研究年報

NHK
Science & Technology
Research Laboratories

2014

NHK 放送技術研究所
Science & Technology Research Laboratories

目　次

ごあいさつ……1

技研この1年……2

1 8Kスーパーハイビジョン……4
1.1 スーパーハイビジョンの方式 5
1.2 カメラ 6
1.3 ディスプレー 7
1.4 記録システム 8
1.5 符号化 9
1.6 高臨場感音響システム 10
1.7 次世代CAS技術 11
1.8 衛星伝送技術 12
1.9 地上伝送技術 13
1.10 FPU（8K-SHV） 15
1.11 有線伝送技術 16
1.12 国内標準化 17

2 立体映像……18
2.1 インテグラル立体テレビ 18
2.2 表示デバイス 19
2.3 多視点映像からの立体コンテンツ生成 20

3 放送通信連携サービス……21
3.1 ハイブリッドキャスト 21
3.2 端末連携サービス 23
3.3 コンテンツ情報利用、番組視聴解析 24
3.4 セキュリティー基盤 25
3.5 IP配信技術 26

4 人にやさしい放送……27
4.1 人にやさしい情報提示 27
4.2 字幕制作のための音声認識 28
4.3 多様な表現のための音声合成・加工技術 29
4.4 言語バリアフリーサービスと評判分析の研究 30
4.5 視聴者心理状態推定技術 30

5 高度番組制作・伝送技術……32
5.1 コンテンツ検索・推薦技術 32
5.2 双方向FPU伝送技術 34
5.3 700MHz帯周波数移行関連 34
5.4 ワイヤレスカメラ 35
5.5 新機軸・五輪提案 35

6 次世代放送用デバイス・材料……36
6.1 次世代撮像技術 36
6.1.1 超高感度撮像デバイス 36
6.1.2 有機撮像デバイス 37
6.1.3 3次元構造撮像デバイス 38
6.2 次世代記録技術 38
6.2.1 微小磁区記録デバイス 38
6.2.2 ホログラムメモリー 39
6.3 次世代表示技術 39
6.3.1 多分割駆動ディスプレー 39
6.3.2 フレキシブルディスプレー要素技術 40

7 研究関連業務……41
7.1 外部との連携 41
7.1.1 標準化機関への参加 41
7.1.2 海外の研究機関等との連携 42
7.1.3 共同研究、研究相互協力、連携大学院 43
7.1.4 滞在研究員、実習生の受け入れ、研究者の海外派遣 43
7.1.5 委託研究の受託 43
7.1.6 委員会、研究アドバイザー、客員研究員 44
7.2 研究成果の公開 44
7.2.1 技研公開 44
7.2.2 海外展示 45
7.2.3 国内展示 46
7.2.4 学会などへの発表 46
7.2.5 報道発表 46
7.2.6 視察、見学、取材への対応 46
7.2.7 機関誌 47
7.2.8 ホームページ 47
7.3 研究成果の活用 47
7.3.1 番組協力 47
7.3.2 特許 48
7.3.3 受賞、学位取得 48

放送技術研究所の概要……50

本研究年報は、2015年3月末時点で作成しました。

ごあいさつ

NHK放送技術研究所長　黒田　徹

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、放送技術の発展を通して公共放送NHKの役割である、わが国における豊かな放送文化の構築に資する研究開発に取り組んでいます。

2014年度は「NHK Hybridcast」サービスの拡充や民間放送事業者によるハイブリッドキャストの本格運用、さらには、4K試験放送開始と放送メディアが大きく変化した年でした。これまでにも、テレビは高性能化と高機能化の2つを軸として、衛星放送、ハイビジョン、薄型テレビ、デジタル放送などと進歩してきました。そして、2016年の8Kスーパーハイビジョン試験放送に向け、放送メディアは更なる発展を遂げていきます。

このような変革の時代の中で、技研は、直近の経営課題を解決するための研究から、立体テレビをはじめとした新サービスを創造するための長期的研究まで、着実に進めていきます。さらに、人にやさしい放送の研究に引き続き取り組むとともに、デバイスからシステムまで、幅広い研究開発を進め、次の時代の放送にふさわしい技術基盤を構築していきます。また、諸外国の放送機関や研究機関との連携を深め、共同実験や研究成果の国際展開等を引き続き進めていきます。

本年報が、技研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。

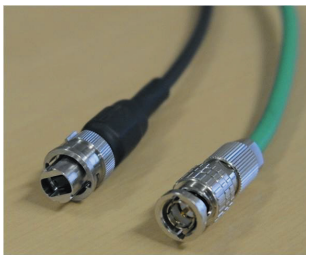
今後も変わらぬご支援、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

技研この1年

高臨場感放送

2016年に8Kスーパーハイビジョン（SHV）による試験放送、2018年までの実用放送の開始を目指し、SHVに関わる各技術の研究を進めている。高ダイナミックレンジ映像方式（HDR）をSHVに導入する方法を検討し、国際電気通信連合無線通信部門（ITU-R）に提案したほか、機器間信号伝送規格の策定に寄与した。光源に半導体レーザーを用いた、フルスペックSHVプロジェクターを開発したほか、長寿命・高効率な有機ELデバイスや高速駆動に有効な酸化物半導体トランジスターなどの要素技術開発を進めた。また、画面4分割で符号化する国内標準規格に準拠した8K HEVCデコーダーを開発した。総務省が公表したロードマップに従い、4K/8K超高精細度テレビジョン放送の国内標準化活動に参加し、ARIBの標準規格、運用規定の策定に寄与した。

→詳しくは、p.4



超高精細度テレビジョン機器間インターフェース用光ケーブル（左）

立体映像

特殊なめがねが不要で自然で見やすい立体テレビの実現に向けて、インテグラル方式の撮影・表示技術の研究、電子ホログラフィーによる表示デバイスの研究、多視点映像から立体像を生成する技術の研究を進めた。カラー画像と赤外線画像を同時に取得するカメラを用いて、撮影映像からインテグラル立体像を生成するアルゴリズムを開発した。MPEGで、立体映像の圧縮方式を標準化する活動に継続して参加するとともに、インテグラル立体の符号化実験を進めた。

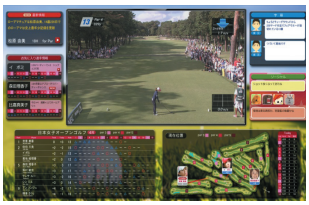
→詳しくは、p.18

4台の液晶パネルを用いて表示したインテグラル立体像

放送通信連携サービス

放送通信連携技術とサービスの両面から研究開発を進めた。ハイブリッドキャストについては、（一社）IPTVフォーラムにおける技術仕様の策定や、ARIBの標準規格策定に寄与したほか、超高精細・大画面の特徴を生かした8Kハイブリッドキャストのサービス例を試作した。暗号化したままデータ検索ができる暗号化システムを試作したほか、受信機を識別する情報を埋め込む電子透かしアルゴリズムを開発した。

→詳しくは、p.21

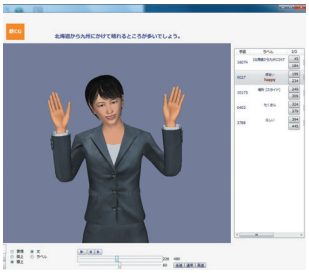


8Kハイブリッドキャストのサービス例

人にやさしい放送

誰もが放送サービスを享受できる『人にやさしい放送』のための技術の研究開発を進めている。日本語テキストから手話CGへの自動翻訳では、多様な表情の表現を可能とする技術の向上を図った。字幕制作のための音声認識では、認識誤りを半減させたほか、実用システム開発に貢献した。また、高精細映像がもたらす立体感について、認知特性と脳活動を計測する実験を進めた。

→詳しくは、p.27

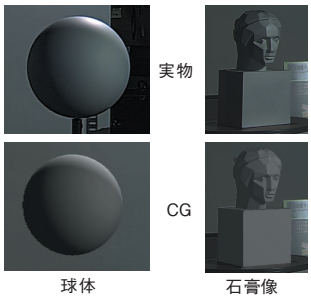


表情の豊かな手話CGの例

高度番組制作・伝送技術

新しいコンテンツ・サービスを提供するための制作技術の研究や、番組素材伝送技術の研究開発を進めた。画像の「見た目」の類似性を利用して映像を検索する技術を開発したほか、実写映像とCGの自然な合成を実現するため、照明の位置や明るさをリアルタイムに推定する手法を開発した。双方向FPUは、レート制御手法、自動再送要求、高速適応変調の検討と評価を進め、野外伝送実験を実施した。ミリ波モバイルカメラは、実用化に向けて装置の小型化を進めるとともに、ゴルフ中継、NHK紅白歌合戦などの番組で使用した。

→詳しくは、p.32

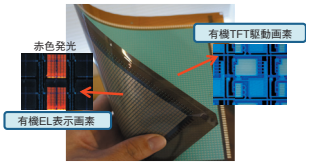


照明推定結果を利用したCG描画

次世代放送用デバイス・材料

8Kスーパーハイビジョン（SHV）を始めとした新たな放送サービスを支えるデバイスや材料を開発する基盤研究を進めた。撮像に係わる基盤研究では、超高感度撮像デバイス、有機撮像デバイス、3次元構造撮像デバイスの開発を進めた。3次元構造撮像デバイスでは、画素をアレー化して動画撮影を可能にするとともに感度の向上や暗電流の低減などを進めた。記録に関する基盤研究では、磁気記録デバイスとホログラム記録技術の開発を進めた。ホログラム記録技術については、2種類の偏光を用いることで2つのページデータを同時に再生する、デュアルページ再生技術の開発に取り組み、その有効性を実証した。表示に関する基盤研究では、多分割駆動ディスプレーの研究や、将来のフレキシブルディスプレーの要素技術開発を進めた。

→詳しくは、p.36



印刷を多用した64×64画素フレキシブルパネル

研究関連業務

8Kスーパーハイビジョン、ハイブリッドキャストを中心にさまざまな研究成果をアピールするとともに、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。国際連携と標準化活動については、国際電気通信連合ITUやアジア・太平洋放送連合ABU、情報通信審議会、ARIBなど国内外の標準化活動に貢献した。デジタル放送方式ISDB-Tの国際展開では、講師の派遣や会合への出席など積極的に進めた。

広報活動については、2014年の技研公開は、「ココロ動かすテクノロジー」をテーマに、2020年の東京五輪に向けて8Kスーパーハイビジョンの研究開発が加速していることのほか、ハイブリッドキャスト、立体テレビ、人にやさしい放送技術、高度な番組制作技術など最新の研究成果を展示し、開催期間中20,115人の方々に来場いただいた。技研公開以外に、国内外で外部展示を実施し、研究成果を広く紹介した。

→詳しくは、p.41

技研公開2014の様子

1　8Kスーパーハイビジョン

2016年に8Kスーパーハイビジョン（SHV）による試験放送、2018年までの実用放送の開始を目指し、SHVに関わる映像方式や撮像、表示、記録、符号化、音響、伝送等の各技術の研究を進めている。

映像方式については、ハイライト部を再現することによって映像表現を向上させる高ダイナミックレンジ映像方式をSHVに導入する方法を検討し、国際電気通信連合無線通信部門（ITU-R）に提案した。インターフェースについては、（一社）電波産業会（ARIB）で規定されている、多芯のマルチモードファイバーを用いた機器間信号伝送規格ARIB STD-B58に準拠したSHV機器およびケーブルの開発を進めた。また、長距離伝送を可能にする波長分割多重方式の規格への追加や本インターフェースへ音声信号を多重する方式の規格策定に寄与した。

カメラについては、小型で高画質な8K単板カラー撮像システムの研究を進め、1億3,300万画素の単板カラー撮像素子をフレーム周波数60Hzで動作させることに成功した。感度改善を目指した裏面照射画素構造撮像素子の研究では、画素数3,300万以上、フレーム周波数120Hz以上で動作する裏面型撮像素子を設計した。新たにサイクリック系3段A/D変換回路を開発し、A/D変換時間が従来の半分に高速化されたことをシミュレーションで確認した。また、カメラ開発の指標となるフルスペック8Kリファレンスカメラやフレーム周波数120Hzに対応した超小型8K単板カラーカメラを試作した。

ディスプレーについては、対角1.3インチの3,300万画素液晶素子3枚をフレーム周波数120Hzで駆動し、光源に半導体レーザーを用いた、フルスペックSHV映像を表示可能なプロジェクターを開発した。また、直視型液晶ディスプレーにレーザーバックライトを用い、カラーフィルターの特性を改善した4K広色域LCD（Liquid Crystal Display）を開発した。さらに、大画面シート型ディスプレーの実現に向けて、長寿命・高効率な有機ELデバイスや高速駆動に有効な酸化物半導体トランジスターなどの要素技術開発を進めた。

記録については、2013年度に開発した小型記録装置を改修し、メモリーパックの高速化や圧縮手法の改善を進めるとともに、ARIB標準規格STD-B58に対応した映像入出力インターフェースボードを開発した。

映像符号化については、2012年度に開発したMPEG-H HEVC（High Efficiency Video Coding）/H.265方式によるSHV映像符号化装置を改修し、画面を4分割して符号化する8K放送の国内標準規格に準拠させた。超解像復元型映像符号化の研究では、4K/12ビットの映像を2K/8ビットに変換してリアルタイム伝送することができる映像符号化装置を開発した。

音響の研究については、22方向の残響を生成する3次元残響付加装置に音場の容積や残響時間が異なる100種類を超えるインパルス応答を実装した。この装置は、2014年7月に完成した世界初の22.2ch音響制作専用のCD-606ダビングスタジオで実運用を開始した。フラットパネルディスプレー一体型の枠型スピーカーを用いたトランスオーラル再生法の研究では、両耳に伝わる音の伝達関数を低次元のモデルで同定する技術を開発し、計算量を従来法の約1/6に削減した。また、ナレーションの聞きやすさを受信機で制御するためのダイアログ制御方式を提案し、ARIB標準規格の策定に寄与した。

次世代CAS技術については、超高精細度テレビジョン放送システムの限定受信方式として、ARIB標準規格STD-B61「デジタル放送におけるアクセス制御方式（第2世代）及びCASプログラムのダウンロード方式」の策定に寄与した。

衛星伝送技術については、12GHz帯放送衛星を用いる超高精細度テレビジョン放送の研究を進め、衛星1中継器で100Mbpsを伝送可能とした方式が、ARIB標準規格となった。また、国際標準化に向けて、超高精細度テレビジョン（UHDTV: Ultra High Definition Television）衛星放送の伝送方式として勧告化することをITU-Rに提案した。複数伝送路のための多重技術の研究成果は、MPEGにおける新たなメディアトランスポート方式であるMMT（MPEG Media Transport）に反映されるとともに、UHDTV放送の多重方式としてARIB標準規格にも採用された。

地上伝送技術については、大容量伝送の研究として熊本県人吉市に設置した実験試験局を用いた測定を継続するとともに、誤り訂正技術、超多値変調技術、移動体受信技術などの検討を進めた。

番組素材伝送については、無線伝送を目指したFPU（Field Pick-up Unit）の研究を進め、非圧縮のSHV信号を伝送するための120GHz帯FPUは、これまでの研究成果をもとに国内標準化を進めた。また、圧縮したSHV信号を伝送するためのミリ波帯（42GHz帯）FPU、マイクロ波帯（6/7GHz帯）超多値OFDM-FPU、移動伝送用1.2GHz/2.3GHz帯FPUの研究を進めた。

有線伝送技術については、ケーブルテレビでのSHV伝送方式として開発した複数搬送波伝送方式について、大規模ケーブルテレビの商用回線などで実証実験を行うとともに、国内および国際標準化を進めた。非圧縮のSHV信号を伝送する光ファイバー伝送システムについては、シングルモード光ファイバーでの波長多重伝送時に長距離伝送を可能とする装置を開発し、100kmを超える長距離伝送・デモを実施した。

総務省が公表したロードマップに従い、4K/8K超高精細度テレビジョン放送の早期実現に向けて国内標準化活動に参加し、技術基準の策定に取り組んだ。2014年3月に、「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」が情報通信審議会から答申され、2014年6月に国の技術基準である総務省令や総務省告示が公布された。2014年12月までに、超高精細度テレビジョン放送方式の詳細を規定する一連の民間標準規格がARIBで策定された。

1.1　スーパーハイビジョンの方式

8Kスーパーハイビジョン（SHV）の映像システムの研究開発ならびに標準化を進めている。

■高ダイナミックレンジ映像方式

従来のテレビにおける輝度方向のダイナミックレンジの制限に起因する高輝度部の色相変化や精細度低下（白つぶれ）、大きな明暗差を含むシーンの再現困難といった問題を解決し、ハイライト部分を再現・強調した映像によって視聴体験を向上させることを目的として、SHVに高ダイナミックレンジ（HDR: High Dynamic Range）映像方式を導入する方法を検討している。HDR化のために映像信号と輝度の間の非線形伝達関数を変える提案がなされているが、従来システムとの互換性を考慮し、ディスプレーの非線形伝達関数は変更せず、運用上の基準白レベルを下げることでハイライト部を表現する方法を国際電気通信連合無線通信部門（ITU-R）に提案した。

■広色域

広色域表色系を採用したSHVは、従来色域のハイビジョン（HDTV: High Definition Television）では再現できなかった鮮やかな物体色も正しく再現できるが、SHV映像をHDTV番組で用いる場合には、広色域から従来色域への自然で高品質な変換方法が課題となる。そこで、明度と色相を保ちつつ彩度だけを下げる方法を基本とし、種々の広色域映像を用いた変換実験を通して問題点を明らかにし、その対策を検討した。色域変換によるシアン色の色相変化を改善するため、色相が知覚的に変化しないための変換特性を評価実験に基づいて導出した。また、黄色ハイライトなどでの著しい彩度低下を解消するための変換特性を考案した。これらの改善策を導入した高品質な色域変換方法を3次元ルック・アップ・テーブルに実装した色域変換装置を開発した[(1)]。一方、HDTV映像をSHV番組で用いる場合には、HDTV色域内の色が変換後に変化しないことを要求条件とし、リニアマトリクスを用いた色域変換法をITU-Rに提案した。

広色域のSHV制作に適したLED照明を検討するため、様々なLED照明を用いた際の色再現性について、演色評価数RaおよびSHVカメラとHDTVカメラの特性に基づく色再現性評価指標Qaの評価を行った。

■高解像度

800万画素4板式SHVカメラや3,300万画素単板SHVカメラなどで撮影したベイヤー配列の画素構造（斜めに配置した2つの緑画素と赤と青1画素ずつを田の字に配列）を持つSHV映像を、フル解像度SHV映像に高品質に変換するデモザイキング装置を開発した。本装置には、色信号を精度良く補完するためにフィルター特性を適応的に制御する手法[(2)]を実装しており、自然なフル解像度SHV映像を生成できることを確認した。

■インターフェース

（一社）電波産業会（ARIB）標準規格STD-B58（2014年3月策定）は、4K/8Kの超高精細度テレビジョン（UHDTV: Ultra High Definition Television）信号を複数の10Gbps信号にマッピングし、多芯のマルチモードファイバーを用いて伝送するインターフェース（I/F）を規定している。本標準規格に準拠したI/Fを備えた、カメラシステム、表示装置、記録装置、信号分配器、最大32チャンネルの音声信号の多重・分離装置などのSHV機器を開発するとともに、これらを接続するための光ケーブルを製作した。この光ケーブルは、従来の同軸ケーブルとほぼ同等の太さや強度で、コネクタも従来とほぼ同等のサイズであり、約144GbpsのフルスペックSHV映像信号をケーブル1本で伝送できる（図1）。

マルチモードファイバーを用いる場合は、伝送距離が100m程度に制限される。中継現場やスタジオ間での使用に適した数kmの伝送を目的として、10Gbpsのマルチリンク信号を波長分割多重し、シングルモードファイバーで伝送する方式をARIB標準規格STD-B58に追加する議論を進め、2015年3月に改定版が策定された[(3)]。また、本I/Fの補助データ領域に最大32チャンネルの音声信号（サンプリング周波数48kHzまたは96kHz）を多重する方式を標準規格化する議論を進め、2015年3月にARIB標準規格STD-B64が策定された[(4)]。

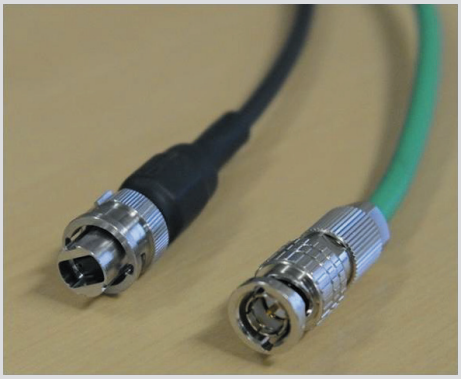


図1　UHDTV機器間インターフェース用光ケーブル（左）とハイビジョン用同軸ケーブル（右）の外観

〔参考文献〕

（1）K. Masaoka, T. Yamashita, Y. Iwasaki, Y. Nishida and M. Sugawara: “Color Management for Wide-Color-Gamut UHDTV Production,” SMPTE 2014 Annual Technical Conference & Exhibition（2014）

（2）白井，西田：“エッジ強度に基づく適応補間フィルタを用いたカラーデモザイキング法,” 映情学年次大，16-5（2014）

（3）（一社）電波産業会：“超高精細度テレビジョン信号スタジオ機器間インタフェース規格（1.1版）,” ARIB STD-B58（2015）

（4）（一社）電波産業会：“超高精細度テレビジョン信号スタジオ機器間インタフェースにおけるデジタル音声規格（1.0版）,” ARIB STD-B64（2015）

1.2　カメラ

実用的なフルスペック8Kスーパーハイビジョンカメラの実現を目指し、撮像システムおよび撮像素子の研究開発を進めている。

■8Kフル画素単板カラー撮像システム

実用的なフルスペック8Kカメラの実現を目指し、小型で高画質な8K単板カラー撮像システムの研究を進めた。

フルスペック8K映像を撮影するためには、赤、青、緑の各色とも3,300万画素の情報が必要であるが、これまでは、光学プリズムを用いた大型の3板式カメラが用いられていた。カメラの小型化には1枚の撮像素子でカラー信号を取得する単板撮像方式が有効であるが、これまで素子の画素数が不足しており、3板式と同等の解像度を得ることが困難であった。本研究では、2012年度より、動画用として初めて1億3,300万画素の単板カラー撮像素子を開発し、駆動実験を行ってきた[(1)]（図1）。2014年度は、フレーム周波数60Hzで動作させることに成功し、撮像した映像を技研公開で展示した。

多画素の映像を動画で取り扱うためには、高速な信号処理と、大容量の信号伝送装置が必要となる。そこで、将来のカメラへの実装に向けて、8Kフル解像度をリアルタイムに処理可能な信号処理装置と、光ファイバー 1本で伝送が可能な小型光波長多重伝送装置の開発を進めた。

撮像素子の信号レベルに依存して振幅が変化する固定パターンノイズの抑圧手法について研究を進めた。レベル依存ノイズをリアルタイムに抑圧する回路を試作した。さらに、レンズのF値や焦点距離などのレンズパラメーターに応じて変動する画像のシェーディングを動的に抑圧する補正信号処理装置の試作を進めた。

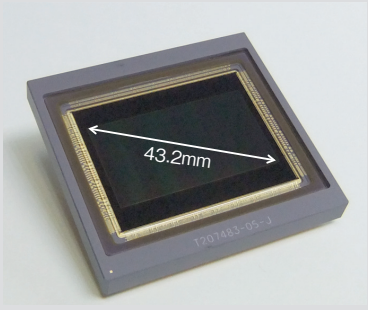


図1　1億3,300万画素撮像素子

■裏面照射画素構造撮像素子

フルスペック8K単板カラーカメラのイメージセンサーを目指し、裏面照射画素構造の単板カラー撮像素子の研究を進めた。

2014年度は、裏面照射画素構造の評価用撮像素子として、画素数3,300万以上、フレーム周波数120Hz以上で動作可能な撮像素子の設計を進めた。評価用撮像素子は、裏面照射型とすることで表面照射型より感度改善を目指し、さらに画素部と信号処理部を3次元積層構造とすることで高フレームレート化を可能とする新しい構造とした。画素部は、65nmルール微細半導体プロセスを用い、画素サイズを1.1μmとした。画素からのアナログ信号をデジタル信号に変換するA/D変換回路は、パイプライン動作が可能なサイクリック系3段A/D変換回路を新たに設計した。回路シミュレーションによりA/D変換時間を従来の半分の0.92μsまで高速化できることを確認した。このA/D変換回路をセンサー内部に多並列で配置することにより、120Hz以上の高フレームレート化を可能とした。

■フルスペック8Kリファレンスカメラ

2012年度より開発している、フレーム周波数120Hz、画素数3,300万のフルスペック8K用イメージセンサーの高感度化とカメラ開発を進めた。

新たに65nmルールの微細半導体プロセスを用い、画素サイズが3.2μmのイメージセンサーを試作した。2013年に開発したイメージセンサーに比べ、2.1倍の高感度化と1.8倍の飽和電荷量とした。また、イメージセンサーに内蔵するA/D変換回路の階調（ビット数）を従来の12ビットから14ビットに拡大した。

本イメージセンサーと、新たに設計した広色域対応の色分解光学プリズムを用い、8Kの最上位の映像フォーマット（3,300万画素、120Hz、広色域）を満たし、さらに（一社）電波産業会の標準規格ARIB STD-B58準拠のU-SDI光インターフェースを内蔵した、フルスペック8Kリファレンスカメラを試作した[(2)]（図2）。

図2　フルスペック8Kリファレンスカメラ

■超小型8K単板カラーカメラ

前述の高感度化したフルスペック8K用イメージセンサーを単板カラー方式に対応させ、超小型8K単板カラーカメラ（キューブカメラ）を試作した。60Hz用のカメラ信号処理装置（CCU）を並列使用することにより120Hzに対応し、超小型で機動性の高い8K/120Hz映像の収録が可能となった[(3)]。本カメラはブラジルで行われた「2014 FIFA World Cup Brazil」のサッカー中継に使用された（図3）。撮影した映像はIBCなど海外の展示会で上映され、8K/120Hzのスポーツコンテンツへの有効性を示した。

裏面画素構造撮像素子および3,300万画素120Hz撮像素子の研究開発は、静岡大学と共同で実施した。

〔参考文献〕
(1) R. Funatsu, S. Huang, T. Yamashita, K. Stevulak, J. Rysinski, D. Estrada, S. Yan, T. Soeno, T. Nakamura, T. Hayashida, H. Shimamoto and B. Mansoorian: “133-Mpixel 60-fps CMOS Image Sensor with 32-Column Shared High-Speed Column Parallel SAR-ADCs,” IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), 6.2 (2015)
(2) 北村，添野，安江，山下，島本：“フルスペック8Kスーパーハイビジョンリファレンスカメラの開発,” 映情学冬大，7-5 (2014)
(3) 安江，北村，塚本，遠藤，島本：“超小型8Kスーパーハイビジョンカメラのフレーム周波数120Hz化,” 映情学年次大，20-6 (2014)

図3　2014 FIFA World Cup Brazilでの8K/120Hz撮影の様子

1.3　ディスプレー

画素数7,680×4,320、フレーム周波数120Hz、広色域をすべて満足するフルスペック8Kスーパーハイビジョン(SHV)映像を表示可能なディスプレーの開発や大画面シート型ディスプレーの研究を進めた。

■プロジェクター

対角1.3インチの3,300万画素液晶素子3枚をフレーム周波数120Hzで駆動し、光源に半導体レーザーを用いた、フルスペックSHV映像を表示可能なプロジェクターを(株)JVCケンウッドの協力を得て開発した。液晶素子は従来の4K素子と同サイズであり、フルスペック化とあわせて小型化も実現した。

■直視型ディスプレー

広色域SHV映像制作ワークフローにおけるカラーマネジメントでは、ディスプレーの色域をいかに標準の広色域に近づけるかが課題である。SHV広色域表色系の三原色はスペクトル軌跡上にあるため、理想的にはディスプレーの光源としてレーザー等の単波長光を用いる必要がある。直視型液晶ディスプレーで広色域表示を実現するため、バックライトにレーザーを用い、カラーフィルターの分光透過特性のクロストークを改善した4K広色域LCDを開発した。一方、コストと性能の観点から非レーザー光源が用いられることも想定されるため、近年開発された量子ドットLEDなどによる非単波長光や実在するカラーフィルターの特性に基づいて色域をシミュレーションし、広色域ディスプレーの実現可能性と設計指針を示した[(1)]。

■SHVシート型ディスプレー要素技術の研究

家庭での大画面8K SHVの視聴を可能とするシート型ディスプレーの実現を目指して、丸めて持ち運びができ、軽量でフレキシブルなディスプレーの研究を進めている。2014年度は、本ディスプレーの基盤技術として、表示用有機材料・素子、マトリックス駆動に必要な薄膜トランジスター(TFT: Thin Film Transistor)、プラスチック基板を用いた表示パネル作製技術の研究に取り組んだ。

有機材料・素子の研究では、フレキシブル有機ELディスプレーの長寿命化と低消費電力化に向けて、新規デバイス構造や材料の研究開発を進めた。有機ELをフレキシブルディスプレーに適用する際の最大の課題は、水分や酸素による有機ELの劣化である。特にバリア性能の低いフレキシブル基板上では顕著に劣化する。そこで、大気に不活性な材料のみを用い、劣化に強い長寿命な有機ELとして、逆構造有機ELを研究開発している。2014年度は、大気中で安定なデバイスの実用化に向けて駆動寿命に関する評価を進めた[(2)]。酸化亜鉛と有機材料を組み合わせた新規電子注入層を開発することで、連続点灯も実用レベルの長寿命化を達成した。この逆構造有機ELの開発は、(株)日本触媒と共同で実施した。

また、長寿命・高効率なリン光有機ELデバイスを低コストで実現する技術を確立した。長寿命なリン光デバイス内の発光機構を明らかにし、実用的なリン光デバイスに適した発光層構成を見出した[(3)]。この発光層構成を用いることで、希少金属を含む高価なリン光材料の使用量を従来デバイスに比べ1/6以下に減らしても、高効率・長寿命なデバイスが実現できた。これにより、デバイスの低コスト化が期待でき、リン光有機ELデ

表1　SHVプロジェクターの比較

開発年度	2002年	2009年	2011年	2012年	2013年	2014年
素子サイズ	1.7インチ		1.3インチ			
素子画素数	800万×4板	3,300万×3板	800万×3板，e-shift(*)			3,300万×3板
フレーム周波数	60Hz			120Hz		
光源	キセノンランプ		高圧水銀ランプ		レーザー	

(*) 複屈折特性を持ち、電気信号により屈折率を変化させ画素ずらしを行い、実質的に縦横2倍の解像度で表示可能なデバイス

バイスの早期実用につながる。これらの研究の一部は、総務省の委託研究「究極の省電力ディスプレー実現に向けた高効率・長寿命有機ELデバイスの研究開発」を受託して実施した。

TFTの研究では、SHVシート型有機ELディスプレー用駆動素子として、高移動度で大面積形成が可能な酸化物TFTの開発を進めた。2014年度は、高速駆動に有効な低寄生容量、短チャネルが可能な、バックチャネルエッチ（BCE）型TFTの開発に取り組んだ。従来の酸化物半導体材料In-Ga-Zn-O（IGZO）は、金属電極の微細加工に用いる酸エッチング液に対して膜中の酸化ガリウム（Ga_2O_3）の耐性が低く、BCE型TFTの作製が困難であった。新たにタングステンを含有したIn-W-Zn-O（IWZO）を用いることで、BCE型TFTの作製に成功した[4]。電流電圧特性から見積もった移動度は14cm^2/Vsであり、従来のIn-Ga-Zn-Oを用いたTFTよりも優れた値を得た。さらに、IWZOを用いたBCE型TFTの特性改善に向け、新規素子構造の検討を行った。半導体層を単層から二層構造（組成比が異なる二種類の半導体材料を積層）に変更することで、移動度を20cm^2/Vsに向上でき、二層構造がBCE型TFTの高移動度化に有効であることを示した。

表示パネル作製技術の研究では、大気中の水分や酸素による劣化が少ない逆構造有機ELを搭載した、8インチサイズVGA（640×480）画素のパネルを160℃以下の低温でフィルム基板上に作製した。試作した酸化物（IGZO）TFTアレーは、移動度7cm^2/Vs程度を示し、画面内で均一な駆動性能が得られた。また、パネルの厚みは0.3mm、重量は15gで、湾曲状態においても安定した動画表示が可能であった。この結果から、逆構造有機ELをフレキシブルなパネルへ応用できることを確認した。

図1　逆構造有機ELを搭載したフレキシブルディスプレー

〔参考文献〕
（1）K. Masaoka, T. Yamashita, Y. Iwasaki, Y. Nishida and M. Sugawara: “Color Management for Wide-Color-Gamut UHDTV Production,” SMPTE 2014 Annual Technical Conference & Exhibition（2014）
（2）H. Fukagawa, K. Morii, M. Hasegawa, Y. Arimoto, T. Kamada, T. Shimizu and T. Yamamoto: “Highly Efficient and Air-Stable Inverted Organic Light-Emitting Diode Composed of Inert Materials,” Applied Physics Express, Vol. 7, pp.082104-1-082104-4（2014）
（3）H. Fukagawa, T. Shimizu, T. Kamada, Y. Kiribayashi, Y. Osada, M. Hasegawa, K. Morii and T. Yamamoto: “Highly Efficient and Stable Phosphorescent Organic Light-Emitting Diodes Utilizing Reverse Intersystem Crossing of the Host Material,” Advanced Optical Materials, Vol. 2, pp.1070-1075（2014）
（4）辻，中田，中嶋，武井，藤崎，山本：“In-W-Zn-Oを用いたバックチャネルエッチ型TFTの開発,” 映情学冬大，7-9（2014）

1.4　記録システム

8Kフルスペックスーパーハイビジョン（SHV）記録装置の実現に向けて、2014年度は固体メモリーパックの高速化、および圧縮記録技術の開発を進めた[1][2]。

メモリーパックの高速化については、データ転送や書き込みにおけるオーバーヘッドを削減することで実現した。具体的には、固体メモリーへの書き込みにおいて、書き込みアドレス変換を行うテーブルデータをコントローラー内のRAMへ保持することで、オーバーヘッドをなくし、データ転送速度を改善した。また、チャンネルあたり1コマンドでの書き込み／読み出し単位を従来に比べ2倍の256kBとすることで、シーケンシャル書き込み速度を改善した。これらの改善により、20Gbps以上のデータ転送速度を達成した。

圧縮記録技術については、独自の圧縮データ量予測アルゴリズムを開発した。従来、圧縮後の映像データ量を予測するには、2回の圧縮を行うか、間引き画像で予測する方法が一般的であった。しかし、2回圧縮方式では処理規模が大きくなること、間引き映像では、精度の高い予測が難しいことが課題であった。今回、8×8または16×16の符号化単位で、間引き画像を作成し、2K圧縮画像から8K圧縮サイズを予測するテーブルを用いることで、精度の高い予測が可能であることがわかった。種々の画像に対し圧縮データ量の予測シミュレーションを行い、その効果を実証した。

また、（一社）電波産業会（ARIB）規格（ARIB STD-B58）に規定されている光インターフェースに対応した、記録装置用のフルスペックSHV光入出力インターフェースボードを新規に開発した（図1）。初段のボード1で光から電気信号への変換および色変換を行い、後段のボード2で2個のFPGAを用いて偶数フレームと奇数フレームとを交互に処理することで、高速化した。

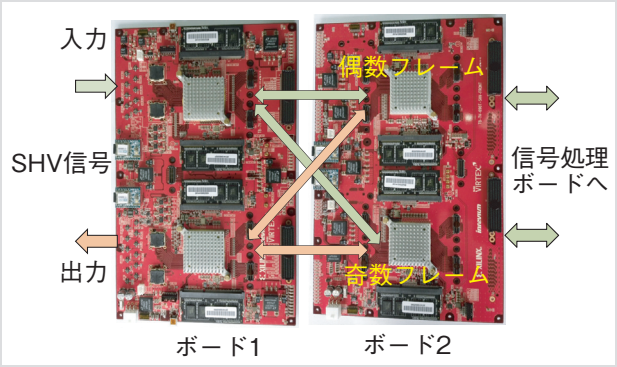


図1　フルスペックSHV光入出力インターフェースボード

〔参考文献〕
（1）梶山，菊地，宮下：“8Kスーパーハイビジョン圧縮記録装置,” 映情学技報，Vol. 39, No.7, pp.31-34（2015）
（2）菊地，梶山，宮下：“スーパーハイビジョン圧縮記録技術,” 映情学年次大，16-6（2014）

1.5　符号化

8Kスーパーハイビジョン放送の実現を目指し、映像符号化の研究を進めている。

■8K HEVC符号化システムの開発

MPEG-H HEVC（High Efficiency Video Coding）/H. 265方式による8Kスーパーハイビジョン映像符号化装置および復号装置の開発を進めた。

2012年度に開発した8K HEVC符号化装置を、8K放送の国内規格（ARIB STD-B32 3.0版）に準拠させるための改修を行った。国内規格では、8K映像の符号化には所定の画面4分割が必須であり、その内部の再分割も可能と規定されている。そこで、17分割であった既存装置を改修して画面4分割方法に対応させた（図1）。また、レート制御方法を変更して、画面分割した各領域の複雑度に応じて符号量を配分するようにした。さらに、分割した領域の境界部分の不連続をなめらかにするフィルターを適用した。これらの改修により、主観品質の向上が確認できた。

2013年度に設計した仕様に基づき、8K HEVC復号装置を開発した。本装置は画面4分割の符号化方法に対応している。

符号化装置の画質改善に利用することを目的に、超高精細映像に対応したリアルタイム画質測定装置を開発した。リファレンス映像信号と評価映像信号を比較しリアルタイムでPSNR（Peak Signal to Noise Ratio）の測定が可能である。

符号化装置と復号装置の研究開発は、三菱電機（株）と共同で実施した。

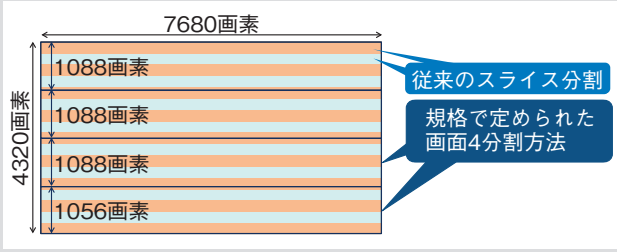


図1　国内放送規格に準拠した画面分割

■8K IP伝送

2014年6月から7月にブラジルで開催された2014 FIFAワールドカップの8Kによるパブリックビューイング（PV）を、世界サッカー連盟（FIFA）と共同で実施した[(1)]。PVでは、日本×コートジボワール戦を始め、決勝のドイツ×アルゼンチン戦までの合計9試合の生中継と、制作済みの8Kコンテンツをブラジル3会場、国内4会場で上映した（図2）。

競技場で制作した8Kコンテンツは、開発したMPEG-4 AVC/H. 264方式の符号化装置を用いて280Mbpsに圧縮し、NTTの協力を得てリオデジャネイロの伝送拠点であるRNP（Rede Nacional de Ensino e Pesquisa: ブラジルの学術ネットワーク研究機関）を通り、国際共用IP網を用いて渋谷のNHK放送センターまで伝送した。日本国内においては、放送センターで一旦復号した信号を東京と横浜のPV会場へ伝送するとともに、圧縮したままの形式で大阪と徳島のPV会場へ伝送し、

図2　大阪のPV会場

PVを実施した。

■超解像復元型映像符号化

超解像画像復元技術を応用した映像符号化システムの開発を進めている。

2013年度までに開発した階調と空間解像度の削減・復元を統合した符号化装置を開発した。本装置は最大で4K/12ビットの映像を2K/8ビットに変換してリアルタイム伝送することが可能で、これまでに開発したウェーブレット超解像技術、復元処理の最適化制御に加えて、トーンマッピング機能、フィードフォワード制御機能、補助情報圧縮送出機能を新たに実装した（図3）。

トーンマッピングには、出現頻度の高い画素値レベルをより細かく量子化するLloyd-Max量子化（LM量子化）の近似方式を実装した。本近似によりLM量子化の反復演算を回避するとともに、受信部での復元をフィードフォワード制御することで高速化を実現した。

空間解像度復元の最適化制御においては、従前の誤差規範に加えて、構造性やリンギングの規範を導入し、これらを総合的に評価することで主観画質に近い最適化が可能となった。

符号化装置から出力される補助情報は、空間および階調方向の超解像を行うためのパラメーターを格納したものである。空間方向のパラメーターは、超解像に用いるフィルターの種類を示し、画面を分割したブロックごとに格納されている。階調方向のパラメーターは、ビット深度を拡張するための情報で、画面を4つに分けた領域ごとに格納されている。ハフマン符号化を用いてこれらの情報を5%程度にまで可逆圧縮するアルゴリズムを考案した。このアルゴリズムを実装し、実時間処理を可能にした[(2)]。

4Kおよび8Kの映像を4K帯域で送ることを目標として、解像度階層間の予測に超解像技術を用いる方式の研究を実施し、ウェーブレット超解像技術をベースとする実時間予測処理装置を開発した。2K/4K間の予測処理装置送受4対向（8式）により8K伝送が可能となるが、2014年度はこのうち5式を試作した。この研究は、総務省の委託研究「超高精細度衛星・地上放送の

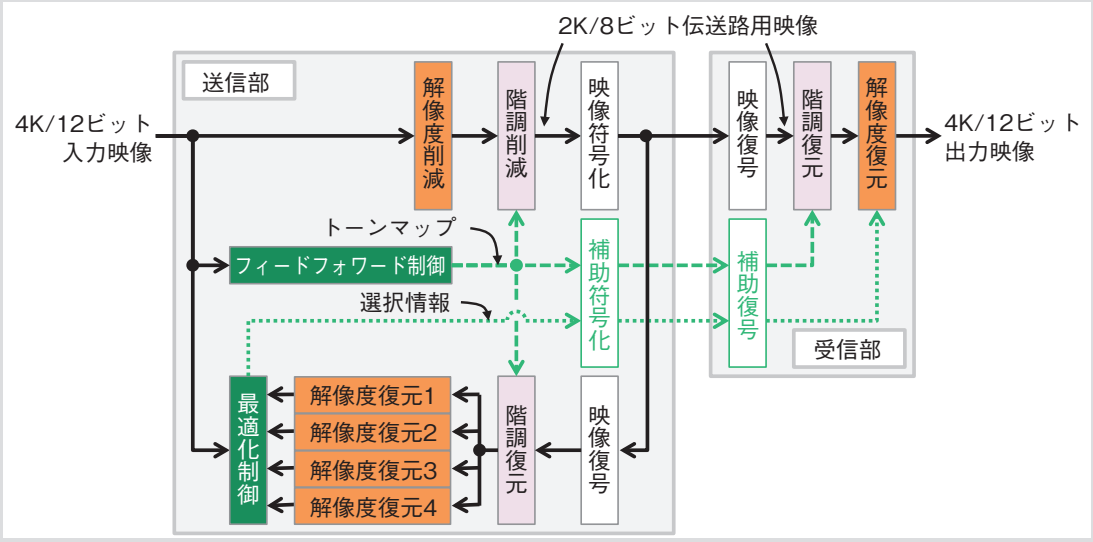


図3　超解像復元型符号化システム構成

周波数有効利用技術の研究開発」を受託して実施した。

超解像技術により空間、時間、階調、色の映像方式を変換する研究を開始した。2014年度は空間方向の超解像法を開発した。複数フレーム間で高精度に位置合わせを行うためレジストレーション超解像法を導入し、さらに高精細映像の高い自己相似性を考慮して、同一フレーム内の相似オブジェクト間でも位置合わせを行った[3]。また、種々のカメラ特有の標本化構造を考慮した位置合わせ精度向上法を導入した。

〔参考文献〕

(1) 井口：“8Kスーパーハイビジョンの展望とパブリックビューイングについて,” 第28回光通信システムシンポジウム (2014)
(2) 松尾，三須，岩村，境田：“空間階調削減と復元を用いた超高精細映像の超解像復元型映像符号化の検討,” 第13回情報科学技術フォーラム講演論文集, No. 3, I-024, pp.219-222 (2014)
(3) 松尾，境田：“高精細映像の標本化構造を考慮した多重解像度分解成分間の時空間レジストレーションによる空間超解像法の検討,” 2014年画像符号化シンポジウム・映像メディア処理シンポジウム (PCSJ/IMPS 2014)，I-2-02 (2014)

1.6　高臨場感音響システム

8Kスーパーハイビジョン (SHV) の22.2マルチチャンネル3次元音響 (以下22.2ch音響) について研究している。

■8K音響収音制作システム

22.2ch音響を簡易かつ効率的に収音・制作する研究を進めている。22.2ch音響用マイクロホンでは、平面波に対する素子の特性が必要となるが、現実には無響室内の近距離の音源による球面波でしか測定できないため、球面波の音源を複数用いて平面波を合成することで、精度よく平面波特性が得られることを見いだした[1]。

制作システムでは、放送センターのスタジオやNHKホール、スタジアムなど17の音場 (図1) で実測した、音場の容積や残響時間が異なる100種類を超えるインパルス応答を、22方向の残響を生成する3次元残響付加装置に実装した。この装置は、2014年7月からCD-606スタジオで実運用を開始した[2]。さらに、機器サイズを約半分にし、残響レベル制御による空間的印象の調節機能を導入した3次元残響付加装置を試作した。

■8K音響制作スタジオ (CD-606)

放送技術局、技術局と共同で2012年度から進めてきたCD-606スタジオ (図2) の整備が2014年7月に完了した[3]。番組制作のための先進的音響システムの規格 (Rec. ITU-R BS. 2051) に準拠した世界初の22.2ch音響制作専用のダビングスタジオで、超高精細度テレビジョン (UHDTV: Ultra High Definition Television) 用音響の要求条件 (Rec. ITU-R BS. 1909) を満たしている。新開発のミキシングシステムや8K映像対応の音響透過スクリーン導入などにより、24個の実スピーカーでモニターしながら効率のよい22.2ch音声編集作業が可能となった。

■フラットパネルディスプレー一体型家庭再生システム

家庭で簡便に22.2ch音響を再生するために、フラットパネルディスプレー一体型の枠型スピーカーを用いたトランスオーラル再生法の研究を進めている。2014年度は両耳に伝わる音の伝達関数を低次元のモデルで同定する技術と、このモデルを用いた信号処理法を開発し[4]、処理に要する計算量を従来法と比較して約1/6に削減した。この研究は、慶応義塾大学との相互協力により実施した。また、同再生システムを放送センターの8K

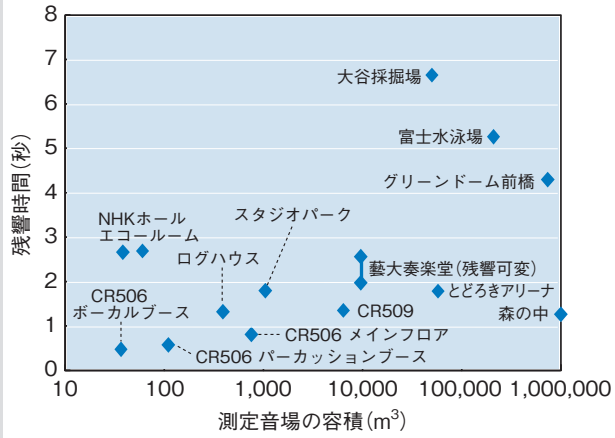


図1　インパルス応答の測定音場と特性

映像編集室に整備し、12月に運用を開始した。

さらに2014年度は、トランスオーラル処理で用いられる両耳に伝わる音の伝達特性上で方向感を強調する技術において、2013年度に開発した後方感強調フィルターに仰角に依存する周波数振幅特性を付加し、より多くの人に後方感を強調できることを確認した[5]。また、音の伝達特性に反射音を付加することで、音の前後方向の知覚がより正確になることを確認した[6]。

■標準化関係

国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)では、22.2ch音響に関連する主観音質評価法およびデジタル放送における音声符号化方式の勧告改訂を2014年11月会合で提案し、承認された。また、従来のラウドネス測定アルゴリズムを22.2マルチチャンネル音響用に拡張し、その妥当性を評価実験で検証するとともに、2015年2月会合で勧告改訂草案を提案した。

MPEGでは、次世代の3次元音響を圧縮伝送可能なMPEG-H 3D Audioの国際規格の策定に寄与し，22.2ch音響の国際普及を推進した。

米国のテレビ放送方式を策定する標準化団体ATSC(Advanced Television Systems Committee)では、ATSC 3.0の標準化にバイノーラル室内インパルス応答と22.2ch音源を提供し，米国における22.2ch音響の普及を促進した。

(一社)電波産業会(ARIB)では、SHV放送の音声符号化方式としてMPEG-4 AACと多言語対応やナレーションの聴きやすさを受信機で制御するためのダイアログ制御情報を提案し、規格化に寄与した[7]。

図2　CD-606ダビングスタジオ

■超臨場感メーターの開発

音響システムによる臨場感や感動の客観評価法の検討を進めており、2014年度は音響特徴量から音響印象を推定するモデルの学習用データベース構築のための主観評価実験を実施した。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) 佐々木，西口，小野：“波面制御を用いた指向性マイクロホンの近距離場における測定の検討,” 音講論(春)，3-10-7(2015)
(2) 西口，澤谷，森，大久保，小野：“8Kスーパーハイビジョン22.2ch音響制作システムの開発,” 映情学技報，Vol. 38, No. 44, pp.77-81(2014)
(3) 佐々木，三上，澤谷：“8Kスーパーハイビジョン22.2マルチチャンネル音響スタジオ整備,” 放送技術，Vol. 68, No.1, pp.171-177(2015)
(4) K. Matsui, Y. Nakayama, M. Sugaya and S. Adachi: “Binaural Reproduction over Loudspeakers Using Low-Order Modeled HRTFs,” AES 137th Convention, preprint 9128(2014)
(5) 大出，中山，小澤：“音像の方向知覚における後方感強調フィルタの検討,” 音講論集(秋)，2-P-5(2014)
(6) 長谷川，大出，中山：“反射音構造が前後知覚に与える影響,” 音講論集(春)，1-10-9(2015)
(7) (一社)電波産業会：“デジタル放送における映像符号化，音声符号化及び多重化方式(3.1版),” ARIB STD-B32(2014)

1.7　次世代CAS技術

8Kスーパーハイビジョンコンテンツの権利保護とアクセス制御の実用化を目指し、次世代CAS(Conditional Access System)技術の研究を進めている。

■次世代CAS技術

次世代CASとして、高度な秘匿性を有するスクランブル方式を採用するとともに、安全性の維持・改善のためにソフトウェア更新が可能な基本システムを開発した。

2014年3月の情報通信審議会「超高精細度テレビジョン放送

システムに関する技術的条件」の一部答申を受けた（一社）電波産業会（ARIB）における標準化作業に寄与し、2014年7月、超高精細度テレビジョン放送システムの限定受信方式として、ARIB標準規格STD-B61「デジタル放送におけるアクセス制御方式（第2世代）及びCASプログラムのダウンロード方式」が策定された。

また、実用化に向け、ARIB STD-B61準拠のMMT（MPEG Media Transport）対応スクランブル装置を開発した[1]（図1）。本装置は、ハードウエア化により、大容量の8K信号をリアルタイムにスクランブル（暗号化）することが可能である。

〔参考文献〕
(1) 大竹，山村，西本，真島，中川：“多重化方式MMTのためのスクランブル方式,” 信学総大，A-7-11（2014）

図1　ARIB STD-B61準拠MMT対応スクランブル装置

1.8　衛星伝送技術

8Kスーパーハイビジョン（SHV）放送の実現に向けて、衛星伝送方式、多重技術および衛星放送システムの研究を進めている。

■衛星放送伝送方式

12GHz帯放送衛星を用いる超高精細度テレビジョン放送の研究を進めた。伝送方式として、16APSK（Amplitude Phase Shift Keying）を導入し、ロールオフ率0.03、シンボルレート33.7561Mbaudを適用することで、衛星1中継器で100Mbpsを伝送可能としたものが、（一社）電波産業会（ARIB）標準規格として承認された[1]。また、本伝送方式の国際標準化に向けて、超高精細度テレビジョン（UHDTV: Ultra High Definition Television）衛星放送の伝送方式として国際電気通信連合無線通信部門（ITU-R）に提案した。

16APSKを使用する上記方式の衛星伝送特性を向上させるため、衛星中継器で生じる歪（ひずみ）の軽減技術の研究を進めた。現行の進行波管増幅器よりも高い線形性を有する、窒化ガリウム素子を使用する衛星搭載用固体増幅器の研究を開始した。また、衛星中継器に搭載するフィルターや増幅器などの非線形特性が既知であることを利用し，等化器の前段に衛星中継器の非線形特性を補償する等化技術の研究を開始した[2]。

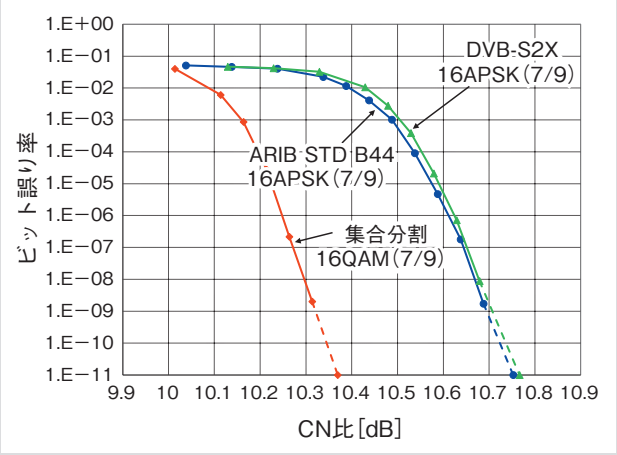


図1　集合分割16QAMの伝送性能

これらの研究の一部は、総務省の委託研究「超高精細度衛星・地上放送の周波数有効利用技術の研究開発」を受託して実施した。

また、伝送容量の更なる拡大に向けて、符号化変調の性能改善を進めている。シンボルを構成するビット毎に最小ユークリッド距離を拡大させる集合分割法を16QAM（Quadrature Amplitude Modulation）に適用し、誤り訂正符号を最適化する性能改善手法を提案した。その結果、上記の衛星伝送方式で採用された16APSKよりも、白色雑音化のみを考慮した伝送性能が改善できることを示した（図1）[3]。

■複数伝送路のための多重技術

次世代放送において、通信路を積極的に利用することで伝送路の多様性や視聴者の様々な端末環境に対応できる放送システムの実現を目指して、複数伝送路のための多重技術の研究を進めている。これまでの研究成果は、MPEGにおける新たなメディアトランスポート方式であるMMT（MPEG Media Transport）の標準化に反映され、2014年3月に国際規格ISO/IEC 23008-1として承認された[4]。

8Kスーパーハイビジョン衛星放送の実用化に向けた国内標準化では、多様な伝送路への適用やハイブリッド配信といった放送と通信の連携機能が要求条件として示されている。NHKは、放送や通信といった複数の伝送路で共通に利用できるメディアトランスポート方式MMTの導入を提案し、その多くが反映されたARIB標準規格STD-B60「デジタル放送におけるMMTによるメディアトランスポート」が2014年7月に策定された。

MMTの運用では、協定世界時UTC（Coordinated Universal Time）を基準時刻として映像や音声など各コンテンツ提示時刻を放送信号の中で示すことにより、多様な伝送路で伝送される

複数コンテンツの同期提示を簡素・容易に実現できる。また、制御情報には、アプリケーション層によらずトランスポート層のみでコンテンツのレイアウトを適宜制御して提示することができる情報が含まれている。こうしたMMTの特長を示す例として、デバイス内あるいはデバイス間の複数コンテンツの同期提示や、トランスポート層でのレイアウト制御機能によるコンテンツ提示位置の変更ができることが挙げられる。これらの機能を8Kスーパーハイビジョン衛星放送の高機能化技術としてシステム試作し、その有用性を示した[(5)]。また、基準時刻であるUTCを放送信号に多重するため、高度BS放送のTMCC信号を用いた伝送方法を検討し、変・復調器を用いた伝送実験により、時刻情報の遅延変動を小さくできることを確認した[(6)]。8Kスーパーハイビジョン衛星放送においても、現行のデジタル放送と同様に、映像音声に加えてアプリケーション等のデータを多重したサービスを行うことが想定されている。MMTによるアプリケーション伝送方式に関しては、NHKが提案し、規格化されたプロトコルの有効性と、シミュレーションによる性能の確認を行った[(7)]。

さらに、MMTを衛星放送のみならず、地上放送やケーブルテレビなどの他の放送メディアにおいても共通に利用するための技術開発として、MMTを用いてメディア信号を現在のデジタル放送と同程度の処理時間でカプセル化する仕様と、メディア信号と種々の制御信号を効率的に多重する仕様を策定し、その仕様に基づいた多重化装置の開発及び検証を行った。これらの研究の一部は、総務省の委託研究「超高精細度衛星・地上放送の周波数有効利用技術の研究開発」を受託して実施した。

また、WINDS衛星により2つの中継器を使ってMMT信号を分割伝送する実験を行った。受信した2つのMMT信号に多重された提示時刻を使って、異なる経路で伝送された2系統の信号を同期させた提示が可能であることを確認した。

■次世代衛星放送システム

12GHz帯衛星放送の右旋・左旋円偏波共用受信アンテナ給電部として、4素子マイクロストリップアレーアンテナを設計した。オフセット反射鏡と組み合わせて受信アンテナとして構成した場合は、25dBを超える交差偏波識別度が得られることを計算機シミュレーションで確認した。

左旋円偏波を利用した12GHz帯衛星放送の宅内配信システムを検討した。中間周波数として2.2 ～ 3.2GHz帯を利用した同軸配信方式と光配信方式をARIBに提案し、標準規格に反映された[(8)]。

21GHz帯衛星搭載用出力フィルターのエンジニアリングモデルとして、電波天文帯域である22GHz帯への不要発射を抑圧するBRF（Band Rejection Filter）、高調波などを抑圧するLPFを試作し、2013年度に試作したBPFと組み合わせて、出力フィルターを構築した。熱真空試験により、−20℃から＋55℃の温度において、良好な電気特性が得られることを確認した。

21GHz帯アレー給電イメージングリフレクタアンテナを構成する32素子ビームフォーミングネットワークを試作した。給電アレー部と組み合わせて放射パターンを測定し、計算値とよく一致することを確認した。

21GHz帯衛星放送における広帯域伝送に適用する250MHz級広帯域変復調器の試作を進めた。放射パターンの形成に必要なビームフォーミングネットワークの制御を考慮し、外符号のBCH符号化後にインターリーブ処理を付加することにより、短時間のバーストエラーへの耐性が向上した。この研究は、総務省の委託研究「次世代衛星放送システムのための周波数有効利用促進技術の研究開発」を受託して実施した。

鏡面修整反射鏡アンテナとアレー給電部の組み合わせにより、7素子あるいは15素子とした場合の反射鏡アンテナを設計した。これらのアンテナ構成で、高出力なTWT（Traveling Wave Tube）を近接配置した場合における排熱方法を検討した。この研究は、（独）宇宙航空研究開発機構と共同で実施した。

〔参考文献〕

(1)（一社）電波産業会：“高度広帯域衛星デジタル放送の伝送方式（2.0版），” ARIB STD-B44（2014）
(2) 亀井，鈴木，長坂，中澤，田中：“SHV衛星放送に向けた衛星伝送特性の向上のための研究開発，” 第58回宇科連，1F05（2014）
(3) 鈴木，小島，亀井，中村，田中：“集合分割16QAM符号化変調の性能改善に関する検討，” 信学総大，B-3-26（2015）
(4) ISO/IEC 23008-1: 2014, “Information Technology—High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments—Part 1: MPEG media transport（MMT）”
(5) 河村，青木，大槻，土田，木村：“8K SHV放送に向けたMMT多重伝送システムの試作検討，” 映情学年次大，16-7（2014）.
(6) 青木，鈴木，土田，田中：“高度広帯域衛星デジタル放送における時刻情報の伝送，” 信学ソ大，B-8-38（2014）
(7) 大槻，河村，青木，竹内，中村，木村：“MMTによるアプリケーション伝送方式の性能評価，” 映情学技報，Vol. 38, No. 35, pp.25-28（2014）
(8)（一社）電波産業会：“高度広帯域衛星デジタル放送用受信装置（望ましい仕様）（1.0版），” ARIB STD-B63（2014）

1.9　地上伝送技術

地上放送において、8Kスーパーハイビジョン（SHV）を伝送する技術の研究を進めている。UHF帯の地上波でのSHV伝送技術の研究とともに、送信ネットワーク、受信環境、移動受信との両立性等を考慮した次世代地上放送方式を検討した。

■次世代地上大容量伝送技術

次世代地上放送方式の確立を目指し、2014年度から暫定方式の検討に着手した。サンプリングクロック、帯域幅、パイロット信号、OFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）フレーム長等の伝送パラメーターや制御信号の伝送方法について検討した。また、次世代地上放送方式への円滑な移行を考慮して、付加アンテナを用いた偏波多重による階層伝送について検討した。

大容量伝送を実現する超多値変調については、NUC（Non-Uniform Constellation）[(1)]を変復調装置へ実装した。NUCは信号点間隔を不均一とするもので、従来のUC（Uniform Constellation）と比べて、伝送特性を改善できる。試作した変

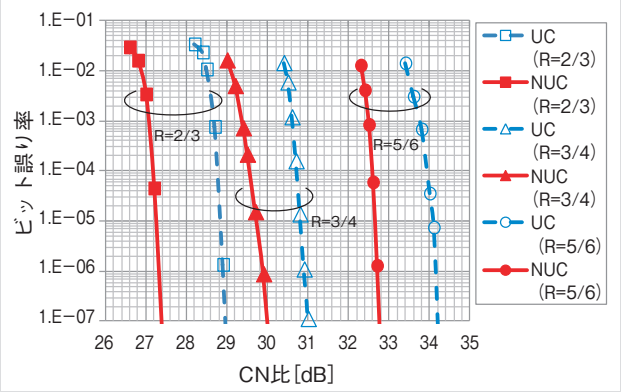


図1　4096QAMのビット誤り率特性

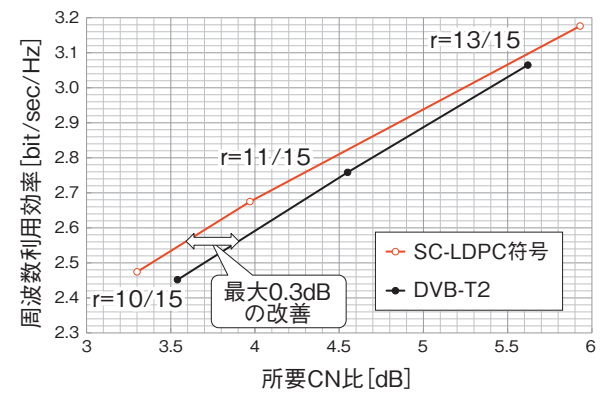


図2　SC-LDPC符号の特性

復調装置のIF（中間周波数）信号を接続した室内実験を行い、4096QAM（符号化率R＝3/4）において、所要CN比が約1dB改善できることを確認した（図1）。

誤り訂正技術については、空間結合LDPC（SC-LDPC: Spatially Coupled Low Density Parity Check）符号を検討した。LDPC符号は、一般に符号長を長くすることで良好な訂正能力が得られる。SC-LDPC符号は長い符号を比較的容易に設計できることから、優れた復号性能が期待できる。符号長を現行の欧州の地上デジタル放送方式DVB-T2の約4倍となるおよそ26万ビットとし、符号化率を10/15、11/15、13/15とした検査行列を設計して、計算機シミュレーションにより性能を確認した。誤り訂正後にビット誤り率が10^{-7}となるCN比を所要CN比として、DVB-T2のLDPC符号の所要CN比と比較すると、最大で0.3dB改善した（図2）。

2013年度に熊本県人吉地区の実験試験局で行った世界初のSHV長距離地上波伝送実験[(2)]について、その概要と実験結果を国際電気通信連合無線通信部門（ITU-R）に報告した。

2014年度は、水上地区に新たに実験試験局を整備し、既存の人吉地区の実験試験局との間で時空間符号を使用した次世代SFN（Single Frequency Network）の実験を実施した。なお、この研究は、総務省の委託研究「超高精細度衛星・地上放送の周波数有効利用技術の研究開発」を受託して実施した。

変復調技術の検証や都市部における伝搬特性を把握するために、当所屋上に新たに実験試験局を整備した。

また、マルチパスの遅延時間がガードインターバルを超えるような長遅延マルチパス環境においても空間分割多重MIMO（Multiple-Input Multiple-Output）-OFDMを実現するための等化手法を提案、室内伝送実験で評価した。

さらに、米国とブラジルの放送技術に関する展示会で、海外の放送関係者に向けて、地上波大容量伝送のデモを実施した。

■移動体向け伝送技術

次世代地上放送の車載・モバイル端末向けサービスとしてハイビジョン（HDTV: High Definition Television）級の高品質映像を提供するために、送受信アンテナが各々2本の2×2MIMO-OFDM伝送技術の研究を進めている。

2014年度は、それぞれのアンテナから同じデータを符号化して送信する時空間符号MIMO伝送方式と、異なるデータを送信する空間分割多重MIMO伝送方式について、同じ伝送効率（1キャリア1シンボルあたりの情報ビット）における移動受信特性を野外実験により比較した[(3)]。伝送効率が3bit以下では、時空間符号MIMOの特性が良く、4bit以上では空間分割多重MIMOの特性が良くなり、2013年度に実施した計算機シミュレーションと同様の結果が得られることを確認した（図3）。

空間分割多重MIMOの一種である偏波MIMO方式では、各偏波（水平・垂直）の送信アンテナから異なるデータが送信されるので、受信側では両方の偏波の信号を復調する必要がある。従来の方法では、受信アンテナ1本で両偏波の信号を復調することは困難であった。2014年度は、上記の課題を解決するために、偏波間でお互いの情報を共有できる偏波間拡散について検討した[(4)]。十分なCN比が確保できる場合には、偏波間拡散を利用することで受信アンテナ1本での受信特性が改善できることを計算機シミュレーションにより確認した（図4）。

FFT（Fast Fourier Transform）ポイント数を拡大したときの移動受信特性を検討するため、FFTポイント数を現行の地上デジタル放送の4倍である32k（32,768ポイント）にした移動受信用MIMO-OFDM変復調装置を試作し、室内実験を行った。低速時の所要CN比から3dB劣化する移動速度を許容移動速度とすると、16QAM（R＝1/2）では45km/hであった。この結果を用いて、FFTポイント数が8k、16k、32kでの許容移動速度とそのときの伝送容量を導いた（表1）。

■ATSC（Advanced Television Systems Committee）3.0

米国の次世代地上デジタル放送方式であるATSC3.0の標準化活動に参加した。偏波MIMOおよびMISO、4096QAMまでの超多値変調、NUC、偏波間インターリーブ等の要素技術を盛り込

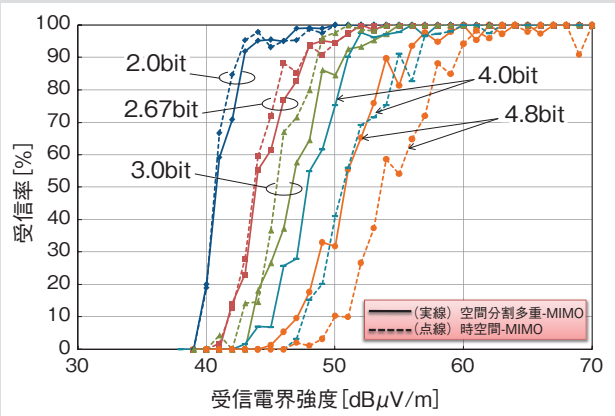


図3　時空間符号MIMOと空間分割多重MIMOの野外実験による比較

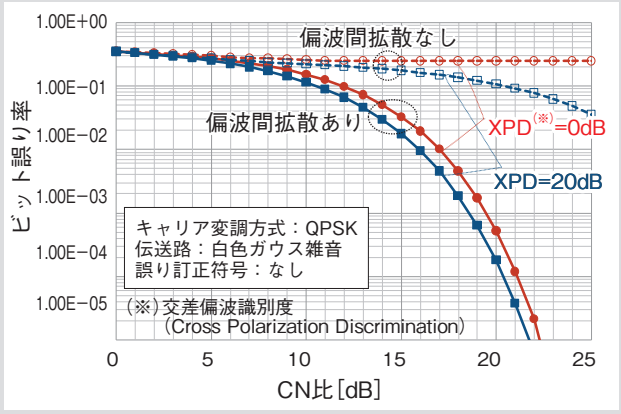


図4　偏波間拡散の効果

んだ伝送方式を検討し、その標準化に寄与した。また、8K SHV衛星放送での採用が予定されているMMT（Moving Picture Experts Group Media Transport）、TLV（Type Length Value）を用いた多重化方式について詳細技術を提案した。

表1　伝送容量と許容速度の関係（16QAM（R=1/2）の場合）

FFTポイント数（ガードインターバル比）	8k（1/8）	16k（1/16）	32k（1/32）
キャリア間隔[Hz]	992	496	248
許容移動速度[km/h]	180	90	45

〔参考文献〕
（1）蔀，朝倉，齋藤，斉藤，渋谷：“次世代地上放送に向けた伝送技術―Non-Uniform Mappingによる超多値信号の伝送特性改善―，” 映情学技報，Vol. 38, No. 5, pp.117-120（2014）
（2）齋藤，蔀，朝倉，土田，斉藤，渋谷：“偏波MIMO-超多値OFDM方式を用いた8Kスーパーハイビジョン地上波伝送実験，” 映情学技報，Vol. 38, No. 8, pp.53-56（2014）
（3）成清，宮坂，中村，実井，高田：“時空間MIMOと空間多重MIMOの移動受信における伝送特性の野外実験による比較，” 映情学年次大，6-3（2014）
（4）宮坂，成清，中村，高田：“偏波間拡散を適用したMIMO-OFDM伝送の検討，” 映情学技報，Vol. 38, No. 41, pp.9-12（2014）

1.10　FPU（8K-SHV）

8Kスーパーハイビジョン（SHV）映像素材の無線伝送を目指して番組素材伝送装置（FPU: Field Pick-up Unit）の研究を進めている。120GHz帯FPUの研究に加えて、2014年度から42GHz帯FPU、マイクロ波帯超多値OFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）ーFPU、移動伝送用FPUの研究を開始した。

■非圧縮スーパーハイビジョン用120GHz帯FPU

2014年度は、120GHz帯FPUの国内標準化に寄与するとともに、高信頼化のための性能評価と改善を進めた。

（一社）電波産業会（ARIB）での標準規格化を進め、開発した120GHz帯FPUの伝送方式が、標準規格に採用されるに至った[(1)]。これにより120GHz帯FPUが放送事業用として使用可能となった。

図1　生中継実験の様子

2013年度の降雨時の性能評価に続き、2014年度は降雪時における性能評価を実施した（図1）。2015年2月に野外伝送実験を実施した結果、120GHz帯FPUは降雪時および0℃以下の低温環境下においてもSHV信号を安定して伝送できることを確認した。本実験は、第66回さっぽろ雪まつり会場からの生中継実験として、札幌放送局SHVパブリックビューイングの来場者に公開した[(2)]。

■42GHz帯FPU

2014年度よりSHV信号を伝送する42GHz帯FPUの研究を開始した。標準規格であるARIB STD-B43準拠のOFDM変復調器を用いて野外伝送実験を行い、偏波多重での伝送が可能であることを確認するとともに、FPU装置の偏波多重一体型高周波部を試作した。また、電力増幅器のバックオフ量の改善を目指して、OFDM信号のピーク抑圧技術について検討した。送信信号の振幅を制限するクリッピング・フィルタリング法やサブキャリアに任意の位相回転を加える部分系列伝送法により、3dB程度のピーク抑圧効果が得られることが分かった（図2）。この結果を踏まえて、変復調器の広帯域化の検討を進めた。

■マイクロ波帯超多値OFDM-FPU

SHV信号の長距離無線伝送を目指して、2014年度から研究を開始した6/7GHz帯FPUの研究では、200Mbpsを超える大容量伝送が可能な超多値MIMO（Multiple-Input Multiple-Output）-OFDM変復調部の試作を行った。さらに、超多値

MIMO-OFDM信号のマイクロ波帯伝送に対応できるように高周波部の低雑音化を図った。試作した変復調部と高周波部の性能評価とともに、性能の改善を進めた。

■移動伝送用1.2GHz/2.3GHz帯FPU

SHV信号の移動中継を可能とする1.2GHz/2.3GHz帯FPUの研究を開始した。2014年度は、双方向通信機能により送信ビーム、変調方式や送信電力を適応制御するMIMO固有モード伝送方式の基礎検討を実施した[3][4]。

さらに、将来の装置化を見据えて、高周波部や方式検証用の信号処理部を備えた実験装置を試作した。時分割複信（TDD: Time Division Duplex）方式において、受信信号へ混入する送信信号の回り込み抑圧方法や、移動伝搬環境における増幅器のAGC（Automatic Gain Control）制御方式を検証するため、送受信高周波部を試作した。この研究の一部は、総務省の委託研究「次世代映像素材伝送の実現に向けた高効率周波数利用技術に関する研究開発」を受託して実施した。

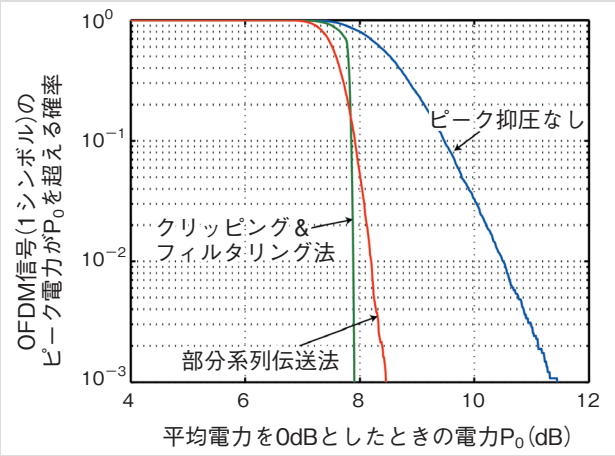


図2　OFDM信号のピーク抑圧効果

〔参考文献〕
(1)（一社）電波産業会：“超高精細度テレビジョン放送番組素材伝送用可搬形120GHz帯デジタル無線伝送システム（1.0版）,” ARIB STD-B65（2015）
(2) NHK: “第66回さっぽろ雪まつり【8Kパブリックビューイングを実施】,” 報道発表資料（2015）
(3) K. Mitsuyama and N. Iai: “Adaptive Bit and Power Allocation Algorithm for SVD-MIMO System with Fixed Transmission Rate,” IEEE WiMob, pp.455-460（2014）
(4) 光山，居相：“MIMO固有モード伝送方式の適応制御に関する一検討,” 信学総大，B-5-82（2015）

1.11　有線伝送技術

■SHVのケーブルテレビ伝送技術

8Kスーパーハイビジョン（SHV）信号を分割して複数のチャンネルで伝送することにより、同軸ケーブルを用いている現在のケーブルテレビでも配信可能とする複数搬送波伝送方式の研究を進めている。2014年度は、大規模ケーブルテレビ商用回線でのSHV伝送実験[1]を行い、100MbpsのSHV信号をケーブルテレビの多チャンネル信号と周波数分割多重伝送し、既設のケーブルテレビ施設にSHV複数搬送波伝送方式を適用できることを確認した（図1）。さらに、研究成果を（一社）日本CATV技術協会（JCTEA）に提案し、国内標準化を進めた。提案内容は、情報通信審議会　放送システム委員会の最終報告書に反映された。また、国際標準化にも取り組み、提案内容の一部を国際電気通信連合電気通信標準化部門（ITU-T）Study Group 9に入力し、勧告化に向けた審議に寄与した。

図1　ケーブルテレビSHV伝送実験の様子

■非圧縮SHV信号の光伝送技術

SHV番組素材伝送において、映像の圧縮による遅延や画質劣化を避けるために、非圧縮信号による光ファイバー伝送システムの研究を進めている。

光ファイバーによる番組素材の長距離伝送では、雑音や歪みによって信号品質が劣化し、受信信号に誤りが生じやすくなる。2014年度は、（一社）電波産業会（ARIB）において超高精細度テレビジョン信号スタジオ機器間インタフェース規格[2]に光波長多重伝送仕様を追加する検討に寄与し、さらに同信号に誤り訂正符号を付加することで、シングルモード光ファイバーでの波長多重伝送時に長距離化を可能とする装置を開発[3]した。この装置は、当所と茨城県つくば市の（独）産業技術総合研究所（産総研）の間（約173 km）を結ぶSHVライブ伝送実験とデモに使用された。この研究は、産総研と共同で実施した。また、2014 FIFAワールドカップのSHVライブビューイングにおいて、NHK放送センターから豊洲会場へのSHV伝送にも使用された。さらに、SHV光伝送装置の将来の小型・低廉化を目指して、波長当たりの伝送速度を従来の10Gbpsから25Gbpsの高速信号に変換することで、従来と比べて1/3の波長数で光伝送する装置を試作した。

イーサネット網を介した放送局内・局間のSHV番組素材伝送システムの研究に関しては、2014年度は、伝送路で発生したイーサネットパケットのデータ誤りを受信側で訂正する技術

を開発し、試作機でその有効性を確認した。

〔参考文献〕
(1) 袴田，中村，小山田，木下，上園，渡会：“大規模ケーブルテレビ商用回線での8K・スーパーハイビジョン伝送実験，” 映情学年次大，21-9 (2014)
(2) (一社) 電波産業会：“超高精細度テレビジョン信号スタジオ機器間インタフェース規格 (1.0版)，” ARIB STD-B58 (2014)
(3) 川本，中戸川，小山田：“誤り訂正符号化を用いた非圧縮フル解像度スーパーハイビジョン信号光伝送装置の開発，” 映情学年次大，21-10 (2014)

1.12　国内標準化

4K/8Kに対応した超高精細度テレビジョン放送システムの国内標準化活動に参加し、技術基準の策定に取り組んできた。

2012年11月、総務省は「放送サービスの高度化に関する検討会」を立ち上げ、2013年6月、4K/8Kによる放送を早期に実現するために放送事業者や受信機メーカー等が取り組むべき目標と時期を定めたロードマップを公表した。情報通信審議会情報通信技術分科会放送システム委員会は、2013年5月、周波数帯域幅34.5MHzの衛星放送を対象とした高度広帯域伝送方式、および周波数帯域幅27MHzの衛星放送を対象とした高度狭帯域伝送方式を利用した超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件の検討を開始した。超高精細度テレビジョン放送の要求条件がとりまとめられた後、放送システムを構成する伝送路符号化、多重化、限定受信、映像符号化、音声符号化の各技術が検討され、2014年3月、「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」が情報通信審議会から答申され[(1)]、2014年6月、国の技術基準である総務省令や総務省告示が公布された。2014年7月、国の技術基準に基づき放送方式の詳細を規定する民間標準規格、ならびに国の技術基準では規定されないマルチメディア符号化に関する標準規格が、(一社) 電波産業会 (ARIB) で策定され、同年12月には受信装置の標準規格が策定された (表1)。当所は、これら一連の超高精細度テレビジョン放送方式の標準化に情報通信審議会作業班構成員、ARIB開発部会委員長、同作業班主任・委員として参加し、方式策定に寄与した。

〔参考文献〕
(1) 平成25年度情報通信審議会答申　諮問第2023号，平成26年3月25日 (2014)

表1　超高精細度テレビジョン放送方式 (高度広帯域伝送方式)

分野	ARIB標準規格	主な内容
伝送路符号化	STD-B44	ロールオフ率0.03, 16APSK (7/9) により1中継器当たりの伝送容量約100Mbit/s
多重化	STD-B10 STD-B32 第3部 STD-B60	MMT (MPEG Media Transport) またはMPEG-2 TSによる多重化
限定受信	STD-B61	AESまたはCamelliaの128bitブロック暗号とダウンロードダブルCAS
映像符号化	STD-B32 第1部	HEVCによる8K/4K/2K, 60Hz/120Hz、広色域映像の符号化
音声符号化	STD-B32 第2部	MPEG-4 AACによる最大22.2ch音声の符号化、MPEG-4 ALSによるロスレス符号化、ダイアログ制御情報の送出
マルチメディア符号化	STD-B62	HTML5によるマルチメディア符号化とARIB-TTMLによる字幕符号化
受信装置	STD-B63	宅内配信方式の選定、受信装置各部の仕様

2　立体映像

次世代の超高臨場感放送を見据え、特殊なめがねが不要で自然で見やすい立体テレビの実現に向けて、インテグラル方式の研究、電子ホログラフィー用デバイスの研究、多視点映像から立体像を生成する技術の研究を進めた。

インテグラル方式の撮像・表示方式の研究では、多画素化と広視域化に向けた要素技術の研究に取り組んでいる。2014年度は、複数のカメラを並列配置した撮像装置を試作し視域の拡大を図るとともに、レンズアレーと撮像素子を密着配置した密着撮像技術の研究を進めた。表示方式では、複数の液晶パネルを並列に配置した表示装置を試作した。

インテグラル立体像の再現品質に関する研究では、立体像に対する眼のピント調節応答と両眼輻輳を同時に測定する実験を行い、立体像の奥行き位置に両者が追従することが確かめられた。また、インテグラル方式の表示パラメーターと解像度の関係をシミュレーションするために、運動視差が再現可能な2眼立体表示装置を試作した。この装置を用いて、運動視差と奥行き弁別に関する主観評価実験を行い、シミュレーションの妥当性を検証した。

2013年にMPEG-FTV（Free-viewpoint Television）アドホックグループの活動が始まり、当所からもその標準化活動に参加してきた。2014年度は継続してMPEG会合に参加するとともに、MV-HEVC（Multi View High Efficiency Video Coding）方式を用いてインテグラル立体の符号化実験を行った。

電子ホログラフィーの研究では、スピン光変調デバイスの研究を進めた。2014年度は、試作したアクティブマトリックス駆動素子の上にトンネル磁気抵抗効果を用いた光変調素子を形成し、動作検証を行った。また、2014年度に新たに開始した光偏向型表示素子の研究では、インテグラル立体表示への適用を目指して、電気光学材料を応用して光ビームの方向を高速に制御可能な光偏向素子の計算機シミュレーションとデバイス試作を進めた。

多視点映像から立体像を生成する技術の研究では、複数のカメラの映像からインテグラル立体像を生成する技術や映像制作への応用に関する研究を進めている。2014年度は、カラー画像と赤外線画像を同時に取得できるカメラを複数用いて、その撮影映像からインテグラル立体像を生成するアルゴリズムを試作した。また、実用型多視点ロボットカメラは機能改善と運用性向上を図り、番組中継などで活用した。

2.1　インテグラル立体テレビ

自然で見やすく、特別なめがねが不要な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像・表示の双方に用いて空間に立体像を再現する方式である。2014年度は、立体像の高品質化、および立体像の再現品質について検討した。

■立体像の高品質化

高品質なインテグラル立体像を表示するためには、さまざまな方向からの多くの光線情報を取得し、再現する必要がある。そのため、非常にたくさんの画素数を持つ撮影・表示装置や、多くの微小レンズを有するレンズアレーが要求される。撮影・表示装置として、これまで8Kスーパーハイビジョンの映像デバイスを利用して試作を進めてきたが、単一の映像デバイスだけで再現できる立体像の品質には限界がある。そこで、複数のカメラや表示デバイスを組み合わせることにより、全体で多画素化を図ることができる映像システムを検討している。

2014年度は、計7台のハイビジョンカメラを用いた撮影装置を試作した（図1）。単体のカメラを用いた場合と比較して、視域（立体像を見られる範囲）が水平・垂直方向ともに約2.5倍に拡大された立体像を、動画で撮影することができた[(1)]。また、2枚の小さなレンズアレーを撮像素子に密着配置し、各々のレンズアレーで得られる情報を合成処理することで、高品質化を図った撮像装置を試作した。

表示装置の研究では4台の液晶パネルを用いて多画素化したインテグラル立体表示装置を開発した。各々の液晶パネルの映像を、レンズアレーと凹レンズを用いて拡大し、光学的に継ぎ目なく結合することにより、立体像を表示できる面積を従来の約4倍に拡大することができた[(2)]（図2）。

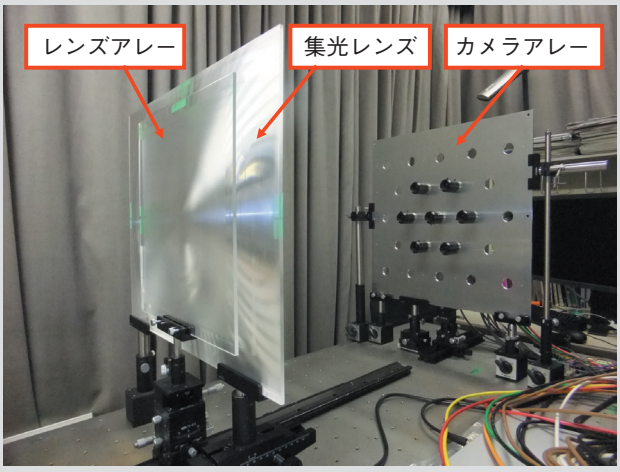


図1　7台のハイビジョンカメラを用いたインテグラル立体撮像装置

これらの研究の一部は、総務省の委託研究「複合撮像面を用いた空間情報取得システムの研究開発」を受託して実施した。

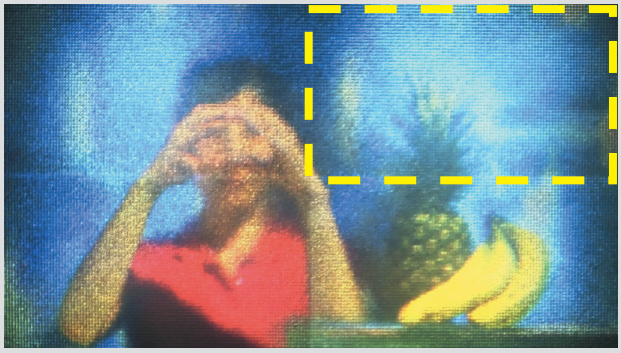


図2　4台の液晶パネルを用いて再生したインテグラル立体像（点線は従来の表示範囲）

■立体像の再現品質

2012年度から、インテグラル方式による立体像の再現品質に関する検討を進めている。

2眼立体方式では、輻輳（ふくそう）位置（対象物を注視したときに両眼の視線が交わる位置）は立体像に一致するが、眼球のピント調節（以後、“調節”とする）位置はディスプレー面に固定されて立体像とは一致しないため、人間の視覚機能に負担を与えると考えられる。一方、インテグラル方式は空間に結像した立体像を観察するため、原理的には、輻輳位置と調節位置は共に立体像に一致し、実物を観察した時と同じような自然な立体像が表示できると言われている。この特徴を検証するため、これまでにインテグラル方式による立体像を観察したときの調節応答を測定し、立体像の位置に調節位置が追従することを確認した。2014年度は、調節応答と輻輳応答を同時に測定し、実物を観察した場合と比較した。この結果、インテグラル方式では、調節位置と輻輳位置が立体像の位置に追従することを確認するとともに、2眼立体方式と比べて実物を観察した場合に近い調節および輻輳の応答特性が得られた。

インテグラル方式では、観察者の視点位置に応じた立体像が再現できること、すなわち運動視差の再現が大きな特徴である。2014年度は、立体感に対する運動視差の影響を検証するため、観察者の視点位置に追従して運動視差を再現できる2眼立体表示装置を試作した[(3)]。この装置を用いて、運動視差の有無により物体の奥行き量をどの程度の精度で識別できるか、すなわち奥行き弁別精度の評価実験を行い、運動視差があることによって奥行きの弁別精度が向上することを示すデータを取得した。今後もこの装置を用いて種々の評価実験を進め、レンズアレーのピッチや焦点距離などのシステムパラメーターと再現品質との関係を調べていく。

2013年度から検討を開始したインテグラル方式の符号化技術について、2014年度は、インテグラル方式に既存の映像符号化方式であるMV-HEVC（Multi View High Efficiency Video Coding）を適用することにより、圧縮効率に関して基礎検討を行った[(4)]。

〔参考文献〕

(1) M. Miura, N. Okaichi, J. Arai and T. Mishina: “Integral three-dimensional capture system with enhanced viewing angle by using camera array,” Proc. SPIE, Vol. 9391, pp.939106.1-939106.7 (2015)
(2) N. Okaichi, M. Miura, J. Arai and T. Mishina: “Integral 3D display using multiple LCDs,” Proc. SPIE, Vol. 9391, pp.939114.1-939114.6 (2015)
(3) 片山，三科，岩舘：“視点追従を行うインテグラル立体二眼シミュレーションシステム,” 映情学冬大，5-4 (2014)
(4) 原，洗井，三科，岩舘：“MV-HEVCを用いたインテグラル立体像の符号化画質に関する一検討,” 映情学冬大，5-5 (2014)

2．2　表示デバイス

■スピン注入型空間光変調器の研究

自然な立体像を表示することができる空間像再生型の立体テレビを実現するために、電子ホログラフィー用表示デバイスの研究に取り組んでいる。広い視域で立体像を動画表示するためには、これまでにない微細な画素で構成される超高密度・高速動作の空間光変調器（SLM: Spatial Light Modulator）が必要である。当所では1 μm以下の微細な画素サイズが実現できるスピン注入型SLM（スピンSLM）を提案し、その開発を進めている[(1)]。スピンSLMは、画素を構成する磁性体の磁石の向き（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って、光を変調することができる。磁性体の磁化方向は、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。

2014年度は、昨年度試作したSLMの任意の画素を制御し、光変調するための外部駆動回路を設計・作製した。SLMには、画素ごとにソース、ゲート、ドレインからなるMOS（Metal Oxide Semiconductor）トランジスター部が形成され、ドレインの先に光変調部が接続される。光変調部には、低電流で動作させるためにTMR（Tunnel Magneto-Resistance: トンネル磁気抵抗）光変調素子[(2)]を用いた。さらに光変調素子の上部には、光を入射・出射できるように透明電極を形成した（図1）。TMR光変調素子は、磁化固定層、絶縁層、および光変調層の3層で構成され、それぞれにはテルビウム・鉄・コバルト（Tb-Fe-Co）合金とコバルト・鉄（Co-Fe）合金の積層膜、酸化マグネシウム（MgO）膜、およびガドリニウム・鉄（Gd-Fe）合金膜を用いた。任意の画素の磁化方向を外部電気信号により制御し、画素の白／黒パターンを表示することに、AM駆動では初めて成功した。さらに、画素の微細化に向けてスピンSLM用AM駆動回路の設計と試作を進めた。

一方、立体像表示の原理検証のために、磁気光学材料の固定パターンからなる超高密度ホログラム（画素ピッチ1 μm、画素数10K×10K）を設計・試作し、広視域角37度での立体像再生、およびホログラムへの外部磁界印加による再生像のON/OFF動作を確認した。

この研究の一部は、（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。

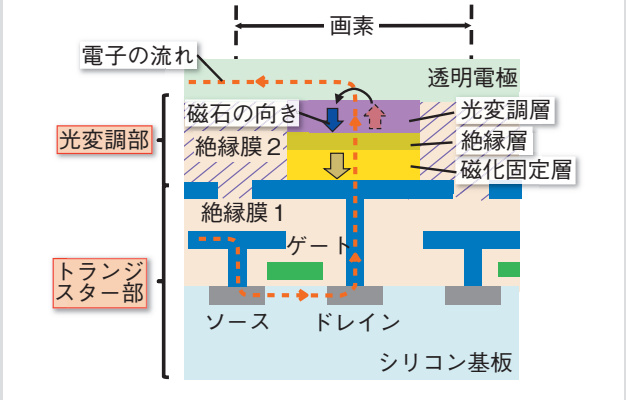


図1　AM駆動方式TMR型スピンSLMの基本構造

■光偏向デバイスの研究

レンズアレーを用いずにインテグラル立体ディスプレーの性能を飛躍的に向上させることを目指して、光線の進行方向および形状を自在に制御できる新しい光偏向デバイスの開発を進めている。これまでに、サブミクロンサイズの微細化構造を利用した干渉効果によって光線を斜め方向に出力制御できる基本原理について、シミュレーションおよび試作デバイスにより検証してきた[(3)]。2014年度は、光線の偏向方向と形状を可変制御できるデバイスの実現に向けて、外部電圧で屈折率が変化する電気光学材料を適用した光導波路の研究に着手した。光導波路として、平面内に光を閉じ込めるスラブ型および微小空間内に光を閉じ込めるチャンネル型の2種類について検討した。光導波路の基本動作を解析するための光伝搬シミュレーターを開発し、電圧の印加による光導波路内での光の位相変化量を定量的に解析した。さらに、複数個のチャンネル型光導波路をアレー配列とした場合の出力光線の偏向角とビーム拡がり形状の特性をシミュレーション解析した。同時に、スラブ型光導波路の試作と基本特性評価を行った。

〔参考文献〕
(1) K. Aoshima, K. Machida, D. Kato, T. Mishina, K. Wada, Y. Cai, H. Kinjo, K. Kuga, H. Kikuchi, T. Ishibashi and N. Shimidzu: “A Magneto-Optical Spatial Light Modulator Driven by Spin Transfer Switching for 3D Holography Applications,” J. Display Technol., Vol. 11, No. 2, pp.129-135 (2015)
(2) H. Kinjo, K. Machida, K. Matsui, K. Aoshima, D. Kato, K. Kuga, H. Kikuchi and N. Shimidzu: “Low-current-density Spin-transfer Switching in Gd22Fe78-MgO Magnetic Tunnel Junction,” J. Appl. Phys. Vol. 115, No. 20, pp.203903.1-203903.3 (2014)
(3) Y. Motoyama, Y. Hirano, K. Tanaka, N. Saito, H. Kikuchi and N. Shimidzu: “Directional Control of Light-Emitting-Device Emission Via Sub-micron Dielectric Structures,” IEEE Photonics Conf. 2014, pp.160-161 (2014)

2．3　多視点映像からの立体コンテンツ生成

インテグラル方式において、遠方の被写体や大きな被写体など、光学的手法では撮影することが難しい被写体のインテグラル立体像を取得する手法について検討を進めている。

2013年度は、赤外線のドットパターンを照射した被写体を、2台の赤外線カメラおよび2台のカラーカメラで構成されるカメラアレーを用いて撮影していた。2014年度は、入射した光をハーフミラーで分光して赤外線用とカラー用の2つのイメージセンサーに導くことで、赤外線映像とカラー映像を1台で同時撮影することができる赤外線カラーカメラを導入した。これにより、カメラアレーの構成を2台の赤外線カラーカメラおよび赤外線ドットプロジェクターとし、コンパクト化を図った（図1）。また、奥行き方向の解像度を改善するためには赤外線カラーカメラの間隔を広げることが有効であるが、視点の変化量が増加することによる映像ひずみが奥行き推定精度の低下を引き起こすため、推定精度の低下を抑制する手法について検討した[(1)]。

一方、放送への応用を目的として、実用性を向上させた多視点ロボットカメラを開発した[(2)]（図2）。カメラの小型化やケーブル本数の削減による運用性の向上、撮影した映像の処理時間の短縮、ならびに多視点映像の高品質化を実現した。また、スポーツシーンにおける選手やボールの動きをより分かりやすい視点の撮影映像に切り替えて表現する新たな映像表現法を考案した[(3)]。開発した多視点ロボットカメラや映像表現法については、2014年8月の全国高等学校総合体育大会ハンドボール競技での撮影実験や11月のNHK杯国際フィギュアスケート競技大会での番組運用などを通じて、運用性や有効性を確認した。

〔参考文献〕
(1) 久富，加納，池谷，片山，三科，相澤：“赤外線ドットパターンと赤外線カラーステレオカメラを用いた奥行き推定手法,” 映情学技報，Vol. 38, No. 51, pp.17-20 (2014)
(2) K. Ikeya, K. Hisatomi, M. Katayama, T. Mishina and Y. Iwadate: “Bullet Time Using Multi-Viewpoint Robotic Camera System,” CVMP’14 Proceedings of the 11th European Conference on Visual Media Production Article, No. 1 (2014)
(3) 池谷，久富，片山，三科，岩舘：”複数フレームで視点切り替え可能なぐるっとビジョン,” 映情学冬大，9-1 (2014)

図1　赤外線カラーカメラアレー

図2　多視点ロボットカメラ

3　放送通信連携サービス

放送と通信の融合時代における新たな放送サービスの実現に向けて、放送通信連携技術とサービスの両面から研究開発を進めた。

ハイブリッドキャストについては、録画再生機能を始め、放送以外の事業者もサービスの提供を可能にする放送外マネージドアプリ対応機能、放送・通信の高精度な同期提示機能等について検討を進め、(一社) IPTVフォーラムにおいてハイブリッドキャスト技術仕様第2.0版の策定に貢献した。また、スーパーハイビジョン (SHV) 放送において高度なマルチメディアサービスを実現するため、ハイブリッドキャスト技術仕様をベースに新たな多重化方式や字幕・文字スーパー符号化方式などの検討を進め、SHVにおけるマルチメディア放送規格である (一社) 電波産業会のARIB STD-B62の策定に寄与した。

端末連携サービスについては、タブレット端末の画面をタップする簡易な操作で放送番組内の興味対象を記録して外部のインターネットサービスと連携できる、テレビノートサービスをハイブリッドキャストの放送外マネージドアプリとして試作した。また、テレビ画面を携帯端末の内蔵カメラを通して撮影・視聴することで、新たな視聴体験を提供するAugmented TVサービスの開発を進め、テレビ画面に対する携帯端末の位置や姿勢を推定する方式の開発と実装評価を行った。

コンテンツ情報ネットワークの研究として、インターネットサービスにおける番組情報の利活用技術やSNS (Social Networking Service) 等のデータを解析する技術の開発を進めた。放送局が保有する番組関連情報をLOD (Linked Open Data) 形式で提供する番組情報データハブの試作や、SNSなど外部のさまざまなビッグデータの分析・活用手法の検討を進めた。

番組視聴解析の研究では、視聴状況の取得技術と視聴者の興味内容推定技術の開発を進め、視聴者のテレビ視聴状況から視聴者が興味を持ったキーワードを推定してタブレット端末に表示するシステムを試作した。また、取得した興味キーワードによる個人プロファイル生成手法や番組推薦手法の開発を進めた。

セキュリティー基盤については、安全で確実なサービスの提供に向けて、クラウド上で暗号化したままデータ検索ができる検索可能暗号化システムを試作した。また、コンテンツの不正な流通を防ぐ方法として、圧縮ストリームに対して受信機を識別する情報を埋め込むことが可能な電子透かしアルゴリズムを開発した。

IP配信については、ハイブリッドキャスト対応テレビ受信機やモバイル端末など各種視聴端末に対して効率的に映像を配信するための配信プラットフォームの開発に着手した。また、過去に放送した大量の番組を気軽に視聴できる分散サーバー放送システムの研究を進め、放送時刻や出演者などのタグを使ってザッピングしながら見たい番組を探すことができるタイムザッピングシステムを試作し、その評価を実施した。

3.1　ハイブリッドキャスト

放送と通信ネットワークの特徴を生かし、拡張性に富み、新たなサービスを柔軟に展開可能なハイブリッドキャストの研究を進めている。2014年度は、ハイブリッドキャストのさらなる高度化と、8Kハイブリッドキャストを含むスーパーハイビジョンにおけるマルチメディア放送 (SHVマルチメディア放送) に向けた研究開発を推進するとともに、規格化・標準化への対応を実施した。また、2013年9月にサービスを開始したハイブリッドキャストの一層の普及に向けて、技研公開を始め国内外で多様なサービス例を展示してその魅力を伝えた。

■ハイブリッドキャストの高度化

2013年に (一社) IPTVフォーラムで策定されたハイブリッドキャスト技術仕様第1.0版に対し、2014年度はさらなるサービスの高度化へ向けて要素技術の検討と実験的な検証を行い、技術仕様第2.0版への反映・策定を推進した。

技術仕様第2.0版では、VOD (Video On Demand) ／録画再生機能への対応、放送外マネージドアプリの実現、放送・通信の高精度な同期提示などが新たな機能として追加された。2014年度の技研公開では、受信機メーカーの協力を得てプロトタイプ受信機を展示した。

VOD/録画再生機能への対応としては、アプリからのVOD再生機能や、放送番組の録画・再生機能および録画番組視聴時の連動アプリ起動がある。これらの機能を検証するための受信

図1　VODに直接遷移可能な番組表の例

機を試作するとともに[1]、VODへの直接遷移が可能な番組表アプリを試作し展示した（図1）。さらに、VODコンテンツ配信方式としてMPEG-DASH（Dynamic Adaptive Streaming over HTTP）の適用を目指し、テストストリームの作成や各メーカー製テレビでの再生検証など、ハイブリッドキャスト運用規定への反映と実サービスに向けた技術検証を進めた。

放送外マネージドアプリは、放送以外の事業者がアプリを提供し、放送チャンネルによらず利用可能とすることで新たなサービスとビジネスモデルの実現を可能とするものである。当所では、サービス事業者へ提供する番組関連データの配信管理[2]（図2）やプッシュ型伝送方式の検討に加え、受信機モデル[3]やアプリの試作も行い、サービス利用全般にわたるシステムモデルを検討した[4]。図3に放送外マネージドアプリの試作例を示す。これは、プッシュ型で配信されるデータをリアルタイムで受信して画面上に表示するもので、列車の運行情報や気象情報など、生活に密接に関連した情報を迅速に知ることが可能となる。

図2　試作した番組関連データの配信管理システム

図3　放送外マネージドアプリの例（生活情報）

高精度同期方式は、時刻情報を利用して放送と通信で配信されるコンテンツを映像フレーム単位で同期させて利用するものであり、同一番組での別角度の映像を視聴可能とするマルチアングルサービスに不可欠な要素技術である。2014年度は、テレビ画面に表示される主番組と同期して、タブレットやスマートフォンなど別デバイス上で映像を再生するための基礎技術を開発した[5]。データ情報との同期提示を始め多くの応用が想定されるため、実現性の検証を継続して進めていく。

■ハイブリッドキャストの普及促進

2013年12月に開始された番組連動型ハイブリッドキャストをより多くの番組に適用するために、当所では制作部局に対して技術支援等を実施している。2014年9月から開始された新たな番組での連携型サービスでは、当所で試作したアプリを基本にし円滑なサービス開始に貢献した。

また、2014年度の技研公開では、民間放送事業者などの協力を得て民放のハイブリッドキャストサービス例も展示し、より広く展開するハイブリッドキャスト像を示した。

■SHVマルチメディア放送へ向けた取り組み

SHVマルチメディア放送の実現に向けて、ハイブリッドキャストの技術を基本に、超高精細・大画面の特徴を生かした将来の8Kハイブリッドキャストサービス例を試作した（図4）。ゴルフ番組とともに、放送や通信で提供されるマルチ映像、多言語字幕、SNS（Social Networking Service）のつぶやきなど、多様な情報を画面上に同時に表示する例を技研公開で展示した。

図4　8Kハイブリッドキャストのサービス例

■規格化・標準化対応

国内での規格化対応においては、IPTVフォーラムにおける技術仕様第2.0版[6]の策定を推進するとともに、HTML5に対応した新VOD方式の実現に向けて、HTML5ブラウザ仕様第2.1版および運用規定第2.0版の策定にも寄与した。

また、関連部局と連携してSHVマルチメディア放送に関連する方式の規格化に対応した。MMT（MPEG Media Transport）をベースとした伝送方式、ブラウザー機能とデータ符号化、TTML（Timed Text Markup Language）での字幕・文字スーパー符号化方式などについて検討を進め[7]、2014年7月には、これらの検討方式を網羅したSHVマルチメディア放送規格であるARIB STD-B62[8]が策定された。また、字幕・文字スーパーの検討では、設備整備に不可欠な交換方式および運用規定の検討に参画し、受信機開発に必要となるテストデータを作成した。

国外での標準化対応では、国際電気通信連合無線通信部門（ITU-R）および国際電気通信連合電気通信標準化部門（ITU-T）において、放送通信連携システム勧告案にハイブリッドキャストを反映させた。さらに、放送通信連携システムに関するリポートに技術仕様第2.0版およびARIB STD-B62を反映させた。

また、HTML5の規格化を進めているW3C（World Wide Web Consortium）においては、総会であるTPAC（Technical

Plenary/Advisory Committee Meeting）会議で、技術仕様第2.0版で実現される機能について概要を報告し、ハイブリッドキャストの国際的な理解・普及促進に取り組んだ。

〔参考文献〕
（1）古宮，武智，大亦，松村，砂崎，加井：“ハイブリッドキャストにおけるVOD・録画再生機能の検討,” 映情学年次大，24-5（2014）
（2）広中，真島，加井，砂崎：“ハイブリッドキャストにおける番組関連データ提供技術の検討,” 映情学年次大，24-4（2014）
（3）遠藤，長谷川，大亦，馬場，松村，加井：“ハイブリッドキャストにおける放送外マネージドアプリケーション受信機機能の試作,” 映情学年次大，24-2（2014）
（4）大亦，遠藤，馬場，松村，藤沢，武智，真島，砂崎，加井：“放送通信連携プラットフォーム「ハイブリッドキャスト」の開発とサービスの多様化に向けた拡張方式の提案,” 情処学研報，Vol. 2014-CDS-11, No. 8, pp.1-10（2014）
（5）大西，大亦，松村：“Wi-Fi接続マルチスクリーン端末における放送通信同期手法の検証,” 映情学年次大，24-7（2014）
（6）（一社）IPTVフォーラム：“放送通信連携システム仕様2.0版,” IPTVFJ STD-0010（2014）
（7）馬場，竹内，武智，加井：“スーパーハイビジョン衛星放送におけるマルチメディアサービスのための方式検討,” 映情学技報，Vol. 38, No. 35, pp.21-24（2014）
（8）（一社）電波産業会：“デジタル放送におけるマルチメディア符号化方式（第2世代）（1.0版）,” ARIB STD-B62（2014）

3.2　端末連携サービス

放送通信連携サービスの更なる高度化を目指し、ユーザーデータの利活用技術、携帯連携システム技術の研究を進めている。

■ユーザーデータの利活用技術

ハイブリッドキャストの放送外マネージドアプリの普及に向けて、放送番組やCMの視聴を起点として、視聴者の興味対象を効率よく収集することで、インターネットでの検索、購買およびSNS（Social Networking Service）等の活動を支援するシステム「テレビノート[(1)]」の開発を進めた。

本システムは、テレビと連携するタブレット端末の画面をタップするだけの簡易な操作で、テレビ画面上に映る興味対象を記録できる。記録された情報は、認証された視聴者の興味データとして蓄積され、放送後に視聴者の興味に応じたインターネットサービスへとつなげることができる。

図1　テレビノート

2014年度は、外部の事業者が提供するメタデータを興味対象に関連付けることでインターネットからの情報を容易に取得できる手法を開発した。複数の放送チャンネルで共通に利用できる放送外マネージドアプリとして試作し、技研公開で展示した（図1）。

■端末連携システム技術

テレビ画面をスマートフォンやタブレットなどの携帯端末に内蔵されたカメラを通して撮影・視聴することで、新たな視聴体験「“Augmented TV”サービス」を提供する端末連携システムの研究開発を進めた。本システムは、携帯端末において、テレビ画面の再撮映像に3DCG等の通信コンテンツを同期させながら重ね合わせることにより、放送コンテンツをテレビ画面外に拡張することができる。

2014年度は、携帯端末のジャイロセンサーを用い、通信コンテンツの位置を合わせるための簡素な矩形枠をテレビ画面の周囲に表示することで、短時間に位置・姿勢を推定する方式を開発した[(2)]。

市販のタブレット端末を用いた実装評価の結果、一度テレビ画面を撮影して位置・姿勢の推定を行えば、テレビ画面を外れた周囲を撮影した場合であっても、テレビ画面との位置関係を維持しながら通信コンテンツを違和感なく継続的に表示できることを確認し、本方式の有効性を示した。

〔参考文献〕
（1）山村，大亦，中川：“テレビノートーハイブリッドキャストを用いた番組視聴のアノテーションと利活用ー,” 映情学年次大，24-6（2014）
（2）川喜田，中川，佐藤：“カメラとジャイロセンサーを用いたTV画面の位置と姿勢の推定方法,” 映情学年次大，13-1（2014）

3.3　コンテンツ情報利用、番組視聴解析

より魅力的な放送通信連携サービスの提供を目指して、インターネットサービスにおける番組情報の利活用技術やSNS（Social Networking Service）等のデータの解析技術、視聴者の番組視聴状況の取得と興味内容の推定技術の研究開発を進めた。

■コンテンツ情報ネットワークの研究

放送局のインターネットサービスの可能性を探るため、放送局が保有する番組関連の情報を計算機に可読なLOD（Linked Open Data）形式に構造化しAPI（Application Programming Interface）を通して提供することで、放送局やさまざまな事業者のサービスで利活用できるようにする番組情報データハブを試作した。

番組編成情報に基づき、番組情報や関連情報を表現・共有するためのデータベース構造を設計し、インターネット上で公開されている百科事典であるWikipediaをLOD化した日本語版DBpediaの語彙と自動的なリンク付与を行うことで、外部のオープンデータとも連係が可能なデータハブを構築した[(1)]。さらに、データハブの試作にあたっては、さまざまなインターネットサービスでの番組関連情報の具体的な利用を想定し、番組分野毎にデータ構造やAPIを検討した。健康ジャンルの番組では、技研で研究中の番組関連知識データである概念マップ・コンテンツマップとのリンク付けを行い、これらの知識情報を使った高度な検索を可能とした。また、学校放送番組では、理科の映像コンテンツを、Wikipediaから抽出した構造とひも付けることで体系化する手法を検討した[(2)]。

この番組情報データハブを構築することで、番組関連情報を利用したい放送局やサードパーティー事業者と、より容易なサービス連携が可能になる。例えば、放送局が有する健康番組の情報を活用して、料理や生活情報を提供する他の事業者のサービスを充実させるなど、さまざまな分野で、番組情報を利活用した多様なインターネットサービスの創出が期待できる。

一方、SNSや外部のオープンデータなど、放送局の外部のさまざまなビッグデータの分析・活用手法についても検討を進めた。東日本大震災時にTwitterでつぶやかれたメッセージを分析したところ、大規模災害時は平常時に比べて地名など固有名詞の出現頻度が突出して高く、文章要約で一般的に使用される単語重要度の指標などでの特徴抽出が不可能であることがわかったため、この例のように、トピックが偏った場合に有効なメッセージ分類手法を提案した[(3)]。今後の地域防災や、災害時の放送取材において、適切かつ有効なメッセージ抽出ができると期待される。

■番組の視聴状況取得と解析技術の研究

視聴者の嗜好や視聴スタイルを考慮したきめ細かい放送や生活サービスの実現を目指して、視聴状況の取得技術と視聴者の興味内容推定技術の研究を進めている。

2013年度に実施したテレビ視聴実験の分析結果に基づいて、テレビ視聴状況から視聴者が興味を持ったキーワードを推定してタブレット端末に表示するシステム[(4)]を開発し、2014年度の技研公開で展示した（図2）。このシステムでは、あらかじめ番組情報から字幕キーワードを取得し、出現頻度等に基づいて字幕キーワード毎の重要度を計算しておく。番組視聴時には、視聴状況として注視状態（顔の向き）[(5)]と表情表出の度合いから興味度を計算する。そして、字幕ワードの重要度との積の時間平均から興味候補キーワードの推定を行い、キーワード

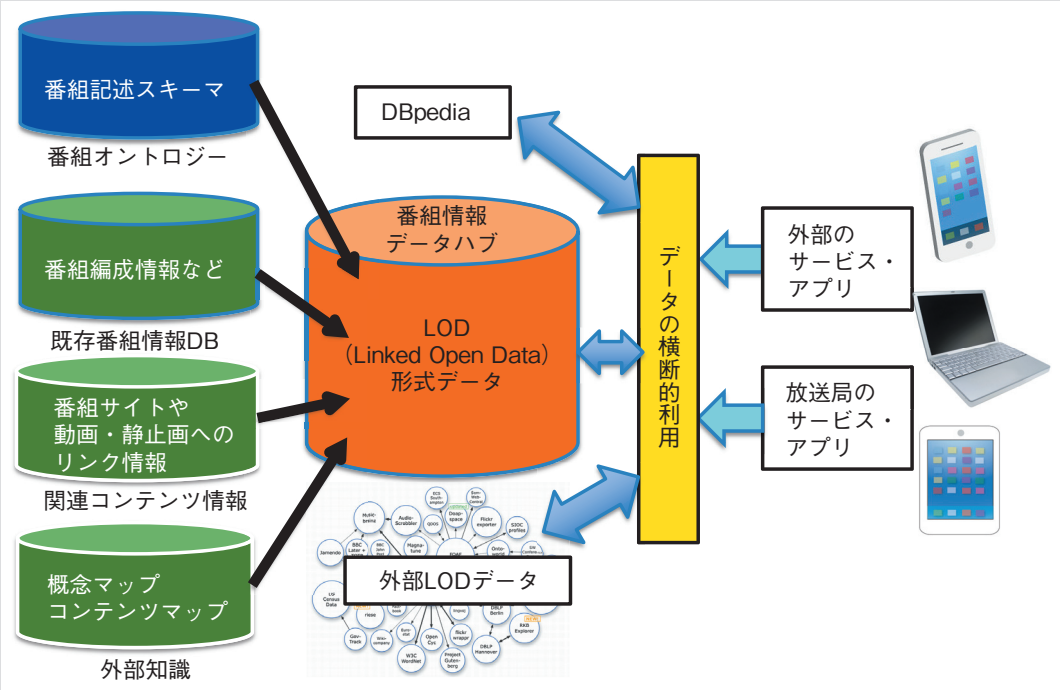


図1　番組情報データハブの概念図

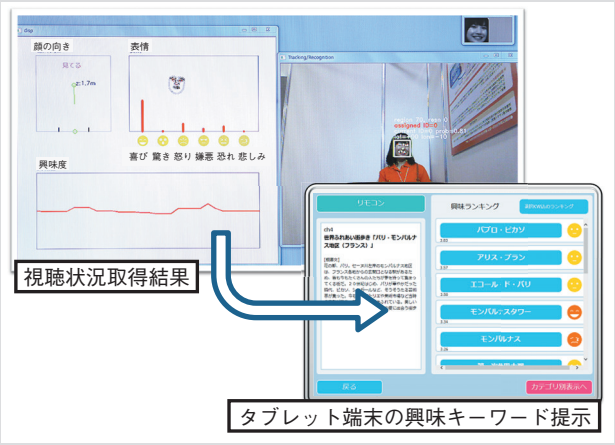


図2　視聴状況取得と端末へのキーワード提示例

を順位付け（ランキング）してタブレットにリアルタイムに表示する。視聴実験のデータで確認したところ、被験者がアンケートで回答した興味キーワードがタブレット上でのランキングの上位に表示され、この手法の有効性を確認した。本技術は、5月に行われたNHK HACKATHONイベント[6]にも提供し、一般参加者によるアプリケーション開発に利用された。なお、視聴状況取得については、注視状態推定の研究は東京都市大学と、顔表情認識の研究は東京大学と共同で実施した。

また、番組の視聴状況に基づいた個人プロファイル生成手法を提案した。提案手法では、テレビ視聴時の興味ワードを蓄積してカテゴリーに分類することによって自動的に個人プロファイルを生成する。具体的には、Wikipediaに登録されているカテゴリーから構築した木構造グラフに、興味キーワードのカテゴリーの重みを反映させて個人プロファイルを生成した。一般家庭状況において10名の被験者により2週間にわたって視聴状況取得実験を実施し、提案手法で生成した個人プロファイルと被験者からのアンケート回答とを比較したところ、自動生成したカテゴリー分布が個人の興味ジャンルと同傾向であることを確認した。さらに、被験者が興味を持つと思われる番組の視聴予測に各被験者の興味キーワードを利用したところ、予測精度が向上することも確認できた。

〔参考文献〕
(1) 宮崎，浦川，山田，三浦，住吉，藤沢，中川：“番組情報データベースのLOD化の検討，” 人工知能学会　pp.01-01-01-04 (2014)，SIG-SWO-A1402-01
(2) 浦川，宮崎，山田，中川，藤沢：“Wikipediaから構築した生物オントロジーによる映像コンテンツの体系的な表現方法の検討，” 情処学全大，5B-06 (2015)
(3) 有安，藤沢：“大規模災害における防災・減災のためのSNS解析手法の提案，” 映情学冬大，3-2 (2014)
(4) 山内，奥田，高橋，クリピングデル，苗村：“視聴状況に基づいた興味内容推定システムの試作，” 映情学年次大，7-6 (2014)
(5) M.Takahashi, S.Clippingdale, M.Naemura and M.Shibata: “Estimation of Viewers’ratings of TV programs based on behaviors in home environments,” Multimedia Tools and Applications, DOI 10.1007/s11042-014-2352-0 (2014)
(6) http://www.nhk.or.jp/kokusaihoudou/hackathon/

3.4　セキュリティー基盤

安全で信頼できる放送・通信連携サービスの高度化を目指し、暗号技術、電子透かし技術の研究を進めている。

■放送通信連携サービス用暗号・認証アルゴリズム

ハイブリッドキャストをはじめとする放送通信連携サービスの高度化に向けて、安全で確実なサービス提供に利用できる暗号技術の研究を進めた。

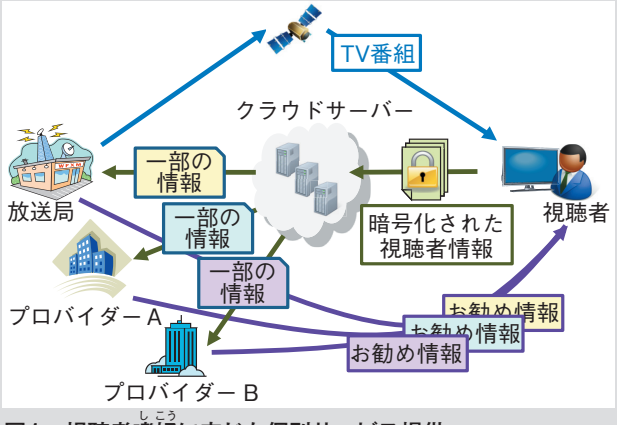


図1　視聴者嗜好（しこう）に応じた個別サービス提供

視聴者の嗜好（しこう）に応じた個別のサービスを行うためには視聴者の情報を事業者に送る必要がある。また、視聴者が予期していないサービスを受ける際には、視聴者がこれまでアクセスしたことのない事業者からのサービス提供が想定される。これらの実現に向けては、視聴者の情報をクラウド上に保管し、任意の事業者に情報へアクセスしてもらうことが効率的である（図1）。ただし、視聴者個人の情報を保護する観点からは、できるだけ少ない情報閲覧に留めることがより安全である。そこで、情報を暗号化したまま保存する[1]とともに、事業者には必要最小限のデータ閲覧を許可するように、クラウド上で暗号化したままデータの検索を行い、検索条件に適合するデータのみを事業者に受け渡す検索可能暗号システムの研究を進め、試作したプロトタイプでシステムの基本動作および有効性を確認した。

■HEVC圧縮ストリーム用電子透かしアルゴリズム

コンテンツの著作権保護を目的として、新たな圧縮方式であるHEVCの圧縮ストリームに対し受信機を識別する情報を埋め込むことが可能な電子透かし技術の研究を進めた。

コンテンツの不正な流通を防ぐためには、コンテンツを流通させる利用者を特定することが有効である。また、HEVCで圧縮されるコンテンツにも何らかの対応をしなければならない。そこで、コンテンツプロバイダーから微小な補助情報を送ることで、受信機の中でその受信機の識別子をHEVC圧縮ストリー

ムに埋め込むことが可能な電子透かし方法を開発した[2]。

〔参考文献〕
(1) G.Ohtake and K.Ogawa: “Privacy Preserving System for Integrated Broadcast-broadband Services,” IEEE ICCE, pp.304-305 (2015)
(2) 小川，大竹：“HEVC/H. 265ストリーム用電子透かし技術,” 映情学年次大，18-4 (2014)

3．5　IP配信技術

ネットワークを利用した番組配信の実現に向けて、インターネットを利用した動画配信技術の研究とネットワーク上での放送コンテンツ提供に向けた分散サーバー放送システムの研究を進めている。

■インターネットを利用した動画配信技術

ライブ動画の大規模配信に対応するため、ハイブリッドキャスト対応テレビ受信機やモバイル端末など各種視聴端末に対応可能な配信プラットフォームの開発に着手した。HTML5ブラウザーベースの実用的な視聴プレーヤーを試作し、テレビ受信機、モバイル端末、パソコンで正常に動作することを確認した。この結果をもとに、(一社) IPTVフォーラムの技術仕様[1]の策定に寄与した。さらに、動画配信品質の計測機能を実装した視聴プレーヤーを用いて国内各地の被験者に向けた配信実験を実施し、大規模配信の安定化に向けた基礎データを取得した。また、インターネット配信用の動画ストリームを生成するため、分散処理技術を応用したストリーム生成技術の検討を開始した。複数のサーバーを連携させて大規模データを高速処理する分散処理技術を用いて、放送用の映像ファイルから配信用のストリームを生成する際の処理性能について検討を進め、生成処理に使用するサーバー数とストリーム生成処理速度の関係や入出力映像フォーマットの拡張性について基礎データを得た[2]。

■IP伝送機器の開発

報道拠点等で収録、蓄積したカメラ映像の中から、放送局が指定した時刻の映像を切り出してIP回線で伝送する蓄積映像伝送装置を開発した。この装置は、映像を秒単位毎の複数のファイルに分割して蓄積する。さらに複数のファイルを同時伝送する機能により、IP回線の帯域が変動する場合にも安定した伝送を実現する。また、青色LEDを利用して、水中カメラで撮影した映像をケーブル無しで安定して伝送する水中ワイヤレスIP伝送装置を開発した。

■分散サーバー放送システム

過去に放送した大量の番組を気軽に視聴するために、放送時刻や出演者などのタグを使ってザッピングしながら見たい番組を探すことができるタイムザッピングシステムを提案している。その実現に向けて放送コンテンツの蓄積、加工、配信などをネットワークに分散した多数のサーバーで行う分散サーバー放送システムの研究を進めた。

2014年度は、2013年度に試作したタイムザッピングシステムのタグ検索機能やインターフェース部分の改善を行い、システム評価実験を実施した。タグ検索機能の改善では、タグデータのデータベースへの登録時に、放送時刻によるソートや、同一時刻のタグ一覧を事前に作成することで、タグ検索の高速化

図1　リモコンを利用したタイムザッピングシステム

を図った[3]。また、過去4年分の番組情報、字幕情報から人名を中心としたキーワード辞書を作成し、その辞書を使用して1,000万件を超える番組に関連したタグを登録したデータベースを構築した。インターフェースの改善としては、リモコンデバイスでザッピングが簡単に行えるようにシステムの改修を実施した(図1)。改修したシステムの評価実験を行い、システムの操作性やザッピング機能を検証した[4]。実験ではタグザッピングにより視聴者がこれまで見たことがない番組に出会い、その番組の視聴が促進されることを確認できた。また、タイムザッピングシステムでの視聴状況を取得するため、収集した視聴ログをもとに、指定したタグごとの視聴量をフレーム数で集計して可視化できる視聴ログ可視化システムを開発した。

タイムザッピングシステムの番組閲覧プレーヤーを、視聴端末ではなくサーバーで動かすことによって、視聴端末の処理性能に依存しないクラウド型視聴システムを開発した。従来、視聴端末で行っていた処理をクラウド内のサーバーで行い、視聴端末側では映像・音声の再生のみとすることで、安価な端末であってもさまざまな番組閲覧用のソフトウェアを使用することが可能となる。

〔参考文献〕
(1) (一社) IPTVフォーラム：“HTML5ブラウザ仕様2.1版,” IPTVFJ STD-0011 (2014)
(2) 小田，黒住，遠藤：“汎用分散処理フレームワークによる高精細映像符号化処理の検証,” 情処学全大，2E-02 (2015)
(3) 金子，竹内，黄，苗村：“放送時刻の範囲データを含むタグ検索に関する一考察,” 第13回情報科学技術フォーラム講演論文集，NO.2，pp.75-76 (2014)
(4) 竹内，平松，金子，苗村：“タグを使ったタイムザッピングシステムの視聴実験,” 信学総大，D-9-29 (2015)

4　人にやさしい放送

多様で豊かな放送コンテンツが日々大量に制作されている。一方、障害者や高齢者、外国人などすべての視聴者が、視聴状況や環境に応じて必要な情報にアクセスし、コンテンツを楽しむ手段のさらなる充実も望まれている。そこで、誰もが放送サービスを享受できる『人にやさしい放送』のための技術の研究開発を進めている。

人にやさしい情報提示の研究では、触・力覚提示手法の研究を進め、すべての人に現行のテレビでは伝えられない3次元形状や硬さなどの触角情報を伝えるための装置の開発と、視覚に障害のある人のために開発した触覚提示装置の教育現場における実証実験を進めた。また、聴覚に障害のある人のために、日本語テキストを手話CGに自動翻訳する技術について、気象情報を対象として、これまで課題となっていた表情を表現するための技術の向上を図った。さらに、2013年度にNHKオンラインのサイトで公開した日本語ー手話単語の対訳辞書を引き続き公開し、CGの品質へのご意見を収集し、研究に生かす取り組みを継続した。

字幕制作のための音声認識の研究では、背景雑音や不明瞭な発音を含む情報番組への字幕付与を目的とした音声認識技術の開発に着手し、従来法に比べて誤りを半減した。また、字幕制作現場の実態に即して改修した認識誤り修正端末や認識エンジンを提供するなど技術局と連携し、実用システムの開発にも貢献した。

多様な表現のための音声合成・加工技術の研究のうち、音声合成の研究では、音声波形を直接利用する方式と大量の音声波形の統計処理による方式を組み合わせた音声合成技術の開発を進めた。音声加工技術の研究では、複数話者の音声に対する感情音声加工の新しい方式を開発した。また、実用化研究では、話速変換技術の聞きとりやすさの向上を図り、スマートフォンにも適用可能なアプリケーションを実現した。

言語バリアフリーサービスと番組評判分析技術の研究では、国内に住む外国人のためにニュースの「やさしい日本語」変換支援技術の研究を進め、自動で「やさしい日本語」に変換する技術について、構文の分割法と表現をやさしくする手法の開発を進めた。また、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意見文の自動解析技術の開発では、意見の種別を自動判定するアルゴリズムと、ツイートで意見を述べるときに用いられる新しい表現を自動検出する手法の研究を進めた。

視聴者心理状態推定技術の研究では、スーパーハイビジョンを想定した高精細映像がもたらす立体感について、認知特性を明らかにする実験と脳活動計測による実験を進めた。また、映像に対する主観評価を脳活動から推定する技術の研究も進めた。さらに、映像による身体への悪影響を防止する技術の研究を進め、不快度の推定精度を向上させる手法を考案し、これを組み込んだ不快度推定装置を試作した。

4.1　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、人にやさしい情報メディアの研究に取り組んでいる。

■3次元物体や2次元情報を触れて伝えるための触・力覚提示技術の研究

視覚に障害のある人だけではなく、すべての人に現行のテレビでは伝えられない3次元形状や硬さなどの触覚情報を伝える技術の研究を進めている。

2014年度は、指先に複数点の触力覚刺激を与える多点分布提示方式を用いた3次元触力覚提示装置を改良し、3次元形状と共に硬さの分布情報も同時に提示できる装置を開発した（図1）[(1)]。提示する物体の3次元形状はレーザースキャナーで計測し、硬さ分布情報は超音波を1点に照射して対象物に生じた変形量をレーザー測距することで得られる。計測された3次元形状情報と硬さ分布情報を触力覚提示装置に伝送することで即座に触力覚提示することができる。さらに、これまで得られた知見を基にして、これまでの大がかりな力覚提示機構部分を改良することで、多指による多点分布提示を把持動作で行うことが可能な装置の基本設計を行った。これにより、2本指で物体をつまむ動作を検証でき、将来の小型化・可搬型にも拡張可能な装置を試作した。この研究の一部は、東京大学と共同で実施した。

視覚に障害のある人に触覚と音声によってグラフや地図等の2次元情報を伝える触覚提示技術の研究では、図中の重要な部分を異なる振動で伝える局所振動提示方式と、機械的に指を誘導して全体構成や構図等を大局的に伝える力覚誘導方式の開発を進めている。2014年度は教育現場での適用を目指したコンテンツによる実証実験を進め、両方式の効果を明らかにした。また、コンテンツを容易に作成できるオーサリングツールを開

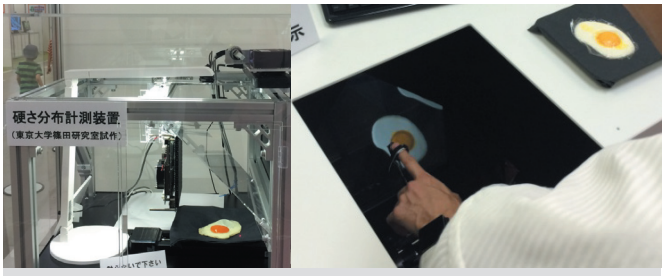


図1　3次元形状と硬さ分布を提示可能な触力覚提示装置

発し、盲学校での教材作成などに利用できる見通しを得た。この研究の一部は、筑波技術大学と共同で実施した。

■顔表現を含めた気象情報手話CG翻訳技術の研究

気象情報を対象として、日本語テキストから手話CGへの自動翻訳技術の研究を進めている。

手話において、手話を演じる人の表情は、その人の感情を表出するのみならず、手話文の意味の一部の表現となっているため、非常に重要である。2014年度は、アニメーターが制作した表情のデータを、手話CG翻訳システムのキャラクターに適用し、その表情を制御する技術を開発した（図2）。また、このシステムは、入力した日本語文と、それを変換した結果得られた手話単語列の単語間対応関係（アライメントという）を比較し、元の日本語文が意味する内容のうち、表情で表現する必要のある部分が翻訳後の手話CGのどの位置であるかを自動で推定することができる。しかし、現状では、推定された位置でどのような表情を表出するのが適切かは人手による指示が必要である。

当翻訳技術に用いている日本語―手話単語の対訳辞書をNHKオンラインのサイトで公開し、CGの品質へのご意見を収集する取り組みを2013年9月に開始して、2014年度も継続した[(2)]。この評価サイトの運用は順調に推移しており、2014年11月末現在でトップページの累積訪問数約85万、評価総数約7,400件に達している。手話CGの分かりやすさの評価結果は、「よくわかる」「まあまあわかる」が合わせて約9割に達した。この研究の一部は工学院大学と共同で実施した。

図2　試作した表情のある手話CGの例

〔参考文献〕
(1) 半田，藤原，坂井，清水，牧野，篠田：“物体の形状と硬さ分布の触感覚伝達システムの開発,” 映情学年次大, 22-3 (2014)
(2) 比留間，清水，井上，加藤，梅田，宮﨑，東：“手話CG評価サイトの構築と運営,” 映情学誌，Vol. 69, No. 1, pp. J1-J5 (2015)

4.2　字幕制作のための音声認識

高齢者や聴覚に障害のある人をはじめとする多くの人が、字幕放送を利用して楽しめる番組を拡充するために、生放送番組に字幕を効率よく付与する音声認識技術の研究を進めている。

■協調発話認識の研究

背景雑音があり、かつ必ずしも明瞭でない発音箇所を含む情報番組などでは、現在、字幕キャスターが言い直した番組音声を認識して文字にするリスピーク（復唱）方式が採られている。字幕キャスターを確保できない地域放送局発の情報番組や、現在リスピークを用いている一部の番組の音声を直接認識して、効率よく字幕を付与することを目指した音声認識技術の研究開発に着手した。

雑音環境下の発話や明瞭性の低い発話の音声認識は、従来の確率モデルに基づく手法では認識困難であった。これを改善するために、2014年度は、話し言葉のあいまいな単語の連鎖確率を与える言語モデル[(1)]と、正しく発音されていない母音や子音の周波数分布を与える音響モデルに、ニューラルネットワークに基づく深層学習モデルを導入して各モデルの性能向上を図った[(2)]。さらに、この深層モデルに雑音を除去する層を付加して、背景雑音に対する耐性の向上も図った。また、この深層モデルを学習するにあたり、明瞭性の低い音声を学習するための約1,000時間の高精度なコーパスを自動構築[(3)]したほか、明瞭な発音を前提とした音素列から、不明瞭な発音の音素列を推定する翻訳モデルの構築[(4)]を試み、認識精度の改善を図った。

これらの開発技術の導入により、ローカル情報番組「ひるまえホット」から評価用に選定した番組音声の誤認識率を36％から13％に削減できた。

■実用化

当所では、番組音声を直接認識することが多いニュース番組の字幕制作用に、複数修正者による連携機能や聞き直し機能などを搭載した高機能な認識誤り修正システムと高精度な認識エンジンを開発してきた。この2つの技術を、ニュース以外の番組で利用されているリスピーク方式の字幕制作用に改修した。従来のシステムでは修正機能が少ないため、正しく認識できるまでリスピーカーが何度もリスピークして字幕制作する必要があったが、改修システムでは修正能力が向上したため、一度のリスピークで済むようになり、効率良く字幕を制作できるようになった。

一方、認識誤りを修正する人員の確保が難しい地域放送局で番組に字幕を付与するため、番組音声を認識した結果から事前に用意した読み原稿の対応箇所を推定して字幕とし、人手をかけずに字幕を付与するアルゴリズムを開発した[(5)]。このアルゴリズムを組み込んだシステムが広島放送局に導入され、運用を開始した（図1）。

図1　広島放送局に導入された字幕制作システム

〔参考文献〕
(1) 小林，一木，藤田，奥，佐藤：“リカレントニューラルネットワークに基づく識別的言語モデルの検討,” 音講論（秋），2-Q-16（2014）
(2) 尾上，一木，奥，小林，佐藤：“放送音声のためのDNNパラメータの検討,” 音講論（春），1-P-24（2015）
(3) 奥，一木，尾上，小林，佐藤：“放送音声と字幕テキストを利用した音声言語コーパスの開発,” 情処研報，Vol. SLP-103, No.2, pp.1-5（2014）
(4) 一木，尾上，奥，小林，佐藤：“大規模コーパスから学習した音素翻訳モデルに基づく発音系列の自動生成,” 音講論（春），1-1-9（2015）
(5) 佐藤，尾上，小林，奥，一木，荒井：“ローカル番組の字幕付与システムの開発,” 情処研報，Vol. SLP-103, No.1, pp.1-6（2014）

4．3　多様な表現のための音声合成・加工技術

音声合成技術を利用した、人にやさしい放送サービスの実現に向けて、多様な表現を可能にする音声合成・加工技術の開発に取り組んでいる。伝わりやすい情報読み上げや、効果的な演出を実現するには、これまでに開発した任意文音声合成技術の一層の高品質化と、発話内容に応じた表現力を備えることが課題である。

■音声合成技術

これまでに、音声データベースの音声波形を直接利用する方式で、ラジオ第2放送「株式市況」の自動放送化を実現し、現用されている[(1)]。この方式は、言い回しが有限の場合には高品質な合成が可能であるが、任意文に対しては、データベースにない未知語を合成する場合に、音質が劣化するという課題があった。そこで、これまでに開発した音声データベースの音声波形を直接利用する方式と、同データベースから作成した統計モデルを用いる方式の長所を組み合せて、任意文の合成音の品質を高めるハイブリッド方式の開発を進めている。2014年度は、そのシステム構築に向けてこれら2つの方式のプラットフォームを統合し、さらに入力テキストからアクセントや品詞情報付きの音素を作成する技術と、新たに収録した音声から音声データベースを構築する際にこれらを編集する技術を開発した。以上により、ハイブリッド方式の自動化に向けた要素技術の開発を当初計画に先行して行った。

■音声加工技術

人の発話は平静な口調ばかりではなく、内容によって、一連の発話の中でも「楽しげな声」や「怒った声」、「明るい声」や「暗い声」などがある。人にやさしいヒューマンインターフェースや、番組制作上の演出効果として合成音を利用する際、番組制作者からそのように音声を加工したいという要望がある。そこで、平静な音声に感情表現を付与する音声加工技術の研究を行っている。

これまでに、特定話者の感情音声データベースを構築して、各感情音声と平静音声の音響的特徴量の差分から感情加工規則を抽出し、それを用いて音声を変換する一連の音声加工方式を開発した[(2)]。2014年度は、複数話者の音声に対して感情音声加工を実現するため、6名分の感情音声データベースの追加構築に着手し、既開発の特定話者の加工方式の複数話者化を実現した。加工の際に、声の高さの変化が聴感的に不自然にならないように音声生成機構に基づくモデルを用いた平滑化を行い、聴感的な安定化を図った[(3)]。また、句の係り受けなどの言語情報を用いて平滑化アルゴリズムの改良を図り、加工音声の更なる高品質化を図った。特定話者の感情表現を別の話者の平静音声に付加する方式の効果を、主観評価実験で確認した。

■実用化研究

これまでに開発した、音声をゆっくりにしても時間遅れを蓄積しない話速変換技術の聞き取りやすさの一層の向上を目的に、話速の変化に応じて抑揚を強調する機能を開発した。2013年度まで開発してきた、音声と背景音の音量バランスを好みに調節できる技術との組み合わせも可能であり、スマートフォン等での実用化を目指してアプリケーション化を図った。

〔参考文献〕
(1) 世木，妹尾，小滝，栗原，細谷，飯島，倉田，渋谷：“ラジオ第2の番組「株式市況」と「気象通報」のための音声合成を利用した自動放送システム,” 映情学冬大，3-5（2014）
(2) 清山，今井，都木：“差分モデルによる感情音声加工方式の検討,” 信学総大，D-14-12（2015）
(3) 田高，清山，今井，都木：“スペクトル差分を用いた感情表現付与のための音声加工方法の検討,” 信学総大，D-14-13（2015）

4.4　言語バリアフリーサービスと評判分析の研究

■やさしい日本語自動変換技術

国内に住む外国人のためにニュースの「やさしい日本語」変換支援技術の研究を行っている。

2014年度は、入力各文を簡単な構造の文に分割する構文平易化処理と、表現をやさしくする表現平易化処理の組み合わせで実現する、ニュースの自動変換に関する研究と、ニュースの特徴を分析する研究を行った。

ニュースの自動変換のうち、構文平易化処理に関する研究では、新たな構文解析器を検討するとともに、ニュース2,000記事に構文情報を付加した学習用データを整備した。

表現平易化処理に関する研究では、統計翻訳技術を応用する研究を行った。あらかじめ原文のニュースと人手で書き換えたやさしい日本語の対訳データから、言い換えのパターンである翻訳モデルを学習する。また、やさしい日本語のニュースからその単語の並びの情報である言語モデルも学習する。統計翻訳システムは通常のニュースで使われる日本語文が入力されると、これらのモデルを使って書き換えとしての適切さ度合いが最も高いやさしい日本語の文を出力する。このような基本的システムを作成した。

翻訳モデル、言語モデルの学習には、原文のニュースとそれをNEWSWEB EASYの制作現場で書き換えたやさしい日本語のニュースデータから、表現平易化作業の部分を抽出して利用した。通常、これらのモデルの学習には大量の学習データが必要だが、これまでにNEWSWEB EASYで作成したやさしい日本語のニュースは多くない。このため、特に言語モデルの性能を上げるため、ニュースの大量のデータを使って学習した言語モデルを併用する手法を開発した。

今後の自動変換システムの改善のために、原文のニュースとそのやさしい日本語ニュースを利用して、学習用のデータとして約10,000文対、評価用のデータとして約2,000文対を整備した[(1)]。

ニュースの書き換え基準の整備のため、ニュースの特徴を分析する研究を行った。ニュースの特徴をよく反映している文末表現に着目し、約400万文の文末部分を抽出して分類した。この結果、ニュースでは「とされるものだ」などの客観性を高める表現、「などと見られている」などの判断を示す表現、「ということです」などの伝聞表現が特徴的であることがわかった。さらに日本語教師18名に対するアンケートを実施した結果、これらのニュース特有の表現は他の文末より外国人にとって難しいこと、長い表現は短い表現より難しいことなどが明らかになった。

■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に、意見文を自動解析するための意見の種別判別の研究とツイートの自動分析の研究を進めている。

意見の種別を自動判別するアルゴリズムの研究では、有効性を確認する実験を行った。文の一部の表現だけでは、文全体の表す意見の種別を正しく決定できない。このため従来、曖昧性を表現するための変数を持つモデルが使用されてきた。しかし、事例からモデルを学習する時に不安定性があるという課題があった。この課題の解決のため、変数を制御する拘束条件をモデルに含める手法を2012年度に提案し、2014年度にこの有効性を実験によって確認した[(2)]。

ツイートの自動分析の研究では、意見が述べられる時に用いられる新しい表現を自動検出するための要素技術開発に取り組んだ。2013年度以降の約5,000万件の番組関連ツイートに対して、既存の類義語検出技術を応用して、通常の辞書には含まれない、新たな意見表現の検出を試みた。この結果、「面白い」と同様な表現として「シュールすぎる」、「ツボすぎる」、「(他のことが)はかどらない」、「腹痛い」などの表現を獲得でき、基本的な有効性を確認した。また、番組関連のツイート数は、番組放送中に時々刻々と変化する時系列データと見ることができる。このため番組の視聴状況との関連性を調査した[(3)]。

〔参考文献〕
(1) 後藤，熊野，田中："やさしい表現へのニュースの自動変換評価用データセットの構築," 言語処理学会第21回年次大会，P2-8 (2015)
(2) T. Kobayakawa: "Latent Dynamic Model with Category Transition Constraint for Opinion Classification," Proceedings of COLING 2014 (25th International Conference on Computational Linguistics)，pp.1350-1359 (2014)
(3) M. Hirano, H. Watanabe and T. Kobayakawa: "Time Series Analysis of Tweets related to TV programs–The relationship between posting tweets and watching TV–," Social Modeling and Simulations+Econophysics Colloquium 2014 (2014)

4.5　視聴者心理状態推定技術

番組がどのように見られ、それがどのような心理的効果を与えているのか明らかにするため、テレビを見ている人の主観評価と脳活動から心理状態を推定する研究を進めている。

2014年度は、スーパーハイビジョンのような高精細映像で感じる立体感の要因を明らかにするため、種々の陰影画像の表示解像度を2K、4K、8K相当に変化させた際に感じる奥行き(立体感)と解像度(解像度感)について検討した。その結果、表示解像度が高いほど立体感は強く感じるのに対し、解像度感については差が見られなかった(図1)。これは表示解像度の違いが検出できない画像においても立体感には違いが生じるという結果であり、表示解像度の向上が立体感の向上に影響を与えていることが明らかになった[(1)]。さらに、立体感を評価しているときの脳活動を機能的磁気共鳴画像装置(fMRI)で計測して分析した結果、空間認知や両眼視差の処理に関連する高次視覚野(MT+：Middle Temporal Complex)が陰影による単眼奥行き知覚にも関わっていることが示された[(2)]。

映像に対して連続的に変化する心理状態を客観的に把握するため、映像に対する主観評価を脳活動から推定する研究を進めた。fMRIを用いて映像視聴中の脳活動を計測し、計測した脳活動と映像視聴後に行った主観評価の結果との関係を調べた。多人数の脳活動および主観評価結果における被験者間の類似性に注目することで、特定の脳部位における時系列的な脳活動パターンの中に、主観評価に関連する情報が含まれていることを見いだした[(3)]。この結果は、映像視聴により生じる心理状態の推定だけではなく、特定の心理状態を生じさせるシーンの推定とその映像の特徴抽出の可能性を示唆するものである。

見やすい広視野映像を制作するための知見を得るために、映像がどのように見られているかを脳科学の観点から評価する研究を進めている。2014年度は、評価法の有効性を検証するために、実験条件の設定が容易な音を用いて、音を聞いている人の脳の血流と脳波を同時に計測することにより脳活動を測定する技術を開発し、聴覚情報の空間的な側面（どこから聞こえてくるか）および特徴的な側面（どのような音か）に対する注意と脳活動の関係を分析した。その結果、空間に対して注意が向けられたときと、特徴に対して注意が向けられたときで、それぞれに関連する特異的な脳活動がみられた[(4)]。

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。これまでの手法では、画面動揺や点滅、しま模様によって生じる不快度の実測値が推定値よりも低くなることがあるという課題があったが、この誤差を低減する推定手法を新たに考案し、その有効性を評価実験で検証した。

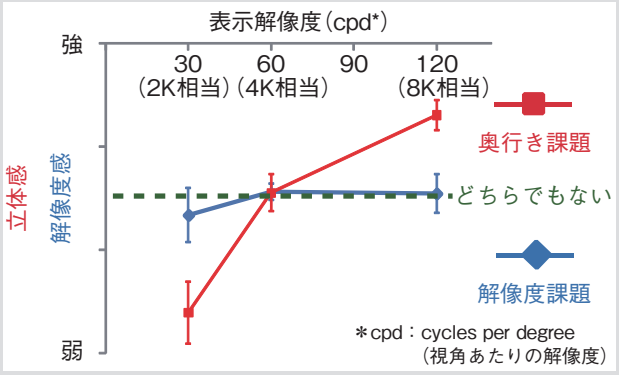


図1　表示解像度と立体感・解像度感の関係

〔参考文献〕

(1) Y. Tsushima, K. Komine, Y. Sawahata, T. Morita and N. Hiruma：“Super Hi-Vision（8K）Produces Stronger Depth Sensation than 4K and Hi-Vision（2K）,” IDW’14, VHF6-4L, pp.1012-1013（2014）

(2) Y. Tsushima, K. Komine, Y. Sawahata and N. Hiruma：“Higher resolution stimulus facilitates depth perception: MT+ plays a significant role in monocular depth perception,” Scientific Reports, 4: 6687（2014）

(3) Y. Sawahata, K. Komine, T. Morita and K. Aizawa：“Rating based inter-subject similarity analysis: estimating a mapping between dynamic responses of fMRI activities and ex-post ratings of videos,” Society for Neuroscience Annual Meeting（Neuroscience 2014）, 188.05（2014）

(4) 原澤，大山，長畑，森，南部，石金，北崎：“聴覚的注意の空間・特徴への定位：ERPとfNIRSの同時計測による研究,” 日心大, 3PM-2-002（2014）

5　高度番組制作・伝送技術

ハイブリッドキャストや2018年スーパーハイビジョン実用放送など、放送メディアが多様化する中で、これまでの番組素材・コンテンツを活用しながら、新しい魅力的なコンテンツ・サービスを提供するための制作技術の研究や、大容量伝送を実現する番組素材伝送装置の研究開発を進めた。また、触覚を生かしたテレビ視聴システムや音声以外の効果音を障害のある方に届ける研究など、新しいテーマの研究にも着手した。

言語情報を用いたコンテンツ利活用技術の研究では、放送局の番組コンテンツを有効活用するために、単語の上位下位関係に対して、任意の語の下位概念に属する単語を獲得する手法を考案し、検索・推薦のアプリケーションに適したデータ構築を進めるとともに、番組に関するテキスト情報と単語間の関係を利用して、番組の主題を抽出する手法を考案した。

素材インデキシング技術の研究では、検索や加工作業を効率的に支援する素材映像マネージメントシステム「素材バンク」の研究を進め、被写体認識処理に必要な学習手続きを少量の参照画像で行う新しい映像検索技術手法を開発した。映像加工技術に関しては、映像解析により照明条件をリアルタイムに推定する手法を開発した。

ファイルベースの映像素材を高速に無線伝送する双方向FPU（Field Pick-up Unit）の研究では、無線区間での伝送誤りを考慮したレート制御手法、時分割複信（TDD: Time Division Duplex）を生かした自動再送要求、高速適応変調機能の検討と実験装置による伝送特性の評価などを進め、これらの実証実験としてマイクロ波帯を用いた野外伝送実験を実施した。

700MHz帯から1.2/2.3GHz帯への移行が進められている、主にマラソン中継などで用いられるFPUシステムについては、開発したSTTC-MIMO（Space-Time Trellis Code-Multiple-Input Multiple-Output）方式の送受信装置を用いて新周波数帯での伝搬特性の測定・解析などを進めた。

同様に700MHz帯から、UHF帯のホワイトスペース（放送用などに割り当てられているが、地理的条件や技術的条件によって他の目的にも利用可能な周波数）、または1.2GHz帯への移行が進められているラジオマイクについては、高品質で低遅延の音声伝送を実現するOFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）方式のデジタルラジオマイクを開発した。

ハイビジョン映像を高品質・低遅延で伝送可能なミリ波モバイルカメラは、実用化に向けて、装置の小型化の検討などを進めるとともに、ゴルフ中継、NHK紅白歌合戦などの番組で使用した。また、将来のスーパーハイビジョン用ワイヤレスカメラの実現に向けて、MIMO伝送技術による大容量化、シングルキャリア伝送技術による高出力化など要素技術の研究に取り組んだ。

5.1　コンテンツ検索・推薦技術

■言語情報を用いたコンテンツ利活用技術

放送局が所有する大量の番組コンテンツを有効活用するために、テキスト処理技術を利用して単語間、コンテンツ間の関係を獲得し、多様な番組の検索・推薦を行う研究を進めている。

単語間の関係を獲得する研究では、任意の語の下位概念に属する単語を獲得する手法[(1)]を考案した。Wikipediaから自動獲得した誤りの含まれる単語上位下位関係を対象に、ある上位概念に属する複数の下位概念間の類似度と、ある下位概念に対する複数の上位概念間の類似度を指標として、上位下位関係の信頼性を計算することにより、高精度な誤り除去処理を実現した。この結果、例えば、「病気」や「薬」の下位概念に属する単語を大量に獲得できるようになった。また、獲得した単語群のテキストにおいて共起する情報を利用して、「病気」に効果的な「薬」などの単語間の関係を獲得し、2013年度までに開発した単語間の関係辞書に追加した。この処理により、関係辞書における単語間の関係を8種類から新規の「病気ー治療法」などの関係を含めた28種類に拡張した。さらに、これらの単語間の関係に含まれる2単語のテキスト中における共起頻度と、2単語の関係のリンク構造における結合度合いを用いて、単語間の関係に対する優先度を数値で付与し、検索・推薦のアプリケーションに使いやすいデータを構築した。

コンテンツ間の関係を獲得する研究では、番組に関するテキスト情報と単語間の関係を利用して、番組の主題を抽出する手法[(2)]を考案し、主題抽出精度が従来技術と比較して6.8%向上することを確認した。この結果を2013年度までに開発した番組間を意味的なリンクで結んだコンテンツマップに導入し、ユーザーの番組探索を支援する番組ナビゲーターを構築した（図1）。番組ナビゲーターでは、例えば「貧血」という検索語から、図1の赤い矢印によるルート「貧血→予防法→アサリ」を遷移することにより、アサリを題材とした番組「きょうの料理」を見つけ出すことができ、1つの検索語から多様な番組へ導くことができる。

■素材インデキシング技術の研究

映像アーカイブスに蓄えられた素材映像の利活用や豊かな映像表現を目的として、映像解析技術やセンサー技術と連携させて、映像制作に有益な情報（メタデータ）を自動付与し、検索や加工作業を効率的に支援する素材映像マネージメントシステ

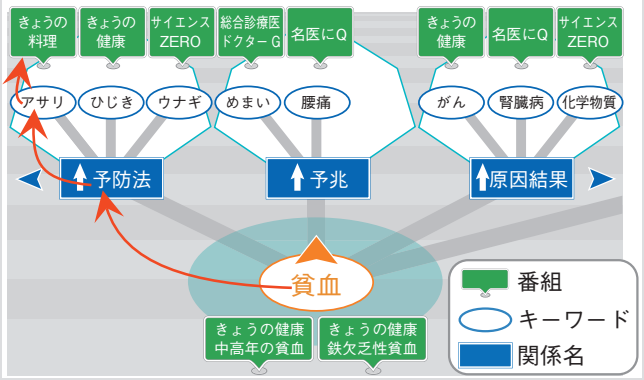


図1　番組ナビゲーター

ム「素材バンク」の研究を進めている。

映像検索技術に関しては、被写体認識処理に必要な学習手続きを少量の参照画像で行える手法を開発し、効率的な被写体名の自動付与を可能にした。この手法を利用し、検索可能な被写体名を随時追加[3]可能な映像検索システムを構築し、技研公開で展示した。この研究は日本IBM（株）との研究相互協力により実施した。

映像アーカイブスシステムの高度化に役立てるため、提示した画像に対し「見た目」の類似性に基づき画像を検索する類似画像検索技術の研究を進めた。建物や車といった被写体を含んだ画像に対する検索性能を向上させるため、これまで類似性の評価に用いていたカラーモーメント、色相ヒストグラム、フラクタルシーケンスといった画像特徴に加え、長いエッジを重視し、隣接エッジとの関係も反映できる、多重スケールエッジ方向ヒストグラムと多重スケールエッジ接続角度ヒストグラムの2つの新しい画像特徴を導入した。この結果、検索結果の上位10件において約7割の適合率が得られることを確認した。

また、これらの映像検索技術を現用アーカイブス検索システムと連携させて、約6万番組を検索可能なシステムを開発し検証実験を行った。

さらに、膨大な東日本大震災における取材映像の整理・管理を目的に、福島放送局において実施している震災映像メタデータ補完システムの試用を継続するとともに、改良した類似画像検索機能の付加を行った。震災映像には、建物や車、がれきなどが多く含まれ、そのような画像に対しても高精度な類似画像検索を可能にした。また、福島放送局と同じシステムを盛岡放送局にも設置し、より汎用的なシステムの構築に向けて、データの多様性への対応を進めた。

その他、映像検索をより効果的なものとするため、情景から地名や人名など、個別の被写体名の抽出を目指し、画像上の文字領域の検出技術や、大量の映像から効率的に顔を識別する技術の研究に着手した。

映像加工技術に関しては、CGと実写の自然な映像合成に必要な照明条件（位置や明るさ）やカメラ姿勢情報の取得技術について研究を進めた。スタジオ内の照明条件の取得については、映像解析によりリアルタイムに推定する手法を開発[4]した。この手法は、①2台のセンサーカメラの映像から三角測量の原理により照明位置を計算する。②照明を単体点灯した画像を予め取得しておく。③推定対象である未知の照明条件下で取得したセンサーカメラ画像の連立方程式を解く。これにより、

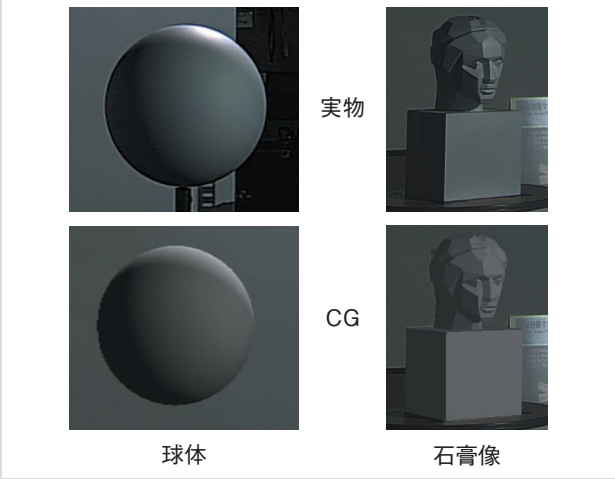


図2　照明推定結果を利用したCG描画結果

各照明強度を推定する。スタジオ内に実物の被写体を設置して撮影した映像と、本手法により取得したスタジオの照明条件を用いて描画したCG被写体の映像の比較により、明度誤差3%以下の精度で推定可能であることを確認した（図2）。これにより、実写映像の照明条件に一致したCGオブジェクトを描画可能となり、自然な合成映像を制作できるようになった。また、屋外の照明条件の取得については複数のセンサーを複合的に集約し実空間の情報を取得するセンサー技術（ハイブリッドセンサー）の高機能化として、複数の分光測色センサーを利用した照明センサーを開発し、基本原理の確認を行った。さらに、ハイブリッドセンサーの持つカメラ姿勢情報の取得機能に関しては、カメラの動きが回転か並進であるかをニューラルネットワークを利用して高精度に判定する手法を考案し、クレーンカメラなどにも適用範囲を拡大させた。本ハイブリッドセンサーについては、実際の番組制作で実証実験として用い、有効性の検証を行った。この研究の一部は、実用化研究として（一財）NHKエンジニアリングシステム、清水建設（株）との共同で実施した。

さらに、素材映像の利活用を促進する技術として、映像の一部分を時空間上で内外挿する動画テクスチャーの研究を進めた。2014年度は、動画の時間軸方向におけるスケール変更を目的にフレーム間内挿に関する基礎技術の開発を行った。この技術は、動画上の稠密な画素領域の時間的な遷移を解析することで、フレーム間の高品質な補間処理を実現している。

〔参考文献〕

（1）山田，宮﨑，宮崎，三浦，松井，田中：“上位下位関係からのインスタンス集合の獲得,” 信学技報，Vol.114，No.444，pp.1-6（2015）
（2）三浦，山田，宮﨑，宮崎，松井，加藤，住吉，田中：“単語間の意味的関係を用いた番組リンク生成,” 信学技報，Vol. 114，No. 366，pp.105-110（2014）
（3）河合，望月，住吉，藤原：“物体認識を利用した映像検索システム,” 映情学年次大，2-5（2014）
（4）盛岡，大久保，三ッ峰：“映像合成のためのカラーセンサカメラによるリアルタイム照明推定手法,” 映情学年次大，11-3（2014）

5.2　双方向FPU伝送技術

ファイルベースの映像素材を高速に無線伝送できる双方向FPU（Field Pick-up Unit）の研究を進めている。2014年度は、時分割複信（TDD: Time Division Duplex）を生かした高速適応変調機能と自動再送要求、偏波共用パラボラアンテナの改良、無線区間での伝送誤りを考慮したレート制御手法の検討を進め、野外実験によりファイル伝送能力を確認した。

高速適応変調機能については、実験装置に実装した高速適応変調機能を無線伝搬環境で評価し、変動の速い伝搬路でも自動的に変調方式を切り替えて、伝送誤りを効果的に低減できることを確認した[(1)]。また、256QAMや1024QAMなど高次の変調方式でも十分な伝送品質を確保するため、送受信制御部の周波数変換回路やキャリアフィルター係数を見直し、変調誤差比で4dB以上改善できることを確認した（図1）。

自動再送要求については、誤り訂正と再送要求を組み合わせることで適応的に符号化率を調整できるHARQ（Hybrid Automatic Repeat reQuest）の検討を進めた[(2)]。HARQを実装して評価した結果、伝搬特性劣化時のビット誤り率を改善し、伝送ビットレートの低下防止を確認した。

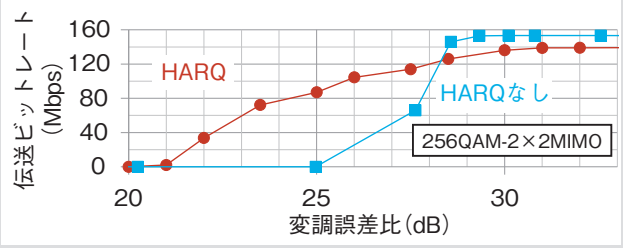


図1　実機評価による伝送ビットレート特性比較

偏波共用パラボラアンテナについては、2012年度に1次試作した偏波共用パラボラアンテナ（図2）の高利得化と広帯域化を進めた。その結果、周波数特性を改善し、6/7GHz帯における利得差を1.2dB以内に抑えることができた[(3)]。さらに、実運用を想定して、設置が容易となる構造についても検討を進めた。

レート制御手法については、無線回線でも高速にファイル伝送が可能なTCP（Transmission Control Protocol）の開発を進めた。従来のTCPは伝送遅延の増加量からネットワークの混雑状況を判定するが、無線区間でのビット誤りに対する再送や時分割複信方式による送信待ちなど、混雑とは無関係に発生する遅延増加により誤判定を起こし、送信レートの減少を招くという課題があった。そこで、混雑とは無関係な遅延増加量を推定し、混雑状況の誤判定を抑制する手法を開発した。実ネットワークでの実験により、データ伝送にかかる時間を減少できることを確認した[(4)]。

図2　偏波共用スプラッシュプレート型パラボラアンテナ（左側：前面、右側：背面）

野外実験については、試作したマイクロ波帯（6～7GHz）双方向FPU実験装置を用いてファイル伝送能力および適応変調の効果を確認した。約21kmの陸上伝搬路においてTDD方式による双方向伝送が良好に行えることを確認し、伝送パラメーターを伝送モード2×2MIMO（Multiple-Input Multiple-Output）、変調方式256QAM、誤り訂正をリード・ソロモン符号（180,164）とした場合、FTP（File Transfer Protocol）を用いた映像ファイル伝送では従来の倍となる約145Mbpsのスループットを得た。また、適応変調機能により、伝搬路の品質に応じて変調方式を自動的に選択し安定したスループットで伝送できることを確認した[(5)]。

〔参考文献〕

(1) 光山，小山，鵜澤，居相，青木：“双方向デジタルFPUシステムに向けた高速適応変調方式の評価，” 映情学技報，Vol. 38, No. 30, pp.29-32（2014）
(2) 鵜澤，光山，青木，平栗：“双方向FPUへのHARQ方式の適用に関する検討，” 映情学誌，Vol. 68, No. 5, pp. J210-J212（2014）
(3) 熊谷，光山，小郷，居相：“双方向FPUに適した偏波共用スプラッシュプレート型アンテナの開発，” 信学総大，B-11-5（2015）
(4) T. Koyama and K. Aoki：“Slow Start Algorithm for Mobile Broadband Networks Including Delay Unrelated to Network Congestion，” ICNC2015, CNC-1-5（2015）
(5) 小山，鵜澤，熊谷，光山，居相，青木，丘山：“双方向デジタルFPUを用いたファイル伝送の野外実験報告，” 信学総大，B-11-4（2015）

5.3　700MHz帯周波数移行関連

700MHz帯を用いるFPU（Field Pick-up Unit）と業務用ワイヤレスマイク（特定ラジオマイク）は、国の方針として新しい周波数帯に移行することが求められている。当所では円滑な周波数移行に貢献するための研究に取り組んだ。

■FPU伝送技術

新周波数（1.2GHz帯/2.3GHz帯）の移動中継用FPUの伝送方式として開発した時空間トレリス符号化MIMO（STTC-MIMO: Space-Time Trellis Code-Multiple-Input Multiple-Output）方式について、ロードレースなどの大規模中継に対応して試作した送受信装置を用いて、当所周辺で2.3GHz帯の移動伝送実験を行った。垂直偏波、斜め偏波、円偏波、受信アンテナ数などのアンテナ構成の違いによる伝送特性を比較し、STTC-MIMO方式に適したアンテナ構成について調査した[(1)]。また、試作した送受信装置に対して、新周波数用FPUの標準規格（ARIB

STD-B57）に新たに加わったパラメーターを実装する改修を行った。さらに、2014年度も引き続きFPUメーカーに対して新周波数用MIMO-FPUの製品化に向けた協力を行った。

■特定ラジオマイクの伝送技術

周波数移行を円滑に進めるため、干渉に強いデジタルラジオマイクの開発が積極的に進められる中で、音声信号の圧縮による音質劣化とデジタル信号処理による伝送遅延が課題となっていた。

2014年度は、高品質で低遅延の音声伝送を実現するOFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）方式デジタルラジオマイクの実用化に向けたプロトタイプ機の開発を行った。試作したハンドヘルド型送信機とボディーパック型送信機、および2チャンネルを同時受信可能な受信機は、現用機器とほぼ同等の大きさまで小型化に成功した（図1）。本装置は2014年3月に策定された標準規格（ARIB STD-T112 1.2版）に準拠しており、高品質のリニアPCM（Pulse Code Modulation）音声信号を1ミリ秒以下の遅延で伝送することが可能となった。

OFDM方式デジタルラジオマイクは、周波数移行先の1つである1.2GHz帯を使用している。1.2GHz帯ではレーダー波からの干渉が懸念されるが、干渉を除去する手法を開発することで、より安定した信号の伝送を可能とした[2]。

図1　開発したOFDMデジタルワイヤレスマイクの送受信機

〔参考文献〕
（1）中川，鵜澤，居相：“STTC-MIMO方式のアンテナ構成と伝送特性，”映情学技報，Vol. 38, No. 49, pp. 7-12（2014）
（2）伊藤，九鬼，濱住：“OFDM方式デジタルワイヤレスマイクにおける消失判定を用いたパルス干渉対策，”映情学冬大，1-2（2014）

5.4　ワイヤレスカメラ

高品質なハイビジョン映像を低遅延で無線伝送可能なミリ波モバイルカメラの実用化に向けて、装置の小型化の検討などを進めた。また、将来の8Kスーパーハイビジョン用ワイヤレスカメラの実現に向けて、4送信MIMO（Multiple-Input Multiple-Output）伝送技術による大容量化、およびシングルキャリア周波数領域等化（SC-FDE: Single Carrier-Frequency Domain Equalization）による高出力化など要素技術の研究に取り組んだ。

■ミリ波モバイルカメラ

フレーム同期の強化など復調器の性能改善に取り組むとともに、ミリ波モバイルカメラの実用化に向けて、送り返し復調部の小型化を行った。また、2014年度も引き続き、番組協力を行った。体操競技、ゴルフ中継、NHK紅白歌合戦、消防出初め式中継など、ワイヤレスカメラによる機動的で迫力ある映像が欠かせない番組で幅広く活用された。

■4送信MIMO伝送技術

これまで当所で開発した2送信のQPSK（Quadrature Phase Shift Keying）－MIMOシステムを4送信に拡張すると、伝送容量は2倍になるものの復調に必要な演算処理量は16倍と指数関数的に増大する。この課題に対して、ハードウェアに実装可能な演算処理量に抑えた新しいMIMO信号検出アリゴリズムを2013年度に開発した。2014年度はそのアルゴリズムを実装した4送信MIMO伝送のOFDM変復調装置を試作し、ハードウェアの演算処理量を検証した。また、伝送特性を評価するための10GHz帯送信高周波部を試作した。

■シングルキャリア周波数領域等化

シングルキャリア周波数領域等化（SC-FDE）方式について、高出力時に歪（ひずみ）が多くなるミリ波帯電力増幅器を使用した伝送特性を評価するため、RF（無線周波数）信号接続による室内実験を行った。その結果、SC-FDE方式による増幅器出力は、従来のOFDM方式による増幅器出力と比較して、6dB以上高出力にしても擬似エラーフリーとなる所要受信C/Nが劣化しないことが分かった。42GHz帯での無線伝送実験を初めて行い、マルチパス環境下の移動伝送においてSC-FDE方式が有効であることを確認した[1]。また、電力増幅器の出力をパラメータにSC-FDE方式の移動伝送特性を評価したところ、室内実験結果で得られたようなOFDM方式に対する増幅器出力の改善があり、本方式が歪補償のないミリ波帯電力増幅器で送信電力を高くできる見通しを得た。

〔参考文献〕
（1）松崎，中川，濱住：“SC-FDE方式の42GHz帯屋内伝送実験，”信学総大，B-5-45（2015）

5.5　新機軸・五輪提案

当所では、新たな研究分野の開拓を目的として、新規性・斬新性の高い研究を開始している。テレビが人間に与える視聴覚以外の情報である触覚を生かすテレビ視聴システムや、人にやさしい豊かな放送サービス実現のため、音声以外の効果音を含む環境音を高齢者や聴覚に障害のある方に届ける研究など、6件の研究・開発を進めた。

6　次世代放送用デバイス・材料

8K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、その中核となるデバイスや材料を開発する基盤研究を進めた。

撮像に関わる基盤研究では、超高感度撮像デバイス、有機撮像デバイス、3次元構造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、超高精細カメラの高感度化に向けて、低い印加電圧での電荷増倍を可能とする光電変換膜の研究と、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た、冷陰極ハイビジョンHARP撮像板の要素技術開発を進めた。単板で3板式と同等な画質を目指す有機撮像デバイスでは、光透過型薄膜トランジスター回路の画素ピッチの微細化と層間絶縁層の薄化など解像度向上のための要素技術開発を進めた。超多画素と高フレームレートの両立を目指す3次元構造撮像デバイスでは、画素をアレー化して動画撮影を可能にするとともに感度の向上や暗電流の低減などを進めた。

記録に関する基盤研究では、可動部のない高速記録の実現を目指した磁気記録デバイスと、SHVの記録に必要な超大容量と高転送速度の実現に向けたホログラム記録技術の開発を進めた。磁気記録デバイスでは、磁性細線中に磁化方向が異なる複数の磁区を記録する技術を開発し、既開発の磁区駆動技術および磁区再生技術を組み合わせることで、記録デバイスとしての基本動作の検証を完了した。ホログラム記録技術については、さらなるデータ再生速度の向上に向けて、2種類の偏光を用いることで2つのページデータを同時に再生する、デュアルページ再生技術の開発に取り組み、その有効性を実証した。

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多分割駆動ディスプレーの研究や、将来のフレキシブルディスプレーの超柔軟化・大型化・生産性向上に向けた要素技術開発を進めた。前者に関しては、有機ELディスプレーによる高画質なSHVフルスペック表示の実現に向けて、多分割駆動方式やパネル構造の検討を進めた。また、ホールド型表示方式で課題となる動きぼやけの改善に向けた、部分的にパネルの発光時間アパーチャー制御を行う駆動方式の開発を進め、動画の画質改善効果を確認するとともに、瞬時輝度上昇による寿命劣化を抑制できる見込みを得た。後者については、塗布形成によるトランジスター作製技術やスクリーン印刷法を多用したパネル作製技術の開発を進めた。

6.1　次世代撮像技術

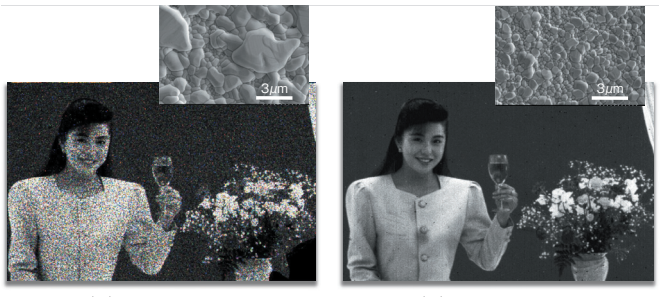
6.1.1　超高感度撮像デバイス

■固体積層用低電圧増倍膜

固体撮像デバイスの多画素化、高フレームレート化に伴う感度低下の問題に対処するため、低い印加電圧で電荷増倍が可能な光電変換膜（低電圧増倍膜）の開発を進めている。2014年度は、低電圧増倍膜の2つの候補材料として、カルコパイライト系半導体膜の可視光に対するさらなる感度改善と、結晶セレン膜による撮像実験を進めた。

2013年度に試作したカルコパイライト系半導体膜（p型材料）とスズ添加酸化ガリウム（n型材料）からなるpn接合においては、可視光感度は向上したものの量子効率は50%程度に留まっていた。その原因の1つとしてカルコパイライト系半導体膜の結晶性の低さが関係していると考えられたため、新たに多元蒸着成膜法を導入して結晶性の改善を図り、量子効率を80%まで向上させた。

一方、結晶セレン膜については、実際に固体撮像素子上に積層し、撮像実験を行った。実験では、解像度や応答特性は良好であるものの画面全体に粒状のノイズが見られた（図1(a)）。電子顕微鏡による膜表面の観察結果から、結晶の粒径や表面の平坦性がノイズの原因であることが明らかになり、結晶セレン膜の薄層化により粒径を微細化することでノイズが大幅に低減できることを実証した（図1(b)）[(1)]。



（a）膜厚2μm　　（b）膜厚500nm

図1　結晶セレン膜による撮影画像と表面観察結果

■電界集束型ハイビジョン撮像板

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と超高感度なHARP（High-gain Avalanche Rushing amorphous Photoconductor）膜を組み合わせた冷陰極HARP撮像板（図2）の開発を進めている。

2014年度はまず、画質改善を目的に2013年度に設計・試作し素子単体として従来の2倍以上の放射電子量が得られること

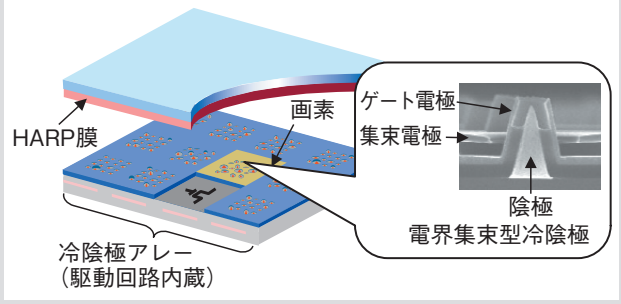


図2　電界集束型撮像板の模式図

を実証した、新たな電界集束型冷陰極[2][3]を多数配列するアレー化を行った。本冷陰極では、陰極から放射された電子群を効率よくHARP膜側に取り出すことができるものの、画素内に配列する場合、冷陰極間の距離（ピッチ）と電子集束効果が反比例するため、電子ビーム軌道解析を用いて必要な電子ビーム量とその空間広がりが両立できる最小のピッチを求めた。次に、それらの結果を基にハイビジョンに適応可能な画素サイズ11μm×11μm（従来の約1/4に微細化）の駆動回路内蔵電界集束型冷陰極アレーの試作と、それを適用した撮像板の試作を進めた。

この研究は、（独）産業技術総合研究所と共同で実施した。

〔参考文献〕

(1) S. Imura, K. Kikuchi, K. Miyakawa, H. Ohtake, M. Kubota, T. Nakada, T. Okino, Y. Hirose, Y. Kato and N. Teranishi：“High Sensitivity Image Sensor Overlaid with Thin-Film Crystalline-Selenium-based Heterojunction Photodiode,” IEEE International Electron Devices Meeting（IEDM）2014 Technical Digest, pp.4.3.1-4.3.4（2014）
(2) Y. Honda, M. Nanba, K. Miyakawa, M. Kubota and N. Egami：“Electrostatic-focusing Spindt-type FEA with improved electron-beam extraction efficiency for image sensor with HARP target,” Technical Digest of IVNC 2014, S3 C-1, pp.19-20（2014）
(3) Y. Honda, M. Nanba, K. Miyakawa, M. Kubota, M. Nagao and N. Egami：“Electrostatic-focusing Spindt-type FEA with improved electron-beam extraction efficiency for FEA-HARP image sensors,” Proceedings of the 21st International Display Workshops（IDW’14）, FED1-2, pp.579-582（2014）

6.1.2　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、直接積層型有機撮像デバイスの開発を進めている。本デバイスは光の3原色それぞれにのみ感度を持つ3種類の有機光電変換膜（有機膜）と、それぞれの有機膜で発生した電荷を読み出す光透過型の薄膜トランジスター（TFT）回路とをガラス基板上に交互に積層したものである（図1）。

本デバイスの高解像度化に向けては、画素ピッチの微細化と各色の有機膜の距離によって生じる色ごとの光学像のボケが課題となっていた。2014年度は、画素ピッチを従来の1/2の50μmに微細化したTFT読み出し回路の試作と、各層間の絶縁膜の薄化に取り組んだ。

透明なアモルファスIn-Ga-Zn-O（IGZO）TFTの微細化については、TFT製作時のエッチング条件の最適化により実現した。さらにオゾンアニール処理を行うことで、有機膜の耐熱温度以下の150℃で、従来に比べて一桁以上のオンオフ比を達成できた。また、層間絶縁膜の薄化については、塗布形成のバッファー層とプラズマCVD（Chemical Vapor Deposition）法で窒化間シリコン膜を形成することで有機膜にダメージを与えること無く、3層の有機膜の距離が5.8μmの3層直接積層構造を試作することに成功した（図2）[1]。これにより、有機撮像デバイスの高解像度化への見通しが得られた。

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、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。

〔参考文献〕

(1) H. Seo, T. Sakai, H. Ohtake and M. Furuta：“Stacked Organic Photoconductive Films and Thin-Film Transistor Circuits Separated by Thin Silicon Nitride for a Color Image Sensor,” IEEE SENSORS 2014, pp.1672-1675（2014）

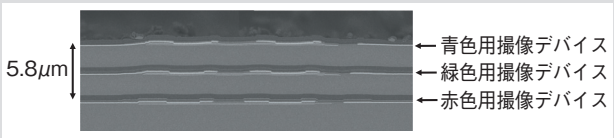


図2　試作した3層直接積層構造

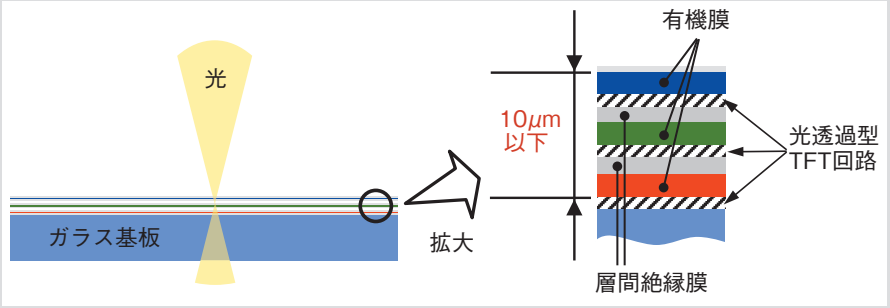


図1　直接積層型有機撮像デバイスの断面図

6.1.3　3次元構造撮像デバイス

超高精細と高フレームレートを両立できる将来のイメージセンサーの実現に向けて、画素からの信号を並列に処理する3次元構造撮像デバイスの研究を進めている。本デバイスは、光電変換部の直下に各画素ごとに信号処理回路を集積して配置することで、信号を全画素同時に読み出すことが可能となり、一般的な2次元構造の撮像デバイスと比較して、画素数が増加しても高いフレームレートを維持することができる（図1）。

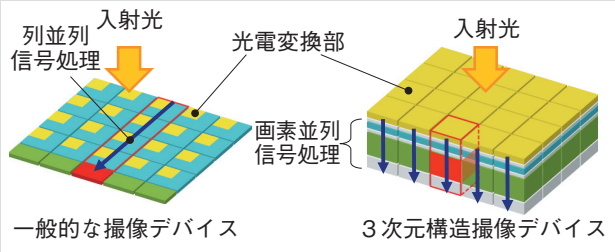


図1　一般的な撮像デバイスと3次元構造撮像デバイスの比較

2013年度までに、単一画素において入射光量を画素内でパルス信号に変換して基板の深さ方向に出力する基本動作を実証したが、感度の向上や暗電流の低減が課題となっていた。2014年度は、画素をアレー化して動画の撮影を可能にする[(1)]とともに、感度の向上や暗電流の低減の研究を進めた。

感度の向上については、従来のデバイスに比べ光電変換部となるフォトダイオードの厚さを増すことで光の吸収効率を向上させるとともに、光電変換により生じた電圧を増幅する仕組みを取り入れて、フォトダイオードの出力電圧を高めた。さらに、フォトダイオードの出力電圧をより高精度にデジタル信号に変換する信号処理回路を開発した。

暗電流については、フォトダイオードへの不純物拡散を制御することで低減できることを確認した。これらの技術の開発により、実用的な感度を持つ3次元構造撮像デバイスの実現に見通しを得た。

この研究は、東京大学と共同で実施した。

〔参考文献〕

(1) M. Goto, K. Hagiwara, Y. Iguchi, H. Ohtake, T. Saraya, M. Kobayashi, E. Higurashi, H. Toshiyoshi and T. Hiramoto : “Three-Dimensional Integrated CMOS Image Sensors with Pixel-Parallel A/D Converters Fabricated by Direct Bonding of SOI Layers,” IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM) 2014 Technical Digest, pp.4.2.1-4.2.4 (2014)

6.2　次世代記録技術

6.2.1　微小磁区記録デバイス

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。2013年度までに開発した、磁性細線内部で微小磁区を電流で駆動し[(1)]、その磁化状態を再生検出する技術[(2)]に加え、2014年度は、微小磁区を新たに形成する記録技術を開発し、微小磁区記録デバイスの基本動作原理を実証した（図1）。

まず、記録・磁区駆動・再生を一連の動作として同一サンプル上で検証できるように、素子配置や電極構造の再設計およびそれに合わせた磁性細線作製方法の見直しを行った。これまでの作製方法では、Siウェハ基板の全面に堆積した磁性薄膜からリフトオフ法により細線形状に切り出して磁性細線を成型する際に、磁性細線の端部（加工断面）にバリができやすいという課題があった。このバリによって磁区を電流駆動しにくくなるため、バリのない磁性細線を形成するプロセスを開発する必要があった。そこで、電子線レジストと犠牲層レジストからなる2層レジスト構造を用いたリソグラフィー技術を採用し、オーバーハング型の特殊な断面形状を持つ切り出し成型用テンプレートを形成することにより、バリのない超平坦な磁性細線が形成できることを確認した。

微小磁区の形成技術では、2013年度に開発したナノ磁区観察装置に用いるトンネル磁気抵抗効果型磁界センサーに近接して設置した記録ヘッドにより、電流磁界を発生させることで、磁化方向の異なる複数の微小磁区を磁性細線中に形成する技術を開発した。その際、磁性細線および電極構造の調整を行い、記録ヘッドと磁性細線との間の距離を11nmまで近接させ

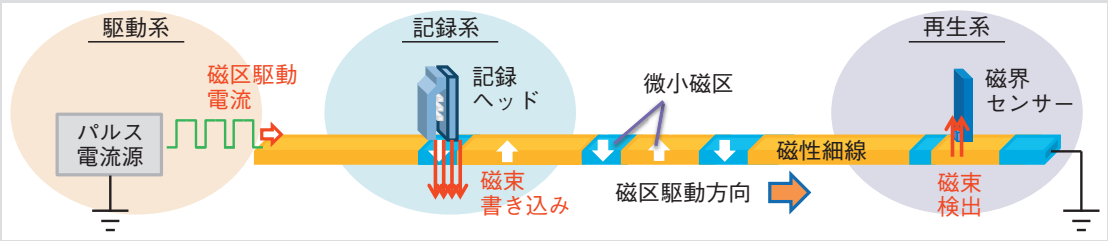


図1　磁性細線を用いた記録デバイスの動作原理

ることにより、安定に磁区が形成できることを確認した。
　また、磁区の電流駆動現象を詳細に検証するために、電子ー磁性体間の相互作用を取り入れたナノマグネティックシミュレーション手法を開発した。これにより、駆動した磁区の安定停止に必要なトラップサイトの形状や大きさとそのトラップ強度の関係を詳細に検証できるようになった。
　これまでに開発した微小磁区の形成技術、高速駆動技術、磁区状態評価技術、超平坦磁性細線を組み合わせることによって、磁性細線中に磁化方向が異なる複数の微小磁区を記録し、それらをパルス電流で磁性細線中を駆動させた後、磁区の磁化情報を再生することが可能となった。これにより、微小磁区記録デバイスの基本動作の検証を完了した。

〔参考文献〕
(1) M. Okuda, Y. Miyamoto, E. Miyashita and N. Hayashi : “Behavior of Multiple Magnetic Domains Motion in [Co/Pd] Nanowires by Applying One Pulse Current,” J. Jpn. Soc. Powder and Powder Metallurgy, Vol. 61, No. S1, pp. S37-S40 (2014)
(2) M. Okuda, Y. Miyamoto, E. Miyashita, N. Saito, N. Hayashi and S. Nakagawa : “Detection of current driven magnetic domains in [Co/Pd] nanowire by tunneling magnetoresistive sensor,” J. Appl. Phys. Vol. 117, No. 17, 17D516 (2015)

6.2.2　ホログラムメモリー

　スーパーハイビジョン映像を記録、保存するためには、超大容量・高転送速度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、高速高密度ホログラムメモリーの研究開発を進めている(1)。2014年度は、ホログラムからデータを再生する際のデータ転送速度を向上させる技術開発に取り組んだ。
　これまでのホログラムメモリーにおけるデータ再生では、1種類の偏光の参照光で、単一ページデータを順次再生していた。今回、より高速なデータ再生を実現するため、2種類の偏光の参照光を同時にホログラムに照射し、2つのページデータを同時に再生するデュアルページ再生技術を考案した(図1)。ホログラムに照射する参照光をp偏光とs偏光の2種類の偏光に分岐し、それぞれのホログラムに対する入射角度を制御する偏光分岐角度制御光学系と、ホログラムから再生されたp偏光とs偏光の再生光を分離してそれぞれの再生データを検出する偏光分離光学系をホログラムメモリーの光学系内に実装した。この光学系を用いてホログラムの角度多重記録を行い、デュアルページ再生の原理検証を行った。その結果、p偏光による再生、s偏光による再生ともに、再生データの誤り率は実用上許容される3.0×10^{-3}以下の値が得られ、考案したデュアルページ再生技術が有効であることを実証した。

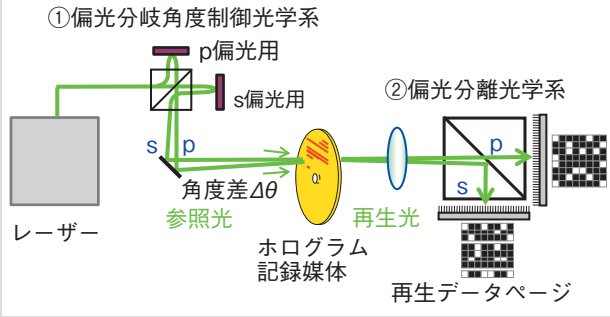


図1　ホログラムメモリーのデュアルページ再生の原理

〔参考文献〕
(1) 木下，室井，石井，上條，菊池，清水：“高精細映像再生に向けたホログラムメモリー信号処理アルゴリズム,” 映情学誌，Vol. 68, No. 8, pp. J348-J357 (2014)

6.3　次世代表示技術

6.3.1　多分割駆動ディスプレー

　有機EL (Electroluminescence) ディスプレーによる高画質なスーパーハイビジョンフルスペック表示の実現を目指した研究を進めている。特に動画の画質を向上させるため、高フレームレート化を期待できるディスプレーの分割駆動技術の研究に着手した。2014年度は、多分割駆動を実現するためのパネル構造を検討するとともに、新たな有機ELディスプレーの駆動方式を提案し、その性能をシミュレーション実験により評価した。
　有機ELディスプレーを複数の領域に分けて分割駆動するために、引き出し電極の構成を新たに考案し、電極形成に関わる要素技術開発を進めた。また、ホールド型表示方式で課題となる動きぼやけの改善を目的に、部分的にパネルの発光時間アパーチャー制御を行う駆動方式を提案し、動画の画質の改善効果を確認するとともに、瞬時輝度上昇による寿命劣化を抑制できる見込みを得た(1)。さらに、本方式の制御境界部で発生する画質妨害の要因を解析し、段階的に緩衝領域を挿入することにより大幅な改善効果が得られることを確認した(2)。

〔参考文献〕
(1) T. Usui, H. Sato, Y. Takano, T. Yamamoto and K. Ishii : “A Method of Image Quality Evaluation for Adaptive Temporal Aperture Control with Hold-Type Displays,” Proceedings of the 21st International Display Workshops (IDW’14), VHF3-2, pp.980-983 (2014).
(2) 薄井，佐藤，高野，山本，石井：“有機ELディスプレイのアパーチャー制御駆動における画質改善手法の検討,” 映情学技報，Vol. 39, No. 2, pp.71-74 (2015).

6.3.2　フレキシブルディスプレー要素技術

フレキシブルディスプレーの超柔軟化、大型化、生産性向上を目指し、2014年度は柔軟な素子構造を有する有機薄膜トランジスター（TFT）の高性能化や印刷法をベースとしたパネル作製技術の開発を進めた。

低分子塗布型半導体材料を用いた有機TFTでは、半導体膜内の結晶サイズのばらつきが大きく、面内で均一な特性を得ることが難しいという課題があった。今回、溶液の蒸発速度と乾燥方向を一定にすることで、析出する半導体膜の結晶サイズを制御する成膜手法を開発した。その結果、数百ミクロンの結晶サイズを持つ均一な結晶膜を得ることに成功し、アモルファスシリコンTFT並みの移動度を持つTFTアレーを作製した。

印刷法をベースとしたパネル作製技術については、スクリーン印刷法を多用して作製したフレキシブルディスプレー内のTFT特性の向上に取り組んだ。TFTの電極印刷時に、導電性インク中の導電材料が絶縁膜層へ拡散し、絶縁性能が劣化するという課題があった。そこで、導電性インクの組成と印刷時の乾燥条件を見直すことで劣化を抑制し、TFTのオフ電流値を大幅に低減することに成功した。また、電極の表面処理と微細化によりTFTとの接触抵抗を低減し、オン電流値を大幅に増大させた[(1)]。64×64画素のパネルを試作し、印刷ベースで作製したTFTの良好な動作を確認した（図1）。

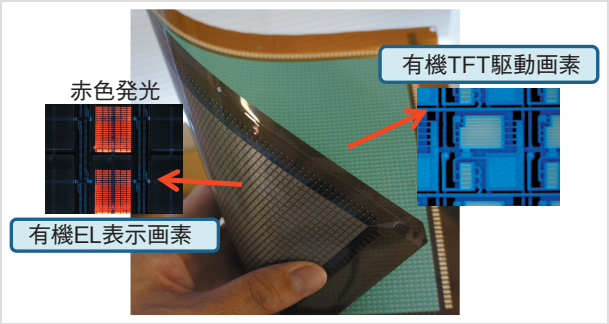


図1　印刷を多用した64×64画素フレキシブルパネル

〔参考文献〕

(1) T. Shimizu, T. Sekitani, H. Fukagawa, G. Motomura, T. Someya and T. Yamamoto：“Fabrication of flexible OLED display using printed reflection electrode placed on the reverse side of OTFT array,” ICFPE’14, O-282, pp.199-200（2014）.

7　研究関連業務

8Kスーパーハイビジョン、ハイブリッドキャストを中心に当所のさまざまな研究成果をアピールするとともに、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。

国際電気通信連合ITUやアジア・太平洋放送連合ABU、情報通信審議会、(一社) 電波産業会など国内外の標準化活動に貢献した。デジタル放送方式ISDB-Tの国際展開にも講師の派遣や会合への出席など積極的に進めた。

2014年の技研公開は、「ココロ動かすテクノロジー」をテーマに、2020年の東京五輪に向けて8Kスーパーハイビジョンの研究開発が加速していることのほか、ハイブリッドキャスト、立体テレビ、人にやさしい放送技術、高度な番組制作技術など、最新の研究成果31項目およびポスター 9項目、体験型展示2項目などを展示し、開催期間中延べ20,115人の方々に来場いただいた。技研公開以外に、国内外で計53件の外部展示を実施した。

その他、140件1,989名の方々に当所を視察・見学いただいた。この中には36件519名の海外からの来訪者が含まれている。

当所の研究成果は、15件の報道発表をはじめ、国内外の会議、学会誌などに計587件を発表した。研究成果の権利化も進め、2014年度は、NHK全体で365件の特許出願を行い、209件の権利を取得した。NHKの特許保有件数は、2014年度末で1,972件である。

外部との連携では、共同研究28件、受託研究7件、滞在研究員19名 (実習生17名を含む)、2名の海外派遣を実施した。

NHKの番組利用では、多視点ロボットカメラ、ミリ波帯の電波を使用するワイヤレスカメラ、臨場感のある多彩なカメラワークが可能となるハイブリッドセンサーが活躍した。2014年度の番組協力の総件数は34件である。なお、当所の研究成果の評価結果として、2014年度は電波功績賞、前島密賞など37件の表彰を受けた。

7.1　外部との連携

7.1.1　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、当所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国際電気通信連合無線通信部門ITU-R SG6では、地上デジタルテレビジョンサービスのプランニング基準勧告BT. 1368に、現行の地上デジタル放送方式であるISDB-Tと欧州の地上デジタル放送方式DVB-Tの混信保護比を追加したほか、次世代地上放送に向けた野外実験の新レポートに、熊本県人吉市で実施している8Kスーパーハイビジョン (SHV) 地上伝送実験の結果を寄与した。

MPEGでは、4K/8Kスーパーハイビジョン衛星放送のメディアトランスポート方式の (一社) 電波産業会 (ARIB) 標準規格 (ARIB STD-B60) をもとに、MMT (MPEG Media Transport) を用いる放送システムのためのMMT標準規格の拡張や制約について提案し、標準化中のMMT実装ガイドラインに記載された。2014年7月のMPEG札幌会合では、MMT対応の放送送受信機のデモ展示を行うなど、開発成果をアピールした。3次元音響の符号化方式であるMPEG-H 3D Audioへの提案技術を主観評価し、有効性を検証した。立体符号化の標準化に向けた検討では、インテグラル立体テレビについて、開発状況やテスト画像に関する寄書を入力した。

米国の映像技術に関する標準規格を策定するSMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) では、7年ぶりとなる日本会合開催を (一社) 映像情報メディア学会と協調して企画し、6月に千代田放送会館にて実施した。また規格化作業では2013年に提案したUHDTV (Ultra High Definition Television) インターフェース仕様が規格ST2036-4として承認された。

米国のテレビ放送方式を策定する標準化団体ATSC (Advanced Television Systems Committee) では、NHKからSHV地上放送を目指して研究開発を進めている伝送・多重技術の成果を提案し、会議に継続して参加した。

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 (World Wide Web Consortium) では、総会であるTPAC (Technical Plenary/Advisory Committee Meeting) 会議で、2014年6月に (一社) IPTVフォーラムで公開されたハイブリッドキャスト技術仕様2.0版の改訂内容についてNHKから報告し、標準化を推進した。

中国・マカオで開催されたアジア・太平洋放送連合 (ABU) の技術委員会・総会では、SHVの技術展示を行ったほか、技術委員会では、当所から技術委員会議長が選出された。このほか、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もSHVの技術展示や講演を行った。

さらに、欧州放送連合 (EBU)、国際標準化機構 (ISO)、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、(一社) 電子情報産業協会 (JEITA)、(一社) 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（符号化・マルチメディア）	議長

■ABU（アジア・太平洋放送連合）

委員会名	役職
技術委員会	議長

■情報通信審議会

委員会名	役職
情報通信技術分科会	
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
陸上無線通信委員会	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
調査・研究・開発	
調査研究会	
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
音声品質評価法作業班	主任
開発部会（放送分野）	
デジタル放送システム開発部会	委員長
SBTVD-T規格化対応タスクフォース	リーダー
デジタル放送共通技術系	
権利保護作業班	主任
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
多重化作業班	主任
ダウンロード方式TG	リーダー
データ放送方式作業班	
アプリケーション制御アドホック	リーダー
放送サービス応用メタデータ作業班	主任
デジタル送受信技術等系	
デジタル受信機作業班	主任
超高精細度TV放送受信機TG	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
素材伝送開発部会	
地上無線素材伝送作業班	主任
次世代デジタルFPU検討TG	サブリーダー
ミリ波素材伝送TG	リーダー
新周波数対応FPU検討TG	リーダー
超高精細度TVスタジオ設備開発部会	委員長
映像システム検討作業班	副主任
音響システム検討作業班	主任
機器間インターフェース検討作業班	主任
普及啓蒙等	
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）	
新採用国対応タスクフォース	主任
標準規格策定	
規格会議（放送分野）	
省電力無線局作業班	
ラジオマイクWG	
新デジタル伝送方式検討TG	リーダー
協議会等事務局業務	
ITS情報通信システム推進会議	
企画部会	
高度化専門委員会	委員
次期システム規格TG	委員
放送システムTG	主査

7．1．2　海外の研究機関等との連携

ブラジルで開催された2014FIFAワールドカップにおいて、9試合をFIFAと共同で8Kスーパーハイビジョン（SHV）制作し、ブラジルと国内の7会場でライブ中継のパブリックビューイングを実施した。現地のブラジルから日本へのIP伝送では、ブラジルの学術回線団体RNPと協力して、SHV信号を伝送した。また、SHVの理解促進を目的として現地の放送事業者TVGloboと協力して展示を実施した。

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、中国のABS（Academy of Broadcasting Science）およびCCTV（China

Central Television)、韓国のKBS(Korean Broadcasting System)と合同で11月に当所で開催した。

2006年6月にブラジルが日本の地上デジタル放送方式である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、ISDB-Tは海外16か国で採用された。2013年11月に採用を再表明したフィリピンでのISDB-Tセミナーに講師として参加し、日比共同作業部会にも出席した。

7.1.3　共同研究、研究相互協力、連携大学院

2014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28件の共同研究および22件の研究相互協力を実施した。

また、8つの大学(千葉大学、電気通信大学、東京工業大学、東京電機大学、東京理科大学、東邦大学、東北大学、早稲田大学)と教育研究に対する連携・協力などを目的とした連携大学院の協定を結び、非常勤講師の派遣、実習生の受け入れなどを行った。

7.1.4　滞在研究員、実習生の受け入れ、研究者の海外派遣

国内の放送事業者から1名の研究者を受け入れた。さらに、ポストドクターに1件の研究委嘱を実施した(表1)。

大学等からの要請により、卒業論文や修士論文作成のための実習生を6校(電気通信大学、東海大学、東京電機大学、東京理科大学、長岡技術科学大学、早稲田大学)から17名受け入れ、指導を行った。

海外における研究のため、アメリカとカナダに研究員2名を派遣した(表2)。

表1　研究者受入内容

種類	期間	研究テーマ
滞在研究員	2014/1/14 ～ 2014/6/13	高度化ハイブリッドキャストにおけるサービスに関する研究
ポストドクター	2012/5/1 ～	高精細映像における立体感の受容特性

表2　研究者の海外派遣

派遣先	期間	研究テーマ
アメリカ ダートマス大学	2014/9/1 ～ 2015/2/28	超多画素単板カラーカメラシステムに関する研究
カナダ カルガリー大学	2014/11/30 ～	コンテンツ配信におけるコンテンツ保護およびプライバシー保護の研究

7.1.5　委託研究の受託

放送技術関連の研究をより効果的・効率的に推進するために、国および公的機関の研究開発プロジェクトに参加して、研究を実施している。2014年度は、国や公的機関(総務省、NICT*、SCOPE**)から委託された7件の研究を実施した。

- 次世代衛星放送システムのための周波数有効利用促進技術の研究開発
- 超高精細度衛星・地上放送の周波数有効利用技術の研究開発
- 次世代映像素材伝送の実現に向けた高効率周波数利用技術に関する研究開発
  - ➢伝送容量可変化技術の開発
- 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
  - ➢革新的三次元映像表示のためのデバイス技術
  - ➢感性情報認知・伝達技術
- 複合撮像面による空間情報取得システムの研究開発
- 究極の省電力ディスプレイ実現に向けた高効率・長寿命有機ELデバイスの研究開発

*NICT：独立行政法人　情報通信研究機構

**SCOPE：戦略的情報通信研究開発推進制度

7.1.6　委員会、研究アドバイザー、客員研究員

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16回開催し、研究アドバイザーの方々からご意見をいただいた。また、4件の研究題目を客員研究員に委嘱し、研究を実施した。

■放送技術研究委員会委員　　**（敬称略）2015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　情報理工学系研究科　教授
金山　敏彦	独立行政法人　産業技術総合研究所　副理事長
河合　俊明	株式会社TBSテレビ　取締役　技師長
小池　康博	慶應義塾大学　理工学部　教授
小林　哲則	早稲田大学理工学術院　基幹理工学部　教授
篠原　弘道	日本電信電話株式会社　代表取締役副社長　研究企画部門長
鈴木　陽一	東北大学　電気通信研究所　教授
高田　潤一	東京工業大学大学院　理工学研究科　教授
高原　　淳	九州大学　先導物質化学研究所　所長
○富田二三彦	独立行政法人　情報通信研究機構　理事
中島　康之	株式会社KDDI研究所　代表取締役所長
中田　安優	株式会社フジテレビジョン　常務取締役
久恒　達宏	総務省　情報流通行政局　放送技術課長
美濃　導彦	京都大学　情報環境機構長
村田　正幸	大阪大学大学院　情報科学研究科　教授

客員研究員　　**（敬称略）2015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
平栗　健史	日本工業大学　電気電子工学科　准教授
中田　時夫	東京理科大学　総合研究機構　太陽光発電研究部門　嘱託教授
府川　和彦	東京工業大学大学院　理工学研究科　教授

■研究アドバイザー　　**（敬称略）2015年3月**

氏名	所属
安藤　　真	東京工業大学大学院　理工学研究科　教授
伊藤　公一	千葉大学　フロンティア医工学センター　教授
伊東　　晋	東京理科大学　理工学部　教授
伊福部　達	東京大学　名誉教授（高齢社会総合研究機構　特任研究員）
今井　秀樹	東京大学　名誉教授
内田　龍男	仙台高等専門学校長
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　教授
甲藤　二郎	早稲田大学　理工学術院　基幹理工学部　教授
亀山　　渉	早稲田大学　理工学術院　基幹理工学部　教授
川田　善正	静岡大学　工学部　教授
塩入　　諭	東北大学　電気通信研究所　教授
染谷　隆夫	東京大学　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　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
羽鳥　光俊	東京大学　名誉教授
浜本　隆之	東京理科大学　工学部第一部　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

7.2　研究成果の公開

7.2.1　技研公開

2014年の技研公開は、「ココロ動かすテクノロジー」をテーマに、8Kスーパーハイビジョン（8K）の他、ハイブリッドキャスト、立体テレビ、人にやさしい放送技術、高度な番組制作技術など最新の研究成果31項目、およびポスター9項目、体験型展示2項目などを展示し、開催期間中延べ20,115人が来場した。8K展示では、多彩な8Kカメラをはじめ、衛星、地上、ケーブルテレビでの伝送技術、8Kの高精細な大画面を生かしたハイブリッドキャストのサービス例などを展示し、2020年の東京五輪に向けて8Kの研究開発が加速していることをアピールした。講堂の8Kシアターでは、「シアターカメラ」の紹介とともに、シアターカメラで撮影したオペラ「リゴレット」を上映し、8Kの迫力ある映像・音響を体感いただいた。

公開実施日程

・5月27日（火）オープニングセレモニー
・5月28日（水）招待内覧会
・5月29日（木）～6月1日（日）一般公開

入口の様子

エントランス正面
8Kによるグリーティング

8K関連技術展示の様子

■講演

タイトル	講師	
8Kスーパーハイビジョン医療応用への期待	永井　良三 氏	自治医科大学 学長
木を見て森も見るビッグデータ解析技術	樋口　知之 氏	情報・システム研究機構理事　統計数理研究所長

■研究発表

タイトル	発表者	
放送通信連携システムの機能拡張～ハイブリッドキャストの高度化に向けて～	大亦　寿之	ハイブリッド放送システム研究部
8Kスーパーハイビジョンにおける光インターフェースの開発と標準化動向	添野　拓司	テレビ方式研究部
多視点カメラを用いたインテグラル立体像の生成手法	池谷　健佑	立体映像研究部

■研究展示

1	8Kスーパーハイビジョンに対応したハイブリッドキャスト	13	音声認識字幕制作システムの高精度化	25	高速なファイル転送を実現する双方向FPU
2	超小型120Hz 8Kスーパーハイビジョンカメラ	14	顔表情を部分的に取り入れた手話CG翻訳システム	26	SDNを利用した放送局映像取材網
3	8Kスーパーハイビジョン衛星放送システム	15	立体や図を伝える触覚提示技術	27	新デジタル方式ワイヤレスマイク
4	フルスペック8Kスーパーハイビジョン映像機器	16	次世代地上放送の伝送技術	28	光電変換膜積層型固体撮像デバイス
5	8Kスーパーハイビジョンのケーブルテレビ伝送方式	17	8Kスーパーハイビジョン放送の高機能化に向けたMMT伝送技術	29	放送現場で活躍する機材
6	メモリー着脱型8Kスーパーハイビジョン小型記録装置	18	次世代CAS技術	30	NHK技術の活用と実用化開発の紹介
7	ディスプレー　一体型スピーカーによる8Kスーパーハイビジョン音響再生	19	8Kスーパーハイビジョンの普及を目指した新機材	31	8Kスーパーハイビジョン「シアターカメラ」
8	フレキシブル有機ELディスプレー	20	1億3300万画素イメージセンサー	S1	ハイブリッドキャスト
9	インテグラル立体テレビ	21	リアルタイム時空間解像度変換装置	S2	放送とネットサービス事業者による連携
10	立体像表示のためのスピン注入型空間光変調器	22	新しいキーワードによる検索を可能とする映像検索システム	M	NHK放送博物館
11	ハイブリッドキャストの高度化に向けた要素技術	23	放送通信連携サービスのためのプライバシー保護技術	J	デジタル放送受信相談コーナー
12	テレビ視聴時の興味内容推定を利用した番組ナビゲーション	24	可視光を用いた水中ワイヤレスIP伝送技術		

■ポスター展示

1	「素材バンク」における動画被写体領域の抽出手法～映像素材の効果的・効率的な利活用に向けて～	4	ニュース特有表現の外国人理解度について～最適な「やさしい」日本語のニュースに向けて～	7	撮像デバイスの3次元構造化技術～超高精細と高フレームレートの両立を目指して～
2	4K/8Kカメラの解像度特性測定法	5	脳活動分析による番組視聴中の心理状態推定技術～新たな映像評価技術の可能性～	8	有機撮像デバイスの直接積層技術～小型で高画質な単板カラーカメラの実現を目指して～
3	8Kスーパーハイビジョン音響制作における残響付加と空間的印象の関係～高臨場感を得るための簡易な制作手法の検討～	6	微細構造による光の指向性制御技術～将来の立体ディスプレイ応用を目指して～	9	長期タイムシフト環境における視聴行動～クラウド時代の新しいVOD視聴サービスを目指して～

■体験展示

1	さわれるテレビ	2	飛び出すテレビ		

7.2.2　海外展示

4月に世界最大の放送機器展であるNAB（National Association of Broadcasters）Show 2014において、350インチシアター、HEVCリアルタイムエンコーダー、8Kカメラ、地上伝送など最新の8K技術の研究成果を展示し、8K技術が急速に進歩・発展していることをアピールした。期間中、NAB Showには世界各国から約9万8千人が来場した。

9月には欧州最大の放送機器展IBC2014（International Broadcasting Convention 2014）にて、8K衛星放送やインターフェースの展示のほか、8K 120Hzカメラと120Hzで撮影したFIFAワールドカップブラジルの模様を上映し、大きな注目を集めた。IBCには約5万5千人が来場した。

そのほか、8月には南米最大の放送機器展であるSET Expo 2014、10月にはABU-GA 2014（Asia-pacific Broadcasting Union-General Assembly 2014）、1月にはハワイで開催されたPTC'15（Pacific Telecommunications Council 2015）、中東地域で初めての8K出展となったIBC Content Everywhere MENA、3月にはABU-DBS（Digital Broadcasting Symposium）など、8Kを中心とした最新技術の国際発信を精力的に行った。

■海外展示7件

イベント名	日程	展示項目
NAB Show 2014（アメリカ・ラスベガス）	4/7～4/10	8Kカメラ、HEVCエンコーダー、地上伝送
SET Expo 2014（ブラジル・サンパウロ）	8/25～8/27	8Kコンテンツ上映、地上伝送
IBC2014（オランダ・アムステルダム）	9/12～9/16	8K120Hzカメラ、衛星放送、インターフェース
ABU-GA 2014（中国・マカオ）	10/21～10/28	8Kコンテンツ上映
PTC'15（アメリカ・ホノルル）	1/18～1/21	8Kコンテンツ上映
IBC Content Everywhere MENA（アラブ首長国連邦・ドバイ）	1/20～1/22	8Kコンテンツ上映、8K120Hzカメラ
ABU-DBS 2015（マレーシア・クアラルンプール）	3/3～3/6	8Kコンテンツ上映、8Kカメラ

7.2.3　国内展示

全国各地のNHKが主催あるいは協力するイベントにおいて、年間を通じて当所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、テレビ番組に合わせて手のひらの中のデバイスを振動させる「さわれるテレビ」の展示装置を開発し、多くのイベントで展示した。

■国内展示46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、音声認識シルエットクイズ等
「2014 FIFAワールドカップ　ブラジル」8Kパブリックビューイング	6/15～7/14	8Kスーパーハイビジョン
ケーブル技術ショー	7/29～7/30	8Kスーパーハイビジョンのケーブルテレビ伝送技術
映像情報メディア学会年次大会・KTVテクニカルフェア 2014	8/31	8Kスーパーハイビジョン、ぐるっとビジョン、ハイブリッドキャスト等
CEATEC JAPAN 2014	10/7～10/11	8Kスーパーハイビジョン、8Kハイブリッドキャスト
オーディオホームシアター展	10/17～10/19	8Kスーパーハイビジョン
NHKサイエンススタジアム2014	10/18～10/19	CGキャラクター操作体験、飛び出すテレビ、さわれるテレビ等
NHK大阪放送局会館公開	11/8～11/10	ハイブリッドセンサー、CGキャラクター操作体験等
NHK松山放送局会館公開	11/22～11/23	20年後の耳体験、CGキャラクター操作体験等

7.2.4　学会などへの発表

（一社）映像情報メディア学会、（一社）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、IEEE Transactions、Journal of Applied Physics、Journal of the Society for Information Displayなどの海外学会誌に論文が採録された。

国内学会誌	62件
海外学会誌	34件
国内学会・研究会など	241件
海外学会・国際会議など	120件
一般雑誌などへの寄稿	51件
部外への講師派遣	79件
合計	587件

7.2.5　報道発表

当所の研究成果を中心に、15件の報道発表を行った。

年月日	発表内容
2014.5.15	水中ワイヤレスIP伝送技術を開発～水中映像の安定したワイヤレス伝送を実現～
5.15	8Kスーパーハイビジョン　国内最大のケーブルテレビ施設での伝送実験に成功
5.15	世界初！ 8Kスーパーハイビジョン用1億3,300万画素撮像素子を開発～ 8Kカメラも　より小さく、より高画質に～
5.15	「第68回　技研公開」の開催について
5.20	リアルタイム時空間解像度変換装置を開発～多様な映像フォーマットに対応した超高圧縮映像伝送を目指して～
5.20	次世代の多重化方式“MMT”に対応した送受信装置を開発～放送と通信のさらなる連携が可能に～
5.20	フルスペック8Kスーパーハイビジョン用インターフェースに対応した映像機器を開発
5.22	電子ホログラフィー用立体表示デバイスを開発～アクティブ・マトリクス駆動で超多素子化が可能に～
5.22	物体の硬さの触感覚も伝達できるシステムを開発～物体を非接触で測定し、触った感覚を再現～
9.4	世界初公開！ NHKが開発した120Hzの8Kスーパーハイビジョンカメラの撮影映像～ FIFAワールドカップの世界最高峰のプレーをより鮮明な高臨場感映像で～
9.11	長寿命で低コストなリン光有機ELデバイスを実現～フレキシブルディスプレイの実用化に向けて～
10.16	OFDMデジタルワイヤレスマイクを開発～高品質・低遅延を実現したマイクシステム～
12.16	～めがねなしの立体映像用カメラの実現を目指して～ “新たな撮像デバイス”の技術開発に成功
2015.1.8	「第69回　技研公開」の日程を決定～ 8Kスーパーハイビジョンを中心に5月に開催～
2.9	災害時に映像を自動的に放送局まで伝送する“災害映像自動伝送システム”を開発

7.2.6　視察、見学、取材への対応

8Kスーパーハイビジョンや8Kハイブリッドキャスト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や映画や美術関係者および医療関係者など、幅広い分野の方々に見学対応を行った。また、国際電気通信連合（ITU）やIBC（International Broadcasting Convention）などの規格化や国際展示会を主催する要人、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当所を訪れた。

視察、見学	140件（うち、海外36件） 1,989人（うち、海外519人）
取材	22件

7.2.7　機関誌

当所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、次のとおり発行した。

NHK技研R & Dは、「シート型ディスプレー」、「聴覚障害者向け放送のバリアフリー技術」「8Kスーパーハイビジョン　カメラ・音響技術」などを特集した。

海外向けのBroadcast Technologyでは、「FPUの研究動向」、「有機ELの研究動向」、「8Kスーパーハイビジョン音響制作システムの開発と標準化動向」などの最新の研究内容や動向を紹介した。

■国内向け刊行物

技研だより（和文、月刊）	No. 109 ～ No. 120
NHK技研R & D（和文、隔月刊）	No. 145 ～ No. 150
研究年報（和文、年刊）	2013年度版

■海外向け刊行物

Broadcast Technology（英文、季刊）	No. 56 ～ No. 59
ANNUAL REPORT（英文、年刊）	2013年度版

NHK技研R & D

技研だより

Broadcast Technology

7.2.8　ホームページ

当所の概要、研究内容、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。2014年の技研公開では、パソコン向けのホームページに加えて、スマートフォン向けのホームページを開設した。スマートフォンの操作性を生かしたページで、会場案内やお勧めの見学ルートを掲載するなど、来場者の利便性を向上させた。

技研公開スマートフォン向けホームページ

7.3　研究成果の活用

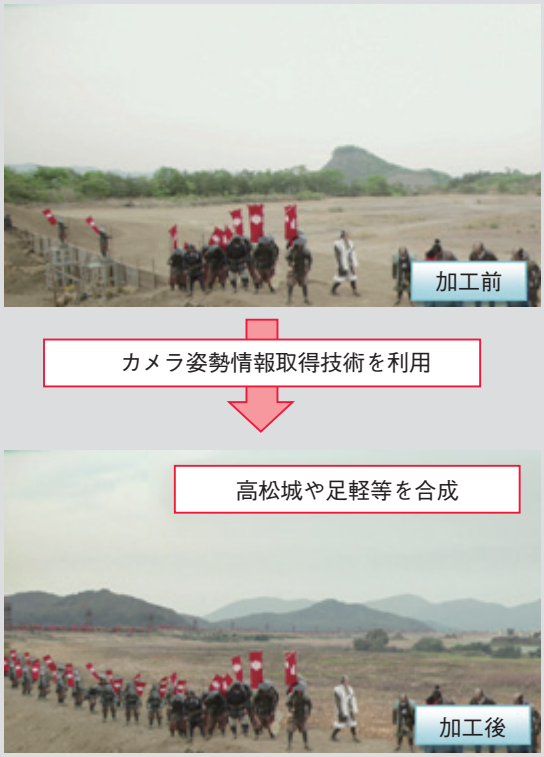
7.3.1　番組協力

当所の研究開発成果は、さまざまな番組で利用されている。複数台のカメラを組み合わせて立体的な映像表現を可能にする多視点ロボットカメラシステムや、ミリ波帯の電波を使用してハイビジョン映像を高画質・低遅延に伝送できるワイヤレスカメラが、フィギュアスケートや体操競技の中継番組で用いられた。そのほか、カメラに搭載することで臨場感のある多彩なカメラワークが可能となるハイブリッドセンサーが番組制作で活躍した。2014年に実施した番組協力は、34件であった。

■カメラ姿勢情報取得技術を「軍師官兵衛」のVFXに活用

撮影が困難なシーンや実在しない被写体をCGで描画して実写映像に合成するVFX（ビジュアルエフェクツ＝視覚効果）を実現するには、撮影したカメラの姿勢情報の取得が必要となる。今回、ダイナミックに動くカメラの位置や向きなどの姿勢情報を取得する技術を新たに開発し、大河ドラマ　軍師官兵衛の第27回「高松城水攻め」のVFXに活用した。

開発した映像解析技術は、被写体の特徴的な部位を精度よく追跡することで、様々な撮影状況でも安定して高精度にカメラの位置や姿勢を推定できる。「高松城水攻め」では、全自動でカメラの姿勢推定を行うことで、沼地に囲まれた難攻不落の高松城とこれを取り囲むように築かれた堤防などのVFX制作に貢献した。

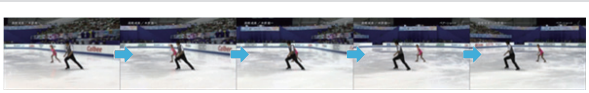


軍師官兵衛「高松城水攻め」の映像化

■NHK杯フィギュアで多視点ロボットカメラを利用

移動する被写体をさまざまな方向から同時に撮影できる多視点ロボットカメラシステムを、NHK杯国際フィギュアスケート競技大会の中継で利用した。

今回、カメラの台数を従来の9台から16台に増やし、被写体の周囲を回り込む角度を大きく、より滑らかに映像が切り替わる映像表現「ぐるっとビジョン」を実現した。さらに、ロボットカメラ部の小型化、ケーブル本数の削減、映像処理の高速化など、性能面・運用面で大幅に向上させた。中継では、ジャンプ時の蹴り出しや空中での姿勢などを、視点を変えた映像でわかりやすく表現するとともに、現場でのシステム設置・調整時間の短縮による運用性向上を確認した。


ぐるっとビジョンによるフィギュアスケート競技の映像

7.3.2　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、デジタル放送の円滑な普及に寄与した。また、動画像圧縮技術を対象とした「HEVCパテントプール」への参加も決まり、ライセンスが開始された。NHKの知的財産を適正に管理する観点から引き続き研究開発成果の権利化を推進するとともに、技術移転可能なNHK保有技術をまとめた「技術カタログ」を活用し、「技研公開」や放送センターで開催された「番組技術展」、横浜市ほか主催の「テクニカルショウヨコハマ2015」など地方自治体と連携したイベントにおいて、NHK保有技術やこれらの技術を利用する仕組みのPRを展開するなど、積極的な技術移転活動に取り組んだ。

■特許

特許などの出願状況

区分		新規出願数	年度末件数
国内出願	特許	354	1,307
	実用新案	0	0
	意匠	0	0
海外出願		11	171
合計		365	1,478

特許権などの保有状況

区分		新規取得数	年度末保有数
国内	特許	197	1,788
	実用新案	0	0
	意匠	0	8
海外		12	176
合計		209	1,972

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	28	282
許諾権利数	69	469
（内訳）特許権	45	245
ノウハウ	24	224

技術協力　（NHK総数）

区分	件数
技術協力	33
受託研究	7

7.3.3　受賞、学位取得

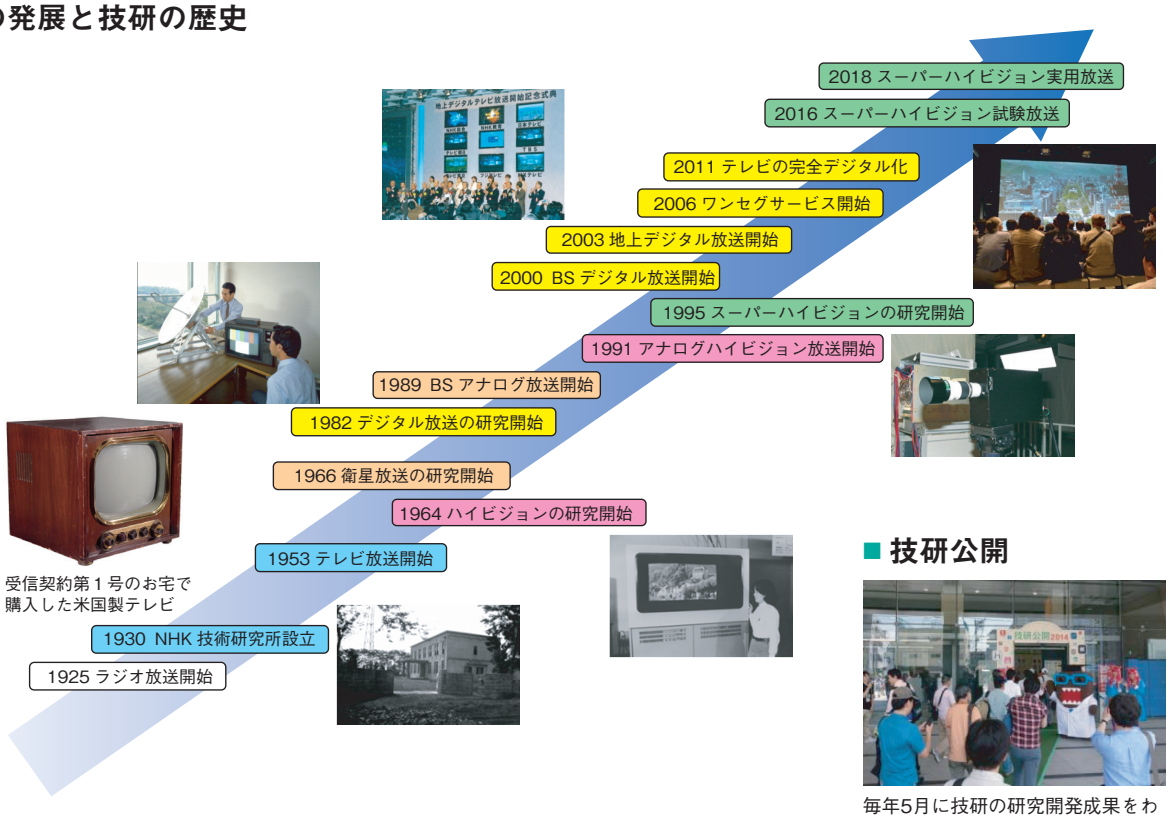
2014年度は、電波功績賞、高柳健次郎業績賞など36件を受賞した。2014年度は、新たに8人が学位を取得した。2014年度末の学位保有者は、88人となった。

受賞者	賞の名称	授賞者	業績名、受賞事由	受賞・表彰日
渡辺馨	日本ITU協会賞　功績賞	一般財団法人　日本ITU協会	「5.1chを超える先進的マルチチャンネル音響システム」の研究活動をラポータグループ共同議長として主導し、勧告策定および成立に貢献	2014/5/16
実井仁	日本ITU協会賞　国際活動奨励賞 功績賞対象分野	一般財団法人　日本ITU協会	ITU-R WP6A会合において勧告化、ABU、ARIBでの海外向け基準策定など多大な貢献	2014/5/16
栗田泰市郎	SIDフェロー	Society for Information Display（SID）	For his outstanding contributions to the research and development of display image-quality characterization and high-quality display systems, particularly those involving the presentation of moving images on active-matrix displays	2014/6/2
渡部俊久（放送技術研究所付） 北村和也　島本洋　大竹浩	丹羽高柳賞　論文賞	一般社団法人　映像情報メディア学会	3,300万画素120fps CMOSイメージセンサ用カラム並列2段サイクリック型A/D変換回路の低消費電力設計	2014/6/3
山田一郎　松井淳　三浦菊佳 住吉英樹　柴田正啓	丹羽高柳賞　論文賞	一般社団法人　映像情報メディア学会	Scene Detection Using a Large Number of Text Features	2014/6/3
萩原啓　後藤正英	藤尾フロンティア賞	一般社団法人　映像情報メディア学会	画素並列信号処理3次元構造撮像デバイスの研究	2014/6/3
8Kエンコーダ装置開発グループ	ハイビジョン・次世代テレビ技術賞	一般社団法人　映像情報メディア学会	8Kスーパーハイビジョン HEVCエンコーダ装置の開発	2014/6/3
河村侑輝　安土寛之（名古屋放送局）	技術振興賞　進歩開発賞（現場運用部門）	一般社団法人　映像情報メディア学会	AR技術を用いた電子フリップ・再撮モニタ装置の開発	2014/6/3
120HzSHVイメージセンサ 開発グループ	技術振興賞　進歩開発賞（研究開発部門）	一般社団法人　映像情報メディア学会	フレーム周波数120Hzスーパーハイビジョンイメージセンサの開発	2014/6/3
手話CG評価サイト運営チーム	技術振興賞　コンテンツ技術賞	一般社団法人　映像情報メディア学会	手話CG評価サイト	2014/6/3
新井俊希　米内淳　林田哲哉　大竹浩	論文賞	一般社団法人　電子情報通信学会	対表面照射型比感度12.7倍1670万枚／秒31万画素裏面照射型超高速度CCD撮像素子	2014/6/5
日本放送協会　放送技術研究所 超高精細度テレビジョン衛星放送方式 開発グループ	第25回　電波功績賞　総務大臣表彰	一般社団法人　電波産業会	超高精細度テレビジョン衛星放送のための伝送路符号化方式、多重化方式、映像圧縮符号化方式を開発、電波を有効に利用した放送方式確立、国の技術的条件の策定に大きく貢献	2014/6/17
川本潤一郎　中戸川剛　小山田公之	通信方式研究会委員長賞	一般社団法人　電子情報通信学会 通信方式研究会	「スーパーハイビジョン信号の100ギガビットイーサネット伝送におけるクロック再生制御法の検討」に対して	2014/7/3
佐々木久幸（放送技術研究所付）	3次元画像コンファレンス2013 優秀論文賞	3次元画像コンファレンス実行委員会	複数の空間光変調素子を用いた立体像拡大型電子ホログラフィのカラー化技術	2014/7/10
安江俊夫	鈴木記念奨励賞	一般社団法人　映像情報メディア学会	2014年年次大会「0.11μm製造プロセスを用いた120Hzスーパーハイビジョン用イメージセンサの感度特性」 冬季大会「Cube型超小型スーパーハイビジョンカメラの開発」の発表	2014/9/1
堺俊克	鈴木記念奨励賞	一般社団法人　映像情報メディア学会	2014年年次大会「有機撮像デバイスの高解像度化に向けた直接積層構造の開発」の発表	2014/9/1
辻博史	電気学会優秀論文発表賞 （IEEJ Excellent Presentation Award）	一般社団法人　電気学会	酸化物半導体TFTのシュミレーションモデルの開発	2014/9/4
松尾康孝	第13回情報科学技術フォーラム FIT奨励賞	一般社団法人　情報処理学会 FIT運営委員会	空間階調削減と復元を用いた超高精細映像の超解像復元型符号化の検討	2014/9/5
原澤賢充	学術大会特別優秀発表賞	公益社団法人　日本心理学会	聴覚的注意の空間・特徴への定位：EEGとfNIRSの同時計測による研究	2014/9/9
青島賢一　町田賢司　加藤大典 金城秀和　久我淳　三科智之 菊池宏　清水直樹	1st Prize Paper Award: Technical Committee Prize Paper Award	IEEE IAS （IEEE Industry Applications Society）	国際会議IAS2013 Industrial Lighting and Display Committee（IDLC）セッションでの発表「Advanced display systems technologies」	2014/10/6
有安香子	IEEE GCCE2014 Outstanding Demo ！ Award	IEEE GCCE （IEEE Global Conference on Consumer Electronics）	リアリティフィーリングの研究 「Tactile Sensibility Presentation Service for Smart TV」	2014/10/9
鈴木陽一　小島政明　橋本明記 中村直義　田中祥次　斉藤知弘	JC-SAT2014 BEST PAPER AWARD	KOSST 一般社団法人　電子情報通信学会	「Transmission System for UHDTV Satellite Broadcasting」	2014/10/23
正岡顕一郎　添野拓司　日下部裕一 山下誉行　西田幸博　菅原正幸	The ABU Technical Review Prize 2013-2014 Best Article Award	ABU	フルスペックSHV映像システムの研究	2014/10/24
松尾康孝　三須俊枝　岩村俊輔 境田慎一	画像符号化シンポジウム 優秀論文賞	一般社団法人　電子情報通信学会 画像工学研究専門委員会	空間階調削減と復元を用いた超高精細映像符号化の検討	2014/11/12
今井亨	関東地方発明表彰　発明奨励賞	公益社団法人　発明協会	リアルタイム字幕制作のための音声認識	2014/11/28
半田拓也　清水俊宏 坂井忠裕（NHKエンジニアリングシステム）	ヒューマンコミュニケーショングループ （HCG）賞	一般社団法人　電子情報通信学会	力覚誘導の提示条件が空間認知に与える影響の評価	2014/12/17
長坂正史	優秀研究発表賞	一般社団法人　映像情報メディア学会	「衛星放送受信用偏波共用給電アンテナの検討」の講演に対して	2014/12/17
岩村俊輔	Best Paper Award	IWAIT2015 International Workshop on Advanced Image Technology	High Frame rate Ultra-High Definition Video Coding using Frame Interpolation by Multiple Motion Vecter Candidates	2015/1/13
田中祥次	高柳健次郎業績賞	公益財団法人　高柳健次郎財団	超高精細度テレビジョン衛星放送用伝送方式の開発	2015/1/20
長坂正史	研究奨励賞	一般社団法人　映像情報メディア学会 放送技術研究委員会	2014年度登壇回数3回	2015/2/20
大槻一博	研究奨励賞	一般社団法人　映像情報メディア学会 放送技術研究委員会	2014年度登壇回数3回	2015/2/20
岩村俊輔	学術奨励賞	一般社団法人　電子情報通信学会	2014年総合大会講演 「複数の動きベクトル候補によるフレーム補間を用いた高フレームレート映像符号化」に対して	2015/3/11
後藤正英　萩原啓　井口義則　大竹浩	第6回集積化MEMSシンポジウム 優秀論文賞	公益社団法人　応用物理学会 集積化MEMS技術研究会	「画素並列信号処理を行う撮像デバイスの実現に向けた3次元集積回路の試作と評価」に対して	2015/3/12
後藤正英　萩原啓　井口義則　大竹浩	第6回シリコンテクノロジー分科会 論文賞	公益社団法人　応用物理学会 シリコンテクノロジー分科会	「3-D Silicon-on-Insulator Integrated Circuits With NFET and PFET on Separate Layers Using Au/SiO2 Hybrid Bonding」（Au/SiO2ハイブリッド接合を用いた3次元集積回路の開発）に対して	2015/3/13
超高精細度テレビジョン用広色域 表色系開発標準化グループ	前島密賞	公益財団法人　通信文化協会	超高精細度テレビジョン用広色域表色系の開発と標準化	2015/3/20
洗井淳　山下誉行　三浦雅人 日浦人誌　岡市直人　船津良平	第30回電気通信普及財団賞 テレコムシステム技術賞	公益財団法人　電気通信普及財団	Integral three-dimensional image capture equipment with closely positioned lens arrey and image sensor	2015/3/23
日本放送協会　放送技術研究所	でんきの礎	一般社団法人　電気学会	直接衛星放送サービス	2015/3/25

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わかりやすくご紹介する技研公開を実施

■ 数字でみる技研

設立 1930年6月		
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	255名	（うち研究者数　227名）
学位保有者	88名	
特許権保有数（NHK 総数）	国内 1,788件	
	外国 176 件	

（2015 年 3 月末現在）

■ 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

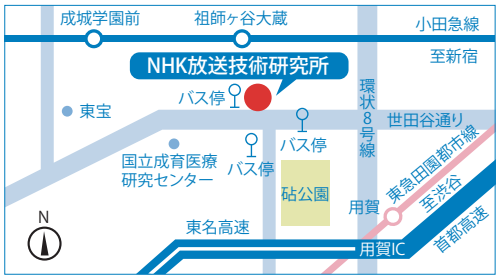
■ 技研の組織

所長　黒田　徹 ― 研究主幹　池沢　龍
副所長　菅原正幸

		部長
研究企画部	研究企画・管理、広報、国際対応、外部連携	今井　亨
特許部	特許出願・管理・活用、技術移転など	加藤　隆
ハイブリッド放送システム研究部	ハイブリッドキャスト、セキュリティ、メタデータの制作と活用、番組推薦など	山本　真
伝送システム研究部	衛星・地上伝送技術、ミリ波や光によるSHV素材伝送技術、多重化技術、IP伝送技術など	斉藤　知弘
テレビ方式研究部	SHV番組制作機器、効率的伝送に向けた映像符号化、高臨場感音響システムなど	池田　哲臣
ヒューマンインターフェース研究部	音声認識、やさしい日本語、手話CGなど高度な言語処理、触・力覚による情報伝達など	藤井　真人
立体映像研究部	IP立体など空間再生立体映像システム技術、立体表示デバイス技術、認知科学技術など	岩舘　祐一
新機能デバイス研究部	超多画素・高感度撮像デバイス、大容量・高速記録技術、シート型ディスプレー技術など	林　直人
総務部	人事、労務、経理、局舎管理など	松本　春枝

（2015年3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

2014

日本放送協会 放送技術研究所
2015年5月発行

あなたの声と受信料で
公共放送
NHK