

# 研究年報

NHK

Science & Technology  
Research Laboratories

2015



## 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、また、公共放送NHKの一員として、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。

2015年は、日本でラジオ放送が始まってから90周年となる節目の年でした。技研では、5月の技研公開において実際の放送衛星を利用した8K衛星放送実験に成功し、世界に先駆けて8K放送をご体感いただきました。また、映像で表現できる明暗の幅を広げる高ダイナミックレンジ(HDR)技術の導入を目指し、対応する8Kカメラやディスプレイの開発を進めました。インターネットの活用では、NHKはテレビ放送のインターネット同時配信検証実験を実施するなど、放送法の改正によって放送メディアの新たな可能性が広がる1年でもありました。

このような変革の時代の中、技研では、NHKが公表した「NHK経営計画 2015-2017年度」にあわせて、新たな可能性を開く放送・サービスの実現を目標とする「2015-2017年度NHK技研3か年計画」を策定しました。この3か年で技研は、直近の「インターネット活用技術」と「8Kスーパーハイビジョン」、そして将来の「立体テレビ」の3つの重点項目を軸として、「高度番組制作技術」と「人にやさしい放送」の2つの研究でこれらを支えることにより、放送技術とサービスをより高品質で高機能なものへ成熟させていきます。

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るとともに、最先端の放送技術・サービスの研究開発において先導的な役割を果たしていきます。

本研究年報は、「2015-2017年度 NHK技研3か年計画」の初年度となる2015年度研究開発の成果をまとめたものです。本書が技研の研究開発活動を理解していただく一助として、また新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

## 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年に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 (HDR:High Dynamic Range) の効果やディスプレイ輝度に関する様々な評価実験を行い、その結果を踏まえ、従来のダイナミックレンジとの互換性が高いHybrid Log-Gamma (HLG) 方式をBBCと共同で開発し、国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R)において新勧告案が合意された。MPEG-H HEVC (High Efficiency Video Coding) / H.265方式のSHV国内放送規格に対応した映像復号LSIを開発した。ケーブルテレビ伝送において、SHV伝送用に開発した複数搬送波伝送方式の国内・国際標準規格化を達成した。

→詳しくは、p.4

## 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、インテグラル立体映像技術の研究、立体表示用デバイスの研究を進めた。4台の8K液晶パネルを並列に配置した拡大光学系を用いて、映像を空間的に結合した直視型立体表示装置を試作し、立体映像表示領域が従来の4倍となる約10万画素の要素画像数を持つ立体映像の表示を実現した。電子ホログラフィーでは、スピン注入磁化反転を利用した空間光変調器の研究を進め、画素ピッチ2 $\mu\text{m}$ の駆動用シリコンバックプレーンとその外部駆動回路を開発した。また、シリコンバックプレーン上にトンネル磁気抵抗を用いて光変調素子を形成した2次元空間光変調器を試作し、その基本性能を評価した。

→詳しくは、p.18



直視型の表示装置により再生したインテグラル立体映像

## インターネット活用技術

放送と通信の融合時代にふさわしい新たなサービスの実現を目指し、インターネット活用技術の研究を進めた。放送連携クラウドサービスの研究では、(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2.0版の機能実証や標準化への寄与、ベンチマークテスト開発など普及促進のための取り組みを推進した。番組情報利用の研究では、番組関連情報を活用したサービス創出の可能性を示すため、LOD(Linked Open Data)形式で活用するAPI(Application Program Interface)開発とLOD形式の番組表情情報の公開、セマンティックウェブ技術を使った教育分野のアプリケーションを試作した。

→詳しくは、p.21

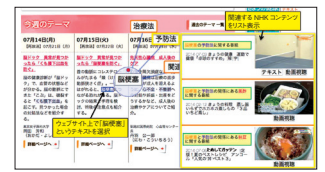


LOD提供サービスのウェブサイト

## 高度番組制作技術

高度な番組制作技術として、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、緊急報道・スポーツ中継などの番組素材を無線伝送する技術の研究開発を進めた。番組制作者や視聴者向けに番組概要のキーワードから関連する番組を効果的に提示することや、見たい番組やシーンを俯瞰的に選ぶことができるインターフェースを開発した。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、スループットを向上させる適応制御方式、ライブ映像の優先送信制御方式を検討するとともに、双方向FPUの多段中継の実現可能性を検証するための実験装置の試作を進めた。

→詳しくは、p.28



「きょうの健康」に適用した番組提示インターフェース

## 人にやさしい放送技術

放送・サービスをすべての人が楽しめるよう、耳や目に障害のある方や、外国人を含むすべての視聴者が、聞きやすく、見やすく、分かりやすい「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。顔表情を含めた気象情報手話CG翻訳技術の研究を進め、気象庁配信の天気予報データから手話CGを自動生成するシステムを開発し、心理実験で十分に理解可能であることを実証した。評判分析技術の研究では、番組に寄せられる多数の意見文を意味の近さでまとめる手法を開発した。さらに、番組「データなび」において、ツイート分析システムを開発し、番組制作に寄与した。

→詳しくは、p.32



自動生成された天気予報の手話CG

## 次世代放送用デバイス・材料

8Kスーパーハイビジョン(SHV)や立体テレビ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。3次元構造撮像デバイスでは、暗電流の少ない埋め込み型フォトダイオードおよびパルス発生回路を配置した上層と、パルスカウンターを画素ごとに集積化した下層とを積層して128×96画素の撮像デバイスを試作し、16ビット出力の広ダイナミックレンジ化が可能であることを示した。ホログラム記録技術については、高効率デュアルページ再生技術などの要素技術の開発とともに、実用的なプロトタイプドライブの開発に取り組んだ。将来のフレキシブルディスプレイの超柔軟化・大型化・生産性向上に向けた要素技術開発を進めた。

→詳しくは、p.37



試作した3次元構造撮像デバイスによる撮像例

## 研究関連業務

8Kスーパーハイビジョン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、総務省情報通信審議会、(一社)電波産業会(ARIB)など国内外の標準化活動に貢献した。2015年の技研公開は、「究極のテレビへ、カウントダウン!」をテーマに、2016年に試験放送を開始する8K、インターネットを活用した新たな放送技術などの最新研究成果を展示し、開催期間中延べ20,123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2015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年に実用放送の開始を目指し、SHVに関する映像方式や撮像、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、高ダイナミックレンジ (HDR: High Dynamic Range) の効果やディスプレイ輝度に関する様々な評価実験を行い、その結果を踏まえ、従来のダイナミックレンジ (SDR: Standard Dynamic Range) との互換性が高いHybrid Log-Gamma (HLG) 方式をBBCと共同で開発した。本方式を国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) に共同提案し、新勧告案が合意された。広色域表色系については、4K・8K制作におけるLED照明の演色性推奨基準の指針を得た。インターフェースについては、4K・8K信号用インターフェース (U-SDI: Ultrahigh-definition Signal/Data Interface) がITU-Rで勧告化された。

カメラについては、1億3,300万画素の単板カラー撮像素子を用い、小型でSHVフル解像度を実現するフル解像度単板カラー撮像装置を開発した。フレーム周波数120Hzで動作するフルスペックSHVイメージセンサーについては、残像特性とストリーキング特性を改善し、HDR撮像を実現した。また、評価用素子として、画素数3,300万、フレーム周波数240Hzで動作する裏面照射型撮像素子を試作した。

ディスプレイについては、高効率なバックライトシステムや映像に応じて領域ごとに輝度を制御する駆動技術を用いて、高コントラスト比を実現したHDR対応85インチSHV液晶ディスプレイを開発した。また、SHV番組制作における映像調整・監視用として、対角17.3インチ、対角9.6インチの小型液晶モニターを開発した。さらに、大画面シート型ディスプレイの実現に向けて、高効率と長寿命を兼ね備える有機ELデバイスや高速駆動に有効な酸化物質薄膜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、圧縮信号処理回路やメモリーパックの高速化などを進め、色間引きなしの4:4:4、フレーム周波数120Hzで記録可能なフルスペックSHV圧縮記録装置を開発した。

音響については、22.2ch音響のラウドネス測定の算出に用いる係数を提案・検証し、ITU-Rの勧告改訂と(一社)電波産業会 (ARIB) のラウドネス運用規定改定に寄与した。また、2chまたは5.1chの音素材をアップミックス処理して22.2chの音素材を生成するプリプロセッサを開発した。SHV符号化・復号装置の音声部としてMPEG-4 AACを用いた22.2ch音声符号化・復号装置を開発するとともに、復号装置にはダウンミックス機能およびダイアログ制御機能を実装し、8K衛星放送実験を実施した。さらに、HDR対応85インチSHV液晶ディスプレイに装着できるバイノーラル処理内蔵型の枠型スピーカーを開発した。

映像符号化については、MPEG-H HEVC (High Efficiency Video Coding) / H.265方式の符号化装置を利用した世界初の8K衛星伝送実験を実施するとともに、SHV国内放送規格に対応した映像復号LSIを開発した。また、HDRやフレーム周波数120Hzの映像の符号化実験を行い性能を検証した。将来の地上放送などでの応用を目指して、超解像技術を利用した次世代の映像符号化方式の開発にも着手した。

メディアトランスポート技術については、MPEG Media Transport (MMT) 対応の多重化装置等を開発し放送衛星での伝送実験を行ったほか、ネットワークで伝送したコンテンツとの同期提示や切り替え提示など放送通信連携サービスの検証を行った。また、MMTによる放送システムについて、ITU-Rの新勧告やISO/IECのMMT実装ガイドラインが発行されるなど国際標準化にも寄与した。

コンテンツの権利保護とアクセス制御については、第2世代の新CAS (Conditional Access System) の検討を進め、ARIB標準規格への限定受信方式の追加など標準化に寄与した。また、技研公開での8K衛星放送実験にて、ARIB STD-B61準拠のMMT対応スクランブル装置を用い、MMTストリームをリアルタイムで処理できることを確認した。

衛星伝送技術については、2016年のSHV試験放送に向けて、実際の放送衛星を使用した8K衛星放送実験を行い、SHV放送の安定伝送や伝送性能を確認した。また、12GHz帯衛星放送の右旋・左旋偏波共用受信アンテナの開発やQAM (Quadrature Amplitude Modulation) 符号化変調などの研究に取り組んだ。将来の衛星放送の更なる大容量化に向けては、アレー給電鏡面修整反射鏡アンテナなど21GHz帯衛星放送システムにおける衛星搭載機器の研究を進めた。

地上伝送技術については、次世代地上放送の伝送方式を検討するために、暫定仕様の詳細設計を進めるとともに、マルチパスの影響が大きい都市部での受信実験、熊本県人吉市に設置した実験試験局を用いた符号化SFN (Single Frequency Network) の実験、移動体向け伝送技術の検討などを進めた。

番組素材伝送については、ミリ波帯 (42GHz帯) FPU (Field Pick-up Unit) およびマイクロ波帯 (6/7GHz帯) 超多値OFDM-FPUの野外伝送実験を行うとともに変復調器の開発を進めた。また、移動伝送用1.2GHz/2.3GHz帯FPUについて、双方向で適応制御を行うMIMO伝送方式の研究を進めた。

有線伝送技術については、非圧縮SHV番組素材伝送用に、ARIB標準規格STD-B58準拠の機器間光インターフェース信号を100ギガビットイーサネット信号に多重して伝送する装置を開発した。ケーブルテレビについては、SHV伝送用に開発した複数搬送波伝送方式の国内・国際標準化を達成するとともに、将来の大容量伝送実現に向けてベースバンド方式の検討を進めた。

4K・8Kに対応した超高精細度テレビジョン衛星放送方式の国内標準化については、(一社)次世代放送推進フォーラムにおける運用規定の策定と連携して、ARIB標準規格への追加や明確化などの改定作業に寄与した。

# 1.1 8K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

高ダイナミックレンジ (HDR: High Dynamic Range) 映像に関する様々な評価実験を行い、HDRの効果やディスプレイ輝度の条件を調べた。ディスプレイの最大輝度が制作者の映像制作に与える影響を調べる実験では、最大輝度が高くなると明るい部分の表現範囲を広げる映像調整が行われることが分かった<sup>(1)</sup>。ディスプレイ上で知覚できる最小輝度や視聴者に好まれるディスプレイ輝度を調べる実験では、最小輝度は薄明の制作環境において0.01-0.1 cd/m<sup>2</sup>であること、従来のダイナミックレンジ (SDR: Standard Dynamic Range) 映像の好まれる輝度は明るい家庭環境において500cd/m<sup>2</sup>程度であることが分かった<sup>(2)</sup>。

実験で得られた知見を踏まえてHDRテレビジョン方式の検討をBBCと共同で進め、SDRとの互換性が高いHybrid Log-Gamma (HLG) 方式 (図1) を開発した。本方式を国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) に共同提案するとともに、(一社)電波産業会 (ARIB) にも提案し、2015年7月にARIB標準規格STD-B67が策定された<sup>(3)</sup>。さらに、High Efficiency Video Coding (HEVC) 規格の映像ストリーム中でHLG方式の映像を識別できるよう、HEVC規格の改定を提案し、HEVC規格第3版の国際規格案に採用された。

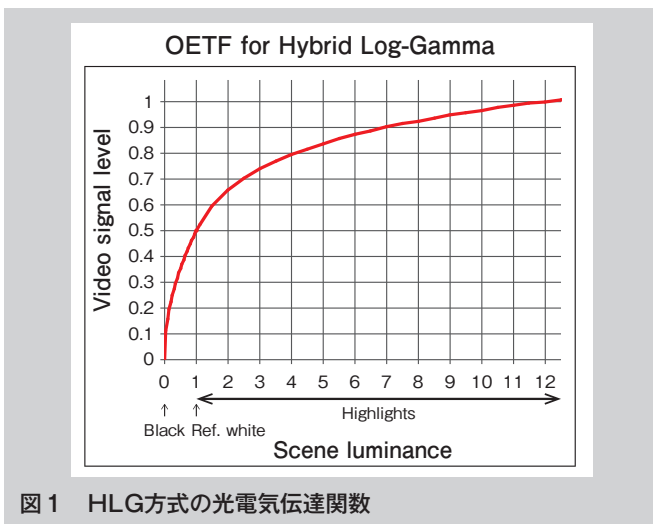


図1 HLG方式の光電気伝達関数

## ■広色域表色系の運用

広色域4K・8K制作におけるLED照明の演色性推奨基準を検討した。LED照明は近年広く用いられつつあるが、演色性推奨基準は定められておらず、4K・8Kでも未検討であった。そこでさまざまなLED照明下で撮影した8K映像を用いた主観評価実験を行い、平均演色評価数 $R_a > 90$ および特殊演色評価数 $R_n$  (赤色)  $> 80$ が推奨基準として妥当であることを導いた<sup>(4)</sup>。

ディスプレイの色域包含率は、一般的に、基準とする色空間における映像システムのRGB色度点を結ぶ三角形の面積のうちディスプレイのRGB色度点を結ぶ三角形が占める面積包含

率で表されるが、用いる色度図(xy色度図またはu' v'色度図)によって異なる面積包含率が計算されるという問題があった。そこで、面積包含率と3次元色空間における体積包含率との関係を調べ、xy色度図を用いて算出した面積包含率が体積包含率と高い相関を示すことを計算機シミュレーションにより明らかにした。この結果を基に、超高精細度テレビジョン用ディスプレイの色域の計算基準をARIB技術資料TR-B36にまとめた<sup>(5)</sup>。

## ■インターフェース

ARIB標準規格STD-B58に準拠する4K・8K信号用インターフェース (U-SDI: Ultrahigh-definition Signal/Data Interface) をITU-Rに提案し、2015年6月にITU-R勧告BT.2077のPart 2に採用され、さらに10月には波長分割多重方式が追加された<sup>(6)</sup>。また、SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) では2015年7月にST 2036-4が策定された<sup>(7)</sup>。

4K・8K信号用インターフェースで映像・音声信号とともにフレーム周波数60Hzまでのタイムコード (TC) を伝送するためのデータ構造および多重方法をARIBへ提案し、2015年12月に標準規格STD-B68が策定された<sup>(8)</sup>。

4K・8Kのフレーム周波数は最高120Hzであるが、120Hzに対応するTCやTCを伝送するためのインターフェースは存在せず、標準化されていない。そこで、現行のTC規格との互換性を考慮しつつ、60Hzを超えるフレーム周波数にも対応するTCとその伝送インターフェースを考案し、TC送受信装置を試作した。これをもとにSMPTEでの標準化に寄与した。

## ■映像制作

フルスペックSHVの番組制作に必要な制作スイッチャーの開発に向けて、その構成要素となるブランキングスイッチャーを開発した。

フルスペックSHVの特長であるフレーム周波数120Hzと広色域の評価のためのコンテンツを制作し、技研公開展示にも使用した。さらに、ARIB評価シーケンス作業班での超高精細・広色域標準動画像の制作に寄与するため、8Kフル解像度カメラで映像素材を撮影した。また、4K・8Kの各解像度を視認可能な微細パターンを含むカラーバー信号をARIBに提案し、2015年7月にARIB標準規格STD-B66が策定された<sup>(9)</sup>。

### 〔参考文献〕

- (1) 白井, 池田, 日下部, 正岡, 西田: “ディスプレイの最大輝度レベルが制作者の映像階調調整に与える影響,” 映情学技報, Vol.39, No.27, IDY2015-34, pp.13-16 (2015)
- (2) 池田, 白井, 日下部, 正岡, 西田: “テレビディスプレイの黒レベル調整と視聴者に好まれる輝度に関する検討,” 映情学技報, Vol.39, No.27, IDY2015-35, pp.17-20 (2015)
- (3) (一社)電波産業会: “Essential parameter values for the extended image dynamic range television (EIDRTV) system for programme production (Version 1.0),” ARIB STD-B67 (2015)
- (4) H. Iwasaki, T. Hayashida, K. Masaoka, M. Shimizu, T. Yamashita and W. Iwai: “Color Rendering Index Value Requirement for Wide-Gamut UHDTV Production,” SMPTE 2015 Annual Technical Conference and Exhibition (2015)

- (5) (一社)電波産業会：“超高精細度テレビジョン番組制作用ディスプレイの色域含有率計算法(1.0版),”ARIB TR-B36(2015)
- (6) Rec. ITU-R BT.2077-1：“Real-time serial digital interfaces for UHDTV signals” (2015)
- (7) SMPTE ST 2036-4：“Ultra High Definition Television – Multi-link 10 Gb/s Signal/Data Interface Using 12-Bit Width

Container” (2015)

- (8) (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タイムコードフォーマット (1.0版),”ARIB STD-B68 (2015)
- (9) (一社)電波産業会：“UHDTVマルチフォーマット・カラーバー(1.1版),”ARIB STD-B66 (2015)

## 1.2 カメラ

実用的な8Kスーパーハイビジョン (SHV) 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フル解像度単板カラー撮像装置

実用的なフルスペックSHVカメラの実現を目指し、カメラの小型化とフル解像度化を両立できる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SHV映像を撮影するためには、赤・青・緑とも3,300万画素以上の画素数が必要である。そこで2012年度に、フレーム周波数60Hzで動作し、単板式でフル解像度が得られる1億3,300万画素単板カラー撮像素子を世界に先駆けて開発した。2015年度は、この撮像素子を用いた8Kフル解像度単板カラー撮像装置<sup>(1)</sup>を試作し、単板式では初めて8Kフル解像度での撮像および表示を実現した。

試作した撮像装置は、カメラヘッド(図1)とカメラコントロールユニット (CCU) で構成される。カメラヘッドの重量は約10kg(レンズを除く)で、従来のフル解像度カメラの1/5程度に軽量化した。レンズは35ミリフルサイズに対応した市販のレンズを利用可能とした。カメラヘッドから出力される100Gbpsの大容量映像信号は、開発した小型高速光波長多重トランシーバーを用いて放送用光カメラケーブル1本でCCUへ伝送した。CCUでは、固定パターン雑音除去、ゲイン補正、ガンマ補正などの信号処理を行い、国際標準規格に準拠したU-SDI光インターフェースで8K映像信号を出力した。本装置を用いて撮像実験を行い、2010年度に試作した3板式フル解像度カメラと同等以上の解像度特性と感度特性が得られることを確認した。



図1 フル解像度単板カラー撮像装置(カメラヘッド)

### ■ フルスペック8Kイメージセンサー

2014年度に試作した、フレーム周波数120Hz、画素数3,300万のフルスペックSHV用イメージセンサー<sup>(2)</sup>について、残像特

性とストリーキング特性(高輝度被写体撮影時に帯状に横に引くノイズ)の性能を改善した。

残像特性については、画素内部において、電荷を蓄積する回路から信号を読み出す回路への電荷の転送路の構造を改善することで、残像量を測定限界値以下とした。ストリーキング特性については、センサー上の電源配線レイアウトを改善することで、従来の約1/20に低減した。これらの性能改善により、実用的なフルスペックSHVイメージセンサーを実現した。また、このイメージセンサーを用いた実用型8Kカメラが製造され、紅白歌合戦などの番組制作に使用された。

### ■ 裏面照射画素構造8K撮像素子

裏面照射画素構造のSHV用撮像素子の研究を進めた。2014年度に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、フレーム周波数240Hzで動作可能な撮像素子を設計した。2015年度は、設計した撮像素子の試作(図2)を進めるとともに、試作した素子の評価実験を行った。

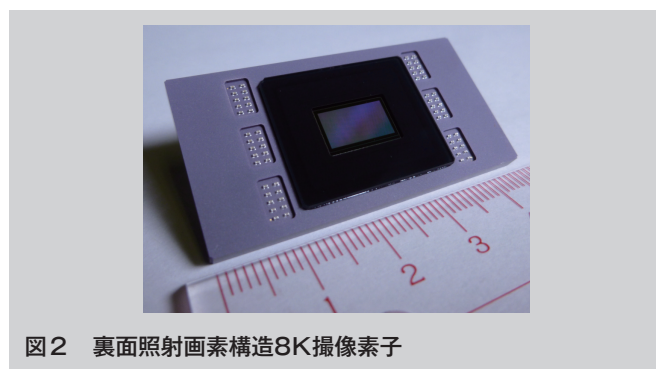


図2 裏面照射画素構造8K撮像素子

評価用撮像素子は、裏面照射型とすることで光の利用効率を改善し感度を向上させることを目指し、さらに画素部と回路部を別々に製造し、3次元積層構造とすることで画素部の直下に多数のA/D変換回路を配置し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、45nmルール微細半導体プロセスを用い、画素サイズを1.1 $\mu\text{m}$ とし、有効画素領域を対角約9.7mmとした。回路部は、65nmルール微細半導体プロセスを用いた。画素からのアナログ信号をデジタル信号に変換する階調12ビットのA/D変換回路は、新たに開発したパイプライン動作が可能なサイクリック系3段A/D変換回路で構成し、A/D変換時間を従来の半分の0.92 $\mu\text{s}$ に高速化した。画素部と回路部の接合の配線は、半導体基板内部で4.4 $\mu\text{m}$ の微細ピッチで行った。

試作した撮像素子を用いて撮像実験を行い、感度0.55V/lux $\cdot$ s、



飽和電子数5700、ランダム雑音3.6電子(ゲイン4倍時の入力換算値)、消費電力3.0Wが得られた<sup>(3)</sup>。

フルスペックSHVセンサーおよび裏面画素構造8K撮像素子の研究は、静岡大学と共同で実施した。

#### [参考文献]

- (1) T. Nakamura, R. Funatsu, T. Yamasaki, K. Kitamura and H. Shimamoto: "Development of an 8K full-resolution single-chip image acquisition system," IS&T Electronic Imaging (2016)
- (2) T. Yasue, K. Kitamura, T. Watabe, H. Shimamoto, T. Kosugi, T. Watanabe, S. Aoyama, M. Monoi, Z. Wei and S. Kawahito:

"A 1.7-in, 33-Mpixel, 120-frames/s CMOS Image Sensor With Depletion-Mode MOS Capacitor-Based 14-b Two-Stage Cyclic A/D Converters," IEEE Tran. Electron. Devices, Vol.63, No.1, pp.153-161 (2016)

- (3) T. Arai, T. Yasue, K. Kitamura, H. Shimamoto, T. Kosugi, S. Jun, S. Aoyama, M.-C. Hsu, Y. Yamashita, H. Sumi and S. Kawahito: "A 1.1  $\mu\text{m}$  33Mpixel 240fps 3D-Stacked CMOS Image Sensor with 3-Stage Cyclic-Based Analog-to-Digital Converters," IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), 6.9 (2016)

## 1.3 ディスプレー

8Kスーパーハイビジョン (SHV) 映像を表示可能な各種ディスプレイの開発や大画面シート型ディスプレイの研究を進めた。

### ■直視型8Kディスプレイ

HDR映像方式の研究(1.1参照)と並行して、HDR対応8K液晶ディスプレイ(図1)をシャープ株式会社と共同で開発した<sup>(1)</sup>。高効率なバックライトシステムや映像に応じて領域ごとに輝度を制御する駆動技術によって、従来の8K液晶ディスプレイと比較して、4倍の最大輝度、100倍のコントラスト比(いずれも実測値)を実現した。

8K番組制作における映像調整・監視用の小型液晶モニター



図1 HDR対応8K液晶ディスプレイ



図2 対角17.3インチ8K液晶モニター



図3 対角9.6インチ8K液晶モニター

(図2)を開発した。1つは将来のフルスペック化を見据えたフレーム周波数120Hzに対応した8Kモニターであり、株式会社ジャパンディスプレイの協力を得て試作した。中継車内のラック搭載を考慮して対角17.3インチとし、入力インターフェースはU-SDIを用いた。また、カメラのビューファインダーなどの応用を考慮した、8K用液晶パネルとしては世界最小サイズの対角9.6インチの8Kモニター(図3)を株式会社オルタステクノロジーと共同で試作した<sup>(2)</sup>。小型化による画素開口率の低下を補うため、表示画素をベイヤー配列とした。また、入力インターフェースはベイヤー配列と同様のデュアルグリーン(3G-SDI×8)とし、補間信号処理なしに、そのまま表示できるようにした。

### ■SHVシート型ディスプレイ要素技術の研究

家庭での大画面SHVの視聴を可能とするシート型ディスプレイの実現を目指して、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イの研究を進めている。2015年度は、本ディスプレイの要素技術として、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)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ディスプレイの長寿命化・低消費電力化に向けた、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イに応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。そこで、大気に不活性な材料のみを用いた、長寿命な有機EL(逆構造有機EL)を研究開発している。2015年度は、大気中で安定なデバイスの実用化に向けて、高い発光効率と長寿命を兼ね備える材料開発を進めた。電子注入性に優れた新規電

子注入層を開発することで、内部量子効率が75%程度で連続点灯寿命も実用レベルの赤色デバイスを実現した<sup>(3)</sup>。また、逆構造有機EL素子を用いたパッシブマトリクス型フレキシブルディスプレイ（対角5インチ、画素数160×120）を試作し、寿命評価を行った。2015年度は、低コストで大面積フィルムの作製が容易な低ガスバリア性のフィルム（水蒸気透過率WVTR =  $3 \times 10^{-4}$  g/m<sup>2</sup>/day）を貼り合わせた簡易封止を行い評価した。従来構造の有機EL素子を用いたディスプレイは2週間程度で劣化して表示ができなくなるのに対し、当所の逆構造有機EL素子を用いたディスプレイは、6か月経過しても良好な動画表示が可能であり、輝度もほとんど低下しないことを確認した<sup>(4)</sup>。さらに、画素回路の上に積層した有機EL素子から、光をさえぎるものがない上方向に光を取り出すことにより画素開口を大きくできる利点があるトップエミッション型の逆構造有機EL素子の開発も進めた。光を取り出すための上部の透明電極の構成を工夫することで、通常構造の赤色発光素子と同等の電流-電圧-輝度特性を得ることができた。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。

TFTの研究では、大画面化・多画素化に向けた高移動度酸化物TFTの構造や半導体材料の研究開発を進めた。多画素を有するSHVディスプレイを駆動するTFTとしては、従来構造と比べて寄生容量の低減や短チャネル化が必要である。これを実現するTFTとして、半導体上に電極を直接形成・加工するバックチャネルエッチ型のTFTの開発を進めた。2015年度は、酸化物半導体材料にITZO (In-Sn(Tin)-Zn-O) を用いたTFTをプラスチック基板上に作製する工程を開発し、従来材料のIGZO (In-Ga-Zn-O) と比較して、電流の流しやすさの指標である移動度が約3倍 (31 cm<sup>2</sup>/Vs) の特性を持つバックチャネルエッチ型TFTの作製に成功した。さらにITZOを逆構造有機ELの電子注入層に適用することで有機ELの動作電圧を低減できることも明らかにした。これによりITZOをTFTの半導体層と逆構造有機ELの電子注入層として一括形成することが可能となり、ディスプレイ作製工程を簡略化することができた。開発した技術を用いて8インチVGA (640×480) 画素のフレキシブルディスプレイを試作し、動画表示を確認した<sup>(5)</sup> (図4)。



図4 ITZO-TFTと逆構造有機ELを用いた対角8インチフレキシブルディスプレイ

[参考文献]

- (1) NHK報道発表：“世界初！HDR対応85V型8K液晶ディスプレイを開発～欧州放送機器展示会IBC2015で展示～”（2015年9月3日）
- (2) NHK報道発表：“世界最小サイズを実現8Kスーパーハイビジョン用9.6インチ液晶パネルを開発～8K映像に新たな可能性をひらく小型液晶パネル～”（2015年5月26日）
- (3) H.Fukagawa, K.Morii, M.Hasegawa, S.Gouda, T.Tsuzuki, T.Shimizu and T.Yamamoto: “Effects of Electron Injection Layer on Storage and Operational Stability of Air-Stable OLEDs,” SID Digest, Vol.46, pp. 696-699 (2015)
- (4) T.Tsuzuki, G.Motomura, Y.Nakajima, T.Takei, H.Fukagawa, T.Shimizu, M.Seki, K.Morii, M.Hasegawa and T.Yamamoto: “Durability of Flexible Display Using Air-Stable Inverted Organic Light-Emitting Diodes,” Proceedings of the International Display Workshops, Vol.22, pp.629-632 (2015)
- (5) M.Nakata, G.Motomura, Y.Nakajima, T.Takei, H.Tsuji, H.Fukagawa, T.Shimizu, T.Tsuzuki, Y.Fujisaki, N.Shimidzu and T.Yamamoto: “Development of Flexible Displays Using Back-Channel-Etched In-Sn-Zn-O TFTs and Air-Stable Inverted OLEDs,” SID Digest 46, pp. 969-972 (2015)

## 1.4 記録システム

記録画質および固体メモリーパック性能の改善を進め、色間引きなしの4:4:4 120フレームでの記録が可能なる8Kスーパーハイビジョン (SHV) 圧縮記録装置を開発した<sup>(1)(2)</sup> (図1)。

記録画質の改善については、処理速度を2倍とした拡張JPEG方式の画像圧縮IPおよび、SHV4:4:4画像をフレーム周波数120Hzでリアルタイム処理できる圧縮信号処理ボードを



図1 フルスペック8K圧縮記録装置とメモリーパック

開発した。映像入出力ボードおよびシステム制御ボードと信号処理ボード間の信号帯域を2倍に増強することで、SHV4:4:4の信号処理に対応した。また、色間引きなしでの圧縮記録に有用な新たな色変換手法を考案した。これまで、圧縮効率改善のためRGBから輝度・色差信号であるYCbCrへの変換を圧縮前に行っていたが、変換係数が実数であるため、変換と再変換を行うだけで信号品質が劣化するという課題があった。そこで、簡単なビット操作のみで変換できるYCoCg色変換を用いて、実際のSHV収録映像で圧縮後の画質のシミュレーションを行い、変換係数を画像に合わせて調整することで画質劣化を低減でき、PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)が最大2dB改善されることが分かった。

メモリーパックについては、記録制御ボードを改修して高速化した。システム制御ボードから転送された圧縮データを記録制御ボードで並列化してSSDに書き込みを行う際、記録制御ボ

ード内のデータ転送回路の帯域が狭いことが記録速度を制限する要因となっていた。そこで、記録制御ボードの転送回路を広帯域化することで記録速度を改善し、24Gbps以上の書き込み・読み出し速度を達成した。また、メモリーパックの筐体を改修し、着脱コネクタの耐久性や熱安定性を改善し、メモリーパックの挿抜回数、信頼性が向上した。

#### 〔参考文献〕

- (1) 菊地, 梶山, 宮下: “フレーム周波数120Hz対応スーパーハイビジョン圧縮記録装置の開発,” 映情学技報, Vol.40, No.6, MMS2016-6, CE2016-6, HI2016-6, ME2016-39, AIT2016-6, pp.125-130, (2016)
- (2) 菊地, 梶山, 宮下: “8Kスーパーハイビジョン圧縮記録装置の記録レート制御技術,” 映情学年次大, 34-D4 (2015)

## 1.5 高臨場感音響

8Kスーパーハイビジョン(SHV)の22.2マルチチャンネル音響(以下22.2ch音響)の研究開発を進めている。

### ■ SHV音響制作システム

22.2ch音響の番組を簡易かつ効率的に制作する研究を進めている。收音では、ショットガンマイクロホンアレイに指向性制御を適用したワンポイントマイクロホンを開発し、さらに感度誤差にロバストな制御法を考案した<sup>(1)</sup>。22.2ch音響のラウドネス測定法の国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)、(一社)電波産業会(ARIB)標準化を受け<sup>(2)</sup>、既開発の22.2ch音響ラウドネスメーターをITU-R勧告に準拠させるための改修を行った。また、2chまたは5.1chの音素材をアップミックス処理して22.2chの音素材を生成するプリプロセッサ(ソフトウェア)を開発した。さらに、実測した残響音と類似した音色を保ちつつ残響時間を伸長する信号処理技術を開発し、放送センターで実運用中の残響付加装置の機能を向上した<sup>(3)</sup>。

### ■ 22.2ch音声符号化装置の開発

SHV符号化・復号装置の音声部としてMPEG-4 AACを用い

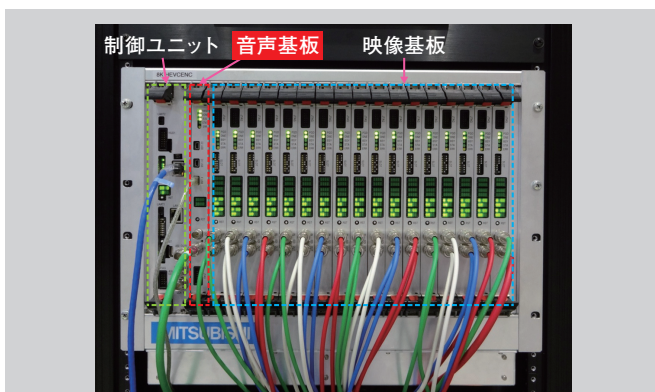


図1 SHV符号化・復号装置と音声基板

た22.2ch音声符号化・復号装置を開発し(図1)、8K衛星放送実験を実施した。伝送ビットレートは22.2chで1.4Mbpsとし、客観評価実験の結果から放送品質を満たす音質であることを確認した<sup>(4)</sup>。また、復号装置にはダウンミックス機能<sup>(5)</sup>、ダイアログ制御機能<sup>(6)</sup>およびそのユーザーインターフェースを実装し、ダイアログ強調機能の検証を行った。

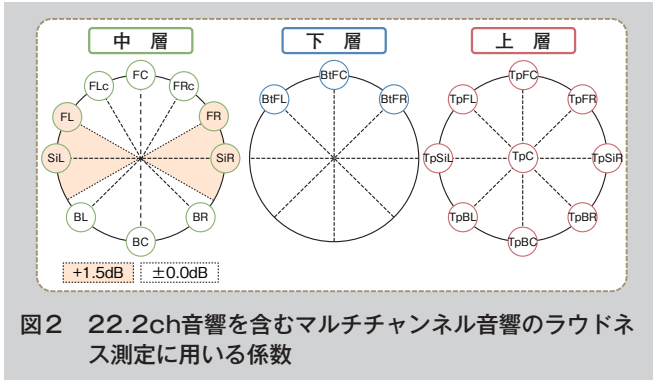
### ■ フラットパネルディスプレイ体型家庭再生システム

22.2ch音響を家庭で簡便に楽しむための、フラットパネルディスプレイ体型の枠型スピーカーを用いたバイノーラル再生法の研究を進めている。2015年度は、自然な視聴姿勢での頭部の動きにロバストな信号処理法として、制御ゲインを最小化する設計を行い、計算機シミュレーションによりその有効性を確認した(慶応義塾大学との協力)。また、枠型スピーカーによるバイノーラル再生音の3次元的な空間印象に関する主観評価実験を実施し、22.2ch音響の疑似再生として十分な品質であることを示した<sup>(7)</sup>。さらに、メーカーと共同で、業務用のフラットパネルディスプレイに装着できるバイノーラル処理内蔵型の枠型スピーカーを開発した。バイノ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向上させる技術において、2015年度は耳介の高さを変化させて伝達特性を数値計算により算出するとともに<sup>(8)</sup>、耳介の高さを大きく変形させた耳介モデルから作成した音源を用い、音が聞こえる方向を判断させる実験を行った結果、前後の違いが分かりやすくなることを確認した<sup>(9)</sup>。

### ■ 標準化

ITU-Rでは、22.2ch音響を含む任意のマルチチャンネル音響で制作された番組音声のラウドネス測定法について、ラウドネス値算出に用いる係数(図2)を提案、実験により検証するとともに、ITU-R勧告の改訂に寄与した<sup>(2)</sup>。この勧告改訂に合わせ、ARIBでもラウドネス運用規定の改訂に寄与した<sup>(10)</sup>。

また、22.2ch音響を含む先進的音響システムで用いられる音



響メタデータや音声ファイル形式の標準化に寄与するとともに、放送局間の番組交換時に複数の音響システムを同時に伝送するときに使用する、音響システムやチャンネルの順番に関する新勧告草案の作成に寄与した。

## ■ 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度合いを客観評価する手法の検討を進めている。2015年度は音響特徴量から音響印象を推定する超臨場感メーターの試作機を開発した。この研究は、国立研究開発法人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。

## 1.6 符号化

8Kスーパーハイビジョン（SHV）の2016年試験放送開始や将来のさまざまな伝送路での放送実現を目指して、映像符号化の研究を行っている。

### ■ 8K HEVC符号化システム

2014年度までに開発したMPEG-H HEVC (High Efficiency Video Coding) / H.265方式のSHV符号化装置および復号装置を用いて、技研公開2015において世界で初めて8K衛星伝送実験を実施した<sup>(1)</sup> (図1)。映像85Mbps、音声1.4Mbpsに圧縮符号化し、SHVの品質を大きく損なうことなく衛星伝送が可能であることを実証した<sup>(2)</sup>。



図1 技研公開2015の8K衛星伝送実験

### 【参考文献】

- (1) 佐々木, 西口, 小野: “指向性制御を用いたショットガンマイクアレーのロバスト性について,” 音講論(春), 1-3-3(2016)
- (2) Rec. ITU-R BS.1770-4: “Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level,” (2015)
- (3) 森, 西口, 小野: “22.2ch音響制作のための多数の残響音生成手法の検討—残響時間の調整—,” 音講論(春), 2-P-9(2016)
- (4) 杉本, 中山: “MPEG-4 AACを用いた22.2ch音声符号化・復号装置の開発,” 音講論(秋), 2-P-9 (2015)
- (5) T. Sugimoto, S. Oode and Y. Nakayama: “Downmixing method for 22.2 multichannel sound signal in 8K Super Hi-Vision broadcasting,” J. Audio Eng. Soc. Vol. 63, No. 7/8, pp. 590-599 (2015)
- (6) 杉本, 小森, 中山, 知念, 畠中: “放送サービスにおける22.2マルチチャンネル音響の多機能化,” AESジャパンコンファレンス名古屋 (2015)
- (7) 北島, 杉本, 松井: “22.2マルチチャンネル音響の枠型スピーカによるバイノーラル再生法の空間印象評価,” 映情学冬大, 14B-3 (2015)
- (8) 長谷川, 大出, 小森: “耳介の高さに関する各種変数と頭部伝達関数との関係,” 聴覚研究会資料, Vol.46, No.2, H-2016-19, pp.83-86(2016)
- (9) 大出, 長谷川, 中山: “形状を変化させた耳介模型による空間知覚,” 音講論(秋), 2-P-29(2015)
- (10) (一社)電波産業会: “デジタルテレビ放送番組におけるラウドネス運用規定(1.4版),” ARIB TR-B32(2015)

SHV放送の国内規格(一社)電波産業会(ARIB)STD-B32に対応し、符号化された映像ストリームをリアルタイムで復号可能な8K映像復号LSIおよびこのLSIを使用した映像復号評価装置を(株)ソシオネクストと共同で開発した。

8K/120Hz映像の放送実現に向けて、所要ビットレートの検討を進めた。SHV放送の国内規格にあわせ、120Hz映像の符号化信号を60Hz映像用の復号装置でも再生可能な時間方向の階層符号化方式で検証した。2K映像による予備実験でフレーム相間と階層間のビットレート割り当ての関係を導き、8K/120Hz映像についても同様の設定で実験を行い、簡易な主観評価を行って画質が良好であることを確認した。

### ■ HDR映像の符号化と標準化対応

高ダイナミックレンジ(HDR:High Dynamic Range)映像信号に対する符号化実験を行い、映像方式の違いによる符号化性能を検証した。

NHKがBBCと共同で開発したARIB標準規格STD-B67で規定されるHybrid Log-Gamma(HLG)方式と、SMPTE(Society of Motion Picture and Television Engineers)規格ST 2084で規定されるPQ(Perceptual Quantizer)方式の映像信号に対し、複数のビットレートでの符号化画質を比較確認した。客観評価により従来のSDR方式とHLG方式およびPQ方式の符号化性能を比較し、所要ビットレートの増加が認められないことを

明らかにした。符号化したそれぞれの方式の映像信号をSDR (Standard Dynamic Range) ディスプレーに入力した際の画質を確認し、HLG方式のSDR互換性を確認した。これらの実験で得られた知見をARIBの映像符号化方式作業班に報告した。

また、超高精細度テレビジョン放送においてHDR映像の放送ができるように、HDR映像フォーマットのコンテンツを識別するための識別子をMPEG-H HEVC/H.265に標準化した。国内の超高精細度テレビジョン放送の映像符号化方式においても、識別子をARIB標準規格に追記し、併せて運用ガイドラインを改訂した。

## ■次世代映像符号化方式

将来の地上波などでのSHV放送を目指し、次世代の映像符号化方式の研究を開始した。これまでの放送方式に採用されている符号化方式では入力映像をブロックに分割し、変換・量子化・予測技術を組み合わせて符号化を行うブロックベース符号化が行われている。さらなる符号化効率の改善のために超解像復元技術を応用した方式を開発した(図2)。ブロック化された入力信号を、超解像技術が適用しやすいように標準化して入力信号の情報量を大幅に削減し、変換・量子化・予測技術と組み合わせて符号化効率を改善する。標準化処理において、復号時の超解像処理が有効に機能するよう情報量を削減し、符号化処理を行い、復号された標準化信号は超解像技術により復元する。

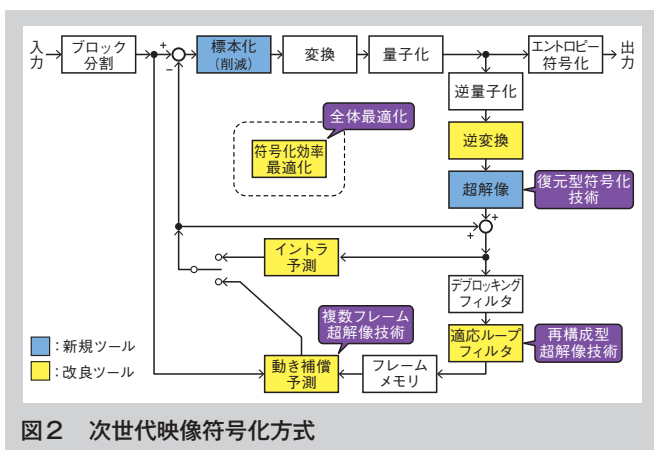


図2 次世代映像符号化方式

2015年度は直交変換と画面内での空間予測(イントラ予測)について改善技術を開発した。SHVなどの高解像度映像信号では平坦な領域や緻密で精細度の高い領域で異なる大きさのブロックに分割し符号化することによって総合的な品質が向上することが知られている。一方でハードウェア実装などの実現性においては大きなサイズのブロックを用いることによる処理量の増大が課題となっていた。大きなサイズのブロック処理を複数の小サイズブロックの変換で実現する方式を開発し、従来の符号化方式に対し最大7%の符号化効率改善を示した<sup>(3)</sup>。また、量子化した直交変換係数に対して、係数列のもつ信号変動に着目した係数伝送技術<sup>(4)</sup>、信号特性に応じたオフセット適用による信号復元手法を考案した。イントラ予測処理では、周辺の参照画素の信号特徴に応じた予測モード決定手法とその伝送方法を開発し、画質が改善することを確認した。

## ■超解像復元型符号化方式

超解像技術を応用して画像の解像度を復元する映像符号化方式の研究を進めた<sup>(5)(6)</sup>。2014年度までに開発した実時間超解像

予測処理装置のパラメータ最適化に原画像と復元画像の誤差や、画像の特徴を考慮した指標を導入実装して性能を検証した。このパラメータと映像との同期情報の時間的相関を利用した予測を行った上で算術符号化をベースとした可逆圧縮を行う手法を開発し、さらにこの手法を実装しIP伝送する装置を開発して実時間の動作を確認した。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、超解像技術による映像方式変換手法の研究を進めた<sup>(7)(8)(9)</sup>。2014年度に開発した空間解像度超解像技術を時間方向に拡張した<sup>(10)</sup>。視覚系の積分効果や時空間コントラスト感度特性を考慮した線形フレーム内挿を行うことで、動領域が多重像に見える劣化を低減した。

### 〔参考文献〕

- (1) [http://www.nhk.or.jp/strl/open2015/tenji\\_1-3.html](http://www.nhk.or.jp/strl/open2015/tenji_1-3.html)
- (2) Y.Sugito, K.Iguchi, A.Ichigaya, K.Chida, S.Sakaida, K.Sakate, Y.Matsuda, Y. Kawabata and N.Motoyama: "HEVC/H.265 codec system and transmission experiments aimed at 8K broadcasting," International Broadcasting Convention [IBC 2015] Conference, Vol.7, pp.24-29 (2015)
- (3) 市ヶ谷, 岩村, 境田: "HEVCにおける64x64TUの符号化効率改善," 第14回情報科学技術フォーラム講演論文集 (FIT), No.3, pp.285-289 (2015)
- (4) 根本, 松尾, 神田: "変換係数の曲線近似による符号化効率の検討," 信学総大, D-11-47 (2016)
- (5) 三須, 松尾, 岩村, 井口, 境田: "超解像階層間予測による超高精細度映像符号化方式," 映情学年次大, 12A-4 (2015)
- (6) 松尾, 岩村, 井口, 境田: "超解像技術を用いた実時間超高精細映像符号化システムの開発," 映情学誌, Vol.70, No.1, pp. J22-J28 (2016)
- (7) Y. Matsuo and S. Sakaida: "A Super-resolution Method Using Spatio-temporal Registration of Multi-scale Components in Consideration of Color-sampling Patterns of UHDTV Cameras," Proceedings of IEEE ISM, pp. 311-314 (2015)
- (8) Y. Matsuo and S. Sakaida: "A Super-resolution Method Using Registration of Multi-scale Components on the Basis of Color-sampling Patterns of UHDTV Cameras," Proceedings of IEEE ICCE (2016)
- (9) 松尾, 境田: "幾何変換を伴う多重解像度分解成分の標準化構造を考慮した時空間レジストレーションによる空間超解像法の検討," 第14回情報科学技術フォーラム講演論文集 (FIT), No.3, I-034, pp.281-284 (2015)
- (10) 松尾, 境田: "視覚特性を考慮した24から120フレーム/秒へのフレームレート変換法の検討," 2015年画像符号化シンポジウム (PCSJ 2015), P-3-11, pp. 76-77 (2015)

## 1.7 メディアトランスポート技術

8Kスーパーハイビジョン (SHV) 放送や放送通信連携サービスの実現に向けて、映像・音声等を伝送するメディアトランスポート技術の研究を進めている。

### ■ SHV放送システム

SHV衛星放送のメディアトランスポート方式に、放送と通信の伝送路で共通に利用できるMPEG Media Transport (MMT) が採用され<sup>(1)</sup>、(一社)電波産業会 (ARIB) 標準規格STD-B60として標準化されている。この規格に準拠した8K映像・22.2チャンネル音声のエンコーダー、多重化装置、衛星放送の送信・受信装置、多重分離装置、さらに映像・音声のデコーダーを開発し、実際の放送衛星を用いてSHVライブ放送実験を行い、SHV衛星放送の実現可能性を実証した<sup>(2)</sup>。また、放送とインターネットで伝送したそれぞれのコンテンツを切り替えて視聴者に適した番組を提示する放送通信連携の技術検証や、放送とインターネットで伝送したコンテンツを同期して提示する放送通信連携サービス(図1)の検証を行った<sup>(3)</sup>。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。



図1 放送通信連携サービスの実験

さらに、衛星放送における放送通信連携サービスの実現に向

け、受信端末個別に映像・音声を伝送する際に必要となるセッション開始・終了のプロトコルと、伝送品質を確保するためアプリケーションレイヤーにおける誤り訂正方式の仕様を作成した。この仕様に基づく送信・受信装置により、機能検証を行った。

### ■ 国際標準化

国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) に提案していたMMTによる放送システムについて記載する新勧告が採択され、勧告BT.2074<sup>(4)</sup>として発行された。また、MMTの実装についてまとめたISO/IEC TR 23008-13「MMT実装ガイドライン」<sup>(5)</sup>に、MMTを用いる放送システムの構成が記載され発行された。さらに、北米の次世代地上放送方式を検討しているAdvanced Television Systems Committee (ATSC) においてMMTが採用され、規格候補版が発行された。

[参考文献]

- (1) 大槻：“放送と通信の連携に向けた新たなメディアトランスポート方式 MMT,” 信学技報, Vol.115, No.181, SAT2015-15, RCS2015-137, pp.31-36 (2015)
- (2) S.Aoki, Y.Kawamura, K.Otsuki, N.Nakamura and T.Kimura: “Development of MMT-based Broadcasting System for Hybrid Delivery,” IEEE International Conference on Multimedia and Expo (2015)
- (3) Y.Kawamura, K.Otsuki, A.Hashimoto and Y.Endo: “Development and Evaluation of Hybrid Content Delivery Using MPEG Media Transport,” IEEE International Conference on Consumer Electronics, pp.267-268 (2016)
- (4) Rec. ITU-R BT.2074-0, “Service configuration, media transport protocol, and signalling information for MMT-based broadcasting systems” (2015)
- (5) ISO/IEC TR 23008-13:2015: “Information technology — High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments — Part 13: MMT implementation guidelines” (2015)

## 1.8 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を実現する第2世代の新CAS (Conditional Access System) の技術研究を進めている。

### ■ 次世代CAS技術

第2世代の新CASは、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、CASモジュール内のソフトウェアを更新し、セキュリティーを継続的に維持改善可能な点などを特長とする。

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」を策定し、2015年12月には、限定受信方式を追加した。

これまで契約関連の情報は放送波のみで送っていたが、第2世代の新CASでは、通信でも視聴ライセンスとして伝送し、受信機はHTML5ブラウザーを経由して契約情報などを取得する

ことが可能となる。これを実現するために、API (Application Programming Interface) を検討し、規格化に寄与した。

また、ARIB STD-B61準拠のMMT (MPEG Media Transport) 対応のスクランブル装置を用い、技研公開2015で8K衛星放送実験を行った。スクランブル装置が、受信した90Mbps程度(実測値)のMMTストリームを1 msec以下の遅延でリアルタイム

処理できることを確認した<sup>(1)</sup>。

[参考文献]

(1) 山村, 大竹, 上原: “8K放送に向けたスクランブル装置の開発,” 映情学技報, Vol.39, No.28, BCT2015-53, pp.13-16 (2015)

## 1.9 衛星伝送技術

8Kスーパーハイビジョン(SHV)の普及に向けて、12GHz帯衛星放送伝送方式の実用化や性能向上に取り組むとともに、21GHz帯衛星放送など次世代衛星放送システムの研究を進めている。

### ■ 高度衛星放送伝送方式

技研公開2015で、12GHz帯衛星放送波を利用した世界初の8K衛星放送実験を行った。45cm径パラボラアンテナにより受信し、8K安定伝送を確認した。

(株)放送衛星システム(B-SAT)社の協力で、BSAT-3b衛星を利用した衛星伝送実験を実施し、(一社)電波産業会(ARIB)標準規格STD-B44で規定する変調方式・符号化率の全ての組合せについて伝送性能を確認した。実放送での運用が想定される大型地球局を利用することで、車載局を利用した2014年のARIB実験よりも、変調方式16APSK (Amplitude Phase Shift Keying)、符号化率7/9で所要CN比(12.6dB)が0.4dB下がる事が確認できた。

衛星伝送方式の国際標準化に向けて、国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)において、日本の衛星伝送方式を追加した勧告草案を提案するとともに、衛星伝送実験の結果を提出しITU-Rリポート案として寄与した。

衛星伝送方式の性能向上に向けて、集合分割法を用いたQAM (Quadrature Amplitude Modulation) 符号化変調、交差偏波除去技術、衛星中継器歪み軽減技術の研究を進めた。

集合分割法を用いたQAM符号化変調の研究として、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32QAMに適用し、ビット毎に誤り訂正符号を最適化

する性能改善手法を提案した。信号全体の符号化率が4/5の場合、白色雑音における所要CN比が欧州の次世代衛星伝送方式DVB-S2Xに対して約0.3dB改善することを計算機シミュレーションにより確認した<sup>(1)</sup>(図1)。

交差偏波除去技術の研究として、右旋・左旋偏波共用の12GHz帯衛星放送を想定した受信特性改善を進めた。交差偏波による干渉除去技術について計算機シミュレーションにより、衛星中継器折返し、32APSK (符号化率3/4)で所要CN比が約0.4dB改善することを確認した。

16APSKを使用する衛星伝送特性の向上を目指して、衛星中継器で生じる歪み軽減技術の研究を進めた。衛星搭載用増幅器の非線形特性を改善するため、現行の進行波管増幅器よりも高い線形性を有する高出力固体電力増幅器を試作した。衛星搭載を想定して、電力効率に優れた窒化ガリウム素子を使用し、回路設計値によるシミュレーションでは、利得7dB以上、出力電力100W以上を得られることが分かった。この研究は、総務省の委託研究「超高精細度衛星・地上放送の周波数有効利用技術の研究開発」を受託して実施した。

### ■ 次世代衛星放送システム

次世代の衛星放送システム実現に向けて、衛星搭載用広帯域フィルターや右旋・左旋偏波共用受信アンテナの開発、21GHz帯アレー給電鏡面修整反射鏡アンテナの設計・試作や広帯域伝送試験を実施した。

次期放送衛星では、12GHz帯の左旋円偏波を用いてSHVを放送するため、シンボルレート拡大により通過帯域幅が拡大する。これに対応して、従来よりも通過帯域幅を拡大した4段楕円フィルターを設計・試作し、その電気性能を検証した。設計値によるシミュレーションでは、通過帯域端での振幅低下を回避することで0.2dB出力が改善し、位相の群遅延偏差を低減することで0.1dB所要CN比が改善した。

12GHz帯衛星放送の右旋・左旋円偏波を1つのアンテナで受信するため、4素子マイクロストリップアレーアンテナを給電部とするオフセットパラボラアンテナを試作し、交差偏波識別度25dB以上が得られた。また、BS・CS左旋円偏波用の中間周波数に対応した衛星コンバーターを試作・評価した結果、局部発振出力の漏洩は-55dBm以下、イメージ妨害抑圧比は55dB以上であった。衛星コンバーターの評価結果は、ARIB標準規格の改定に反映された<sup>(2)</sup>。

21GHz帯アレー給電反射鏡アンテナに鏡面修整技術を適用する効果について、素子数や反射鏡径をパラメータとして、放射パターンを計算評価した。鏡面修整を適用することで、サイドローブが低減し、アレー素子の励振電力が均一化し、素子数を低減しても、全国を均一にカバーする放射パターンを形成

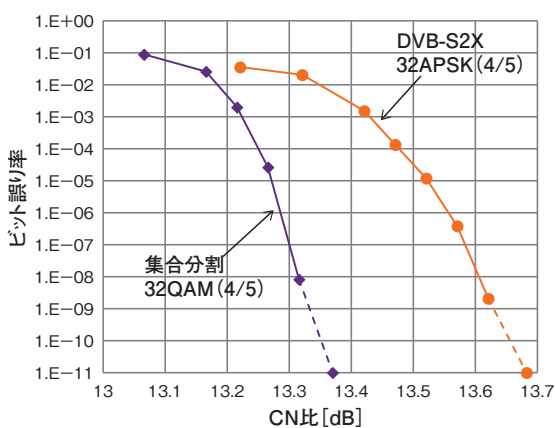


図1 集合分割32QAMの伝送性能

でき、位相制御することで放射パターンを変えられることを確認した。

2011年度に試作した炭素繊維材料を用いたオフセット型鏡面修整反射鏡アンテナを主反射鏡とし、アレー給電部と、新たに設計・試作した副反射鏡を組合せ、21GHz帯アレー給電鏡面修整反射鏡アンテナを試作した。アレー給電部の31素子を等振幅・等位相に設定することで全国を均一にカバーする放射パターンと、位相制御することで増力したビームを持つ放射パターンが形成できた。また、反射鏡をパラボラ鏡面とした場合の放射パターンと比べ、サイドローブを低減することができた。

21GHz帯衛星放送システムとして試作した300MHz級広帯域変復調器および電波天文帯域への不要発射を抑圧する出力フィルターと、アレー給電反射鏡アンテナを組合せ、伝送試験を実施した<sup>(3)</sup>。アンテナのアレー素子出力を空間で合成することによるCN比劣化は0.1～0.2dBと小さく、良好にSHV信号が伝送できた。また、アレー素子の位相を制御し放射パターンを形成することで、約5dBの増力が可能なことを確認した。さら

に、約1秒のインターリーブを行うことで、ビーム切り替え時でも映像が途切れることなく伝送できた。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。

アレー素子数を低減したアンテナ構成で、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、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構と共同で実施した。

#### 〔参考文献〕

- (1) 鈴木, 小泉, 小島, 齋藤, 田中: “集合分割32QAM符号化変調の性能改善に関する検討,” 信学総大会, B-3-14 (2016)
- (2) (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)(1.4版),” ARIB STD-B63(2015)
- (3) 中澤, 小泉, 長坂, 小島, 鈴木, 齋藤, 田中, 齋藤: “21GHz帯衛星放送システムの広帯域衛星中継器を用いた8K-SHV信号伝送試験,” 信学総大, BI-1-3 (2016)

## 1.10 地上伝送技術

地上波によるスーパーハイビジョン (SHV) 放送の実現に向けて、次世代地上伝送方式、送信ネットワーク、移動体向け伝送技術の研究を進めている。

### ■ 暫定仕様の検討

地上放送の次世代方式への移行に向けて、暫定仕様(表1)の策定を進めている。2015年度は、階層的な多重方法など詳細な仕様を設計し、計算機シミュレーションによる評価および仕様の一部についてはハードウェア実装を行った。

暫定仕様は、現行方式であるISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial)の利点を継承しつつ最新の技術を取り入れるとともに、チャンネルあたりのセグメント数を13から35へ増やすことで、固定受信と携帯・移動体受信向け信号とをより柔軟に組み合わせる運用を可能にした。また、情報伝送に寄与しないガードバンドおよびガードインターバルを更に小さくするパラメーターを設けることにより周波数利用効率を高めた。誤り訂正符号はLDPC (Low Density Parity Check) 符号とBCH符号を用い、3種類のLDPC符号長を用意した。最も長い符号長(約260 k[bit])のものは、長い符号を効率的に生

成可能で復号性能が良い空間結合LDPC符号を採用した<sup>(1)</sup>。符号長の長いブロック符号の導入に伴い、符号の先頭を見付け同期させるためのポインター情報を効率的に伝送する方法も検討した<sup>(2)</sup>。

### ■ 都市部での伝送実験

建造物等によるマルチパスの影響が大きい都市部での、偏波MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) -超多値OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式の伝搬特性を評価する目的で、2015年4月に技研屋上にSHV実験試験局(31ch、出力10W)を開設した。技研公開2015では、77.7Mbpsに圧縮したSHV信号を実験試験局から送信し、約8km離れた渋谷のNHK放送センターで受信する実験を実施した。

また、世田谷区を中心に受信実験を実施し、偏波MIMO伝送における4つ(水平偏波送信の水平偏波受信および垂直偏波受信への漏れ込み、垂直偏波送信の垂直偏波受信および水平偏波受信への漏れ込み)の伝搬路特性を取得し、計算機シミュレーションで評価・解析を実施した。

### ■ 符号化SFNの検討

周波数を有効に利用できるSFN (Single Frequency Network)技術の研究を進めている。2014年度に開発した時空間符号化SFN実験装置を用いて、2015年度は、熊本県区吉地区の2つの実験試験局を使用して、従来SFNとの比較実験を行った。符号化SFNは従来SFNと比較して所要受信電力が最大3dB改善<sup>(3)</sup>し、MIMOチャンネル容量も良好となった(図1)。本結果を元に、国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)に対して、UHDTV野外実験結果レポート<sup>(4)</sup>への追加記載の提案を行った。本研究は、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。

表1 暫定仕様のセグメントパラメーター

モード	3	4	5
FFTサイズ	8192	16384	32768
帯域幅(kHz)	500 / 3 = 166.66...		
キャリア数	216	432	864
キャリア変調	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM		
有効シンボル長(μs)	1296	2592	5184
フレーム当たりのシンボル数	224	112	56
GI比	1/4, 1/8	1/4, 1/8, 1/16	1/8, 1/16, 1/32
FFTサンプル速度(MHz)	512 / 81 = 6.3209...		



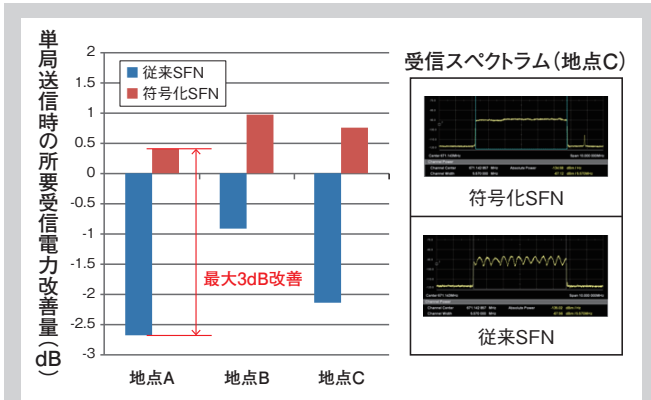


図1 符号化SFNと従来SFNとの比較

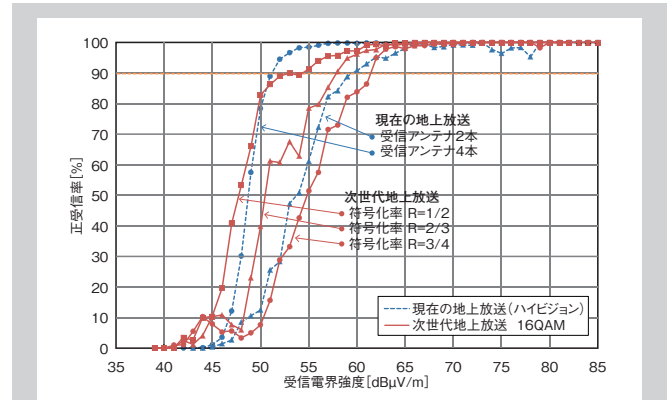


図2 移動受信環境における受信電界強度と正受信率

## ■ 移動体向け伝送技術の検討

次世代地上放送の車載端末向けサービスとしてハイビジョン並みの映像を提供するために、空間分割多重MIMO-OFDM伝送技術の研究を進めている。2015年度は、現行の地上放送（ハイビジョン）と次世代地上放送の移動受信エリアを野外実験により比較した<sup>(5)</sup>。現行の地上放送を4本の受信アンテナで受信した場合と同等の特性となる次世代地上放送の変調方式は16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 符号化率1/2であった(図2)。

## ■ 海外との連携

米国の次世代地上デジタル放送方式であるATSC (Advanced Television System Committee) の標準化活動に参加し、偏波MIMO、超多値変調技術を中心とした仕様作成に寄与した。また、韓国ETRI (Electronics and Telecommunications Research Institute) と連携して、次世代地上放送に関連する技術について

技術交流を行った。ブラジルテレビ局TV-Globoとは、リオデジャネイロ五輪の8K地上伝送実験実施に向けて検討を始めた。

### 〔参考文献〕

- (1) 朝倉, 部, 齋藤, 成清, 宮坂, 佐藤, 竹内, 中村, 村山, 岡野, 土田, 澁谷: “次世代地上放送における誤り訂正符号の一検討,” 信学技報, Vol.115, No.181, RCS2105-149, pp.103-107 (2015)
- (2) 宮坂, 佐藤, 朝倉, 部, 齋藤, 成清, 竹内, 中村, 村山, 岡野, 土田, 澁谷: “次世代地上放送における誤り訂正符号用ポイントの検討,” 映情学技報, Vol.39, No.38, BCT2015-69, pp.1-4 (2015)
- (3) 齋藤, 部, 朝倉, 佐藤, 岡野, 土田: “熊本・人吉地区での次世代SFN実験,” 映情学年次大, 33D-2 (2015)
- (4) ITU-R Report BT.2343-0: “Collection of field trials of UHDTV over DTT networks” (2015)
- (5) 成清, 宮坂, 竹内, 中村, 土田: “空間分割多重MIMO伝送方式の野外移動受信実験—ISDB-Tの移動受信特性との比較—,” 映情学技報, Vol.39, No.47, BCT2015-81, pp.11-14 (2015)

# 1.11 素材伝送技術(FPU)

8Kスーパーハイビジョン (SHV) 映像素材の無線伝送を実現する番組素材伝送装置 (FPU: Field Pick-up Unit) について、42GHz帯FPU、マイクロ波帯超多値OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)-FPUおよび移動伝送用FPUの研究を進めている。

## ■ 42GHz帯FPU

400Mbps級の伝送レートの実現を目指して、42GHz帯FPUの研究を進めた。帯域幅54.4MHzの2×2 MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)-OFDM変復調器のサブキャリア変調方式を16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) から32QAMに改修し、2014年度に試作した偏波MIMO対応高周波部<sup>(1)</sup>を介して200Mbpsの伝送ができることを確認した(図1)。さらに、伝送レートを400Mbpsに拡大するために、2倍(109MHz)の帯域幅に対応した制御部の試作を進めた。

また、降雨減衰が大きい42GHz帯の電波伝搬特性を把握するために、放送センターと技研間で長期の電波伝搬実験を実施し

た(図2)。実験で受信電力、降雨強度等のデータを取得し、降雨による伝送特性への影響を調査した。

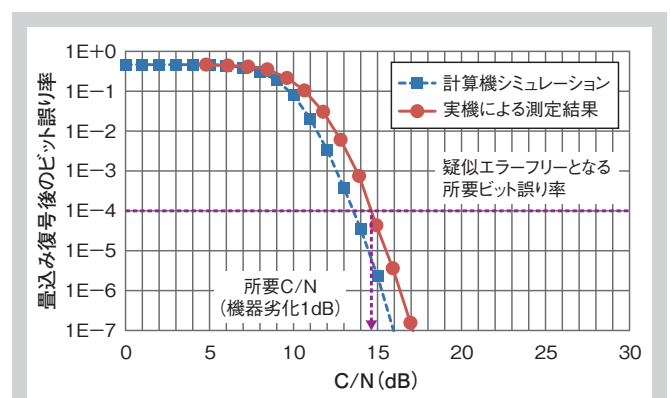


図1 32QAM伝送時(200Mbps)のビット誤り率特性



図2 42GHz帯電波伝搬実験の様子(受信側)

## ■ 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、200Mbps級の伝送レートを実現する6/7GHz帯FPUの研究を推進した。2014年度に試作した超多値OFDM-偏波MIMO方式の変復調部および高周波部を用いて長距離伝送実験を行った。送受信間距離59kmにおいて伝送特性の測定とSHV信号の伝送テストを実施した。測定の結果、室内実験と比べて伝送特性に1dB程度の劣化はあるものの、ほぼ設計通りの伝送ができることを確認した(図3)。さらに、200Mbps級のSHV映像信号の伝送ができることを確認することで、SHV信号の長距離無線伝送を実証した<sup>(2)</sup>。

さらに2015年度は装置開発を進め、伝搬環境の時間変動に強いOFDMシンボル長やパイロット信号配置等の伝送パラメータを実装した変復調部を試作した。

## ■ 移動伝送用1.2GHz/2.3GHz帯FPU

SHV移動中継を実現する無線伝送システムの研究を進めている。2015年度は、双方向通信機能により送信ビーム・変調方式・送信電力を適応制御するMIMO固有モード伝送方式<sup>(3)</sup>の検討を進め、装置を試作した。プリコーディング行列としてフィードバックする制御情報を3bitで量子化した場合でも、量子化せずにフィードバックした場合と比較して、所要SNR(Signal-to-Noise Ratio)の増大を0.5dB以下に抑えられることを明らかにした<sup>(4)</sup>。また、フィードバック情報をサブキャリア単位で1/8に間引いた場合、遅延広がり大きい伝搬環境でも、所要SNRの劣化量は1dB程度であることを確認した。以上の結果をもとに装置試作に向けて、信号フォーマットを設計した。

また、変動する伝送路の品質に応じて適応的に誤り訂正符号

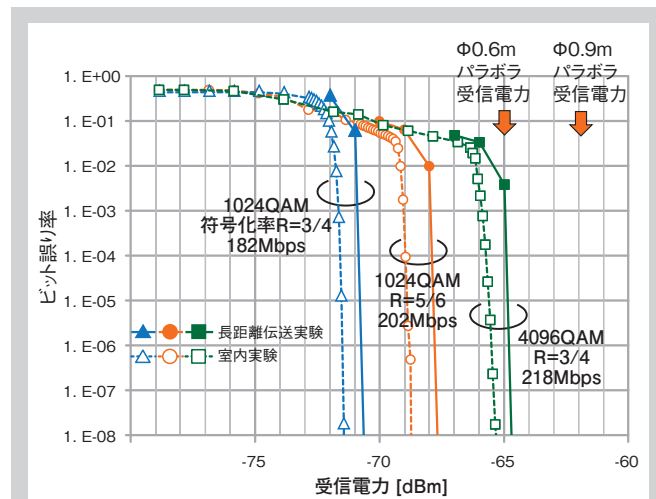


図3 伝送特性(ビット誤り率)の測定結果

の符号化率を制御する手法の検討を進めた。誤り訂正符号として外符号にリード・ソロモン符号(204,188)、内符号に原符号の符号化率が1/3のターボ符号を使用する方式を検討した。伝搬環境に応じてパリティビット量を動的に制御するレートマッチング技術を導入し、ビットパングチャーにより符号化率を可変する方式とした。また、接続符号の特性を向上させるための符号間インターリーバに関する検討も進めた。上記の方式を試作装置に実装し、MIMO固有モード伝送方式と誤り訂正能力の評価を進めた。

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。

### [参考文献]

- (1) 津持, 松崎, 伊藤, 中川, 濱住: “42GHz帯SHV-FPU用RF部の開発,” 信学ソ大, B-5-85 (2015)
- (2) 鴨田, 熊谷, 小山, 岡部, 澁谷, 居相, 濱住: “マイクロ波帯スーパーハイビジョンFPU長距離伝送実験,” 映情学技報, Vol.40, No.4, BCT2016-28, pp.45-48 (2016)
- (3) K. Mitsuyama, T. Kumagai and N. Iai: “Performance Evaluation of SVD-MIMO-OFDM System with a Thinned-out Number of Precoding Weights,” International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), pp.936-939 (2015)
- (4) 光山, 熊谷, 居相: “MIMO固有モード伝送方式におけるプリコーディング行列の量子化,” 信学ソ大, A-5-9 (2015)

## 1.12 有線伝送技術

### ■ 非圧縮8Kスーパーハイビジョン信号のイーサネット光伝送

番組素材の受け渡しなど放送局内の設備で使用する、非圧縮8Kスーパーハイビジョン(SHV)の番組素材を有線で伝送するシステムの研究を進めている。

2015年度は、(一社)電波産業会(ARIB)標準規格STD-B58

準拠の光インターフェース(U-SDI: Ultrahigh-definition Signal/Data Interface)信号を、100ギガビットイーサネット(100GE: 100 Gigabit Ethernet)信号に多重して伝送するU-SDI/イーサネットパケット変換装置(図1)を開発した。映像のフレーム周波数が120Hz、サンプリング構造が4:4:4の非圧縮フルスペック8K信号は、映像情報量が約144Gbpsである。この非圧縮フルスペックSHV信号から生成されるU-SDI光イン

ターフェース信号は、クロック同期のための情報などが付加されて全体で約240Gbpsとなる。上記U-SDI光インターフェース信号から映像・音声以外の受信側で復元可能な部分を選択/削除して2本の100GE信号に多重可能とした<sup>(1)</sup>。試作装置には伝送路の変更や輻輳時に生じるイーサネットパケットのデータ消失を、受信側で復元する技術を実装し有効性を確認した。

さらに、SHV局内ネットワークに向けた基礎検討として、フレーム単位での映像スイッチング、および安価なSHV映像監視機能の実現手法について検討した。前者については、イーサネットパケットヘッダーの情報を元に、フレーム単位での映像スイッチングを実現する装置を試作した。その検証のため2チャンネル分の4K映像をイーサネットパケットに変換して試作機へ入力し、出力再生映像がシームレスに切り替わることを確認できた。後者については、SHV信号に加えて監視用映像信号も低コストに効率よく同時伝送する手法の検討も開始した<sup>(2)</sup>。

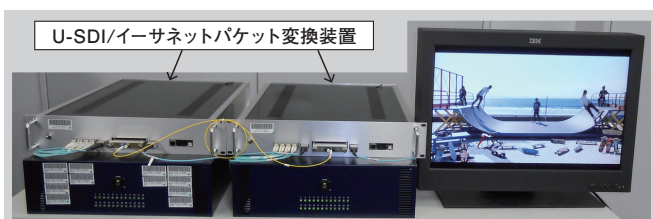


図1 U-SDI/イーサネットパケット変換装置

## ■ SHVケーブルテレビ伝送方式

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、既存のケーブルテレビ施設でも配信できる複数搬送波伝送方式の開発・標準化を推進している。2015年度は、MMT (MPEG Media Transport)・TLV (Type Length Value) 多重化方式を適

用したSHVケーブルテレビ伝送システム<sup>(3)</sup>の室内実験を行い、100MbpsのSHV衛星放送信号をケーブルテレビ伝送できることを確認した。さらに、(一社)日本CATV技術協会(JCTEA)で国内標準化を進め、複数搬送波伝送方式に関するすべての標準規格書が発行され国内標準化を達成した。また、国際標準化にも取り組み、国内標準規格と整合した仕様となるよう国際電気通信連合電気通信標準化部門 (ITU-T) Study Group 9に寄与し、勧告化の承認を得た。

## ■ FTTHに適したベースバンド光配信方式

FTTH (Fiber to the home) による放送の家庭への配信手段の1つとして、SHVやハイビジョン放送のベースバンド信号を時分割多重 (TDM: Time Division Multiplexing) した10Gbps級ベースバンド信号を光ファイバー伝送するベースバンド光配信方式の検討を行っている。2015年度は、ベースバンド信号と従来のRF信号を波長多重した際に安定して伝送できる条件を、実験装置を試作して評価した。さらに、SHV (MMT) とハイビジョン信号 (MPEG-2 TS) が混在する場合に受信機負荷を軽減するための時分割多重方法を検討した。

[参考文献]

- (1) 川本, 小田, 倉掛: “フルスペック8Kスーパーハイビジョンの100ギガビットイーサネット伝送装置の開発,” 信学総大, B-8-14 (2016)
- (2) 小田, 川本, 倉掛, 遠藤: “解像度階層化とIPルーティングによる映像信号分配,” 信学総大, BS-2-3 (2016)
- (3) Y. Hakamada and T. Kurakake: “An Encapsulation Scheme of Variable-Length Packets for UHDTV Distribution over Existing Cable TV Networks,” IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), pp.480-481 (2016)

## 1.13 国内標準化

4K・8Kに対応した超高精細度テレビジョン衛星放送方式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。

2014年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、放送方式の詳細を規定する一連の標準規格が(一社)電波産業会 (ARIB) で策定された。その後、ARIBでは、(一社)次世代放送推進フォーラムにおける運用規定の策定と連携して、標準規格への追加や明確化などの改定作業が進められた (表1)。

さらに、2015年11月に、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高ダイナミックレンジテレビの導入のための技術的条件の検討を開始した。

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。

表1 超高精細度テレビジョン衛星放送方式ARIB標準規格の主な改定

分野	ARIB標準規格	主な改定
多重化 (MMT・TLV)	STD-B60	アプリケーション伝送、各種記述子の追加・修正
限定受信	STD-B61	MMT・TLV多重化に対応したCASプログラムダウンロード、限定受信方式の追加
映像符号化	STD-B32 第1部	低解像度映像のHEVC符号化、高ダイナミックレンジテレビの追加
音声符号化	STD-B32 第2部	音声パラメーターのシームレス切り替え、MPEG-4 ALS規定の明確化
マルチメディアア符号化	STD-B62	低解像度映像のHEVC符号化、ARIB TTMLへの機能追加
受信装置	STD-B63	衛星左旋円偏波に対応する中間周波数、ダウンロード機能、階層伝送時の低階層映像の復号、高ダイナミックレンジ映像の処理の追加

## 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、インテグラル立体映像技術の研究、立体表示用デバイスの研究を進めた。

インテグラル方式の表示技術の研究では、多画素化と広視域化に向けた要素技術の開発に取り組んでいる。2015年度は、4台の8K液晶パネルを並列に配置した拡大光学系を用いて、映像を空間的に結合した解像度16K相当の直視型立体表示装置を試作した。本装置により、立体映像表示領域が従来の4倍となる約10万画素の要素画像数を持つ立体映像の表示を実現した。

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。2015年度は継続してMPEG会合に参加するとともに、HEVC (High Efficiency Video Coding) 方式とMV (Multi View)-HEVC方式を用いたインテグラル立体の符号化実験を行った。

インテグラル方式の撮像技術の研究では、高品質な立体像の生成に向け、複数のカメラやレンズアレーを用いた空間情報取得技術の研究に取り組んでいる。2015年度は、64台のハイビジョンカメラとレンズアレーを用いた撮像装置とレンズアレー不要の2次元配列多視点カメラによる撮影手法をそれぞれ開発した。この撮像技術の応用として、多視点ロボットカメラを用いた新しい映像制作に関する研究も進めた。

2015年度より、新たにインテグラル方式のシステムパラメーターに関する研究を開始した。インテグラル方式の表示パラメーターと画質(奥行き再現範囲、解像度、視域)の関係をシミュレートするため、3次元モデルと高精度の視点追従機能を有する2眼立体表示装置を試作し、画素間隔と奥行き位置に対する画質の主観評価実験を実施した。また、人間の奥行き知覚特性を利用して、制限された奥行き範囲に広い空間を違和感なく表示する技術の研究に着手した。

立体表示用デバイスの研究では、電子ホログラフィー用デバイスとインテグラル用光偏向デバイスの研究に取り組んでいる。電子ホログラフィーでは、スピン注入磁化反転を利用した空間光変調器 (スピンSLM: Spatial Light Modulator) の研究を進めた。2015年度は、画素ピッチ2  $\mu\text{m}$  の駆動用シリコンバックプレーンとその外部駆動回路を開発した。また、シリコンバックプレーン上にトンネル磁気抵抗を用いて光変調素子を形成した2次元スピンSLMを試作し、その基本性能を評価した。光偏向デバイスの研究では、レンズアレー不要のインテグラル立体表示を目指して、電気光学材料を用いたアレー構造の光導波路の検討を進めた。2015年度は、1次元アレー構造からなる光導波路の動作解析シミュレーションと試作を行った。

### 2.1 インテグラル立体映像技術

#### ■ インテグラル立体映像表示の高画質化

特殊なめがねを使うことなく、自然で見やすい立体映像を観察できる立体テレビシステムの実現を目指して研究開発を進めている。インテグラル方式では、高密度な画素を持つ高精細ディスプレイと微小レンズを密に配列したレンズアレーを用いて、多方向に光線を再生することで自然な立体映像を再生できる。

インテグラル方式では、様々な方向に多くの光線を再生するため、要素画像を表示するディスプレイに多くの画素が必要となる課題を持つ。これまで、8Kスーパーハイビジョン映像を立体映像表示に応用してきたが、実用化に向けて立体映像の品質をさらに向上するには、8Kを超える多画素な映像表示技術が必要である。

2015年度は、従来より大型(対角9.6インチ)で高精細な8K相当の液晶パネル(Dual-Green方式)4台の映像を結合する技術を開発した。拡大光学系の解像度特性の改善を行うとともに、各拡大像間に生じる輝度むらの低減技術を構築した。その結果、16K相当の画像表示を適用した直視型立体映像表示装置を開発した。これにより、立体映像表示領域を従来の約4倍に

拡大し、約10万画素(水平420×垂直236画素)の要素画像数を持つインテグラル立体映像の表示を実現した<sup>(1)</sup>(図1)。



図1 4台の8K液晶パネルを用いた直視型の表示装置により再生したインテグラル立体映像

#### ■ インテグラル立体映像の符号化技術

インテグラル方式に使用する要素画像の符号化技術の研究を進めた。2014年度から、インテグラル方式に既存の映像符号

化方式を適用することにより、圧縮効率に関する基礎検討を開始した。2015年度には、要素画像に直接既存の符号化方式であるHEVC (High Efficiency Video Coding) を適用するよりも、要素画像から多視点画像へ変換し、多視点画像に既存の符号化方式であるMV (Multi View)-HEVCを適用する手法が有効であることを明らかにした<sup>(2)</sup>。さらに本手法では、要素画像から多視点画像への変換時、要素画像のピッチが画素の整数倍となる画像変換技術を採用することで、符号化効率を向上させた<sup>(3)</sup>。また、引き続きMPEG-FTVアドホックグループの標準化活動に参加した。

## ■空間情報取得技術の研究

インテグラル立体映像では、空間を伝搬する多くの光線の方向や色などの情報(空間情報)を取得する必要がある。高品質なインテグラル立体映像の再生に向け、複数のカメラやレンズアレーを用いた空間情報取得技術の検討を行った。

撮影装置単体の画素数の制限を克服するために、2012年度から、複数のカメラを密に配置したカメラアレーを用いて、全体で多画素化を図ることができるとともに、レンズアレーを構成する微小レンズの数を約10万個に増やし(図2)、2014年度の試作機と比べて立体映像の画素数を約3倍に向上させた(2014年度の試作機では、ハイビジョンカメラの台数は7台、微小レンズの数は約3万個)。これらのカメラアレーとレンズアレーを用いて撮影した映像の合成手法の高精度化を図り、立体映像の品質を向上させた。また、小さいサイズの2枚のレンズアレーをスーパーハイビジョン用の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、高品質化した小型の撮像装置を試作した<sup>(4)</sup>。

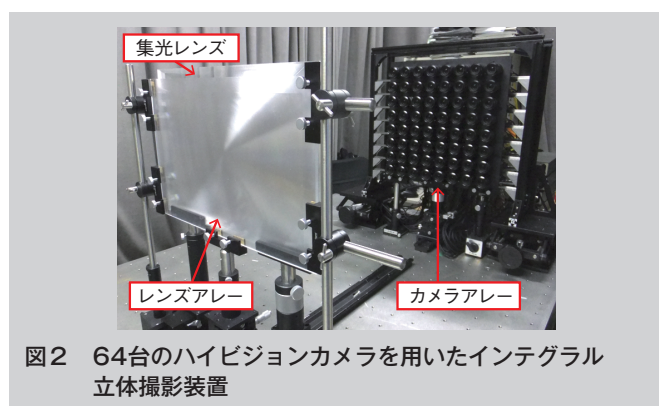


図2 64台のハイビジョンカメラを用いたインテグラル立体撮影装置

レンズアレーを用いずに、複数のカメラを疎に配置した多視点カメラを用いた撮影システムについても検討を行っている。このシステムでは、撮影した多視点画像から被写体の3次元モデルを生成し、レンズアレーを用いた場合に取得できる画像と等価な画像に変換する。2015年度は、高品質なインテグラル立体映像を生成するため、2次元に配列された多視点カメラを用いてインテグラル立体再現領域を撮影する手法を開発した<sup>(5)</sup>。本手法では、カメラの撮影領域をインテグラル立体映像の再現領域に適合させ、再現領域を撮影画角に収めるよう多視点カメラの姿勢・ズーム制御を行う。これにより、インテグラル立体映像の再現領域における水平・垂直方向の光線を適切な画角で取得することができる。また3次元モデルを生成する際には、ステレオカメラから奥行きを推定する必要があるが、多視点カメラを正六角形状の2次元配列とすることでステレオカメ

ラのペア数を増やしていた(図3)。これにより、奥行き推定精度が向上する。

こうした空間情報取得技術の応用として、カメラアレーの方向を協調制御することが可能な多視点ロボットカメラを構築し、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手法についても開発を進めた。

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。

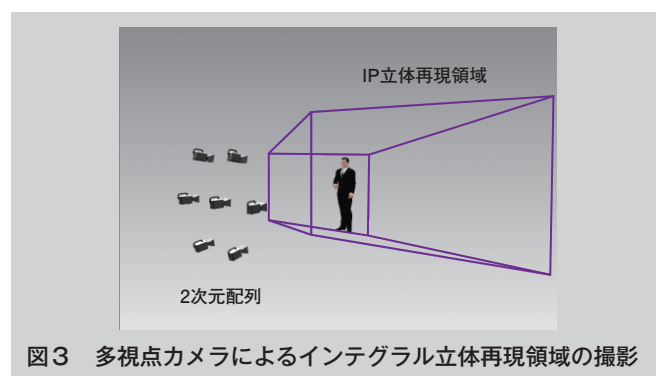


図3 多視点カメラによるインテグラル立体再現領域の撮影

## ■インテグラル方式のシステムパラメーターに関する研究

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

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、原理的には実物を観察したとき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、2014年度は、インテグラル立体映像を観察したときの視覚機能の応答特性の計測や運動視差による奥行き弁別精度の評価を実施した。2015年度は、インテグラル立体のシステム設計の指針となるシステムパラメーターの導出に向けた研究を開始した。インテグラル立体映像の品質(立体映像の奥行き再現範囲、解像度、視域)に影響する表示パラメーターは、要素画像を表示するディスプレイの画素間隔、レンズアレーを構成する微小レンズの間隔と焦点距離である。品質を評価する場合、これらのパラメーター値を切り替えて評価する必要があるが、さまざまなパラメーター値を持つインテグラル表示装置を実際に製作することは困難である。このため、インテグラル立体映像を観察した状況を2眼立体表示で再現し、評価を行っている。この評価装置は、被写体の3次元モデルからインテグラル表示によって再生される光線を計算して、特定の視点位置から見たときのインテグラル立体像をシミュレートする。視点追従機能も有しており、インテグラル方式の特徴である、運動視差も再現することができる。2015年度はこの装置を使い、ディスプレイの画素間隔を変化させて、インテグラル立体映像の奥行き位置に対する画質の主観評価実験を実施した。これにより、立体映像の空間周波数(理論値)と画質に関するデータを取得した<sup>(6)</sup>。また、人間の奥行き知覚特性を利用して、制限された奥行き範囲に広い空間を違和感なく表示する技術の開発にも着手した。今後は、この技術を用いて必要最小限の奥行き範囲を求めるとともに、その奥行き範囲を再現可能とするインテグラル方式のシステムパラメーターの導出を目指す。

### 【参考文献】

- (1) 岡市, 三浦, 洗井, 河北, 三科: “複数の8K液晶パネルを用いたインテグラル立体映像表示,” 映像学技報, Vol.39, No.36,

- 3DIT2015-32, IDY2015-40, IST2015-57, pp.1-4 (2015)
- (2) 原, 洗井, 河北, 三科: “インテグラル立体に対する既存符号化方式の適用,” 映像学技報, Vol.39, No.36, 3DIT2015-37, IDY2015-45, IST2015-62, pp.23-26 (2015)
- (3) K. Hara, J. Arai, M. Kawakita and T. Mishina: “Elemental images resizing method to compress integral three-dimensional image using 3D-HEVC,” Proc. of the 22nd International Display Workshops (IDW '15), ITE and SID, Otsu, 3Dp1-26L, pp.920-

921 (2015)

- (4) J. Arai, T. Yamashita, H. Hiura, M. Miura, R. Funatsu, T. Nakamura and E. Nakasu: “Compact integral three-dimensional imaging device,” Proc. SPIE, Vol. 9495, 94950I (2015)
- (5) 池谷, 洗井: “多視点カメラを用いたインテグラル立体における立体再現領域における撮影手法,” 信学総大, D-11-25 (2016)
- (6) 片山, 三科: “インテグラル立体の二眼立体表示のシミュレーションによる評価実験,” 信学総大, D-11-10 (2016)

## 2.2 立体映像デバイス技術

### ■ スピン注入型空間光変調器の研究

自然な立体映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。広い視域の立体映像を動画で表示するためには、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  $1\ \mu\text{m}$  以下の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。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原理 (磁気光学カー効果) を用いて光を変調することができる。

これまでに、画素を構成する磁性体として、低電流で動作することが可能なTMR (Tunnel Magneto-Resistance: トンネル磁気抵抗) 光変調素子<sup>(1)</sup>を開発した。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、その上部には、すべての素子に共通の透明電極が形成される。この素子に電流を流すことによって、光変調層の磁化方向を反転させることができる。画素を2次元に配列したスピンSLMでは、透明電極側から偏光した光を照射すると、微細な画素によって光が回折する。光変調層の磁気光学カー効果により偏光面の回転した回折光が、空間上で干渉することで、立体映像の表示が可能となる。

2015年度は、2014年度に試作した画素ピッチ  $5\ \mu\text{m}$  の高密度化を図るため、MOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスター部の設計を見直し、画素ピッチ  $2\ \mu\text{m}$  の駆動用シリコンバックプレーンとその外部駆動回路を開発した。シリコンバックプレーンの画素数は  $100 \times 100$  および  $1000 \times 1000$  とし、1つの入力端子で  $10 \sim 100$  行 (列) の画素を選択できるシフトレジスターを備えたドライバ回路を内蔵している。また、MOSトランジスター部のドレインの先に、TMR光変調素子を高精度に接続し、微細な画素からなる2次元スピンSLMを試作した (図1)。外部から微小な電流を流して素子の電気抵抗をそれぞれ測定し、その基本性能が正常に得られることを確認した。

一方、立体映像表示の原理検証を進めるために、磁気光学材料の固定パターンからなる超高密度静止画用ホログラム (画素ピッチ  $1\ \mu\text{m}$ 、画素数  $10\text{K} \times 10\text{K}$ ) を設計・試作した。計算機合成ホログラムと実写ベースのインテグラル撮像情報ホログラムデータ変換技術を用いて、広視域角  $36$  度による実写ベースの立体映像再生、および外部からの磁界印加による再生像のON/OFF動作を確認した。この技術は、SLMの立体映像情報入力方式として活用できる。

この研究の一部は、国立研究開発法人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。

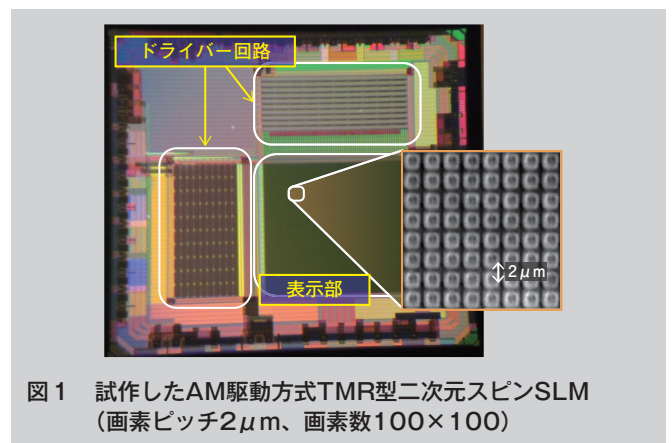


図1 試作したAM駆動方式TMR型二次元スピンSLM (画素ピッチ  $2\ \mu\text{m}$ 、画素数  $100 \times 100$ )

### ■ 光偏向デバイスの研究

インテグラル立体ディスプレイの性能を飛躍的に向上させることを目指し、レンズアレーを用いずに各画素からの光の進行方向と形状を自在に制御できる光偏向デバイスの開発を進めている。光の偏向方向と形状を高速制御できるデバイスが実現できれば、広視域と高解像度を両立した立体映像の再現が可能となる。この基本となるデバイスの実現に向けて、電圧で屈折率を高速に制御できる電気光学材料を用いて、光導波路構造の新しい光偏向デバイスの研究を2014年度からスタートさせた<sup>(2)</sup>。

2015年度は高精度な偏向制御を可能にするため、光を微小空間内に閉じ込める1次元アレー構造のチャンネル型光導波路の設計解析と試作を進めた。デバイス設計では、光導波路アレーでの位相変化量の印加電圧依存性とチャンネル間のクロストークを定量的に解析できる光伝搬シミュレーターを開発した。本技術により、光導波路のチャンネル数や形状をパラメータとした場合の偏向角度とビーム拡がりの諸特性を解析した。さらにこの解析結果に基づき、1次元アレー構造の光導波路の試作と特性評価実験を進めた。

[参考文献]

- (1) 金城, 青島, 加藤, 町田, 久我, 菊池: “トンネル効果を利用したスピン注入型空間光変調器,” NHK技研R&D, No.151, pp.39-46 (2015)
- (2) “レンズ不要なインテグラル立体テレビの実現に向けた光偏向型表示素子,” NHK技研R&D, No.154, p.46 (2015)

# 3 インターネット活用技術

放送と通信の融合時代にふさわしい新たなサービスの実現を目指し、インターネット活用技術の研究を進めた。

放送連携クラウドサービスの研究では、2014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2.0版の機能実証や標準化への寄与、ベンチマークテスト開発など普及促進のための取り組みを推進した。新たな標準化への取組みとしては、MPEG-DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) 関連の運用規定の改定やTTML (Timed Text Markup Language) 字幕の運用規定の策定への寄与を行った。動画配信方式としてMPEG-DASHのハイブリッドキャストへの適用を目指し、対応プレーヤーの開発や検証を行った。

また、2016年の8Kスーパーハイビジョン(SHV)試験放送開始に向け、マルチメディア放送関連の(一社)電波産業会 (ARIB) 標準規格の改定および運用規定の策定に寄与した。文字スーパー・字幕方式では、通信との共用を考慮したARIB-TTMLが策定され、検証を行った。

放送通信連携システムの研究では、従来のテレビに限定しない新しいサービスの検討を進めた。モバイル端末向けの番組情報提供サービスやSHVにタッチパネルを付加した新しい視聴空間を検討した。テレビと携帯端末が連携したAR (Augmented Reality) 技術によるAugmented TVの主観評価実験やデジタルサイネージ応用を行った。

番組関連情報利用の研究では、番組関連情報を活用したサービス創出の可能性を示すため、LOD (Linked Open Data) 形式で活用するAPI (Application Program Interface) 開発とLOD形式の番組表情報の公開、セマンティックウェブ技術を使った教育分野のアプリケーションを試作した。

番組解析技術の研究では、出演者のカット単位の自動認識やサッカーボール自動追跡などの番組シーン解析のシステム開発を進めた。視聴状況解析の実験では、一部の映像内容と表情や生体反応の間に一定の反応傾向があることを確認した。また、SNSで視聴者の反響の大きい番組シーンを視覚的に確認する可視化システムを試作した。

分散サーバー放送システムの研究では、これまで開発してきたタイムザッピングシステムに、タグを用いたザッピングの利用を促進する機能の追加と評価実験を行い、効果を確認した。端末性能に依存しないシステムを目指し、視聴ソフトウェアをクラウドサーバーで実行する開発も行った。

動画配信技術の研究では、受信機やスマートフォンなど各種端末に向けた安定配信のため、動画ストリーム生成技術、MPEG-DASH視聴プレーヤーの技術検討を進めた。MPEG-DASHのブラウザー実装上の問題点を明らかにし、W3C (World Wide Web Consortium) の技術会合で民放と共同で課題提起の報告を行った。

セキュリティ基盤では、視聴者の情報をクラウドサーバー上で安全に保管・提供する属性ベース暗号システムの研究を進め、一部の暗号化をクラウド上で行い端末負荷を軽減する安全な暗号方式を開発した。また、受信機の暗号用復号鍵の不正コピー防止のための暗号技術や、スクランブル用の暗号方式の更新技術の研究を行った。

## 3.1 放送連携クラウドサービス

2013年にNHKでサービスを開始したハイブリッドキャストは、番組連動型サービスの提供や民放各社の参入などを経て、順次、提供の幅を拡大している。2015年度は、ハイブリッドキャストサービスの高機能化や一層の普及促進のための取り組みを行った。あわせて、8Kスーパーハイビジョンの試験放送に向けた国内外の標準化と実証的な検証を推進した。

### ■ハイブリッドキャストの高機能化

2014年6月に(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2.0版により、放送番組と通信で伝送される番組・データとの高精度同期提示、MPEG-DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) 方式でのVOD (Video on

Demand)、放送外マネージドアプリケーション(以下、アプリ)、受信機メーカーに依存しない端末連携用プロトコルの共通化などのハイブリッドキャストを高機能化するサービスが可能となった。

ハイブリッドキャスト高機能化に関連する内外の標準化活動に積極的に対応した。ハイブリッドキャスト運用規定に対してMPEG-DASH関連規定の改定やTTML (Timed Text Markup Language) 字幕に関する規定を追加した運用規定2.2版の策定に貢献した。また、高機能化に必要な(一社)電波産業会 (ARIB) の規格改定にも寄与した。並行して実証的な検証に継続的に取り組み、その結果の一部を技研公開2015で展示した。

高精度同期提示の研究では、放送番組と同時に通信でタブレット端末に伝送される別映像を放送番組と同期して視聴したり

(図1)、得点した選手や得点推移など、番組に関連したデータを放送番組と同期して文字や図形で提示できることを検証した<sup>(1)</sup>(図2)。また、タブレット端末への映像配信方式としてMPEG-DASHを使った同期提示についても確認した<sup>(2)</sup>。



図1 通信で伝送される映像との高精度同期提示例



図2 通信で伝送されるデータ情報との高精度同期提示例

コンテンツ配信方式MPEG-DASHのハイブリッドキャストでの実用化を進めるため、対応プレイヤーの開発、テストストリームの作成、各メーカー製テレビでの再生検証などを実施した。広告挿入機能など、多様な要件の検証を目的に、民間放送事業者と連携して研究を進め、これらの成果とともに技研公開2015で展示した(図3)。



図3 MPEG-DASH方式によるVODのサービス例

放送外マネージドアプリは、放送事業者以外がアプリを提供し、視聴チャンネルに依存せず利用可能な方式で、新たなサービスとビジネスモデルの実現を可能とする。2015年度は、放送マネージドアプリとの共存やチャンネル変更時の動作などを試作テレビで検証した(図4)。

テレビと連携端末の間の通信プロトコルを共通化することで、テレビメーカーに依存せず同一のコンパニオンアプリ(共通コンパニオンアプリ)によって端末の連携が可能となる。この共通通信プロトコルおよび共通コンパニオンアプリの仕様を検討し、IPTVフォーラムと連携して実証を進めている。

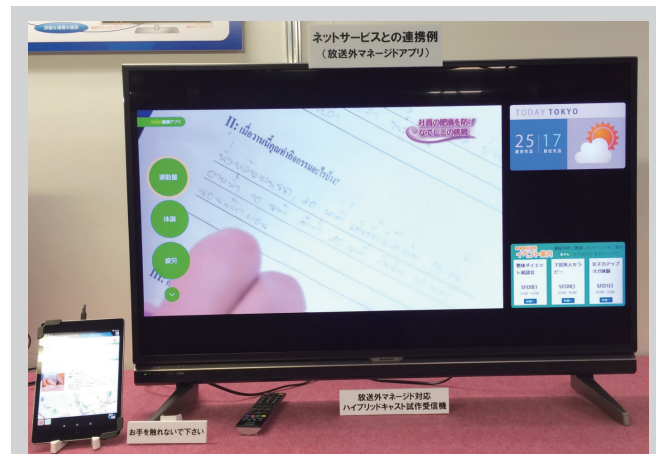


図4 試作アプリの例

今後も高機能化サービスの実現に向け各種サービスの試作と技術検証、さらには運用規定の策定などの標準化を推進していく。

## ■ハイブリッドキャストの普及促進に向けた取り組み

ハイブリッドキャストの一層の普及に向けた取り組みをIPTVフォーラムと連携して推進した。

ベンチマークテストの開発は、対応テレビの性能を客観的に把握するアプリ群を開発し、アプリ制作時の省力化やサービス品質の向上を目指す取り組みである。今年度は基本的な処理性能の把握を目的に、計測システムの開発と機能要素別のテスト項目の検討を進め、2015年9月、IPTVフォーラムによるパフォーマンステストイベントで会員社向けに公開した。今後はネットワーク処理関係の性能把握など、MPEG-DASHの運用にも寄与するテストの開発を継続する。

国内の活動にとどまらず、国際的な標準化・規格化団体とも連携を強めて活動した。国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)レポートへのVOD方式の追加対応、W3C(World Wide Web Consortium)の総会であるTPAC(Technical Plenary/Advisory Committee Meeting)札幌大会での高機能化の概要紹介とデモの実施、ABU(Asia-Pacific Broadcasting Union)での放通連携システムの概要についての講演を実施し、ハイブリッドキャストの国際的な認知度と詳細仕様への理解の向上に努めた。

## ■SHVマルチメディア放送へ向けた取り組み

2016年に予定されるSHV試験放送に向け、標準規格の改定および運用規定の策定、これらの実験的な検証と本設備整備への反映を目指して研究開発を進めた。

2014年にARIBで策定されたSHV放送規格に対して、既存デジタル放送との共用受信機における選局機能や永続記憶領域関係などの追加規定を検討するとともに、運用規定の策定に寄与した。さらに、EPG用記号の追加に向けて、ISO/IECおよびその国内委員会への対応を実施した。また、本放送に向け、放送



でのデータコンテンツ伝送を検証する実験システムを開発した。

SHVマルチメディア放送での文字スーパー・字幕方式は、通信との共用性や交換性を考慮し、W3C勧告であるTTMLを拡張したARIB-TTMLが策定された。技研では、ARIB-TTML検証システムを試作し<sup>(3)</sup>、技研公開で展示した(図5)。

TTMLによる字幕方式は、MPEG-DASH方式のVODにも適用され、継続的に検証を進めている。



図5 8KスーパーハイビジョンでのTTML表示例

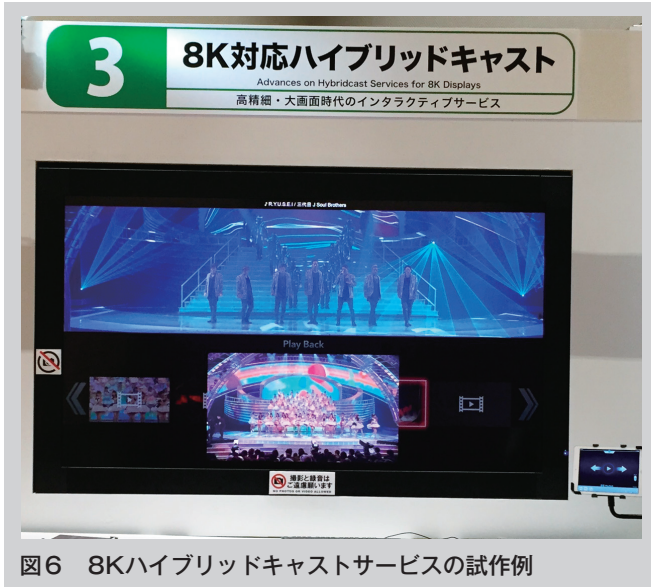


図6 8Kハイブリッドキャストサービスの試作例

より応用的なSHVマルチメディアサービスを検証するため、通信からの映像を多角的に利用した8Kハイブリッドキャスト

サービスを試作し、技研公開2015で展示した(図6)。また、これまでに試作したアプリ開発上の課題を整理した<sup>(4)</sup>。

また、SHVの放送以外の利活用検討と海外展開が可能なアプリケーションの開発を目的に、マサチューセッツ工科大学のメディアラボと共同研究を実施した。

### ■ 放送通信アクセス共通化

異なる伝送路で伝送される番組やVODの番組を、多様な受信端末で統一的方法で視聴可能とする番組視聴プラットフォームの設計と基本的な検証を実施し<sup>(5)</sup>、技研公開で展示した(図7)。今後、分散サーバー放送システムの研究の成果などと統合して、将来の放送通信連携サービスの基盤とすべく研究を継続していく。



図7 放送通信アクセス共通化実験装置

#### [参考文献]

- (1) 広中, 大西, 馬場, 松村, 真島: “放送通信連携サービスにおける放送映像と時刻情報付きデータの同期技術,” 映像学年次大, 33D-5 (2015)
- (2) 大西, 広中, 大亦, 松村, 真島: “MPEG-DASHを用いたマルチスクリーン端末における放送通信同期手法,” 映像学技報, Vol.39, No.13, BCT2015-38, pp.17-20 (2015)
- (3) 馬場: “スーパーハイビジョン衛星放送における字幕方式とサービス事例,” 映像学誌, Vol.69, no.7, pp.693-696 (2015)
- (4) 池尾, 松村, 藤沢, 武智: “8Kハイブリッドキャストアプリケーションの開発から得られた課題,” 映像学年次大, 34D-1 (2015)
- (5) 遠藤, 大亦, 松村, 藤澤, 加井: “放送通信統合型コンテンツ視聴プラットフォームの提案,” 第14回 情報科学技術フォーラム (FIT), M-021 (2015)

## 3.2 放送通信連携システム

インターネットやスマートフォンなどのIT技術を活用することで、テレビ視聴体験の実生活体験への拡張や新しい視聴空間のデザイン、AR (Augmented Reality) 技術を放送に応用した新たなサービスなど、テレビ放送の枠を越えた新しいユーザー体験を提供するサービスシステムの研究を進めている。

### ■ モバイル端末を活用した番組情報提供サービス

従来のテレビメディアは、テレビ受信機の前の視聴者に放送波を介して情報を提供してきたが、モバイル端末によるインターネットメディアの利用が中心のユーザーに対しても効果的に情報提供を行うために、モバイル端末を活用した番組情報提供技術の研究開発を行っている。

2015年度は、ユーザーの行動した場所に連動した番組情報提供の実現性と有用性を検証するため、オープンデータであるWikipediaを活用し、番組情報や字幕情報から場所に関連づけられる話題を自動抽出することで、モバイル端末のGPS位置に連動して関連する番組情報を提示するプロトタイプシステムを開発した<sup>(1)</sup>。今後、本プロトタイプシステムを用いて、ユーザーの位置に連動した番組情報の提示の効果について評価する。

### ■新しい視聴空間のデザイン

8Kスーパーハイビジョン (SHV) に新たなユーザーインターフェース (UI) を導入することで、これまでにないユーザー体験の創出やサービス利用の満足度の向上を目指して、インタラクティブサービスの検討を行った。SHVに、スマートフォンで用いられているタッチセンサーを付加した8KタッチUI検証システムを試作した<sup>(2)</sup>。このシステムは、タッチセンサーがSHV以上の十分な分解能を持つこと、8KハイブリッドキャストなどのHTML5アプリでタッチイベントの処理が可能であること、スマートフォンで実現されている基本的なタッチ操作に対応できること、大画面において複数の人が同時に操作できることなどの要件を満たしている。本システムによって、大画面・高精細というSHVのテレビ視聴だけでなく活用方法を検討するためのアプリケーション制作環境を構築することができた。

### ■AR応用端末連携システム技術

AR (Augmented Reality: 拡張現実感) 技術を放送サービスに応用し、スマートフォンやタブレットなどの携帯端末を使って新たな視聴体験["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<sup>(3)</sup>。本システムは、携帯端末の内蔵カメラを通してテレビ画面を再撮した映像に、通信コンテンツとして提供する3次元CGなど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。

2015年度は、携帯端末においてカメラ映像と通信コンテンツの同期のずれが及ぼす影響について調べるために主観評価実験を行った<sup>(4)</sup>。実験では、精密に同期を表現するためにCGによるバーチャル環境においてAugmented TVをシミュレートするソフトウェアを構築し、画面から小さな黒い球が飛び出してく

る評価映像を被験者に提示した。主観評価実験の結果、同期のずれの許容度は0.03秒程度であり、これまで開発してきた同期方式の精度の有効性が確認できた。

Augmented TVのコンテンツ産業分野への波及効果を検討するため、デジタルサイネージへの応用として、縦型のサイネージディスプレイを用い、NHKスペシャル「生命大躍進」の古代生物がテレビ画面から飛び出す体験型のコンテンツを制作した(図1)。Augmented TVは、経済産業省のコンテンツ技術イノベーション促進事業の一環として実施された「Innovative Technologies 2015」に採択され、受賞技術として「デジタルコンテンツEXPO 2015」で同コンテンツを展示した。



図1 Augmented TV(恐竜のCGがタブレット画面上でサイネージから飛び出す様子)

[参考文献]

- (1) 山村, 大亦, 上原: “屋外行動位置を利用した番組提示システムの提案と試作,” 信学技報, Vol.115, No.295, pp.53-58 (2015)
- (2) 大亦, 松村, 中川: “8Kインタラクティブサービスのためのタッチインターフェースの導入の検討,” 映像学年次大, 34D-5 (2015)
- (3) 川喜田, 中川, 佐藤: “携帯端末によるTV画面の位置と姿勢の推定方法,” 情処学論コンシューマ・デバイス&システム, Vol.5, No.4, pp.61-69 (2015)
- (4) 川喜田, 半田, 上原, 中川, 佐藤: “Augmented TVにおける同期誤差に起因する不連続性に関する考察,” 第20回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp.240-241 (2015)

## 3.3 番組関連情報利用・番組解析技術

より魅力的な放送通信連携サービスの実現を目指して、番組関連情報の利活用技術や番組シーン解析技術、視聴状況解析技術の研究を進めた。

### ■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、放送局が保有する放送時間や内容などの番組関連の情報を計算機が可読なLOD (Linked Open Data) 形式に構造化し、放送局やさまざまな事業者のサービスが利活用できるようにする番組情報データハブの研究を進めている。2015年度は、外部サービスからデータハブを活用するためのAPI (Application Programming Interface) に関し、基本APIに加えて、さまざまな利用形態を想

定し、簡単な問合せで必要な詳細情報を一度に取得可能なAPIを設計整備した。これにより、複雑なデータ構造の知識がなくても番組情報データハブを活用できるようになった。また、NHKの健康関連番組のインターネットサービスを例に構築した以下の試作を通じて、データハブおよびAPIの有効性を示した。

- 現在サービス提供中の「マイ健康」サイトに、意味的關係を使ってユーザーの興味に関連した番組情報を提示する機能を実装した試作健康サービス
- ウェブブラウザ上でユーザーの興味に関連した健康番組情報をいつでも表示できるマイ健康ディクショナリー
- テレビ番組視聴中に、番組内で出てきたキーワードに関連した健康関連番組・ウェブサイトの情報を手元のタブレットで

閲覧できるハイブリッドキャストアプリケーション

さらに、放送局外における番組データを利用した新しいアプリケーションやサービスの創出可能性を調査するために、編成局と連携してデータハブの情報を利用できる一部のAPIを外部に公開し(図1)、オープンデータに関連するイベント「LODチャレンジJapan2015」にデータ提供パートナーとして参加した。

教育分野における検証も行った<sup>(1)</sup>。NHKコンテンツの新たな展開を実現するため、セマンティックウェブ技術を活用し、メタデータ生成および百科辞典サービスへの動画連携などのアプリケーション開発を行った。また、国際展開の1つとして、LODを介することにより、日本語以外のウェブサイトとNHKコンテンツが容易に連携できることを示した。



図1 LOD提供サービスのウェブサイト

## ■ 視聴メタデータ生成技術の研究

個人の視聴スタイルや興味に応じた番組情報の提供を目指して、番組のどのような内容に興味を持つのか、番組シーン解析と視聴状況解析の両面から研究を進めた。番組シーンとしては映像内の主要被写体を認識する手法、視聴状況としては視聴者の生体反応を含む基礎的解析とTwitterなどのSNS解析を行った。

番組シーン解析では、情報番組を対象として、主要な出演者をカット単位で自動認識する手法を考案した。吹き出し風のセリフ表示を想定して番組映像で実験を行い、その有効性を確認した<sup>(2)</sup>。また、スポーツ番組を対象として、サッカー映像からボールを自動追跡するシステムを開発した(図2)。ボールの「動き」を学習することで、追跡精度を向上させ、音声マイクの制御を目的とした放送現場の実地テストで実運用可能な性能であることを確認した<sup>(3)</sup>。他のスポーツ競技においても、多視点

映像や赤外線映像を活用して、高速移動オブジェクトを頑健に追跡する手法を考案した。

視聴状況の基礎的解析では、映像の内容と視聴者の表情変化や生体反応の関係を究明することを目的に、視線、瞳孔径、基礎律動、心拍、鼻部温度、表情を複数のセンサーデバイスにより計測が可能なコンテンツ視聴実験環境を構築した。NHKのコンテンツを含む9種類の映像を用いた視聴実験で、被験者の表情変化や生体反応を解析したところ、映像の種類によっては一定の反応傾向が見られることを確認した。この研究は、早稲田大学と共同で実施した<sup>(4)</sup>。

SNSの解析では、番組に対する視聴者からの反響を効率的に解析する手段として、個々のツイート・データを話題単位でまとめた上で、注目する話題に対応する番組シーンをインタラクティブに提示するデータ可視化システムを試作した。本システムにより、Twitterでの反響が大きかった話題(トピック)や発言対象となった番組シーンを視覚的に確認できるようになった<sup>(5)</sup>。

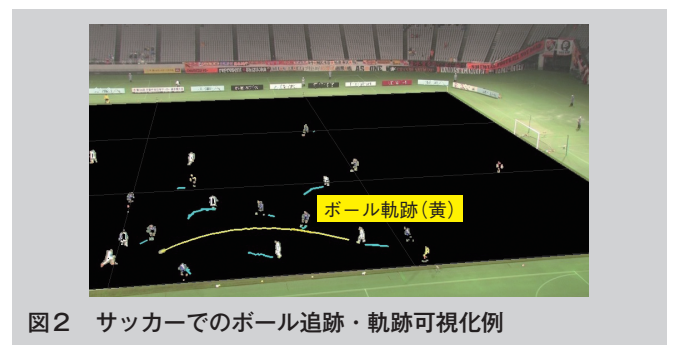


図2 サッカーでのボール追跡・軌跡可視化例

【参考文献】

- (1) M.Urakawa, M.Miyazaki, I.Yamada, H.Fujisawa and T.Nakagawa: "A New Method of Utilizing Video Content Structured on the Basis of the RDF," 18<sup>th</sup> International Conference on Network-Based Information Systems, pp.680-684 (2015)
- (2) 高橋, 山内: "放送番組内の人物認識と位置計測に関する一検討," 映像学年次大, 22D-4 (2015)
- (3) M. Takahashi, T. Nakamura and Y. Yamanouchi: "Real-time Ball Position Measurement for Football Games based on Ball's Appearance and Motion Features," 11<sup>th</sup> International Conference on Signal Image Technology & Internet Based Systems, pp. 287-294 (2015)
- (4) 橋本, 傳, 菅沼, 亀山, クリピングデル: "映像視聴時の感情推定における鼻部皮膚温度の有効性の検討," 信学総大, H-2-13 (2016)
- (5) 松井, 小早川, 山内: "発言対象の番組シーン内容に基づいたツイート・データの可視化," 信学総大, D-9-12 (2016)

## 3.4 ネット配信技術

ネットワークを利用した番組配信の実現に向けて、分散サーバー放送システムの研究とインターネットを利用した動画配信技術の研究を進めている。

### ■ 分散サーバー放送システムの研究

長期間の過去の放送番組を蓄積し、蓄積した大量の番組の中から気ままにザッピングしながら見たい番組を視聴する、タイムザッピングシステムの検討を進めた。

2014年度に実施したシステム評価実験のデータから、時間によるザッピング操作に比較して、タグによるザッピング操作の利用頻度が低いことが分かり、2015年度はタグの利用を促進するため、番組視聴ソフトウェアの操作インターフェースの改修と、タグのデータベースの拡張を行った。操作インターフェースの改修では、ザッピングの種類選択メニューの整理と、サムネイル画像表示を使ってザッピングできる機能の追加を行い、操作性の向上を図った(図1)。また、視聴中の番組に関連したタグを有効に利用してもらうため、多数のタグの中から番組に関連が高いタグを上位に提示するタグのランキング手法を提案した。提案手法は、EPG(電子番組ガイド)に付与されているジャンル情報を使い、タグの表示順をソートするもので、タグの頻度情報の再計算を不要とする計算コストの少ない手法である。

改修した視聴ソフトウェアを用いて、どれだけ容易に見たい番組を発見できるか評価実験を実施し、タグを用いたザッピングによって、視聴者が見たいと思う番組を、短い時間でかつ少ないザッピング数で多く発見できることが確認できた<sup>(1)</sup>。また、タイムザッピングシステムで収集した視聴ログをもとに、ユーザーの番組ザッピングによる視聴履歴を可視化するシステムを開発した。

さらに、受信端末の性能に依存せずに番組を視聴できる放送システムの実現を目指し、視聴ソフトウェアをクラウドサーバー上で実行し、その処理結果を視聴端末に送るクラウド型視聴システムの開発を進めている<sup>(2)</sup>。2015年度は、2014年度に開発したプロトタイプシステムを商用クラウドサービス上で稼働させ、システム性能評価を実施した。また、マルチユーザーでの再生方法と、映像と音声の同期方法の改修を行った。

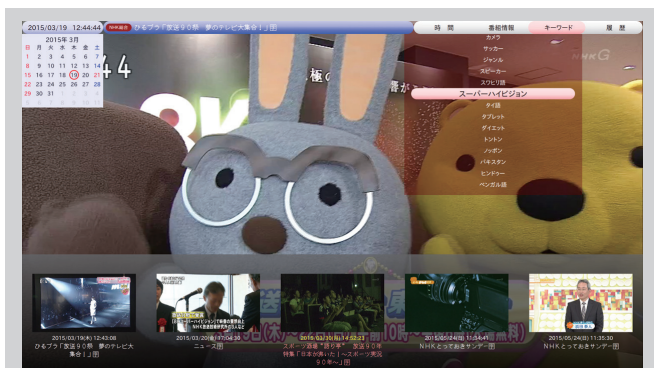


図1 タイムザッピングシステムの番組視聴ソフトウェア

## インターネットを利用した動画配信技術

インターネットによる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、パソコン、スマートフォンなど各種端末に向けた安定配信技術の研究として、動画ストリーム生成技術、およびMPEG-DASH視聴プレーヤー技術の検討を進めた。

動画ストリーム生成技術については、2014年度に行った動画処理性能に関する分散処理技術の基礎実験で得た知見に基づき、動画データを複数のサーバーで分割処理した後、タイムスタンプに基づいてリアルタイムに結合できるMPEG-DASH配信システムを試作し、動作検証を行った。その結果、放送品質の動画ストリームを安定して生成できることを確認し、動画ストリーム数とその生成に必要なサーバー規模との関係を明らかにした<sup>(3)</sup>。また、映像ストリーム生成の高速化も検討した。分散処理サーバーのメモリサイズを検出し、その検出値と動画の分割サイズとを一致させる機能を備えることで、サーバー間

通信の負荷を削減する手法を考案し、実験によりストリーム生成を高速化できることを確認した<sup>(4)</sup>。

MPEG-DASH視聴プレーヤー技術については、2014年度にプレーヤー(図2)の拡張機能として実装した回線速度など受信状況の計測機能を活用し、インターネットの混雑を避けるよう、端末ごとにきめ細かに配信をコントロールする手法の開発を進めた。具体的には、各プレーヤーで計測した受信状況を配信側に集約して各プレーヤーの配信経路を決定し、それに応じて各プレーヤーが配信経路切り替えを行う機能を試作し動作確認を行った。また、モバイル端末用に、複数の視聴者が同じ動画を視聴する場合を想定して、通信事業者の通信経路と端末間に開通させた通信経路とを切り替える機能を実装したアプリケーションを試作し、プレーヤーと組み合わせた実験システムにより動作確認を行った<sup>(5)</sup>。さらに、テレビ受信機などのように、CPUとメモリー容量がパソコンと比較して性能が低い端末であっても、プレーヤーにより安定再生できるようにするため、現状のブラウザが有する実装上の問題点を室内実験で明らかにした。

上記の問題点については、ウェブ技術の国際標準化団体であるW3C(World Wide Web Consortium)のWeb and TV Interest Group会合において、民間放送事業者と共同で課題提起のために報告した<sup>(6)</sup>。また、MPEG-DASHによる動画配信の相互運用性の確保に向けた技術検証のため、(一社)IPTVフォーラム会員にプレーヤーを提供した。

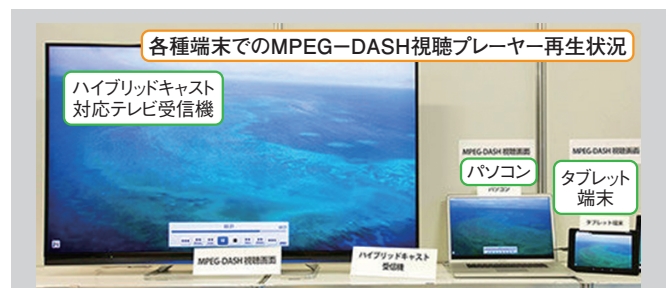


図2 各種端末対応のMPEG-DASH視聴プレーヤー

### 【参考文献】

- (1) 竹内, 金子, 平松, 苗村: "タイムザッピングシステムにおけるタグ利用による番組発見効果," 信学総大, D-9-3 (2016)
- (2) 平松, 金子, 竹内, 苗村: "サーバーサイドレンダリングを使用するクラウド型視聴システムの試作," 信学技報, Vol.115, No.251, NS2015-105, p.93-98 (2015)
- (3) 小田, 黒住, 山本, 遠藤: "リアルタイム分散処理による映像配信システムの安定性検証," 信学総大, B-8-15 (2016)
- (4) 黒住, 小田, 山本, 遠藤: "分散処理基盤を用いた動画ストリーム生成の高速化の検討," 映像学冬大, 234-4 (2015)
- (5) 田中, 西村, 山本, 遠藤: "モバイル端末へのライブ動画配信における配信経路制御方式の検討," 信学総大, B-6-128 (2016)
- (6) K. Hoya, S. Nishimura and S. Harada: "MSE/EME: Potential implementation issues on TV sets A Case Study of IPTV Forum-Japan Player," W3C TPAC2015 Web and TV Interest Group (2015)

[https://www.w3.org/2011/webtv/wiki/images/6/66/Webtv\\_mse\\_eme\\_iptv\\_player\\_20151026.pdf](https://www.w3.org/2011/webtv/wiki/images/6/66/Webtv_mse_eme_iptv_player_20151026.pdf)

## 3.5 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・認証技術、不正利用者追跡暗号利用技術、スクランブル更新技術の研究を進めている。

### ■ インターネット活用のための暗号・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インターネットを活用した放送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。

視聴者の嗜好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。事業者の数が増えると視聴者端末での暗号化の負荷が増大する課題が生じる。また、視聴者にとって未知な新し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がない事業者からのサービス提供が想定される。視聴者端末の負荷を増大させずに、予期しないサービスを楽しむためには、視聴者の情報をクラウドサーバー上に保管し、既知の事業者だけでなく、任意の事業者に情報にアクセスしてもらうことが効率的である。ただし、視聴者の個人情報を守る観点からは、情報を閲覧できる事業者を制限することがより安全である。このため、視聴者が事業者の属性を用いて情報を閲覧できる権限を指定することができる属性ベース暗号システムの研究を進めた。そして、視聴者端末の負荷を抑えるために、暗号化処理を分割しクラウドサーバーがその一端を担うことができる暗号方式を開発した<sup>(1)(2)</sup>。

また、2014年度に開発した署名鍵の効率的な更新や失効が可能な署名方式を利用したアプリケーション認証システムについて、署名鍵配布サーバーなどの運用条件を検討し、現実に対応した実用的な方式に改良した<sup>(3)</sup>。

### ■ 不正利用者追跡暗号利用技術

受信機に装備される暗号用の復号鍵の不正コピーを防ぐ対策として、不正利用者追跡暗号の研究を進めた。

復号鍵の不正コピーが、どの受信機から行われたかを特定するためには、各受信機で異なる復号鍵を持つ必要がある。さら

に、コピーの復号鍵を用いて作られた海賊版受信機をテストしてその鍵を割り出さなければならない。その際、海賊版受信機にテストの実施が検知されると、テストを実施できないように受信機の動作を止めて妨害することが可能になってしまう。そこで、実サービスとテストと区別できないようなコンテンツ配信方法を提案した<sup>(4)</sup>。

### ■ スクランブル更新技術

スクランブル方式の安全性の維持のため、使用される暗号方式の更新方法の研究を進めた。

暗号方式の更新の過渡期では、新旧2つの暗号方式が使用される。この更新方法について、フル画面では映像再生できないが、部分的に再生できてしまう海賊版受信機を考慮して、安全性を評価し、実用上問題ないレベルであることを証明した<sup>(5)(6)(7)</sup>。

〔参考文献〕

- (1) G. Ohtake, K. Ogawa and R. Safavi-Naini: "Privacy Preserving System for Integrated Broadcast-broadband Services using Attribute-Based Encryption," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol.61, No.3, pp.328-335 (2015)
- (2) 大竹, R. Safavi-Naini, L. Zhang: "委託先の攻撃に対して耐性のある委託可能な属性ベース暗号," Symposium on Cryptography and Information Security (SCIS), 2E4-5 (2016)
- (3) K. Ogawa and G. Ohtake: "Application Authentication System with Efficiently Updatable Signature," IEICE Trans. Inf. & Syst., Vol.E99-D, No.1, pp.69-82 (2016)
- (4) K. Ogawa, G. Hanaoka and H. Imai: "Content and Key Management to Trace Traitors in Broadcasting Services," STM 2015, pp.236-252 (2015)
- (5) K. Ogawa and T. Inoue: "Practically Secure Update of Scrambling Scheme," IEEE BMSB, MM15-013 (2015)
- (6) 小川, 井上: "放送サービスにおけるスクランブル方式の更新方法," 映情学誌, Vol.69, No.12, pp.J344-J354 (2015)
- (7) 小川, 井上: "スクランブル更新方法の攻撃耐性," 信学総大, A-7-24(2016)

# 4 高度番組制作技術

高度な番組制作技術として、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、緊急報道・スポーツ中継などの番組素材を無線伝送する技術の研究開発を進めた。

素材インデキシング技術の研究では、検索や加工作業の効率化を支援する素材映像管理システム「素材バンク」の研究を進め、これまでの被写体認識技術を発展させ、照明条件や表情などの変動に影響されにくい「領域ベース」の特徴量に基づく新たな人物識別手法を開発し、人物検索の精度を向上させた。映像制作支援については、ハイブリッドセンサーの高機能化と高精度化を図り番組制作現場に導入した。

言語情報を利用したコンテンツ利活用技術の研究では、大量の過去の番組コンテンツを有効に利用できるように、単語の意味的関係を用いて、ユーザーが意図する番組を網羅的に検索できる手法を提案した。番組制作者や視聴者向けに番組概要のキーワードから関連する番組を効果的に提示することや、見たい番組やシーンを俯瞰的に選ぶことができるインターフェースを開発した。

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、ファイル伝送のスループットを向上させる適応制御方式、生中継を想定したライブ映像の優先送信制御方式を検討するとともに、双方向FPUの多段中継の実現可能性を検証するための実験装置の試作を進めた。

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大容量化を目指した4送信4受信MIMO(4×4 Multiple-Input Multiple-Output)伝送技術の研究では、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)変調方式の試作機の伝送特性を評価し、16QAM(Quadrature Amplitude Modulation)変調方式を追加する改修を進めた。ワイヤレスカメラの小型化・高出力化を目指したシングルキャリア伝送技術の研究では、200Mbpsの伝送を実現する広帯域伝送システムの検討と実験装置の試作を進めた。また、ハイビジョン用ワイヤレスカメラの運用性の改善に取り組み、ゴルフ中継、NHK紅白歌合戦で使用した。

## 4.1 素材インデキシング技術

### ■ 素材インデキシング技術の研究

映像アーカイブ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を複合的に利用して映像制作に有益な情報(メタデータ)を自動付与し、検索や加工作業の効率化を支援する素材映像管理システム「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、開発した被写体認識技術を発展させ、番組映像に映る人物を識別する技術を開発した<sup>(1)</sup>。従来技術を番組映像へ適用した際、照明条件や顔の向き、表情などの変動に影響されやすいという課題に対処するため、特徴点の検出を必要としない、領域ベースの特徴量(さまざまなサイズに分割された領域ごとに算出した特徴量)に基づく新たな識別手法を開発した。約120話分のドラマ番組から約20名の俳優を識別する評価実験では、検索結果の上位50件の平均適合率が98%という非常に高い識別精度が得られ、従来技術に比べて約18%の精度向上を達成した。

また、2014年度に引き続き、局内のアーカイブ検索システムと連携し、「見た目」の類似性に基づいた類似画像検索技術について検証実験を進めた。ユーザーの操作ログやインタビュー調査を通し、従来のキーワードでは検索できなかった映像も見つけられる、有用な検索機能であることを実証するとともに、画像内の被写体領域抽出の精度改善や、顔識別による検索技術の必要性などの課題を確認した<sup>(2)</sup>。さらに、実験後、対象物の輪郭検出に動的輪郭モデルを用いた被写体領域抽出手法を開発し類似画像検索精度の向上を図った。

映像の中から人名や地名などの情報を取得することで、より効果的な映像検索を実現するため、自然に写り込んだ文字である情景文字の認識に向けて、文字列検出手法の研究を進めた。入力画像より検出した文字候補図形群から、文字列を構成する図形群を検出するため、2014年度に開発した文字画像のストローク幅検出技術を利用した文字候補図形のグルーピング手法と、1つの文字が複数の要素から構成される日本語の特徴を考慮した文字列再検出手法を考案し、より高精度な文字列検出を実現した。

東日本大震災時に撮影された、膨大な取材映像の整理・管理を目的として開発している震災映像メタデータ補完システムの試用を福島局、盛岡局で継続するとともに、新たに仙台局にも設置して、より幅広い利用形態の調査と映像検索に関するニーズの収集を継続した。さらに、このシステムを基にして、一般番組でも利用可能な汎用システムの構築を進めた。具体的には、特定の個人を識別するための顔認識機能の付加や、幅広い物体認識モデルの追加、検索時にメタデータを追加修正する機能付加などにより、実用性を高めた。また、知財センターと協力して、各地域放送局の保存映像のアーカイブス化に向けて、ニュース項目分割機能を追加するとともに、NHKメディアテクノロジーとの研究相互協力により、クラウド環境でのメタデータ付与システムの動作検証を開始した。

映像加工技術に関しては、CGと実写映像の自然な合成に向けて、2014年度に開発したスタジオ照明条件推定手法の改善を図った。従来はモノクロ照明のみを対象としていたが、カラーチャートを用いた校正を導入し、カラー照明も精度よく推定

可能となった<sup>(3)</sup>。主観評価実験によって自然な合成映像であることを確認するとともに、実際のスタジオ制作ワークフローでの実証実験において実用性を確認した。

映像加工作業として頻度が高い、映像の指定領域抽出処理に関して、事前処理の領域分割手法を改善した。従来は素材映像全体を1つの時空間領域として扱ってきたが、隣接フレーム内の限定された領域に接続情報を持つ、各フレームの領域分割手法に変更することで、抽出処理可能な映像時間長の拡張を実現した。

幅広い演出に活用できる映像合成の実現に向けて、カメラの動きを計測し、そのデータをCG描画装置の処理に用いるハイブリッドセンサーに関して、高機能化と高精度化を進めた。撮影時に照明情報を計測するセンサーに関しては、18チャンネルのRGBセンサーを水平方向に高速回転させ、上半球360度走査を行うことで照度と色情報を得られる機能の開発を行い、有用性を確認した<sup>(4)</sup>。また、レンズのフォーカス情報からカメラと主被写体間の距離を推定し、主被写体とCGオブジェクトとの前後関係を表現する仕組みも新たに追加した。ハイブリッドセンサーは、実用機として放送センター、放送博物館などに整備された。この研究の一部は、清水建設(株)と共同で実施した。

これまでに開発した映像処理技術を素材映像管理システム以

外に応用する取り組みとして、番組制作現場の業務への支援を進めた。放送技術局に協力し、画像処理を利用したリアルタイム照明制御システムを開発し、NHK番組技術展に出展した。また、映像内の光の点滅(フラッシュ効果)の低減に向けた検討を放送技術局と共同で進めた。

〔参考文献〕

- (1) 河合, 望月, 住吉: “一般物体認識技術を利用したテレビ番組からの人物検索手法,” 第14回情報科学技術フォーラム講演論文集(FIT), Vol.3, H-019, pp.167-168 (2015)
- (2) 望月, 河合, 佐野, 住吉, 岩崎, 洗井, 竹口, 杉森: “画像解析によるアーカイブ検索の試験運用とユーザ評価,” 第14回情報科学技術フォーラム講演論文集(FIT), Vol.3, I-041, pp.303-304 (2015)
- (3) 盛岡, 大久保, ミツ峰: “リアルタイム照明条件推定手法と評価実験,” 映情学年次大, 22D-3 (2015)
- (4) 加藤, 武藤, 山内, ミツ峰, 佐野, 岡本, MORO, 深瀬: “ハイブリッドセンサーと照明センサーに連動した高度化バーチャルシステム,” 第16回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会, 1C4-7, pp.0233-0234 (2015)

## 4.2 言語情報を利用したコンテンツ利活用技術の研究

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、言語処理技術を用いてユーザーが興味のある番組を番組データベースから網羅的に検索・提示するための研究を進めている。2014年度までに、番組検索技術や番組提示技術のベースとなる、単語の意味の関係のネットワーク(概念マップ)を、Webテキストを利用して構築した。概念マップでは、例えば、単語「糖尿病」と「インスリン」が意味の関係「治療法」で結ばれている。

番組検索技術の研究では、概念マップの構造と単語間の類似度を用いた検索手法を考案し、有効性を評価実験により示した<sup>(1)</sup>。概念マップのノード間の重みを考慮することで、検索キーワードが番組概要に直接出現しない場合においても、関連する番組を網羅的に検索することが可能となった。

番組提示技術の研究では、単語の意味の関係と番組情報を、ソフトウェアが判別・解釈できるLinked Open Data形式とすることで、Web上のコンテンツ中の単語に関連した番組を簡単に検索し提示できるインターフェースを開発した<sup>(2)</sup>(図1)。例えば、コンテンツ中の「脳梗塞」の単語を選択すると、「治療法」「予防法」などの意味の関係が表示され、「脳梗塞の治療法」や「脳梗塞の予防法」をトピックとする番組が提示される。また、大量の番組およびシーンを可視化するためのクラスタリング手法を考案し、番組データベースから見たい番組を俯瞰的に選択できるインターフェースを開発した<sup>(3)</sup>。

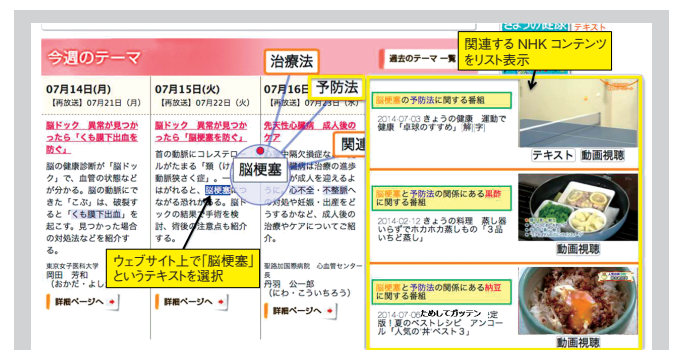


図1 「きょうの健康」に適用した番組提示インターフェース

〔参考文献〕

- (1) 宮崎, 山田, 三浦, 宮崎, 松井, 後藤, 住吉: “単語間関係辞書を用いたテレビ番組検索,” 言語処理学会第22回年次大会, C6-2 (2016)
- (2) M. Miyazaki, M. Urakawa, I. Yamada, K. Miura, T. Miyazaki, H. Fujisawa and T. Nakagawa: “My Health Dictionary: Study on Web Service using Program Information Data-hub as Linked Open Data,” CEUR Workshop Proceedings, Vol.1486, International Semantic Web Conference (ISWC) (2015)
- (3) 三浦, 松井, 山田, 後藤, 宮崎, 宮崎, 住吉: “番組のシーン集合へのラベリングの検討,” 情処学全大, 6B-05 (2016)

## 4.3 双方向FPU伝送技術

ファイルベースの映像素材を高速無線伝送する双方向FPU (Field Pick-up Unit)の研究を進めている。2015年度は、再送制御と適応変調機能を組み合わせてファイル伝送を高速化する適応制御方式と、生中継を想定したライブ映像の優先送信制御方式の検討と評価を行うとともに、双方向FPUの多段中継伝送を検証するための基礎実験装置を試作した。

ファイル伝送を高速化する適応制御方式については、誤り訂正と自動再送要求を組み合わせたHARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest)を用いることで、TCP (Transmission Control Protocol)の再送機能のみを用いるよりもスループットが改善することを確認した<sup>(1)</sup>。無線伝送では変調多値数を高くすることで伝送容量を拡大できるが、受信品質が低い場合には誤りが生じやすくなるため、再送頻度が高くなりスループットが低下する。変調多値数とスループットの関係性を調べたところ、受信品質ごとにスループットが最大となる変調多値数が存在することが分かった(図1)。そこで、受信品質に応じてスループットが最大となる変調多値数を選択する適応制御方式を検討し、室内実験にて高いスループットが得られることを確認した<sup>(2)</sup>。

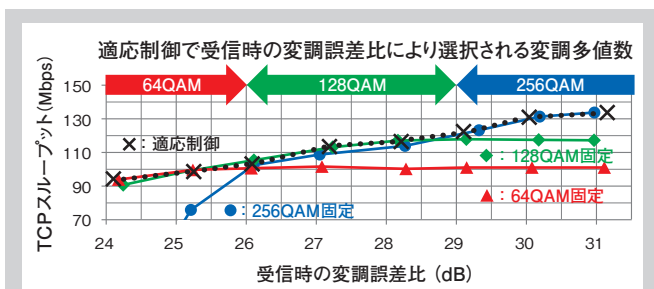


図1 受信品質(変調誤差比)に対するTCPスループット

ライブ映像の優先送信制御方式については、ライブ伝送が必要なパケットを優先的に送信する方式を検討した。双方向FPU

では、ファイル伝送と同時に、生中継などにおいて映像素材を低遅延で確実に伝送することが求められる。2015年度に追加した優先送信制御方式としては、ライブ伝送が必要なパケットに対しては再送を行わず、強い誤り訂正処理を行うとともに、ライブ伝送が不要なパケットよりも先に送信する方式とした。伝搬路の品質劣化時や輻輳発生時においてもライブ伝送パケットの伝送遅延の増加を抑制できることを確認した<sup>(3)</sup>。

双方向FPUの多段中継伝送については、電波干渉の影響を評価する実験装置を試作した。取材現場などから放送局まで映像素材伝送を行う際に、FPUの電波が直接届かない場合にはFPUの多段中継が必要となる。双方向FPUは、短時間で上り/下りを切り替えることで1つの通信路で双方向通信を行う時分割複信方式を用いるため、多段中継の中継点では2台の各FPUが電波の送受信を繰り返す。このとき、2台のFPUの送受信のタイミングによって電波干渉量が異なる。この電波干渉の影響を評価するために、信号送信タイミングを任意の時間差に調整する実験装置を試作した。さらに、これまで床置きが前提であった送受信高周波部を三脚据え付けが可能ならびに小型化し、可搬性を向上させた。アンテナについても、運用性ならびに回線品質の向上のために、送受信高周波部とアンテナを直結しケーブルレス化することを目的として、新たにアンテナ用インターフェースを考案した。

### [参考文献]

- (1) 鶴澤, 小山, 熊谷, 光山, 居相, 青木: “双方向デジタルFPUにおけるHARQ方式の設計と評価,” 信学技報, Vol.115, No.11, CQ2015-9, pp.45-49 (2015)
- (2) 鶴澤, 小山, 熊谷, 光山, 青木, 居相: “双方向FPUにおけるHARQ再送がスループットおよび伝送遅延に与える影響の評価,” 信学技報, Vol.115, No.206, CQ2015-69, pp.173-178 (2015)
- (3) 小山, 鶴澤, 光山, 熊谷, 居相, 青木: “双方向FPUにおけるライブ伝送機能の開発と評価,” 映像学年次大, 31D-1 (2015)

## 4.4 ワイヤレスカメラ

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4受信MIMO (4×4 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 transmission with Frequency Domain Equalization)方式による送信装置の小型化・高出力化などの要素技術の研究を進めた。また、ハイビジョン用ワイヤレスカメラ(ミリ波モバイルカメラ)の運用性改善に取り組み、ゴルフ中継、NHK紅白歌合戦で使用した。

### ■ 4×4 MIMO伝送技術

ワイヤレスカメラの伝送容量拡大を目指して研究を進めている4×4 MIMO伝送技術では、従来の2送信MIMOに比べて伝送容量を2倍にできるが、受信側の信号検出に用いる最尤検出

(MLD:Maximum Likelihood Detection)の演算量が大きくなる課題がある。これに対して、送受信アンテナ間の伝搬路行列に「ブロックQR分解」を適用することで、MLDの演算量を削減する方式を提案してきた。2015年度は、この方式を用いて試作した4×4 MIMO-QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 復調器(図1)の伝送特性を評価し、MLDの演算量を約65%に削減しつつ安定した伝送が可能となる見通しを得た<sup>(1)</sup>。また、MLDの更なる演算量削減技術を開発し、試作復調器を16QAM (Quadrature Amplitude Modulation)に対応させる改修を行った。さらに、4送信のアンテナとして、2つの送信アンテナを一体化したアンテナを試作し、これを2つ使うことでコンパクトな送信アンテナを実現した。





図1 4×4 MIMO-QPSK復調器

## ■ シングルキャリア周波数領域等化

ワイヤレスカメラ送信装置の小型化・高出力化を目指して研

究を進めているSC-FDE方式について、2015年度は、200Mbps級の伝送を実現する広帯域システムの伝送パラメーターを検討し、ミリ波帯増幅器による非線形増幅の影響、および伝送特性を計算機シミュレーションで評価した。その結果、SC-FDE方式は、ミリ波帯のOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式と比較して、ピーク電力と平均電力の差が小さく、増幅器を高出力で運用しても信号歪みが少ないことを確認した。そのため、良好な伝送に必要なCN比(所要CN比)は若干大きい値に劣化するものの、回線の伝送マージンを改善できる見通しを得た<sup>(2)</sup>。さらに、検討した広帯域システムの伝送パラメーターを適用した実験装置を試作した。

[参考文献]

- (1) 伊藤, 中川, 濱住, 府川: “ブロックQR分解を用いた演算量削減型4×4 MIMO-MLD復調器の試作,” 映情学技報, Vol.40, No.4, BCT2016-29, pp.49-52 (2016)
- (2) 松崎, 中川, 濱住: “SC-FDE方式を適用したミリ波帯伝送システムの検討,” 映情学技報, Vol.40, No.4, BCT2016-30, pp.53-56 (2016)

# 5 人にやさしい放送技術

放送・サービスをすべての人が楽しめるよう、耳や目に障害のある方や、外国人を含むすべての視聴者が、聞きやすく、見やすく、分かりやすい「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技術の研究では、顔表情を含めた気象情報手話CG翻訳技術の研究を進め、気象庁配信の天気予報データから手話CGを自動生成するシステムを開発し、心理実験で十分に理解可能であることを実証した。また、CGキャラクターの口の動きの表現を改善する技術と、CGキャラクターの不自然な動きを手動で修正する技術を開発した。画像や立体物の情報を伝える触力覚提示技術の研究では、親指と人差し指の2本の指に対して物体の形状や硬さを触力覚刺激により提示する装置を開発し、さらに、地図やグラフなど2次元情報を提示する触覚提示装置の主観評価実験を進めた。

字幕制作のための音声認識技術の研究では、背景雑音や不明瞭な発音を含む音声を認識するための処理と発音辞書を改善した。また、従来よりも人手をかけずに字幕を付与するアルゴリズムを改良し、実用システムとして地域拠点局に導入された。さらに、大規模災害時の報道番組に音声認識による字幕を付与するため、災害関連情報を効率よく収集して音声認識用言語モデルを更新する装置を開発し、ニュース字幕制作システムで運用が開始された。

多様な表現を可能にする音声合成・加工技術の研究では、これまで研究開発を進めてきた音声合成を利用した「気象通報」の自動放送が試行された。また、合成音の品質を高めるための音声合成システムの枠組みを構築するとともに、音声合成の統計モデル学習用のデータを整備した。音声加工の研究では、感情音声と平静音声の音響的特徴量の差分を用いて平静な音声に感情表現を付与する手法の改善を進めた。また、背景音抑圧技術の研究では、高齢者に聞き取りやすい音声に変換する話速変換、背景音抑圧、音声強調の3つの機能を最適化し、PCやスマートフォン用に汎用性のあるライブラリーを開発した。

日本語変換・分析支援技術の研究では、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た。やさしい日本語に書き換えるパターン生成時に、書き換えられにくい単語を考慮し、さらには書き換えパターンの汎用性を高める手法を開発し、評価実験を進めた。また、評判分析技術の研究では、番組に寄せられる多数の意見文を意味の近さでまとめる手法を開発した。さらに、番組「データなび」において、ツイート分析システムを開発し、番組制作に寄与した。

映像認知解析の研究では、8Kスーパーハイビジョンの広視野視聴環境に適した映像の特徴を探る研究を進めた。さまざまな映像を対象にして、画面上に表示される際の好まれる被写体の大きさを心理実験により測定し、広視野での視聴に適した映像の特徴に関する基礎的な知見を得た。また、映像中の動きに対する認知特性を明らかにし、動きの大きな映像で感じることのある不快感の程度を推定する技術の研究を進めた。

## 5.1 人にやさしい情報提示技術

視覚や聴覚に障害のある人が放送を楽しむために、気象情報を手話CGに翻訳する技術と、立体の形状・硬さ情報を伝えるための触力覚提示の研究に取り組んでいる。

### ■顔表情を含めた気象情報手話CG翻訳技術の研究

日本語とは異なる言語である手話を母語とする方へのサービスを充実するため、気象情報を対象として、日本語テキストからCGを用いた手話のアニメーション（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CGキャラクターの口の動きの表現（口型）は、手指の動作とともに用いられ、言語情報を補完する役割がある。例えば、地名の手話ではその読みを口型で表出することにより固有名詞として認識しやすくなる。2015年度に開発した口型作成システム<sup>(1)</sup>では、母音などの基本的な口型のCGをあらかじめ制作し、それらを組み合わせて口型を作成することにより、

手話に伴う口の動きとしての自然さが向上した。また、操作者が手話CGの頭部や手指の動きと口型を同時に見ながら、口型を表出する時間長や口の開き方を調整できるツールを開発した。この研究の基礎となるデータとして、手指動作を書き起こして構築してきた手話ニュースコーパスに、新たに口型の書き起こしを追加した。

手話CGの制作では、モーションキャプチャーにより人体の動きを記録した手話単語を接続して、手話の文に対応する一連の動作を生成する必要がある。従来の技術で自動生成した動作は、単語間の接続部分の手の動きの軌跡が不自然になることがあった。2015年度は、不自然な接続部分の軌跡を操作者が手動で修正する技術を開発した。軌跡を修正して手の位置を決めても、肘や肩などの曲げ方には自由度が残る。そこで、高速なアルゴリズムを用いて手の位置に対する肘と肩の関節角度を決定するシステムを試作し、実時間でのCG生成を実現した。

また、自由文を対象とした手話CG翻訳に加えて、2015年度

は定式化されたデータに基づいて手話の定型文を自動制作するシステム<sup>(2)</sup>を開発した(図1)。このシステムは最新の気象庁配信のXMLフォーマットの天気予報データを用いて、全国都道府県庁所在地の天気予報、予想最高・最低気温、降水確率を伝える手話CGを随時自動で生成することができる。この手話CGの品質を確認するため、手話を母語とするろう者の協力を得て、内容の理解度を評価する心理実験を実施した。その結果、全体として96.5%の正答率が得られ、錯誤による不正解がゼロにはならないという心理実験の特性を考慮すれば、十分に理解可能な手話CGが実現できたことを確認した。この研究の一部は工学院大学と共同で実施した。



図1 自動生成された天気予報の手話CG

## ■ 画像や立体物の情報を伝える触力覚提示技術の研究

視聴者が手指を用いて、仮想的に表現された立体物の形状と硬さを把握するシステムと、地図やグラフなど2次元情報を提示するためのピンアレーディスプレイのシステムの研究を進めている。

立体物の形状や硬さを伝える研究では、2014年度までに、物体の形状と硬さをデータとして取得する技術を開発し、1本の指に対する提示装置を開発した。2015年度は、親指と人差し指の2本の指で物体をつかむ動作をした場合に、物体の形状や硬さを触力覚刺激によって表現する装置を試作した(図2)。この装置では、各指に対して3点ずつ刺激することで、物体の曲面の曲がり具合や2つの面が交わる角を提示することができる。また、面を押した指に反力を与えることで、面の硬さを提示することもできる。この装置を使って、円筒形の物体の大きさの認知について実験・検証した結果、実際の大きさを提示しなくても曲面の傾きを提示することで、物体の大きさを認知できる可能性を見出すことができた。この研究の一部は東京大学

と共同で実施した。

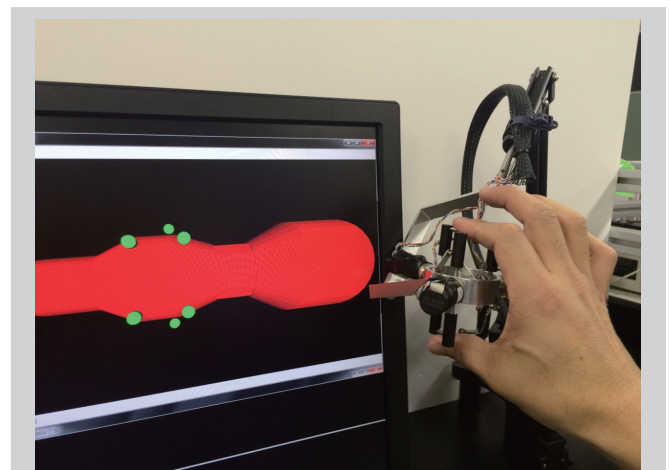


図2 2本の指に触力覚刺激を提示する装置

地図やグラフなど2次元情報を提示するための研究では、電子的に上下するピンアレーにより手指で知覚できる線や面として表現し、ユーザーがそれらを指でなぞることで輪郭や形状・相対位置などを理解するシステムの開発を進めている。これまでに、ピンアレーによる図形等の輪郭や地図の経路の提示手法と、ユーザーの指を装置が誘導するシステム、そして、システムの提示コンテンツを容易に作成するためのオーサリングツールを開発した。2015年度は、介助者が視覚障害者の指を誘導するときに重要な箇所を教えるノウハウを取り入れ、指を連続的に誘導するだけでなく、重要な箇所一旦停止して指を上下に動かす高さ方向の制御や、グラフの目盛の位置の間隔を教えるために、一定間隔で速度を繰り返し落とす誘導機能を追加した。視覚に障害がある学生による主観評価実験の結果、提示手法の有効性を確認した。この研究の一部は筑波技術大学と共同で実施した。

### 〔参考文献〕

- (1) 加藤, 宮崎, 井上, 内田, 東, 梅田, 比留間, 長嶋: “手話CGアニメーションに対する口型生成,” Human Communication Groupシンポジウム2015, HCG2015-A-3-2, pp.111-116 (2015)
- (2) 東, 比留間, 内田, 宮崎, 梅田, 井上, 加藤: “気象情報手話CG自動生成システムの開発とその評価,” Human Communication Groupシンポジウム2015, HCG2015-A-3-3, pp.117-122 (2015)

## 5.2 字幕制作のための音声認識技術

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番組を楽しむことができるように、生放送番組に字幕を効率良く付与するための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、明瞭でない発音を含む音声(協調発話音声)

では、音声認識精度が低下する。このような協調発話音声に対して、現在、字幕キャスターなど復唱者が言い直した音声を認識して運用に必要な認識精度を確保している。復唱者を確保できない地域放送局発の情報番組の字幕制作のために、これらを復唱することなく認識できる技術の研究開発が喫緊の課題である。

これまで、このような協調発話音声を直接認識するため、二

ニューラルネットに基づく深層学習モデルを導入して精度向上を図ってきた。2015年度は、2014年度に導入した深層モデルの改善に取り組んだ。協調発話の文法的なあいまい性に対応するため、ニューラルネットを用いてあいまいな文脈をモデル化し、文脈ごとに単語の出現確率を頑健に推定して言語モデルを改善した<sup>(1)</sup>。

協調発話の発声のあいまい性に対応するため、協調発話で起こる発声の変形を推定する技術の開発に取り組んだ。2015年度は、変形を推定する複数の翻訳モデルを最適な重みで統合することにより、発音辞書を改善した<sup>(2)</sup>。

協調発話された母音や子音の周波数分布を学習するコーパスを放送番組の音声と字幕から自動構築する技術も改善した。2015年度は、実際の発話内容に対して字幕には言い換えや省略があることを考慮して音声の周波数分布と音素を対応付ける、学習データの精度を推定する技術を開発し、この精度を反映させたモデルの学習法を開発した<sup>(3)(4)(5)</sup>。

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を13%から9.3%に削減できた。

## ■ 実用化

音声認識を用いた字幕制作システムの導入にあたり、認識誤りを修正する人員の確保が課題であったが、従来よりも人手をかけずに字幕を付与するアルゴリズムを開発し、広島放送局に導入して検証を進めてきた。このアルゴリズムでは、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する。字幕とする原稿を早期に確定して表示遅れを低減するために、この検証結果に基づいて、事前原稿の編集作業を支援する機能を追加するなどアルゴリズムの改善を進めた。改善した字幕制作システムが、松山放送局と札幌放送局に導入され、運用が開始された。

時々刻々と新しい情報を伝える必要がある大規模災害時の報道番組などで音声認識を利用して字幕を付与するためには、関連する単語や情報を即座に集めて言語モデルを更新していく必要がある。当所では、東日本大震災報道への字幕付与の経験に基づき、音声認識以外の手段で付与された字幕や、音声認識の修正結果から、災害関連情報を効率良く収集して言語モデルを更新する装置を試作した。この装置がニュース字幕制作システムに導入され、運用が開始された(図1)。

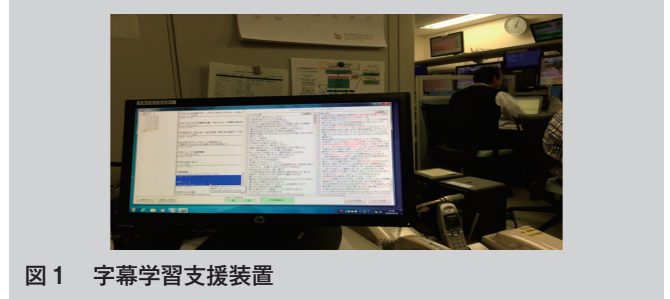


図1 字幕学習支援装置

### [参考文献]

- (1) A.Kobayashi, M.Ichiki, T.Oku, K.Onoe and S.Sato: "Discriminative Bilinear Language Modeling for Broadcast Transcription," INTERSPEECH 2015, Mon-O-9-1, p.453-457 (2015)
- (2) 一木, 尾上, 奥, 佐藤, 小林: "不正確な発音を認識するための発音系列推定法," 音講論(秋), 1-2-5 (2015)
- (3) 奥, 尾上, 一木, 佐藤, 小林: "教師ラベルの精度指定に基づく音声言語コーパスの自動構築," 音講論(秋), 1-Q-1 (2015)
- (4) 萩原, 伊藤, 一木, 尾上, 小林, 佐藤: "音声言語コーパス構築のための品詞分類による字幕精度推定," 音講論(春), 2-1-9 (2016)
- (5) 伊藤, 萩原, 一木, 尾上, 小林, 佐藤: "字幕を用いたリスク最小化学習," 音講論(春), 2-1-10 (2016)

## 5.3 多様な表現を可能にする音声合成・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・加工技術の研究を進めている。伝わりやすい情報読み上げや、効果的な演出を実現するために、これまでに開発した音声合成技術をより多くの言い回しに対応させることと、発話内容に応じた感情表現の付与に取り組んだ。

### ■ 音声合成技術

音声データベースの音声波形を直接利用する音声合成方式は、これまでにラジオ第2放送「株式市況」の自動放送で実用化されている。2015年度は、「気象通報」の自動放送が試行された。この方式は、語彙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る。合成音の品質を高めるため、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を組み合わせるハイブリッド方式を開発した。しかし、これら3種類の方式による音質の自然性に関する主観評価実験を実施したとこ

ろ、有意差はなかった<sup>(1)</sup>。そこで汎用的な話題に対応するため、統計モデルを用いる方式をベースとした新たな音声合成システムの枠組みを構築するとともに、これまでに音声認識の研究用に蓄積した大規模な発話データを用いて、音声合成の統計モデル学習用のデータを構築した。

### ■ 音声加工技術

感情音声と平静音声の音響的特徴量の差分を用いて、平静な音声に感情表現を付与する手法の開発を進めている。主観評価実験により、感情表現の付与は一定のレベルで実現できたことを確認したが、一部、音質の劣化が課題であった。そこで2015年度は、その要因である感情と平静音声の音響的特徴量の差分に含まれる不要な成分を平滑化するとともに、感情に寄与する特徴量のみを処理対象にすることで、音質劣化を削減する方法を考案した。音質改善の効果は、6名分の感情音声データベースを構築し、主観評価実験で確認した<sup>(2)</sup>。

## ■ 背景音抑圧技術

高齢者に聞き取りやすい音声に変換するための信号処理方式を開発するため、話速変換、背景音抑圧、音声強調の3つの機能を最適化し、組み合わせて、パソコンやスマートフォン用に汎用性のあるライブラリーを開発した。聞き取りやすさの効果を主観評価実験で確認した。

〔参考文献〕

- (1) 清山, 田高, 今井, 都木: “波形接続方式と統計モデル方式の切り替えによるハイブリッド音声合成方式の検討,” 映像学年次大, 23A-5 (2015)
- (2) 田高, 尾上, 清山, 今井, 都木: “特徴量の差分を用いた感情表現音声加工方式の改善,” 音講論(春), 1-R-45 (2016)

# 5.4 言語処理技術

国内に住む外国人向け日本語ニュースサービスNEWSWEB EASYの制作を支援するために、ニュースの「やさしい日本語」変換支援技術の研究を進めている。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に、評判分析技術の研究を進めている。

## ■ やさしい日本語変換支援技術

2015年度は、ニュースの表現をやさしくする自動変換システムと、構文を平易化する研究に取り組んだ。表現の自動変換システムは統計翻訳技術を使っており、元ニュースと、人手で書き換えたやさしい日本語ニュースの対訳から、書き換えパターンである翻訳モデルとやさしい日本語の自然さを表す言語モデルを学習する。学習には大量の対訳が必要だが、これまでNEWSWEB EASYで制作したやさしい日本語ニュースは多くない。そこで少量のデータでも性能を確保する手法を開発した。ニュース中の固有名詞は、人手で書き換えたやさしい日本語でもほとんどそのまま使われる。このような書き換えで変わらなかった語句どうしを優先的に対応させることにより、書き換えパターンの自動抽出精度を改善した<sup>(1)</sup>。また、書き換えパターンの一部を変数化して汎用性を高める手法も開発した<sup>(1)(2)</sup>。

## ■ 評判分析技術

2015年度は、番組に寄せられる多数の意見文を意味の近さでまとめる「クラスタリング」手法を研究した。表記が異なっても同義、類義関係にある単語の意味の近さを反映可能とするため、単語を分散表現に変換して使う手法を検討した。分散表現とは、ニューラルネットによって単語を単語群とその数値からなるベクトルに変換したものであり、男と男性などの類義語は似たベクトルになる。従来の単語の出現頻度を使ったクラスタリング手法と比較して改善効果が見られた<sup>(4)</sup>。本研究は(株)ホットリンクと共同で実施した。

データ分析により現代の世相を知るという趣旨の番組「データなび」において、ツイート分析システムを開発し、番組制作に寄与した。さらにシステムを改良し、クラウド計算機上で実装することにより、安定化、頑健化を実現した。

〔参考文献〕

- (1) 熊野, 田中: “統計機械翻訳によるやさしい日本語書き換えの性能向上,” 言語処理学会第22回年次大会, B4-1 (2016)
- (2) 熊野, 後藤, 田中: “統計機械翻訳を用いたニュース文のやさしい日本語への自動変換,” 映像学年次大, 32D-2 (2015)
- (3) 後藤, 田中: “日本語連体修飾節の抽出による文分割の可否判断に適した基準の提案,” 言語処理学会第22回年次大会, P18-5 (2016)
- (4) 平野, 榎, 小早川: “単語の分散表現を用いた意見文クラスタリングに対する一考察,” 第7回Webインテリジェンスとインタラクシオン研究会, No.7, W12-2015-30, pp.49-50 (2015)

### ニュースのやさしい日本語への自動変換

入力: 元のニュース

原油価格の上昇傾向を受け、ガソリンの価格は4週連続で値上がりしました。

出力: やさしい日本語ニュース

自動変換 ↓

石油の値段が高くなったため、ガソリンの値段は4週間続けて高くなりました。

図1 自動書き換えシステムの変換例

NEWSWEB EASYの制作を担当している日本語教師4名で本手法を評価したところ、自動変換結果を参考にしてやさしい日本語を作成する使い方であれば、誤りがあっても利用したいとの評価を得た。構文の平易化については、名詞を修飾する節を文として取り出せる条件を見出した<sup>(3)</sup>。2015年の技研公開では上記の一部を反映した自動書き換えシステムを展示した(図1)。

## 5.5 映像認知解析

8Kスーパーハイビジョン（SHV）の広視野視聴環境に適した映像の特徴を探る研究を進めている。広視野の環境では、どのような特徴を有する映像が好まれ、心理的な効果が大きいかを明らかにし、これらの知見をSHV用の映像制作へ活用することを目指している。2015年度は好まれる映像サイズの測定および動揺映像分析技術の研究を進めた。

### ■ 好まれる映像サイズの測定

SHV用に制作された映像を対象として、広視野での視聴が好まれる映像の特徴を調べる心理実験を実施した。撮影対象や撮影方法の異なるさまざまな映像について、画面上に表示する大きさ（映像サイズ）を変えて被験者に提示することにより、好まれる映像サイズを測定した（図1）。その結果、好まれる映像サイズは内容によって大きく異なることが明らかになった。風景などの映像では大きなサイズが好まれる一方、小さな物体を拡大したような映像では小さなサイズが好まれるなど、映像の内容と好まれる映像サイズとの関係には一定の傾向が見られた。今後は、これらの映像について分析を進め、広視野での視聴に効果的な映像の特徴を探っていく。



図1 好まれる映像サイズの測定実験

### ■ 動揺映像分析技術

動きの大きな映像（動揺映像）を特定の環境で視聴すると酔いのような不快感を生じることがある。このような映像を分析することにより、視聴によって生じる不快な感覚の程度を推定する技術の研究を進めている。画面全体の動きに対する感覚量（動揺認知量）が、動揺映像におけるさまざまな物理的特徴量によってどのように変化するかを調べる心理実験を行った。実験では、前景と背景を分離した評価用画像を用い、前景の面積や前景・背景間の相対的な速度を変化させて動揺認知量がどのように変化するかを評価した。

実験結果から、各特徴量と動揺認知量との基本的な関係を示すことができた。前景の画面占有率が大きくなるほど動揺認知量は大きくなるが、ある大きさ以上で動揺認知量が飽和することや、前景と背景との相対的な動きが同相である場合よりも逆相および無相関である場合の方が動揺認知量が大きくなることなどを明らかにした<sup>(1)</sup>。

さらに、得られた知見に基づいて動揺認知量を推定する基本アルゴリズムを構築し、検証実験によりこのアルゴリズムによる動揺認知量の推定値の妥当性を検証した。

#### [参考文献]

- (1) 蓼沼, 森田, 小峯: “動揺映像の物理的特徴量と動揺認知量との関係,” 映像学技報, Vol.40, No.9, HI2016-50, 3DIT2016-9, pp.33-36 (2016)

# 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) や立体テレビ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。

撮像に関する基盤研究では、3次元構造撮像デバイス、固体積層用低電圧増倍膜、有機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、暗電流の少ない埋め込み型フォトダイオードおよびパルス発生回路を配置した上層と、従来は外部回路で構成していたパルスカウンターを画素ごとに集積化した下層とを積層して128×96画素の撮像デバイスを試作し、16ビット出力の広ダイナミックレンジ化が可能であることを示した。撮像デバイスの高感度化を目指した固体積層用低電圧増倍膜の研究では、製作プロセスの変更による暗電流の低減や、結晶サイズの微細化による画面欠陥の抑制などを進めた。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のさらなる微細化を進めるとともに、本デバイスの特徴の1つである光透過性を利用した距離センサーなど、新たな機能を有する撮像デバイスの研究を進めた。

記録に関する基盤研究では、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や、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の研究を進めた。ホログラム記録技術については、高効率デュアルページ再生技術などの要素技術の開発とともに、実用的なプロトタイプドライブの開発に取り組んだ。磁気記録デバイスでは、磁化シミュレーションの高度化や材料探索など、高速化に向けた要素技術開発を進めた。

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イの研究や、将来のフレキシブルディスプレイの超柔軟化・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、多分割駆動が可能な背面駆動型パネルの試作や、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、発光時間アパーチャー制御駆動方式の実機での有効性の検証などを進めた。後者については、塗布型酸化物TFTの低温形成作製技術を開発した。

## 6.1 次世代撮像技術

8Kスーパーハイビジョンや空間像再生型立体テレビなど、映像の高精細化や高フレームレート化に伴う課題を解決するため、次世代撮像技術の研究を進めている。

### ■ 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し、将来の立体映像の撮影にも資するイメージセンサーの実現を目指して、画素並列信号処理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画素ごとに信号処理回路を配置し、全画素一斉に信号を処理して出力することで、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)。

2014年度までに、光を画素内でパルス信号に変換して出力する8×8画素の素子を試作し、素子の出力部に接続したパルスカウンターで出力パルス数を計数することでデバイスの基本動作を実証するとともに、感度向上や暗電流低減を可能とする画素構造や回路技術を開発した。2015年度は、これらの技術を取り入れた128×96画素の撮像デバイスを試作した。

デバイス構造は2層積層構造とし、暗電流の少ない埋め込み型フォトダイオードおよびパルス発生回路を上層に配置し、従来は外部回路で構成していたパルスカウンターを画素ごとに下層に集積化した。これにより、光の強度に応じたデジタル値を画素から直接出力することが可能となり、試作したデバイスでは、画素並列信号処理による動画像を得ることができた(図2)。出力ビット数は16ビットであり、広いダイナミックレンジを確

保した。また、暗電流を低減したことで低照度での撮像も可能となった<sup>(1)</sup>。

この研究は、東京大学と共同で実施した。

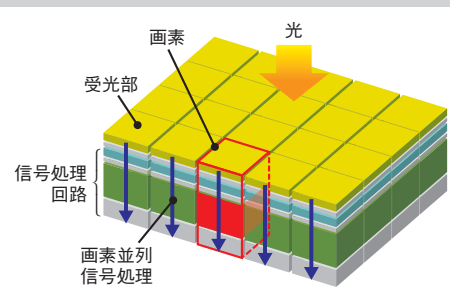


図1 3次元構造撮像デバイスの模式図



図2 試作デバイスによる撮像例

## ■ 固体積層用低電圧増倍膜の研究

固体撮像デバイスの多画素化、高フレームレート化が進むにつれて、1画素あたりに入射する光量が減少し、カメラの感度が低下する。この問題に対処するため、撮像デバイスを大判化し、画素面積を拡大することで必要な感度を確保しているが、一方で被写界深度が浅くなったり、カメラの小型化が困難になるといった新たな課題も生じている。そこで、抜本的な撮像デバイスの高感度化に向けて、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)を積層した固体撮像デバイス(図3)の開発を進めている。2015年度は、低電圧増倍膜の2つの候補材料である、カルコパイライト系半導体膜の暗電流低減と、結晶セレン膜の画面欠陥(白キズ)抑制に取り組んだ。

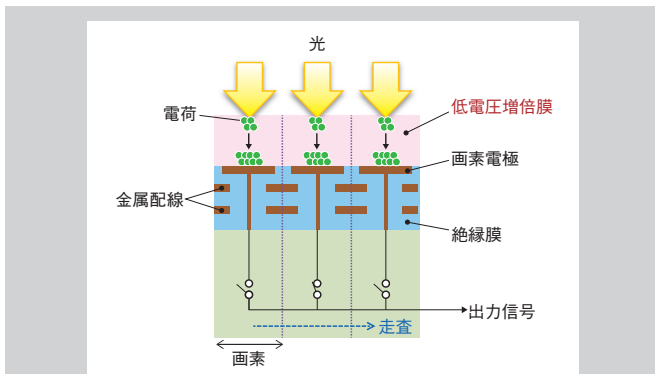


図3 低電圧増倍膜積層型固体撮像デバイスの構造

カルコパイライト系半導体膜の暗電流低減に関しては、成膜プロセスを見直し、p型材料であるカルコパイライト系半導体とn型材料である酸化ガリウムからなるpn接合を真空装置内で一貫製作することで、暗電流を従来の約1/10に減らすことに成功した。

結晶セレン膜による撮影画像において見られた白キズについては、膜表面の平坦性に関係があると考えられたため、これまでの知見を基に、結晶セレンに塩素を添加して膜表面の平坦性を向上させることで(図4)、白キズの発生が抑制できることを実証した<sup>(2)</sup>。

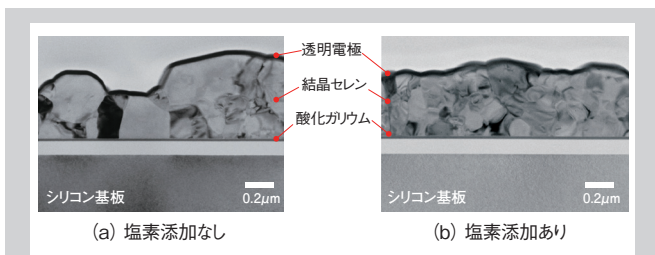


図4 結晶セレン膜の断面観察結果

## ■ ハイビジョン用有機撮像デバイスの要素技術開発

放送用3板式カラーカメラと同等な画質を有する超小型単板カラーカメラの実現に向けて、有機撮像デバイスの研究を進めている。

2014年度までに撮像デバイスとしての原理検証を進めるとともに、デバイスの高解像度化に向けて、光透過型薄膜トランジスタ(TFT)の微細化やデバイスの薄型化などの要素技術を開発した。2015年度は、ハイビジョン用デバイスの実現に向

けた技術開発に取り組んだ。

撮像デバイスの光学サイズとして35mmフルサイズ(およそ横36mm×縦24mm)を採用すると、ハイビジョン用デバイスの画素サイズは20 $\mu\text{m}$ となり、これまで開発してきたTFTをさらに1/2以下に微細化する必要がある。そこで、光透過型TFTの作製工程を全面的に見直し、TFTを構成する各種材料のパターン形成に電子ビーム露光技術とドライエッチング技術を適用することで、画素サイズ20 $\mu\text{m}$ に対応したチャンネル長1.6 $\mu\text{m}$ のTFTを試作した<sup>(3)</sup>(図5)。

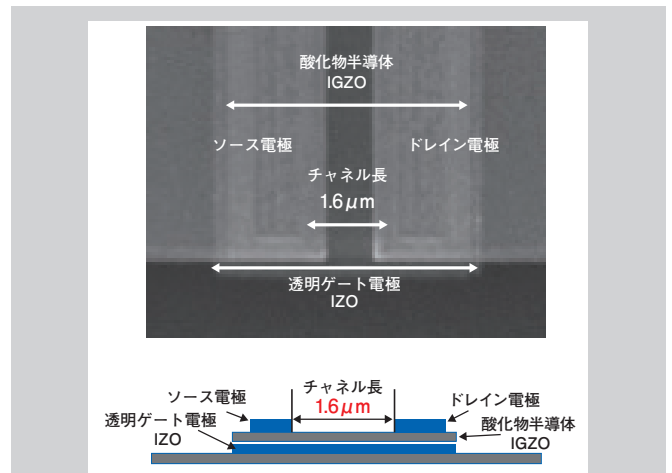


図5 試作したTFTの断面構造と電子顕微鏡写真

試作したTFTの移動度は4.4 $\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、オン電流値は50 $\mu\text{A}$ であり、これまでと同等の値を得ることができた。さらに、オンオフ比は $10^7$ 以上と従来より1桁以上向上した(図6)。これにより、ハイビジョン用光透過型TFT回路の実現に見通しが得られた。

この研究は、高知工科大学と共同で実施した。

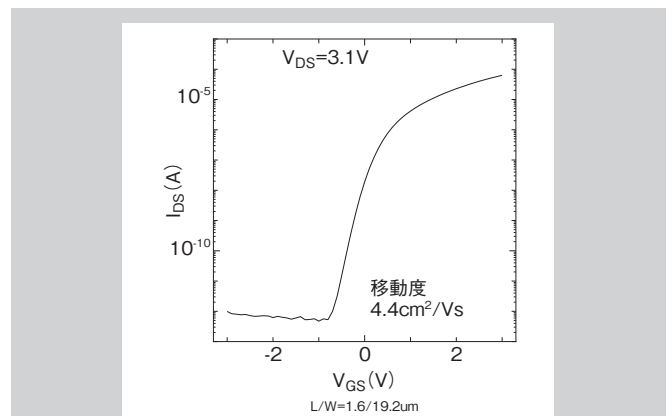


図6 試作したTFTのゲート電圧-ドレイン電流特性

## ■ 単眼距離画像センサーの研究

有機撮像デバイスの光透過性を利用し、既存のシリコン撮像デバイスと組み合わせることで、新たな機能を持つ撮像デバイスの実現可能性について検討した。具体的には、積み重ねた2つの撮像デバイス間のフォーカス点のズレに起因するぼやけの量から距離情報を抽出することで、単眼で画像情報と距離情報とを同時に取得することができるセンサー(図7)を検討した。

今回、光透過型回路を構成するTFTおよび透明配線の光学パラメーターを用いて透過光強度分布のシミュレーションを行う



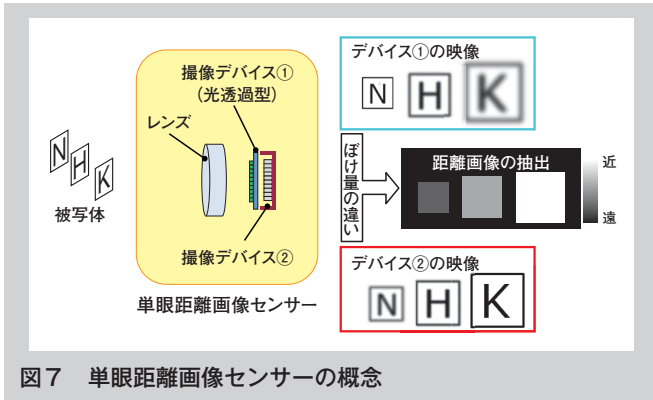


図7 単眼距離画像センサーの概念

ことで、有機撮像デバイスの光透過性を評価した。その結果、各画素を透過した光の強度に不均一性が生じることや、光透過性を高めるためには材料や構造の工夫が必要なことなどがわかり、今後のデバイス設計に向けた指針を得た。

また、有機撮像デバイスとカラーフィルター方式のシリコン

撮像デバイスとを組み合わせたマルチスペクトルセンサーについても検討した。

〔参考文献〕

- (1) M. Goto, K. Hagiwara, Y. Honda, M. Nanba, H. Ohtake, Y. Iguchi, T. Saraya, M. Kobayashi, E. Higurashi, H. Toshiyoshi and T. Hiramoto: "128 × 96 Pixel-Parallel Three-Dimensional Integrated CMOS Image Sensors with 16-bit A/D Converters by Direct Bonding with Embedded Au Electrodes," Proc. of the IEEE SOI-3D-Subthreshold Microelectronics Technology Unified Conference (IEEE S3S), 7c.3 (2015)
- (2) S.Imura, K.Kikuchi, K.Miyakawa, H.Ohtake, M.Kubota, T.Okino, Y.Hirose, Y.Kato and N.Teranishi: "Stacked Image Sensor Using Chlorine-doped Crystalline Selenium Photoconversion Layer Composed of Size-controlled Polycrystalline Particles," IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM) Technical Digest, pp.30.7.1-30.7.4 (2015)
- (3) 高木, 瀬尾, 塚, 大竹, 古田: "有機撮像デバイスの高精細化に向けた微細透明TFTの試作," 映情学年次大, 13-D3 (2015)

## 6.2 次世代記録技術

### ■ 高速高密度ホログラムメモリーの研究

8Kスーパーハイビジョン (SHV) 映像を長期保存するために、超大容量・高転送速度のアーカイブ用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。2015年度は、ホログラムからデータを再生する際の転送速度向上に向けた高効率デュアルページ再生技術の開発<sup>(1)</sup>と実用的なプロトタイプドライブ開発に取り組んだ。

2014年度に開発したデュアルページ再生技術は、再生時にホログラムに照射する参照光を、p偏光とs偏光の2つにして異なるホログラムに同時に照射するものである。ホログラムから再生された2種類のデータは偏光分離光学系により同時に検出できるため、転送速度を2倍に向上することができる。この際、参照光の大部分がホログラムを透過することに着目し、2015年度は1つの偏光から成るビームの透過参照光を、もう一方の偏光方向に変えて再度ホログラムに照射する参照光再利用型デュアルページ再生技術を開発した(図1)。レーザー光を有効活用できるため、従来の再生方法と同程度のレーザーパワーで2種類のデータを同時再生できることを確認した。

また、再生信号処理系では、GPU (Graphics Processing Unit) とFPGA (Field Programmable Gate Array) とを組み合わせ、アルゴリズムの改良などにより、H.265/HEVCで85Mbpsに圧縮したSHV映像をホログラムメモリーからリアルタイム再生することに成功した<sup>(2)</sup>。

さらに、実用的なドライブ開発を視野に、プロトタイプホログラムメモリードライブの開発にも取り組んだ。再生データの歪みを減らすために2012年度に開発した波面補償技術の適用効果を数値計算し、誤り率で $10^2$ 台から約1桁の改善効果を確認した。

このプロトタイプドライブの開発は、(株)日立製作所、(株)日立エルジーデータストレージと共同で実施した。

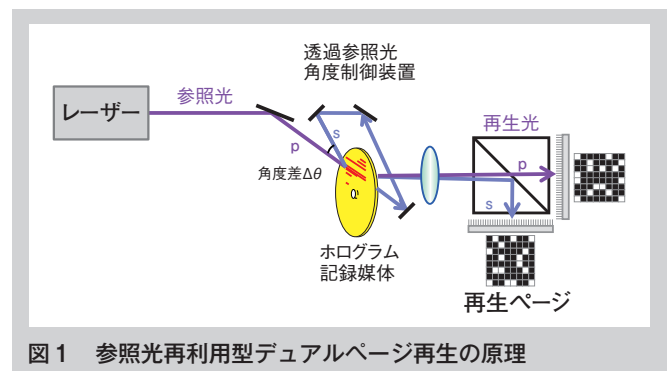


図1 参照光再利用型デュアルページ再生の原理

### ■ 微小磁区高速記録デバイスの研究

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。2014年度に、ハードディスク用磁気ヘッドを用いて微小磁区の形成(記録)と検出(再生)ならびに微小磁区の電流駆動について一連の動作として確認<sup>(3)</sup>したことを受け、2015年度はこれらの動作を高速化する要素技術の開発を進めた。

本方式による再生の感度は非常に高く、高速再生への対応も十分に可能であるが、記録については、高速化に向けて磁区形成の不安定性に起因した記録ロスを解決する必要があることがわかった。そこで、磁性細線の下部に軟磁性下地層(SUL: Soft magnetic underlayer)を導入した構造とすることで記録ヘッドの磁束を集中させ、記録効率の向上を図った。これにより、安定した磁区形成が可能となりロスのない記録を実現した<sup>(4)</sup>。

その機構を解明するために、磁性細線直下のSUL形状を変化させた種々の構造モデルを設計し、それらの磁区形成過程について、磁性体中の磁化の動的過程を表すLLG (Landau-Lifshitz-Gilbert) 方程式を用いたシミュレーションにより調べた。その

結果、SUL形状を変えることで記録ヘッドから発生した磁束の通過経路が大きく変化し、磁性細線幅に比べて幅の広いSULを細線直下に付与した場合に、磁区形成の安定性が顕著に向上できることを見出した(図2)。さらに、この場合の磁区形成は、0.3ナノ秒以下の極短時間で生じており、磁区形成(記録)の高速化にもSULが有効であることがわかった<sup>(5)</sup>。

磁区駆動の高速化に関しては、高速駆動に適した磁性細線材料の探索を進めるとともに、上記のシミュレーションを磁性細線中の磁区駆動まで解析できるよう拡張した。具体的には、電流を印加した場合の磁区の挙動を表現するスピントルク項を上記のLLG方程式へ追加し、超短パルス電流での磁化挙動変化をピコ秒の時間領域で解析可能とした。これにより、磁性細線中の磁区形成および駆動の一連の動作における磁化挙動の高速現象を詳細に検証できるシミュレーション技術が確立できた。

#### [参考文献]

- (1) Y. Katano, T. Muroi, N. Kinoshita, N. Ishii and N. Saito: "Dual-page Reproduction with Reusing of Transmitted Reference Beam in Holographic Data Storage," SPIE Photonics West 2016, 9771, 9771-3 (2016).
- (2) N. Kinoshita, Y. Katano, T. Muroi and N. Saito: "Demonstration of 8K SHV Playback from Holographic Data Storage," Tech. Dig. ISOM' 15, Mo-B-02, pp.8-9 (2015)

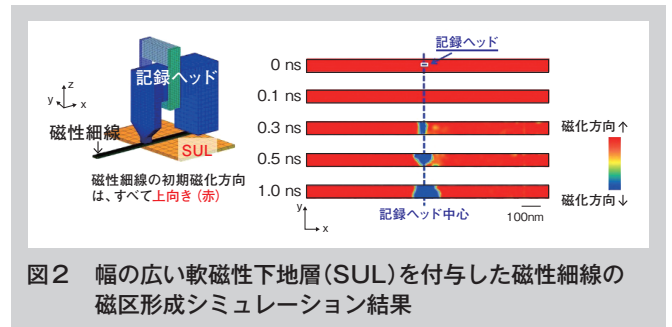


図2 幅の広い軟磁性下地層(SUL)を付与した磁性細線の磁区形成シミュレーション結果

- (3) M. Okuda, Y. Miyamoto, M. Kawana, E. Miyashita, N. Saito and S. Nakagawa: "Operation of [Co/Pd] nanowire sequential memory utilizing bit-shift of current-driven magnetic domains recorded and reproduced by magnetic head," 13th Joint MMM-Intermag, BB-10 (2016).
- (4) 奥田, 宮本, 川那, 宮下, 斎藤, 林, 中川: "[Co/Pd]磁性細線への磁区形成における軟磁性下地層の効果," 第39回日本磁気学会学術講演会, 9aC-11 (2015).
- (5) 川那, 奥田, 宮本, 宮下, 斎藤: "軟磁性層を付与した磁性細線記録媒体における磁区形成シミュレーション," 映情学冬大, 12A-1 (2015)

## 6.3 次世代表示技術

### ■ 多分割駆動ディスプレイ

有機EL (Electroluminescence) ディスプレーによる高画質な8Kスーパーハイビジョンフルスクリーン表示の実現を目指し、高フレームレート化を期待できるディスプレイの分割駆動技術や、ホールド型表示方式で課題となる動きぼやけの改善と有機ELの長寿命化を目指した時間アパーチャー適応制御駆動技術の研究を進めた。

有機ELディスプレイを複数の領域に分けて分割駆動するために、パネルの背面に貫通させた電極の上に立体配線構造を形成する背面駆動型のパネル構造を提案した。さらに、金属柱埋込み技術により直径150 $\mu\text{m}$ の貫通電極を形成した薄板ガラスの上に、絶縁膜と画素電極などからなる立体配線構造を形成した小型基板を試作し、基礎的なパネル製作工程を構築した<sup>(1)</sup>。

一方、時間アパーチャー適応制御駆動技術については、駆動IC単位で発光時間アパーチャーを制御する駆動装置を試作し、これまでシミュレーションを用いて評価してきた本手法の有効性を実機により確認した。さらに、発光タイミングを適切に制御することで、異なる発光時間アパーチャー領域の境界部で発生する画質妨害を改善できることも確認した<sup>(2)</sup>。

### ■ フレキシブルディスプレイ

フレキシブルディスプレイの超柔軟化、大型化、生産性向上

を目指し、2015年度は、塗布型酸化物薄膜トランジスタ(TFT)について低温形成を可能にする作製技術の開発を進めた。塗布型酸化物半導体の高移動度化には、膜中に含まれる溶媒起因の不純物を低減する必要があり、400 $^{\circ}\text{C}$ 以上の高い焼成温度が求められる。一方、フレキシブルディスプレイの基板となるプラスチックはガラスに比べて耐熱温度が低いことから、TFT作製温度の低温化が望まれている。今回、塗布型酸化物半導体に水素プラズマ処理を実施することで最高プロセス温度を低下できる技術を開発した。300 $^{\circ}\text{C}$ で成膜した塗布型ZTO (Zn-Sn (Tin) -O) に水素プラズマ処理をすることで移動度が0.3 $\text{cm}^2/\text{Vs}$ から3.1 $\text{cm}^2/\text{Vs}$ に改善した。改善した移動度は400 $^{\circ}\text{C}$ で作製したTFT(水素プラズマ処理なし)より優れた値であることも確認できた<sup>(3)</sup>。

#### [参考文献]

- (1) 佐藤, 石井, 薄井, 高野, 中嶋, 塚, 山本: "超多画素駆動有機ELディスプレイのパネル構造と作製法," 映情学年次大, 32A-3 (2015)
- (2) T. Usui, H. Sato, Y. Takano, K. Ishii and T. Yamamoto: "Evaluation System of Adaptive Temporal Aperture Control for OLED Displays," IEEE ICCE, pp.253-254 (2016)
- (3) 宮川, 中田, 辻, 藤崎, 山本: "塗布型酸化物TFTにおける水素プラズマの効果," 応物春季予稿集, 22p\_S222-6 (2016)

# 7 研究関連業務

8Kスーパーハイビジョン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、総務省 情報通信審議会、(一社)電波産業会(ARIB)など国内外の標準化活動に貢献した。日本の地上デジタル放送方式ISDB-Tの国際展開にも、ARIBのデジタル放送普及活動作業班(DiBEG)や新採用国対応タスクフォースに出席するなど国際普及に寄与した。

2015年の技研公開は、「究極のテレビへ、カウントダウン!」をテーマに、2016年に試験放送を開始する8K、インターネットを活用した新たな放送技術、立体テレビを実現する技術、人にやさしい放送技術、高度番組制作技術などの最新研究成果26項目、およびポスター9項目、体験型4項目を展示し、開催期間中延べ20,123人の方々に来場いただいた。技研公開以外に、国内外で計56件の外部展示を実施した。

その他、90件1,367名の方々に当所を視察・見学いただいた。この中には32件282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、12件の報道発表をはじめ、国内外の会議、学会誌などに計623件を発表した。研究成果の権利化も進め、2015年度は、NHK全体で338件の特許出願を行い、169件の権利を取得した。NHKの特許保有件数は、2015年度末で1,886件である。

外部との連携では、共同研究26件、受託研究5件を実施し、海外から滞在研究員2名、国内から滞在研究員1名、実習生21名を受け入れた。研究員4名を海外に派遣した。

NHKの番組制作への協力として、多彩な撮影応用を可能にするハイブリッドセンサー、ミリ波帯の電波を使用するワイヤレスカメラ、超高感度ハイビジョンHARPカメラ、昆虫マイクが利用された。2015年度の番組協力の総件数は31件である。なお、当所の研究成果の評価結果として、2015年度は電波功績賞、前島密賞など38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(Study Group 6)(放送業務)では、高ダイナミックレンジテレビの要求条件に基づく基準観視条件およびOOTF(Optical-optical transfer function)の勧告化に寄与するとともに、次世代地上放送に向けた時空間符号化SFN(Single frequency network)によるUHDTV(Ultra-High Definition Television)地上伝送実験の結果や、120GHz帯FPU(Field Pick-up Unit)によるUHDTV信号伝送パラメーターの追加情報、UHDTVの表色系(勧告BT.2020)のコンテンツをHDTVの表色系(勧告BT.709)に変換する方式提案を寄書したほか、10月会合では当所からSG6議長が選出された。また、有線通信部ITU-T SG9(Study Group 9)(ケーブルテレビ)では、スーパーハイビジョンのケーブル伝送方式である複数搬送波方式の3つの勧告化(J.94, J.183, J.288)に寄与した。

MPEG(Moving Picture Experts Group)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)をもとにした、MMT(MPEG Media Transport)インプリメンテーションガイドライン(ISO/IEC TR 23008-13)の策定に寄与した。22.2ch音響を含む3次元音響の音声符号化方式である

MPEG-H 3D Audioの性能向上・音質評価に寄与し、Phase 1(高ビットレート仕様)を2月に標準化して10月に発行した。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、性能評価技術やテスト画像に関する寄書を入力した。

SMPTTE(Society of Motion Picture and Television Engineers)では、960Hzまでのフレーム周波数に対応するタイムコード規格化作業を推進した。

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)総会であるTPAC(Technical Plenary / Advisory Committee Meeting)会議が日本で初めて開催され、NHKはWeb and TV IG(Interest group)会合に参加し、各種ウェブ技術のTVサービスへの適用に関する技術要件の抽出に寄与するとともに、ハイブリッドキャストの技術展示を行った。

トルコ・イスタンブール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、手話CGによる気象情報サービスに向けた取組みや、放送コンテンツのネット配信とセキュリティに関する寄書を行ったほか、2016年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手話CGによる気象情報サービス等に関する技術講演を行った。

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)、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)、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)	議長
ITU-R/ITU-T(国際電気通信連合 電気通信標準化部門)	
IRG-IBB	共同議長

### ■ ABU(アジア・太平洋放送連合)

委員会名	役職
技術委員会	議長

### ■ 総務省 情報通信審議会

委員会名	役職
情報通信技術分科会	
ITU部会	
周波数管理・作業計画委員会	専門委員
電波伝搬委員会	専門委員
衛星・科学業務委員会	専門委員
放送業務委員会	専門委員
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
マルチメディア応用専門委員会	
IPTV-SWG	リーダー

### ■ 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
デジタル放送システム開発部会	委員長
多重化作業班	主任
ダウンロード方式TG	リーダー
映像符号化方式作業班	主任
データ符号化方式作業班	主任
高度データ映像(H.264)TG	リーダー
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
権利保護作業班	主任
デジタル受信機作業班	
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
モバイルマルチメディア放送方式作業班	主任
地上デジタル放送伝送路符号化作業班	主任
スタジオ設備開発部会	
スタジオ音声作業班	主任
音声品質評価法作業班	主任
素材伝送開発部会	
地上無線素材伝送作業班	主任
ミリ波素材伝送TG	リーダー
新周波数対応FPU検討TG	リーダー
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
日伯共同作業部会等対応次世代放送検討タスクフォース	主任
規格会議	
小電力無線局作業班	
ラジオマイクWG	
新デジタル伝送方式検討TG	リーダー

## 7.1.2 海外の研究機関等との連携

テレビ映像の輝度方向の高ダイナミックレンジ化(HDR: High Dynamic Range imaging)が世界的に検討されている。当所は、欧州放送連合(EBU)のBTF(Broadcast Technology Futures)グループ下のHDRサブグループの議論に参加し、従来方式と互換性のあるHDR方式をBBCと共同で国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)やATSC(Advanced Television Systems Committee)3.0に提案した。

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17か国で採用された。(一社)電波産業会(ARIB)のデジタル放送普及活動作業班(DiBEG)や新採用国対応タスクフォースに出席し、日本方式の国際普及に寄与した。

### 7.1.3 共同研究、研究相互協力、連携大学院

2015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26件の共同研究および26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

関係各国との情報交換と相互の放送技術発展のため、ブラジルから1名の滞在研究員を受け入れた。また、ABU加盟機関からの若手研究者の受け入れプログラムに基づき、ベトナムから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(神奈川工科大学、東海大学、東京電機大学、東京都立大学、東京理科大学、早稲田大学)から21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、イギリス、カナダに研究員4名を派遣した(表2)。

表1 研究者受け入れ内容

種類	期間	研究テーマ
滞在研究員	2016/1/12～	スーパーハイビジョン地上伝送技術の研究
ABU滞在研究員	2016/1/28～	スーパーハイビジョン撮像システムの研究
ポストドクター	2012/5/1～2015/4/30	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 マサチューセッツ工科大学	2015/9/2～2016/3/31	8Kコンテンツ活用のためのインタラクティブシステムとその応用技術の研究
アメリカ カーネギーメロン大学	2016/1/11～	情報セキュリティの研究
イギリス BBC	2016/1/19～	通信ネットワーク技術を用いた番組制作システムの調査・研究
カナダ カルガリー大学	2014/11/30～2015/11/27	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。2015年度は、国や公的機関(総務省、NICT\*)から委託された5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

\*NICT：国立研究開発法人 情報通信研究機構

## 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17回開催し、研究アドバイザーの方々からご意見をいただ

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)2016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	国立研究開発法人 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 常務取締役 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
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 先端物質化学研究所 所長
○富田二三彦	国立研究開発法人 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
松田 一郎	東京理科大学 理工学部電気電子情報工学科 教授
村田 正幸	大阪大学大学院 情報科学研究科 教授
渡部 信幸	日本電信電話株式会社 情報ネットワーク総合研究所所長

### ■ 研究アドバイザー (敬称略)2016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
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
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
高畑 文雄	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 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
三好 正人	金沢大学 理工学域研究域 電子情報学系 教授

### ■ 客員研究員 (敬称略)2016年3月

氏名	所属
飯田 一博	千葉工業大学 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
平栗 健史	日本工業大学 電気電子工学科 准教授
府川 和彦	東京工業大学 大学院理工学研究科 教授

## 7.2 研究成果の公開

### 7.2.1 技研公開

2015年の技研公開は、「究極のテレビへ、カウントダウン！」をテーマに、2016年に試験放送開始予定の8K、インターネットを活用した新たな放送技術、立体テレビを実現する技術、人にやさしい放送技術、高度番組制作技術など最新の研究成果26項目、およびポスター9項目、体験型4項目を展示し、開催期間中延べ20,123人の方々に来場いただいた。8K展示では世界初となる8K衛星放送実験の公開を行い、お台場からの生中継を実際の放送衛星を経由して技研で受信した。これにより、試験

放送に向けて制作から家庭の受信までの機器の開発が進んでいることをアピールした。基調講演では「NHK技研3か年計画」を公表するとともに、8Kを中心とした講演・研究発表を行い、来場者に8Kとさらにその先の技術開発・研究を紹介した。

#### 公開実施日程

- ・5月26日(火)オープニングセレモニー
- ・5月27日(水)招待内覧会
- ・5月28日(木)～31日(日)一般公開



入口の様子

8K衛星放送実験の公開の様子

## ■ 基調講演

タイトル	講師	
「NHK技研3か年計画2015-2017年度」および8K衛星放送実験	黒田 徹	NHK放送技術研究所長
次世代放送と社会イノベーション	須藤 修氏	東京大学大学院情報学環 教授 一般社団法人 次世代放送推進フォーラム 理事長

## ■ 講演

タイトル	講師	
2016年試験放送に向けた8Kスーパーハイビジョン設備整備	三谷 公二	NHK技術局スーパーハイビジョン開発部 部長
8Kスーパーハイビジョンの番組制作～8K制作の現場から～	中江 公平	NHK放送技術局SHV技術推進 専任局長

## ■ 研究発表

タイトル	発表者	
フルスペック8Kスーパーハイビジョン制作に向けた研究開発	池田 哲臣	テレビ方式研究部 部長
8Kスーパーハイビジョンの伝送技術	斉藤 知弘	伝送システム研究部 部長
8Kスーパーハイビジョン家庭再生機器の研究開発状況	林 直人	新機能デバイス研究部 部長

## ■ 研究展示

1	8K衛星放送実験	6	8Kの番組素材伝送	18	22.2マルチチャンネル音響ラウドネスメーター
1-1	8Kカメラシステム	7	8K-120Hz圧縮記録装置	19	多視点ロボットカメラ
1-2	8K映像・音声 信号インターフェース「U-SDI」	8	高密度ホログラムメモリー	20	効率的な番組制作を実現する素材バンク
1-3	8K符号化・復号装置	9	有機ELディスプレイの長寿命化技術	21	高信頼・高速な双方向FPU
1-4	次世代C A S技術	10	広色域レーザーバックライト液晶ディスプレイと高品質色域変換	22	字幕付与のための不明瞭な音声の認識技術
1-5	高度広帯域衛星伝送システム	11	フルスペック8Kスーパーハイビジョンプロジェクト	23	気象電文を用いた手話CG自動生成システム
1-6	新たな字幕・文字スーパー	12	MPEG-DASH視聴プレーヤーとコンテンツ配信技術	24	ニュースをやさしい日本語にする自動変換技術
1-7	8K放送のケーブルテレビ伝送システム	13	放送とネットのコンテンツ同期技術	25	スマートクローズアップシステム
2	次世代地上放送のための大容量伝送技術	14	放送とネットサービスをつなげる基盤技術	26	NHK技術の活用と実用化開発の紹介
3	8K対応ハイブリッドキャスト	15	クラウド技術を活用した新しい視聴システム	M	ラジオ放送90年
4	新たな伝送技術MMT	16	インテグラル立体テレビ	J	デジタル放送受信相談コーナー
5	リアルタイム超解像復元型映像符号化システム	17	立体像表示のためのスピン注入型空間光変調器		

## ■ ポスター展示

1	スクランブル方式の更新方法	4	高精細映像の立体感	7	冷陰極HARP撮像板
2	収録済みの読み上げ音声に感情表現を付与する技術	5	磁性細線における磁区の形成・駆動・検出技術	8	光電変換膜積層型固体撮像デバイス
3	物体の形状と硬さを伝える触覚提示技術	6	高移動度酸化物半導体ITZOを用いたフレキシブル有機ELディスプレイ製作技術	9	画素並列信号処理3次元構造撮像デバイス

## ■ 体験展示

1	表情を出して遊ぼう	2	触ってみよう	3	色を見てみよう
4	音をかぶろう				

## 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 2015において、350インチシアター、小型8Kカメラ、8K/120Hz制作システム、MMT(MPEG Media Transport)によるハイブリッドサービスなど最新の8K技術の研究成果を展示した。2015年の8K衛星放送実験から2020年までのロードマップを示し、8K放送の実現に向けて大きく前進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10万3千人が来場した。

6月には、FIFA女子ワールドカップ2015カナダ大会の模様を、ニューヨーク、ロサンゼルス、バンクーバーの3か所に伝送し、8Kパブリックビューイングを実施した。一部はライブで上映した。ロサンゼルス会場では350インチのシアターを設営し、約500名の方に8Kの臨場感を体感いただいた。

9月には欧州最大の放送機器展IBC2015 (International Broadcasting Convention 2015)にて、8K HDR (High Dynamic Range) LCDを世界で初めて展示し、大きな注目を集めたほか、ラウドネスメーター、MMTによるハイブリッドサービスなど8K関連技術を展示し、多くの方にご覧いただいた。IBCには約5万5千人が来場した。

## ■海外展示 8件

イベント名(主なもの)	日程	展示項目
NAB Show 2015(アメリカ・ラスベガス)	4/13～4/16	小型 8K カメラ、8K/120Hz 制作システム、MMT
FIFA女子ワールドカップ2015カナダ大会 (アメリカ・ニューヨーク、ロサンゼルス、カナダ・バンクーバー)	6/8～7/6	8Kパブリックビューイング(ライブ含む)
IBC2015(オランダ・アムステルダム)	9/11～9/15	8K HDR LCD、ラウドネスメーター、MMT

## 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。CEATEC JAPAN 2015では、8KスーパーハイビジョンのコンテンツをNHK放送センター(渋谷)から衛星経由で送信し、CEATEC展示会場(幕張)で受信する8K衛星放送実験などを紹

介した。また、新しい展示機材として、体験者の表情を認識してCGを制御する「表情を出して遊ぼう」の展示装置を開発し、イベントで展示した。

## ■国内展示 48件

イベント名(主なもの)	日程	展示項目
渋谷DEども	5/3～5/5	飛び出すテレビ、ジオラマ風3D双眼鏡、日本語発音訓練ソフト等
[FIFA女子ワールドカップカナダ大会]8Kパブリックビューイング	6/9～7/6	8Kスーパーハイビジョン
CEATEC JAPAN 2015	10/6～10/10	8Kスーパーハイビジョン衛星放送実験、8Kハイブリッドキャスト等
NSポ! 2015	10/10～10/11	ぐるっとビジョン、ウルトラハイスピードカメラ、8Kスーパーハイビジョン
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
ひろしまIT総合展2015	10/21～10/23	MPEG-DASH視聴プレイヤー
デジタルコンテンツEXPO	10/23～10/26	飛び出すテレビ等
NHK大阪放送局 会館公開[BKワンダーランド]	10/31～11/3	さわれるテレビ、ハイブリッドセンサー等
NHKサイエンススタジアム2015	12/5～12/6	手話CG自動生成システム、音声認識による字幕制作システム、表情を出して遊ぼう等

## 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	53件
海外学会誌	25件
国内学会・研究会など	260件
海外学会・国際会議など	168件
一般雑誌などへの寄稿	54件
部外への講師派遣	63件
合計	623件

## 7.2.5 報道発表

当所の研究成果を中心に、12件の報道発表を行った。

年月日	発表内容
2015.5.14	「第69回 技研公開」の開催について “究極のテレビへ、カウントダウン!”26の研究成果展示
5.14	8Kスーパーハイビジョン衛星放送実験 世界初公開
5.26	8Kスーパーハイビジョン衛星放送実験信号のケーブルテレビ伝送に成功
5.26	広色域レーザーバックライト直視型液晶ディスプレイを開発
5.26	フルスペック8Kスーパーハイビジョン対応プロジェクターを開発
5.26	“MPEG-DASH視聴プレイヤー”を開発 ～動画配信サービスの新たな展開に向けて～

年月日	発表内容
5.26	インテグラル立体テレビの画質を向上～ディスプレイをタイリングする新技術を開発～
5.26	双方向機能を持つFPUを開発～伝送時間を従来の半分以下に～
5.26	バーチャルスタジオ用リアルタイム照明推定装置を開発～実写とCGの自然な映像合成を目指して～
5.26	全天周映像による実写ベースバーチャルスタジオを開発
5.26	世界最小サイズを実現 8Kスーパーハイビジョン用9.6インチ液晶パネルを開発～8K映像に新たな可能性をひらく小型液晶パネル～
9.3	世界初! HDR 対応85V型8K液晶ディスプレイを開発～欧州放送機器展示会IBC2015で展示～



## 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インテグラル立体テレビなど研究開発成果の普及促進のため、放送関係者、映画・美術関係者、学術機関関係者など、幅広い分野の方々の見学対応を行った。また、国際電気通信連合 (ITU) やIBC (International Broadcasting Convention) など、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	90件(うち、海外 32件) 1,367人(うち、海外 282人)
取材	21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、「立体映像の研究」、「次世代撮像デバイス」「視覚障害者向けバリアフリー放送技術」などを特集した。

海外向けのBroadcast Technologyでは、「ハイブリッドキャストの進化を支える技術」、「8K衛星放送実験を支える技術」、「高ダイナミックレンジ (HDR) 対応8Kディスプレイの開発」など、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.121 ~ No.132
NHK技研R&D(和文、隔月刊)	No.151 ~ No.156
研究年報(和文、年刊)	2014年度版

### ■海外向け刊行物

Broadcast Technology(英文、季刊)	No.60 ~ No.63
ANNUAL REPORT(英文、年刊)	2014年度版



## 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。スマートフォンおよびタブレット端末からも閲覧しやすいデザインのホームページも新たに開設した。さらに、当所の研究成果を分かりやすく紹介することを目的として、広報動画を制作するとともにホームページ上に「広報動画ライブラリー」として紹介した。



## 7.3 研究成果の活用

### 7.3.1 番組協力

研究開発成果は、さまざまな番組で利用されている。「ハイブリッドセンサー」は、大がかりな設備を用いることなくハンディカメラによる撮影映像とCGを合成することが可能であり、

複数の地方局で使用された。ゴルフなどのスポーツ中継では、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「ミリ波モバイルカメラシステム」が活躍したほ

か、教育番組では「超高感度ハイビジョンHARPカメラ」が夜間に光る動物の眼を捉え、自然科学番組では「昆虫マイク」が昆虫の動く音の収録などに活用された。2015年に実施した番組協力は31件であった。

## ■ 地方局のバーチャル映像制作に「ハイブリッドセンサー」を活用

ハンディーカメラの実写映像とCGを合成するバーチャルスタジオでは、カメラの姿勢情報等の取得が必要となる。ハイブリッドセンサーは、カメラに装着するだけでカメラの動きを計測できる自律型のセンサーで、特殊な設備の無いスタジオでもCGと実写映像をリアルタイムに合成するバーチャルスタジオを容易に実現できる。7月には、NHK福岡放送局制作の番組「きん☆すた 世界遺産への道」で、CGで制作した空や多数の写真をスタジオの上部に配置した広い空間の表現や、出演者の手前に動画を配置するなど、通常とは異なる映像効果で世界遺産の国

内推薦候補「『神宿る島』宗像・沖ノ島と関連遺産群」をわかりやすく紹介するために活用した。



「きん☆すた 世界遺産への道」での合成映像

## 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「デジタル放送特許プール」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、「HEVC特許プール」への参加により、国際規格となっている動画像圧縮技術のライセンスも行っている。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2015」や放送センターで開催された「第45回NHK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2016」など地方自治体と連携したイベント、さらには「CEATEC JAPAN 2015」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	306	1,362
	実用新案	0	0
	意匠	0	0
海外出願		32	107
合計		338	1,469

#### 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	153	1,711
	実用新案	0	0
	意匠	0	7
海外		16	168
合計		169	1,886

#### 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	23	289
許諾権利数	29	477
(内訳) 特許権	12	244
ノウハウ	17	233

#### 技術協力

(NHK総数)

区分	件数
技術協力	19
受託研究	5

## 7.3.3 受賞、学位取得

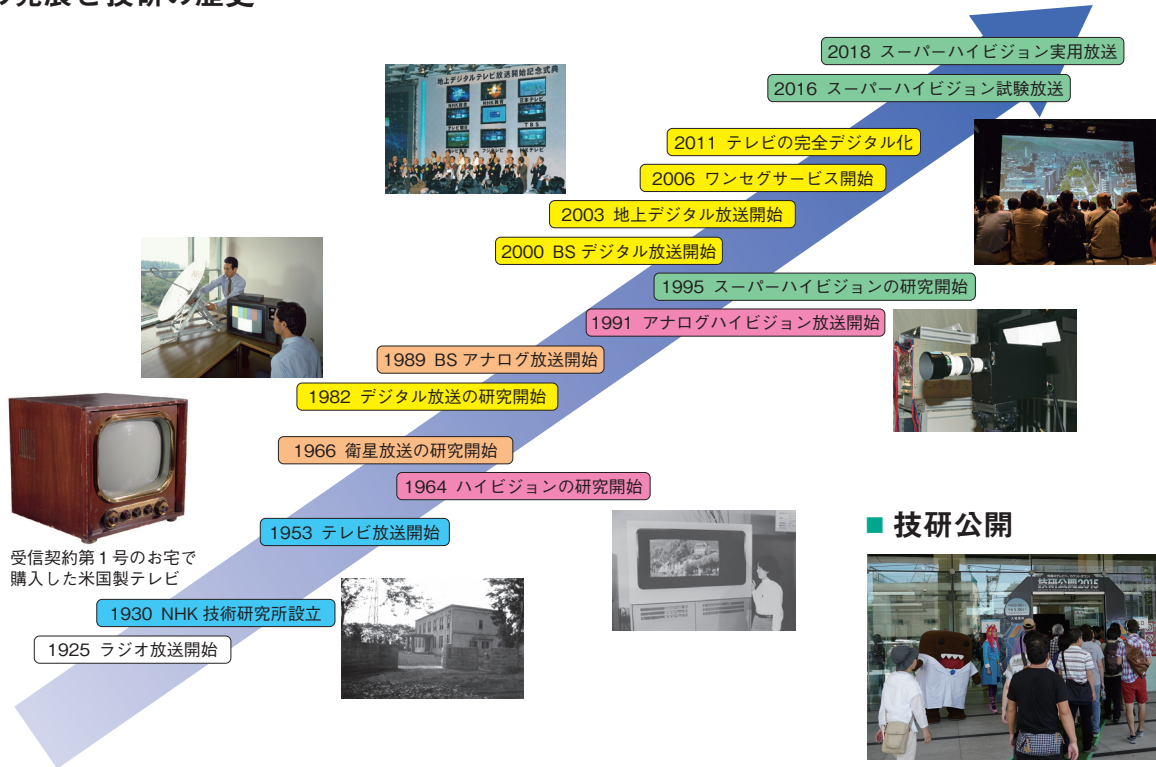
2015年度は、電波功績賞、高柳健次郎業績賞など38件を受賞した。2015年度は、新たに2人が学位を取得した。2015年度末の学位保有者は、81人となった。

受賞者	賞の名称	授賞者	業績名・受賞事由	受賞・表彰日
武智秀	日本ITU協会賞 功績賞	一般財団法人 日本ITU協会	ラポーターおよびラポーターグループ議長として主導し、2004年の「宣言型フォーマットのモモンコア」、2011年/2013年の「放送通信連携システムの要求条件」勧告策定に大きく貢献した。	2015/5/15
井口和久	情報・システムサイエティ活動功労賞	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活動への貢献	2015/5/25
小田周平 日下部武志(松山放送局) 浅野隼(松山放送局)	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	IP伝送による蓄積型災害情報伝送装置の開発	2015/5/29
超解像復元型映像符号化システム 開発チーム	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	超解像技術を用いた実時間超高精細映像符号化システムの開発	2015/5/29
22.2マルチチャンネル音響枠型スピーカ 開発グループ	映像情報メディア未来賞 フロントシア賞	一般社団法人 映像情報メディア学会	22.2マルチチャンネル音響の枠型スピーカによるバイノーラル再生法の開発	2015/5/29
スーパーハイビジョン用インタフェース 開発チーム	映像情報メディア未来賞 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/4K映像制作用インタフェース"U-SDI"の開発・標準化	2015/5/29
黒田徹	電波功績賞 電波産業会会長表彰	一般社団法人 電波産業会	「我が国の放送技術の研究開発と実用化に関する貢献」放送分野において、FM多重放送の実現にあたり、欧州方式の10倍のデータ伝送が可能なデジタル方式を研究開発し、また、地上デジタル放送についてはISDB-T方式を研究開発するとともに標準化、実用化を牽引するなど、電波の有効利用に大きく貢献した。	2015/6/16
後藤功雄	AAMT長尾賞学生奨励賞	アジア太平洋機械翻訳協会	[Word Reordering for Statistical Machine Translation via Modeling Structural Differences between Languages]	2015/6/16
遠藤洋介	情報通信技術委員会 功労賞	一般社団法人 情報通信技術委員会	[IPTVに関する標準化の推進にかかわる功績]について受賞	2015/6/22
ハンディカメラ対応バーチャルスタジオ 開発グループ	放送文化基金賞 個人・グループ部門 放送技術分野	公益財団法人 放送文化基金	小型姿勢センサーを用いたハンディカメラによるバーチャルスタジオの開発と実用化	2015/7/7
青木秀一	国際規格開発賞	一般社団法人 情報処理学会 情報規格調査会	ISO/IEC 23008-1/AMD1、ISO/IEC23008-10発行に際するプロジェクトエディターとしての貢献	2015/7/27
深川弘彦	鈴木記念奨励賞	一般社団法人 映像情報メディア学会	大気安定な逆構造有機 ELデバイスの開発とフレキシブルディスプレイへの応用	2015/8/27
三浦雅人	鈴木記念奨励賞	一般社団法人 映像情報メディア学会	複数のカメラを用いた視域拡大型インテグラル立体撮像系	2015/8/27
NHK	Innovative Technologies 2015	経済産業省	Augmented TV	2015/9/10
中戸川剛	電気学会優秀論文発表賞	一般社団法人 電気学会	[NHK放送技術研究所における光ファイバー伝送技術の研究開発の歴史と今後]に対して	2015/9/17
松尾康孝	第14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	講演「幾何変換を伴う多重解像度分解成分の標準化構造を考慮した時空間レジストレーションによる空間超解像法の検討」に対して	2015/9/17
後藤淳	ドコモ・モバイル・サイエンス賞 先端技術部門 優秀賞	NPO法人 モバイル・コミュニケーション・ ファンド(MCF)	ソーシャルテキストビッグデータの意味的分析技術の研究	2015/9/28
池田哲臣	東京都功労者表彰 技術振興功労者	東京都	700MHz帯放送システム等の周波数移行に向けた研究開発	2015/10/1
木下延博 片野祐太郎 室井哲彦 斎藤信雄	ISOM 2015 Best Paper Award	ISOM (International Symposium on Optical Memory)	光メモリ分野の技術と進歩への顕著な貢献 講演「Demonstration of 8K SHV Playback from Holographic Data Storage」に対して	2015/10/7
本村玄一 中田充 中嶋宣樹 武井達哉 都築俊満 深川弘彦 辻博史 清水貴央 藤崎好英 山本敏裕	2015 ICFPE (International Conference on Flexible and Printed Electronics) Outstanding Paper Award	工業技術研究院(ITRI)	2015 ICFPEにおけるフレキシブルディスプレイに関する優れた報告に対して 講演「Fabrication of Flexible Display on Polyimide Substrate Using Air-stable Inverted Organic Light- Emitting Diodes」	2015/10/22
三ツ峰秀樹 加藤大一郎(NHKエンジニアリングシステム) 武藤一利(NHKエンジニアリングシステム)	技術開発賞	一般社団法人 日本映画テレビ技術協会	小型姿勢センサーを用いた手持ちカメラによるバーチャルスタジオの開発	2015/10/28
正岡顕一郎	IE賞	一般社団法人 電子情報通信学会 画像工学研究会	広色域UHDTVの設計と開発	2015/11/2
小田周平 武智秀 馬場秋継 星野春男(津放送局) 上村和宏(技術局)	関東地方発明表彰 発明奨励賞	公益社団法人 発明協会	公衆IP網での信頼性の高い映像伝送方式	2015/11/13
高橋正樹 山内結子 中村俊之(鳥取放送局)	SITIS 2015 Best Paper Award	SITIS (Signal Image Technology & Internet Based Systems)	Real-time ball position measurement for football games based on Ball's appearance and motion features	2015/11/24
本田悠葵 難波正和 宮川和典 久保田節	IDW '15 Best Paper Award	一般社団法人 ディスプレイ国際ワーク ショップ 一般社団法人 映像情報メディア学会	国際会議IDW '15における講演発表 「Electrostatic-focusing FEA-HARP Image Sensor with Volcano-Structured Spindt-Type FEA」に対して	2015/12/24
深川弘彦	IDW '15 Outstanding Poster Paper Award	一般社団法人 ディスプレイ国際ワーク ショップ 一般社団法人 映像情報メディア学会	国際会議IDW '15における講演発表 「Low operating voltage vertical organic light-emitting transistor using oriented molecular thin film」に対して	2015/12/24
川喜田裕之 上原道宏 中川俊夫	IDW '15 Demonstration Award	一般社団法人 ディスプレイ国際ワーク ショップ 一般社団法人 映像情報メディア学会	国際会議IDW '15における展示 「Development of a TV System Augmented Outside the TV Screen」に対して	2015/12/24
西田幸博	高柳健次郎業績賞	公益財団法人 高柳健次郎財団	スーパーハイビジョン映像方式の研究開発と標準化	2016/1/20
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	2015年度登壇回数3回	2016/2/19
青木秀一	国際規格開発賞	一般社団法人 情報処理学会 情報規格調査会	ISO/IEC TR23008-13標準化への貢献	2016/2/22
小出一	エレクトロニクスサイエティ活動功労表彰	一般社団法人 電子情報通信学会	磁気記録・情報ストレージ研究専門委員会 幹事としての 貢献	2016/3/16
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	ハイビジョン方式	2016/3/17
後藤淳	前島密賞	公益財団法人 通信文化協会	「対災害SNS情報分析システムDISAANAの研究開発」	2016/3/18
池谷健佑	前島密賞	公益財団法人 通信文化協会	「多視点ロボットカメラの開発」	2016/3/18
為村成亨 宮川和典 大竹浩 久保田節	第6回集積化MEMS技術研究ワークショップ 優秀ポスター賞	公益社団法人 応用物理学会 集積化MEMS技術研究会	第6回集積化MEMS技術研究ワークショップにおける発表 「結晶セルヘテロ接合ダイオードを用いた積層型イメー ジセンサの開発」に対して	2016/3/19
後藤正英 萩原啓 井口義則 大竹浩	第7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	第7回集積化MEMSシンポジウムにおける発表 「画素並列信号処理を行うSOI積層型3次元構造撮像デバ イスの試作と評価」に対して	2016/3/19
正岡顕一郎 西田幸博	第31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	Design of Primaries for a Wide-Gamut Television Colorimetry	2016/3/28
大竹剛 小川一人	第31回電気通信普及財団賞 テレコムシステム技術賞 奨励賞	公益財団法人 電気通信普及財団	Privacy Preserving System for Integrated Broadcast- broadband Services using Attribute-Based Encryption	2016/3/28

# 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	技術研究所
	1930年6月～1965年1月	総合技術研究所、放送科学基礎研究所
	1965年1月～1984年7月	放送技術研究所
	1984年7月～現在	
職員数	255名	(うち研究者数 227名)
学位保有者	81名	
特許権保有数 (NHK 総数)	国内 1,711件 外国 168件	

(2016年3月末現在)

## ■ 現在の研究棟



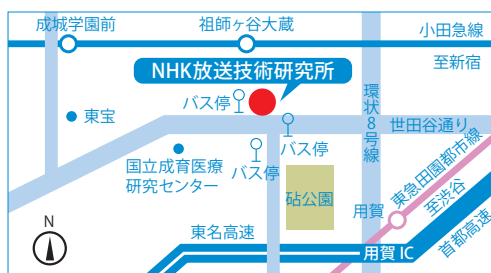
落成 2002年3月  
 高層棟：地上14階、地下2階  
 中層棟：地上6階、地下2階  
 延床面積 約46,000m<sup>2</sup>  
 うち技研部分 約16,000m<sup>2</sup>  
 総敷地面積 約33,000m<sup>2</sup>

## ■ 技研の組織

所長	黒田 徹	研究主幹	斉藤知弘
副所長	山本 真		
			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		岡本 朋子
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		中川 俊夫
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		中原 俊二
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		岩城 正和
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		菊池 宏
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イ技術など		林 直人
総務部	人事、労務、経理、局舎管理など		山影 泰輔

(2016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 : 03-3465-1111 (NHK代表)  
<http://www.nhk.or.jp/str/>

# 研究年報

NHK  
Science & Technology  
Research Laboratories

## 2015

日本放送協会 放送技術研究所  
2016年5月発行

あなたの声と受信料で  
公共放送

