いた評価を行った結果、補正前のS/Nを維持しながら色差ΔEの平均を8ポイント改善するこ

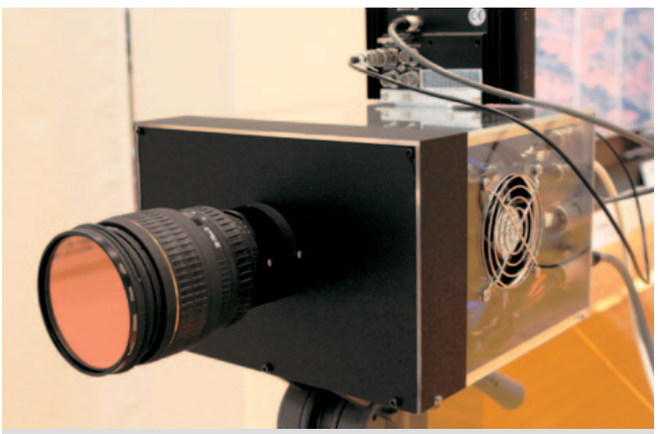


図1　SHV単板撮像装置

とができた。技研公開にて、本撮像装置による撮影実験を展示した。

■3300万画素4板式による120Hz SHVカラー撮像

フルスペックSHVシステムの研究・開発に資する評価用動画像制作のため、3300万画素撮像素子4板式による120Hz撮像実験[2]を行った。本実験装置では、3色分光プリズムの緑色光出射部にハーフミラーを加えたプリズムを用いた。緑色に2つ、赤・青色に各1つの計4つの撮像素子を光出射部に配置した。素子の画素読み出しは固定クロックであるため、読み出しライン数を有効ラインの半分にすれば、フレーム周波数は60Hzの2倍の120Hzとなる。緑色光用の2つの撮像素子はそれぞれ偶数ラインのみ、奇数ラインのみを読み出し、全ライン分の画素値を得る。青色・赤色用撮像素子は奇数ラインのみを読み出し、偶数ラインは緑色と各色との差分信号から算出した信号により補間する。

このようにして得られた動画像の解像度特性（MTF: Modulation Transfer Function）はナイキスト周波数において20%、残像特性は検出限界値以下であった。これらの結果から、本実験における撮影動画像は120Hz SHV映像としての特性を有していることを確認した。

■フルスペックSHV用イメージセンサー

SHVの動画像画質改善に向けて、120HzフルスペックSHV用イメージセンサーの開発を進めている。本センサーでは、約3300万画素からの信号を従来の倍のフレーム周波数で出力しなければならないため、高速動作が求められる。また、フレーム周波数が高くなると、駆動電力が増大するとともに感度の低下を招くため、消費電力や雑音の低減も併せて要求される。2011年度は、2010年度に試作した動作検証用デバイス[3]を基に、有効撮像領域の対角長が約24.7mmのフルスペックSHV用イメージセンサーを世界に先駆けて試作した（図2）。試作したセンサーでは、階調12ビットの2段サイクリック型A/D変換回路および32並列出力回路を搭載することで、データレート51.2Gbpsの高速動作と、駆動電力2.5Wの低消費電力を実現した。また、画素の構造を工夫し、かつ、埋め込みフォトダイオードを用いることで、ランダムノイズ約6電子と、当初の目標性能の低雑音を実現した。この研究は、静岡大学と共同で実施した。

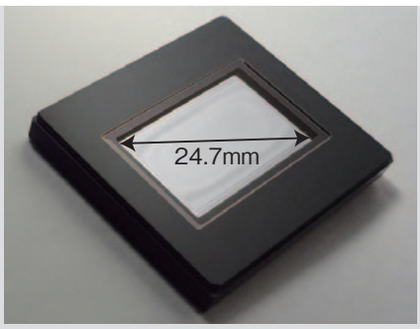


図2　フルスペックSHV用イメージセンサー

〔参考文献〕
(1) 船津, 添野, 大村, 山下, 菅原: “3300万画素カラー CMOS撮像素子を用いたスーパーハイビジョン小型カメラヘッドの試作,” 映情学技報, Vol.35, No.37, IST2011-55, pp.17-20 (2011)
(2) 添野, 大村, 船津, 山下, 菅原, 奥井: “3300万画素CMOS撮像素子4板式によるスーパーハイビジョン120fps撮像実験,” 映情学冬季大, 2-14 (2011)
(3) T. Watabe, K. Kitamura, T. Sawamoto, T. Kosugi, T. Akahori, T. Iida, K. Isobe, T. Watanabe, H. Shimamoto, H. Ohtake, S. Aoyama, S. Kawahito and N. Egami: “A 33Mpixel 120fps CMOS Image Sensor Using 12b Column-Parallel Pipelined Cyclic ADCs,” IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), 22.5, pp.388-389 (2012)

1.1.3　ディスプレイ

スーパーハイビジョン（SHV）の直視型ディスプレイの研究を進めた。

■直視型プラズマディスプレイ

高画質な大画面SHVディスプレイの実現に向けて、自発光・直視型であるプラズマディスプレイ（PDP）の研究を進めている。2011年度は、これまで開発してきた超高精細PDPの高効率化、大画面化を目指した研究開発の知見を基に、SHVフル解像度となる大画面パネルの設計を行い、パナソニック（株）との連携により、対角145インチ、画素ピッチ0.417mmのプロトタイプパネルを試作した（図1）。このパネルでは、ハイビジョン方式の4倍となる走査線数の増加に対応するためのパネル駆動技術として、複数行同時走査方式[1]を適用し、この駆動方式が超多画素パネル駆動の安定化に有効であることを実証した。また、パネルの大画面・超多画素化に伴い増加する消費電力を削減するための要素技術として、低電圧電極材料の開発に取り組んだ[2]。さらに、パネルの高輝度化を目指した新しい素子構造を提案し、その特性検証を進めた[3]。

図1　試作したプラズマディスプレイ

■直視型液晶ディスプレイ

3300万画素（7680×4320）、フレーム周波数60HzのSHV映像を表示する直視型液晶ディスプレイをシャープ（株）の協力を得て開発した（図2）。対角85インチ、画素ピッチ0.25mm、表示階調RGB各色10ビット、輝度レベル300cd/m²を実現した。直視型ディスプレイの実現により、明るい室内でもSHVを楽しむことが可能となり、家庭への導入イメージを示すことができた。

図2　85インチ直視型液晶ディスプレイ

〔参考文献〕
(1) T. Usui, K. Ishii, Y. Hirano, Y. Murakami, T. Miyata and M. Seki: “Study of Address Driving Method with Simultaneous Scanning of Multiple Lines on Plasma Display Panel,” EuroDisplay2011, 9-3 (2011)
(2) 加藤, 本山, 関: “CaMgO電極保護膜の化学安定性の改善,” 映情学誌, Vol.65, No.9, pp.1326-1328 (2011)
(3) 石井, 平野, 薄井, 村上, 志賀: “2放電路型超高精細PDPのアドレス駆動特性,” 映情学冬季大, 2-4 (2011)

1.1.4　符号化

スーパーハイビジョン（SHV）の放送実現に向け、超高精細映像を対象とした圧縮符号化の研究を進めた。

■SHV圧縮符号化装置の改善と伝送実験

2009年度に開発したAVC/H.264方式のSHV映像圧縮符号化装置のビットレート上限を280Mbpsに向上する改善を行った。改善した装置を用い、日本電信電話（株）（NTT）と協力して2011年2月に東京–ロンドン間折り返しのIP回線を用いたライブ伝送実験を実施し、2月22日～23日に開催されたNTT R&Dフォーラム2011で展示した。

高ビットレートで符号化したトランスポートストリーム（TS）を複数の経路に分割して伝送する場合、分割信号間で遅延時間差が発生する場合がある。そこで、遅延時間差を測定し位相を揃えるTS時間差測定・調整装置を開発した（図1）。

2011年9月9日～13日にアムステルダムで開催された国際放送機器展IBC2011において、ロンドンからアムステルダムへのIP回線ライブ中継を行った（図2）。さらに、2011年9月27日～30日にロンドン→NHK技研→日本国内3か所、および、ロンドン→ワシントンの同時多地点伝送実験を実施し、IP回線を用いたSHV伝送を確かなものとした[1]。

さらに、本装置においてSHV映像の空間分割を担うフォーマット変換部を改善した。この改善により、分割境界オーバーラップ処理に伴う画面周辺部の補間画質が向上した。

図1　TS時間差測定・調整装置

図2　IBC2011での伝送展示

以上の研究は、（株）富士通研究所と共同で実施した。

並行して、高精細映像のJPEG2000符号化技術の機能拡張として、無線中継のための変復調伝送技術とシングルチップFPGA化の検討を進めた。

■次世代映像符号化方式HEVC

SHVへの適用を目標に、高精細映像に適した次世代映像符号化方式の研究を進めている。

現在、ISO/IECとITUで新映像符号化方式としてHEVC（High Efficiency Video Coding）の規格化が進められている。この方式案では、直交変換符号化として従来の映像符号化方式で用いられているDCT（離散コサイン変換）に加え、DST（離散サイン変換）を用いることが検討されている。DSTの処理時間を短縮するため、2010年度に開発した手法（DSTタイプ2）を

改善し、最大14%の高速化を達成した[2]。また、画面内符号化用に、DSTタイプ7を用いた制御方法を開発し、高精細映像において情報量削減効果を示した。

また、規格化方式案の整数DCT変換基底の正規性および直交性を改善するため、コスト関数を最小にして最適化を図り、実験により符号化効率の向上を確認した。

さらに、2010年度に開発した周辺領域との連続性に着目した画面内予測技術を改善した。この技術はHEVCの規格案に採用された。また、色差信号の品質改善のため、輝度信号と連動しないブロック分割・制御方法を開発した。これらの研究は三菱電機（株）と共同で実施した。

■画像復元型符号化

SHVのような膨大な情報量の映像を効率的に伝送することを目指し、映像内容や伝送帯域に応じた前処理と超解像技術に基づく後処理によって映像を再構成する画像復元型符号化の研究を進めた。

2011年度は、これまで検討を進めてきた空間超解像の改善のほか、信号の階調復元、および色空間変換処理を新たに導入し、おのおのの効果を検証した。

空間超解像に関し、複数フレーム超解像とウェーブレット超解像を統合したハイブリッド超解像方式を開発した。複数フレーム超解像の効果を引き出すため、送信側において付加すべき折り返し歪（ひず）みの特性や被写体の動きに応じた時空間標本化法を開発した[3]。併せて、2010年度に開発したウェーブレット超解像方式を改善した。原画像と超解像画像の差分が最小となるようフィルターのパラメーター最適化を図った。

また、階調方向の復元型符号化を新たに開発した。雑音レベル以下の階調は粗く、グラデーション領域の階調は細かく再量子化する階調数削減技術を開発した。画像解析により導出した階調変換テーブルをサイド情報として伝送することで、高画質な階調復元を可能とした。

カラー画像への適用として主成分分析に基づく色空間変換を用いた手法に着手した。主成分分析を用いて変換した色空間のうち、エネルギー成分の少ない第2・第3主成分について空間的および時間的な間引きや階調数制御を行い情報量を削減した。

〔参考文献〕
(1) 境田, 井口, 木村, 小河原, 藤井: “IBC2011におけるスーパーハイビジョン国際伝送実験と関連機器展示,” 放送技術, Vol.65, No.1, pp.151-156（2011）
(2) 市ヶ谷, 杉藤, 境田, 鹿喰: “DCTとDSTを用いた適応直交変換符号化,” FIT2011, I-061（2011）
(3) 三須, 松尾, 境田, 鹿喰: “画像復元型符号化における折り返し歪の適応付加,” FIT2011, I-028（2011）

1.1.5　高臨場感音響システム

スーパーハイビジョン（SHV）用の音響システムとして22.2マルチチャンネル音響（上層9チャンネル、中層10チャンネル、下層3チャンネル、低域強調2チャンネルからなるマルチチャンネル音響、以下22.2ch音響と略記）の研究開発と標準化を進めている。

■SHV音響システムの研究

22.2ch音響制作システムの簡易化と高度化に向けた研究開発を行っている。2011年度は、複数の音源を同時に音像移動できるミキシングシステムを開発した。タイムコードに従って音像の移動軌跡を再現できるほか、音像の移動軌跡を任意に修正することもできる。3次元残響付加システムについては、複数の音源に残響を付加する機能、タイムコードに従って残響を変化させる機能、タブレット端末での操作環境などを開発した。さらに、残響生成に用いるインパルス応答のチャンネル数を、従来の8ch方向から22ch方向に拡張した。この研究の一部は、カナダMcGill大学への研究委託で行った。ロンドン五輪での22.2ch音響制作に使用することを想定し、水泳場やスポーツアリーナなどで22ch方向のインパルス応答を測定した。さらに、五輪用の機器として、技術局と共同で中継用ライブ22.2chミキシング卓や22.2chヘッドホンプロセッサーを開発した。

22.2ch音響をより簡易に収音するために、2011年度は、2010年度までに開発した球形ワンポイントマイクロホンを小型化した。また、小型化に伴う指向性の劣化を補償する信号処理手法を検討した。

空間音響知覚の研究については、22.2ch音響方式のスピーカー配置の有効性を確認する評価実験を行った。上層に円形に配置した複数のスピーカーを用いて音に包み込まれる印象を調べた結果、上層においてもスピーカー間隔が60度以下であれば、包み込まれ感が再現できることが分かった。また、スピーカー数と良好な空間印象が再現できる聴取範囲の関係を調べた結果、スピーカー数の増加とともに聴取範囲が広がることが確認できた[1]。

■標準化

22.2ch音響方式の標準化を継続して推進した。SMPTEでは、SONYピクチャーズなどと共同提案したMXF（Material eXchange Format）でMCA（マルチチャンネル音響）を規定するためのメタデータのフレームワークの新規格 ST377-4が承認された。今後、発行される予定である。ITU-Rでは5月会合に、5.1ch音響方式を超えるマルチチャンネル音響の要求条件を提案し、9月会合において新勧告草案「映像あり/なしに用いる先進的マルチチャンネル音響の要求条件」が承認された。また、9月会合においてはITU-R関係者に22.2ch音響のデモを行い、SHV音響の標準化について理解を図った。AESでは、BWF（Broadcasting Wave File）を規定するAES31-2-2006を、IECの規格IEC62574に準拠したMCA音響に対応できるように拡張する案を提案した。また、IECでは、デジタルオーディオインターフェースを規定するIEC60958-3に、IEC62574に準拠したMCA情報をメタデータとして付加できるようにするための改定案を提案した。MPEGでは、22.2ch音響信号の伝送／符号化方式の標準化を推進するために、3次元音響符号化の要求条件などの寄与を行い、「3D audio」をMPEGオーディオでの主要テーマとした。

■SHV音響伝送・再生技術の研究

22.2ch音響を家庭で再生するために、多数のスピーカーユニットからなるディスプレイ一体型のスピーカーアレーを使って、画面上の任意の位置に音を定位させる方式を開発した。また、スピーカーアレーを使って、音による包み込まれ感を再現する音響信号処理方式を開発し、技研公開で展示した（図1）。この研究の一部は、フォスター電機（株）と共同で進めた。また、画面中央のチャンネルについては、シミュレーションと実測を行い、音の波面が正確に形成できていることを確認した。さらに、周波数特性劣化の原因となるスピーカーユニット間の位相干渉を緩和する補正関数について検討を進めた。

22.2ch音響を簡易に聞くことのできる22chヘッドホンプロセッサーについては、水平面・正中面の方向定位に関する主観評価実験を本人も含めた複数の異なる頭部伝達関数（HRTF）を用いて行った。その結果、被験者本人のHRTFよりも高い前方向の定位精度が得られるHRTFがあることなどが分かった[2]。これらの知見を生かしてHRTFによる定位精度を検証するためのソフトウエアを開発した。

22.2ch音響信号を再生用信号と補助信号に分けて符号化伝送する方式の検討を進めている。上記の2種類の信号を生成する信号変換に、AAC（Advanced Audio Coding）などの高能率符号化方式を組み合わせた場合に、量子化雑音が聞こえることがある。この問題を解決するために、量子化雑音を復号信号によって多項式近似する方式を開発した。また、ARIB規格に従って、22.2ch信号をリアルタイムで符号化伝送する装置を開発した。

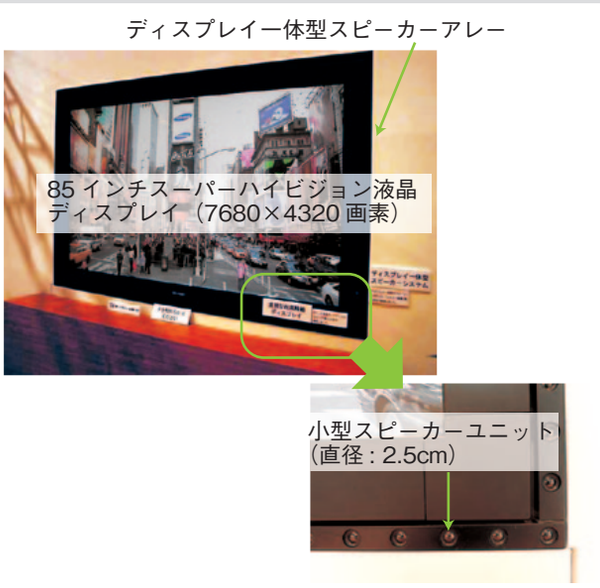
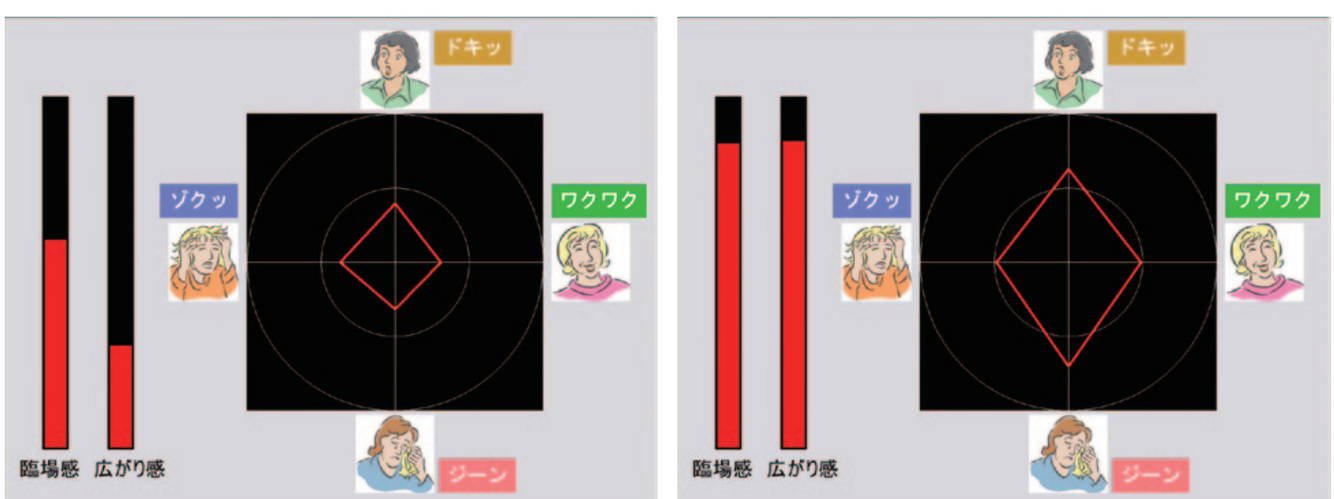


図1　ディスプレイ一体型スピーカーアレー

■超臨場感メーターの開発

音による臨場感や感動の要因について研究を進めている[3]。2011年度は、再生スピーカー数などの音響条件が空間印象と臨場感に与える影響を調べる評価実験を行った。さらに、その結果に基づいて、感動の分類ごとの評価値を推定する感動メーターを試作した（図2）。試作した感動メーターは、超臨場感メーターの一部を成すものである。この研究は、（独）情報通信研究機構の委託研究「革新的な三次元映像による超臨場感コミュニケーション技術の研究開発」を受託して実施した。

〔参考文献〕
(1) 澤谷, 大出, 安藤, 濱崎: “空間的印象を保つ聴取範囲と再生スピーカー数の関係,” 信学技報, EA2011-67（2011）
(2) 中山, 松井, 濱崎: “22.2マルチチャンネルヘッドホンシステムにおけるHRTFの特徴量について,” 音講論（秋）, 1-Q-3（2011）
(3) 大出, 安藤, 小澤: “空間的な印象による感動の促進度合いの推定,” 音講論（秋）, 1-9-11（2011）



1ch再生の分析結果　　22.2ch再生の分析結果

図2　試作した感動メーターの表示例

ロンドン五輪パブリックビューイングに向けた取り組み

2012年のスーパーハイビジョンによるロンドン五輪のパブリックビューイング（PV）実施に向けて準備を進めた。PVは2009年より英国BBC、オリンピック放送機構（OBS）と共同でプロジェクトを発足させ検討を進めている。また、国際伝送については通信事業者の協力を得ている。

2011年度は、関連部局とともに実施体制をしき、プロダクションからPVまでの全体システム設計（図1）や実施計画の策定を行った。

■パブリックビューイングシステム

ロンドンの五輪競技場で収録された映像と音響はBBCスタジオの制作拠点で番組制作され、国際放送センター（IBC）、英国3か所、米国1か所、日本3か所のPV会場に配信される。PVシステムは、送受信装置、回線、上映用映像音響装置で構成され、それらのシステム設計、機器開発を行った。スタジオの送出信号を圧縮するAVC/H.264ベースの符号化装置とその圧縮信号を伝送する送信および受信装置を開発した。回線は、複数の学術IP回線を用いた国際伝送系、商用回線を用いた国内伝送系からなり、IP伝送部の開発を通信事業者と共同で行った。

PV会場における映像の表示には、ウォブリング方式のプロジェクター、85インチフル解像度液晶ディスプレイ、145インチフル解像度プラズマディスプレイを用いることとした。音響装置は、操作を簡易化した大画面プロジェクター映像用と薄型ディスプレイ映像用の22.2マルチチャンネル音響再生システムを開発し、これを用いることとした。

■事前準備

PV用のシアター、上映システムを設計するために、英国、米国、日本国内のそれぞれの会場について調査を行った。また、本番で英国内会場の技術運用を担当するBBC担当者のために、BBCのスタジオにおいて技術移転ための訓練を行った。ロンドンから、各PV会場への伝送品質を確認するために、BBC、通信事業者と共同で複数回の伝送実験を行った。

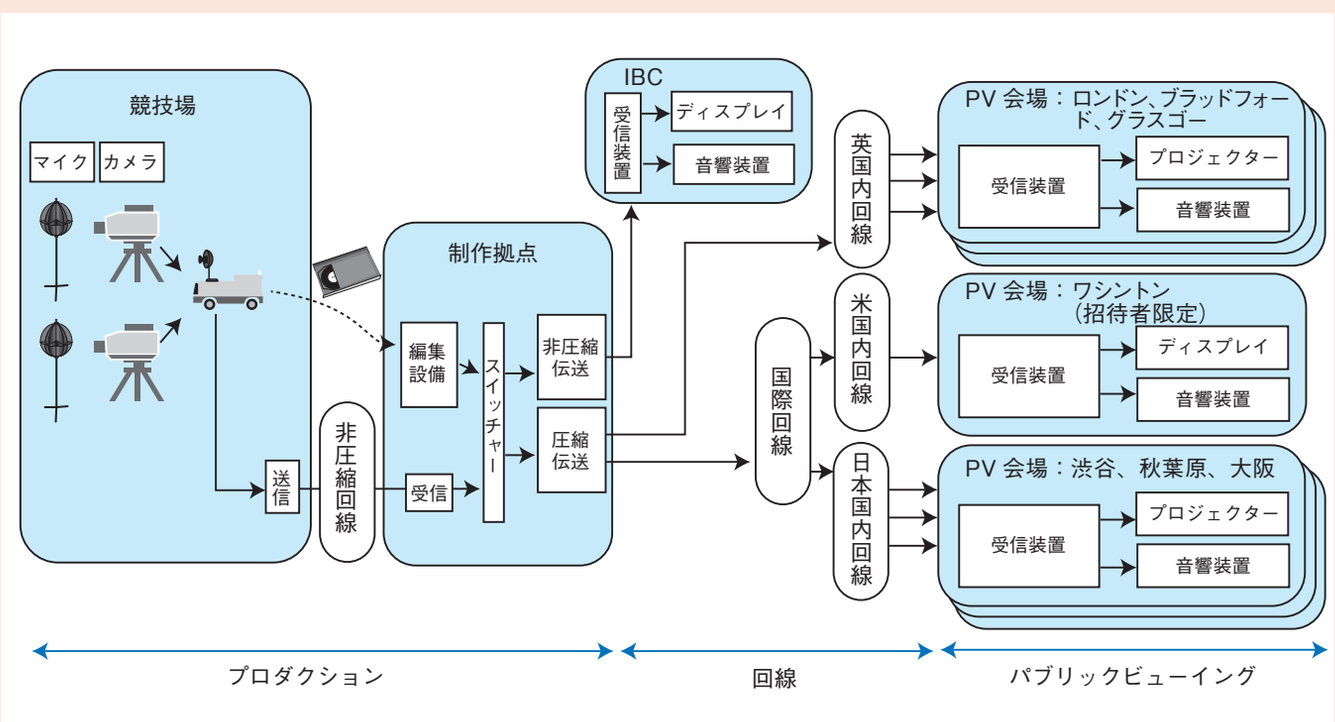


図1　システム系統図

1.2　立体テレビ

1.2.1　インテグラル立体テレビ

自然で見やすい立体テレビの実現を目指して、空間像再生型の1つであるインテグラル立体方式の研究を進めている。インテグラル方式は、微小レンズで構成されたレンズアレーを撮影・表示の双方に用いて立体像を再現する方式である。特別なメガネが不要で、見る位置に応じた自然な立体像が表示できる方式であるが、良好な画質を得るには多画素で高精細な映像システム、および高い精度で配置されたレンズアレーが必要となる。

2010年度から、フル解像度スーパーハイビジョンの緑用の素子に画素ずらし法を適用した撮像・表示系を用い、インテグラル立体テレビを高画質化する技術について検討を進めている。画素ずらし法では、水平、垂直の両方向に半画素間隔だけ位置が異なる2つの緑信号を用いる。2011年度は、撮影時のレンズアレー配置の高精度化を図るとともに、2つの緑信号にレベル補正を適用し、再生立体像の奥行き方向の解像度特性を向上させた[(1)(2)](図1)。

またインテグラル方式で、観察者が移動可能な視域の形状を任意に設定できれば、より柔軟なディスプレイ設計が可能となる。視域は、要素画像(レンズアレーを介して撮影される画像)の形状に依存する。レンズアレーを傾けて配置し、個々のレンズに対応する要素画像の縦と横の比率を変えることで、視域の形状を制御できることを確認した[(3)]。

これらの研究の一部は、(独)情報通信研究機構の委託研究「多並列・像再生型立体テレビシステムの研究開発」(2006年度から2010年度)の成果を適用して実施した。また、文部科学省の委託研究「デジタル・ミュージアムの展開に向けた実証実験システムの研究開発」を受託し、博物館所蔵品をインテグラル方式で立体表示する手法を検討した。

〔参考文献〕
(1) J. Arai, M. Kawakita, T. Yamashita, H. Sasaki, M. Miura, H. Hiura, M. Okui, F. Okano, Y. Haino and M. Sato: “Integral Imaging System with 33 Mega-pixel Devices Using the Pixel-offset Method,” Proceedings of SPIE, Vol.8167, pp.81670X1-81670X9 (2011)
(2) H. Hiura, J. Arai, T. Yamashita and M. Okui: “Image Processing in an Integral Imaging Pickup System with Dual-green Pixel-offset,” International Conference on 3D Systems and Applications, s1-5 (2011)
(3) 三浦，洗井，三科，奥井，岡野: “インテグラルイメージング方式における水平・垂直視域角の振り分け手法,” 映情学技報, Vol.35, No.42, pp.19-22 (2011)

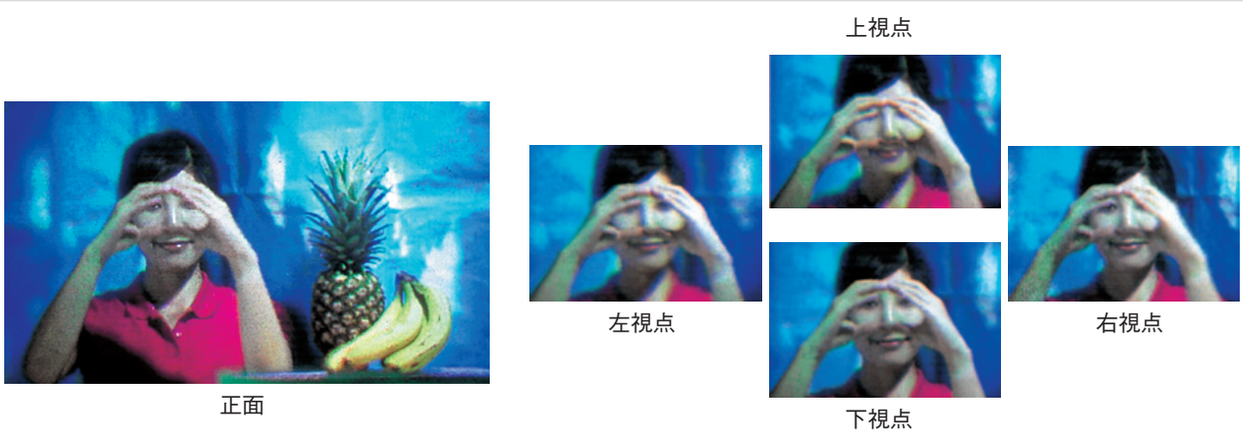


図1　奥行き方向の解像度を改善したインテグラル立体テレビの再生像の例

1.2.2　多視点映像からの立体コンテンツ生成

インテグラル立体方式における通常の撮影手法では撮影することが困難な被写体の立体像を取得するために、複数のカメラで被写体を撮影し、その多視点映像からインテグラル立体像を生成する技術を開発している。2011年度は、多視点ロボットカメラ、多視点映像からの3次元モデルの生成手法、3次元モデルからインテグラル立体像への変換法について検討した。

2010年度に試作した多視点ロボットカメラを自由自在に操作するために、バーチャルカメラ雲台を応用した操作インターフェースを開発した[(1)](図1)。このインターフェースを用いて9台のカメラからなる多視点ロボットカメラによる撮影実験を行い、カメラマン1人で、動き回る被写体をフォローしながら撮影できることを確認した(図2)。また、多視点映像から被写体の周りをあたかもカメラが移動するような映像を生成する技術を開発し、NHKスペシャルの番組制作において、多視点ロボットカメラを体操

図1　操作インターフェース

図2　多視点ロボットカメラによる撮影実験

選手の撮影に活用した。

約25m遠方の相撲を11台のハイビジョンカメラで撮影した多視点映像から、その3次元モデルを生成する手法を開発した[2]。生成手法には信頼度伝播法を用いた。3次元モデルをインテグラル立体表示したところ、奥行き感のある相撲の立体像を確認できた。

3次元モデルをインテグラル立体像に変換する手法では、斜投影（平行光線を投影面に傾けて投影する投影法）を用いた手法の高速化を図り、実時間でインテグラル立体像に変換するソフトウェアを開発した[3]。

これらの研究の一部は、（独）情報通信研究機構の委託研究「革新的な三次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術の研究開発」を受託して実施した。

〔参考文献〕

(1) 池谷，久富，片山，岩舘: “被写体の動きをパンフォロー可能な多視点ロボットカメラシステム，” 映情学冬季大，9-3（2011）

(2) K. Ikeya, K. Hisatomi, M. Katayama and Y. Iwadate: “Depth Estimation from Three Cameras Using Belief Propagation,” Proceedings of CVMP2011, pp.118-125（2011）

(3) Y. Iwadate and M. Katayama: “Generating Integral Image from 3D Object by Using Oblique Projection,” International Display Workshops, 3Dp-1（2011）

1.3　次世代放送の伝送技術

1.3.1　衛星伝送技術

■21GHz帯放送衛星エンジニアリングモデル

宇宙環境での性能を確認するため、技術実証用21GHz帯衛星中継器を試作し、熱真空試験を行った（図1）。送受信共用鏡面修整アンテナの製造誤差および熱歪（ひず）みを合わせた鏡面誤差は0.25mmRMS以下で十分な鏡面精度を達成した。フィルター、増幅器など構成機器については周波数特性、耐電力性能を評価した。260MHzの通過帯域幅において、10.9ns以下の群遅延偏差が得られ、十分に低い群遅延特性を達成した。

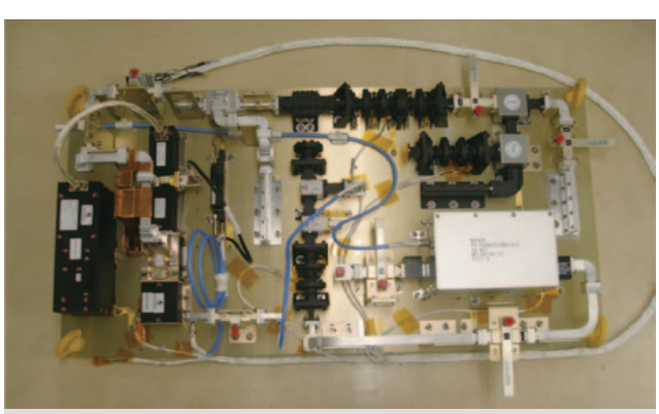


図1　21GHz帯放送衛星エンジニアリングモデル

■21GHz帯降雨減衰補償技術の検討

衛星搭載アンテナとして61素子アレー給電イメージングリフレクターを使用し、30分毎にAMeDAS降水量分布を基に放射パターンを制御して降雨減衰補償した場合のサービス時間率改善をシミュレーションにより評価した。21GHz帯電波の降雨減衰値は12GHz帯の降雨減衰測定値から換算した。東京でのサービスの年間遮断時間は、全国均一利得の固定放射パターンを用いた場合の55%に低減できた。また、試作した32素子アレー給電イメージングリフレクターによるビーム形成実験を行い、所望の地域に7dB増力した放射パターンが形成できることを確認した。

■21GHz帯衛星放送用受信アンテナ

12GHz帯および21GHz帯衛星放送の共用受信アンテナ用給電素子を設計した[1]。各周波数帯用4素子マイクロストリップアレーアンテナを互いに45度ずらして配置し積層構造とすることで12GHz帯、21GHz帯とも、従来の12GHz帯用市販パラボラアンテナの給電素子と同様の放射パターンが得られることをシ

ミュレーションで確認した。また試作した21GHz帯用受信アンテナの測定結果に基づいたアンテナの主偏波および交差偏波の放射パターン導出式をITU-R WP4A会合に寄与し新勧告として採用された。

■位相基準バースト信号対応広帯域変復調器

主信号187シンボルに対し2～16シンボルの位相基準バースト信号を挿入可能な広帯域変復調器を試作し、超高速インターネット衛星「きずな」による伝送実験を行った。8PSKの同期限界C/N（6.9dB）が、2シンボル以上の位相基準バースト信号挿入により、−1.4dB以下に改善できることを確認した。また、符号化率が低いほど、位相基準バースト信号長増加による所要C/Nの改善が大きいことを確認した[2]（図2）。この研究の一部は、（独）情報通信研究機構と共同で行った。

■符号化変調方式の検討

符号化変調方式の検討に着手した。隣接する2つの信号点の組数を削減するように集合分割することで各信号点にシンボルを割り当て、ARIB STD-B44で規定する低密度パリティーチェック（LDPC）符号を適用することで、32QAM（符号化率0.8）の所要C/Nをグレイ符号とLDPC符号を組合せた方式に対し0.86dB改善することをシミュレーションにより確認した[3]。

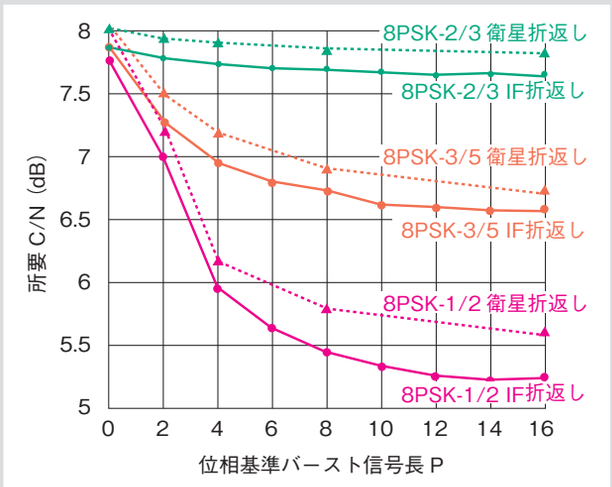


図2　位相基準バースト信号長P 対 所要C/N特性

〔参考文献〕
(1) 長坂，中澤，田中：“衛星放送受信アンテナ用12/21GHz帯共用給電部の検討，” 映情学技報，Vol.36, No.6, BCT2012-29, pp.97-100 (2012)
(2) 鈴木，橋本，田中，木村：“ ‘KIZUNA（WINDS）’ Satellite Transmission Test Using the Phase Reference Burst Signal Implemented and LDPC Coded Wideband Modem,” 信学技報，Vol.111, No.336, SAT2011-41, pp.13-18（2011）
(3) 鈴木，橋本，小島，田中，木村，正源：“LDPC符号を用いた32QAM符号化変調方式の性能改善に関する一検討，” 信学ソ大，B-5-21（2011）

1.3.2　地上伝送技術

■次世代地上大容量伝送

スーパーハイビジョン（SHV）のサービスが可能な次世代地上放送向けの伝送技術の研究を進めている。

2011年度は、まず、ISDB-Tの信号形式を基本にキャリア変調の多値数を最大で4096まで拡張したOFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）信号2系統を偏波MIMO（Multiple-Input Multiple-Output）伝送する既開発の伝送実験装置に対して、誤り訂正符号を低密度パリティーチェック（LDPC）符号とBCH符号の連接符号に変更する改修を行い、室内および野外実験を実施してその改善効果を検証した（図1）。白色ガウス雑音環境において、変調多値数を4096、内符号の符号化率を3/4とした場合の所要C/Nは32.1dBで、伝送容量はPESレートで78.9Mbpsである。技研公開では、この装置を使用し、技研敷地内の芝地に約100mの間隔で設置した送受信所間で、それぞれ約9Mbpsに圧縮した8つのハイビジョン番組を伝送する様子を展示した。

次に、1系統のTSを伝送路符号化後に2系統に分割し偏波MIMO伝送する際、時間方向および周波数方向に加えて偏波間でもインターリーブを行う多次元インターリーブを考案し、シミュレーションにより、その効果を検証した。その結果、水平、垂直の偏波間に受信レベル差が6dB存在する場合、所要C/Nが偏波間のインターリーブを行わない場合に比べて約1.7dB、円・斜め偏波を使用する場合に比べて約0.8dB改善されることが分かった[1]（図2）。

続いて、これまでSISO（Single-Input Single-Output）伝送を前提に最適化されていたLDPC符号化後のビットインターリーブを、MIMO伝送用に最適化した。また、LDPC符号の復号にキャリアシンボル毎のC/N推定値を反映した近似対数尤度比を導入することで、ビット誤り率（BER）特性の改善を図った。シミュレーションでその効果を検証した結果、水平偏波と垂直偏波で遅延波の位相が180度異なるD/U=6dBのマルチパス環境において約0.6dB所要C/Nが改善されることが分かった。

さらに、SFN（Single Frequency Network）環境などを想定し、低D/Uマルチパス環境での伝送特性をシミュレーションによって検証した。その結果、各ビットの尤度計算に必要な雑音分散をキャリアシンボル毎のC/N推定値から算出することで、白色ガウス雑音環境に比べて所要C/Nは約4～8dB劣化するが、D/U=0dBの2波マルチパス環境でも内符号の符号化率が3/4の1024QAM-OFDM波のMIMO伝送が可能であることを確認した。

また、伝送容量の拡大、伝送耐性の向上を目的として、FFTサイズの拡大（モード5、6の追加）、多次元インターリーブの適用、ビットインターリーブの最適化に関する実験装置の改修を

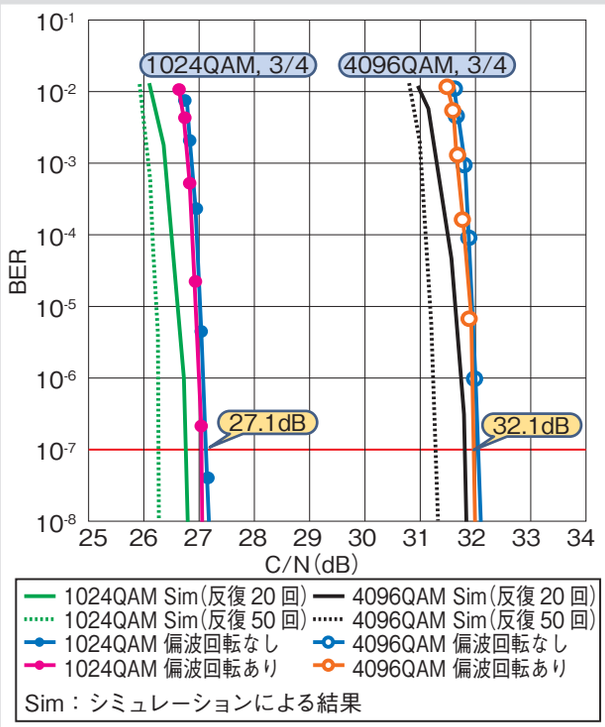


図１　白色ガウス雑音環境でのC/N 対 BER特性
（LDPC符号復号後）

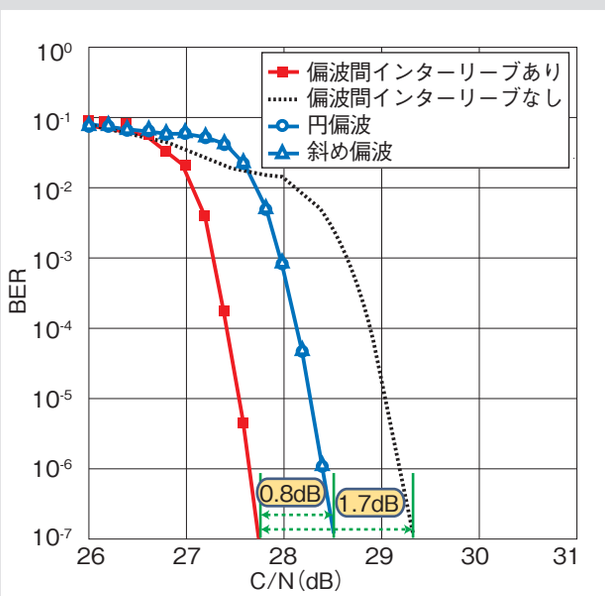


図2　偏波間インターリーブの効果
（1024QAM，符号化率3/4，LDPC符号復号後）

進めるとともに、UHF帯の２つのチャンネルを使用して圧縮されたSHVコンテンツの伝送実験を行うためのバルク伝送実験装置の試作も進めた。

■新ワイヤレス伝送技術

重複基底を用いたマルチキャリア変調方式の研究を進めている。2011年度は動特性の改善を目的として、チャンネル等化器

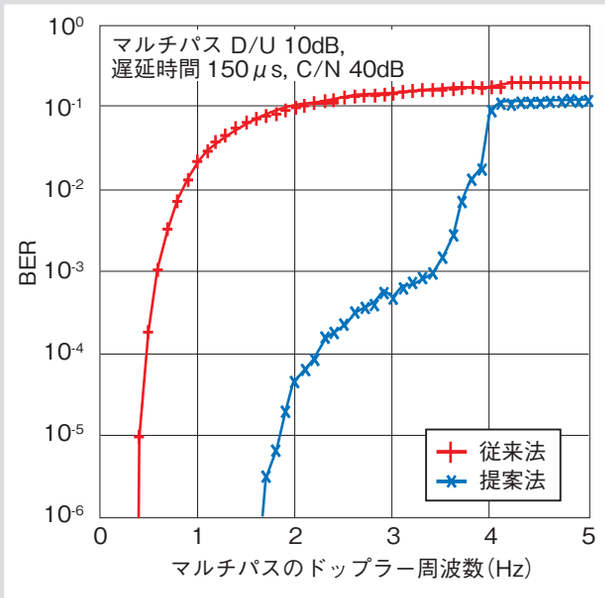


図3　マルチパスの変動に対する誤り率特性

に関する解析を行い、数値計算で導出した構成の妥当性を確認するとともに、パイロット信号の配置の検討を行った。さらに判定指向モード[2]を適用する際の軽減困難誤りを克服する手法を検討し、動特性の改善が得られることをシミュレーションの結果により確認した（図3）。また、提案方式の実現可能性を示すため、固定小数点演算で実現する際の語長および桁取りの最適化を行い、試作装置の開発を進めている。

■移動体向け伝送技術

次世代の地上デジタル放送としてモバイル端末向けに、高品質な映像サービスを提供できる伝送方式の研究を進めている。劣悪な受信環境でも安定に受信するための伝送方式の要素技術の1つとして、ISDB-Tをベースとした複数の送受信アンテナを用いるMIMO-OFDMの検討を行っている。

2011年度は，送信アンテナ2本、受信アンテナ1本のMISO（Multiple-Input Single-Output）と送受信アンテナが共に2本のMIMOの移動受信環境における受信特性をシミュレーションにより検討し、ターボ符号を使用したMIMOの場合、所要C/Nが7dBで移動受信環境でも受信できることを確認した[3]。なお、誤り訂正符号としてLDPC符号を使用した場合の特性に関しても検討を進めた。

また、伝送容量のさらなる拡大を目的に、同じ周波数（チャンネル）で違う偏波を利用するMIMO伝送方式の一検討として、2010年度試作した直交偏波共用受信アンテナを用いて野外移動受信電波伝搬実験を行った。水平偏波のみ（もしくは、垂直偏波のみ）を送信した場合の水平偏波受信アンテナと、垂直偏波受信アンテナの受信レベルを測定し、移動受信環境における交差偏波識別度などについて検討した。

〔参考文献〕
(1) 朝倉, 蔀, 田口, 村山, 渋谷: “次世代地上放送に向けた伝送技術 –多次元インターリーブの一検討–,” 映情学技報, Vol.36, No.6, BCT2012-25, pp.53-58 (2012)
(2) 竹内, 濱住: “重複擬似完全再構成トランスマルチプレクサの判定指向型チャネル等化,” 映情学冬季大, 4-5 (2011)
(3) 成清, 岡野, 高田: “直交化スキャッタードパイロットを用いたMIMO-OFDM伝送方式に関する基礎検討 –計算機シミュレーションによる移動受信特性–,” 映情学技報, Vol.35, No.41, BCT2011-77, pp.49-52 (2011)

1.3.3　有線伝送技術

■非圧縮スーパーハイビジョンの光伝送

放送局間伝送や中継先から放送局への番組素材の伝送において、映像の圧縮による遅延や画質劣化が生じない利点を持つ非圧縮スーパーハイビジョン (SHV) 信号の高速光伝送システムの研究を進めている。

光ファイバーによる長距離伝送では、伝送信号の高速化に伴い、雑音や歪(ひず)みによる信号品質の劣化の影響を受けやすくなる。そこで、従来の2値強度変調方式の伝送装置と比較して、雑音や歪みの影響を受けにくい差動4相位相変調方式のSHV伝送装置を試作し、室内実験で約200kmの無中継伝送に成功した。

また、将来の放送局内SHV伝送を想定した超高速光ネットワークの研究を進めている。フル解像度SHV信号 (72Gbps) 2チャンネルを光LAN形式の40Gbps信号4本に変換する装置を試作した[1]。さらに、40Gbps信号4本を光時分割多重して、160Gbpsの伝送レートで送受信する実験を、(独) 産業技術総合研究所、技術研究組合光電子融合基盤技術研究所と共同で行った (図1)。

この研究の一部は、(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託事業「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」を受託して実施した。

図1　72Gbpsフル解像度SHVの光LAN伝送実験

■可変長パケットのケーブルテレビ伝送方式

ケーブルテレビでの新たなデジタル放送サービスを目指して、SHVの家庭への配信に加えて、通信や蓄積型放送サービスを実現するために、IPパケットなどの可変長パケットをケーブルテレビで伝送する方式を開発した。

ケーブルテレビのデジタル放送では、複数のMPEG-2 TSを多重フレーム (TSMF: Transport Streams Multiplexing Frames) を用いて伝送している。IPパケットを効率よく収容できる可変長のTLV (Type-Length-Value) パケット方式を採用し、TLVパケットをMPEG-2 TSパケットと同じサイズに分割してTSMFに多重化する方式を考案した。さらに、この方式の装置を試作し、実験により動作を確認した[2]。実用化されているケーブルテレビ伝送方式を拡張して、SHVなどの大容量のMPEG-2 TS信号を複数の搬送波 (256QAM) に分割して伝送するのと同時に、この方式により、可変長TLVパケットを効率よくTSMFに多重して伝送することが可能になった。

〔参考文献〕
(1) 中戸川, 小山田, 尾中, 並木, 浅見: “フル解像度スーパーハイビジョン信号の超高速光LAN-SAN収容技術の基礎実験,” 信学技報, IA2010-80, Vol.110, No.417, pp.51-54 (2011)
(2) 袴田, 倉掛, 中村, 小山田, 日下部: “ケーブルテレビにおける可変長パケットの伝送方式,” 信学ソ大, B-8-34 (2011)

2　デジタル放送の高度化

2011年度末に、放送のデジタル化が被災3県を含め無事完了した。デジタルテレビの普及が進む一方で、インターネットが急速に普及し、デジタルインフラを活用した新たな放送サービスの開発が、視聴者のためにも、また、産業界の活性化のためにも求められている。このような中、技研ではより便利で使いやすくデジタル放送を高度化していく研究開発を進めた。

2010年度に、技研では放送と通信のそれぞれの特長を活かし、放送番組を中心とした利便性の向上・高度化に応える基盤としてHybridcastを提案した。2011年度は、同期の高精度化、携帯端末連携の高機能化、ソーシャルサービスとの連携、セキュリティー機能などの実装や、メーカーによる対応受信機の試作を進めた。また、サービス事例の検討も行い、技研公開での展示をはじめ、国内外での展示・講演で積極的なPRも行った。さらに技術仕様の概説を技研公開に合わせて公表するとともに、詳細の検討結果を標準化団体での検討に寄与するに至った。

さらに将来の全IP化時代の放送通信連携環境を見越して、現在のMPEG-2 Systemsに代わる新しい多重技術としてATS方式の開発を進め、MPEGでMMTの標準化に取り組んだ。

ソーシャルテレビシステムteledaでは、実証実験を通してその有効性や利用者の視聴行動に関して新たな知見を得た。さらに外部SNSとの連携などの機能拡張を行い、実証実験を進めている。また、このサービス基盤を活用した高齢者の活動を促進する高齢者クラウドの研究開発を開始した。

また、TVML技術を活用して各種端末からネットを介して容易にCG生成が可能となり、CGM（Consumer Generated Media）への活用も期待できる映像コンテンツ制作仮想化の研究を進めた。2011年度は、コネクティッドスタジオと命名した視聴者参加番組を試作し、有効性を示した。

ネット利用時の操作の簡便化のため、サービス間連携のID管理や認証技術の開発も進めた。またKey-Insulated署名方式を利用したアプリケーション認証方式を開発し、放送通信連携サービスへの適用を検討した。さらに従来のB-CAS方式を包含し、放送からのダウンロードによってデジタル受信機のCAS機能を更新することが可能となるダウンローダブルCAS方式についても開発を進め、有効性を検証した。

放送に関係した映像コンテンツをライブストリーミングでネットに配信する場合、視聴が集中することから、効率的な伝送手法が必須となる。このためP2P技術に着目し、その性能改善を進めた。実際に全国高等専門学校ロボットコンテスト予選会のライブ映像配信に用いて、手法の有効性を示した。

テレビ放送波帯でのホワイトスペースを利用するシステムの1つであるエリア放送型システムについて、その技術的条件を検討した。また、技術局と共同で被災地におけるエリア限定ワンセグの活用実験として、安否情報の提供方法などの実験を実施した。また、アナログテレビ放送で用いられていたVHF帯1～3チャンネルにおける携帯端末向けマルチメディア放送の実用化に向けた研究を進め、移動受信エリアを拡大するための伝送技術の検討、蓄積型放送の蓄積受信特性の評価、安全・安心に向けた受信端末の検討などを行った。

2.1　放送と通信の連携技術

2.1.1　Hybridcast®

放送と通信を連携させることで、視聴者や時代のニーズに応じた新たなサービスを提供可能なHybridcast®の研究を進めた。

■Hybridcast基盤システムの研究

Hybridcastとは、放送と通信のそれぞれの優れた特長を生かし、放送をより高度化し、さらに柔軟性、拡張性を持つ放送通信連携システムである（図1）。放送と通信の融合時代にふさわしい新たなサービスの充実は、2012年（平成24年）度から始まる3か年のNHK経営計画にも重点目標として掲げられており、この計画に沿いHybridcastは2年以内の実用化を目指している。

2011年度の技研公開では、テレビ型とセットトップボックス型のテレビ受信機メーカー製Hybridcast試作受信機に加え、マルチビュー、2眼式立体TVなどが提示可能なフレーム単位の高精度同期技術を組み込んだ技研開発のセットトップボックス、携帯端末連携機能などの試作機によって多様なサービスを紹介するとともに、早期実現の可能性を示した（図2）。これに加えて、緊急地震速報などの放送による緊急情報を優先して確実に提示できるアプリケーションの画面提示制御技術の展示も行った。来場者はもとより、民放やテレビ受信機メーカーなどにHybridcastの理解促進を進めた。

技研公開での展示に加え、CEATEC2011、IMC2011、IBC2011をはじめ、国内外で多くの展示･講演を実施し、サービス実現の可能性を広くアピールした。特にNAB2011において

「Hybridcast」およびロゴは、（財）NHKエンジニアリングサービスの登録商標です。

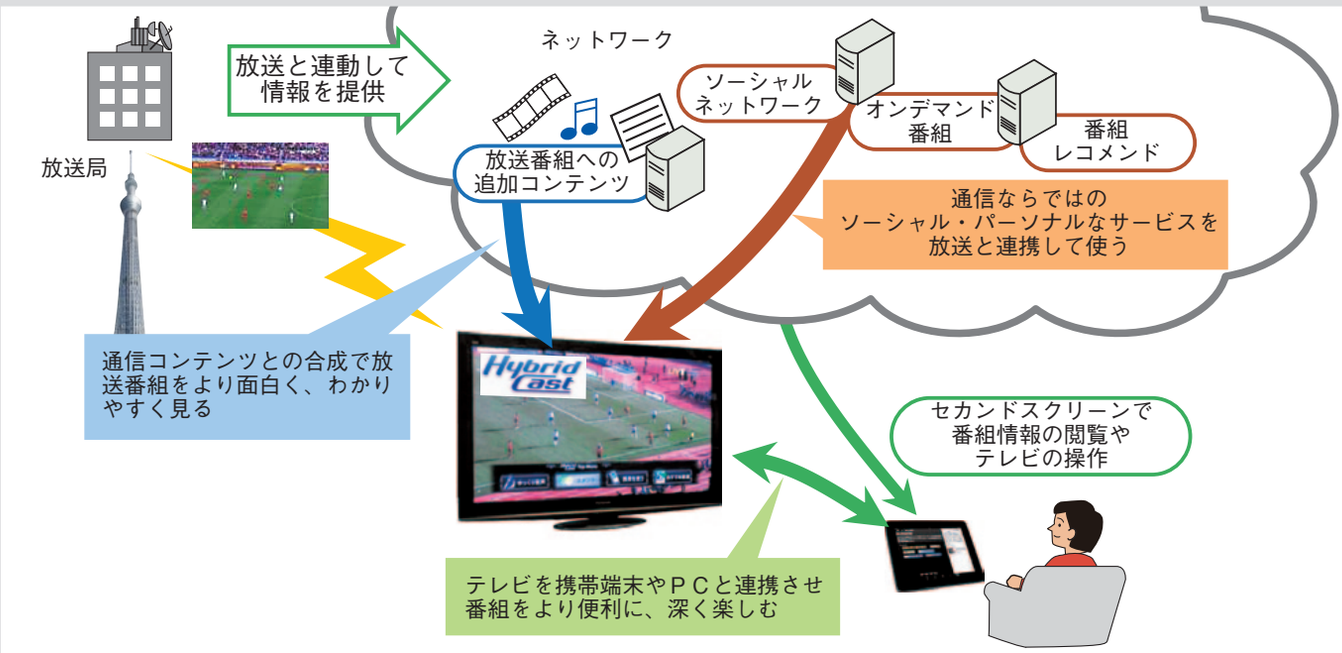


図１　Hybridcastの概念図

図2　技研公開で展示したHybridcastの試作受信機

行ったHybridcastの講演は、Best Paper Awardを受賞した[1]。

さらに、技研公開後もHybridcastの早期実現に向け、テレビ受信機メーカーと連携して検証用受信機の試作を進めた。

技研公開に合わせ、システム全体構成、サービスモデル、技術要件などを取りまとめたHybridcastの技術概説をウェブ上で公開し、引き続き詳細仕様の検討を進めた。この仕様はHTML5ブラウザーをベースに検討しており、ネットサービスの標準ブラウザー仕様の高機能化を目指したHTML5の規格化を進めるW3Cにも参画し、放送通信連携サービスとしての要件を入力した。また国内の放送通信連携サービスの技術仕様を固めるためIPTVフォーラムのHTML5 WGに参画した。

今後は、HTML5ブラウザーを搭載したテレビメーカー製試作受信機を通し仕様の確立やその受信機を用いた実証実験などを進めていく。なお、この研究の一部は、ソニー（株）、日本電信電話（株）とそれぞれ共同で進めている。

■放送通信連携型受信機のセキュリティー

Hybridcastにおいて、安全・安心に放送通信連携サービスを提供するために、セキュリティー技術の研究開発を進めた。2011年度は、通信アプリケーションの画面提示制御方式と放送リソースや受信機機能のアクセス制御方式を開発した。

Hybridcastでは、通信を利用したアプリケーションにより、放送だけでは実現できない多様なサービスを提供できる一方で、放送画面に通信アプリケーションが重なり、重要な情報が隠されてしまうことも考えられる。そのため、視聴者のニーズに応えながら、災害時の情報など伝えるべき情報を確実に伝えるための仕組みが必要となる。そこで、放送画面と通信アプリケーションの混在提示に対して、放送事業者の意向を反映した提示ポリシーを受信機に伝送し、緊急地震速報などの重要な情報を優先的に表示させる画面提示制御方式[2]を開発した（図3）。Hybridcast試作受信機に本方式を実装し動作検証を行った結果、緊急災害時などの放送内容に応じてアプリケーションの提示方法を受信機で適切かつ迅速に制御できることを確認でき、

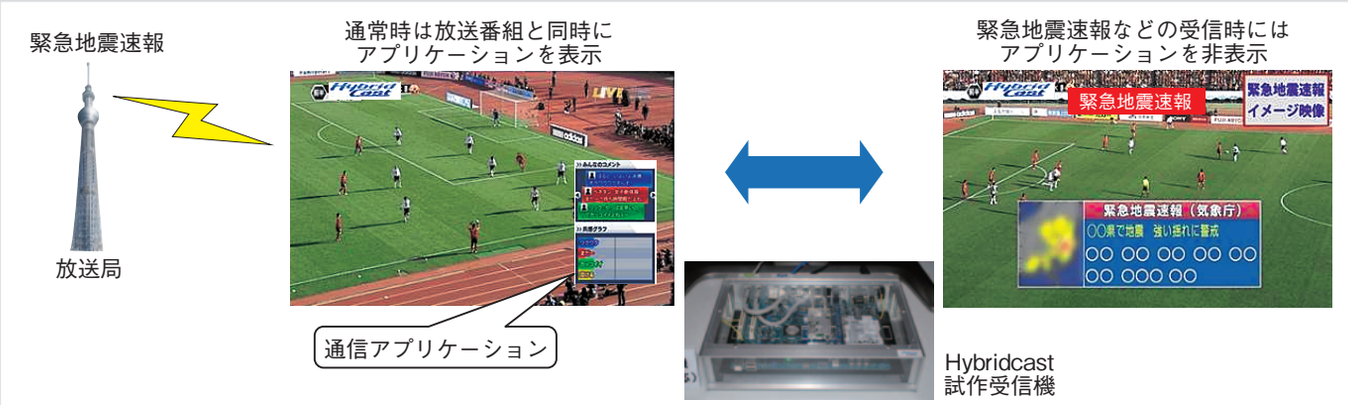


図3　画面提示制御方式

本方式の有効性を明らかにした。

また、Hybridcastでは、通信アプリケーションが受信機機能や放送リソースを利用するための専用API（Application Programming Interface）を受信機に備えることを想定している。APIを用いることにより、放送に多重したPSI/SI（Program Specific Information/Service Information）および選局などの受信機機能の参照・制御がアプリケーションから容易に行える。一方、全ての通信アプリケーションが無条件にこれらのAPIを利用できる場合、セキュリティー上のリスクが発生することが考えられる。そこで、Hybridcast受信機における視聴者情報や放送コンテンツの保護を目的として、アプリケーション認証に基づく属性や視聴者の意向に応じたAPIのアクセス制御方式を開発した。

■放送通信連携のための多重技術

Hybridcastでは、放送番組を構成する映像・音声・データなどのコンポーネントを、放送と通信の伝送路を柔軟に組み合わせて提供することで、多彩で柔軟なサービスを実現する。これには、伝送遅延が一定かつ品質も安定な放送伝送路と、遅延が変化し時にはパケットロスが発生するパケット通信網とを組み合わせて、品質を確保しながらタイミングよくコンポーネントを伝送する多重技術が必要である。そこで、現在のデジタル放送の多重システムMPEG-2 TS（Transport Stream）にIP（Internet Protocol）通信を組み合わせる多重方式を開発するとともに、さらに将来を見込んで放送も通信も全てIP通信で統一したIPベースの多重方式の開発を進めた。

MPEG-2 TSベースの多重方式では、放送伝送路で伝送する基準クロックを共通に用いることで、各コンポーネントの表示タイミングを合わせる。しかし、地方局など別の放送局を経由して放送を受信する受信機では、放送伝送路の基準クロックが異なるため、放送と通信の表示タイミングにずれを生じてしまう。そこで、この基準クロックのずれを算出し、補正するシステムを開発した(図4)。

将来、放送も通信も全てIP通信で統一することができれば、一層柔軟なサービスが可能になる。しかし、IP通信は遅延も品質も一定とは限らないため、MPEG-2 TSで多重化されたデータをそのまま伝送するだけでは品質を保てない。このため、サービス毎にさまざまな多重方式が組み合わされ、複雑に拡張されてきた。そこで、IP伝送路の特徴に対応でき、異種伝送路を

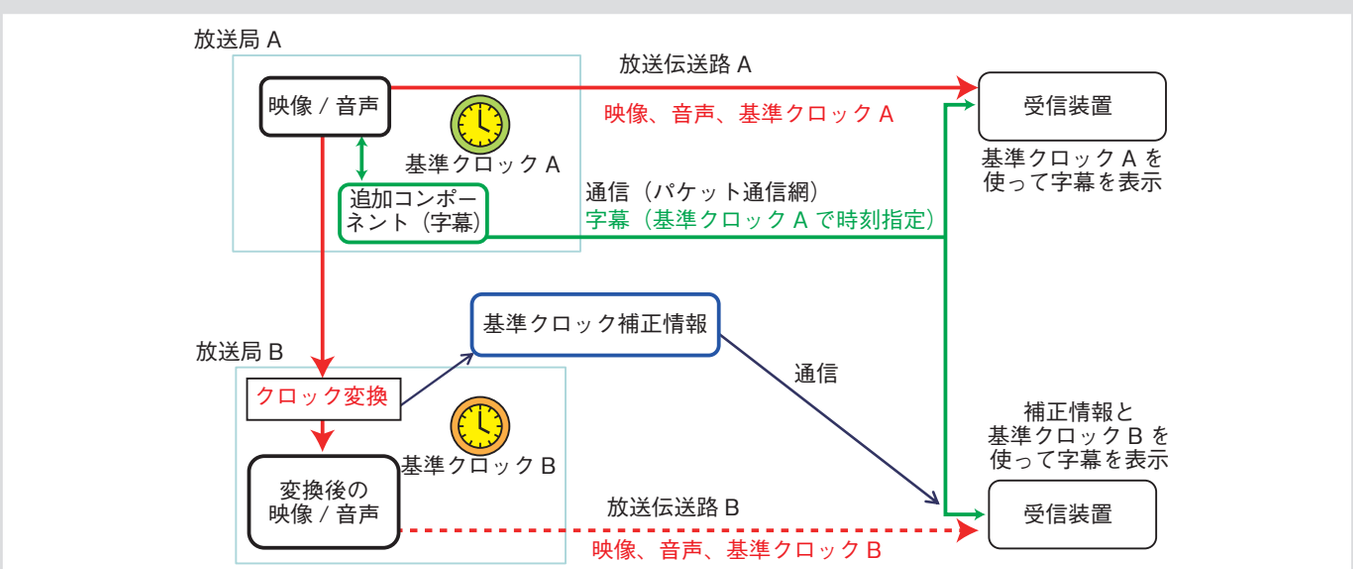


図4　基準クロック補正情報を用いたタイミング補正

使ったコンポーネント伝送に適合する多重方式ATS (Advanced Transport Scheme) を開発している[3]。次世代の多重方式MMT (MPEG Media Transport) の技術としてATSをMPEGに提案し、引き続いて標準化を進めた。

■今後の進め方

今後は、NHK提案仕様を基に他の放送事業者・メーカーなどとの議論により、日本における放送通信連携技術の標準化に貢献するとともに、ロンドン五輪での実証実験などを通して早期実用化を目指していく。

また、将来を見込み、放送も通信も全てIPで統一した新多重方式についてもMPEGでの標準化に積極的に寄与していく。

〔参考文献〕

(1) A. Baba, K. Matsumura, S. Mitsuya, M. Takechi, Y. Kanatsugu, H. Hamada and H. Katoh: “Advanced Hybrid Broadcast and Broadband System for Enhanced Broadcasting Services,” NAB Broadcast Engineering Conference, pp.343-350 (2011)

(2) 大槻, 大亦, 藤井, 真島, 井上: “放送通信連携サービスにおけるアプリケーション提示制御方式,” 映情学年次大, 11-11 (2011)

(3) S. Aoki, K. Aoki, H. Hamada, Y. Kanatsugu, M. Yamamoto and K. Aizawa: “A New Transport Scheme for Hybrid Delivery of Content over Broadcast and Broadband,” IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, mm11-11 (2011)

2.1.2　SNS、CGM

放送をきっかけに視聴の交流の場を提供するSNS (Social Networking Service)、視聴者の映像コンテンツによる情報発信を支援するCGM (Consumer Generated Media) の研究を進めた。

■ソーシャルテレビシステム

テレビの接触者率向上を目指して、視聴者間のつながりを深め、番組を通したコミュニケーションを活発にするためのソーシャルテレビシステムteledaの研究を進めている。teledaは、番組の動画配信サービスと番組を媒介としたSNS (Social Networking Service) を組み合わせたシステムであり、ユーザーの視聴傾向を分析する機能や動画を加工する機能などソーシャルテレビシステムに必要となる多様な機能を備えている[1] (図1)。

teledaのプラットフォームは2009年度より開発を進めているが、2011年度はさらにコミュニケーションを活性化し、番組との出会いを促進するための機能を導入した。例えば、従来はコミュニケーションできる対象がteleda内のユーザーに限られていたが、ツイッターやフェイスブックといった外部のSNSと連携し、

図1　teleda実験サイト

teledaでの書き込みを外部SNSのサイトにも反映し、個々のSNSの枠を越えて人と人とのつながりをより広められるようにした。また、ユーザーの視聴履歴や操作履歴、外部のSNSにおける書き込みなどからユーザーの嗜好(しこう)を推定する手法を提案し、各ユーザーに対してお薦めの番組やユーザーを提示できるようにした。さらに、お茶の間で家族と番組を一緒に視聴しながら会話を楽しむように、過去に放送された番組だけでなく現在放送中の番組についてもリアルタイムに感想を共有し合う場を提供できるようにした。

これらの新たな機能を盛り込んだteledaの実験システムにおいて1000人規模のユーザーを対象とし、12月中旬～3月中旬にかけ3か月間の実証実験を行い、視聴行動分析や機能検証を行った。実験により、teledaが番組を媒介としたコミュニティーを形成し、さまざまな番組との出会いを促進するサービスとして有効であることを確認した。実験の詳細な分析は、来年度行う予定である。

また、2010年度実験の結果から、teledaはシニア層が楽しんで利用できるシステムであることが分かった。そこで、シニア層にも元気で豊かな生活を送ってもらうために、teledaを利用したコミュニケーションの活性化と、その書き込みからシニア層の経験や知識を抽出して利活用する研究開発を開始した。2011年度は、この目的に対するteledaの可能性を探るために、各種実験を行った。はじめに、放送番組を起点とするコミュニティー形成について実験を行った結果、特に、番組内の言葉には出てきていないが、番組の映像から直接感じる情報が、その後の幅広い連想と効率的な回想を引きおこし、コミュニティー形成の良質なきっかけになることが確認できた。また、コミュニケーションの形態については、対面、テレビ会話、teledaの3種類の実験を行い、teledaのメリットとして、マイペースに利用できる点などが確認できた。一方で、どのコミュニケーション形態においても、知らない人と会話することへの抵抗感があることを確認した。

teledaの書き込みからの知識と経験の抽出に関しては、65歳以上のシニア層の行動ログを抽出し、アクセス、番組視聴、書き込みなどの傾向を分析した。シニア層においてもITシステムの利用意欲は高く、適切な番組ラインナップの利用により、彼らの経験や知識をより多く引き出せる可能性があることが分かった[2]。また、複数の番組を比較したところ、経験や知識の抽出量が、番組コンテンツにより大きく異なることが分かった。

この研究の一部は、(独)科学技術振興機構の委託研究「高齢者の経験･知識･技能を社会の推進力とするためのICT基盤『高

齢者クラウド』の研究開発」を受託して実施した。

■映像コンテンツ制作仮想化

ユーザーが、端末の性能やインストールしているソフトなどに依存せず、簡単に映像コンテンツを制作するため、サーバーサイド映像制作を基本とした映像コンテンツ制作仮想化の研究を開始した。

2011年度は、2010年度開発したクラウド型映像制作システムを高機能化するとともに、ユーザーの幅を広げ、一般の視聴者がネットワーク経由で番組制作に参加できるシステムを構築した。開発したコネクティッドスタジオ[3]は、番組視聴者がCGキャラクターとなって番組に参加できるシステムで、クイズ番組やパブリックビューイング番組を試作し、システムとともに技研公開で展示した。コネクティッドスタジオ端末では、放送映像を見ながら、CGキャラクター（出演者）の動作指示やコメント入力、個別映像の生成、カメラ操作が可能である（図2）。また、サーバーサイド映像生成の低遅延化、映像生成のタイミング制御のためのスクリプト記述方式について検討するとともに、モバイル端末での手話アニメーション表示を実現した。

これまでに開発したTVML（TV program Making Language）関連技術「アドリブシステム」の番組およびイベント利用に加え、新たに開発した展示システム「4コマテレビ」「声であそぼう！シルエットクイズ」が地方局の会館公開などで数多く利用された。また、簡易なモーションキャプチャーシステムと連携したシステムが秋田局会館公開で利用された。

図2　コネクティッドスタジオ端末画面

〔参考文献〕
(1) 浜口，宮崎，藤沢: “ソーシャルVODサービス実験‘teleda’における番組視聴行動分析,” FIT 2011, K-026（2011）
(2) 宮崎，藤沢，佐野: “テレビソーシャルサイトにおけるシニア層の行動に関する一検討,” FIT2011, D-002（2011）
(3) 道家，金子，浜口，井上: “コネクティッドスタジオ –多人数参加型バーチャル番組出演サービス–,” FIT2011, K-070（2011）

2.1.3　セキュリティー基盤

セキュリティー基盤の研究では、放送における著作権の保護、放送とさまざまな通信サービスとの連携を容易にする個人情報の保護など、安全・安心な放送や通信サービスの提供を目指して研究を行った。

■サービス間連携のためのID管理および認証情報共有方式の研究

Hybridcast受信機では、放送だけでなく通信を通じて視聴者

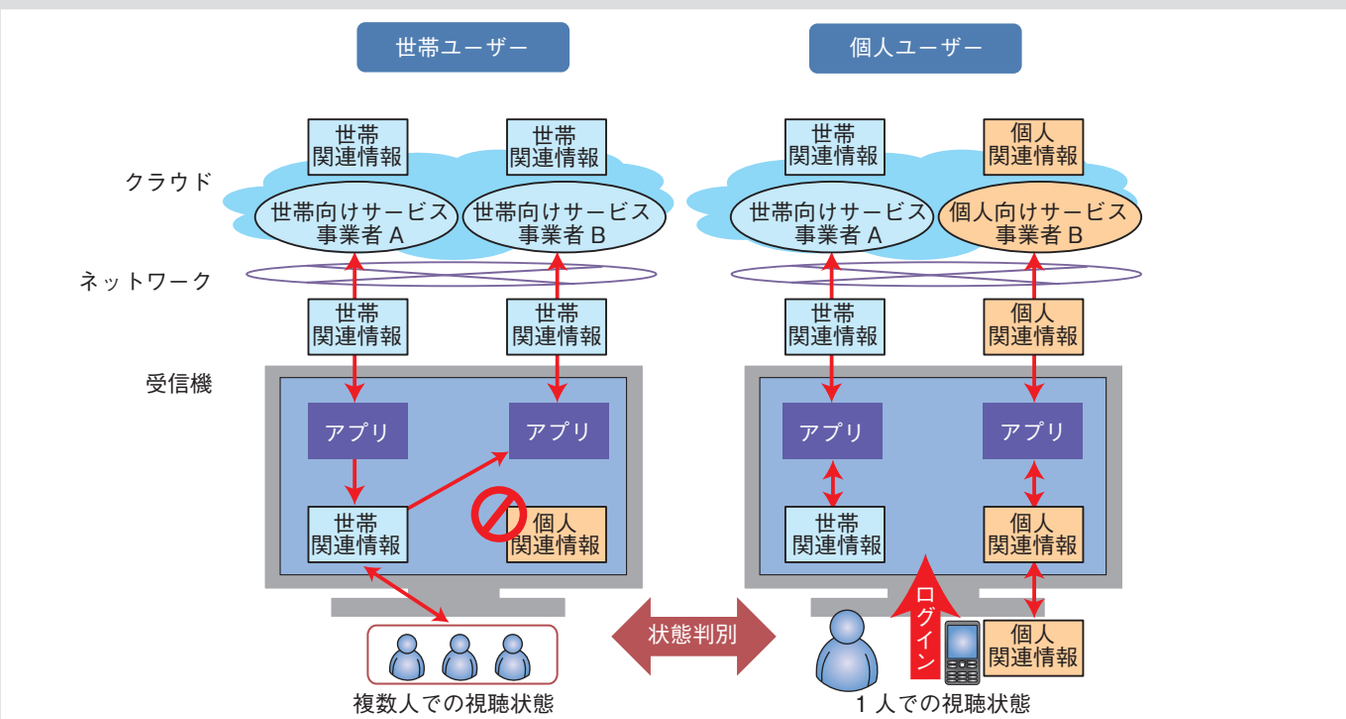


図1　マルチアカウント受信機の動作概念図

個人に応じたきめ細かいサービスを利用することができ、たとえば、ソーシャルネットワークなどのコミュニケーションサービスやVODなどの個人向けサービスと放送とを連動させた新たなサービスの提供が想定されている。受信機上でこのような個人向けサービスを安全・安心に利用可能にするために、受信機におけるアカウント管理の研究を進めている。2010年度に開発・試作した、1台の受信機で複数のユーザーが個人向け通信サービスを安全かつ利便性よく利用できるマルチアカウント受信機の機能を拡張し、個人の携帯端末と受信機の間でユーザー認証に関する情報を受け渡す方式が組み込まれたデバイス連携システムを試作開発した[1]（図1）。

また、ユーザーに関するデータをサービス間で安全に連携させるための要件を整理し、サービス連携の効果をソーシャルテレビサービスteledaの実証実験によって検証した。さらに、放送局が保有する番組を軸としたユーザーデータを、ユーザー同意のもとで外部サービスが安全に活用可能とするための認可機能要件を整理し、ウェブサービスと整合性の良い認可プロトコルを開発するために認可サーバーを試作開発した。また、認可機能を利用したVODサービスと外部サービスの安全なマッシュアップ方式の仕様検討および試作システムを開発した。

■次世代アクセス制御技術

より安全で確実なアクセス制御と著作権保護を行うため、CAS（Conditional Access System）の機能を放送受信機のシステムLSI内部への実装を想定し、鍵関連情報の処理機能や暗号アルゴリズムなどのセキュリティー機能を、放送波や通信経由で追加更新できる、ダウンローダブルCAS技術の研究開発を進めた[2]。

ダウンローダブルCAS技術が、従来の放送システムに適用できることを実証するため、FPGAを用いたダウンローダブルCAS対応受信機を開発し、技研公開で展示した（図2）。また、システムLSIのハードウエア仕様に依存しないダウンローダブルCAS技術を実現するため、CASの機能を中間言語ソフトウエアで記述してシステムLSI内部で動作させる仕組みを考案し、試作装置で動作を確認した。

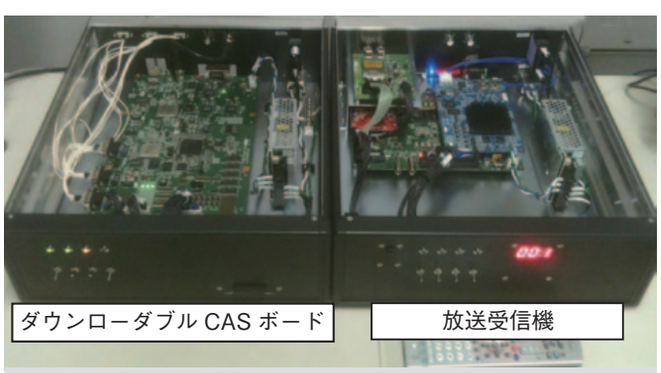


図2　ダウンローダブルCAS対応放送受信機

■暗号・認証技術

Hybridcastをはじめとする放送と通信の連携サービスの本格的な普及に向けて、安全で確実なサービス提供に向けた暗号・認証技術の研究を進めた[3]。

通信路経由で配信するコンテンツを保護する暗号化方式の1つである放送型暗号方式の研究を進めた。2011年度は、放送番組の開始に合わせて起動するアプリケーションへの実装を想定したときの放送型暗号方式の課題をまとめた。ソーシャルテレビシステムteledaにおいて、番組に関するレビューやコメントなどの書き込みの信頼性を保証するため、技研で開発したプロバイダー認証機能を付与したスマートフォン用アプリケーションを開発し、実用的な処理時間で認証できることを確認した。本アプリケーションは技研公開に展示した（図3）。

図3　プロバイダー認証機能を付与したスマートフォン用アプリケーション画面

〔参考文献〕

(1) C. Yamamura, K. Otsuki, A. Fujii and K. Ishikawa: “Identity Management Architecture for Integrated Personalized Service on TV,” IEEE 6th International Conference on Internet Technology and Secured Transactions, TD-04.7 (2011)

(2) 川喜田, 西本, 遠藤, 井上: “ダウンローダブルCAS方式の開発,” 映情学技報, BCT2012-26, Vol.36, No.6, pp.59-62 (2012)

(3) G. Ohtake and K. Ogawa: “Application Authentication for Hybrid Services of Broadcasting and Communications Networks,” Proceedings of the 12th International Workshop on Information Security Applications, LNCS 7115, pp.171-186 (2011)

2.1.4　IP 配信技術

通信を利用した大規模かつ安定なコンテンツ配信を低コストで実現することを目指して、IP配信技術の研究を進めた。

■IP配信プラットフォーム

インターネットを利用して、大規模な動画配信サービスを低廉かつ安定に行えるピア・ツー・ピア（P2P）技術によるライブ配信システムの研究開発を進めた。

P2P技術は、視聴中の端末が受信したデータを他の利用者の端末に自動的に中継して、効率的な配信を実現する。しかし、中継に利用者の端末を利用することから、サービス途中での端末の離脱や端末側の回線状態などによる安定性や可用性に課題がある。

2011年度は、安定なシステムの設計指針を得るために、中継する端末の接続・切断アルゴリズムなどの安定性能についてシミュレーション評価を行った。また、端末側の回線状態に応じて、静止画と音声のみを端末が受信して、サービスを継続できる可用性の高い方式を開発した。

一方、配信側設備についても配信規模に応じた柔軟性を実現するために、外部のクラウドサービスと連携し、配信データのトラヒック量に応じて配信サーバーの規模を動的に増減できる効率的な方式を開発した。

10月には、これらの方式を組み合わせたP2Pライブ配信システムを開発して、編成局、制作局、放送技術局などと協力し、全国高等専門学校ロボットコンテストの地区予選をライブ配信する実証実験[1]を行った。同実験では、端末からのデータが途絶えた場合などにデータ取得するためのパッチングサーバーとP2P配信サーバーの設備に、商用クラウドサービスを用いた（図1）。さらに、ネットワークの環境や端末の設定によりP2Pを利用できない端末向けに、自動的にコンテンツ・デリバリ・ネットワーク（CDN）を経由して、従来のユニキャスト配信を利用する機能も導入した。

実証実験の総アクセス数は16,369に上った。いずれの地区予選においてもP2Pの利用により、配信サーバーの負荷は最大80％以上削減され、本P2Pライブ配信システムの有効性が確認された。

〔参考文献〕
(1) 西村, 石川, 山本: “P2Pネットワークを利用した高専ロボコン地区大会配信実証実験,” 映情学冬季大, 3-2 (2011)

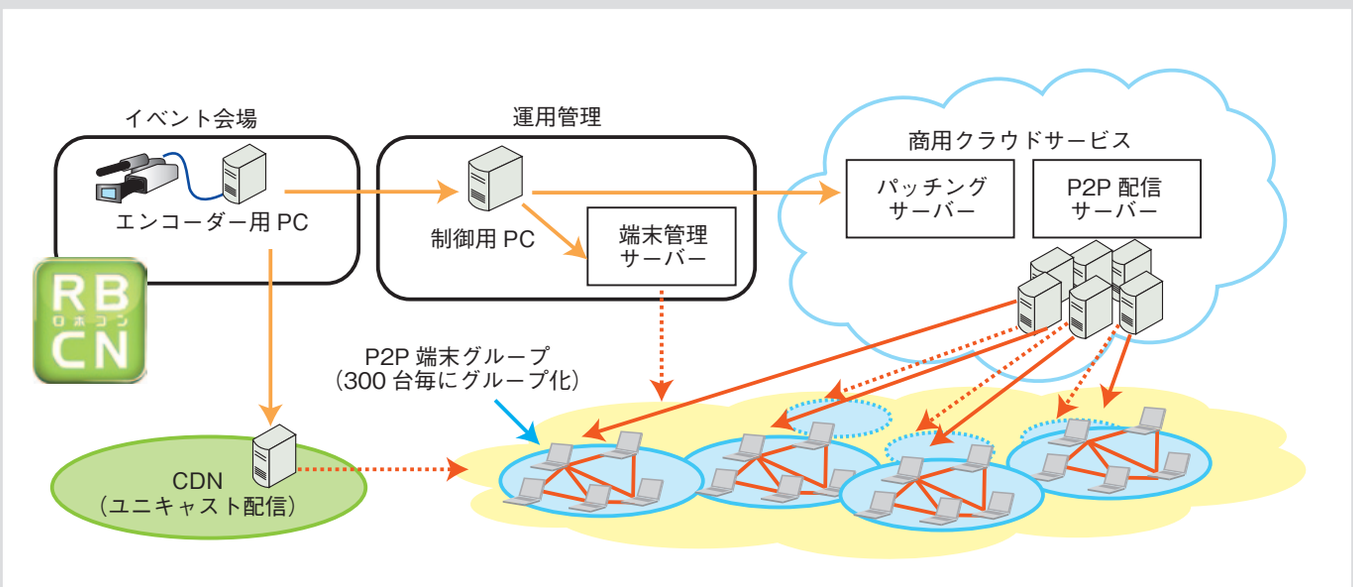


図1　P2Pライブ配信実証実験システムの概要

2.2　ISDB-Tの高度化

■UHF帯次世代地上放送用周波数検討

2011年度は、情報通信審議会ホワイトスペース活用放送型システム作業班に参加し、UHFのテレビ放送波帯でのホワイトスペース利用システムの1つとして、地上デジタル放送の伝送方式を利用したエリア放送型システムの技術的条件を検討した。その中で、エリア放送型システムから地上デジタル放送への干渉の保護基準について、新たに干渉波電力対雑音電力比（I/N）の考え方を導入し、I/Nが−10dB以下とする混信保護基準が定められた。

また、ホワイトスペースを利用したエリア放送型システムの置局可能性を検討するため、エリア放送システムから地上デジタル放送への干渉レベルを計算する干渉検討シミュレーションソフトウェアの開発を進め、前記技術的条件で定められた混信保護

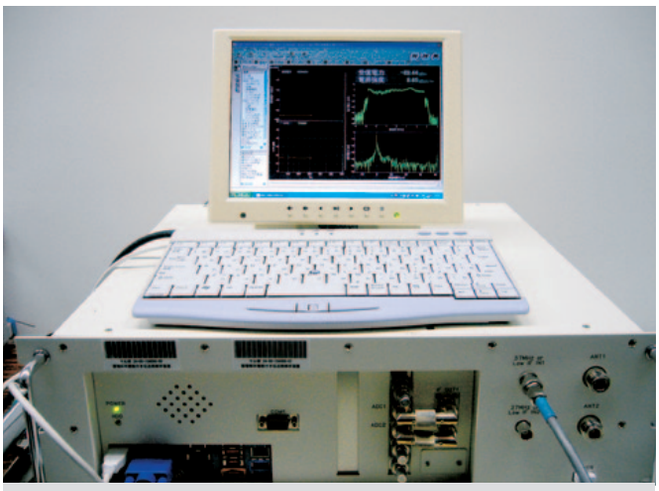


図1　低電界測定実験装置

図2　サービス検討用に試作した受信端末（モックアップ）

基準を用いて、出力条件などの違いによる利用可能局数の検討を進めた。

さらに、エリア放送型システムなどの干渉波が混信保護基準を満たすか確認するため、熱雑音以下の信号強度を測定する必要があることから、その手法を検討した[1]。信号形式がISDB-Tの場合の低電界測定実験装置（図1）を試作し、室内および野外実験を実施して測定手法の有効性について検証した。

また、総務省「新たな電波の活用ビジョンに関する検討チーム」の「ホワイトスペース特区」先行モデルとして選出された被災地におけるエリア限定ワンセグの活用実験に向け、愛知県の鍋田ラジオ放送所にエリア放送実験試験局（ISDB-T伝送方式準拠）を9月に開設し、エリア放送型システムが地上デジタル放送へ及ぼす影響を調査するための伝送基礎実験、および、被災地情報収集送出システムの検討と開発を進めた。

■VHF-Low帯マルチメディア放送

アナログテレビ放送終了後のVHF帯1～3チャンネル（VHF-Low帯）を利用する携帯端末向けマルチメディア放送の実用化に向けた研究を進めている。2011年度は、VHF帯対応機能試験用受信装置を開発し、移動受信エリアを拡大するための伝送技術と受信技術の検討を行った。また、蓄積型放送の蓄積受信特性の評価、安全・安心に向けた実際のイメージに近い受信端末を製作した。

移動受信エリア拡大に向けての伝送・受信技術の検討については、長い時間インターリーブ長への対応機能[2]、ビタビ復号とリード・ソロモン復号を繰り返して復号処理する誤り訂正復号機能、2ブランチのスペースダイバーシティ機能を実装したVHF帯対応機能試験用受信装置を開発し、技研のVHF-Low帯実験試験局を用いて野外実験を行い、各機能の効果を検証した。また、小田原FM送信所にFM局と同じ送信出力100WのVHF-Low実験試験局を開設し、FM局との比較調査実験のための準備を整えた。

蓄積型放送の蓄積受信特性の評価については、移動受信環境下で効率的な蓄積サービスを実現するための伝送パラメーターを室内実験で検討した[3]。VHF-Low帯マルチメディア放送ではデータカルーセル伝送方式により、コンテンツをDDB（Download Data Block）というブロックに分割し、伝送、蓄積する。そこで、想定されるさまざまな蓄積コンテンツサイズ毎にDDBサイズと蓄積成功率の関係を明らかにし、コンテンツを効率的に伝送、蓄積できるDDBサイズを求めた。

安全・安心に向けた実際のイメージに近い受信端末（図2）については、防災無線やワンセグとの共用受信端末などを製作し、緊急地震速報による自動起動などのサービス検討を行った。

〔参考文献〕

(1) 岡野，中村，実井，中原，高田: “スキャッタードパイロットの周期性を利用したISDB-Tのスペクトル検出法の検討,” 映情学技報, Vol.35, No.41, BCT2011-76, pp.45-48（2011）
(2) 中村，岡野，実井，中原，高田: “VHF-Low帯マルチメディア放送の移動受信環境における時間インターリーブの効果,” 映情学技報, Vol.35, No.41, BCT2011-66, pp.1-4（2011）
(3) 実井，中村，岡野，中原，高田: “データカルーセル伝送方式を用いたV-Lowマルチメディア放送のコンテンツサイズと蓄積成功率に関する検討,” 映情学技報, Vol.35, No.41, BCT2011-67, pp.5-8（2011）

3　ユニバーサル放送サービス

デジタル放送やインターネットなどの情報基盤の拡充・普及によって、視聴者には多岐にわたるコンテンツが大量に届けられるようになった。また、視聴者の側でも、多様化した生活スタイルのさまざまな場面に合った方法で、必要なコンテンツを受け取り、楽しみたいという要求が高まってきた。さらに、社会の高齢化や国際化の進展に伴って、視聴者の視覚・聴覚の身体的な条件や言語などの文化的な条件はより分散したものとなってきている。そこで、情報技術などを使って所望のコンテンツをその人に適した形式で提供するための研究を進めている。

人にやさしい情報提示については、開発した情報バリアフリー受信提示システムの長期間の使用評価実験を視覚障害者を対象として行ったほか、触力覚を使って2次元または3次元の情報を提示するシステムの試作と認知的特性の評価を継続した。また、日本語テキストから手話CGへの自動翻訳技術については、気象情報を対象として、翻訳可能なテキストの構文やCG表現の範囲を広げる研究開発を進めた。

字幕制作のための音声認識では、話題が多様に変化するワイドショー番組を対象とした研究に着手した。また、ニュース番組の字幕制作設備のために開発した技術を実運用システムの設備整備に適用した。

高齢者のための音声・音響信号処理では、受信機側で聞きやすい番組音に調整するための背景音抑圧法や音声強調法について開発を進め、有効性を確認した。

言語バリアフリーサービスのための言語処理については、国内外の外国人に向けたサービスを拡充するために、ニュースのやさしい日本語への変換支援技術の研究とニュースの日英統計翻訳技術の研究を進めた。また、視聴者から寄せられる番組への意見を分析するための手法を高度化するための研究を進め、放送現場での分析システムの試作に貢献した。

コンテンツ検索・推薦技術については、ウェブ上にある大量のテキストから単語間の関係を含む意味ネットワークを獲得して番組の検索などに活用する手法の開発を進めた。また、素材映像の検索・再利用のための画像処理・情報抽出、番組検索、視聴状況に基づく番組推薦の研究開発を、メタデータ制作技術を基盤として進めた。その成果を国際標準化やウェブでの実験サービスとして公開した。

視聴者の心理状態推定技術として、番組が視聴者にどのように見られ、どのような心理的影響を与えるのかを、脳活動および視線を手がかりに解明する研究を行い、スーパーハイビジョンの見られ方やその要因、「笑い」と脳活動との関係を探る検討などを進めた。

3.1　人にやさしい情報提示

視覚や聴覚に障害のある人が放送を楽しむことができるようにするために、人にやさしい情報環境を実現する研究に取り組んでいる。

■デジタル放送の情報バリアフリー技術

視覚障害者用の情報バリアフリー受信提示システム(VIA-TV)については、盲ろう者や視覚障害者を対象に長期間のモニター評価実験を行った。評価結果を基に操作性の課題を抽出し、さらなる改善を図った[1]。また、VIA-TVで表示されるメニューや抽出した図表の一覧を、微小な可動点をマトリックス状に配置した触覚ディスプレイに表示し、インタラクティブに操作できる装置を開発した。

■2次元・3次元情報の触力覚提示技術

2次元情報の触覚提示では、グラフィカルな情報を効率的に把握できるようにするために、触覚ディスプレイ上の個別のオブジェクトを異なる周波数で振動させる方式を開発した（図1）。こ

図1　振動提示が可能な触覚ディスプレイ（VIA-TV対応）

の方式は、視覚障害者が地図上の目標の位置やメニューの分類などを迅速に探索することに役立つ。また、触覚ディスプレイで大きな図表を触知する際の操作性を改善するために、フリックやドラッグによる操作性と従来のキースイッチによる操作性の差異を、探索に要する時間と主観評価で明らかにした。この研究の一部は、東京女子大学、KGS（株）と共同で実施した。

3次元の触覚情報の研究では、複数の指にアクチュエーターで力覚を与えて仮想物体を提示した場合と、実物体に触れた場合の形状認知特性の差異の評価実験を、視覚障害者を対象に進めた。仮想物体表面の不連続な箇所で指先が物体に引きつけられるような力を与える方法と、指先以外に手のひらにも仮想物体からの反力を提示する方法を比較した結果、両者を同時に提示した場合に最も形状認知に効果があること、手のひらの一部だけに反力を与える提示では、形状が歪（ゆが）んで感じられることが明らかになった[2]。

■気象情報の手話CG翻訳技術

聴覚障害者用の手話放送サービスの拡充を目指して、日本語テキストから手話CGへの自動翻訳技術の開発を進めている（図2）。2010年度までに開発した、日本語ー手話対訳辞書システムを応用して日本語の文から対訳用例に基づき手話CGに翻訳するシステム[3]では、既知の用例と全く同じ構文の入力しか処理できなかったが、2011年度はこれを拡張し、気象情報を対象に、用例翻訳と統計翻訳を融合し、入力した日本語文を節・句に分けて翻訳を行う技術を開発した。さらに、取り扱える話題の分野は気象情報に限られるが、任意の文を翻訳できるシステムを試作した。一方、手話では手や指の動作とともに、顔の表情や口型などによる非手指動作が重要である。そこで、手話通訳者の顔のモーションキャプチャーデータの収集を継続するとともに、これに基づいて動作するTVML（TV program Making Language）用の人物モデルの開発を進めた。

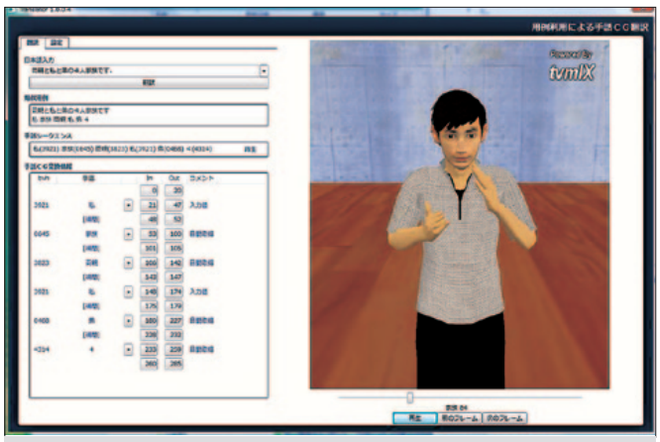


図2　用例翻訳技術による手話CG生成システム

〔参考文献〕
(1) 坂井，半田，大河内，伊福部：“視覚障害者向けデジタル放送受信機とUIの開発評価，” 信学会HCGシンポジウム，HCG2011-B3-4，pp.154-159（2011）
(2) T. Handa, T. Sakai and H. Shinoda: “Evaluation of Size and Shape Perception in Multi-Finger Haptic System,” IEEE World Haptics Conference 2011, pp.523-528（2011）
(3) 加藤，金子，井上，梅田，比留間，長嶋：“用例利用による日本語ー手話CG翻訳システム，” 信学会HCGシンポジウム，HCG2011-I-1，pp.298-303（2011）

3.2　字幕制作のための音声認識

聴覚に障害のある方や高齢の方をはじめ、多くの方が楽しめる字幕放送の拡充を目指して、リアルタイム字幕制作のための音声認識の研究を進めている。

■情報番組の字幕制作

大相撲などのスポーツ番組では、字幕キャスターが言い直した音声を認識して文字にするリスピーク方式の字幕制作システムを、すでに実用化している。2011年度は、総合テレビの情報番組「あさイチ」の字幕放送を開始した。しかし、話題が多様に変化するこのようなワイドショー番組では、話題に追従して言語モデル（単語列の出現確率）を使い分けるなど、今後、いっそうの改善が望まれる。

そこで、料理や園芸といった話題の種類を音声認識結果から随時推定し、あらかじめ適応学習しておいた言語モデルを選択的に使用する音声認識手法を開発した[1]。話題の推定には、従来の統計的手法のほかに、より高い効果が期待できる非負値行列因子分解に基づく手法も検討した[2]。また、字幕キャスターの交代時に、誤り修正結果を利用してより効果的に音響モデル（母音・子音の周波数分布）を適応学習する手法[3]や、認識誤り傾向を効率よく反映する認識手法も開発した。これらの改善研究の結果、「あさイチ」から評価用に選定したリスピーク音声の認識率を88.0%から91.8%へ3.8ポイント改善した。

図1　東日本大震災ニュースでの字幕制作

■ニュース番組の字幕制作

アナウンサーや記者の番組音声を直接認識するダイレクト方式とインタビューなどを対象にしたリスピーク方式を組み合わせたニュース字幕制作システムの開発を進めている。2011年度は、16時ニュースなどの字幕放送でこのシステムを実用化するための設備整備に貢献したほか、東日本大震災では試作機を臨時で放送センターに設置して、ニュース番組の一部で字幕放送を実施した（図1）。

〔参考文献〕
（1）本間，小林，奥，今井亨：“情報番組向け話題スイッチング言語モデルの検討，”音講論（秋），3-P-9（2011）
（2）藤田，奥，小林，今井亨：“非負値行列因子分解に基づく話題性を反映した言語モデルの構築，”音講論（春），3-P-11（2012）
（3）奥，藤田，小林，今井亨：“認識誤り修正部分の重点的な話者適応化手法，”音講論（春），1-P-20（2012）

3.3　高齢者のための音声・音響信号処理

背景音に妨害されて高齢者には聞き取りにくくなっているセリフやナレーションを聞きやすくするための番組音調整技術の研究を行っている。

これまでに、ナレーションと背景音の「耳で感じる音の大きさ（ラウドネス）」の差を逐次算出し、ナレーションの聞きやすさを判定する番組制作支援装置の開発を進めてきた。2011年度は、番組制作現場で運用可能な装置を製作し、スタジオに試験的に導入した（図1）。番組音声担当者と連携し、実運用下での支援効果について検証を開始した。

一方、受信機側で聞きやすい番組音に調整するための背景音抑圧法や音声強調法についても検討を進めた。背景音抑圧については、音声/非音声を自動推定し、その結果に応じて抑圧処理を切り替える手法を考案した。抑圧効果に関する比較実験を行った結果、音質劣化が小さく、90%以上の割合で元の音声よりも背景音が小さくなったと評価され、手法の有効性が確認できた[1]。

また、音声強調については、加齢による聴力劣化の特徴を考慮して、ノイズ環境下での音韻の特徴を、よりはっきりさせるための周波数成分の強調方法を検討した。さらに、音声の内容理解を助ける韻律についても、実時間で処理可能な周波数変化幅拡大手法を考案し、雑音下での高齢者の聞き取りやすさの改善に有効であることを確認した[2]。

図1　高齢者のナレーションの聞きやすさを客観評価する装置

〔参考文献〕
（1）小森，今井篤，清山，田高，今井亨，本間，都木：“音声/非音声区間切替による番組背景音抑圧処理法の検討，”信学技報，Vol.111, No.225, SP2011-66, WIT2011-48, pp.77-82（2011）
（2）田高，清山，小森，都木，今井篤：“音声の聞き取り易さ改善のための韻律調整方法の評価，”日本音響学会聴覚研究会資料，Vol.41, No.9, H-2011-125, pp.699-703（2011）

3.4　言語バリアフリーサービスのための言語処理

■日本語変換支援技術・日英翻訳技術

国内に在住する外国人のためのニュースの「やさしい日本語」変換支援技術と国内外の外国人のための日英翻訳技術の研究を行っている。

やさしい日本語の研究では、通常の気象災害ニュースとこれをやさしい日本語に書き換えたニュースを約40名の中国人日本語学習者に提示して、内容を問うテストを行った。その結果、特に、初級レベルの学習者に対してやさしい日本語の効果が高いことが分かった[1]。

人名、地名、書き換えが難しい専門用語などは、やさしい日本語のニュースにも使わざるを得ない。そこで、これらを用語集や画面表示の工夫でわかりやすくしたウェブのサービスイメージを検討し、技研公開で展示した（図1）。画面右のやさしい日本語のニュースでは、全ての漢字にふりがなが付けられている。また、人名と地名はカラーで表示されている。さらに、下線の付いた語をクリックすると左にやさしい日本語で書かれた説明が表示されるようになっている。

このサービスを実現するためには、日本語教師がニュースをやさしい日本語に書き換える作業と、記者がその内容を確認する作業が必要である。この作業を両者が連携して短時間で行うための「書き換え支援エディター」の検討を進め、その支援機能と

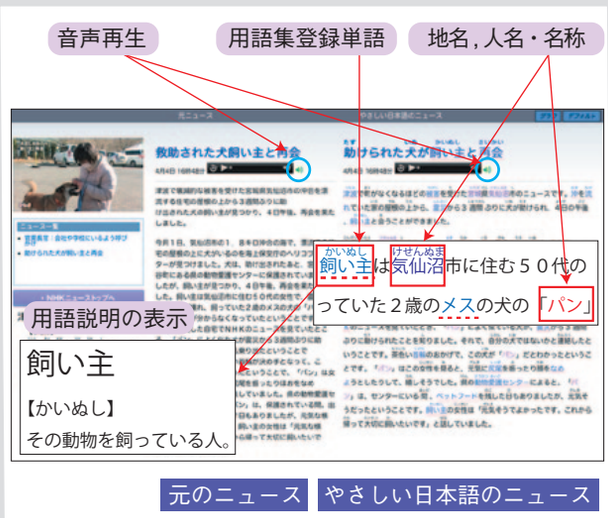


図1　やさしい日本語ニュースのサービスイメージ

して、記事中の難しい単語や、書き換え前後の記事の難易度指標を表示する機能などを開発した。

日英自動翻訳の研究では、ニュース原稿を対象とした統計翻訳技術の研究を進めている。統計翻訳では、日本語と英語のテキストの表現が互いに翻訳として現れる確率を示す「翻訳モデル」の学習が必須である。しかし、日英ニュース原稿は、記事中の全ての表現が相手の言語に翻訳された「直訳」ではなく、文間の対応関係も明確ではないので、既存手法の適用は難しい。これを解決するために、翻訳モデルに加えて、各言語の表現の確率モデルも同時に学習する手法を研究している。2011年度は、句（連続した単語列）を表現の単位として、隣接した句をまとめるための文法を翻訳モデルと各言語の表現の確率モデルに導入し、より長い句の翻訳モデルを学習できるようにした。

■評判分析技術

放送番組に寄せられる視聴者の意見を番組制作に生かすための評判分析技術の研究を進めている。この研究は、意見種別の自動推定のほかに、意見の対象も自動検出することが特徴である。この技術を実現するためには、述語の解析技術を向上させる必要がある。2011年度は、格助詞を手がかりに、述語の対象を推定する技術の研究を進めた[2]。例えば、「いらいらする」という述語の場合、「が」「に」「で」という助詞を持つ単語（例えば、「渋滞で」）が「いらいらする」の対象になりやすい。このような関係を記述した辞書と、述語が受動態で使われた場合などの例外に対応するルールを作って、述語の対象を推定する手法を開発した。

放送現場では簡易投稿サイト（ツイッターなど）への投稿メッセージを収集・分類して業務に生かす試みが始まっており、その自動分類技術が求められている。そこで、実際に業務に使われている分類を参考に「ポジ意見、ネガ意見、中立意見、要望、期待」など、20種に分類する正規表現[注]集を実験で定め、放送センターで開発・運用されている投稿メッセージ収集システムに自動分類機能を追加した。

（注）文字列を照合するために使用するパターンの簡潔な表現方法

〔参考文献〕
(1) 田中, 美野: “「やさしい日本語」ニュースの理解度テスト –ニュースのための「やさしい日本語」の設計に向けて–,” 信学技報, Vol.111, No.228, NLC2011-22, pp.1-6 (2011)
(2) 小早川: “放送番組に対する意見マイニングと述語の解析,” 信学技報, Vol.111, No.119, NLC2011-16, pp.85-88 (2011)

3.5　コンテンツ検索・推薦技術

NHKが保有する映像資源の利用を促進するために、番組検索・推薦のためのテキスト処理技術、画像処理技術、映像再利用のための情報取得・抽出技術、番組検索・推薦技術および視聴状況取得技術の研究を進めた。

■番組検索・推薦のためのテキスト処理技術

2011年度は、2010年度までに開発した番組検索手法を改良し、テキスト構造化を利用した検索・類似性評価技術の研究を進めた。

NHKオンデマンドの番組概要文を類似番組検索に利用する場合、その表現の違いから類似性を正確に求めることができない場合がある。例えば、「地震」と「震災」は類似した単語であるが、単語の表記だけを利用した類似性の計算手法では別のものとして扱われてしまう。このような問題を解決するために、2010年度まで共同研究を進めた（独）情報通信研究機構が開発したツールを活用して、ウェブ上にある大量のテキストから単語間の関係（類似関係、因果関係、上位下位関係、属性関係など）を獲得し、350万語規模の意味ネットワークを構築した。また、意味ネットワークを可視化して手作業で修正できる編集システムを開発した（図1）。この意味ネットワークを利用した類似番組検索システムを試作して意味ネットワークの有用性の評価を進めた。さらに、2010年に開発したWikipediaの変更履歴を利用した類似番組検索技術を改良し、社会で注目されている事象に関連する番組の順位を上げる手法を開発した[1]。

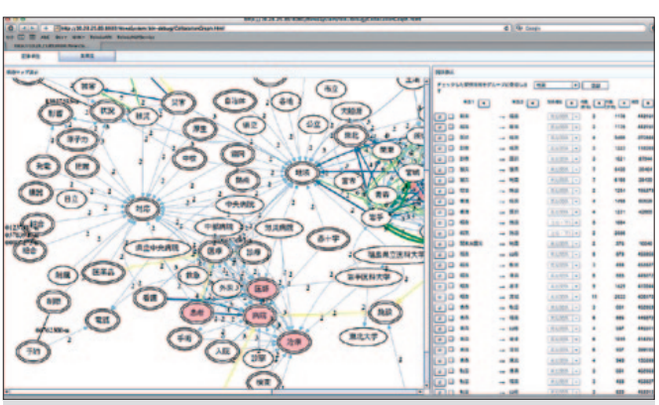


図1　意味ネットワーク編集システム

ニュースの検索精度の向上や効果的な情報提示を目指し、ニュースの構造化の研究を進めている。 構造化は全体の概略的な情報を有しているNHK年鑑と、詳細情報であるニュース原稿やテレビ番組とを対応付けることで行う。2011年度は、EPG（電子番組ガイド）を使うことでテレビ番組を年鑑の記述と対応付ける研究を行った。また、この対応付けを利用し、2010年度に試作したニュース原稿検索システムを番組検索システムに拡張した。

■番組検索・推薦のための画像処理技術

2011年度は、映像中のオブジェクトやイベントの認識、映像の分類および文字の検出に関する研究を進めた。

画像フレーム内の局所領域間の位置関係や、画像特徴量の共起を考慮することで、従来よりも高精度に被写体を認識できる技術を開発した[2]。また、映像中に出現する代表的な画像片（ブロック領域画像）のヒストグラムに注目し、素材映像中のシーンを内容に基づいて分類する技術を開発した。これらの技術を組み合わせて、震災関連などの膨大な素材映像へメタデータを付与する作業を支援するシステムを試作した。さらに、映像中の文字情報を活用するために、L字画面[注]に提示されるテキストを検出・認識する技術を開発した。番組映像の冒頭から順次L字画面の出現と提示テキストの変化を検出し、OCR（光学式文字読取装置）処理することで、L字画面に提示されたテキストをメタデータとして蓄積することが可能となった。

■映像再利用のための情報取得・抽出技術

素材映像の再利用を促進するために、映像の加工・合成が容易にできる情報の取得・抽出技術の研究を進めている。2011年度は、撮影映像からカメラ姿勢情報（位置や向き）を推定する技術の改善と被写体の抽出などの処理を容易にするための領域分割手法の研究を進めた。カメラ姿勢情報の推定技術に関しては、従来手法と比較して11％の精度向上を実現するとともに、画像特徴の抽出条件を動的に調整するアルゴリズムの開発などを行い、推定性能の頑健性を向上させた。動画像の領域分割では、3次元時空間データを扱う必要があるが、2次元画像で一般的に用いられている領域分割手法のMean-Shift法をそのまま適用すると膨大な処理時間がかかる。そこで、3次元時空間データを並列分散処理に適するように手法を改良し、処理時間の高速化を図った。また、簡易な指示で所望の被写体を抽出するためには領域を被写体の大きさに合わせて精度よく分割する必要があるので、小さい領域分割結果を基にパラメーターを調整し、順次、被写体に合った大きな領域に統合できる手法を考案し、その基本性能を確認した（図2）。

図2　小さい領域分割結果に基づく指定領域抽出の例

■メタデータ制作フレームワーク

メディア解析を利用した効率的なメタデータ制作環境として提案しているメタデータ制作フレームワーク（MPF:Metadata Production Framework）のMPF Ver.2で採用しているメタデータモデルを、EBUの活動を通して拡張し、ISO/IECにおいてMPEG-7の新しいプロファイルとする追補案を最終投票段階に進めた。また、この新しいプロファイルを採用したMPF Ver.3のリリースに向けて関連するリファレンスソフトウエアの開発を進めた。

■番組検索・推薦技術と視聴状況取得技術

視聴者の状況に応じてさまざまな番組の検索・推薦サービスを提供するユーザーインターフェースの実現を目指して、番組の検索・推薦技術と視聴者の視聴状況取得技術に関する研究を進めた。

番組の検索・推薦技術の研究では、NHKオンデマンド、番組公開ライブラリーの番組推薦支援システムで収集した操作履歴情報を利用して推薦順位を最適化する技術を開発した。また、映像説明文の類似度の計算手法と画像の類似度の計算手法を組み合わせた関連クリップ検索システムを、NHKクリエイティブライブラリー用の実験サービスとして公開し、利用者の操作性の評価や履歴の収集を進めた。

視聴状況取得技術の研究では、視聴中の番組やシーンに対する視聴者の興味度を推定する手法を検討した。興味度を推定するために、カメラによって観測された視聴者の行動などの情報とリモコンなどの操作情報を統合し、時系列ラベリング問題として機械学習を行う方法を考案した。評価実験の結果、約70％の正解率で興味を持って視聴している状態を推定することができた[3]。また、興味度の推定に寄与する情報として、番組映像への注意の向け方（注目度）の指標となる情報をカメラ映像から取得する手法の開発を進めた。注目度の指標となる情報として、2011年度は、顔の向き、顔の表情の変化度、身体動作の検討を継続したほか、新たに瞬目間隔、視線変動量の取得法の開発を進め、瞬目間隔・視線変動量・身体動作の3種類の情報を用いて番組に対する注目度を推定するシステムを試作・評価した。また、顔の表情の変化度の検出では、人ごとに顔登録が必要であった処理を多くの顔表情画像を事前学習し、顔を登録する必要のない手法に改善した。

興味度推定技術の応用として、推定した興味度に応じて推薦番組を変えるユーザーインターフェースUTAN（User Technology Assisted Navigation）を試作し（図3）、視聴者プロファイルの推定手法などの開発に必要な学習データを実際のテレビ視聴の環境で収集した。

また、人物行動認識手法の基礎検討として、人混みの映像を対象として、特定人物の行動から抽出した多数の軌跡特徴をクラスタリングして、人物単位での行動を検出する手法を考案し、国際会議での発表を通じて、その精度と今後の課題を確認した。

（注）本来の放送画面を縮小して角に寄せ、生じたL字型のスペースに他の情報を表示する画面

図3　UTANタブレット端末での操作風景

〔参考文献〕
(1) 後藤, 宮崎, 田中, 相澤: “更新履歴による注目度を利用した番組検索結果のリランキング,” FIT2011, D-025 (2011)
(2) 河合, 藤井: “エッジ共起を考慮した回転・スケール不変な局所画像特徴と一般物体認識への適用,” 信学技報, Vol.111, No.349, CS2011-78, IE2011-102, pp.139-144 (2011)
(3) 苗村, 高橋, 山内, 藤井: “CRFを用いたTVの興味視聴区間の推定手法,” 信学技報, Vol.111, No.430, PRMU2011-86, SP2011-101, pp.1-6 (2012)

3.6　視聴者心理状態推定技術

番組がどう見られ、どのような心理的効果をもたらすのかを分析するために、視聴者の脳活動、視線や視聴態度などから心理状態を推定する研究を進めている。

視線の動きの分析では、2011年度は、スーパーハイビジョンの見られ方を分析するために、広視野の映像を見ている人の視線の動きを非接触で測定する装置の開発を進めた[1]。被験者の瞳孔と角膜反射光の位置を検出して視線を測定する装置を複数台利用し、おのおのの測定結果を統合して測定範囲を拡張した。その結果、広視野映像を観視するときの自然な頭部動作を許した場合でも、測定誤差2度程度で水平方向80度の広視野測定が可能となった (図1)。

番組映像のどの部分に視聴者の視線が向けられるのかを決定する要因には、興味や意図に由来するトップダウン要因と、色や輝度といった画像の物理特徴に由来するボトムアップ要因があると言われている。2011年度は、このうちボトムアップ要因による視線移動を示すモデルとして提案されている顕著性マップに、画像中に複数存在する潜在的に視線を引付けうる要素が与える効果を追加した視線移動のモデルを提案した[2]。これにより視線が従来のモデルでは予測できない原因を分析できるようになり、広視野映像の効果の解析にもつながると考えられる。

図1　広視野・非接触視線測定システム

番組視聴中の視聴者の心理状態の変化を、同時に計測した脳活動データから解読することを目指した研究を行っている。2011年度は、対象としてお笑い番組を取り上げ、番組視聴時の脳活動データに多変量解析技術を適用し、視聴時に「おかしい」と感じているかどうかの判定を行った。その結果、側頭部にある「角回」と呼ばれる脳部位の反応を用いて、主観的な状態を高い精度で判定することができた。

映像による身体への悪影響を防止する技術の開発を進めている。2011年度は、映像酔いの原因となる動揺映像を自動的に修正するアルゴリズムを開発し、その効果を心理実験を行って検証した。

〔参考文献〕
(1) 小峯, 澤畠, 森田: “複数の眼球カメラを用いた視線測定範囲の広視野化,” FIT2011, J-039 (2011)
(2) 梅田, 小峯, 比留間: “ボトムアップ要因による視線分布の推移推定,” FIT2011, J-038 (2011)

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。

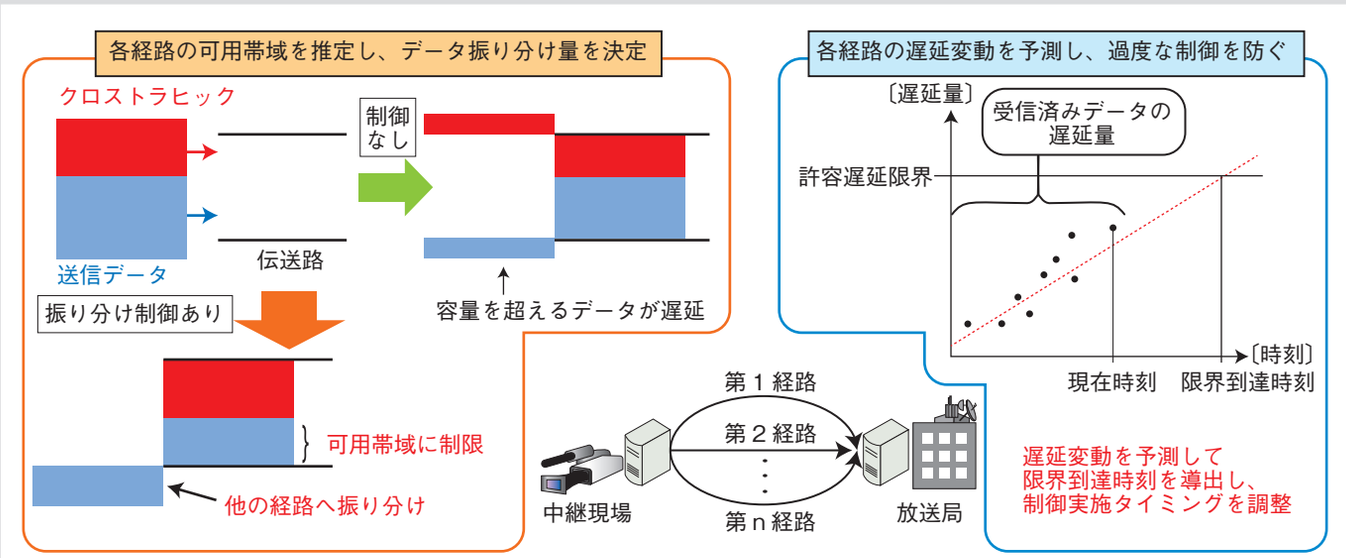


図1　複数通信回線へのデータ振り分け手法

■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、

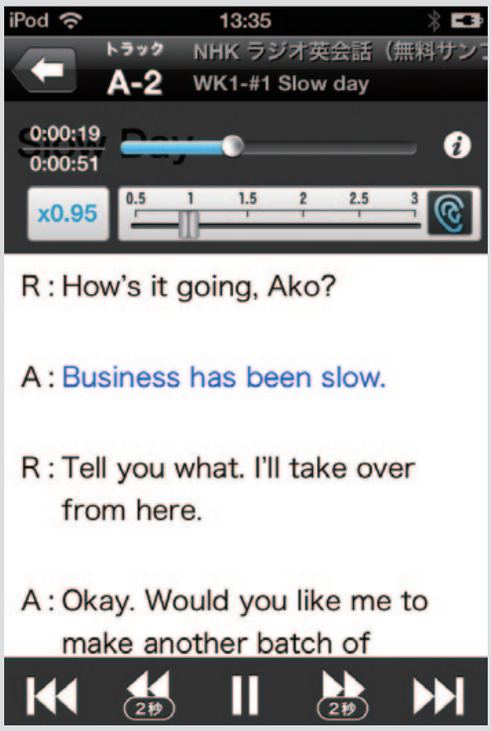


図1　話速変換機能を内蔵した語学学習アプリの画面

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。

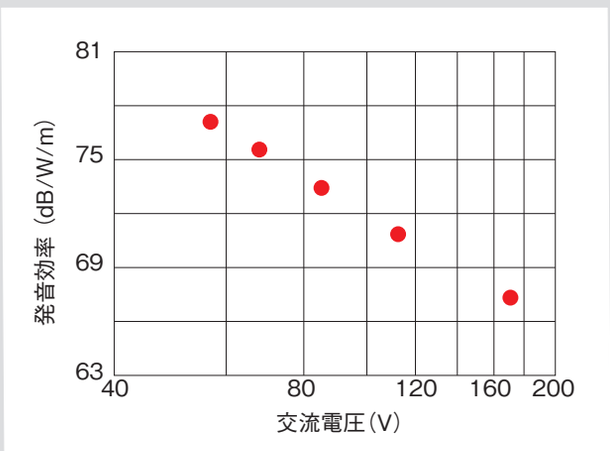


図1　交流電圧と発音効率の関係

■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。

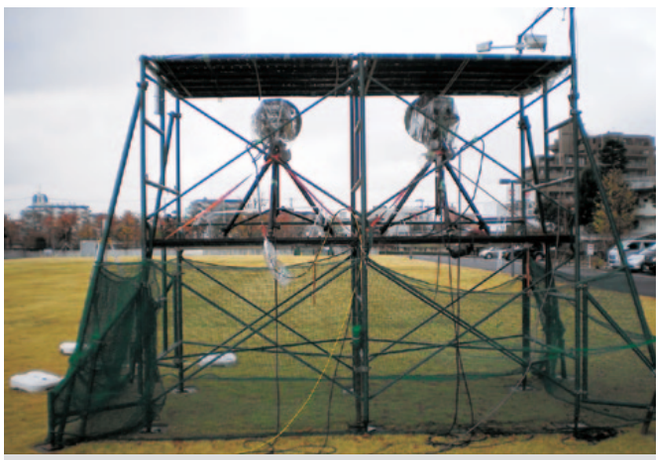


図1　偏波多重の野外伝送実験の様子

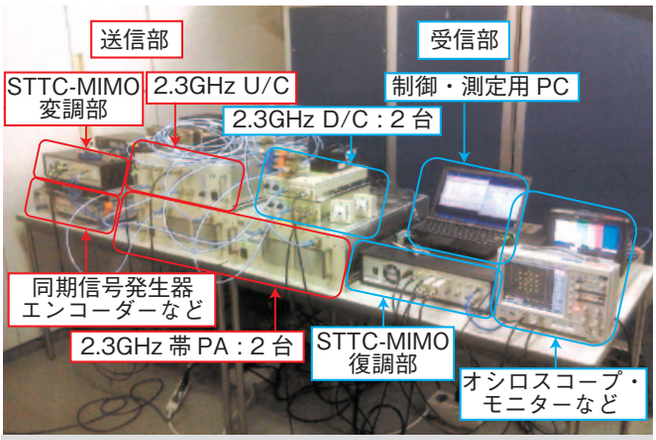


図2　試作した2.3GHz帯FPU

■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）。

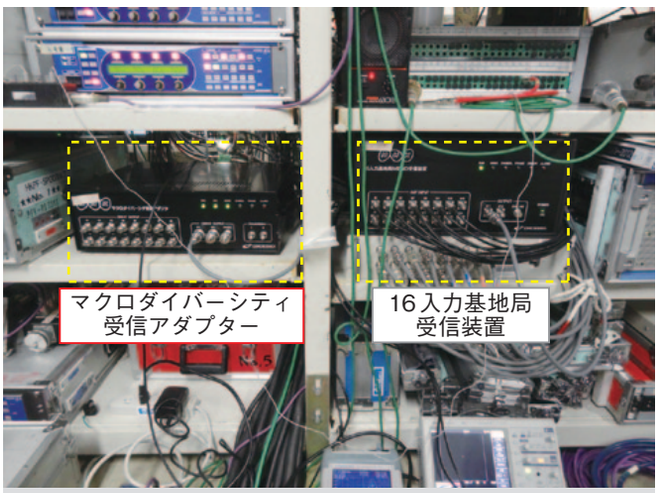


図3　ロードレース中継で使用したマクロダイバーシティ受信アダプター

■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]。

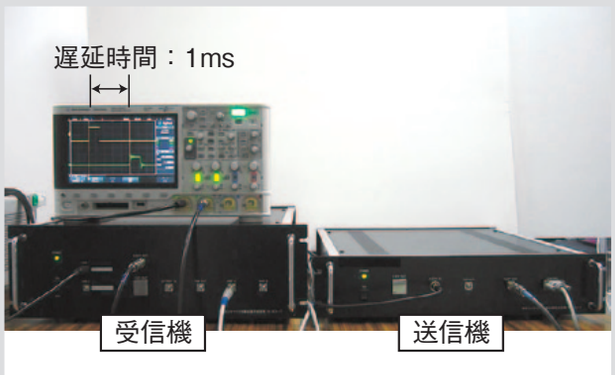


図5　デジタルラジオマイク伝送実験装置

■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。

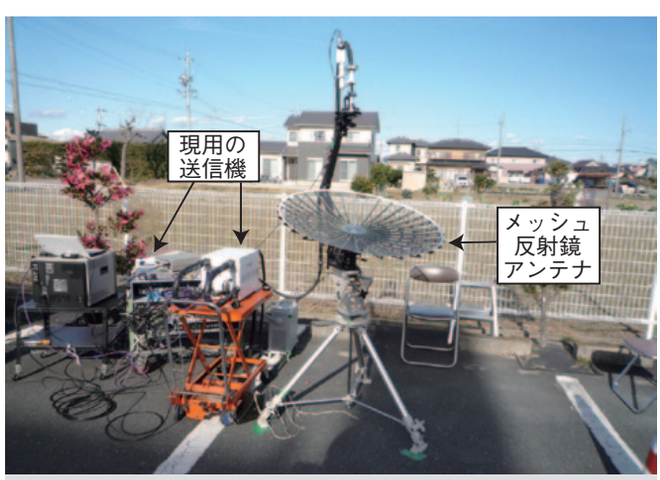


図6　フィールドでの伝送試験（送信側）の様子

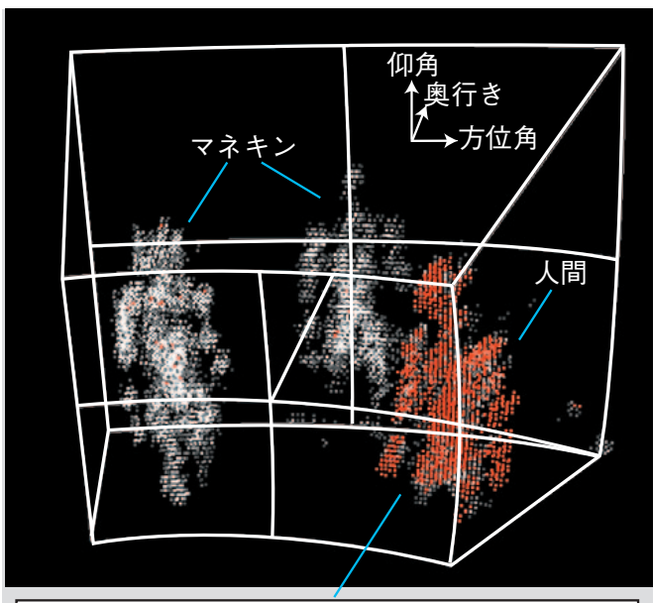
〔参考文献〕
(1) 中川, 池田: “2x2 STTC-MIMO-OFDMシステムの性能改善,” 映情学技報, Vol.36, No.10, BCT2012-48 (2012)
(2) 光山, 鵜澤, 池田, 大槻: “ロードレース中継コースにおけるマクロダイバーシチ受信実験,” 信学技報, Vol.111, No.12, RCS2011-14, pp.77-82 (2011)
(3) 鵜澤, 光山, 池田: “双方向FPUに向けた複信方式の検討,” 映情学技報, Vol.35, No.34, BCT2011-63, CE2011-25, pp.41-46 (2011)
(4) 小郷, 濱住: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

5　放送用デバイス・材料

スーパーハイビジョン（SHV）などの新たな放送サービスを支える次世代の撮像・記録・表示システムの実現に向けて、その中核となるデバイス開発などの基盤研究を進めた。

撮像に関する基盤研究では、超高感度撮像デバイス、高フレームレート撮像デバイス、有機撮像デバイスの開発を進めた。超高感度撮像デバイスでは、夜間緊急報道などに不可欠な小型超高感度カメラの実現に向けて、冷陰極HARP撮像板の小型・高感度化を進めた。また、固体撮像デバイスの高感度化に向けて、低電圧での光生成電荷の増倍を可能とする低電圧増倍膜の研究に着手した。高フレームレート撮像デバイスでは、高感度な裏面照射型超高速度CCDを適用した新たな超高速度カメラを試作した。また、超高精細と高フレームレートの両立に向けて、画素並列信号処理を可能とする3次元構造撮像デバイスの研究を進めた。有機撮像デバイスでは、電荷読み出し用回路の全透明化を図ることで光利用効率を改善するとともに、高精細化に向けて画素の微細化を進めた。

記録に関する基盤研究では、SHV記録技術や、新たな磁気記録および光記録デバイスの開発を進めた。SHV記録技術では、SHVの映像信号を複数の記録メディアに分割記録し、同期再生する技術を開発した。磁気記録デバイスでは、磁性細線中の磁区移動を利用した微小磁区制御デバイスの開発を進め、磁区停止技術を開発するとともに、パルス電流での磁区移動に成功した。光記録デバイスでは、薄型光ディスクおよびホログラム記録技術の開発を進めた。前者に関しては、薄型光ディスクの大容量化に向けて、近接場光記録を可能とする要素技術開発を進めた。後者については、データ転送速度の高速化に向け、再生時の波面補償速度の改善、光学系や再生データ信号処理アルゴリズムの最適化、記録時のフォトポリマー記録媒体の記録感度向上を図った。

表示に関する基盤研究では、SHVシステムへの適用に向けたフレキシブルディスプレイの開発や、広視域での空間像再現型表示システムの実現に向けた超高精細高速空間光変調器の開発を進めた。前者に関しては、塗布形成が可能なポリマーゲート絶縁膜を用いたTFTと、リン光性高分子材料を組み合わせた8インチVGAパネルの試作技術を開発した。後者については、画素ピッチ1μmの1次元スピン注入型空間光変調器を試作し、その動作を確認した。また、光変調度の向上と駆動電流の低減に適した材料およびデバイス構造の探索や、動的光回折現象の検証用光学系の開発を進めた。

5.1　次世代撮像システム

5.1.1　超高感度撮像デバイス

撮像デバイスの高感度化に向けて、冷陰極HARP（High-gain Avalanche Rushing amorphous Photoconductor）撮像板と、低電圧での電荷増倍が可能な光電変換膜（低電圧増倍膜）の研究開発に取り組んだ。

■冷陰極HARP撮像板

夜間緊急報道などに不可欠な小型超高感度ハイビジョンカメラの実現を目指して、電圧を印加するだけで電子を放射する冷陰極のアレーと超高感度なHARP膜を組み合わせた冷陰極HARP撮像板の開発を進めている。2011年度は、撮像板の小型化と、HARP膜の分光感度特性の改善に取り組んだ。

撮像板の小型化では、冷陰極アレー上の電極に電圧を印加することで、冷陰極から放射された電子ビームを集束する電界集束系の性能改善を進めた。2010年度に試作した電界集束系ではダイナミックレンジなどを改善することができたが[(1)]、一方で、陰極形成時に陰極材料が電極や絶縁物に付着し、電極間の絶縁不良が生じるという問題があった。そこで、電極数を減らした新たな電界集束系の設計を行うとともに、陰極形成後に電極を形成するプロセス技術の開発を進めた。

一方、HARP膜では、可視光全域で高い光電変換効率が得られるセレン化カドミウムの感光層に、アモルファスセレンからなるアバランシェ増倍層を接合した高効率HARP膜の開発を進めた。各層に適した電界を膜内に形成するために添加している電界緩和材料やその添加量について詳細に検討した結果、これまで数倍であった電荷増倍率を10以上に高めることができた。また、高効率HARP膜をカラーカメラに適用し、ショットノイズの低減や色再現性の改善（図1）などの効果を確認した。

電界集束型冷陰極アレーの開発については、双葉電子工業（株）と共同で実施した。

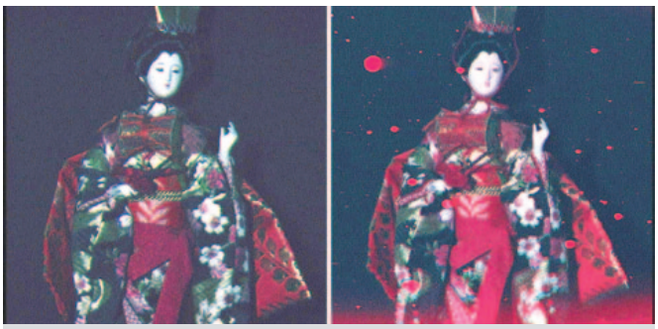


図1　比較撮像例（左：従来のHARP膜　右：高効率HARP膜）

■低電圧増倍膜

固体撮像デバイスの高感度化に向けて、低電圧増倍膜の研究開発に着手した。2011年度は、材料の探索や膜構造の基本設計を進めた。

材料の探索では、光吸収が大きいこと、アバランシェ増倍を生じやすいこと、良好な分光感度特性が期待できることなどを考慮し、低電圧増倍膜用光電変換材料の候補として2種類のカルコパイライト系半導体を選定した。また、アバランシェ増倍の実現には、外部からの電荷注入を阻止する必要があるため、バンド構造の分析結果などを基に正孔および電子に対する注入阻止材料を選定し、低電圧増倍膜の基本構造設計を完了した。

〔参考文献〕

(1) Y. Honda, Y. Takiguchi, N. Egami, M. Nanba, Y. Saishu, K. Nakamura and M. Taniguchi: “Electrostatic Focusing Spindt-type Field Emitter Array for an Image Sensor with a High-gain Avalanche Rushing Amorphous Photoconductor Target,” J. Vac. Sci. Technol. B, Vol.29, No.4, pp.04E104-1-04E104-5 (2011)

5.1.2　高フレームレート撮像デバイス

フレームレートを飛躍的に高めた超高速度撮像デバイス、超高精細と高フレームレートとの両立を目指した3次元構造撮像デバイスの研究開発に取り組んだ。

■超高速度撮像デバイス

超高速度カメラの高感度化に向けて、デバイスの裏面から光を照射することで、ほぼ100％の光を利用できる裏面照射型超高速度CCD（Charge Coupled Device）[1]と、これを適用したカメラの開発を進めている。2011年度は、2010年度に試作した裏面照射型超高速度CCDに適した専用パッケージを開発するとともに、本CCDを適用した超高速度カメラを試作した。

前者については、超高速度駆動時でのCCDの発熱に伴う暗電流の増加を抑制するため、冷却機構を内蔵した専用パッケージを開発した（図1）。本パッケージは、CCDの底部が接触する部分に銅板を用い、その両面にペルチェ冷却素子を配置したものである。評価実験の結果、室温程度のCCDを−20℃まで冷却できることがわかり、暗電流の抑制に見通しを得た。

また、後者に関しては、超高速度撮影時においてもCCDに十分な振幅の高速駆動パルスを印加できる駆動回路を開発し、本回路ならびに裏面照射型超高速度CCDに適用した超高速度カメラを試作した。この試作カメラでは、従来の超高速度カメラに比べて約13倍の高い感度が得られることがわかり（図2）、裏面照射型構造の優位性を確認することができた。

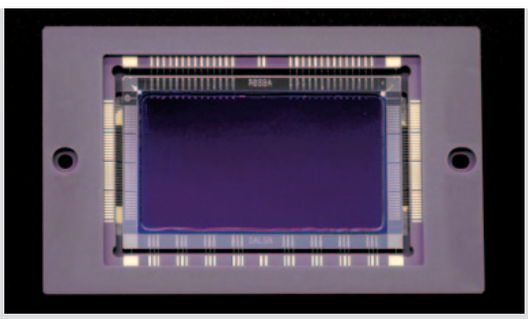


図1　専用パッケージに実装した裏面照射型超高速度CCD

従来のカメラ　　裏面照射型カメラ

図2　裏面照射型超高速度カメラの撮像例（従来の超高速度カメラとの比較）

裏面照射型超高速度CCDの試作は、近畿大学、Teledyne DALSA（株）と共同で実施した。

■3次元構造撮像デバイス

画素数にかかわらず、高いフレームレートを得ることができる画素並列信号処理の実現に向けて、画素領域の直下に信号処理回路を配置した3次元構造撮像デバイスの研究を進めた。2011年度は、本デバイスの主要な構成要素である、信号をデバイスの深さ方向に伝達するトランジスターの開発に取り組んだ。具体的には、高速動作ならびに省電力が期待できるSOI（Silicon on Insulator）構造をベースに、表面から入力した信号を裏面に出力するトランジスターを設計し、試作した。特性評価実験の結果、試作トランジスターでは信号をデバイスの深さ方向に伝達できることや、従来のトランジスターと同等な性能が得られることが確認でき、3次元構造撮像デバイスの実現に向けて、第1歩を踏み出すことができた。

上記トランジスターの開発は東京大学と共同で実施した。

〔参考文献〕

(1) 新井，林田，北村，米内，丸山，大竹，大塚，Le Cuong Vo，江藤，Harry van Kuijk：“裏面照射型超高速度CCDの設計，” 信学論，Vol.J94-C, No.6, pp.147-154 (2011)

5.1.3　有機撮像デバイス

放送用3板式カラーカメラと同等な画質を有する超小型単板カラーカメラの実現に向けて、有機撮像デバイスの開発を進めている。本デバイスは青色(B)光、緑色(G)光、赤色(R)光のそれぞれに感度を持つ有機光電変換膜と、それぞれの有機光電変換膜で発生した電荷を独立に読み出す薄膜トランジスター回路(電荷読み出し用TFT回路)とを交互に積層したものである(図1)。2011年度は、デバイスの光利用効率改善に向けて、電荷読み出し用TFT回路の全透明化に取り組んだ。また、これと併行して、高精細なデバイスの実現に向けて画素ピッチの微細化を進めた。

有機撮像デバイスでは、光の進行方向で色分離を行うことで、3板式と原理的に同等の画質を持つ理想的な単板カラー撮像を実現できる。デバイスに入射したG光やR光が、それぞれの光に感度を持つ有機光電変換膜に減衰することなく到達するには、光透過率の高い電荷読み出し用TFT回路の適用が不可欠となる。しかし、従来のTFT回路では、配線材料にクロームやモリブデン・タングステン合金などの金属を使用していたために、その光透過率が十分ではない(約50%)という問題があった。そこで、回路の配線材料を上記金属からインジウム・スズ酸化物に替え、全ての配線を透明としたTFT回路を新たに試作した(図2)。このTFT回路では光透過率が80%にまで改善され[1]、デバイスの光利用効率を大幅に高めることが可能になった。また、このTFT回路のトランジスターには、画素の微細化を進めた際にも安定した動作が期待できる半導体として、インジウム・ガリウム・亜鉛複合酸化物を適用した。その結果、画素ピッチをこれまでの1/2の50μmまで微細化することができ、有機撮像デバイスの高精細化に見通しが得られた。

この研究は、有機光電変換膜開発の一部については埼玉大学と、また、電荷読み出し用TFT回路の開発については高知工科大学と共同で実施した。

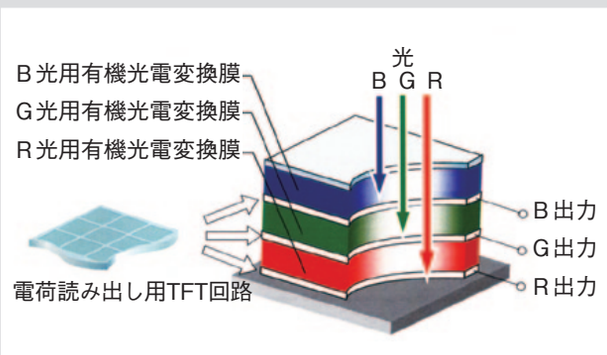


図1　有機撮像デバイスの概念図

(a) 従来の金属配線　　(b) 全透明配線

図2　全透明TFT回路を形成したガラスウェハーの外観

〔参考文献〕

(1) T. Sakai, H. Seo, S. Aihara, M. Kubota, N. Egami, D. Wang and M. Furuta: “A 128 x 96 Pixel, 50μm Pixel Pitch Transparent Readout Circuit Using Amorphous In-Ga-Zn-O Thin Film Transistor Array with Indium-Tin Oxide Electrodes for an Organic Image Sensor,” Jpn. J. Appl. Phys., Vol.51, No.1, pp.010202.1-010202.3 (2012)

5.2　次世代記録システム

5.2.1　磁気記録技術

■スーパーハイビジョン信号のファイル化技術

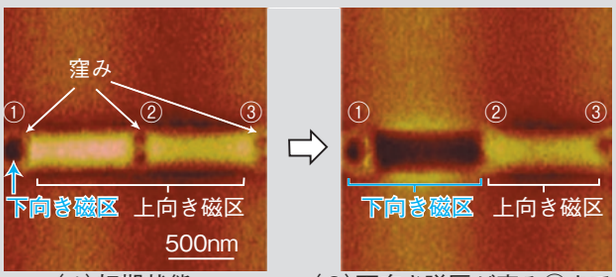
スーパーハイビジョン(SHV)の効率的な番組制作の実現に向けて、SHV映像信号のファイル化技術の開発を進めている[1]。2011年度は、非圧縮SHV信号をHD-SDI(High Definition-Serial Digital Interface)単位のMXF(Material eXchange Format)ファイルとして複数の記録メディアに分割記録し、同期再生することで1つのファイルとして扱うことができる並列ファイル化方式を開発した。基本的な動作を確認するために、画素数約830万(SHVの約1/4)、映像フォーマット4:2:2、階調10ビット、フレーム周波数60Hzの映像信号を、8系統のHD-SDIに分割して記録し同期再生する装置を試作した。特性評価実験の結果、試作した装置では、再生時の系統間の同期ずれを5μs以下に抑制することで、元の映像を問題なく再生できることや、収録した映像ファイルを10Gビットイーサネットで高速コピーできることなどが確認でき、SHV映像信号のファイル化に見通しを得た。

■微小磁区制御デバイス

可動部のない高速磁気記録デバイスの実現を目指して、磁性細線中の微小磁区の移動を利用した記録デバイスの開発を進めている。

2011年度は、2010年度に引き続いて、電流を印加すること

で移動させた磁区を所望の位置で停止させる技術の開発に取り組んだ。試作実験の結果、nmオーダーの微小な窪(くぼ)みを磁性細線の表面に形成することで、移動している磁区が窪みの位置で停止することなどがわかり（図1）、磁区の移動量制御に見通しを得た[2]。また、2010年度は、直流電流を印加することで磁性細線中の磁区が移動することを実証したが、2011年度は、駆動電流の低減に向けてパルス電流印加での磁区移動を試みた。駆動評価実験の結果、10msオーダーのパルス電流を印加した場合でも、細線中の複数の磁区が同時に移動することを確認した。



（1）初期状態　（2）下向き磁区が窪み②まで移動し停止した状態

図1　微小な窪(くぼ)みによる磁区の移動量の制御

〔参考文献〕
（1）宮下，岸田，林: “放送用ストレージの概要と将来展望，” 日本磁気学会第177回研究会資料, 177-8, pp.45-50（2011）
（2）M. Okuda, Y. Miyamoto, M. Kishida and N. Hayashi: “Magnetic Properties of Magnetic Nanowires with Ultra-small Trap Sites Fabricated by Anodic Oxidation and Nanoindentation Using Scanning Probe Microscopy,” IEEE Trans. Magn., Vol.47, No.10, pp.2525-2527（2011）

5.2.2　光記録技術

■薄型光ディスク

厚さ0.1mmの薄型光ディスクは、高速回転による転送レートの向上が可能で、番組アーカイブ用記録装置や家庭用スーパーハイビジョン記録装置への適用が期待できる。2011年度は、これまでに開発した薄型光ディスク用のドライブ、大容量カートリッジ、ディスク搬送機構などの要素技術を統合した大容量記録システムの開発に取り組んだ。また、これと併行して、薄型光ディスクの大容量化に向けた近接場光記録技術の開発を進めた。

大容量記録システムについては、カートリッジに収納した薄型光ディスクを8枚ずつドライブに搬送し、8台のドライブを並列駆動させることでデータ転送レート1.6Gbpsの高速読み出しを実現した。

一方、近接場光記録技術については、2010年度に開発した光ヘッドのサーボ利得をディスク回転周波数の高調波まで広げたヘッド位置制御技術を適用することで、近接場光記録に求められる±6nm以下の光ヘッドのフォーカス制御を実現した[1]。また、トラック幅をブルーレイディスクの1/2に縮め、表面の平滑性を改善した近接場光記録用薄型光ディスクを試作した（図1）。特性評価実験の結果、ディスク回転数7500回/分で約50dBのC/Nを確保することができ、従来比4倍の高密度記録を実現できる見通しを得た。

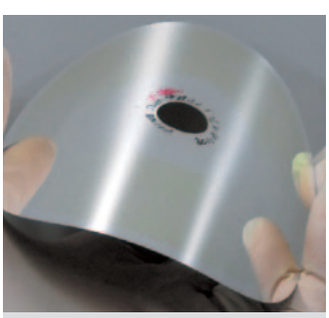


図1　試作した近接場光記録用ディスク

近接場光記録用フォーカス制御技術の開発については、長岡技術科学大学と共同で実施した。

■ホログラム高速記録技術の研究

スーパーハイビジョンでは、膨大な映像信号データを取り扱うため超大容量・高転送レートの記録システムが求められる。この要求に応える記録技術として、2次元データページを一括で記録・再生し、かつ高密度の多重記録を可能とするホログラム記録技術の研究を進めている。2011年度はデータ転送速度の高速化に向け、再生時の波面補償速度の改善、光学系や再生データ信号処理アルゴリズムの最適化、記録時のフォトポリマー記録媒体の記録感度向上を行った（図2）。

フォトポリマー記録媒体の膨張収縮に伴うホログラムの歪(ひず)みによる再生データページ劣化を改善する波面補償技術では、角度多重記録されたホログラムにおける最適波面の導出方法として、補完データによる補償波面探索低減法を新たに開発した。本手法では補償波面探索回数を従来の350から3に大幅に低減でき、高速補償方法として有用である。各データページの誤り率は補償しない場合と比べ1桁以上改善できることを確認した[2]。

再生データ信号処理では従来、2次元のデータページを1次元

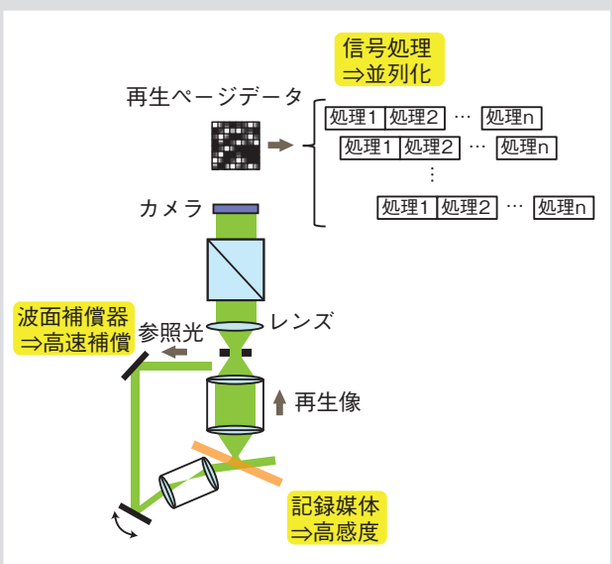


図2　ホログラム記録の再生光学系

信号として処理していたため、数100ms/ページの処理時間を要していたが、GPU（Graphics Processing Unit）を用いた並列化を行うことにより、10ms/ページ以下へ短縮することができ、再生転送レート100Mbps実現への見通しを得た。

フォトポリマー記録媒体の開発では、大容量化に寄与する多重度指標、高転送レートに寄与する記録感度、安定的なデータ記録に寄与する記録感度均一性などの条件を満たす必要がある。今回、記録感度均一性を損なうことなく、記録感度を3倍以上高感度化することに成功した。これにより、記録時間の大幅な短縮が望める。この記録媒体の研究は、新日鐵化学（株）と共同で実施した。

〔参考文献〕

（1）D. Koide, T. Kajiyama, H. Tokumaru, Y. Takano, Y. Nabata, T. Ogata, T. Miyazaki and K. Ohishi: “High-Speed and Precise Gap Servo System for Near-Field Optical Recording,” The Joint International Symposium on Optical Memory and Optical Data Storage 2011 Technical Digest, OTuA3（2011）

（2）T. Muroi, N. Kinoshita, N. Ishii, K. Kamijo, H. Kikuchi, Y. Kawata and N. Shimidzu: “Optical Compensation of Hologram Distortion Avoiding Interpage Crosstalk on Reconstructed Image in Angle-multiplexed Holograms,” Applied Optics, Vol.50, No.29, pp.5700-5709（2011）

5.3　次世代表示システム

5.3.1　フレキシブルディスプレイ

一般家庭に導入が可能なスーパーハイビジョン用大画面シート型ディスプレイを実現するため、丸めて持ち運びができて軽量なフレキシブルディスプレイの研究を進めている。ここでは、シート型ディスプレイの基盤技術を構築するため、柔軟なプラスチック基板を用いた表示パネルの作製技術、マトリックス駆動に必要な薄膜トランジスター（TFT）、柔軟な表示用有機材料・素子の研究に取り組んでいる。

■表示パネル作製技術

フレキシブルディスプレイの大画面化・高精細化・高画質化を目指して、プラスチック基板を用いたアクティブ駆動表示パネルの試作を進めている。その実現には、大画面化プロセスの開発や表示画質の改善とともに、塗布・印刷技術などを用いたパネル作製技術の構築が必要となる。2011年度は、塗布形成が可能なポリマーゲート絶縁膜[1]を用いたTFTの特性を向上させてパネルの試作を行った。

アモルファス酸化物半導体（a-$InGaZnO_4$:IGZO）は、室温成膜が可能で高移動度が期待できるが、IGZO-TFTにおける従来のゲート絶縁膜は成膜温度が250℃以上と高く、通常のプラスチック基板上への形成が困難であった。今回、130℃以下で成膜できる塗布型ポリマー（オレフィン系）をゲート絶縁膜に用いてIGZO-TFTを作製し、新たにトップゲート構造を採用することにより、4.4cm^2/Vsという良好な移動度が得られるTFTアレーの試作に成功した(図1)。このTFTアレーを用いて5インチQVGA（320×240画素、精細度80ピクセル/インチ）のフレキシブル有機ELディスプレイを試作し、良好な動画表示を確認した。

一方、有機半導体（ペンタセン）を用いたTFTを画素回路に使用したパネルでは、ディスプレイの画質改善を目指して、有機TFTアレーの画素構造の改良に取り組んだ。具体的には、ゲート配線材料にモリブデンを使用するとともに、各パターンのアライメントずれに対して断線などが生じにくい画素パターンの導入や作製プロセスの改良などにより、パネルの画素欠陥を大幅に低減できた。これにより、5インチQVGAフレキシブルディスプレイの表示の均一性を向上させることができた（図2）。有機TFT駆動5インチフレキシブルディスプレイのプロセス開発は、パナソニック（株）と共同で実施した。

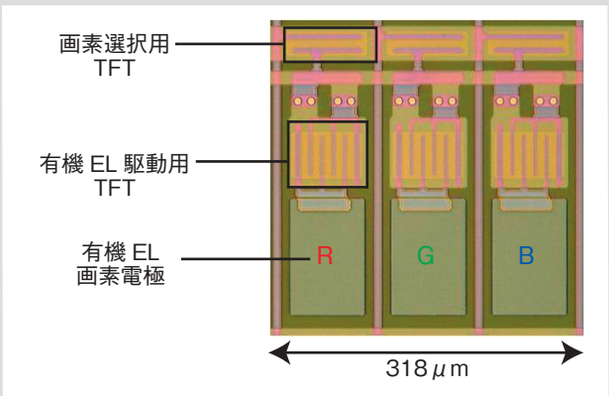


図1　IGZO-TFTアレーの画素拡大写真

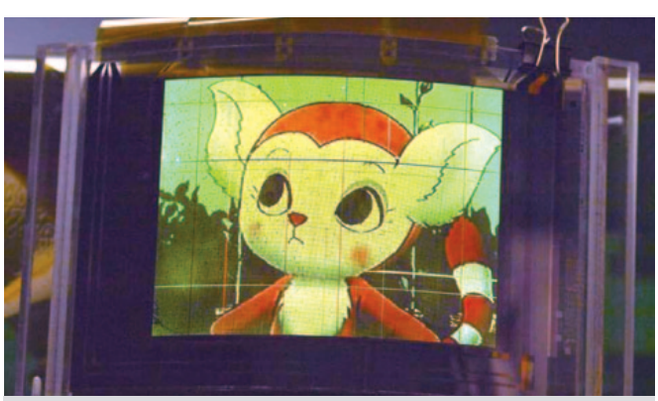


図2　画素欠陥を低減したフレキシブル有機ELディスプレイ

■TFT材料・素子

表示パネル内のTFT性能を向上させるには、TFT単素子で特性向上を図る必要がある。ここでは、移動度が高いIGZO半導体と、低温作製が可能で柔軟な有機TFTに関して、材料・作製

プロセス両面から研究を進めている。

従来のアモルファスSiと比べて高い移動度を有するIGZO-TFTについては、2011年度、プラスチック基板上への低温成膜が可能な絶縁膜の成膜条件、および大面積形成に適したIGZO-TFTのデバイス構造[2]を検討するとともに、TFT動作のシミュレーション技術を構築した。

ここでは塗布形成可能なポリマー絶縁膜を用いたIGZO-TFT素子を作製・評価するとともに、ホール効果測定によるキャリア密度の評価、2次イオン質量分析、およびエネルギー分散X線分析による有機絶縁膜の元素分析を行った。その結果、IGZOの真空成膜（スパッタ法）に起因するポリマー絶縁膜内へのIn、Ga、Znの拡散を防ぐTFT構造を適用することにより、固定電荷に起因した電圧の閾値シフトを抑制し、良好なスイッチング特性が得られることを明らかにした。さらにDCパルススパッタ法を用いて室温で高品位なSiO_2を形成してゲート絶縁膜に適用することで、プラスチックフィルム上で7cm^2/Vsという高移動度を実現した。

またIGZO-TFTにおけるIGZO膜厚と閾値の関係をポアソン方程式から算出し、計算値と実測値がよく一致することを確認した。その計算式からIGZOの膜厚分布が閾値電圧に及ぼす影響について検証したところ、IGZO膜厚を適切に制御することにより、TFT特性の面内ばらつきを抑制できることが分かった。さらにIGZO-TFTの構造設計や不良解析を行うために、ドレイン電流のシミュレーションモデルを開発した。その際、電荷の捕捉欠陥密度を指数関数分布で表すことにより、ゲート絶縁膜厚に依存した電流特性の変化を短時間に計算可能であることを実証した。

一方の有機TFTについては、2011年度、高移動度化と動作の安定性改善を進めた。ここでは、パネル内のTFT素子における移動度・駆動電流を向上させるため、接触抵抗の低減に取り組んだ。ソース・ドレイン電極の表面洗浄処理に加え、単分子膜を用いて電極およびゲート絶縁膜表面を適切に化学処理することで、接触抵抗を2桁程度低減することに成功した。これにより、電極から半導体へのキャリア注入効率を改善し、0.5cm^2/Vs程度の移動度と10μAを超える電流値を達成した。さらに、接触抵抗をより低減させ高性能化を図るため、トップコンタクト構造の素子作製に取り組むとともに、塗布型半導体やN型TFTの高性能化など基礎的な材料研究を進めた。

■表示材料・素子

フレキシブルな動画ディスプレイに用いる表示材料・素子として、柔軟化・超薄型化に有利な有機ELと、大面積化が容易なフィルム液晶の研究を進めている。

有機ELについては、発光効率を向上させるための発光材料と電荷輸送材料、大面積化のための印刷技術などのデバイス作製技術の研究を進めている。リン光性の有機EL材料は低消費電力化が可能であるが、寿命との両立が課題である。2011年度は、新規な赤色リン光用ホストとして有機金属錯体を導入して[3]、ほぼ100%の内部発光効率を達成し、またデバイス評価の目安とされる輝度1000 cd/m^{2}における1万時間以上の寿命を達成した。一方、これまでに電荷輸送基と発光基の組成比率を最適化した塗布型のリン光性高分子材料を用いて、高解像度（100 ppi）のインクジェット印刷技術を確立して（図3）、8インチVGAでの3原色発光材料の塗り分け形成に成功した。

さらに、プラスチック基板に不可欠なガスバリア膜の膜厚を最適化することにより、これまで課題となっていた青色発光の視野角変化（法線方向から0°～70°）に伴う色度（CIE）変化の範囲を、y=0.15～0.25からy=0.19～0.20に改善することに成功した。これによって、フレキシブルディスプレイを、曲面状に変形させても鮮やかな色彩で表示することが可能となった。

一方のフィルム液晶については、プラスチック基板を保持するスペーサーや液晶材料の研究を進めている。2011年度は、電圧応答が高速で、視野角が広いコレステリックブルー相液晶を新たに導入するため、ブルー相特有のねじれ配向の格子構造の発現条件を調べた。ここでは、格子構造の発現温度域を、素子構造を変化させて詳細に調べた。その結果、ブルー相の発現は、ねじれピッチだけで定まるのではなく、基板の間隔や表面状態に依存することが分かった。それに基づき、プラスチック基板でブルー相液晶素子を試作して基本動作を確認した。

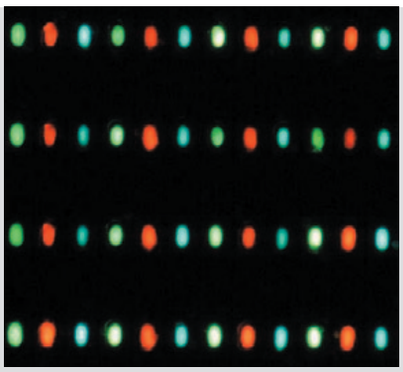


図3　インクジェット印刷で形成された画素の発光

〔参考文献〕

(1) Y. Nakajima, Y. Fujisaki, T. Takei, H. Sato, M. Nakata, M. Suzuki, H. Fukagawa, G. Motomura, T. Shimizu, K. Sugitani, Y. Isogai, T. Katoh, S. Tokito, T. Yamamoto and H. Fujikake: “Low-temperature Fabrication of 5-in. QVGA Flexible AMOLED Display Driven by OTFTs Using Olefin Polymer as the Gate Insulator,” Journal of the SID, Vol.19, No.12, pp.861-866 (2011)

(2) M. Nakata, H. Sato, Y. Nakajima, Y. Fujisaki, T. Takei, T. Shimizu, M. Suzuki, H. Fukagawa, G. Motomura, T. Yamamoto and H. Fujikake：“Low-temperature Fabrication of Flexible AMOLED Displays Using Oxide TFTs with Polymer Gate Insulators,” Technical Digest of SID Symposium, 16.4, pp.202-205 (2011)

(3) H. Fukagawa, T. Shimizu, H. Hanashima, Y. Osada, M. Suzuki and H. Fujikake: “Highly Efficient and Stable Red Phosphorescent OLED Using Platinum Complex as Guest Material,” International Display Workshops, OLED4-2, pp.795-798 (2011)

5.3.2　次世代表示材料

■光スピンデバイスの研究

電子ホログラフィーで広視域の立体像を得るには、回折角が大きくなる狭画素ピッチの超高精細な空間光変調器（SLM）を開発する必要がある。技研では電子ホログラフィー応用に向け、視域角30度を実現できる画素ピッチ1μm以下の超高精細スピン注入型SLM（スピンSLM）を提案し、その開発を進めている[1]。スピンSLMでは、画素に直線偏光の光を照射すると、画素を構成する微小磁性体の磁化方向に応じて反射光の偏光面が回転する磁気光学カー効果により、光を変調する。各画素の磁化方向は、画素に流す電流の向きによって制御（スピン注入磁化反転）する。2011年度はスピンSLMによる回折現象の実証実験に向けて、高い光変調度および低電流駆動化を可能とする材料およびデバイスの開発、動的回折実験用の光学系の試作を進めた。

高い光変調度を得るためには、カー回転角を大きくする必要があり、中間層および光変調層の材料開発を進めた。中間層材料を従来の銅から銀に変更するとともに、光変調層のガドリニウム・鉄合金の組成を制御することで、カー回転角を0.12度から0.15度に改善した。図1は磁化反転評価のために作製したスピン光変調素子の基本構造とその磁化反転特性である。組成を制御した合金膜を用いることで磁化反転電流密度を従来の1/3と大幅に低減することができた[2]。

一方では、低電流駆動を可能とする新しいスピンSLMとして、光変調層にコバルト/白金多層膜、中間層に酸化マグネシウム絶縁層、固定層にコバルト/パラジウム多層膜を適用した磁気トンネル接合素子の開発を進めた。光変調層にタンタルバッファー層を挿入することで、酸化マグネシウム絶縁層の結晶性を改善し効率的なトンネルスピン注入を図るデバイス技術を開発した[3]。

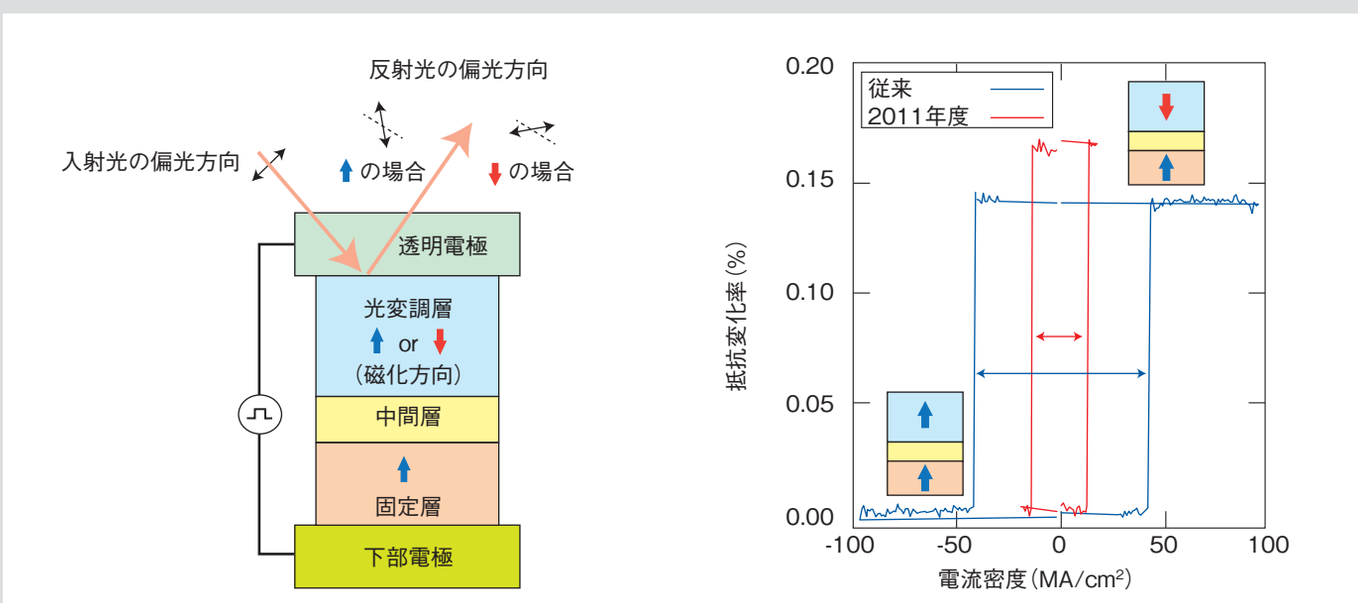
スピンSLMのデバイス開発に関しては、ガドリニウム・鉄合金を光変調層に適用し、画素ピッチ1μm以下、1×10画素からなる1次元アレー素子を試作した。さらに、1次元アレー試作結果に基づき、2次元アレーの作製プロセス技術の構築および駆動回路の設計を進めた。また、スピンSLMでの動的回折現象を実証するための光学系を設計・作製した。

この研究の一部は、（独）情報通信研究機構からの受託研究「革新的な三次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術の研究開発」を長岡技術科学大学と共同で実施した。

■次世代表示デバイスの研究

2011年度より、マイクロレンズアレーを必要としないインテグラル立体ディスプレイに適用可能な新しい表示デバイスの開発に着手した。

〔参考文献〕
(1) 町田："超高精細空間光変調素子，" NHK技研R&D，No.122，pp.39-46（2010）
(2) K. Aoshima, Y. Hashimoto, N. Funabashi, K. Machida, K. Kuga, H. Kikuchi and N. Shimidzu: "Spin Transfer Switching of GdFe Based CPP-GMR with Ag Spacer for Light Modulator Application," Journal of Applied Physics, Vol.109, No.3 Pt.3, pp.07C917.1-07C917.3（2011）
(3) K. Machida, N. Funabashi, K. Aoshima, K. Kuga, H. Kikuchi and N. Shimidzu: "Magnetic Tunnel Junctions Using Co/Pt Multilayered Free Layers with Perpendicular Magnetic Anisotropy," Journal of Physics : Conference Series, Vol.303, No.1, 012100, pp.012100.1-012100.6（2011）



（a）基本構造　　(b) 磁化反転特性

図1　スピン光変調素子の基本構造とその磁化反転特性

6　研究関連業務

研究成果を公開・還元していくため、技研公開をはじめとする各種広報・展示活動、外部との連携、番組協力を積極的に進めた。

2011年5月の技研公開は、3月11日に発生した東日本大震災の影響で、終了時刻を16時にするなど節電に努めて実施した。7月24日のアナログ放送終了を前に、デジタル放送の魅力、それに続くHybridcast、スーパーハイビジョン（SHV）など36項目を展示するとともに、人にやさしい放送技術をテーマに海外の講演者を交えて講演会を実施して、18,873人の来場者を迎えた。

また、研究成果の展示を国内外で計37件実施した。このうち、IBC2011（オランダ・アムステルダム）では、2012年度に予定しているロンドン五輪のSHVパブリックビューイングに向けて、ネットワークを用いたライブ伝送によるSHV上映を行い好評を得た。

11月には、世界で初めて1984年に開始した直接衛星放送と、この実現に向けた18年にわたる研究開発の功績によりNHKがIEEEよりマイルストーンに認定された。これを記念して、技研において認定式典を開催した。

また、99件の見学を受け入れ、計2007名の見学者を迎えた。この中には41件、286名の海外からの来訪者が含まれている。

技研の研究成果は積極的に公開しており、国内外の会議、学会誌などに、計684件発表した。また、研究成果の権利化も進めた。2011年度は、NHK全体で425件の特許出願を行い、366件の権利を取得した。NHKの特許権等保有件数は2011年度末で1795件である。

技研は、ITU、ABU、情報通信審議会、電波産業会などの標準化機関にも積極的に参加している。また、地上デジタル放送方式ISDB-Tの国際展開にも積極的に協力し、講師の派遣や研究者の受け入れを行った。

外部との連携では、共同研究33件、受託研究8件、滞在研究員27名（実習生22名を含む）、研究員海外派遣2名を実施した。

ミリ波モバイルカメラ、マクロダイバーシティ受信システム、昆虫マイクなどの研究成果は、NHKの番組制作にも活用された。2011年度の番組協力の総件数は、61件である。なお、技研の研究成果の評価結果として、2011年度は、放送文化基金賞、電波功績賞、ドコモ・モバイル・サイエンス賞など29件の賞を受けた。

6.1　外部との連携

6.1.1　標準化機関への参加

放送関係を中心とした国内外の標準化活動に積極的に参加し、技研の研究成果を寄与することで技術基準の策定に貢献した。

放送業務の標準化を所掌するITU-R SG6では、携帯向け地上マルチメディア放送伝送方式の勧告化に向けた寄与を行ったほか、UHDTVの映像信号方式に関し、フレーム周波数や輝度・色差信号伝送などの寄与を行った。また、9月には、スーパーハイビジョンの標準化の必要性についての理解を促進するため、85インチ液晶ディスプレイとスピーカーアレーおよびトールボーイ型スピーカーを用いたデモンストレーションをスイス・ジュネーブのITU本部で行った。ケーブルテレビでのテレビ・音声伝送の標準化を所掌するITU-T SG9では、ケーブルテレビ用放送通信連携対応受信機のアプリケーション動作に関する要求条件の勧告化対応を行った。

MPEGでは、昨年開始された次世代映像符号化の規格化作業HEVC（High Efficiency Video Coding）において、正規直交性に優れた新DCT変換基底の提案など、引き続き寄与を行った。また、新しいトランスポート方式を検討するMMT（MPEG Media Transport）では、放送と通信のハイブリッド配信を実現する多重化方式について、パケット構造やストリームのレイヤー構成などを提案した。このほか、MPEG-7ではコンテンツ解析による自動生成メタデータのプロファイル（Audio Visual Description Profile）に関する寄与を行った。

SMPTEでは、昨年規格化されたUHDTVインターフェース規格ST2036-3-2010に波長多重部を追加する作業を開始した。また、メディア交換ファイル（MXF）においてマルチチャンネル音響を扱うメタデータ構造の審議に対応し、新規格として承認された。

2011年は、放送通信連携コンテンツの記述に用いられるHTML5を規定するW3Cに加入した。今後、国内の標準化団体と連携して、放送通信連携システム用ブラウザーの国際標準化を進めていく。

インド・ニューデリーで開催されたアジア・太平洋放送連合（ABU）の技術委員会・年次大会では、NHKから7件の寄書の提出と講演を行ったほか、9件の制作・伝送・周波数などのトピックグループ議長報告やプロジェクトマネージャーによるレポート提出などを行った。また、引き続いてABU地域での緊急警報放送の導入に向けた取り組みを継続したほか、3月にクアラルンプールで開催されたデジタル放送シンポジウムで講演を行った。

このほか、欧州放送連合（EBU）、国際電気標準会議（IEC）、オーディオ技術協会（AES）などの国際標準化機関、電子情報産業協会（JEITA）、情報通信技術委員会（TTC）などの国内標準化機関にも参加して、標準化を推進した。

■主な標準化機関での活動における役職者

■ITU（国際電気通信連合）

委員会名	役職
ITU-R（国際電気通信連合無線通信部門）	
SG6（放送業務）	副議長
WP6B（放送サービスの構成とアクセス）	議長

■ABU（アジア・太平洋放送連合）

委員会名	役職
技術委員会	
伝送トピック	議長

■EBU（欧州放送連合）

委員会名	役職
MIM (Media Information Management)	
SCAIE (Study on Content Analysis-based Automatic Information Extraction in media production)	議長

■AES（オーディオ技術協会）

委員会名	役職
理事会	副会長
地域委員会	副議長
技術委員会	
伝送・放送	副議長
録音・マスタリングシステム	議長

■情報通信審議会

委員会名	役職
情報通信技術分科会	
ITU 部会	
周波数管理・作業計画委員会	専門委員
電波伝搬委員会	専門委員
衛星・科学業務委員会	専門委員
放送業務委員会	専門委員
移動通信システム委員会	専門委員
情報通信政策部会	
デジタルコンテンツの流通の促進等に関する検討委員会	専門委員
研究開発戦略委員会	専門委員
情報通信分野における標準化政策に関する検討委員会	専門委員

■TTC（情報通信技術委員会）

委員会名	役職
IPTV 専門委員会	委員長

■ARIB（電波産業会）

委員会名	役職
技術委員会	
放送国際標準化ワーキンググループ	座長
品質評価法調査研究会	委員長
モニタリング評価法作業班主任	主任
平面ディスプレイ画質評価法作業班	主任
音声品質評価法作業班	主任
放送新技術調査研究会	
将来型 3DTV 検討作業班	主任
次世代デジタル放送伝送技術検討作業班	主任
デジタル放送システム開発部会	委員長
識別子指定アドホック	リーダー
SBTVD-T 規格化対応タスクフォース	リーダー
多重化作業班	主任
ダウンロード方式 TG	リーダー
映像符号化方式作業班	主任
データ符号化方式作業班	主任
高度データ映像（H.264）TG	リーダー
放送サービス応用メタデータ作業班	主任
デジタル受信機作業班	主任
緊急情報伝送 TG	リーダー
AC セキュリティ AHG	リーダー
衛星デジタル放送作業班	主任
地上デジタル放送伝送路符号化作業班	主任
3DTV 放送方式検討作業班	主任
素材伝送開発部会	
地上無線素材伝送作業班	主任
ミリ波素材伝送 TG	リーダー
超高精細度 TV スタジオ設備開発部会	委員長
音響システム検討作業班	主任
機器間インタフェース検討作業班	主任
普及戦略委員会	
デジタル放送国際普及部会	
デジタル放送普及活動作業班（DiBEG）	
7・8MHz 諸国対応タスクフォース	リーダー

■IPTV フォーラム

委員会名	役職
技術委員会	
HTML5 WG	主査

6.1.2　地上デジタル放送方式 ISDB-T の国際展開

2006年6月にブラジルが日本のISDB-Tを基礎とする地上デジタル放送方式を採用したことを契機に、官民が協力してISDB-Tの国際普及活動を積極的に推進してきた。その成果として、2010年度末までに、ISDB-Tは海外11か国で採用され、ブラジル、ペルー、アルゼンチンの3か国で放送が行われている。中南米の多くの国でISDB-Tが採用されたことにより、国際普及活動は、主に東南アジアおよび南部アフリカにシフトした。

2011年度は、地震・津波、火山噴火など大規模な天災の影響で、世界的に防災意識が高まる中、ISDB-Tの緊急警報放送とワンセグをアピールする取り組みを行った。そして、10月にモルディブの国営放送がISDB-Tの採用を発表した。

NHKは、引き続きISDB-Tの国際普及活動に協力し（表1）、ISDB-Tを活用した緊急警報放送について講演やデモンストレーションを実施した。

表1　2011年度のDiBEG活動などへの主な協力内容

時　期	内　容	時　期	内　容
2011年4月～ 9月	フィリピン共和国の国家電気通信委員会(NTC)に対し、同委員会が開催する技術作業班(TWG)活動に協力するとともに、同国の周波数プラン作成に向けた活動へ技術支援を実施した。	2011年9月	コスタリカ共和国で開催されたISDB-T国際フォーラムにおいて、ISDB-Tと緊急警報放送のデモンストレーションを行った。
2011年6月	アジア・太平洋放送連合(ABU)が主催し、インドネシアで開催された緊急警報放送を啓もうするワークショップにおいて、ISDB-Tを活用した緊急警報放送と緊急地震速報を紹介した。	2011年10月	アジア太平洋電気通信共同体(APT)と日本の総務省が東京で開催した防災ワークショップにおいて、NHKの災害関連報道への取り組みとISDB-Tを活用した緊急警報放送を紹介した。
2011年8月	アンゴラ共和国の情報通信省が実施するISDB-Tの野外試験に対し技術指導を実施した。ボツワナ共和国の実施するISDB-TとDVB-T2の放送方式比較試験に関し、日本の総務省と現地の大統領府などとの打ち合わせに参加し、試験項目などの調整に協力した。	2011年12月	ABUが主催し、ミャンマーで開催された放送技術に関するワークショップにおいて、開発中の次世代地上放送技術と合わせ、携帯端末向けモバイルマルチメディア放送、ISDB-TおよびISDB-Tを活用した緊急警報放送を紹介した。

6.1.3　海外の研究機関などとの連携

欧州の公共放送研究機関であるBBC（英国）、RAI（イタリア）、IRT（ドイツ）の研究所との間で2007年に締結した相互研究連携協定に基づき、BBCと1件の共同研究を実施した。

BBC、オリンピック放送機構と連携して、2012年ロンドン五輪のSHVパブリックビューイングプロジェクトを進めた。また、米国内のSHV上映に関して、NBCU（米国）と連携した。

日中韓の最新の放送技術・研究の相互情報交換を目的とした日中韓放送技術・研究会議（略称DGBTR）を、ABSおよびCCTV（中国）、KBS（韓国）と合同で11月に東京で開催した。

6.1.4　共同研究、連携大学院

2011年度には、システム開発から材料、基礎分野に至るまで総数33件の共同研究を実施した。

また、1つの新規締結を含む7つの大学（千葉大学、電気通信大学、東京工業大学、東京理科大学、東邦大学、東北大学、早稲田大学）と連携大学院などの協定を結び、非常勤講師の派遣、実習生の受け入れなどを行った。

6.1.5　滞在研究員、実習生の受け入れ、研究者の海外派遣

海外からの滞在研究員を、ETRI（韓国）とTV Globo（ブラジル）からそれぞれ1名ずつ受け入れた。また、ABU加盟機関からの若手研究者の受け入れプログラムに基づき、韓国から1名の研究者を受け入れた。また、国内の放送事業者および研究機関からそれぞれ1名の研究者を受け入れた。

ポストドクターに2件、海外の大学に1件、合計3件の研究委嘱を実施した（表1）。

大学などからの要請により、卒業論文や修士論文作成のための実習生を10校（専修大学、電気通信大学、東海大学、東京電機大学、東京理科大学、東邦大学、豊橋技術科学大学、長岡技術科学大学、早稲田大学、韓国高麗大）から22名受け入れ、指導を行った。

海外における研究のため、米国に2名を派遣した（表2）。

表1　研究委嘱内容

委嘱先	期間	研究テーマ
ポストドクター	2009/10/1 ～ 2011/9/30	スピン注入型光変調素子における光変調度向上技術の研究
ポストドクター	2009/11/6 ～ 2011/11/5	マーカーレス・カメラトラッキングの研究
カナダMcGill大学	2009/3/1 ～ 2012/2/28	3次元音響デザインツールに関する残響付加技術と、その制御方法についての研究

表2　研究者の海外派遣

派遣先	期間	研究テーマ
米国 Cisco Systems社	2011/10/6 ～ 2012/4/5	次世代映像配信システムおよびアーキテクチャーの技術調査
米国 Rochester工科大学	2011/11/25 ～ 2012/6/4	スーパーハイビジョンシステムの表色系に関する研究

6.1.6　委託研究の受託

国や公的機関からの委託研究を受託した。NICT*、NEDO**、文部科学省、JST***、総務省から、

- 革新的な三次元映像技術による超臨場感コミュニケーション技術の研究開発
  - ▶ 課題ア 革新的三次元映像表示のためのデバイス技術
  - ▶ 課題イ 三次元映像通信・放送のための中核的要素技術
  - ▶ 課題エ 感性情報認知・伝達技術
- 次世代高効率ネットワークデバイス技術開発
- デジタル・ミュージアムの展開に向けた実証実験システムの研究開発（複合現実型デジタル・ミュージアム）
- 高齢者の経験・知識・技能を社会の推進力とするためのICT基盤「高齢者クラウド」の研究開発（2011年、2012年の2件）
- 情報通信ネットワークの耐災害性強化のための研究開発
  - ▶ 災害情報を迅速に伝達するための放送・通信連携基盤技術の研究開発
  - ▶ 災害情報を高圧縮・低遅延で伝送する技術の研究開発

の計9件実施した。

* NICT：独立行政法人 情報通信研究機構
** NEDO：独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
*** JST：独立行政法人 科学技術振興機構

6.1.7　各種委員会

放送技術研究委員会を2回開催し、外部の学識経験者からなる委員の方々からご意見をいただいた。研究アドバイザー会議を延べ27回開催し、研究アドバイザー、客員研究員の方々からご意見をいただいた。

■ 放送技術研究委員会委員　（敬称略）2012年3月

◎:委員長 ○:副委員長

氏名	所属
○ 相澤　清晴	東京大学大学院 情報学環 教授
◎ 安藤　真	東京工業大学大学院 理工学研究科 電気電子工学専攻 教授
一村　信吾	独立行政法人 産業技術総合研究所 理事
工藤　俊一郎	社団法人 日本民間放送連盟 常務理事
熊谷　博	独立行政法人 情報通信研究機構 理事
小池　康博	慶應義塾大学 理工学部 物理情報工学科 教授
小林　哲則	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 情報理工学科 教授
篠原　弘道	日本電信電話株式会社 取締役 研究企画部門長
高原　淳	九州大学 先導物質化学研究所 副所長
田中　宏	総務省 情報流通行政局 放送技術課 課長
豊中　俊榮	株式会社TBSテレビ 取締役 技師長
中島　康之	株式会社KDDI研究所 代表取締役 所長
美濃　導彦	京都大学 情報環境機構 機構長
村岡　裕明	東北大学 電気通信研究所 教授
村田　正幸	大阪大学大学院 情報科学研究科 教授

■ 研究アドバイザー　（敬称略）2012年3月

氏名	所属
池原　雅章	慶應義塾大学 理工学部 電子工学科 教授
伊藤　公一	千葉大学大学院 工学研究科 教授
伊東　晋	東京理科大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授
伊福部　達	東京大学 高齢社会総合研究機構 特任研究員(名誉教授)
今井　秀樹	中央大学 理工学部 電気電子情報通信工学科 教授
内田　龍男	仙台高等専門学校 校長
大賀　壽郎	芝浦工業大学 名誉教授
大槻　知明	慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 教授
甲藤　二郎	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 情報理工学科 教授
亀山　渉	早稲田大学大学院 国際情報通信研究科 研究科長
塩入　諭	東北大学 電気通信研究所 教授
篠田　裕之	東京大学大学院 情報理工学系研究科 准教授
鈴木　陽一	東北大学 電気通信研究所 教授
関根　聡	米NewYork大学 コンピューターサイエンス学科 研究准教授
染谷　隆夫	東京大学大学院 工学系研究科 教授
髙畑　文雄	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 情報理工学科 教授
谷口　高士	大阪学院大学 情報学部 教授
徳丸　克己	筑波大学 名誉教授
中村　慶久	岩手県立大学 学長
羽鳥　光俊	東京大学 名誉教授
原島　博	東京大学 名誉教授
板東　武彦	新潟大学 名誉教授
横尾　邦義	東北大学 電気通信研究所 名誉教授
吉川　明彦	千葉大学大学院 工学研究科 教授
Philip Nelson	英Southampton大学 教授

■ 客員研究員　（敬称略）2012年3月

氏名	所属
小澤　賢司	山梨大学大学院 医学工学総合研究部 教授
川田　善正	静岡大学 工学部 機械工学科 教授
對馬　淑亮	独Regensburg大学 ポストドクター研究員

6.2　研究成果の公開

6.2.1　技研公開

2011年の技研公開は、「あなたに伝えたい、デジタル放送の未来」をテーマに、最新の研究展示36項目と、体験展示4項目、ポスター展示12項目を展示した。また、土日には家族での来場者を対象に、技研の研究員による最新の放送技術の紹介講座「なっとくテレビ塾」や、スタンプラリーなどを開催した。節電のため、例年よりも開催時間を2時間短縮したが、期間中18,873人が来場した。

公開実施日程
- 5月24日（火）　オープニングセレモニー
- 5月25日（水）　招待内覧会
- 5月26日（木）～29日（日）　一般公開

エントランス展示

研究発表

なっとくテレビ塾

スタンプラリー

■ 講演

タイトル	講師	
米国におけるメディア・アクセシビリティー　～技術革新の現在と未来～	ラリー　ゴールドバーグ氏	WGBH（米国ボストンの公共放送局）メディアアクセス部門長
人にやさしい放送の充実に向けた研究開発　～情報バリアフリー社会をめざして～	伊藤　崇之	放送技術研究所 研究主幹

■ 研究発表

タイトル	発表者	
Hybridcast®の開発　～放送通信連携サービス高度化に向けた技術要件～	松村　欣司	次世代プラットフォーム研究部
3次元モデルからインテグラル立体像への変換手法	片山　美和	テレビ方式研究部
画像解析による映像検索技術	望月　貴裕	人間・情報科学研究部
ミリ波モバイルカメラ	中川　孝之	放送ネットワーク研究部
家庭におけるマルチチャンネル音響再生技術	澤谷　郁子	テレビ方式研究部
電荷蓄積型シリコンマイク	萩原　啓	撮像・記録デバイス研究部
有機TFT駆動フレキシブルディスプレイ	武井　達哉	表示・機能素子研究部

■ 展示項目

1　進化し続けるデジタル放送	13　視覚障害者向けデジタル放送受信機	25　NHK技術の活用と実用化開発の紹介
2　Hybridcast®	14　やさしい日本語によるニュースサービス	26　超解像技術を利用した画像復元型符号化
3　放送とソーシャルネットワークの融合teleda	15　P2P型ライブ映像配信技術	27　番組映像検索システム
4　次世代TV スーパーハイビジョン	16　次世代CAS技術	28　現場で活躍するエコな番組制作設備
5　家庭で楽しむスーパーハイビジョン	17　コネクティッドスタジオ	29　リアルアピアランスモニター
6　スーパーハイビジョン単板撮像装置	18　22.2マルチチャンネル音響再生技術	30　気象通報自動読み上げシステム
7　次世代衛星放送に向けた大容量伝送技術	19　スーパーハイビジョン用広ダイナミックレンジプロジェクター	31　放送博物館コーナー
8　次世代地上放送に向けた大容量伝送技術	20　新型スーパーハイビジョンプロジェクター	32　電荷蓄積型シリコンマイク
9　スーパーハイビジョンシアター	21　撮影情報を利用した映像制作	33　冷陰極HARP撮像板
10　テレビ視聴インターフェースUTANの提案	22　移動中継用MIMO受信システム	34　磁気記録デバイスの高速化技術
11　インテグラル立体テレビ	23　3次元ミリ波イメージング技術	35　プラズマディスプレイの省電力技術
12　用例翻訳による手話CG	24　ミリ波モバイルカメラ	36　フレキシブル有機ELディスプレイ
J　デジタル放送受信相談コーナー	H　非常災害時に役立つ放送技術と東日本大震災等での活用例	

■ 体験型展示

うつってあそぼ！	超スローモーションの世界を体験	しゃべってあそぼ！	EN-Vision

6.2.2　IEEE マイルストーンの認定

NHKが世界に先駆けて1984年に開始した直接衛星放送と、この実現に向けた長年にわたるNHKの研究開発の功績が、世界最大の技術者組織IEEEより「IEEEマイルストーン」に認定された。「IEEEマイルストーン」は、実用化以降25年にわたって国際的に高い評価を受けてきた電気・電子技術分野の業績をたたえるものである。

今回の認定は、NHKの衛星放送技術の研究開発が、山間部や離島などを含む日本全国の世帯でテレビ放送の受信を可能とし、現在世界各国の人々が利用している衛星放送サービスの基礎を築いたことが評価されたものである。当時NHKでは、この衛星放送の実現に向け、低雑音ダウンコンバーターを備えた小型パラボラアンテナで受信する家庭用受信機や日本全土に効率よく電波を届ける成形ビームアンテナを搭載した放送衛星本体とその管制技術の研究開発、衛星放送用の12GHz帯電波の伝搬特性の調査、衛星放送サービスの研究・開発などを行った。

こうした衛星放送技術の開発は、その後も、ハイビジョンやさまざまなデジタル情報を多重して放送するISDBの開発を促進し、今日のBSデジタル放送や地上デジタル放送につながった。

贈呈された銘板

贈呈式

除幕式

6.2.3　外部展示

2011年9月に、オランダ・アムステルダムのRAIコンベンションセンターで開催された欧州最大の放送機器展IBC2011において、スーパーハイビジョン（SHV）の最新機器を出展した。今回は、SHVの実用化に向けたコンテンツ制作機器の開発を中心に紹介した。また、SHV用の直視型85インチ液晶ディスプレイとディスプレイ一体型スピーカーを展示し、家庭でのSHV視聴に向けた機器の開発を進めていることも紹介した。期間中50,462人が来場した。

全国各地のNHK放送局が主催あるいは協力するイベントにおいて、年間を通じて技研で研究開発した最新の放送技術を紹介した。新しい展示機材として、音声認識技術を利用してクイズに応える「声であそぼう！シルエットクイズ」、TVML（TV program Making Language）を用いたユーザー参加型のCGコンテンツ制作技術「4コマテレビ」などを開発し、多くのイベントに出展した。

■ 海外展示　1 件

イベント名	日程	展示項目
IBC2011(オランダ・アムステルダム)	9/9 ～ 9/13	スーパーハイビジョン、Hybridcast®

■ 国内展示　36 件

イベント名(主なもの)	日程	展示項目
渋谷DEどーも	5/3 ～ 5/5	テレビのしくみ、特撮映像ライブラリーなど
横浜放送ライブラリー	7/23 ～ 9/4	しゃべってあそぼ、テレビのしくみ、話速変換体験ソフトなど
CEATEC JAPAN 2011	10/4 ～ 10/8	Hybridcast®、teleda
NHK大分放送局開局70周年記念会館公開	10/8 ～ 10/9	声であそぼう！シルエットクイズ、SUPER-HARPカメラ、インテグラル立体テレビなど
NHK名古屋放送局会館公開	10/8 ～ 10/9	4コマテレビ、特撮映像ライブラリーなど
あおもりICTクラウドフェスタ	10/22 ～ 10/23	フレキシブル制作システム
NHK鳥取放送局会館公開	12/10 ～ 12/11	声であそぼう！シルエットクイズ、トンネルの中のお化けたちなど
第17回NHKハート展	2/29 ～ 3/5	視覚障害者向けデジタル受信端末、話速変換体験ソフトなど

6.2.4
学会などへの発表

映像情報メディア学会、電子情報通信学会などの国内学会で研究成果を多数発表したほか、Journal of Materials Chemistry、Organic Electronics、Journal of Applied Physics、IEEE Transactionsなどの海外学会誌に論文が採録された。

国内学会誌	74件
海外学会誌	24件
国内学会・研究会など	285件
海外学会・国際会議など	137件
一般雑誌などへの寄稿	81件
部外への講師派遣	83件
合計	684件

6.2.5
報道発表

技研の研究成果を中心に、9件の報道発表を行った。

年月日	発表内容
2011/5/19	世界初スーパーハイビジョン対応直視型85V型液晶ディスプレイの開発に成功
5/20	映像を"印象"で検索するシステムを開発 ～ NHKクリエイティブ・ライブラリーの映像を簡単検索 ～
5/20	インテグラル立体テレビがより鮮明に! ～スーパーハイビジョンを超えた技術を応用し、画質が大幅にアップ! ～
5/24	ファイルベースシステムが快適に、大きく進化! ～ウェブブラウザを用いて快適な編集環境を提供 ～
5/24	インテグラル立体テレビでVFXによる演出が可能に! ～眼鏡なし立体テレビの制作手法が拡大 ～
7/19	ハイビジョン高画質を維持可能な「電子透かし」! ～さまざまな画像処理でも消えない高速埋め込み技術を開発 ～
11/18	NHKの衛星放送開発がIEEEマイルストーンに認定! ～世界初となった家庭に向けた直接衛星放送サービス ～
2012/2/23	スーパーハイビジョンカメラ用イメージセンサーを開発 ～毎秒120フレームで、動きの速い被写体も鮮明に撮影可能 ～
3/1	将来のネットワークの省電力化へ前進 ～次世代高効率ネットワークデバイス技術プロジェクトで省電力技術を実現～

6.2.6
視察、見学、取材への対応

日本の地上デジタル放送方式の海外普及展開を図るため、南スーダンの政府関係者などの見学対応を、Hybridcastやスーパーハイビジョンなど研究開発成果の普及促進のため、国内外の放送関係者に対する見学対応を行った。また、NABやIBCなどの放送に関する国際展示会の主催者、世界各国の放送事業者など、海外から多くの放送関係者が技研の最新の研究成果を見学に訪れた。

視察、見学	99件（うち海外41件） 2007人（うち海外286人）
取材	37件

6.2.7
機関誌

技研の研究活動と研究成果を国内外に周知する機関誌などを発行した。

NHK技研R&Dは、「ケーブルテレビにおけるデジタル伝送技術」、「プラズマディスプレイの大画面・超高精細化技術」、「音声処理」などを特集した。

海外向けのBROADCAST TECHNOLOGYでは、「スーパーハイビジョンフル解像度カメラ」、「ハイビジョン映像用電子透かしの高速処理技術」などの最新の研究内容を紹介した。

技研だより（和文、月刊）	No.73 ～ No.84
NHK技研R&D（和文、隔月刊）	No.127 ～ No.132
研究年報（和文、年刊）	2010年度版
BROADCAST TECHNOLOGY（英文、季刊）	No.44 ～ No.47
ANNUAL REPORT（英文、年刊）	2010年度版

NHK技研R&D　技研だより　BROADCAST TECHNOLOGY

6.2.8
ホームページ

技研の概要、研究内容、学会発表、特許、技研公開などのイベント情報、報道発表資料、機関紙などを一般公開ホームページで紹介した。今年の技研公開では、土日に開催したイベント「なっとくテレビ塾」の参加者をNHKネットクラブと連携してホームページで募集をするなど、ホームページを積極的に広報活動に活用した。

また、今年度からの新たな取り組みとして、NHK外部のインターネットサービスであるツイッターを利用して、技研公開、機関紙の発行などの最新情報を周知した。

技研公開ホームページ

6.3　研究成果の活用

6.3.1　番組協力

研究開発成果は、多くの番組や番組連動企画で活用されている。従来よりも広いエリアで映像の乱れのない移動中継を可能にしたマクロダイバーシティ受信システムは、カメラマンの移動の制約を無くしたミリ波モバイルカメラや目的音を明瞭に集音できるリアキャンセルマイクロホンとともに、マラソンや駅伝、ゴルフなどの中継番組で臨場感あふれる番組を制作するために用いられた。自然・科学番組では、暗闇でも撮影できるスーパーHARPカメラ、超高速度カメラ、昆虫マイクが活用されている。一方、スーパーハイビジョンの超高精細映像を応用した美術番組が制作され、好評を得た。また、東日本大震災では、音声認識を用いた字幕制作システムの試作機を放送センターに臨時で設置し、ニュース番組の一部で字幕放送を実施した。2011年に実施した番組協力は、61件であった。

■青森ねぶた祭りでミリ波モバイルカメラが活躍

20台を超える巨大なねぶたや、大勢の跳人（はねと）と呼ばれる踊り子が道路上を所狭しと練り歩く東北最大級のお祭りで、ミリ波モバイルカメラの機動性を生かして、従来のカメラでは近づけなかった人ごみの中に入り、ねぶたや跳人に近接して撮影した映像を中継した。東日本大震災の影響で一時は開催も危ぶまれたが、元気に踊る跳人や勇ましく躍動するねぶたの姿が視聴者に届けられた。

■マラソン中継でマクロダイバーシティ受信システムが活躍

マラソンなどのスポーツ中継では、移動するバイクや中継車から無線で送信した映像を複数の受信点で受信している。開発したマクロダイバーシティ受信システムでは、従来よりも広範囲の数km～数10km離れた各受信点の映像からノイズの少ない映像を組み合わせることができ、安定に移動中継できるエリアを拡大することができた。また、このシステムはゴルフなどマラソン以外の競技の中継でも活用された。

■昆虫マイクが番組制作で活躍

昆虫マイクは、昆虫以外の音の収録でも活躍しており、日差しを遮るために植えられたコケが水分を蒸発させるときに発生する微小な音の収録にも用いられた。また、新たに開発された虫歯治療用の器具から人体に伝わってくる振動を音として収録し、器具の性能を検証する番組にも用いられた。

■高専ロボコン2011の地区大会をP2Pでライブ配信

全国高等専門学校ロボットコンテストの地区大会の模様を、会場に来られない方が視聴できるように、技研のピアツーピア（P2P）技術を用いてインターネットでライブ配信した。今回の競技はロボットと人間がともに競技に参加するもので、地区大会は高い関心を呼びライブストリーミングの視聴数も多かったが、安定して配信され、利用者の好評を得た。

ミリ波モバイルカメラ

マクロダイバーシティ受信システム

昆虫マイク

P2Pライブ配信

6.3.2　特許

デジタル放送規格に必須の特許を合理的な条件で一括ライセンスする「デジタル放送パテントプール」への参加を通じてNHK保有特許の利用促進を図り、完全デジタル化を支えるデジタル放送受信機の円滑な普及に寄与した。また、NHKの知的財産適正管理の観点から放送通信連携技術をはじめとする研究開発成果の権利化を引き続き推進するとともに、横浜市他主催の「テクニカルショウヨコハマ2012」でのNHK特許技術の紹介活動や技術シーズ集の作成・配布などの技術移転拡大に向けた取り組みを積極的に展開した。

■ **特許などの出願状況**　（NHK総数）

区分		新規出願数	年度末件数
国内出願	特許	399	1390
	実用新案	0	0
	意匠	0	0
海外出願		26	154
合計		425	1544

■ **特許権などの実施許諾状況**　（NHK総数）

区分	新規許諾数	年度末件数
契約件数	34	291
許諾権利数	54	433
（内訳）		
特許権	31	231
ノウハウ	23	202

■ **特許権などの保有状況**　（NHK総数）

区分		新規取得数	年度末保有数
国内	特許	352	1552
	実用新案	0	0
	意匠	0	8
海外		14	235
合計		366	1795

■ **技術協力**　（NHK総数）

区分	件数
技術協力・受託試験	28
受託研究	9

6.3.3 受賞、学位取得

放送文化基金賞、電波功績賞、ドコモ・モバイル・サイエンス賞など29件の賞を受けた。2011年度は、新たに3人が学位を取得した。2011年度末の学位保有者は90人となった。

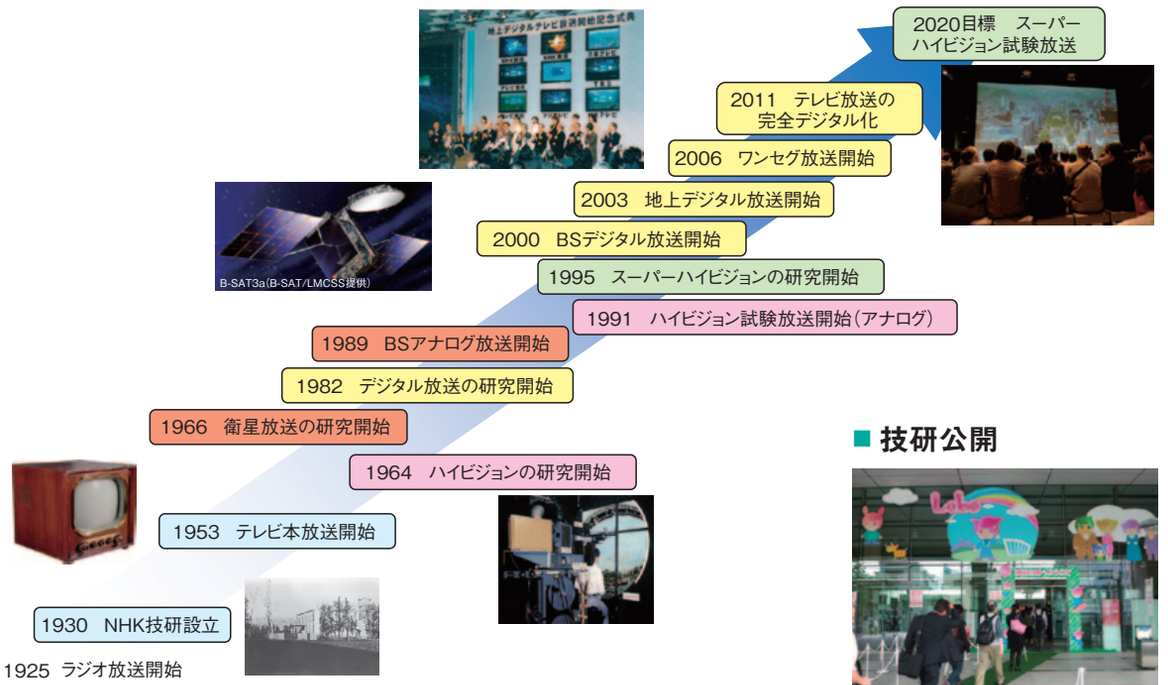
受賞者	授賞者	賞の名称	受賞理由	受賞・表彰日
藤掛英夫	(社)応用物理学会	APEX/JJAP編集貢献賞	応用物理学会英文論文誌APEXおよびＪＪＡＰの編集・出版への貢献	2011/4/6
馬場秋継 松村欣司 三矢茂明 武智秀 金次保明 浜田浩行 加藤久和	NAB Broadcast Engineering Conference Committee	NAB Best Paper Award	"Advanced Hybrid Broadcast and Broadband System for Enhanced Broadcasting Services"	4/13
世木寛之 田高礼子 清山信正 大出訓史 今井篤 都木徹	(社)日本音響学会	日本音響学会技術開発賞	株式市況音声合成装置の開発	5/12
濱崎公男	Audio Engineering Society	Board of Governors Award	AESカンファレンスおよびオーディオ技術への貢献	5/13
西田幸博	(財) 日本ITU協会	日本ITU協会賞 功績賞	HDTVスタジオ規格等の勧告作成への貢献ならびにSG6副議長、RAG等ITU-R活動全般への貢献	5/17
古田浩之	(財) 日本ITU協会	日本ITU協会賞 国際活動奨励賞 国際協力賞対象分野	日本の地上デジタル放送方式(ISDB-T)の国際的な普及活動に対する取り組み	5/17
瀬尾北斗 相原聡 難波正和 渡部俊久 大竹浩 久保田節 江上典文	(社) 映像情報メディア学会	丹羽高柳賞 論文賞	有機光導電膜とZnO TFT回路の積層構造を用いた有機撮像デバイスの原理実証実験	5/19
冨山仁博 岩舘祐一	(社) 映像情報メディア学会	丹羽高柳賞 論文賞	多視点ハイビジョン映像生成システムの開発	5/19
地上デジタル放送のハイビジョン移動受信開発グループ　(代表) 高田政幸	(社) 映像情報メディア学会	技術振興賞 開発賞	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装置の開発	5/19
ミリ波モバイルカメラ開発グループ (代表) 池田哲臣	(社) 映像情報メディア学会	技術振興賞 開発賞	ミリ波ワイヤレスカメラシステム	5/19
動的３次元モデル映像制作チーム (代表)　久富健介	(社) 映像情報メディア学会	技術振興賞 開発賞	動的3次元モデルのドラマへの応用	5/19
洗井淳 河北真宏	(社) 映像情報メディア学会	藤尾フロンティア賞	スーパーハイビジョン技術を用いたインテグラル立体テレビの開発	5/19
深川弘彦	(財)船井情報科学振興財団	船井研究奨励賞	有機半導体の電子物性解明およびフレキシブルディスプレイ用有機デバイスへの応用に関する研究	5/28
(社)電波産業会 デジタル放送システム開発部会 デジタル受信機作業班 緊急情報伝送タスクグループ (リーダー) 高田政幸	総務省	電波の日 総務大臣表彰	地上デジタルテレビジョン放送における緊急地震速報の伝送の高速化に向けた検討	6/1
ミリ波モバイルカメラ開発チーム (代表) 池田哲臣	(社)電波産業会	電波功績賞 電波産業会会長表彰	ミリ波帯ハイビジョンワイヤレスカメラの開発	6/10
マルチバンドISDB-T伝送方式開発グループ　(代表) 高田政幸	(財)放送文化基金	放送文化基金賞	マルチバンドISDB-T伝送方式と送受信装置の開発と実用化	6/24
深川弘彦	有機EL討論会	有機EL討論会 第11回例会講演奨励賞	アントラセン誘導体を用いた高効率青色蛍光有機EL素子	7/1
松尾康孝	(社) 映像情報メディア学会	鈴木記念奨励賞	ウェーブレット超解像に基づく超高精細映像符号化の検討	8/25
池谷健佑	(社) 映像情報メディア学会	鈴木記念奨励賞	階層型信頼度伝播法による視差推定実験 多視点ロボットカメラの方向制御手法に関する検討	8/25
中嶋宜樹	(社) 電気学会	電子・情報・システム部門 研究会奨励賞	低電圧有機TFT駆動による5.8インチフレキシブル有機ELディスプレイ	9/8
西田幸博 正岡顕一郎 菅原正幸 大村耕平 江本正喜 中須英輔	IBC	IBC2011 Best Conference Paper Award	"SUPER HI-VISION SYSTEM OFFERING ENHANCED SENCE OF PRESENCE AND NEW VISUAL EXPERIENCE"	9/11
伊藤崇之	東京都	東京都功労者表彰(技術振興功労)	科学技術の進歩、産業の発展、都民生活の向上への貢献	10/3
小川一人	NPO法人 モバイル・コミュニケーション・ファンド	ドコモ・モバイル・サイエンス賞 先端技術部門 優秀賞	著作権保護と利用者の利便性を両立させるコンテンツ流通用セキュリティー技術の開発	10/21
石川清彦	ABU	ABU Technical Review Commended Article Awards	"Current Status of Internet Protocol Television in Japan–Introduction to NHK on Demand"	11/3
鈴木慎一	(社)映像情報メディア学会	優秀研究発表賞	直交偏波オムニアンテナを用いた42GHz帯ワイヤレスカメラの伝送特性の解析	12/21
世木寛之 田高礼子 清山信正 今井篤 都木徹	(財) 逓信協会	前島密賞	第2条第2号 自動音声読み上げのための高品質音声合成技術の開発	2012/3/16
光山和彦 中川孝之 池田哲臣	(財) 電気通信普及財団	テレコムシステム技術賞 入賞	"Performance Evaluation of Iterative LDPC-coded MIMO OFDM System with Time Interleaving"	3/19
冨山仁博 岩舘祐一	(財) 電気通信普及財団	テレコムシステム技術賞 奨励賞	多視点ハイビジョン映像生成システムの開発	3/19
藤掛英夫	(財) 電子情報通信学会	エレクトロニクスソサエティ活動功労表彰	電子ディスプレイ研究専門委員会幹事としての貢献	3/21

(名前は技研在籍者のみ掲載)

放送技術研究所の概要

NHK放送技術研究所は、放送技術分野を専門とするわが国唯一の研究機関として、また、公共放送NHKの一員として、放送技術の研究開発の立場から豊かな放送文化を築く役割を担っています。

■ 放送の発展と技研の歴史



■ 技研公開

毎年5月に技研の研究開発成果を紹介する技研公開を実施

■ 現在の研究棟

落成	2002年3月
高層棟	地上14階、地下2階
中層棟	地上６階、地下2階
延床面積	約46,000m²
うち技研部分	約16,000m²
総敷地面積	約33,000m²

■ 数字でみる技研

1930年6月	設立		
1930年6月～1965年1月	技術研究所		
1965年1月～1984年7月	総合技術研究所、放送科学基礎研究所		
1984年7月～現在	放送技術研究所		
職員数	251名	（うち研究者数	225名）
学位保有者	90名	弁理士資格保有者	2名
特許権保有数（NHK総数）	国内 1552件 外国 235件		

（2012年3月末現在）

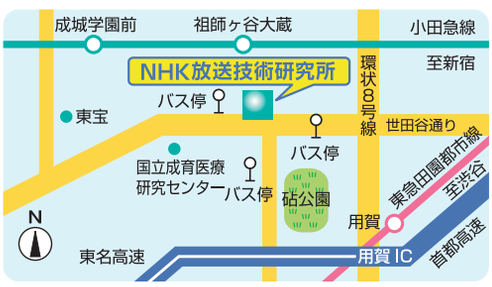
■ 技研の組織

所長　藤沢　秀一 ― 研究主幹　伊藤　崇之

		部長
研究企画部	研究計画・管理、広報、外部連携など	黒田　徹
特許部	特許出願・管理・活用、技術移転など	中山　匡
次世代プラットフォーム研究部	放送通信連携サービス、IPネットワーク、セキュリティー、著作権保護、ソーシャルネットワークサービスなど	山本　真
放送ネットワーク研究部	次世代デジタル放送、衛星放送、有線放送、素材伝送、無線・光伝送など	伊藤　泰宏
テレビ方式研究部	スーパーハイビジョン、立体テレビ、高臨場感音響、映像・音声符号化、視聴覚特性など	鹿喰　善明
人間・情報科学研究部	画像認識、音声認識・合成、自然言語処理、情報検索、映像表現、認知科学、情報バリアフリー技術など	柴田　正啓
撮像・記録デバイス研究部	超高感度撮像、超高速度撮像、有機撮像、高密度磁気記録、高速光記録など	江上　典文
表示・機能素子研究部	フレキシブルディスプレイ、プラズマディスプレイ、有機素子、ホログラム記録、スピンエレクトロニクスなど	清水　直樹
総務部	人事、労務、経理、局舎管理など	山田　則光

（2012年4月末現在）

放送技術研究所へのアクセス



交通

■小田急線 成城学園前駅 南口から

【小田急バス/東急バス】

・渋24　渋谷駅行

【東急バス】

・等12　等々力操車所行

・用06　用賀駅行(平日のみ)

・都立01　都立大学駅北口行

■東急田園都市線 用賀駅から

【東急バス】

・等12　成城学園前駅行

・用06　成城学園前駅行(平日のみ)

いずれもバス停「NHK技術研究所」で下車

■ 編 集 ・ 発 行 ■

日本放送協会　放送技術研究所

〒157－8510 東京都世田谷区砧1－10－11

Tel：03－5494－1125(代表)

http://www.nhk.or.jp/strl/

研究年報

NHK
Science & Technology
Research Laboratories

2011

日本放送協会 放送技術研究所

2012年5月発行

あなたの声と受信料で
公共放送

NHK