

研究年報

NHK
Science & Technology
Research Laboratories

2019



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

目次

ごあいさつ……………	1	2019年度 技研の研究……………	2
------------	---	-------------------	---

1 リアリティイメーシング - 空間表現メディア…………… 4

1.1 3次元映像技術	4
1.2 AR(拡張現実)・VR(バーチャルリアリティ)	7
1.3 3次元映像デバイス	8

2 リアリティイメーシング - 8Kスーパーハイビジョン…………… 10

2.1 映像システム	10
2.2 カメラ	11
2.3 ディスプレー	12
2.4 音響	13
2.5 符号化	15
2.6 衛星放送伝送技術	17
2.7 地上放送伝送技術	18
2.8 番組素材伝送技術	20
2.9 有線伝送技術	22

3 コネクテッドメディア…………… 23

3.1 コンテンツ提供基盤	23
3.2 行動連携技術	25
3.3 IP配信基盤	26
3.4 テレビ視聴ロボット	28
3.5 セキュリティ	29
3.6 IP制作基盤技術	30

4 スマートプロダクション - インテリジェント番組制作…………… 31

4.1 テキストビッグデータ解析技術	31
4.2 画像解析技術	32
4.3 音声書き起こし技術	33
4.4 実空間センシングによる新映像表現手法の研究	34
4.5 AI技術活用推進の取り組み	35

5 スマートプロダクション - ユニバーサルサービス…………… 36

5.1 自動字幕生成技術	36
5.2 音声ガイド技術	36
5.3 機械翻訳技術	37
5.4 情報提示技術	38

6 次世代放送用デバイス・材料…………… 41

6.1 撮像技術	41
6.2 記録技術	43
6.3 表示技術	44

7 研究関連業務…………… 46

7.1 外部との連携	46
7.2 研究成果の公開	49
7.3 研究成果の活用	52

放送技術研究所の概要…………… 54

ごあいさつ

NHK放送技術研究所長 三谷 公二

NHK放送技術研究所(技研)は、わが国唯一の放送技術分野を専門とする研究機関として、また、公共放送NHKの一員として、豊かな放送文化の創造に資する研究開発に取り組んでいます。

技研で研究開発を進めてきた「新4K8K衛星放送」は、2018年12月のサービス開始から1年が経過しました。また、2020年4月にサービスを開始する常時同時配信・見逃し配信「NHKプラス」の試験配信がスタートするなど、2019年度は、NHKが目指す「公共メディア」への着実な進化を実感する1年となりました。



技研では、2030～2040年ごろを見据えた新しい放送技術とサービスを創造するために掲げた、“NHK技研3か年計画(2018-2020年度)”に沿って研究を進めています。より臨場感・実物感の高い映像・音声をお届けする「リアリティーイメージング」技術、インターネットを活用して放送・サービスの利便性を高める「コネクテッドメディア」技術、AI(人工知能)を活用して番組制作支援やユニバーサルサービスの拡充を図る「スマートプロダクション」技術を3つの柱として、今後も研究開発を推進していきます。

2020年6月1日、技研は開所90周年を迎えました。これまで、技研を支えていただいた関係者、視聴者、技研近隣にお住まいの皆さまに深く感謝申し上げます。これからも、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けるよう、職員が一丸となって研究開発に取り組んでいきます。

この研究年報は、技研の2019年度の研究開発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契機として、また、新たな研究開発の連携関係や研究開発成果を活用した共創の場を築く一助として、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。



けんきゅう、さんきゅう、90年

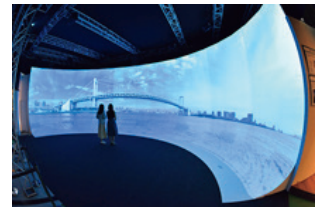
NHK技研は2020年に開所90周年を迎えます。
これからもよろしくお願ひします。

2019年度 技研の研究

リアリティーイメージング - 空間表現メディア

将来の3次元映像による放送サービスの実現を目指し、特別なめがねを用いることなく自然な3次元映像を楽しむことができる3次元映像技術の研究を進めた。2019年度は、3次元映像の解像度を改善する方式の研究を進めるとともに、携帯型端末向け3次元映像の色モアレ低減に関する研究に取り組んだ。また、膨大な情報量となる奥行き情報を含む3次元映像について、情報量の削減と視覚特性に基づいた効果的な表現手法を両立する技術の研究も進めた。AR(拡張現実)やVR(バーチャルリアリティー)の応用に関する研究では、新しい視聴スタイルや新サービスを体感できる装置を試作し、技研公開2019での展示などを通じてサービスイメージをアピールした。自然な3次元映像を表示するデバイスの実現を目指して、空間光変調器の基礎実験や狭画素ピッチ液晶による2次元画像の表示、狭ピッチ光フェーズドアレイによる高速光ビーム走査の研究を進めた。

→詳しくはp.4



大型円筒スクリーンに投影した
高精細VR映像

リアリティーイメージング - 8Kスーパーハイビジョン

8Kスーパーハイビジョンの最上位フォーマットであるフルスペック8Kでの番組制作を実現する制作システムの研究開発や、画素数とフレーム周波数の相乗効果を明らかにする研究に取り組んだ。撮像関係では、8K3板式カメラに適したオートフォーカス機能や高いフレーム周波数による画質劣化の抑制手法を検討するとともに、固体撮像デバイスの高感度化の研究を進めた。表示関係では、プラスチックフィルムで形成した4Kフレキシブル有機ELディスプレイの開発や、有機ELディスプレイの高画質化技術の研究を進めた。音響関係では、22.2マルチチャンネル音響を家庭で再生するための技術の研究に加え、次世代のオブジェクトベース音響の研究や音の空間表現の拡充を目指した技術の研究を進めた。その他、フルスペック8Kの高効率映像符号化方式や衛星伝送方式の伝送容量拡大技術の検証として、21GHz帯放送衛星を利用したフルスペック8Kライブ制作伝送実験を実施した。2018年12月に開始された新4K8K衛星放送に続き、地上放送でも4K8K放送を実現するため、伝送方式の機能追加の研究を進めるとともに、総務省技術試験事務での大規模野外実験を実施した。また、ケーブルテレビ事業者が所有するFTTHの商用クローズドネットワークを利用したIPマルチキャスト配信方式の研究を進めた。多彩な4K8K番組を制作するための無線伝送装置として、1.2/2.3GHz帯移動中継用FPUのARIB標準規格化やミリ波帯を用いた低遅延なワイヤレスカメラの研究を実施した。

→詳しくはp.10



プラスチックフィルムで形成した4Kフレキシブル有機EL
ディスプレイ

コネクテッドメディア

放送と通信を連携したコンテンツ提供に関する技術の研究として、放送コンテンツとスマートフォン・IoT機器との連携を実現するハイブリッドキャストコネクタなどの研究を進めた。ハイブリッドキャストコネクタについては、サービス提供者の端末連携アプリ開発を支援するソフトウェア開発キット (SDK) などをオープンソースソフトウェアとして公開した。視聴者の視聴データ利活用に関する研究では、放送とさまざまなサービスを連携した実証実験を実施して、有効性についての検討を進めた。インターネットを活用して視聴者がコンテンツを視聴するIP配信基盤技術の研究では、ネット配信する動画視聴品質の安定化やスムーズな視聴操作を実現する高レスポンス配信技術、ユーザーが密集するエリアにおいて多数の端末に同一コンテンツを安定かつ効率的に配信する技術の研究を進めた。テレビをより楽しく視聴するパートナーとして期待されるテレビ視聴ロボットの研究では、これまでに開発したロボットに個人情報やプライバシー保護に関する機能を組み込むとともに、試作ロボットを用いた視聴実験を実施した。ネット時代におけるサービスの高い安全性と信頼性に不可欠な暗号・情報セキュリティの研究では、耐量子コンピューター用を含む暗号アルゴリズムや放送・通信連携サービス向けの暗号アルゴリズムの研究を進めた。IPを活用して効率的な番組制作を実現するIP制作基盤技術の研究では、中継現場での2K/4Kの各種フォーマットの素材を効率的に放送局へ伝送するマルチフォーマットIP伝送装置の試作や、IPネットワークの構築・運用をサポートするためにネットワークを可視化するシステム監視ツールを開発した。

→詳しくはp.23



テレビ視聴ロボットを用いた
視聴実験の様子

スマートプロダクション - インテリジェント番組制作

AI技術を活用した効率的な番組制作環境を実現するインテリジェント番組制作技術の研究に取り組んでいる。ソーシャルメディアに代表されるテキストビッグデータについて、情報を的確に抽出するためのデータ分類技術の研究や、番組に関する評判を放送後に分析する技術の研究を進めた。画像解析技術の研究では、NHKの各部署と連携して番組制作を支援したほか、映像に含まれる文字を自動認識してメタデータを付与したり、膨大な映像から特定の人物の登場シーンを特定する顔認識技術の研究を進めた。音声書き起こし技術では、音声認識の対象を電話取材の音声に拡張するための研究を進めるとともに、技研で開発した音声の書き起こし装置をNHKの各拠点放送局に整備する取り組みを支援した。新映像表現技術では、より分かりやすい映像コンテンツの制作を支援する技術や、空間をセンシングすることで被写体の3次元情報を取得する技術の研究を進めた。技研のAI技術を番組制作などに利用するために設置した「AI活用推進事務局」の活動を通じて、放送現場のニーズに応えるサービスやシステムの開発に貢献した。

→詳しくはp.31

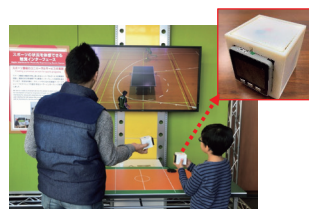


書き起こし装置の番組利用例

スマートプロダクション - ユニバーサルサービス

あらゆる人が必要な情報に接し、楽しむことができるユニバーサルな放送サービスを実現するための研究に取り組んでいる。聴覚障害者向けの研究として、番組の音声を自動で認識し、字幕として文字で伝える自動字幕付き放送のトライアルの実施や、スポーツ競技の進行状況を手話CGで伝えるスポーツ情報の手話CG生成技術の研究を行った。視覚障害者向けの研究として、番組の内容を補足する解説音声を自動で挿入する自動解説やロボット実況の研究を進めるとともに、合成音の品質・表現力向上のための大規模データベースの構築に取り組んだ。増加が見込まれる訪日外国人に向けては、ニュースを対象とした日本語から英語への機械翻訳技術の研究を進めた。さらに、外部の研究機関とともに新聞記事を対象とした自動翻訳技術の研究も進めた。その他、番組情報を視覚や聴覚以外の感覚を用いて伝える研究を進めている。触覚提示技術として、スポーツで体感する衝撃の強さなどを伝える触覚デバイスや触覚情報の編集・制御が可能なエディターを試作した。また、嗅覚による情報伝達の可能性について継続して検討を進めた。

→詳しくはp.36

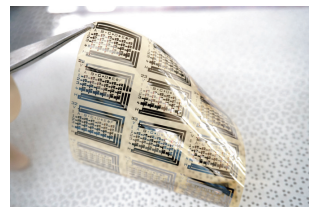


スポーツの体感を伝える触覚デバイス例

次世代放送用デバイス・材料

次世代の放送技術を支える撮像、記録、表示の各要素技術の研究を進めた。撮像技術は、撮像デバイスの高機能化への応用が期待できる3次元構造撮像デバイス高集積化の研究、小型・軽量の単板カラーカメラの実現を目指したRGB積層型撮像デバイスの研究を進めた。また、光線情報から物体の3次元情報を取得する新しい撮像技術の実現を目指し、コンピュータショナルフォトグラフィー基盤技術の研究を新たに開始した。記録技術では、8K映像を長期保存するための超大容量・高転送速度のホログラムメモリーの高性能化に関する研究を実施した。また、高い信頼性を実現するために可動部をなくした微小磁区記録デバイスの研究では、新しい材料を用いた磁気メモリーの実現を目指して基礎実験を進めた。表示技術では、フレキシブル有機ELディスプレイについて、長寿命化に向けた材料の探索と詳細な動作原理の解明、薄膜トランジスタ(TFT)の特性改善を進めた。さらに、大型フィルム基板上に形成可能な塗布型酸化物TFTと高色純度電界発光素子の研究を進めた。

→詳しくはp.41

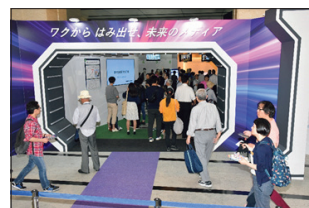


フィルム基板上に試作した塗布型酸化物TFT

研究関連業務

8Kスーパーハイビジョンをはじめとする技研のさまざまな研究成果を技研公開や報道発表、機関誌発行など各種広報・展示活動を通して広くアピールするとともに、学会発表や外部との連携、番組協力を積極的に進めた。2019年の技研公開は、「ワクからはみ出せ、未来のメディア」をテーマとして実施した。従来のテレビのワクを超えた視聴サービスを実現する技術など最新の研究成果を展示し、開催期間中延べ21,702人の方々に来場いただいた。その他、国内外の多くの方々に技研を視察・見学いただいた。技研の研究成果について、報道発表や国内外の会議、学会誌で発表するとともに、研究成果の権利化を進め、国内外の標準化団体に参加し技術基準の策定にも貢献した。外部との連携では、共同研究や受託研究を実施するとともに、国内外から滞在研究員を受け入れ、海外での研究活動のために技研の研究員を派遣した。技研の研究開発成果はNHKの番組制作で活用された。スポーツ番組では、大相撲、全日本柔道選手権、日本陸上選手権、ラグビーワールドカップなどで8Kスローモーションシステムが、大河ドラマ「いだてん」の制作ではAI技術で過去の白黒映像をカラー化するシステムが活用された。その他、技研の研究成果について、前島密賞など外部からの表彰を受けた。

→詳しくはp.46



技研公開2019展示の様子

1 リアリティイメーシング・空間表現メディア

1.1 3次元映像技術

将来の放送メディア技術として、これまでの2次元映像では表現できなかった臨場感や実在感を提供できる3次元映像技術の研究開発を進めている。特別なめがねを用いずに自然で見やすい3次元映像を実現するには、空間に光学像を再生する方式（以下、空間像再生方式）が有望である。2019年度は、空間像再生方式による高精細な3次元映像の撮像や表示、符号化技術、携帯型端末用3次元映像技術の研究開発に取り組んだ。また、さまざまな視聴環境に適した3次元映像の特徴を明らかにする研究や、3次元映像高品質化のための奥行き圧縮表現技術の研究も進めた。

■ 高精細3次元映像技術の研究

3次元映像の高精細化を目指し、多視点映像と特殊な拡散スクリーンを用いたアクティナビジョン⁽¹⁾の開発を進めている。2019年度は、ハイビジョン解像度相当の3次元映像の実現を目指して、時分割で光線をシフトさせ等価的に光線数を増加する時分割光線多重方式を提案し、表示映像の解像度特性の向上効果を実験で検証した。時分割光線多重方式として、各多視点映像の解像度を向上する画素シフト法と、多視点映像数を増加する光線シフト法を提案した（図1-1）。これらの方式の解像度特性の向上効果を解析と実験で求めた。その結果、画素シフト法によりスクリーン面近傍の3次元映像の解像度が約2倍に向上した。また、光線シフト法により、スクリーン面から離れた奥行き位置の3次元映像の解像度を約1.7倍に向上できた⁽²⁾。

3次元映像の高精細撮像技術として、カメラアレーによる効率的な高精度3次元映像の生成技術の研究を進めた。2018年度のシステムでは、すべてのカメラ位置でデプスマップを求めて光線を生成したが、2019年度は、より少ない代表視点位置のみでデプスマップを計算し、それをもとに密な光線群を補完生成する方法を考案した。カメラアレーを使った実験により、本手法で処理時間を従来の約1/3に短縮できることを確認した⁽³⁾。また、通常のカメラアレーとデプスカメラを併用することで生成映像の品質向上を図った。デプスカメラのキャリブレーション手法を開発し、得られたデプスマップを参照して多視点映像を補完生成することで、被写体のエッジ部分の生成精度を向上できた。

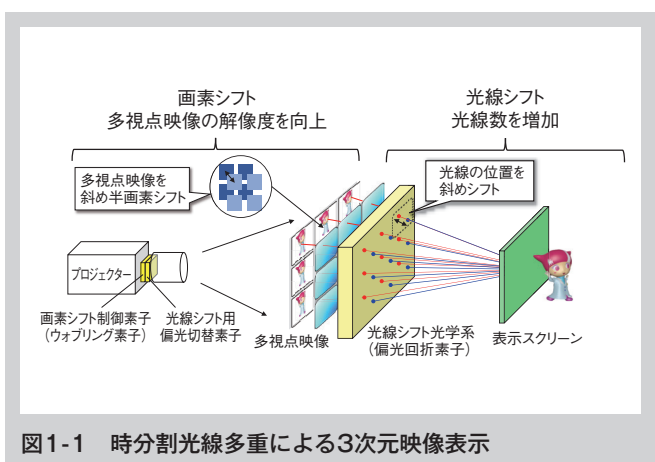


図1-1 時分割光線多重による3次元映像表示

3次元映像は膨大な情報量となるため、放送サービスで利用するには高効率な符号化技術の開発が必要である。2019年度は、3次元情報量の低減を目指して、符号化する多視点画像数の削減について検討した。多視点画像を少ない視点数に削減し、さらにフレームごとに異なる視点位置を設定し、符号化する方法を考案した。本方式により、伝送データ量を約3割削減できることを実験で示した。また、2019年度も引き続きMPEG会合に参加し、提供されたテストシーケンスを用いた符号化実験結果などを寄与文書として入力し、3次元映像符号化方式の標準化活動を進めた。また、MPEG会合やITU-R会合においてインテグラル3Dディスプレイの展示を行い、3次元映像技術のアピールと符号化の標準化推進に貢献した。

■ 携帯型端末用3次元映像技術の研究

携帯型端末による3次元映像表示の実現を目指して、視点追従型インテグラル3D表示技術の研究を進めている。直視型ディスプレイを用いたインテグラル3D方式では、ディスプレイの赤、緑、青のサブピクセル構造を周期的なレンズアレーを介して観察するため、色モアレが生じる。2019年度は、色モアレの低減を目指して、2式のウォブリング光学素子を用いて要素画像群を4回画素ずらしする方法を検証した。実験では、ベイヤ配列の画素構造を持つ液晶ディスプレイとレンズアレーで構成される表示装置に、偏光回折素子と偏光制御素子で構成されたウォブリング光学素子を2式組み合わせた（図1-2）。この方式で、ベイヤ配列の画素構造にあわせて要素画像群を4回画素ずらすことで色モアレの強度を25%に低減できた。また、この方法では画素数を約4倍に増加できるため、レンズアレー面から離れた奥行き位置の3次元映像の解像度も向上できた。

ディスプレイに取り付けた小型カメラで観察者の瞳位置を検出して、瞳位置に応じた3次元映像を表示することで、広視域かつ高品質な映像表示を実現できる。2019年度は、この視点追従型インテグラル3Dディスプレイ⁽⁴⁾において、静止画像だけではなく動画の3次元表示も実現した。30台以上のカメラに

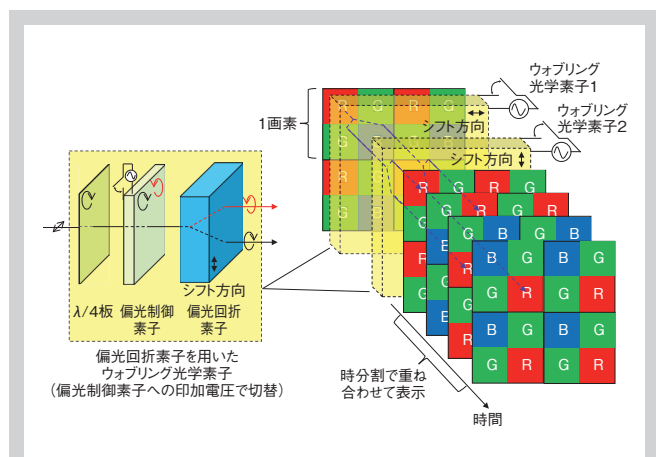


図1-2 2式のウォブリング光学素子による色モアレの低減方法

より被写体を取囲み撮影された多視点映像をもとに、実写動画の高品質な3次元モデルを生成した。この3次元モデルを仮想空間上に配置し、64台の仮想カメラアレーを用いて多視点画像を生成した。GPU (Graphics Processing Unit) による並列処理により、約32fps (frames per second) の描画速度で要素画像群の高速レンダリングを可能とした。これにより、実写動画のインテグラル3D映像を、広視域(水平81.4°、垂直47.6°)かつ高品質に表示することができた(図1-3)。

この実写動画のインテグラル3D映像を視点追従型3Dディスプレイに表示し、技研公開2019、IBC (International Broadcasting Convention) 2019、ABU (Asia-Pacific Broadcasting Union) 総会、WCSFP (World Congress of Science & Factual Producers) 2019、NHKサイエンススタジアム2019など、数多くの展示会や国際会議において、デモ展示を実施した。

より少ないカメラ台数で携帯型端末用3次元映像に適した広視域撮像を実現するために、2019年度は、3台のステレオロボットカメラからなるマルチステレオロボットカメラ(図1-4)を開発し、生成できる3次元モデルの水平視域角を従来の30度から110度に拡大した。生成した3次元モデルを視点追従型インテグラル3Dディスプレイに表示し、広視域の3次元映像の撮影・表示を確認した。

■ 視聴環境に適した3次元映像の特徴

さまざまな視聴環境に適した3次元映像の特徴を明らかにする研究を進めている。2019年度は2種類の映像表示環境において3次元映像コンテンツを見た時の印象評価を行い、3次元表示の効果について要因を探った。

実験には2眼立体表示方式の対角55インチ据え置き型ディスプレイとヘッドマウントディスプレイ(HMD)を用い、表示する映像の特徴によって印象がどのように変化するかを主観評価に



図1-3 視点追従型インテグラル3Dディスプレイによる実写動画表示の様子

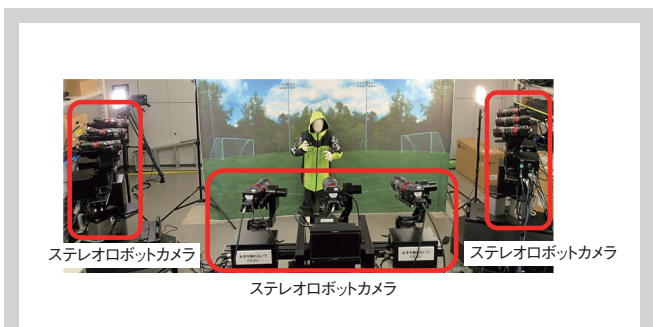


図1-4 マルチステレオロボットカメラ

よって測定した。主観評価にはセマンティックディファレンシャル法(SD法)を用いた。実験参加者には、評価対象の映像についての印象が反対の意味を持つ形容詞対のどちらにより近いかを回答させた。このような評価を複数の形容詞対について実施し、得られた結果を統計的手法で分析することにより、参加者のもつ潜在的な印象を抽出した。評価の対象となる映像としては3次元モデリングされたコンピュータグラフィックス(CG)映像を用いた(図1-5)。実写映像ではなくCG映像を用いることにより、カメラ位置を自由に設定することができるため、奥行き感覚を生じさせる視覚の手がかりである両眼視差(左右眼の位置の違いによる映像のズレ)や運動視差(頭部位置の違いによる映像のズレ)を制御することが可能となる。

据え置き型ディスプレイによる視聴環境下で、映像に含まれる動き成分の大きさと両眼視差が印象に与える効果との関係を分析した結果、映像内容に動きのない場合の方が、臨場感や流動感など複数の印象への効果が大きくなる傾向が見られた⁽⁵⁾。

HMDを用いた視聴環境下においても同様の実験を実施した。CG映像の3次元空間においてカメラの位置をさまざまに変えて両眼視差や運動視差の効果を検討したが、いずれの条件でも映像印象への顕著な効果は見いだせなかった。HMDでは従来の平面ディスプレイよりも広い視野を実現することができるとともに、視聴者がどの方向を向いてもその方向にあった映像を表示することができるという特徴がある。この特徴を実験的に制限し、表示される視野は広いが、映画館のスクリーンのように特定の方向にのみ映像を表示するようにしたところ、迫力感を始めとする複数の印象が弱まる傾向が見られた⁽⁶⁾。

■ 3次元映像高品質化のための奥行き圧縮表現技術

インテグラル方式による3次元映像表示では、原理的に高品質で表現できる奥行きの範囲が限られている。このような特性をもつ3次元ディスプレイにおいて、深い奥行きを持つシーンを高品質に表示する奥行き圧縮表現の導入を検討している。奥行き圧縮は、表示対象シーンの形状を奥行き方向に圧縮・変形させ、空間解像度特性が良好な奥行き再現範囲内に収めることで、意図しないぼやけを低減するとともに高品質な3次元映像表示を実現する。シーンを大きく変形させても、3次元映像としての見た目の自然さを保つように、変形方法を工夫することが重要である。

奥行き圧縮を適用した3次元映像は、ディスプレイを斜めから見るような状況において、不自然さを生じやすい特徴がある(図1-6)。特に、タブレットのような携帯型ディスプレイでの視聴を想定すると、従来型の奥行き圧縮では不自然さが顕著となる傾向にある。そこで、携帯端末は個人で視聴することに着目し、観察者の視点位置に合わせて奥行き圧縮方法を調整する、

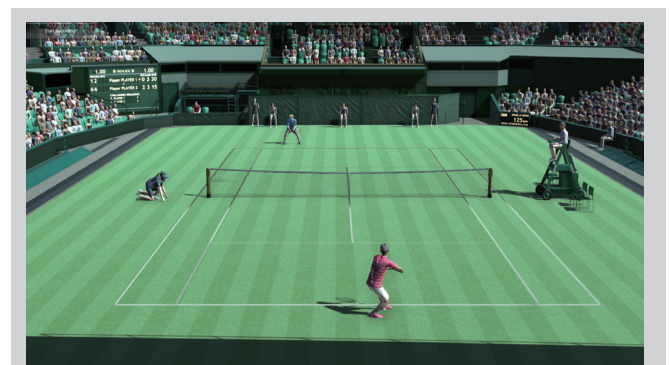


図1-5 実験に用いたCG映像の例

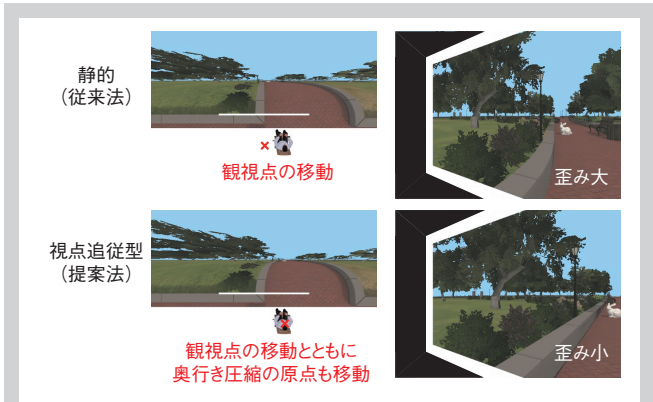


図1-6 視点追従型奥行き圧縮の導入

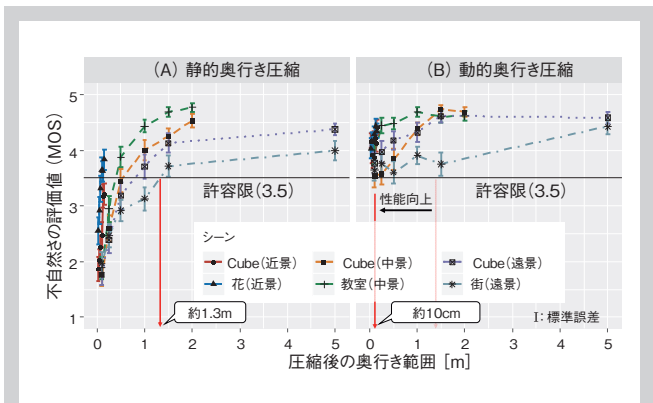


図1-7 提案法による効率的な奥行き圧縮

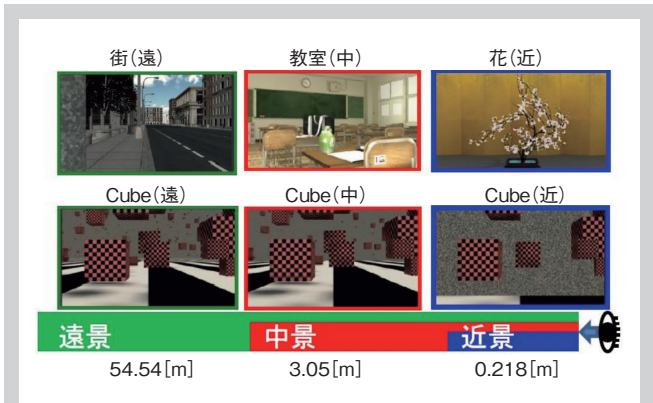


図1-8 実験で用いたシーン

視点追従型奥行き圧縮を検討した⁽⁷⁾。図1-7に従来法(静的)による奥行き圧縮像と視点追従型(動的)奥行き圧縮像の評価結果、図1-8に評価実験で用いたシーンを示す。従来法では、圧縮後の奥行きは1.3 m必要であったが、視点追従型の導入により、10 cmにまで奥行きを圧縮してもシーンの不自然さが許容されることが分かった。本結果は、観察者は物理的に提示されている奥行き以上の深い奥行きを感じることを示唆しており、3次元ディスプレイの限られた奥行き表示能力を仮想的に拡張するものであると解釈できる。

奥行き圧縮表現技術を3次元映像制作に応用し、制作者の演出意図に応じて3次元映像表現を調整する奥行き圧縮表現調整システムを試作した(図1-9)⁽⁸⁾。本システムは、複数のスライ

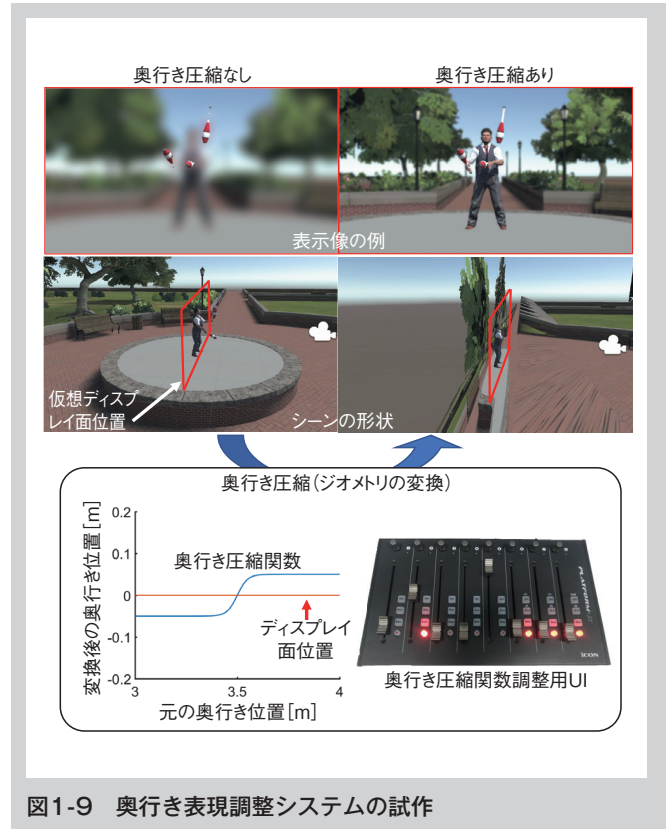


図1-9 奥行き表現調整システムの試作

ダを備えたユーザーインターフェースによって、奥行き圧縮パラメータをリアルタイムに操作する。これにより、特定の被写体に対して重点的に奥行きを与え、立体的に見せるといった演出を可能とした。本システムによって、ディスプレイの限りある奥行き再現能力を生かし、より制作意図を反映した3次元映像制作が可能であることを示した。

[参考文献]

- (1) H. Watanabe, N. Okaichi, T. Omura, M. Kano, H. Sasaki and M. Kawakita: "Aktina Vision: Full-parallax three-dimensional display with 100 million light rays," Scientific Reports, vol. 9, 17688(2019)
- (2) 大村, 渡邊, 岡市, 佐々木, 河北: "偏光回折素子を用いた時分割光線シフト3次元映像表示," 3次元画像コンファレンス2019, 3-3 (2019)
- (3) 加納, 河北: "光線再生3次元表示を考慮した効率的な多視点映像生成手法," 映情学学次大, 22B-2(2019)
- (4) 岡市, 佐々木, 渡邊, 久富, 河北: "8Kディスプレイを用いた視点追従型インテグラル3D映像表示," 映情学冬大, 23D-3(2018)
- (5) 蓼沼: "三次元映像の効用評価法の検証実験結果," 映情学技報, HI2019-65, vol. 43, no. 14, pp. 97-102 (2019)
- (6) 森田, 澤島, 原澤, 小峯: "HMD視聴環境におけるVR映像の印象とその要因の分析," 映情学学次大, 22E-3(2019)
- (7) Y. Miyashita, Y. Sawahata, M. Katayama and K. Komine: "Depth boost: Extended depth reconstruction capability on volumetric display," ACM SIGGRAPH 2019 Talks, SIGGRAPH 2019 (2019)
- (8) 澤島, 宮下, 小峯: "3D映像制作のための奥行き表現調整システムの試作," 映情学学次大, 14E-5(2019)

1.2 AR(拡張現実)・VR(バーチャルリアリティ)

AR(拡張現実)やVR(バーチャルリアリティ)技術を活用して、視聴者に新たなユーザー体験を提供するサービスイメージについて、既存の技術を組み合わせて新たな視聴体験を提供する「By AR/VR」と、これまでに導入されていない技術や新たに開発した技術を実装する「For AR/VR」の2つのアプローチで検討した。また、放送・通信連携によるAR/VRコンテンツ配信の実現に向けて、3次元空間情報の伝送技術を開発した。

■By AR/VRアプローチ

AR技術を活用した新しいテレビ視聴サービスのコンセプトとして、あたかもテレビ画面から出てきたかのような出演者を身近に感じながら、離れた場所にいる家族や友人と一緒にテレビを視聴する空間共有サービスを検討した。ARグラスやタブレット型端末などを通して見る空間に、出演者や別の場所の家族・友人、過去の自分の3次元映像が等身大で合成表示され、時空間を超えて出演者や家族・友人と空間を共有しながらテレビを視聴するスタイルを提案し、技研公開2019やIBC2019などでデモ展示した(図1-10)。

空間共有サービスは、出演者等がリビングにやって来る視聴スタイルであるが、逆に同じ空間にいる家族や友人とともにバーチャル空間に行き、全天周映像を共有する視聴スタイルも提案した。ステレオカメラをヘッドマウントディスプレイ(HMD)に装着し、自分の近くの人物や物体はステレオカメラ映像を切り出して表示するとともに、それ以外の部分に全天周映

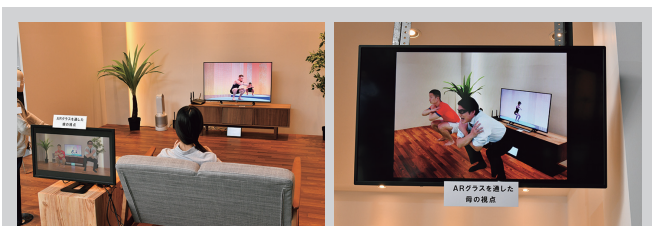


図1-10 空間共有サービス



図1-11 全天周映像共有システム

像を表示する拡張VR技術を活用して、隣の人や周りの物体とインタラクションをしながら全天周映像を視聴できるシステム(図1-11)を試作した⁽¹⁾。

また、空間共有サービスを実現するために、バーチャルな人物をどこに表示するとコミュニケーションに効果的かを検討する目的で、視聴位置と空間の共有感に関する視聴実態調査を行った。その結果、視聴位置の前後関係が、一緒に見ているという認識に影響を及ぼす可能性が示唆された⁽²⁾。

■For AR/VRアプローチ

テレビの枠にとらわれず、視聴者が見たい方向の映像を視聴でき、従来のテレビでは体験できない高い没入感と臨場感を兼ね備えた視聴体験の実現を目指して、高精細な全天周映像を活用した視聴スタイルを検討した。技研公開2019では、3台の8Kカメラを放射状に並べて撮影した映像を統合(スティッチング)することで、8Kを超える約12Kの高解像度180度映像を制作した。8台の4Kプロジェクター(図1-12)を用いて180度の大型円筒スクリーンに高精細VR映像を投影し(図1-13)、多くの方々に体感頂いた⁽³⁾。また、円筒スクリーンの上下に設置した複数台のスピーカーから音を再生することで、180度映像に適合した没入感の高い音を再現した。この他、高精細HMDや個人視聴用のドーム型ディスプレイによる視聴スタイルを想定したモックアップも展示した(図1-14)。



図1-12 高精細VR投射システム

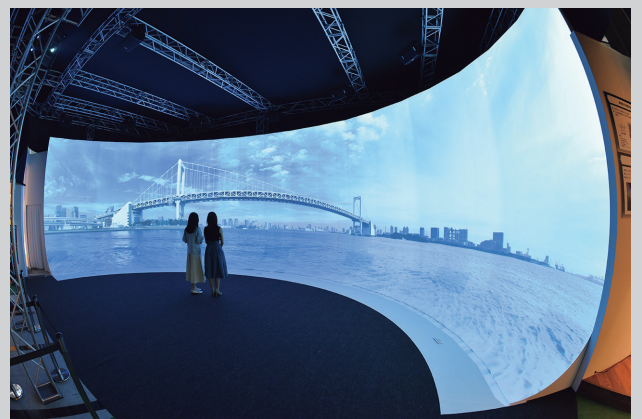


図1-13 大型円筒スクリーン

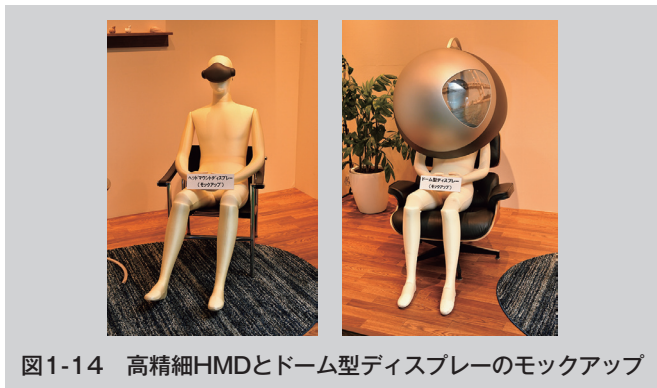


図1-14 高精細HMDとドーム型ディスプレイのモックアップ

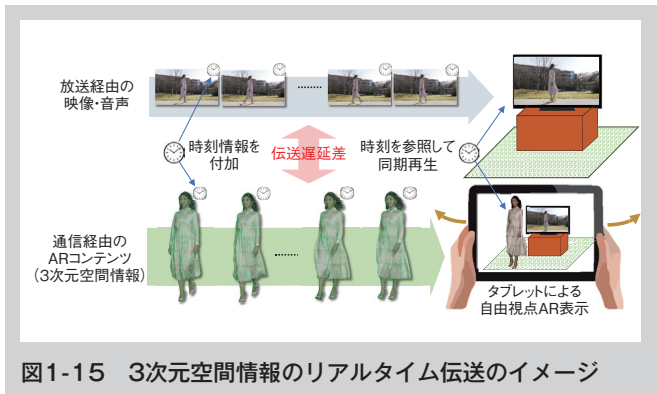


図1-15 3次元空間情報のリアルタイム伝送のイメージ

■ 3次元空間情報の伝送技術

放送・通信連携によるAR/VRコンテンツの例として、テレビ映像と同じ被写体の3次元空間情報をARグラスやタブレット型端末などへ通信経路で配信し、AR技術によって自由な角度から被写体を視聴できるサービスの提供が考えられる。このようなサービスの実現を目指して、3次元空間情報の伝送技術の検討を進めた。

スポーツ中継などの生放送への対応も視野に入れ、人物を被写体とした実写ベースの3次元空間情報のリアルタイム伝送技術⁽⁴⁾⁽⁵⁾を新たに開発した。この技術は、毎秒30フレームの実写ベースの3次元モデルデータを100 Mbps程度でリアルタイム伝送してARコンテンツを提示できるため、事前に3次元モデルデータを視聴端末にダウンロードする必要はない。放送と通信の伝送遅延差によるテレビ映像とARコンテンツの提示タイミングのずれを防ぐために、新4K8K衛星放送のMMT (MPEG Media Transport) と同様に3次元モデルデータの各フレームに絶対時刻のタイムスタンプを付与して伝送し、提示時にタイムスタンプを参照することで、テレビ映像とARコンテンツを高精



図1-16 番組連動ARコンテンツ

度に同期させることができる(図1-15)。

技研公開2019では、出演者の4K映像と3次元モデルデータを同時に撮影した放送通信連携ARコンテンツ(図1-16)を制作し、来場者に自由視点ARでの視聴を体験してもらう展示を行った。その他、10月に「NHK山形放送局会館公開」、11月に「ABU東京総会NHKショーケース」、12月に「映像情報メディア学会冬季大会企画セッション」で展示し、多くの来場者にテレビとAR技術の組み合わせによる新たな視聴スタイルを体験いただいた。

[参考文献]

- (1) H. Kawakita, K. Yoshino, D. Koide, K. Hisatomi, Y. Kawamura and K. Imamura: "AR/VR FOR VARIOUS VIEWING STYLES IN THE FUTURE OF BROADCASTING," Proc. of IBC2019 (2019)
- (2) 川喜田, 吉野, 半田: "空間共有におけるバーチャル人物の位置検討のための視聴実態調査," Proc. of HCGシンポジウム2019, HCG2019-I-3-8(2019)
- (3) D. Koide, H. Kawakita, K. Yoshino, K. Ono and K. Hisatomi: "Development of High-Resolution Virtual Reality System by Projecting to Large Cylindrical Screen," Proc. of ICCE2020, IEEE, 1.16.1 (2020)
- (4) 河村, 山上, 永田, 今村: "放送と同期したARのための動的3次元モデル情報のリアルタイム伝送," 映像学技報, BCT2019-46, vol. 43, no. 10, pp. 41-44 (2019)
- (5) Y. Kawamura, Y. Yamakami, Y. Nagata and K. Imamura: "Real-Time Streaming of Sequential Volumetric Data for Augmented Reality Synchronized with Broadcast Video," Proc. of ICCE-Berlin, IEEE, pp. 280-281 (2019)

1.3 3次元映像デバイス

■ 高密度空間光変調器(SLM)の研究

自然な3次元映像を表示することができる、電子ホログラフの研究に取り組んでいる。30度以上の広い視域で3次元映像を表示するためには、1 μm以下の微細な画素ピッチで構成される高密度な空間光変調器(SLM: Spatial Light Modulator)の

開発が必要である。当所では、微小磁性体を画素とするスピンSLMの開発と、液晶SLMの高密度化に向けた研究を進めている。スピンSLMは、磁性体の磁化の向き(磁化方向)に応じて反射光の偏光面が回転する現象(磁気光学効果)を利用し、光を変調するデバイスである。これまでに、微小な磁性体にパルス電流を流すことで磁壁(磁化方向の異なる2つの領域が隣り合う

境界部)が移動し、磁化方向を反転できる素子(磁壁移動型スピン光変調素子)の試作と単素子での基本動作検証に成功した。

2019年度は、素子のアレー化に向けた検討として高密度1次元アレーを試作し、電流駆動による光変調動作に成功した(図1-17)。試作アレーは、 $1\mu\text{m}$ ピッチに配置した5つの光変調素子で形成されており、偶数番目の2つの素子にのみパルス電流源を接続した。磁気光学像においてパルス電流を右から左へ流した場合、全素子の磁化が下向きのON(白)表示であるのに対し、左から右に流すと偶数番目の素子のみOFF(黒)表示となり、磁気光学効果による光変調動作を確認した⁽¹⁾。これにより、磁壁移動型スピン光変調素子が、 $1\mu\text{m}$ ピッチに配置したアレー状の高密度SLMに適用可能であることを示した。

液晶SLMでは、画素の高密度化により、隣接画素間の電界クロストークが増大し、コントラスト比が低下するという課題がある。この課題について、これまでに、正負の印加電圧によりON/OFF表示を行う強誘電性液晶の高密度1次元デバイスを試作し、一般に用いられるネマティック液晶に比べて高いコントラスト比が得られることを確認した。2019年度は、画素ピッチ $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ の高密度画素からなる強誘電性液晶デバイスを設計・試作し、2次元静止画像の表示を実証した⁽²⁾。

■狭ピッチ光フェーズドアレーの研究

インテグラル3Dディスプレイの飛躍的な性能向上を目指し、レンズアレーを用いずに各画素から出射される光線(光ビーム)の方向を高速に制御できる光偏向デバイスの研究を進めている。これまでに、電圧の印加により、屈折率を超高速で変化させることができる電気光学(EO: Electro-Optic)ポリマーを光導波路(チャンネル)に用いて、8チャンネル構造の光フェーズドアレー(OPA: Optical Phased Arrays)を設計・試作し、走査速度200 kHz、偏向角 22.1° の光ビーム制御を実証した。

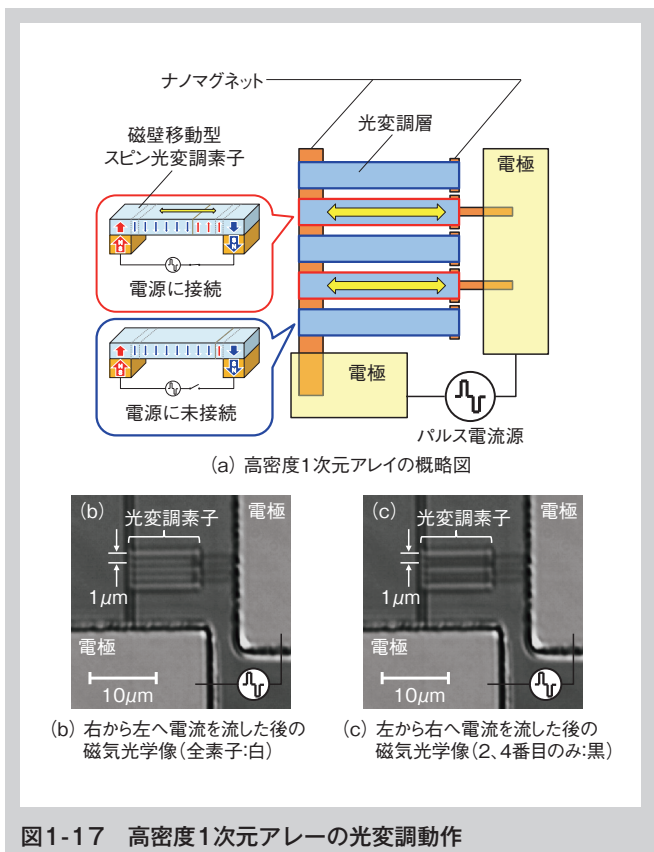


図1-17 高密度1次元アレーの光変調動作

2019年度は、OPA作製時に生じた精度誤差により、チャンネル間に位相のばらつきが発生する課題に対して、光強度を最適化する位相補償技術を適用した。これにより、光ビームに隣接するリップル成分が抑制され、2MHzの高速光ビーム走査に成功した⁽³⁾(図1-18)。また、OPAのいずれか1チャンネルを通過する光の位相を4回ずらして出射した光ビームパターンから、各チャンネルの位相を算出する手法(位相シフトデジタルホログラフィーによる位相補償)を開発した。これにより、チャンネル数が増加しても、短時間で精度よく位相補償できることを実証した⁽⁴⁾(図1-19)。偏向角のさらなる拡大に向け、OPA出力部の狭ピッチ化を可能とする窒化ケイ素光導波路の導入を検討した。EOポリマーと窒化ケイ素光導波路の接続部にテーパ構造を適用することで、導波路接続部の光損失が抑制され、出力効率を従来の65%から82%に改善できることを示した。

〔参考文献〕

- (1) 船橋, 東田, 青島, 町田: “磁壁移動型スピン光変調素子の高密度1次元アレー試作,” 映像学年次大, 33D-4(2019)
- (2) 麻生, 磯前, 柴崎, 青島, 石鍋, 柴田, 町田, 藤掛, 菊池: “2層構造電極を用いた $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ ピッチ液晶デバイスの動作検証,” 第67回応用物理学会春季学術講演会, 12a-PA1-7(2020)
- (3) 三浦, 宮本, 平野, 本山, 町田, 上田, 山田, 山田, 大友, 菊池: “電気光学ポリマーを用いた光フェーズドアレーによる高速光偏向動作の実証,” 映像学冬大, 13A-4(2019)
- (4) M. Miura, Y. Miyamoto, Y. Hirano, Y. Motoyama, K. Machida, E. Ueda, C. Yamada, T. Yamada, A. Otomo and H. Kikuchi: “Phase compensation method for optical phased array based on phase-shifting digital holography,” Proc. SPIE, 11284, pp. 1128424.1-1128424.6(2020)

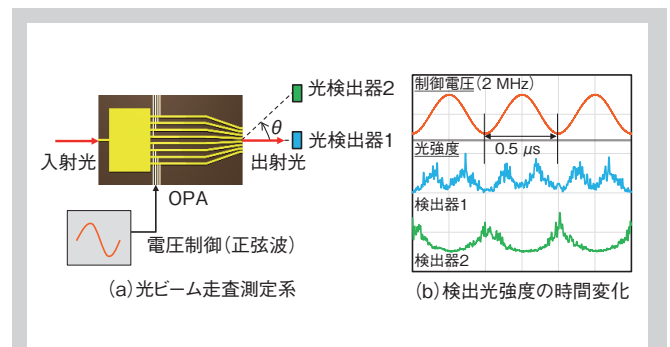


図1-18 光フェーズドアレーの高速光ビーム走査実験

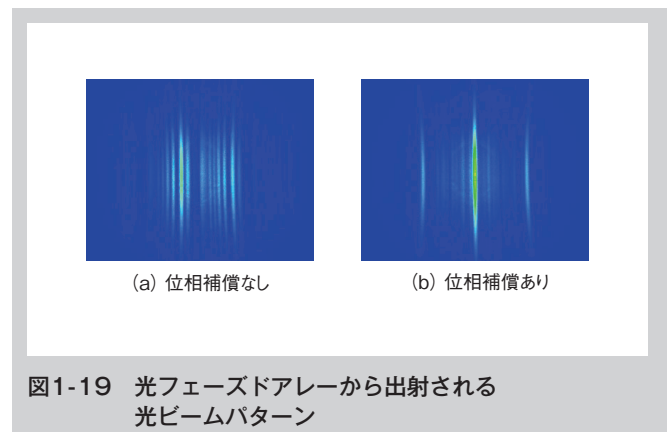


図1-19 光フェーズドアレーから出射される光ビームパターン

2 リアリティイメーシング・8Kスーパーハイビジョン

2.1 映像システム

スーパーハイビジョン（SHV）の最上位フォーマットであるフルスペックSHVの制作システムの研究開発や、ハイダイナミックレンジテレビ（HDR^{※1}-TV）の番組制作手法および相乗効果に関する研究を進めている。

■フルスペックSHV制作システムの研究

フルスペック8K番組制作を実現するために、フレーム周波数119.88Hz（以下120Hz）に対応する制作機器および制作システムの研究開発を進めている。これまでに開発したフルスペックSHV制作機器と、新規開発の低遅延・高画質のIP伝送装置、8K 120Hz映像と22.2ch音声のリアルタイム入出力が可能なオンライン編集機、8K 120Hz/HDRに対応した液晶ディスプレイ、ハイビジョン番組と4K8K番組との効率的な一体化制作を可能とするHDR/SDR^{※2}（スタンダードダイナミックレンジ）変換装置を接続したライブ中継制作実験を技研公開2019で実施し、各機器が問題なく連携して動作することを確認した（図2-1、2-2）。さらに、フルスペックSHV機材を搭載した制作実験車について、信号遅延の低減、機器障害時のバックアップ機能の追加などを行った⁽¹⁾。

既にBS8Kとして放送が開始された8K 59.94Hz（以下60Hz）とフルスペックである8K 120Hzが共存したシステム構築に有効であると想定される、番組制作用IPインターフェースの検討を進めた。ネットワーク帯域低減に寄与する軽圧縮方式の検証を行い、映像の圧縮方式にJPEG-XSを利用することで、8K 120Hz映像を8K 60Hz制作システムで使用されている40Gbpsの帯域で、十分な画質で伝送できることを確認した。また、番組制作用IPインターフェース対応の8K 60Hz用信号監視機器で8K 120Hz信号を簡易的に監視する方法を考案し、実機での動作を確認した。

■フルスペックSHV相乗効果の研究

SHVの映像パラメーターが画質に与える効果について、これまでは個々のパラメーターの効果を主観評価実験によって評価してきたが、2019年度は複数のパラメーターの相乗効果を検証した。

画素数とフレーム周波数の相乗効果を調べるため、DMD（Digital Micromirror Device）を用いた、画素数4K、フレーム周波数240Hzで表示可能なプロジェクターを開発した。このプ

ロジェクターを用いて、同一データレートながら異なるパラメーターセット（2K 240Hzと4K 60Hz）で撮影・表示した際の画質と、映像中の被写体速度との関係を調べる主観評価実験を行い、被写体速度に応じて適切に画素数やフレーム周波数を選択することで、主観画質が向上することを示した。

また、解像度とダイナミックレンジの相乗効果を調べるために、主観評価実験を行った。同一の被写体に対し、照明を制御してコントラストを調整したHDR画像とSDR画像をそれぞれ撮影して評価画像とした。これらの評価画像の角解像度を変化させ、実物像も含めて被験者に提示し、より実物と感じたものを強制選択させる実験を行い、ダイナミックレンジによらず角解像度60cpd（cycles per degree）で実物感が飽和することを示した。

ディスプレイが表現できる色域は、本来、色相・彩度・明度の3次元で評価する必要があるが、3次元の形状が複雑なため、従来はxy色度図のように2次元で簡易的に評価していた。xy色度図上では不明確であった、3原色ディスプレイと多原色ディスプレイのそれぞれが表現できる色域の差について、2018年度に開発した「Gamut Rings」^{※3}を用いて比較し、多原色ディスプレイは明度の高い部分で再現できる彩度が3原色ディスプレイよりも小さくなることを定量的に示した⁽²⁾。

また、2018年度に開発したHDRコンテンツとSDRコンテンツの相互変換法について、その内容を（一社）電波産業会 技術資料TR-B43に反映した⁽³⁾。

※1 広い明るさの幅を表現できる撮像・表示方式、新4K8K衛星放送の一部の番組で使用されている

※2 HDRに対して、従来のハイビジョンテレビの明るさの幅を表現する方式を示す

※3 3次元色域を2次元に展開して表示する手法の一つ

[参考文献]

(1) 中村、大川、米内、林田、瀧口：“フルスペック8K制作実験車 機能改善整備,” 映像学技報, BCT2019-84, vol. 43, no. 40, pp. 1-5 (2019)

(2) K. Masaoka, F. Jiang, M. Fairchild and R. Heckaman: “Color Gamut of Multi-Chromatic Displays,” SID International Symposium (2019)

(3) （一社）電波産業会：“高ダイナミックレンジ映像を用いた番組制作の運用ガイドライン(1.2版),” ARIB TR-B43 (2019)

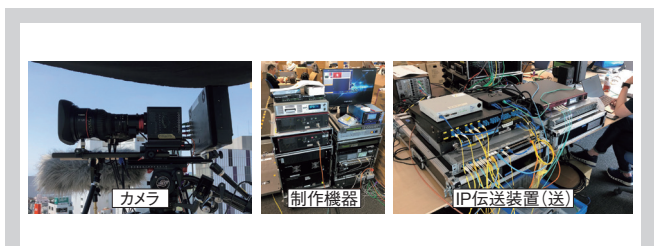


図2-1 8K 120Hzライブ中継制作実験(送信側)



図2-2 8K 120Hzライブ制作実験(受信側)

2.2 カメラ

8Kスーパーハイビジョン (SHV) や、将来のダイバースビジョンを見据えたカメラの高画質化・高機能化に関する研究を進めている。

■ 3板式カメラに適したオートフォーカス技術の開発

8K番組制作で要望が強いオートフォーカス (AF) 機能の実装について、像面位相差方式^{※1}とコントラスト方式^{※2}の両方の利点を活かしたハイブリッド方式の開発を進めている。2019年度は、3板式カメラでの像面位相差方式について、有効画素領域内に位相差検出画素を配置した8Kイメージセンサーを試作し、赤・青・緑の色成分ごとの位相差感度や検出量を測定した。その結果、単色でも位相差の検出が可能であること、合焦点から外れたときの検出誤差や位相差のクロストーク量が長波長成分のほうが大きくなる⁽¹⁾ことが明らかになり、3板式カメラでの撮像を想定した場合においては、青成分で位相差検出することが望ましいことを示した。

※1 像面位相差方式…イメージセンサー上に配置した位相差画素対からデフォーカス時の位相差を検出し、フォーカス状態を判定する方式

※2 コントラスト方式…フォーカス位置を変化させて、映像の明暗差が大きくなるところを探することでフォーカス状態を判定する方式

■ 画素の微細化や高フレームレート化に伴う画質劣化改善手法の検討

8Kカメラの小型化や、ダイバースビジョンで想定されるVRなど超広角撮影での多画素化の必要性から、イメージセンサーの画素サイズをさらに微細化することが求められる。微細化した画素サイズでも放送画質を担保するための画質改善手法について、2019年度から研究を開始した。

画素サイズ微細化の影響は主にレンズの回折限界によるボケと入射光量の減少によるノイズの増加として現れる。ボケ画像



図2-3 競技場に設置された8K 4倍速(240Hz)スローモーションシステム用ハイスピードカメラ

の解像度改善については、光学系の工夫と機械学習を組み合わせる手法の基礎検討を進め、学習用データセットの生成に必要な撮像実験システムを構築した。また、ショットノイズなどボアソン分布を持つノイズの低減手法を開発した。計算量や画質向上効果の観点から、ウェーブレット縮退を用いた手法がカメラ実装に適していることを見だし、リアルタイム処理に向けたアルゴリズムのチューニングを行った。本手法の開発は米国立・デイトン大学と共同で実施した。これらの手法の検証に必要となる、画素を微細化したイメージセンサーの試作にも着手した。

電源周波数50Hzで照明の明るさが変動する環境において、フレーム周波数120Hzで撮影した場合に生じるフリッカーの抑圧手法を2018年度に考案している。2019年度には、この手法をフレーム周波数240Hzで動作する8Kイメージセンサーを用いたフルスペックSHVカメラに実装し、提案手法の有効性を国際会議にて報告した⁽²⁾。

■ フルスペックSHVを超える撮像技術の活用

8K4K番組制作や、AR/VR映像制作において、8Kを上回る解像度の映像から必要な領域を切り出して利用するニーズが高まっている。そこで、16Kに相当する1億3300万画素CMOSイメージセンサーを搭載したフル解像度8K単板カメラシステムに、16Kのセンサー映像をそのまま出力できる機能を追加し、さらにその映像から任意の8K領域を実時間で切り出すシステムを開発した⁽³⁾。本システムを用いて奈良・東大寺の阿弥陀如来像を撮影し、放送番組 (NHKスペシャル) の映像として利用された。

2018年度に開発した8K 4倍速 (240Hz) スローモーションシステムが、大相撲やボクシング、バドミントン・卓球・陸上の全日本選手権、ラグビー W杯 (図2-3) など、数多くのスポーツ中継制作に活用された。

■ 増倍膜積層型8K固体撮像デバイス

8Kスーパーハイビジョンカメラの高感度化を目指して、電荷増倍機能を有する結晶セレン光電変換膜 (増倍膜) をCMOS信号読みだし回路上に積層した固体撮像デバイスの開発を進めている。2019年度は、試作デバイスの画質改善やCMOS信号読みだし回路の低ノイズ化に取り組むとともに、増倍膜の新たな積層方法に関する技術開発に着手した。

試作デバイスの画質改善については、デバイスの膜構成を逆にし、増倍膜内を電子が移動する構造から正孔が移動する構造に変更する手法を検討した。本手法では、増倍膜に欠陥が生じてCMOS信号読みだし回路に短絡した場合でも、画面上に白キズが広がらず、増倍に必要な電圧が増倍膜に印加されることを、解析と実験により実証した⁽⁴⁾。

また、電荷増倍時の画質劣化を引き起こす暗電流の発生について、外部からの電子の注入が大きな要因と考えられたことから、電子が乗り越えられないエネルギーの障壁を形成する電子ブロッキング層を、画素電極と結晶セレンとの間に挿入し、暗電流を従来の1/30以下に低減した (図2-4)⁽⁵⁾。

CMOS信号読みだし回路の低ノイズ化については、従来の3トランジスターからなる画素構成に代えて、増倍膜ならびに画

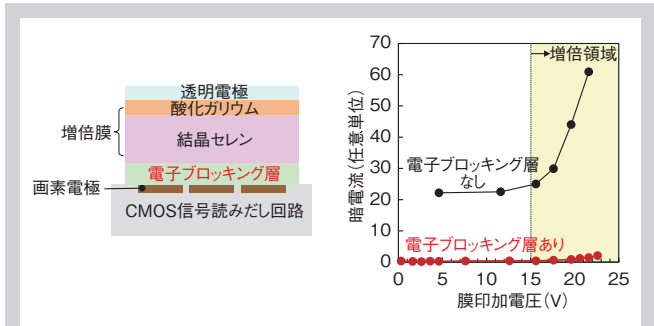


図2-4 試作デバイスの構造と暗電流特性

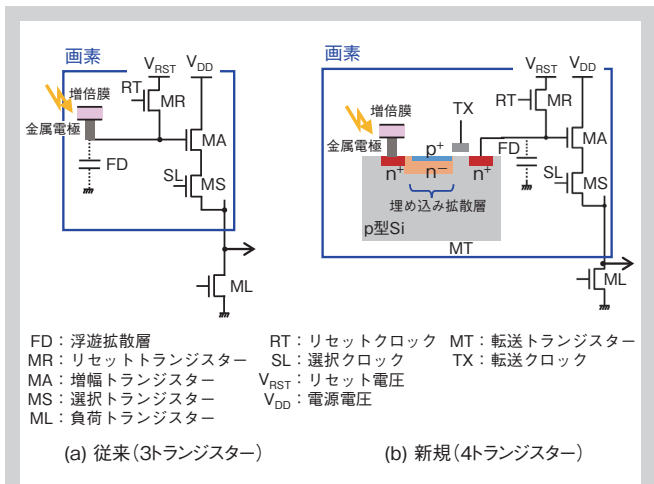


図2-5 CMOS信号読みだし回路の画素構成の比較

素電極の浮遊容量と浮遊拡散層（膜からの信号電荷を蓄積する容量）とを電気的に分離する、新しい4トランジスタからなる画素構成を考案した（図2-5）。この画素構成を適用したテスト素子では、電荷-電圧変換利得が約2倍に向上し、それに伴い回路のノイズを約1/2に低減できることを確認した⁽⁶⁾。

事前実験により、結晶セレンと組み合わせて使用する酸化ガリウムを高温度処理（800℃）で結晶化することで、増倍膜全体の結晶性が改善し、より高い増倍率を実現できることが明らかになったことから、高温処理プロセスを取り入れた新たな増倍膜の積層方法に関する技術開発に着手した。各層をCMOS信号読みだし回路上に順次形成する従来の積層方法では、下地となる回路の耐熱温度（約350℃）の制約を受けるため、耐熱温度が十分高い単結晶サファイア基板上に酸化ガリウムを含む各層を形成した後、非晶質セレン膜を介して下地となる回路と加圧接合する方法を考案した。この方法では、接合のための加圧と、光

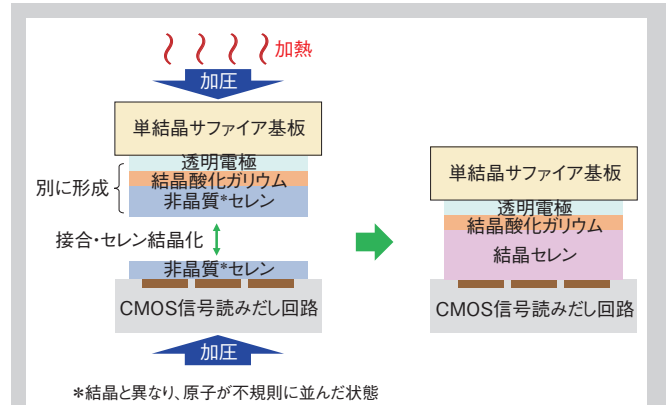


図2-6 増倍膜の新たな積層方法

電変換を担うセレン結晶化のための加熱（200℃）とを同時に行う（図2-6）ことで、増倍時の特性劣化を抑制できることを確認した⁽⁷⁾。

これらの研究の一部は、東京理科大学と共同で実施した。

[参考文献]

- (1) K. Kikuchi, T. Yasue, R. Funatsu, K. Tomioka, T. Matsubara and T. Yamashita: "A proposal of sensor-based phase detection method in 3-CMOS 8K 240-fps imaging," Proc. SPIE 11305, Ultra-High-Definition Imaging Systems III, 113050V (2020)
- (2) K. Tomioka, T. Yasue, R. Funatsu, K. Kikuchi, K. Kitamura, Y. Kusakabe and T. Matsubara: "Flicker reduction method for 120 fps shooting under 100 Hz light fluctuation by using a double rolling shutter," Proc. SPIE 11137, Applications of Digital Image Processing XLII, 111370V (2019)
- (3) 船津, 中村, 松原: "1億3300万画素単板カメラを用いた8K映像切り出しシステム," 映像学年次大, 12C-3 (2019)
- (4) 新井, 為村, 峰尾, 本田, 宮川, 渡部, 難波, 久保田: "増倍膜積層型8K撮像デバイスにおける膜キャリア正孔化の検討," 映像学年次大, 33C-4 (2019)
- (5) 為村, 峰尾, 新井, 渡部, 宮川, 久保田, 西本, 杉山, 難波: "電荷増倍機能を有する結晶セレン膜積層型8K撮像デバイスの暗電流低減に向けた電子ブロッキング層の導入," 第67回応物春季予稿集, 14p-PB2-7 (2020)
- (6) 渡部, 本田, 新井, 難波, 島本: "増倍膜積層用CMOSイメージセンサの変換ゲイン向上," 第11回集積化MEMSシンポジウム, 21am3-A-5 (2019)
- (7) 峰尾, 宮川, 為村, 新井, 渡部, 難波, 久保田: "固体撮像デバイスの高感度化に向けた電荷増倍型光電変換膜の接合技術の検討," 映像学冬大, 23C-1 (2019)

2.3 ディスプレー

■フレキシブル有機ELディスプレイ

家庭でも臨場感あるスーパーハイビジョン映像を大画面で手軽に楽しめるように、フレキシブル有機ELディスプレイの研究開発を進めている。

2019年度は、プラスチックフィルム上に赤、緑、青のそれぞれに発光する有機EL素子を高精度に形成した、30インチサイズの4Kフレキシブル有機ELディスプレイを開発した。パネル部の厚みが約0.5mm、重さ約100gで、従来のガラス基板上に形成した場合と比べて非常に薄く、軽いディスプレイを実現

した。さらに、あらかじめ取得した画面内の輝度ばらつきのデータを基に、明るさの均一性を向上させる補正技術や、画素の発光時間を制御することで動きのある被写体を鮮明に表示する駆動技術を導入することにより、表示画質を改善した。開発したディスプレイは、Inter BEE 2019やABU東京総会で展示した(図2-7)。本ディスプレイは、シャープ(株)と共同で開発した。

また、フレーム周波数120Hzに対応した薄板ガラスベースの88インチの8Kシート型有機ELディスプレイを開発した。これにより、動きの速いスポーツ中継などの8K映像を高コントラストで鮮明に表示できるようになった。開発したディスプレイは、技研公開2019やInter BEE 2019などで展示した。本ディスプレイは、LG Displayとアストロデザイン(株)の協力により開発した。

■有機ELディスプレイの高画質化技術

有機ELディスプレイの画質改善を目指して、駆動手法の研究を進めている。電流を変調して階調を表現する有機ELディスプレイでは、低階調表示時には微小な電流領域で駆動する必要がある。しかし、電流量を制御する薄膜トランジスタ(Thin Film Transistor: TFT)に特性のばらつきがあると、特に微小な電流領域で発光輝度への影響が顕著になり、均一性が低下する。そこで、1フレーム内に低階調を表示するための発光時間の短いサブフレーム期間を設け、TFT特性のばらつきが少ない



図2-7 開発した4Kフレキシブル有機ELディスプレイ

高い電流領域で、有機ELを短時間発光することにより、低階調領域の表示特性を改善する手法を考案した。本手法の効果を、実際の有機ELディスプレイの輝度分布をもとにシミュレーション評価した結果、輝度の均一性が改善することが確認された⁽¹⁾。

[参考文献]

- (1) 岡田, 薄井, 中嶋: “有機ELディスプレイの低階調画質改善に向けた時分割駆動法の検討,” 映情学冬大, 13A-6(2019)

2.4 音響

音響分野では、次世代音声サービスの研究開発と国内外の標準化ならびに22.2マルチチャンネル音響(22.2ch音響)の実用化を進めている。

■オブジェクトベース音響次世代放送方式

地上放送の高度化を目指した取り組みのひとつとして、オブジェクトベース音響^{※1}による次世代放送方式の研究を進めている。

オブジェクトベース音響の活用例として、実況や背景音などの多様な音声オブジェクトを受信機側で自由に差し替えるサービスが想定される。こうしたサービスを効率的に実現するために、差し替え音声オブジェクトの信号レベルを自動的に調整する手法の開発を進めている。2019年度は、主音声オブジェクトと差し替え音声オブジェクトの音の大きさを一致させる客観指標を提案し、その妥当性を実験により確認した⁽¹⁾。

また、オブジェクトベース音響では、ラウドネスレベル測定法を新たに確立する必要があることから、制作時とは異なるスピーカー配置に変換処理した音声信号の大きさを調整するための主観評価実験を行った。この結果から、ラウドネスレベル測定には、変換処理前ではなく変換処理後の音声信号を用いた方が、測定値と主観評価値の差が小さくなることを明らかにした。

さらに、2018年度に開発した音響メタデータの伝送装置をNAB Show 2019で展示するとともに、MPEG-H 3D Audioリアルタイム音声符号化・復号装置との接続テストを行い、技研公開2019(図2-8)やITU-R技術展で展示した。また、複数の国

で番組を共同制作する場合に、自国の放送に必要な音声信号と音響メタデータだけを抜き出して再送信する装置を開発し、2020年度に計画しているEBU(European Broadcasting Union)との共同実験に向けた準備を進めた。

オブジェクトベース音響における高品質かつ効率的な音声符号化アルゴリズムとして、音声オブジェクトの重要度に応じて最適なビットレートを割り当てる方式を提案し、MPEG-H 3D Audioの所要ビットレートを検討するとともに、提案方式を実装した符号化装置を開発した。

※1 オブジェクトベース音響 素材となる音声信号と音響メタデータを放送し、再生環境や視聴者の好みに合わせた再生信号に受信機で処理する方式

■音の空間表現のための音源情報生成・音場再現技術

将来のダイバースビジョン実現に向けて、音の空間表現の拡充に資する音源情報生成技術と音場再現技術の研究を開始した。

音源情報の生成技術では、AR/VRなどで任意の音源の方向や距離、視聴位置に応じた音の空間情報を再現するために、音源から3次元空間への音の放射特性を測定するシステムを構築し、人声の放射特性のデータを収集した。

音場再現技術では、ヘッドホンによる音空間の表現力を高めるために、音源が近接した場合の頭部伝達関数の測定システム



図2-8 オブジェクトベース音響システム

を構築するとともに、測定した水平面上の近接頭部伝達関数を円調和展開によりモデリングする方法を考案した。一方、スピーカーによる音の空間再現技術として、ラインアレイスピーカーを用いて近接する音源を合成する波面合成技術を考案し、実測による伝達特性を考慮したシミュレーションを行った。

■標準化

22.2ch音響の普及促進ならびに次世代音声サービスの実現に向けて、国内外の標準化を進めている。

ITU-Rにおいて、オブジェクトベース音響で用いる音響メタデータである音響定義モデル (ADM) に対応したレンダラーの勧告ITU-R BS.2127-0とレンダラーのユーザガイドのレポートITU-R BS.2466-0を策定した。また、ADMを規定する勧告ITU-R BS.2076-2と64ビット音声ファイル形式の勧告ITU-R BS.2088-1の改訂に寄与した。ADMのシリアル形式(S-ADM)の伝送用インターフェースの新勧告の策定やラウドネス測定法の勧告改訂を進めている。映像付き主観音質評価法の勧告ITU-R BS.2126-0と参照刺激なし多重刺激主観音質評価法の勧告ITU-R BS.2132-0の策定と主観音質評価法の選定指針に関する勧告ITU-R BS.1283-2の改訂に寄与した。

さらに、MPEGにおいて、複雑性が低くオブジェクト制御の自由度が高いMPEG-H 3D Audioの新プロファイルであるBaseline Profileの策定に寄与した。SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) において、既存のデジタル音声インターフェースによるS-ADMの伝送規格SMPTE ST2116を策定した。ARIBにおいて、新しくタスクグループを立ち上げ、64ビット音声ファイルの国内規格の検討を進めるとともに、SMPTE ST2110に基づくIP制作インターフェースの新標準規格草案を作成した。(一社)電子情報技術産業協会(JEITA)において、一般的なマルチチャンネル音響システムのチャンネルラベルを追記するIEC規格IEC 62574 ED2の改訂に寄与した。

■22.2ch音響の家庭再生技術と実用化

22.2ch音響のスピーカー配置の中心位置から外れた場所でも良好に聴取するために、聴取位置近くで再生される音声信号

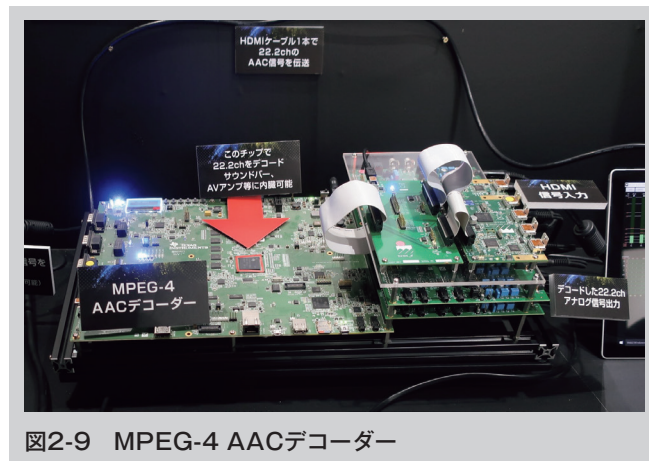


図2-9 MPEG-4 AACデコーダー

を複数のスピーカーに分配すること、で広い範囲で音圧レベルの極端な偏りを抑制する手法を考案した。本手法が良好な聴取範囲を広げる効果があることを主観評価実験によって確認した⁽²⁾。

22.2ch音響を車室内で聴取した場合の音の空間印象を主観評価実験で確認した。この研究の一部は、山梨大学、アルパイン(株)と協力して実施した。

市販のアンプ等に内蔵可能なMPEG-4 AACのデコーダーボードを開発し、Inter BEE 2019等の展示会で展示した(図2-9)。また、MPEG-4 AACによる22.2ch音響の音声信号をケーブル1本で伝送可能とする改訂版HDMI2.1に対応した機器と接続検証を進めた。この研究の一部は、アストロデザイン(株)と協力して実施した。

22.2ch音響の簡易再生技術として、2018年度に開発した再生制御器の設計アルゴリズム⁽³⁾⁽⁴⁾を実装したプロセッサを、ラインアレイスピーカーとともに技研公開2019で展示した。この研究の一部は、シャープ(株)と協力して実施した。

圧電性の電気音響変換フィルムを用いた薄型スピーカーのために、新たに窒化ガリウムトランジスタを用いたスイッチングアンプを開発し、シリコントランジスタを用いた場合と比較して、高調波ひずみ特性を劣化させずに高い出力電圧が得られることを確認した⁽⁵⁾。

[参考文献]

- (1) 久保, 大出: “オブジェクトベース音響の副音声制作におけるダイアログレベルの自動調整法の検討,” 信学技報, Vol. 119, no. 439, EA2019-160, pp. 343-348(2020)
- (2) 北島, 大出, 久保, 西口: “マルチチャンネル音響における音響中心以外の聴取位置に適応した再生手法に関する検討,” 日本音響学会聴覚研究会資料, Vol. 49, No. 6, H-2019-71(2019)
- (3) 松井, 伊藤, 森, 井上, 足立: “出力追従制御を応用したトランスオーラル再生制御器設計における制約緩和,” 音響学会誌, vol. 75, no. 7, pp. 374-383(2019)
- (4) 伊藤, 松井: “出力追従制御を応用したトランスオーラル再生における仮想音源別制御器設計最適化,” 音響学会誌, vol. 76, no. 1, pp. 23-26(2020)
- (5) 杉本, 小野: “GaNトランジスタを用いた薄型スピーカ用スイッチングアンプの開発,” 音響学会春季講演論文集, 2-1-9(2020)

2.5 符号化

8Kスーパーハイビジョンのフルスペック化や地上放送の高度化を目指し、映像符号化の研究を進めている。

■ 8K 120Hz符号化・復号装置を用いた実証と性能改善

2017年度から開発を続けている8K 119.88Hz（以下、120Hz）の映像と22.2chの音声を符号化する8K 120Hz符号化装置を用いて、技研公開2019においてライブ伝送実験を実施した（図2-10）。この実験では局外の中継現場に設置した8K 120Hzカメラで撮影した映像および22.2chの音声を、本装置を用いて250Mbpsにリアルタイムに符号化し、21GHz帯衛星で伝送して復号画像を展示した。

2019年度に実施した本装置の符号化性能向上として、カットチェンジ検出の120Hz化と、プリフィルターの自動制御機能の追加を行った。2018年度に導入した4K 59.94Hz（以下、60Hz）による先行符号化を用いた映像分析は、120Hz映像の偶数フレームのみを対象としていたが、新たに奇数フレームも分析の対象とし、すべてのフレームについてカットチェンジ検出を可能とした。これにより、カットチェンジを含む8K 120Hz映像の符号化画質の向上を図った。また、プリフィルターの強度を制御する機能を追加し、ノイズの多い映像に生じやすい符号化劣化の抑制を実現した。さらに、ARIB TR-B39に準拠したMMT (ARIB STD-B60)による信号出力機能を追加した。

本装置で符号化した9種類の8K 120Hz映像を用い、専門家による主観評価実験で符号化画質を検証した。平均評点値は、85Mbpsでは8種類の映像で劣化の許容限である3.5以上、110Mbpsではすべての映像で3.5以上となった⁽¹⁾。また、同じ符号化ストリームを60Hz映像として復号し8K 120Hz符号化ストリームの60Hzデコーダとの後方互換性を確認した。この場合も、85Mbps（8K 120Hz符号化ストリーム全体のビットレート）では8種類の映像、110Mbpsではすべての映像で平均評点値が3.5以上となった。これらの結果から、本装置を用いた場合、時間階層符号化による8K 120Hz映像の所要ビットレートは85Mbpsであると推定した⁽²⁾。

これらの研究は（株）富士通研究所と共同で実施した。



図2-10 技研公開2019での展示

■ 客観評価指標の検討と主観評価結果の統計的分析

HLG (Hybrid Log-Gamma) およびPQ (Perceptual Quantization) 方式を使用した実用的な用途に適したHDR 画像用客観評価指標の検討を進めた。

本検討では、HLGおよびPQ方式の画像を符号化し、主観評価実験を実施するとともに、さまざまな客観評価指標を適用し、それぞれの主観評価結果との適応度を評価した。主観評価実験の結果と客観評価指標の計算値との相関係数や平均誤差を調査した結果、HLG方式のガンマカーブとSDR画像用の客観評価指標を組み合わせた指標が両方式に対して最も優れていた。また、これまでの検討で優れているとされてきた客観指標であっても、HLGおよびPQ方式の画像符号化に適さない場合があることを確認した⁽³⁾。

あわせて、主観評価実験の評点を分析し、統計的な意味を明らかにするとともに、実験の実施方法を検討した。本検討では、専門家と非専門家がDSIS (Double Stimulus Impairment Scale) 法に基づいて評価した実験データを用いて評点の分布や分散を解析した。この結果から、慣習的に画質の基準とされてきた評点の統計的な意味を明らかにするとともに、慣習的に非専門家が良いとされてきた評定者についても、専門家の方が適している用途があることを確認した⁽⁴⁾。

これらの研究はボンベウ・ファブラ大学と共同で実施した。

■ 次世代映像符号化技術の開発と標準化

地上放送の高度化に向け、高効率な映像符号化技術の開発を行っている。2019年度は、画面内予測やループフィルターの改善技術、ブロックに適用する直交変換の種別や重み付き双方向予測のパラメーターに応じた適用制御手法などを開発した。

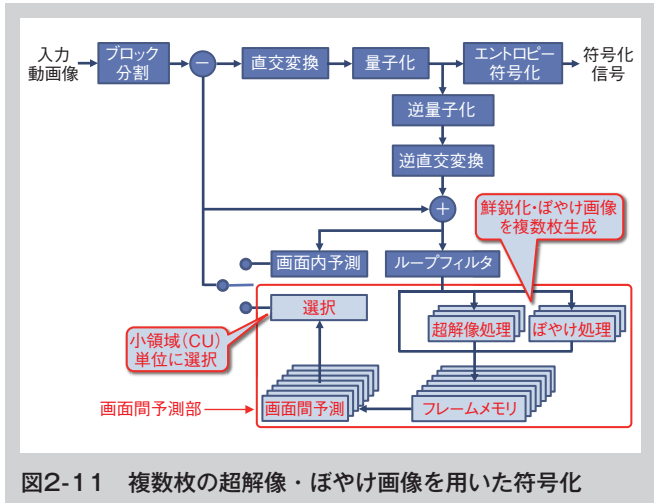
これらの技術の一部を、ITU-TおよびISO/IECの国際標準化作業班JVET (Joint Video Experts Team) で標準化中の次世代映像符号化方式VVC (Versatile Video Coding) の要素技術として提案した。提案した4:2:2映像フォーマットにおける色差信号のイントラ予測モード符号化の改善手法⁽⁵⁾は、VVC国際規格原案に採用され標準化が進められている。また標準化における技術評価に用いられるHDR映像の共通実験条件の策定に寄与するとともに⁽⁶⁾、8K HLG映像の符号化において、VVCで導入された各要素技術の個別性能を検証し、プロファイル案の作成に貢献した⁽⁷⁾。

あわせて、国際標準化作業班JCT-VC (Joint Collaborative Team on Video Coding) において、コーデック開発で産業上求められる実用的な映像フォーマットやインターフェースなどの組み合わせを示すガイドライン標準化に寄与した⁽⁸⁾。

また、技研公開2019やIBC (International Broadcasting Convention) 2019において、地上放送の高度化を想定した約30Mbps程度のビットレートにおけるVVCおよびHEVCによる8K映像の符号化画質比較を展示し、次世代符号化方式の実現性を示した。

■ 超解像や機械学習を応用した符号化

オブジェクトの動きに起因した解像度の変化により生じる画



画面間予測効率の低下を改善する手法として、従来の画面間予測の参照画像に加え、その超解像画像・ぼやけ画像の3枚を小領域毎に選択する技術を開発し、符号化効率の改善を確認した⁽⁹⁾。これをさらに改善するため、超解像画像・ぼやけ画像を複数枚とし(図2-11)、ウェーブレット多重解像度成分間のレジストレーション超解像技術の高速化や付加情報量の削減も行い、シミュレーションにより効果が得られることを確認した⁽¹⁰⁾。

演算負荷の低減を目的として、イントラ予測のモード決定に機械学習の導入を検討し、VVCにより適したモデルの設計を行った⁽¹¹⁾。評価の結果、特に大きなブロックサイズに対して効果が高いことが確認された。この研究は明治大学と共同で実施した。

■ 8Kファイルフォーマットの開発および標準化

8K番組制作における番組交換、送出、アーカイブなどのワークフローを、ファイルベースシステムで実現するためのファイルフォーマットの検討および標準化を進めた。

高ビットレート領域における8K符号化画像の客観画質評価値(PSNR)を測定し、本フォーマット案の符号化制約条件のひとつである動き参照構造の制約の影響を確認した⁽¹²⁾。また、本フォーマット案における要求画質を満たすビットレートを明らかにするための主観画質評価実験を実施した。本評価実験では、高ビットレート領域でのビットレートの違いに応じた軽微な劣化の差異を評価するため、独自の評価手法を考案した。実験から、一般的な自然画像を対象とした場合、4K 60Hzに対しては200Mbps、8K 60Hzに対しては600Mbpsのビットレートを確保することで、ユーザーの要求を満たすことを明らかにした⁽¹³⁾。この結果をもとに、ビットレートを含めた4K8Kファイルフォーマットの標準化を進めた。

また、本フォーマットに従うストリームを出力する、8K高ビットレート符号化装置を試作し(図2-12)、2018年度に試作した復号装置とあわせて、リアルタイムでの符号化および復号が可能であることを確認した。

【参考文献】

(1) 岩崎, 雷, 千田, 杉藤, 井口, 神田, 三好, 上原: “8K120Hz HEVCエンコーダの画質評価,” 信学技報, IE2019-20, vol. 119, no. 95, pp. 19-24(2019)

- (2) S. Iwasaki, L. Xuying, K. Chida, Y. Sugito, K. Iguchi, K. Kanda, H. Miyoshi and Y. Uehara: “The Required Video Bitrate for 8K 120-Hz Real-time Temporal Scalable Coding,” IEEE International Conference on Consumer Electronics 2020 (ICCE 2020), Session 2.1 (2020)
- (3) Y. Sugito and M. Bertalmio: “Practical use suggests a re-evaluation of HDR objective quality metrics,” 11th International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX), Berlin, Germany, pp. 1-6(2019)
- (4) Y. Sugito and M. Bertalmio: “Non-Experts or Experts? Statistical Analyses of MOS using DSIS Method,” (International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), Barcelona, Spain, TH3.1.5(2020)
- (5) S. Iwamura, S. Nemoto and A. Ichigaya: “Non-CE3: On chroma DM derivation table for 4:2:2 chroma format,” JVET-00655 (2019)
- (6) A. Segall, E. François, W. Husak, S. Iwamura and D. Rusanovskyy: “JVET common test conditions and evaluation procedures for HDR/WCG video,” JVET-02011 (2019)
- (7) S. Nemoto, S. Iwamura and A. Ichigaya: “AHG13: Compression performance analysis for 8K HLG sequences,” JVET-P0616 (2019)
- (8) Y. Syed, C. Fogg, A. Ichigaya, L. Borg, C. Seeger, A. Tourapis, W. Husak and G. Sullivan: “Usage of video signal type code points,” Rec. ITU-T H.Supp19(2020)
- (9) Y. Matsuo: “Inter Prediction Using Super-Resolved or Blurred Local-Decoded Picture in Each CU,” Proc. of IEEE IWSSIP (2019)
- (10) 松尾: “鮮鋭化・ぼやけ画像を用いた画面間予測による動画画像符号化,” 信学技報, IE2019-117, vol. 119, no. 4, pp. 97-102(2020)
- (11) 関, 鹿喰, 岩村, 根本: “VVCイントラ予測用CNNの設計,” 画像符号化/映像メディア処理シンポジウム(PCSJ/IMPS), P-3-15, pp. 126-127(2019)
- (12) 中島, 根本, 井口, 市ヶ谷, 神田, 宮下: “HEVCを用いた8Kファイルベースの所要ビットレート評価,” 映像学年次大, 22D-3 (2019)
- (13) 中島, 根本, 井口, 市ヶ谷, 神田, 河村, 内藤: “HEVCによる4K8Kファイルフォーマットのビットレート検討,” 信学総大(2020)

2.6 衛星放送伝送技術

将来の新しい放送サービスのための有力な伝送路である21GHz帯放送衛星を用いた次世代衛星放送の研究を進めるとともに、現在の衛星放送や新4K8K衛星放送を提供する12GHz帯衛星放送の性能向上に取り組んでいる。

■ 次世代衛星放送の研究

技研公開2019において、21GHz帯放送衛星を利用したフルスペック8Kライブ制作伝送実験を行った。中継現場で撮影した8K120Hzのスーパーハイビジョン信号を圧縮符号化し、誤り訂正符号の符号化率2/3、シンボルレート250Mbaud、ロールオフ率0.1でQPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 変調した伝送レート326Mbpsの広帯域伝送信号をBSAT-4a衛星で中継した。

21GHz帯の電波の降雨減衰特性を評価するため、2018年4月より技研において21GHz帯放送衛星のビーコン信号の長期測定を実施している。降雨減衰特性の初期解析を行ったところ、12GHz帯と比較してデシベル値で3倍となる結果が得られ、ITU-R 勧告P.618のモデルと同様の結果となることがわかった⁽¹⁾。また、東京以外での降雨減衰特性を把握するため、既設の受信観測点(技研とNHK福岡拠点放送局)に続き、2019年度はNHK沖縄放送局での測定を開始した。

衛星放送のサービス時間率改善を目指して、降雨減衰で受信不可となったサービスエリアに対し、別の晴天エリアで受信した信号をIP (Internet Protocol) ネットワークで補完するバックアップシステムを検討している。IPネットワークで生じるパケット消失は衛星放送用の誤り訂正符号と同じLDPC (Low Density Parity Check) 符号を利用して訂正可能であることを確認した⁽²⁾。また、IPネットワークのパケット消失を模擬した2元消失通信路における消失訂正性能を計算機シミュレーションで評価した結果、擬似エラーフリーとなるパケット消失率(許容消失率)は、理論値との差が5%以内であることを確認した(図2-13)。

■ 12GHz帯衛星放送の研究

12GHz帯衛星放送のさらなる大容量化を目指し、高度広帯域衛星デジタル放送の伝送方式ISDB-S3 (Integrated Services Digital Broadcasting for Satellite, 3rd generation)のフレーム構造に対応したIPバルクインターフェースを試作した(図2-14)。本装置は、複数の衛星中継器やIPネットワークを組み合わせたバルク伝送に対応するためにIP信号による入出力に対応できる構成とし、衛星およびIPネットワークのそれぞれの伝送路で伝送された信号同士をフレーム同期させて受信することが可能である。IPバルクインターフェースの送信装置および受

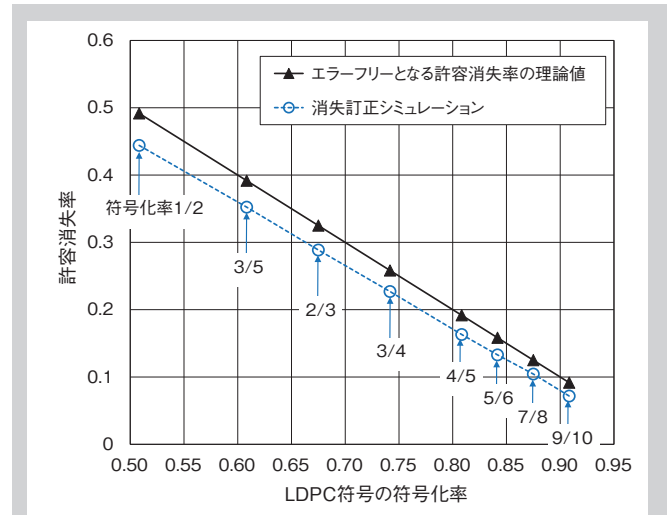


図2-13 消失訂正シミュレーション結果



図2-14 試作したIPバルクインターフェース装置
(上：送信装置、下：受信装置)

信装置をケーブルで直結した伝送実験を行い、複数の衛星中継器を利用した伝送容量の拡大や衛星伝送路と通信路を同時に利用した大容量コンテンツの伝送が可能であることの見通しが得られた。

[参考文献]

- (1) S. Yokozawa, M. Kamei and H. Sujikai: "Rain Attenuation Characteristics for 21-GHz-band Satellite Broadcasting Measured by Beacon Signal," Int. Symp. on Antennas and Propag. 2019 (ISAP2019), TA1F (2019)
- (2) 小泉, 阿部, 鈴木, 横畑, 筋誠: "21GHz帯衛星放送の通信補完による降雨減衰補償 (1) -衛星放送用LDPC符号による消失訂正の検討-", 信学ソ大, B-3-9 (2019)

2.7 地上放送伝送技術

地上波による4K・8K放送の実現に向け、地上放送高度化方式の特性評価や機能の追加、大規模野外実験を実施するとともに、多重伝送方式の検討を進めた。また、現在検討しているFDM (Frequency Division Multiplexing) を用いた高度化方式とは異なるTDM (Time Division Multiplexing) などの方式の研究開発や第5世代移動通信システム (5G) の放送利用の調査、ITU-R やDiBEG (Digital Broadcasting Experts Group) などを通じた国際連携などを実施した。これらの研究の一部は、総務省の周波数ひっ迫対策技術試験事務「放送用周波数を有効活用する技術方策に関する調査検討 (新たな放送サービスの実現に向けた調査検討)」を受託した一般社団法人放送サービス高度化推進協会 (A-PAB) から一部の業務を請け負い、実施した。

■ 地上放送高度化方式への機能追加

時間インターリーブのパラメータ追加、超低C/N (Carrier to Noise ratio) でも伝送可能な階層の実装、および低遅延かつ高耐性な伝送機能の実装を行った。時間インターリーブ長について、従来の $l=0, 1, 2, 3$ に加え $0.25, 0.5, 0.75, 1.5$ のパラメータを追加し、現行の地上デジタル放送と同程度の長さを選択できるように改修し (図2-15)、移動受信環境における速度

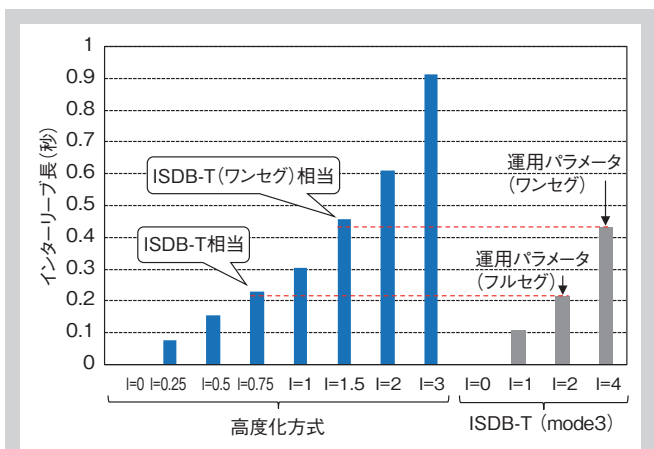


図2-15 時間インターリーブ長のパラメータ追加

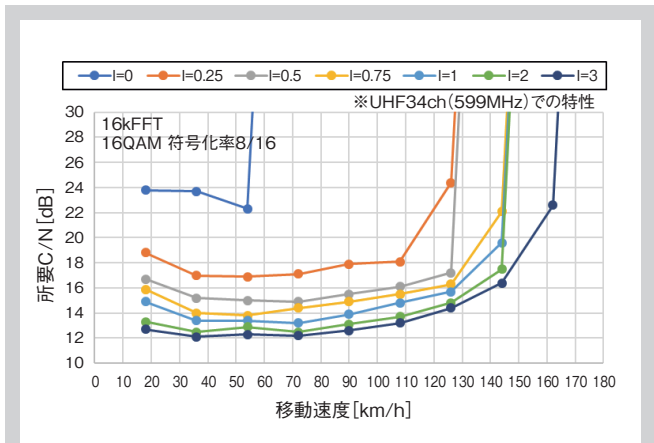


図2-16 時間インターリーブ長と移動受信速度耐性の関係

耐性をより詳細に検証した (図2-16)。超低C/Nでも伝送可能な階層の実装では、地上放送高度化方式における移動受信サービス向け階層の一部セグメントをさらに細かく分割し、それぞれキャリア変調方式や誤り訂正符号化率を個別に設定可能とした。低遅延かつ高耐性な伝送機能は、主に緊急地震速報などへの適用を想定し、新規設計した短符号長、低符号化率のLDPC符号を実装した。

■ 等化判定器

地上放送高度化方式による放送ネットワークの構築に向けて、放送波中継局に設置する等化判定器の動作アルゴリズムについて検討を行った。現行の地上デジタル放送よりも多値のキャリア変調での運用が想定される地上放送高度化方式に対応するために、シンボル軟判定とパイロット信号に雑音を付加する手法を提案し、計算機シミュレーションにより伝送特性の改善効果が得られることを確認した。

■ 大規模野外実験

総務省の周波数ひっ迫対策技術試験事務を受託したA-PABとの請負契約の元で、地上放送の高度化の調査・検討を実施した。具体的には、2016～2018年度の総務省委託研究で開発した高画質で多機能なサービス等を実現可能な伝送方式について、同委託研究で整備した実験設備を活用した野外実験を実施した。

2019年度は、都市部から郊外にかけて全41か所の測定点 (図2-17 (a)) において固定受信実験を行った。現行の地上デジタル放送と同程度の放送エリアを確保することを想定し、キャリア変調方式とLDPC符号化率に関する複数の伝送パラメータの組み合わせ (表1) について、マルチパス環境における伝送特性を評価した。また、移動受信環境における伝送特性を評価するために、高速道路や主要な国道において、FFTサイズやSP (Scattered Pilot) 配置をパラメータとした実験を実施した。SP配置の違いによる受信エリアを評価した結果 (図2-18) より、 $(D_x=6, D_y=2)$ の場合は、 $(D_x=6, D_y=4)$ に比べて時間方向のSP挿入割合が2倍に増加するために伝送レートは約4%低下するが、伝送路の時間変動に対する耐性が強まるために測定ルート内の受信可能なエリア率は約2倍になった⁽³⁾。

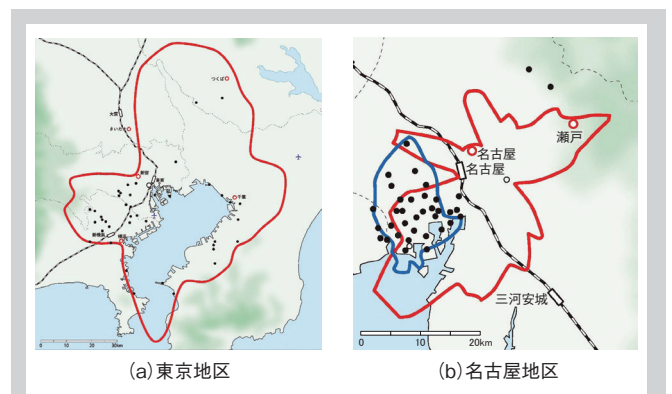


図2-17 固定受信実験の測定点

表1 伝送パラメータ(一例)

	移動受信階層	固定受信階層
FFTサイズ(GI長)	16,384 (126.56 μ s)	
帯域幅	5.83 MHz	
セグメント数	4	31
キャリア変調方式	64QAM(NUC*)	256QAM(NUC*)
LDPC符号化率	7/16	12/16
SP配置 / SP挿入割合	(Dx=6, Dy=2) / 8.3 % (Dx=6, Dy=4) / 4.2 % DxはSPの周波数方向の間隔, Dyは時間方向の間隔	
ビットレート	1.5 Mbps	26.1 Mbps

* Non-Uniform Constellation

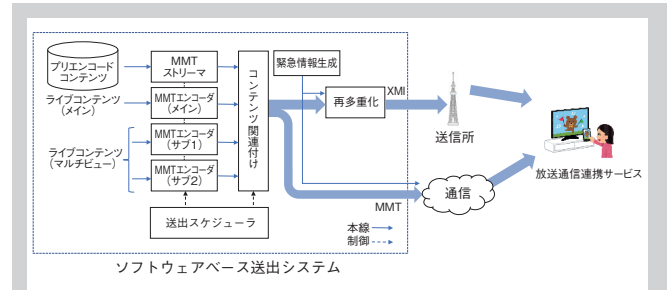


図2-19 ソフトウェアベース送出システムの構成

ともに、より高度な放送通信連携サービスの実現のため、複数の伝送路(地上放送、閉域網、インターネット網)を統合して扱う機能を有する。2019年度は、設定した番組編成情報に基づいて自動的にリソースを切り替える送出スケジューラ機能、放送所にプログラムを送出するための再多重化機能、放送と通信でコンテンツを連携させるための情報や災害時の付加情報の配信機能などを開発し、その基本機能の検証を行った。

さらに、地上放送高度化方式における放送通信連携サービスにおいて、放送サービスを通信で補完する配信システムの検討を進めた。2019年度は、固定受信向けを想定した、フレームレート60Hzの放送波からの映像と通信からの補完データを組み合わせてフレームレート120Hzの映像を提示するシステムを試作した。また、移動受信時に放送波が途切れた場合でも、通信からの補完データを受信することで放送の映像が継続して視聴できるシステムについて検証を行った。

■ TDM方式

従来の地上放送高度化方式で採用しているFDMとは異なるTDMによる信号多重について検討を進めた。

2019年度は、2018年度に試作したTDM変復調装置に誤り訂正符号やインターリーブの機能を実装した。TDMとFDMの信号構造の違いによる特性差を評価するために、誤り訂正符号は、地上放送高度化方式のFDMと同じ符号、インターリーブについてもFDMと同等の処理となるように設計した。あわせて、フレーム同期用の信号として、フレーム先頭に付加されているTMCC (Transmission and Multiplexing Configuration Control) 信号のための誤り訂正符号も実装した。

■ 5G放送モード

5G(第5世代移動通信システム)のNR(New Radio)の信号構造を持つ5G放送モードのフレーム構造を検討し、フレーム化や変復調を行う回路を設計するとともに、装置を試作して、基本動作を検証した。NRの信号を放送同様のセルのエリアでマルチキャスト・ブロードキャスト伝送することを想定し、有効シンボル長3msec、GI(Guard Interval)長300 μ secのパラメータを試作装置に実装した。変復調装置をケーブルで直結した実験により、誤りなく情報が伝送できることを確認した。また、3GPP(3rd Generation Partnership Project)の技術仕様で規定されるチャンネル帯域幅(5MHz、10MHz)に対応する伝送モードに加え、NRの信号を地上デジタルテレビジョン放送のチャンネルで伝送できるように、帯域幅6MHzの伝送モードの仕様を検討し、試作装置に実装した。変調装置が出力する6MHzモードの信号を測定した結果、地上デジタルテレビジョン放送のスペクトラムマスク基準(ARIB STD-B31)を満たすことを確認した。

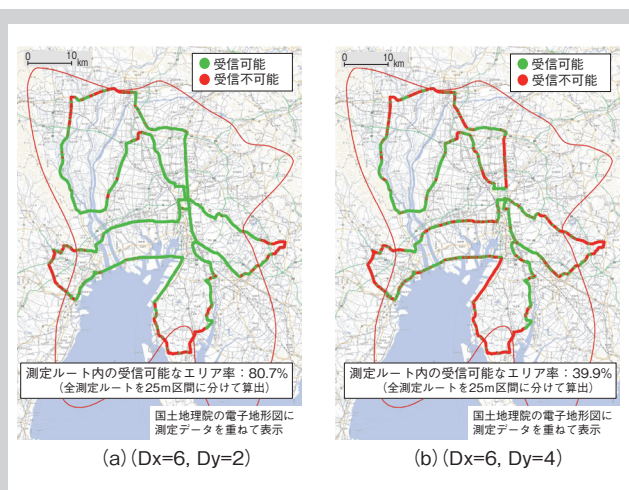


図2-18 SP配置の違いによる受信エリアの評価結果

さらにSFN(Single Frequency Network)環境における伝送特性を評価するため、名古屋地区において2局の送信出力と遅延量を固定したSFN環境を構築し、全36か所の測定点(図2-17(b))における固定および移動受信実験を実施した。測定した受信特性は良好であり、地上放送高度化方式においてもSFNによる周波数の有効利用が可能であることを確認した。

■ 多重伝送方式

地上放送高度化方式において、演奏所から放送所までのSTL(Studio to Transmitter Link)の伝送信号の形式として検討しているXMI(eXtensible Modulator Interface)パケットを商用IP回線網で安定的に伝送するための研究を進めた。2019年度は、複数のIP回線事業者を併用して冗長化とFEC(Forward Error Correction)によるパケットロスを補償する回線冗長化装置を試作した。また、地上放送高度化方式の各階層における伝送信号の遅延時間やジッタ、ビットレートをリアルタイムに監視できるXMIモニタ装置を試作した。これらの装置を用いて名古屋地区の地上放送高度化大規模実験局で検証実験を行い、IP回線によるSTLの回線冗長化で信頼性が向上することを確認した⁽⁴⁾。

また、地上放送高度化方式の送出システムをクラウド上に構築することを目指して、ソフトウェアベース送出システム(図2-19)の検討を進めた。このシステムは、従来専用ハードウェアで構成されていた各種送出機能をソフトウェアで実装すると

■ 次世代の地上放送方式への移行方法の検討

次世代の地上放送方式への移行期において、現行放送 (ISDB-T: Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial) と同一のチャンネルで2Kと4Kを同時に伝送するISDB-T互換方式が1つの方法として検討されている。2019年度は、2Kと4Kを電力的に多重する方式(LDM方式)と、セグメントの一部を4Kに割り当てる方式(セグメント分割方式)について、4K部分(図2-20参照)の伝送手法を検討するとともに、変復調装置を試作した。4K部分のキャリア変調と誤り訂正には、地上放送高度化方式で用いられるキャリア変調技術とLDPC符号を適用することとし、計算機シミュレーションで伝送特性を評価した⁽¹⁾⁽²⁾。特に、LDM方式では4K信号が2K信号の受信に干渉するため、4K信号の電力を変えて、2K信号の受信特性に与える影響も評価した。また、試作した変調装置で発生させた信号を既存の地上デジタル放送受信機に入力し、現行2K信号の受信可否と、4K信号が2K信号の受信に与える影響の調査に着手した。

■ 国際連携

ITU-R WP6A(地上放送)において、各国のUHDTVの地上波野外伝送実験の情報をまとめたレポートおよび第2世代の地上デジタルテレビジョン放送に関する勧告の改訂が進められている。2019年度は、東京・名古屋地区における地上放送高度化方式の大規模野外実験に関する結果を寄与文書として入力し、上記レポートに記載された。

世界の放送事業者・標準化機関等が集まるFoBTv(Future of Broadcast Television) 会合が、NAB Show 2019(4月)、IBC2019(9月)の会場内で開催された。両会合に参加して各地域の次世代地上放送に関する最新動向を調査するとともに、4月会合において地上放送高度化方式とその野外実験について紹介した。さらに、SET EXPO2019(ブラジル・サンパウロ)、APG19-5(東京・品川)、ABU総会(東京・新宿)で技術展示を実施した。

ARIBのDiBEG活動に参画し、ブラジルの規格化組織である

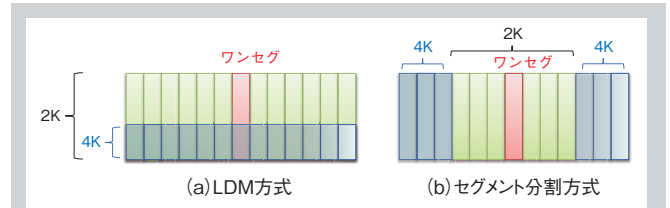


図2-20 ISDB-T互換方式

SBTVD-Forumと次世代地上放送に関する情報共有を行った。また、2019年1～6月の間、ブラジルの放送局TV Globoから滞在研究員を受け入れ、地上放送高度化方式の野外実験等を共同で実施した。

次世代地上放送の5Gでの放送利用に関する検討をEBUと連携して実施している。2019年度は、5Gの標準化を行う3GPP会合において、放送同様のセルのエリアでLTE(Long Term Evolution)ベースのマルチキャスト・ブロードキャスト伝送を行う技術仕様の審議を調査した。また、EBU等と連名で時間インターリーブによる受信特性改善効果に関する寄与文書を作成し、参考情報として入力した。

[参考文献]

- (1) 佐藤, 神原, 岡野, 土田: “ISDB-Tに次世代地上放送をLDMで多重する方式の統合復調時の伝送特性評価,” 映像学冬大, 14C-5 (2019)
- (2) 佐藤, 神原, 岡野, 土田: “ISDB-Tに次世代地上放送をLDMで多重する方式へのグレイ符号化の適用効果,” 映像学技報, BCT2020-19, vol. 44, no. 2(Jan, 2020)
- (3) H. Miyasaka, T. Takeuchi, M. Nakamura, M. Okano and K. Tsuchida: “A Study on the Scattered Pilot Pattern of Mobile Reception for an Advanced ISDB-T,” IEEE International Conference on Consumer Electronics 2020 (ICCE2020), IEEE, Session 1.2 WNT(1)_4
- (4) 永田, 河村, 山上, 楠, 今村: “IP回線による次世代地上STLの回線冗長化及び回線監視装置の製作,” 映像学技報, BCT2019-82, vol. 43, no. 35(2019)

2.8 番組素材伝送技術

4K・8Kのライブ放送における番組制作での活用を目指して、1.2/2.3GHz帯を使用した映像・音声番組素材の無線伝送装置(FPU: Field Pick-up Unit)やミリ波帯を利用したワイヤレスカメラの研究開発を進めている。

■ 1.2/2.3GHz帯移動中継用4K・8K-FPU

1.2/2.3GHz帯の電波を使ってマラソン競技などの4K・8K移動中継を実現するため、TDD(Time Division Duplex)による適応送信制御MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)方式FPUの高度化に関する研究開発を進めた。

2019年度は、2018年度に改修した4ストリームのOFDM信号1キャリアあたりの情報量の合計を16ビットから20ビットに増やした試作装置を用いて室内実験を実施した。郊外の電波伝搬モデルを用いて所要C/N対情報ビットレートを測定した

結果、従来の16ビット時の所要C/Nから約5.6dBの所要C/Nの増加で180Mbpsの伝送が可能であることを確認した(図2-21)⁽¹⁾。また、野外での伝送実験を実施し、圧縮した8Kカメラの映像信号を最大180Mbpsで車で移動しながら伝送できることを実証した(図2-22)。さらに、試作装置の性能改善のために、伝送誤り耐性を強化するHARQ(Hybrid Automatic Repeat reQuest)の追加やIPパケットの入出力を可能にするインターフェースを実装した。

1.2/2.3GHz帯FPUの高度化に関するこれまでの研究開発の成果が反映された「超高精細度テレビジョン放送のための1.2GHz帯及び2.3GHz帯を使用する放送事業用無線局(FPU)の技術的条件」が、総務省の情報通信審議会より答申され、無線設備規則等の制度が改正された。また、ARIBにおいて1.2/2.3GHz帯高度化FPUの標準規格案作成に寄与し、ARIB STD-B75として策定された。

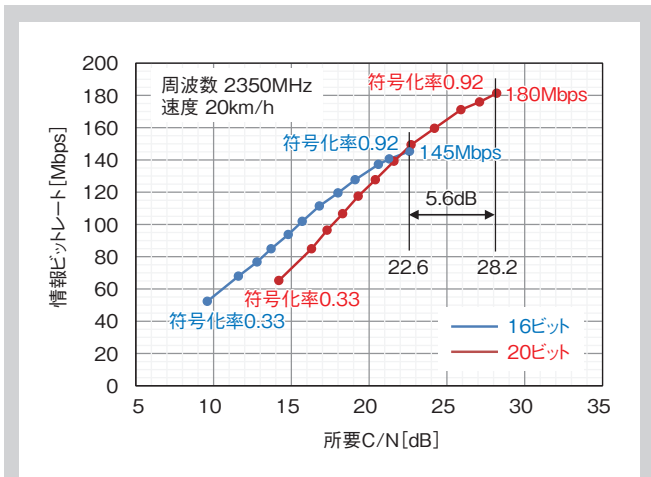


図2-21 所要C/Nと情報ビットレートの関係



図2-23 8Kワイヤレスカメラの野外伝送実験



図2-22 試作装置を搭載した実験車両



図2-24 試作したSC-FDE方式復調器

■ ミリ波帯4K・8Kワイヤレスカメラ

スポーツ中継や歌番組などの4K・8K番組制作で活用することを目指して、42GHz帯の電波で4K・8K映像の無線伝送が可能なワイヤレスカメラの研究を進めた。ワイヤレスカメラの伝送方式として、一般的に電力増幅器のひずみの影響を受けにくく電力効率に優れたSC-FDE (Single-Carrier - Frequency Domain Equalization) 方式を適用した。4Kエンコーダー4台とTS (Transport Stream) 多重装置から成る可搬型の映像符号化装置とSC-FDE方式の小型送信機を組み合わせることで8Kワイヤレスカメラを実現した。室内実験でC/N対ビットエラーレートの特性を評価⁽²⁾するとともに、野外伝送実験により、180Mbpsに圧縮した8Kカメラ映像を遅延時間50ms、距離約100mで無線伝送することに成功した(図2-23)⁽³⁾。

また、伝送特性の改善を目指して、誤り訂正符号の方式を従来の畳み込み符号とリードソロン符号の接続符号からLDPC (Low Density Parity Check) 符号と、BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) 符号の接続符号に変更するとともに、最大4受信のダイバーシティに対応したSC-FDE方式復調器を試作した(図2-24)。試作装置の室内実験により伝送特性を評価した結果、所要C/Nを約3dB改善できることを確認した。また、従来

のミリ波帯2Kワイヤレスカメラと比較すると、同等の所要C/Nでの伝送容量を80Mbpsから2倍以上となる200Mbpsに拡大できることがわかった⁽⁴⁾。

この他、さらなる大容量伝送に向けた取り組みとして、キャリア変調方式として採用している16APSK (16 Amplitude and Phase Shift Keying) および32APSKのマッピング点配置の最適化や、送信機の回路規模を維持したまま送信信号のひずみを補償する方式の検討を進めた。

〔参考文献〕

- (1) 鶴澤, 伊藤, 光山, 中川, 居相: “次世代移動中継用FPUの伝送容量拡大に向けた検討,” 映像学年次大, 31E-2(2019)
- (2) Y. Matsusaki, F. Yamagishi, A. Yamasato, T. Nakagawa, S. Okabe and N. Iai: “Development of UHDTV Wireless Camera Transmitter using Millimeter-Wave Band,” 2020 IEEE Radio & Wireless Week (RWW 2020), MO2B-5(2020)
- (3) 山岸, 松崎, 島崎, 山里, 中川, 岡部, 居相: “ミリ波SHVワイヤレスカメラによる8K映像無線伝送実験,” 映像学冬大, 22A-5(2019)
- (4) 島崎, 松崎, 山岸, 中川, 居相: “SHVワイヤレスカメラのLDPC符号による伝送特性改善,” 信学総大, B-5-97(2020)

2.9 有線伝送技術

新4K8K衛星放送のさらなる普及促進や、放送通信連携によるサービスの高度化を目指して、ケーブルテレビ (CATV) 事業者が所有するFTTH (Fiber To The Home) の商用クロードネットワークを利用したIPマルチキャスト配信方式の研究を進めている (図2-25)。

戸建て住宅や光ファイバーが敷設された集合住宅において放送通信連携サービスを実現することを目指したIPマルチキャスト配信実験を行った。実験では、IX (Internet eXchange) 事業者 に設置した配信サーバーから、放送ルートを想定した4K映像 (図2-25の①) と通信ルートでの伝送を想定した自由視点ARデータ (図2-25の②) の信号をCATV事業者に向けてマルチキャスト配信し、CATV局内の実験用クロードネットワーク内に配置したIP-STBとタブレット端末で受信した。MMTパケットに含まれる絶対時刻情報を用いることで4K映像と自由視点ARデータが同期してタブレット端末で再生できることを確認した。さらに、配信サーバーとIP-STB間のパケットエラーレート、遅延時間、ジッタを測定した結果、実験用のクロードネットワークにおいてIP放送に関する総務省令で規定された技術的条件を満足することがわかった⁽¹⁾⁽²⁾。これらの結果から、CATV事業者の商用クロードネットワークで放送通信連携サービスを実現できる可能性を示した。

同軸ケーブルのみが敷設されている集合住宅では、多チャンネルの4K・8K放送を集合住宅内で伝送することができない。この課題解決のために提案した、限られたチャンネルで番組を効率的に配信できるIPカプセル化方式の有効性を検証するために、2018年度に試作したIPカプセル化装置と、既存のDOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specifications) 規格の装置を組み合わせたIPマルチキャスト配信実験を行った (図

2-26)。その結果、IX事業者から配信した4K・8K番組をCATV事業者が所有する棟内伝送の実験ネットワーク内で正常に配信・選局できることを確認し、提案方式の有効性を示した。また、同軸ケーブルのC/Nが悪い場合に発生するパケットロスの対策として、IPレイヤーの誤り訂正技術であるAL-FEC (Application Layer-Forward Error Correction) の使用が有効であることを確認した⁽³⁾。ただし、ペイロード長を調整できない新4K8K衛星放送のMMT方式のIPパケットに対してAL-FECを適用する場合、AL-FECのヘッダ情報を付加することでIPパケット長が1500Byteを超えるため、市販の一部のネットワーク機器ではそのIPパケットを伝送できない。この対策として、IPv6ヘッダをIPv4ヘッダに変換してヘッダ長を短縮する方式を考案し、AL-FECを用いて安定したIP配信を実現できる見通しを得た⁽⁴⁾。

〔参考文献〕

- (1) 山上, 河村, 永田, 楠, 今村: “商用クロードネットワークを用いたIPマルチキャスト配信実験,” 映情学冬大, 13C-1 (2019)
- (2) 永田, 河村, 山上, 今村: “MMTによる4K・8K IPマルチキャスト大規模配信実験,” 映情学技報, BCT2019-45, vol. 43, no. 10 (2019)
- (3) 楠, 倉掛, 今村, 河村, 斎藤: “4K8K多チャンネルIP放送に向けたDOCSIS規格を活用する棟内伝送装置の開発と性能評価,” 映情学技報, BCT2019-48, vol. 43, no. 17 (2019)
- (4) 楠, 倉掛, 今村, 河村, 斎藤: “ケーブルテレビにおけるIPヘッダ変換を用いた新4K8K衛星放送のIP再放送の検討,” 信学総大, B-8-26 (2020)

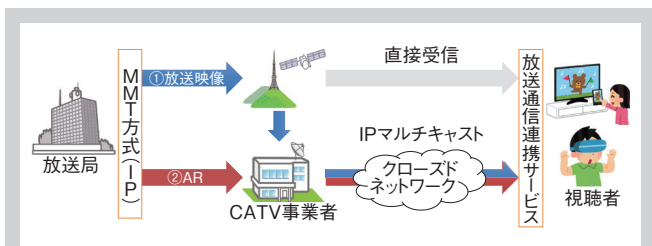


図2-25 IPマルチキャストを活用した、放送通信連携による4K・8K放送高度化のイメージ



図2-26 IPマルチキャスト配信実験の様子

3 コネクテッドメディア

3.1 コンテンツ提供基盤

視聴者の生活スタイルが多様化するとともに、情報の取得手段の多様化も進んでいる。放送局のコンテンツを伝送路に依存することなく、さまざまなデバイスや視聴者の状況に適した形であまねく届けるための研究を進めた。

■コンテンツオリエンテッドIoT

放送と多様なサービスの連携を実現するために、コンテンツを起点としてIoTデバイスを制御するコンテンツオリエンテッドIoTを提唱している⁽¹⁾。2019年度は、視聴者がテレビの前を離れても、番組の内容を身近にある多様なIoTデバイスを用いて、それぞれのデバイスの特徴に応じた手段でユーザーに提示する試作システムを技研公開2019で展示した(図3-1)。

IoT機器の相互接続を図るW3C WoT (Web of Things) Interest Groupに参加し、コンテンツオリエンテッドIoTに基づくユースケースの提案を行うとともに、W3C TPAC (Technical Plenary and Advisory Committee Meetings) 2019において実施された相互接続テストWoT Plugfestにて提案シナリオに基づくデモを展示した。

IoTデバイスの制御情報を含むコンテンツ記述形式の検討を進め、放送局などのコンテンツ提供者がユーザー側IoTデバイスを把握しなくとも、そのデバイスが自律的にコンテンツに合わせた動作をすることが可能なコンテンツ記述形式を定義し、プロトタイプでの動作検証を行った⁽²⁾。また、放送とIoTデバイスをつなげる仕組みとして、放送連携IME(文字入力支援ソフト)を提案した。放送内容と周辺デバイスに応じたかな漢字変換候補が示され、選択した候補から簡単にIoTデバイスを制御できる仕組みを示した⁽³⁾⁽⁴⁾。

■動画提供基盤

放送局が提供する動画配信サービスを、放送/ネットの伝送路の違いを意識せず、視聴者がテレビで簡単に利用できる動画提供基盤の研究を進めている。技研公開2019で試作システムを展示し、放送局による動画配信サービスの利便性が向上する可能性を示した(図3-2)。



図3-1 コンテンツオリエンテッドIoTのデモ展示

動画配信サービスで用いられる既存の受信機アプリの課題を整理し、ハイブリッドキャスト上で放送信号と独立して動作し、かつ放送サービスと連携可能な、「放送独立型マネージドアプリ」を提案した⁽⁵⁾(図3-2(a))。

動画のシーンに応じて付与できるイベント情報、MTE(Media Timed Event)に着目し、放送事業者の想定するユースケースに適用する際の課題を明らかにした⁽⁶⁾(図3-2(b))。このうち、動画配信を視聴中の災害時の速報やニュースなど緊急時のイベント通知を想定したシステムを試作し、W3C TPAC2019にてデモするとともに、機能検証によりサービスの実用性を確認した⁽⁷⁾。また、民間放送事業者と協力し、広告利用や災害対応を想定したMTEによるメタデータ活用サービスを試作し、検証実験による評価も実施した。その結果、MTEの放送サービスでの有用性を示すと同時に、イベント発火時間の揺らぎの課題を明らかにし、今後の検討事項とした⁽⁸⁾。テレビ向け動画配信サービスにおいてマルチデバイス対応による配信効率化や低遅延化を目的に、HTTPストリーミングの新しいフォーマットであるCMAF(Common Media Application Format)のハイブリッドキャストビデオへの適用について調査・検討を進めた。

■ハイブリッドキャストコネク

日々の生活行動と放送サービスをより簡単に結びつけるために、視聴者が日常利用しているスマホやIoTデバイスを起点としてテレビ上のハイブリッドキャストアプリケーションと連携する端末連携機能(ハイブリッドキャストコネク:ハイコネ)の開発を進めている。2019年度は、受信機、クライアント、サーバー等の相互接続性を確認するツールを開発したほか、サービス提供者の開発を容易にするためのクライアント用ソフトウェア開発キット(SDK)、サンプルアプリ、連携端末通信プロトコル機能エミュレーターをオープンソースソフトウェアとして公開した。

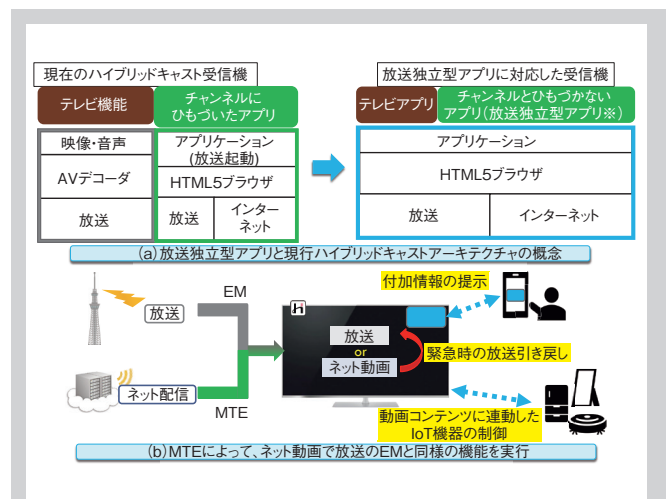


図3-2 技研公開2019における動画提供基盤技術の展示

■ メタデータ連携技術

今後拡大していくネットサービスに向けたコンテンツ制作のため、さまざまなメディア処理をクラウド上で連携させるEBU (European Broadcasting Union) の技術プロジェクトMCMA (Media Cloud and Microservice Architecture) において標準化活動に参画した⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。MCMAの試作システムの開発を行い⁽¹¹⁾、技研公開2019にてさまざまなメタデータを効率的に生成するデモの展示を行った(図3-3)。

教育分野では、超スマート社会「Society5.0」での学校のイメージ、「学校ver3.0」が文部科学省から提案され、学習の個別最適化が注目を集めており、そこで放送コンテンツを活用する検討を始めた。番組に付随するメタデータからコンテンツ同士の関連性を自動推定する研究を進め、単語間の関連性をRDF (Resource Description Framework) で構造化したメタデータ連携基盤を提案した⁽¹²⁾。また、メタデータ連携基盤を教育(生物)分野へ活用したコンテンツ提示システムを構築した。

■ ハイブリッドキャストの国際展開

HTML5をベースとする、国内のハイブリッドキャストと欧州のHbbTV2の両方で同じ動作を実現するアプリケーション作成システムの研究を進め、技研公開2019においてデモ展示を行った。また、本システムを国際展示会IBC (International Broadcasting Convention) 2019で展示し、HTML5ベースの放送通信連携によるサービス展開の可能性やソフトウェア共有の可能性を示した。ブラジルのSET EXPO2019でもビデオ展示するとともにブラジルのSBTVDフォーラムやASEAN諸国の関係者と等価アプリケーションによるサービス展開の可能性について協議するなど、国際的なサービス展開についての検討も進めた。

■ 4K・8Kマルチメディア放送と放送通信連携システムの標準化活動

国内標準化活動としては、新4K8K衛星放送における、ARIB-

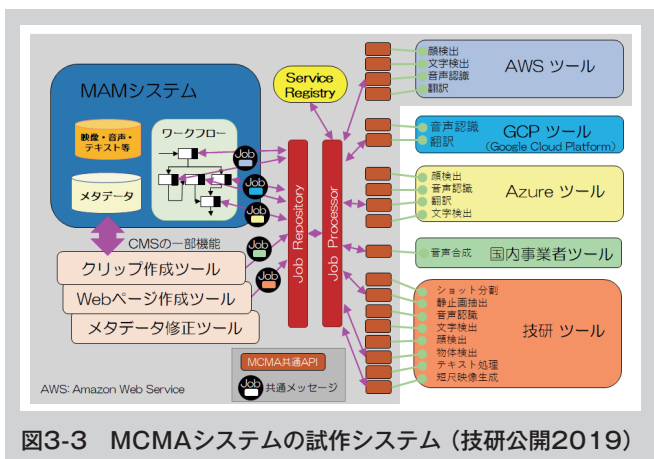


図3-3 MCMAシステムの試作システム (技研公開2019)

TTML文書からのリソース参照に関して運用規定の提示動作規定とあわせるための字幕・文字スーパーの符号化部分の改定、および新元号「令和」の合字追加のためのモノメディア符号化部分の改定を行い、(一社)電波産業会 (ARIB) 規格に寄与した。IPTVフォーラムにおいては、放送独立型アプリの追加とハイブリッドキャストビデオのCMAF対応に向けた規格改定に寄与した。また、当所で開発したハイブリッドキャストコネクットの相互運用性検証ツールを提供し、実用化に向けた技術検証にも寄与した。日本ケーブルラボにおいては、ケーブル自主放送でハイコネやハイブリッドキャストビデオによるサービスを可能とするための規格改定に寄与した。

国際標準化活動としては、放送通信連携システムに関するITU-RレポートBT.2267において、各IBB (Integrated Broadcast-Broadband) システム間でのアプリの相互変換方法に関する追記、およびハイコネに関する追記を行った。ABU (Asia-Pacific Broadcasting Union) 技術委員会においては、放送におけるマルチメディア方式、CAS方式、セキュリティーに関する内外最新動向について報告し、日本の放送方式とハイブリッドキャストの普及促進を図った。W3Cにおいては、ハイコネとメディアタイムイベントの適用に関する報告、および、WoT規格の技術検証として放送とIoT機器との連携のデモを実施した。

〔参考文献〕

- (1) H. Ogawa, H. Ohmata, M. Ikeo, A. Fujii and H. Fujisawa: "System Architecture for Content-Oriented IoT Services," IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (2019)
- (2) 阿部, 遠藤, 小川, 藤沢: "コンテンツ起点によるIoT制御のための推奨情報記述," 信学総大, D-9-4 (2020)
- (3) 遠藤, 阿部, 高木, 谷田, 藤沢: "ユーザ文字入力を利用した放送連携システムの設計と試作," 信学総大, D-9-5 (2020)
- (4) 高木, 遠藤, 阿部, 藤沢, 谷田: "ユーザの文字入力を利用した放送連携サービスの検討," 信学総大, D-9-6 (2020)
- (5) 広中, 瀧口, 池尾, 大亦, 藤井, 藤沢: "放送独立型マネージドアプリに関する一検討," 映情学冬大, 13C-2 (2019)
- (6) 瀧口, 池尾, 上原, 藤沢: "Media Timed Eventsの放送連携利用に関する一検討," 映情学年大, 13C-5 (2019)
- (7) 瀧口, 池尾, 高木, 西村, 藤沢: "Media Timed Eventsを活用した放送通信連携システムの設計と試作," 情処全大, 4E-04 (2020)
- (8) 高木, 中井, 瀧口, 池尾, 藤沢, 谷田: "Media Timed Eventsを用いた動画配信におけるメタデータ活用の検討," 映情学冬大, 13C-4 (2019)
- (9) M. Sano: "How to refer MCMA Github code for developing your own MCMA-based system," EBU MDN (Metadata Developer Network) Workshop 2019
- (10) 佐野: "MCMA (Media Cloud and Microservice Architecture) 標準化活動の紹介," ITUジャーナル, vol. 49, no. 7 (2019)
- (11) 佐藤, 藤沢, 藤井, 佐野: "MCMAベースのコンテンツ制作システムの試作," 映情学年次大, 22C-4 (2019)
- (12) 佐藤, 大亦, 藤沢, 藤津: "メタデータ連携基盤の提案と教育への活用の一考察," 信学総大, D-9-3 (2020)

3.2 行動連携技術

放送視聴とネット利用、さらには放送を視聴していない時の生活行動とも連携させたサービスを提供できる基盤の開発を目指し、放送の視聴データや番組関連データに加えて、人々の生活に関わる多様なサービスから得られるデータを相互に連携して安全・安心な利用を可能とする技術の研究を進めている。2019年度は、2018年にIPTVフォーラムにおいて標準化されたハイブリッドキャストの端末連携機能（ハイブリッドキャストコネクト:ハイコネ）を用いたサービス連携の有効性を検証するための実験や、ハイブリッドキャストコネクトを用いて取得した視聴データを利活用するモデルの検討を進めた。

■ 視聴データ利活用の取り組み

放送視聴データ（「いつ、どの番組を見たか」という情報）を視聴者自身が管理・利活用するモデルの検討を進めた。ハイコネの機能（ハイコネ・ライブラリ）を組み込んだスマホアプリをテレビと連携させることで、視聴者が放送視聴データを自らのスマホ内やクラウドのストレージにて蓄積・管理し、詳細な番組内容とあわせて提示することができるアプリを試作し、技研公開2019で展示した（図3-4）⁽¹⁾。また、同様の方法で蓄積した自身の放送視聴データを、視聴者の意思で放送以外のサービスと連携させることで、過去に視聴した番組で紹介された店舗などの情報に容易にアクセスできるアプリを試作した。この試作アプリは、CMT(Connected Media Tokyo) 2019で展示し、放送視聴データの利活用事例として紹介した（図3-5）。

個人ごとに蓄積した放送視聴データの利活用ユースケースを整理し、視聴者間でお互いの視聴データは秘匿したまま共通の要素だけを抽出する仕組みや、放送視聴データの真正性を第3

者に証明する方式について検討を進めた。個人ごとに蓄積した放送視聴データは秘匿したまま、視聴の共通要素を共有することで、個人間のコミュニケーション活性化を図るプロトタイプを試作し、その実現可能性を確認した⁽²⁾。

■ さまざまなサービスと連携した実証実験

ケーブルテレビ事業者の協力のもと、ハイコネの実用性や視聴データ利活用の効果などを検証した。ハイコネを用いた放送の選局や視聴データを取得して可視化する機能などを搭載した実験用のスマホアプリを試作し、ケーブルテレビ加入者のうち約80名の被験者に試作したスマホアプリとハイコネ対応のケーブルSTB（セットトップボックス）を配布して実環境における実験を約1ヶ月実施し、Webアンケートによる評価を行った。

また、既存のスマホ用カレンダーアプリに、番組データを用いた放送の視聴予約機能とハイコネによる放送との連携機能を付加したものを試作し⁽³⁾、Webアンケートとインタビューによるユーザー評価を実施した。その結果、見る番組をスケジュール化することが放送の視聴の促進に有効であることや、ハイコネによる放送連携機能はユーザーに受け入れられる可能性が高いことなどを確認できた。

そのほか、放送視聴中の関連情報の利用やテレビの選局を可能とするハイコネの機能と、現在位置などのユーザーの状況に合わせてコンテンツを自動選択して番組を視聴可能とするメディア統合機能を組み合わせたスマホのコンテンツツールの（コンテンツの舞台となる場所などを巡る観光行動）アプリを試作し⁽⁴⁾、ユーザー評価を実施した。その結果、本アプリが番組視聴と観光行動の相互作用の促進に有効であることや、上記の各機能についてユーザーに受け入れられる可能性が高いことなどを明らかにした。



図3-4 放送視聴データの蓄積・提示アプリの試作

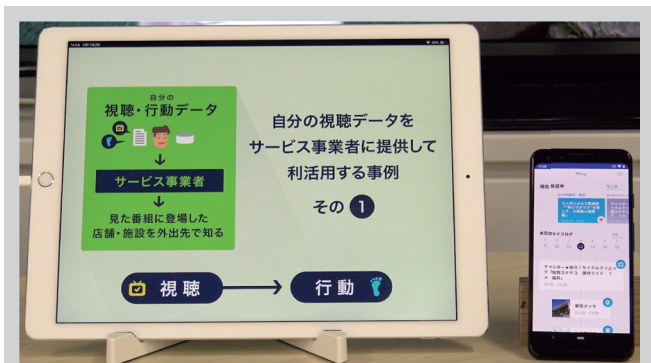


図3-5 CMT2019で展示した放送視聴データ利活用事例



図3-6 試作アプリによる放送とカレンダーとの連携



図3-7 試作アプリによる放送と観光との連携

〔参考文献〕

- (1) 田口, 関根, 山村, 大亦, 藤沢, 藤井: “ユーザセントリックな放送視聴データの蓄積・提示アプリの試作,” 映情学年大, 13C-4 (2019)
- (2) 田口, 関根, 山村, 大亦, 藤沢, 藤井: “ユーザセントリックなデータ管理モデルにおける秘匿共通集合計算を用いた視聴データの

共通要素抽出アプリの試作,” 映情学技報, BCT2020-40(2020)

- (3) 佐藤, 池尾, 大亦, 藤沢, 藤井, 佐野: “カレンダーとハイブリッドキャストコネクトを用いた放送の視聴機会拡大に向けた検討,” 映情学全大, 2E-06(2019)
- (4) 遠藤, 藤澤, 藤沢, 藤井: “観光と連携したコンテンツ視聴システムの試作,” 映情学年次大, 22D-2(2019)

3.3 IP配信基盤

屋内外での個人視聴やスポーツ会場・避難所での集団視聴など、インターネットを活用して視聴者がコンテンツを視聴するさまざまな利用シーンに応じて、適切なタイミングでのコンテンツ提供および快適視聴を実現するIP (Internet Protocol) 配信基盤技術の開発を進めている。

■ 8K映像を活用した高解像度ズーム視聴技術

8K映像を活用した新たな視聴体験の提供に向けて、スマートフォンやタブレット等2Kディスプレイの視聴端末において、ズームやスワイプ等によってユーザーが自由に注視点を拡大・移動しながらも、高品質かつ高レスポンスで視聴できる技術を開発した。

開発した技術は、8K解像度の元素材を2Kダウンコンバート1種類(以下、2K-DC)、4Kダウンコンバートの1/4領域切り出し25種類(以下、4K-DC_crop [i])、8Kの1/16領域切り出し49種類(以下、8K_crop [j])の計75種類の2K画素数のストリームを生成し、ユーザーの視聴操作に応じて2K-DC/4K-DC_crop [i]/8K_crop [j]のそれぞれから注視点に最も近い1種類、計3ストリームを配信する。視聴端末では、それら3ストリームを画面上で重ねて配置し、視聴領域やズーム倍率に応じて切り替えて提示することで、2K画素数の映像3ストリーム分の伝送容量に抑えつつ高解像度なズームを可能とする(図3-8)。

本方式を実装した配信システムと視聴アプリケーションを試作し、タブレット端末で動作検証を行った。その結果、ピンチイン、ピンチアウト、スワイプ、タップ等のユーザー操作に安定かつスムーズに追従して注視点を切り替えられることを確認した⁽¹⁾。

■ ネットワークスライスの動的選択による高レスポンス配信技術

ネット動画配信における再生開始までの待ち時間の短縮や動画の切り替え時間の短縮により、視聴の快適性を高める手法として、ネットワークスライス(所要帯域などサービス要件に合わせて構築された仮想ネットワーク)の動的選択による高レスポンス配信技術を開発した。

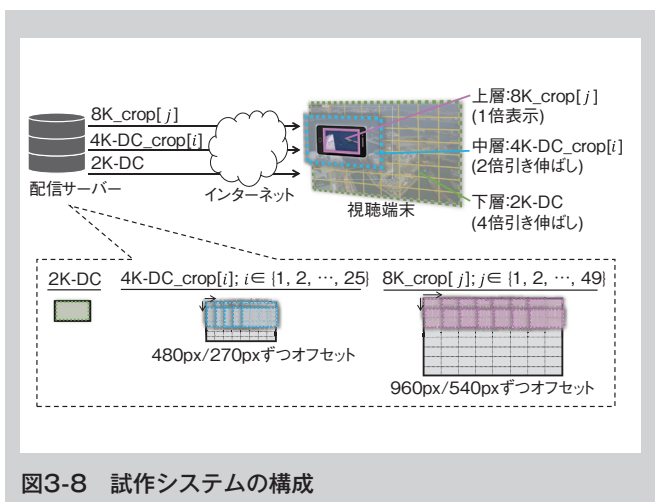
開発した技術は、低遅延だが同時接続数が少ない高速スライスと、遅延は大きい但同时接続数を多くできる通常スライスを用意し、ユーザーが視聴操作(視聴開始、動画切り替え)直後か、通常再生中かなどの状況に応じて最適なスライスを選択することにより、視聴操作に対するレスポンスを高速化し、快適性の向上を図る。具体的には、視聴操作直後のユーザーに向けてのみ高速スライスを経由して高速にバッファリングさせることで、素早い再生を可能とする。再生が開始され通常再生に戻ったら、通常スライスを経由してデータを受信させる。このように、高レスポンス化が必要な時のみに高速スライスの利用を限定することで、アクセス集中による高速スライスの混雑を抑制し、高レスポンス化を実現する。

本方式を配信システムと動画視聴プレーヤーに実装し、配信実験を行った。通常スライスにはインターネット相当の遅延40.9±5.8msを与え、開発方式と従来方式(通常スライスのみ利用)における動画切り替え操作に対するレスポンス時間を比較した。その結果、開発方式は従来方式よりもレスポンス時間を約62%に短縮できる効果があることを確認した⁽²⁾。

■ 複数伝送路を利用した安定かつ効率的な動画配信技術

スタジアムなどのユーザーが密集する空間において、多数の端末に同一コンテンツを安定かつ効率的に配信する技術として、Software-Defined Multicast方式の開発を進めた。

本方式は、コンテンツをマルチキャストにより効率的に一斉配信すると共に、パケットロスが生じた場合は、端末同士のD2D (Device-to-Device) 通信により互いの損失パケットを補完することで安定性を向上する。この仕組みをユーザーの手を煩わせることなくセキュアに実現するため、端末や配信経路の状態管理を行う制御プレーンとしてセキュアかつ信頼度の高い認証が可能な伝送路を、コンテンツ配信用のデータプレーンとして大容量通信が可能な伝送路をそれぞれ利用し、ソフトウェアにより柔軟に制御可能な配信アーキテクチャを開発した。2019年度は、制御プレーンに自営LTE網のsXGP (shared eXtended Global Platform) を、データプレーンにWi-Fiを、D2D通信にBluetoothを利用して実験システムを試作した(図



3-9)。制御プレーン上には管理サーバーを設置し、sXGPのSIMカードによるマルチキャストへ参加できる端末の認証機能に加え、接続すべきWi-Fiアクセスポイントの指定、およびD2D通信のための端末同士の接続情報の交換や接続管理をセキュアに行う機能を実装した。スマートフォンを利用した動作検証の結果、本システムに参加した端末が指定されたWi-Fiアクセスポイントに接続できること、指定した端末同士でD2D通信を確立し、Wi-Fi経由で受信したデータを相互に交換可能であることを確認した⁽³⁾。

本研究は、東京大学と共同で実施した。

■ 静止画アニメーションを用いたピクチャーインピクチャー技術

放送とネット動画を同時に提示できないテレビ受信機上であっても、手話や別視点映像などのネット経由の番組連動動画を放送にピクチャーインピクチャー表示する手法として、番組連動動画を静止画アニメーションに変換して提示する技術を開発した。

開発した技術は、配信サーバーの負荷低減を考慮し、配信側で番組連動動画を複数フレーム単位でタイル状に配置（例えば16フレームを4×4に配置）した静止画データに変換し、間欠的に配信する。受信機は、受信した静止画データから画面に提示するフレームを選択し、連続的に切り替えることによりアニメーションを実現する。

番組連動動画として手話CGを用いた評価アプリケーションを試作し、2013～2018年製のさまざまなメーカーの9台のハイブリッドキャスト受信機で再生フレームレートの計測を行った。その結果、9台中8台が手話の意味理解に必要な15fps以上で提示可能であることを確認した⁽⁴⁾。

■ 高信頼IPマルチキャストダウンロード配信技術

8Kや高精細VRなどの大容量コンテンツを、インターネットの空き時間帯を利用して多数の視聴者に効率的に配信する手法として、IPマルチキャストに信頼性保証の仕組みを備えたダウンロード配信技術を開発した。

開発した技術は、FEC(Forward Error Correction)により端末で損失パケットを回復するとともに、回復不可能な場合はグループを構成する端末同士で相互に補完する。グループ内で共通に損失したパケットのみを代表端末が再送サーバーに要求することで、再送サーバーの負荷を軽減しつつ、パケット到着の信頼性を確保する。

本方式を実装し、端末ごとのパケットロスパターンやグループの端末台数を変化させて動作検証を行った。その結果、グループ内で共通に損失するパケットが少ないほど、あるいはグループの端末台数が多いほど、再送サーバーの負荷を低減できることを確認した⁽⁵⁾。

■ 視聴状況に応じた動画品質選択技術

近年動画配信で主流となっているアダプティブストリーミン

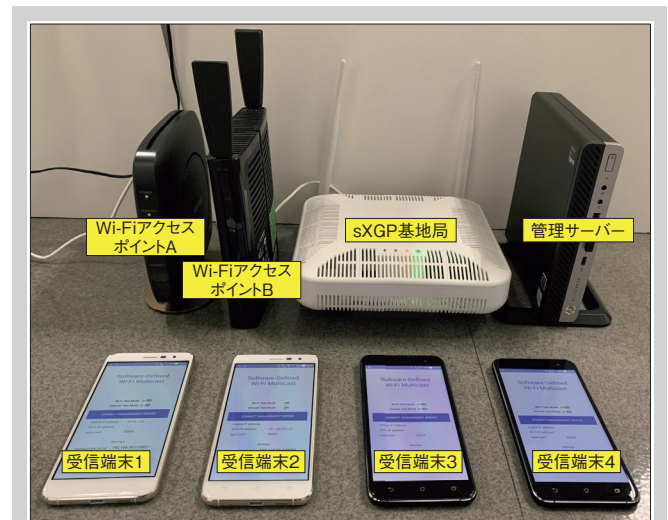


図3-9 試作システムの構成

グにおいて、ネットワークの混雑状況に加え、視聴者の視聴状況を考慮して動画品質を選択することにより、過剰な通信を抑制し、安定した視聴が可能な動画品質選択技術を開発した。

開発した技術は、受信端末において推定した視聴者と端末間の距離と顔の向きから、実物と映像の区別がつかないとされる解像度を算出し、この解像度を基に配信側で用意した複数の動画品質の中から、視聴品質の向上が見込める品質の上限値を決定する。この上限値以下の品質のみを選択して受信することにより、視聴品質を落とさずに通信量の削減を図る。

本方式を実装した視聴アプリケーションを試作し、視聴者と端末間の距離を変化させて動作検証を行った。その結果、受信する動画品質を視聴者の端末との距離に応じた上限品質以下に制限できることを確認した⁽⁶⁾。

〔参考文献〕

- (1) 森, 黒住, 西村: “8K映像を活用した解像度を維持したズームを可能とする視聴技術の開発,” 映情学年次大, 12C-1(2019)
- (2) 黒住, 泉澤, 西村, 岩科, 山本: “ネットワークスライスの動的選択によるネット動画の高レスポンス配信手法の検討,” 映情学年次大, 13C-1(2019)
- (3) 関口, 森, 杜, 西村, 山本, 中尾: “効率的な同時コンテンツ配信のためのSoftware-Defined Multicast,” 信学ソ大, BS-5-10(2019)
- (4) 大西, 内田, 西村, 山本: “テレビ受信機における静止画アニメーションを用いたピクチャーインピクチャー実装評価,” 映情学冬大, 13C-3(2019)
- (5) 福留, 黒住, 西村: “WebRTCを用いた端末間パケット補完による高信頼性マルチキャストの検討,” 信学技報, CS2019-70(2019)
- (6) 西出, 福留, 西村: “アダプティブストリーミングにおける視聴状況に応じた動画品質選択手法の提案,” 信学総大, B-7-40(2020)

3.4 テレビ視聴ロボット

テレビをより楽しく視聴するためのパートナーとして、人と一緒にテレビを視聴するロボットの研究を行っている。2018年度に続き、テレビに関連した対話を楽しめるテレビ視聴ロボットの開発を進めた。技研公開2019では開発中のロボットを用いて、来場者が体験可能な展示を行った(図3-10)。

■ テレビ視聴ロボットの開発

テレビ視聴時にロボットが存在する効果を検証することを目的とした実験用ロボットの開発を進めた⁽¹⁾。

視聴中の番組から関連するキーワードを抽出し、そのキーワードを含むロボットの発話文を生成する手法の開発を進めた。番組に付与された字幕文に頼らずにキーワードを抽出できるようにするため、ロボットに搭載したカメラで周囲に存在するテレビを検出し、そのテレビ画像領域内でオブジェクト検出をすることでそのオブジェクトに関連したキーワードを抽出する手法を開発した(図3-11)。カメラ画像内からテレビの画像領域のみを抽出するために、ディープラーニングとエッジ検出を併用するテレビ検出技術を開発した。また、従来のオブジェクト検出では、視聴中の番組に関連の低いオブジェクトも検出されてしまうため、画像の顕著性推定手法を適用することで、画像内の特徴的なオブジェクトに絞った検出が可能な手法を開発した。

テレビ視聴ロボットでのオブジェクト検出や音声認識、文字認識などで、外部のクラウドサービスを利用する検討を進めた。2019年度は、個人情報・プライバシーの保護を目的としたセキュリティ対策を実施した。クラウド処理の利用を特定の口



図3-10 技研公開2019におけるテレビ視聴ロボットの展示



図3-11 テレビ画面検出とオブジェクト検出結果

ロボットに限定するため、ロボットの撮影したカメラ画像にインデックスキャプションを画像合成し識別する方式を開発した。また、第三者からのクラウドアプリケーションへの攻撃や侵入を管理者が速やかに判断するために、特定のロボット以外からのアクセスの検知、ログ収集の一元管理、アラート表示を実装した。これらの開発は、情報処理安全確保支援士を監修として実施した。

ロボットの発話を起点とした対話機能の開発も進めた。対話の起点となるロボットからの発話文を「好き／嫌い」などで回答できるような質問文として生成し、人に向けて話しかけることで、ロボットとの対話の開始を容易にした。対話の継続性を向上させるため、ニュース対話、SNSを利用した対話、年齢層に合わせた対話など複数の対話シナリオを適応的に切り替える機能を導入した。また、ロボットに複数台のカメラとマイクを搭載し、映像と音声から周囲の人を検出する機能を開発した。検出した顔画像を利用し、年齢、性別を判定する機能を導入した。この研究の一部は(株)KDDI総合研究所と共同で実施した。

これまでに開発したロボットから人へ話しかける能動的な動作に加え、人からロボットへの話しかけに回答する受動的な動作の開発を開始した。人の発話から、テレビの操作、単語意味の検索、通常対話の3種類の意図を判定し、それぞれの命令を実行できる機能を実装した。

■ ロボットを用いた視聴実験

テレビ視聴ロボットの動作検証として、仲の良い2人組でロボットと共に好きな番組を自由に視聴してもらう視聴実験を行った。字幕文が付与されていない番組を含む、視聴したすべての番組に対して、継続的なつぶやきと対話動作が行えることを確認した。

ロボットの発話への応用を目的として、テレビ視聴時の人同士の会話分析を進めた⁽²⁾⁽³⁾。人の発話について、自らの気持ちを表出する“開示”や、疑問を問いかける“質問”など16種類に分類し、その種別による人同士の会話の遷移を解析した。発話の分類者による分類精度の違いを確認するため、3名による分類結果の一致度を評価した。また、ロボットの動作に対する人の反応を“ツッコミをする”、“笑う”、“無反応”など11種類に分類し、人の反応の傾向と時間的な変化を分析した。

■ コミュニケーションロボット利用の実態調査

市販のコミュニケーションロボットを日常的に利活用している1,000人を対象に、Webアンケートによる実態調査を行った。調査結果から、利用者はロボットを利用することで生活が豊かになり(60%)、日常生活が変化した(56%)と感じるなど、ポジティブな印象を持っていることが明らかになった。一方、「ロボットの目や耳を通じて、誰かに見られたり、聞き耳をたてられたりされていないか気になる」と回答した人の割合が43%であり、安心できるプライバシー保護対策が必要であることが確認できた。

[参考文献]

(1) 萩尾, 金子, 星, 村崎, 上原: “人とロボットの共時視聴実験に向けたコミュニケーションロボットの設計と試作,” 映情学年大,

- 33B-1(2019)
- (2) 星, 金子, 萩尾, 村崎, 上原: “ロボット発話に向けたテレビ視聴時の人同士の対話解析,” 信学CNR研究会, Vol. 119, No. 81 (2019)
- (3) Y. Hoshi, Y. Kaneko, M. Uehara, Y. Hagio, Y. Murasaki, S.

Nishimura and M. Yamamoto, “Utterance Function for Companion Robot for Humans Watching Television,” 38th IEEE International Conference on Consumer Electronics (2020)

3.5 セキュリティー

安全で信頼できるメディア連携サービスの実現を目指して、暗号・情報セキュリティ技術の研究を進めた。

■署名方式

さまざまなメディアの認証に必要となるデジタル署名の安全性を強化する研究を進めた。この研究では、既存のコンピュータの存在だけを仮定した場合に安全な方式(署名方式)と、量子コンピュータの存在を仮定した場合に安全な方式(耐量子署名方式)の2種類を開発した。

署名方式では、2016-2018年度に開発した署名サイズが小さく強い安全性を有する署名方式を実利用するために必要となる付帯部分を開発し、署名方式を改良した⁽¹⁾。また、その安全性が数学的に解くことが困難と言われている計算量的Diffie-Hellman問題に帰着することを証明した。具体的には、署名を付与するメッセージをランダム化し、署名の演算が可能となる範囲に変換する関数を組み込んだ方式に改良した。そして、この変換関数の挿入に伴い、安全性証明を見直し、実利用可能で高い安全性を持つ署名方式に改良した。

署名方式のほとんどは、量子コンピュータの出現に伴い危殆化すると言われている。そこで、耐量子署名方式の研究を進め、量子コンピュータであっても解くことが困難と言われている環上の格子問題を安全性の根拠とする耐量子署名方式を提案した⁽²⁾。提案方式は、署名サイズが小さく、安全性が既存方式よりも強い方式である。また提案方式はパラメータを一つ変更するだけで、検証鍵サイズが大きいが安全性を強化したバージョンと、安全性は若干劣るが検証鍵サイズが小さいバージョンの2種類が可能な方式とし、用途に応じて選択できるようにした。本研究は東京大学と共同で実施した。

■放送・通信連携サービス用暗号アルゴリズム

2018年度までに開発した属性ベース暗号アルゴリズムに関し、安全性証明の再構築とアプリケーションの検討を行った⁽³⁾。本アルゴリズムは、視聴者の情報をクラウドに置く際に、その情報を読むことができる事業者の属性を指定しアクセス制御を行うことができ、暗号化処理の一部をクラウドに委託することが可能となる。

■個人情報保護用セキュリティシステム

2018年度までに開発した属性ベース検索可能暗号アルゴリズムを用いて、サービスプロバイダが視聴者の視聴履歴などの情報に基づいてサービスを提供する際に、個人情報の漏洩がな

いシステムを開発した⁽⁴⁾。このシステムでは、サービスプロバイダが予め暗号化してクラウドに預けた番組関連情報などのデータから、個人の視聴履歴に紐付いたデータを暗号化したまま抽出することで個人用データベースを構築する。このデータは、視聴者の位置情報に関連した番組情報を提供するという個人向けサービスに利用することが可能であるが、暗号化によりサービスを提供するサービスプロバイダ以外は情報へのアクセスができない仕組みとなっている。さらに、サービスプロバイダがクラウドにデータを預ける際にプロバイダのIPアドレスを匿名化することで、プロバイダが提供するサービスの利用履歴と個人用データベースをクラウド上で紐づけることによる、個人情報の漏洩が生じないシステムへの改良を進めた。

2018年度に開発した放送用秘密鍵持ち歩きシステムは、放送コンテンツを視聴するために必要となる復号鍵を家庭外で取得するため、および量子コンピュータが実用化されても安全性を保つために、秘密分散と呼ばれる手法とマルチパーティ計算と呼ばれる計算方法を導入したシステムである⁽⁵⁾。この安全性強化のため、複数サーバが結託した場合でも分散された秘密が保持できるマルチパーティ計算方式の研究を進めた。

■富士山常時観測のためのIP伝送網の構築

NHK甲府放送局で取り組んでいる、富士山用定点カメラ映像を常時監視する安全なIP伝送の計画に技研が協力し、カメラへのアクセス制御機能を持つIP伝送システムを構築した⁽⁶⁾。

[参考文献]

- (1) K. Kajita, K. Ogawa and E. Fujisaki: “Constant-size Signatures with Tighter Reduction from CDH Assumption,” IEICE Trans. on Fundamentals of Electronics Communication and Computer Science, vol. E103-A, no. 1, pp. 141-149(2020)
- (2) 梶田, 小川, 縫田, 高木: “効率的なタグ生成を持つ署名サイズの小さい格子ベース署名方式,” SCIS2020, 2A1-1(2020)
- (3) G. Ohtake, R. Safavi-Naini and L. Zhang: “Outsourcing scheme of ABE encryption secure against malicious adversary,” Computers & Security, vol. 86, pp. 437-452(2019)
- (4) K. Kajita, K. Ogawa and G. Ohtake: “Privacy Preserving System for Real-time Enriched-Integrated Service with Feedback to Providers,” HCI-CPT 2019, pp. 385-403(2019)
- (5) K. Ogawa and K. Nuida: “Privacy Preservation for Versatile Pay-TV Services,” HCI-CPT 2019, pp. 417-428(2019)
- (6) 梶田, 佐藤, 小松: “富士山常時観測のためのIP伝送網の構築とその伝送方法,” 2019年映情学年次大, 22C-5(2019)

3.6 IP制作基盤技術

■ フルリモート制作のためのIP伝送装置

中継現場と放送局をIP回線で結び、放送局側でライブ番組制作を行うIPリモート制作の実現を目指している。これまで中継現場で行っていた番組制作を放送局側からリモートで制作することで、機材稼働率の向上や制作費用の低減などにつながることを期待できる。特に、番組制作に必要な素材のすべてを放送局に伝送して制作するフルリモート制作は、中継番組制作のさらなる効率化につながる可能性を有している。

フルリモート制作の実現には、中継現場の2K/4K/8Kの各種フォーマットの素材を、伝送帯域を効率的に利用しながら高画質かつ低遅延で放送局側と共有することが求められる。2019年度は、フルリモート制作で要求される伝送遅延時間の定量化とマルチフォーマットIP伝送装置の試作を行った。

伝送遅延時間の定量化では、複数のベンダーや放送技術局と連携して「IPリモート制作技術検証」を実施し、フルリモート制作の機器構成を想定した系統(中継現場に2K60iカメラ、放送局に映像スイッチャーを配置)を構築し、撮影映像と放送局へ伝送してスイッチングした後の中継現場へのリターン映像との遅延時間差を確認した。その結果、片方向あたり16.7 msの伝送遅延であれば、これまでの中継番組制作と同様に違和感の少ない運用が可能であることを確認した。

2K/4K/8Kの映像素材を1台の共通した装置で効率的に伝送するマルチフォーマットIP伝送装置では、4K/8K映像素材を複数の2K映像素材に分割した上で、2K映像フォーマットに統一して高画質かつ低遅延な圧縮復号を行う映像分割方式の検討を行った。2019年度は、映像をライン単位で分割する新たな方式を検討し、従来の画素単位で分割する方式との圧縮復号の性能を比較した⁽¹⁾。その結果、ライン単位の分割方式ではPSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) 値を2～6 dB程度改善できることが分かった。また、本方式を実装した装置を試作し、2K/4K映像を1台の装置で伝送できることを確認した。

■ IP番組制作のためのシステム監視ツール

番組制作システムにIPネットワークを導入すると、リモートプロダクションやリソースシェアなど新しい機能を実現できる一方で、IPネットワークの構築・監視を行う仕組みが必須となる。放送エンジニアによるIPネットワークの構築・運用をサポートするため、ネットワーク機器の設定情報やフローの伝送状態を可視化するシステム監視ツールの開発を進めている。

2019年度は、ネットワーク機器から得られる設定情報とフロー監視装置から得られる測定データを収集して可視化するアプリケーションを開発した⁽²⁾。これまでネットワーク構築や障害対応でネットワークスイッチの設定状態を確認するためには、ネットワークスイッチにログインしてコマンドを入力していたが、試作したシステム監視ツールではコマンドを打ち込むことなくリアルタイムに状態を確認できる。また、映像・音声伝送に用いられるマルチキャストフローの伝送状態を確認するためには、複数のネットワークスイッチの操作や実際のトラフィックをキャプチャする必要があるが、試作した監視ツールでは1度の操作でネットワークスイッチの設定と測定データを可視化し、異常の有無を判定することができる(図3-12)。

■ IP番組制作への無線伝送技術の適用

効率的な中継番組制作の実現を目指して、IP技術を活用した番組制作システムへの無線伝送技術の導入を検討している。番組制作の各種信号を束ねて無線伝送し、中継現場をケーブルレス化するため、既存の無線伝送装置(FPU)でIP無線伝送を実現するIPマルチボックスの開発に着手した。カメラ映像や音声等の本線系の信号に加え、カメラ制御信号やリターン映像、インカム信号等も束ねて伝送するために、本線系の信号のQoS (Quality of Service) を確保した伝送が可能な装置を試作した。さらに、IP番組制作では機器の同期に用いるPTP (Precision Time Protocol) の伝送も必要となる。PTPはパケットの伝送遅延時間変動によって時刻同期精度が大きく劣化する。そこで、無線通信の同期処理を利用して対向する無線装置の時刻を同期させたのち、PTPパケットの伝送遅延時間の変動を補正する手法を考案し、計算機シミュレーションにより時刻同期精度の改善効果を確認した⁽³⁾。

ワイヤレスカメラの運用を効率化するIP無線基地局の開発も進めた。IP無線基地局では、無線基地局をIPネットワークのトポロジで接続できるため、スイッチングハブを用いて無線基地局の増設や延長を簡単に行うことができる。これまでのIP無線基地局は、無線信号の選局や周波数変換を行う装置、イーサネットRoF (Radio over Fiber) 装置、ハブの3つの装置で構成されていたが、2019年度は中継現場における運用性向上のために、これらを一体化した。

[参考文献]

- (1) 白戸, 川本, 倉掛: “IPリモート制作における軽圧縮に適した映像分割方式の画質に関する有効性の検討,” 映情学年大, 13D-3 (2019)
- (2) 小山, 河原木, 白戸, 川本, 倉掛, 斎藤: “IPを用いた番組制作システムのためのシステム監視ツールの試作,” 信学総大, B-7-41 (2020)
- (3) 村瀬, 青木, 今村: “FPUを用いたPTP伝送における遅延時間変動補正の一検討,” 映情学冬大, 22A-6 (2019)

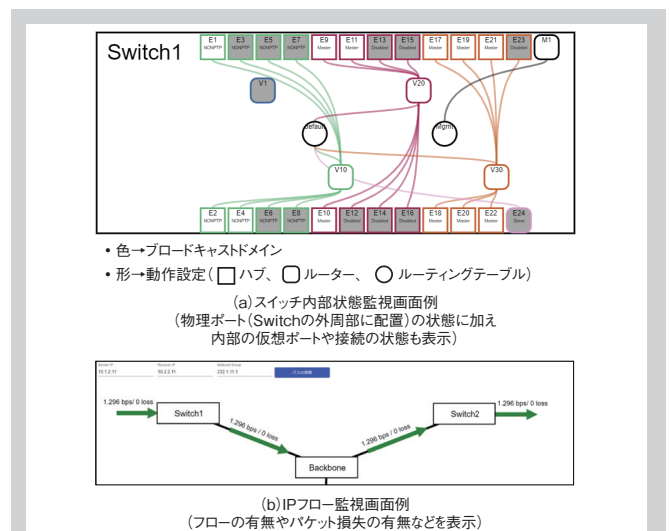


図3-12 ネットワーク監視画面表示例

4 スマートプロダクション・インテリジェント番組制作

4.1 テキストビッグデータ解析技術

■ ソーシャルメディア分析技術

放送局内外の種々のテキストビッグデータから番組制作に役立つ情報を取得する研究を進めている⁽¹⁾。これまで、ソーシャルメディアからニュース性のある情報を取得する、ソーシャルメディア分析システムを開発してきた。ツイートの分類性能を向上させるため、ツイートの本文に加えて、対応するカテゴリのラベル(地震、火災など)やその説明文に含まれる文字情報を活用するLabel Embeddingに基づく分類手法を開発した(図4-1)。提案手法では、既存のLabel Embedding手法に分類ラベルの階層構造の概念を導入した。米国NIST(National Institute of Standards and Technology)が主催する競争型ワークショップ(TREC 2018 IS Track)の評価データを用いた災害情報の分類タスクで世界最高性能(2019年11月時点)を達成した⁽²⁾。

ソーシャルメディアの投稿には、事件や事故などの情報だけでなく、現在注目されている人物、イベント、製品など、情報番組などで活用できる情報が含まれている。そのため、投稿に含まれている表現が番組制作に結びつくトレンド情報であるかどうかを自動判定する手法の研究を行った。注目する表現が含まれるツイートを収集し、そのツイートに含まれる感情を推定、その推移を特徴量として用いる手法を提案した。評価実験により、「口コミが広がっている」といった実際のトレンド情報と、キャンペーン広告などのようなツイート数は多いが番組制作には結びつきづらい情報を分類できることを示した⁽³⁾。

■ コンテンツ生成技術

放送局では、番組やニュースの原稿、ウェブやアプリ用の記事、緊急報道時のL字画面用の原稿など、さまざまな形式のテキストコンテンツを作成している。放送局における制作者の要員は限られているため、コンテンツ制作を支援する技術が望まれている。そのため、さまざまな組織から取得したデータをもとに自然言語処理によりコンテンツを自動で生成する技術を検討している。2019年度はプロ野球やサッカーなどのスポーツの戦績のデータを基に、自動で戦評の原稿案を作成するシステムを試作した。また得られるデータからだけでなく、制作者が人手で作成したニュース原稿から別のコンテンツを生成する手法を検討した。具体的には、緊急報道時のL字画面用にニュース原稿から短い文字数の原稿を自動生成するシステムを報道現場向けに試作した。そのほか、自動翻訳などで用いられている

エンコーダ・デコーダモデルを用いて、ニュース原稿からヘッドラインや分類用のラベルを自動生成する研究を開始した。

番組制作の過程では、ソーシャルメディア以外にも、ウェブニュース、新聞、特許、論文、科学技術報告書などの幅広い情報が活用される。そこで、これらのテキストビッグデータを知識源として整備し、番組の制作に必要な情報を効率的に取得できるシステムの開発を進めた。また、番組の取材時に取り扱う種々のデータを分析して、制作者にそのデータの傾向を直観的に提示可能な制作支援技術の研究を開始した。実際の番組で利用されたアンケートデータを対象として、主成分分析に基づくデータ分析手法を検討した。本手法により、アンケート回答者の属性と回答傾向との対応関係を統計的にまとめて、制作者に分かりやすく提示できる可能性を示した⁽⁴⁾。

■ 評判分析の研究

ソーシャルネットワーキングサービス(SNS)のツイートから番組に関する評判を分析する技術の研究を進めている。信頼性の高い分析のためには、視聴者の発する番組関連ツイートを漏れなく抽出することが重要となる。そこで、番組に言及している言葉を抽出する性能について近年の深層学習モデルを評価した。その結果、2000年代の主流であった条件付確率場(CRF)や、2010年代の主流である再帰型深層ニューラルネットワーク(LSTM)を組み合わせたLSTM-CRFモデルが、最もよい性能を持つことが明らかになった⁽⁵⁾。同モデルの改良に向けて、視聴者の発するツイートから抽出すべき部分を効率よく正解付けして教師データを作成できる環境を構築し、複数の番組に対してツイートの正解付与を進めた。その過程での分析から、全体の10%程度を占める多様な絵文字等の新表現が精度低下の一因となることを明らかにした。

関連部局と連携して、本抽出技術を用いた評判分析システムの一部機能の開発を進めたほか、開発したツイート抽出技術を、視聴者からの意見を取り上げる形式の生放送番組「テングちゃん」に活用した。

【参考文献】

- (1) 宮崎, 武井, 牧野: “ソーシャルメディアの活用技術とその番組応用,” 映情学誌, vol. 74, no. 1, pp. 169-173(2019)
- (2) T. Miyazaki, K. Makino, Y. Takei, H. Okamoto and J. Goto: “Label Embedding using Hierarchical Structure of Labels for Twitter Classification,” Proc. of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP), pp. 6318-6323(2019)
- (3) 武井, 宮崎, 後藤: “感情極性に着目したトレンド情報抽出手法の検討,” 信学技報, NLC2019-4, pp. 23-28(2019)
- (4) 岡本, 宮崎, 後藤: “アンケートデータをもとに説明性を獲得する手法の検討,” 信学総大, H-1-5(2020)
- (5) T. Kobayakawa, T. Miyazaki, H. Okamoto and S. Clippingdale: “Mining Tweets that refer to TV programs with Deep Neural Networks,” Proc. of the 5th Workshop on Noisy User-generated Text (W-NUT), pp. 126-130(2019)

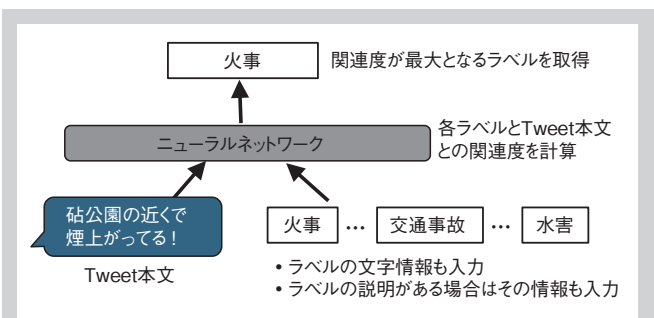


図4-1 Label Embeddingによる分類手法の概要

4.2 画像解析技術

■ 画像解析による番組制作支援

画像解析技術を活用した効率的な番組制作の支援を目指し、関連部局と連携して研究成果のトライアル利用や実用化を進めている。

画像の類似性を判定する技術を利用して、編集前の素材映像において、放送番組で使用された映像区間を自動推定する技術を開発した。本技術を「4Kでよみがえるシルクロード」の番組制作に活用した。また、ソーシャルメディアなどで配信する短尺ニュースの制作支援を目的としたニュース映像自動要約システムを開発し、2020年度よりNHK各放送局で試行を開始することとなった。

2018年度までに開発したモノクロ映像自動カラー化システムについて、制作現場での運用を通じて、カラー化精度やインターフェースの改良を進め、実用性を高めた。開発システムを大河ドラマ「いだてん」の制作に活用するとともに、技研公開2019で展示した。

映像確認作業の支援を目的として、取材映像に映りこんだ選挙ポスターをCNN (Convolutional Neural Network) を用いて自動検出する技術を、地域放送局と連携して開発した。実際の取材映像から大量の学習データを収集することが困難であるため、疑似的に学習データを生成する技術をあわせて開発した。その他、ニュース映像における各フレーム画像の重要度を判定する技術を開発した。本技術を組み込んだネット用ショート動画制作システムを放送局と連携して開発した。

■ 情景文字認識技術

映像に映りこんだ看板や名札などの文字情報は、映像内容を表すメタデータとして非常に有用であり、これらを自動認識するための情景文字認識技術の研究を進めている。CNNとGCN (Graph Convolutional Network) を組み合わせ、モデル全体をEnd-to-endで学習可能なボトムアップ型の文字列検出モデルを開発し、従来よりも検出精度を大幅に向上させた⁽¹⁾。関連部局と連携して、映像に映りこんだ文字列やキャプションの内容を自動で映像にタグ付けする、メタデータ自動付与システムへの導入を進めている。

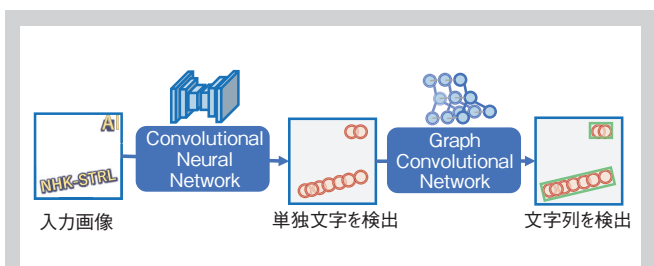


図4-2 開発したボトムアップ型文字列検出モデル

■ マルチモーダル学習によるニュース性判定技術

ツイッターなどのSNSを用いたニュース制作の取材活動の支援を目的として、ニュース性を有する投稿を抽出および分類する技術の研究を進めている⁽²⁾。2018年度までは、投稿された画像のみを解析対象としていたが、テキストなどの異なる種類の情報も、統合的に解析できるマルチモーダル学習の研究を進めた⁽³⁾。ニューラルネットワークの学習においては、学習データに過剰に適合することで未知のデータに対する精度が低下する過学習が問題となる。マルチモーダル機械学習においては、入力する情報種類によって学習の度合いが異なるため、学習スケジュールを入力ごとに制御して過学習を抑制し、分類精度を向上させる手法を開発した。本技術により、画像のみ、あるいはテキストのみでは判別ができなかったツイートも精度よく分類することが可能となった。

■ 顔認識技術

映像中に映る人物が誰であるかを高精度に認識する顔認識技術の研究を進めている。入力画像にエッジ検出や左右反転など変換処理を追加するDNN (Deep Neural Network) の構造を考案し、より詳細な特徴を抽出できるようにした⁽⁴⁾。また、100万枚の学習画像データから、精度低下の原因となる不適切なラベルを自動除去する技術を開発した。顔認識の分野で広く利用されているLFW (Labeled Faces in the Wild) データセットを利用した評価実験では、2018年度までに開発した従来技術を超える99.45%という認識率を達成した。本技術を利用した自動顔ぼかしシステムを関連部局と連携して開発した。また、ニュースの取材映像へのメタデータ付与を目的とした人物認識システムの開発も、関連部局と連携して進めた。

〔参考文献〕

- (1) 遠藤, 河合, 望月: “グラフ・コンボリュショナル・ネットワークを用いたボトムアップ型文字列検出技術の検討,” 映像学冬大, 14B-2(2019)
- (2) N. Fujimori, T. Miyazaki, Y. Takei, K. Makino, T. Mochizuki and J. Goto: “Application of AI Image Classification Technology to News Gathering Support System based on Social Media Analysis,” NAB 2019, pp. 183-187(2019)
- (3) N. Fujimori, R. Endo, Y. Kawai and T. Mochizuki: “Modality-Specific Learning Rate Control for Multimodal Classification,” 5th Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR), Posters: paper ID 43(2019)
- (4) 河合, 遠藤, 藤森, 望月: “深層ニューラルネットワークを利用した顔認識の検討,” FIT2019, H-003, no. 3, pp. 103-104(2019)

4.3 音声書き起こし技術

ネットワーク技術が発達し、大量の取材映像が集積可能になった現在、迅速に正確な情報を番組として視聴者に届けるためには、取材映像の音声の書き起こしを効率良く作成できるシステムが必要とされている。

2018年度までは、技研で開発した書き起こし制作システムを試験的に放送現場に導入してきた。その結果、システムの有用性が放送現場に認められたため、2019年度は全国のNHK放送局でシステムの利用を可能にするとともに、書き起こし制作システムの性能向上のための音声認識の高精度化の研究と、より汎用的に書き起こし技術を利用するためのインターフェースの改善研究も進めた。

■書き起こし支援のための音声認識技術

番組制作の過程で重要となる書き起こし作業の業務支援のため、音声認識を用いた書き起こし支援システムの開発を進めてきた。これまで、放送番組内での発話や、取材映像に含まれる品質の良い音声を対象に認識精度の改善を進めてきたが、書き起こしの対象となる素材には電話音声も含まれており、他の素材と同様に書き起こし支援への要望が高い。電話取材は時間や経費の両面において費用対効果が高く、番組制作では昔から広く利用されている。そこで2019年度は、電話取材音声の認識精度向上に取り組んだ。放送番組内の発話には電話音声はほとんど含まれていないため、大量にある放送収録音声を疑似的に電話音声の品質に変換して学習に利用する、データオーギュメンテーション手法を開発した。放送音声データを8kHzへダウンサンプリングした上で μ -Law圧縮し、これを学習コーパスとして、BLSTM (Bi-directional long-short term memory) 方式の音響モデルを学習し、電話取材音声を用いた認識実験を行った。その結果40%を大きく越えていた単語誤り率を30%未満まで低減することができた⁽¹⁾。

書き起こし支援システムを現場運用する中で、話者を識別してほしいという要望も多く寄せられている。そこで、2019年度は取材映像の75%程度を占める1対1のインタビュー音声を対象として、汎用的な話者識別手法と番組制作上の特徴を組み合わせた話者ダイアライゼーションの検討を行った。インタビュー収録時のインタビューマイクとカメラマイクの音量差という特徴を、汎用的な話者ダイアライゼーションに利用されるd-vectorと組み合わせる手法により、話者識別精度が向上することを確認した⁽²⁾。

■書き起こしインターフェースの開発

音声認識の誤りを最小限の操作で修正できるインターフェースの開発を進めている。2018年度までに開発した書き起こし

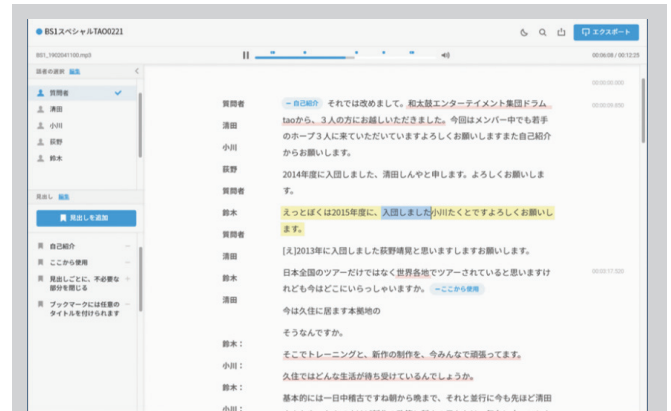


図4-3 ラジオ放送用の書き起こしインターフェース

システムに対し、2019年末までに50,000件以上の書き起こし素材がアップロードされており、本システムの有用性が放送現場に認められた。2019年度は5月から7月にかけて大阪など全拠点放送局に設備を整備し、県域放送局は所属する拠点放送局のシステムを利用することで、全国のNHK放送局で書き起こしシステムの利用が可能となった。運用範囲を広げたことで、1つの県域局で制作した書き起こし素材を他局にも共有できるようになり、他局の番組で放送利用されるなど、効率的な番組制作に活用され始めている⁽³⁾。

書き起こしインターフェースは、場所や環境によらずいつでも必要な時に利用できるように、ウェブアプリケーションをベースとして開発した。パソコンとウェブブラウザがあれば利用できるため、環境構築などの煩わしさがなく、利用開始までの時間を短縮できる。基本操作については一般的なテキストエディタの機能を踏襲し、パソコンで文章を入力したことがあれば誰でも迷うことなく使用することができるように設計した。

2019年度は、ラジオ放送をウェブマガジンに掲載するサービスのサポートのために、ラジオ用の書き起こしインターフェースの開発にも取り組んだ(図4-3)。映像表示に使用していたエリアを転用し、話者名などの情報を表示するなど、書き起こしの目的に応じたユーザーインターフェースの開発を進めた。

〔参考文献〕

- (1) 萩原, 伊藤, 三島, 河合, 小森, 佐藤: “電話取材音声認識へのデータオーギュメンテーションの活用,” 映像学年次大, 13B-2 (2019)
- (2) 萩原, 伊藤, 三島, 河合, 小森, 佐藤: “番組特徴を用いた話者ダイアライゼーションの検討,” 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, 2-Q-8, pp. 901-902 (2019)
- (3) 三島: “取材音声の字起こしシステム,” 技研だより9月号, no. 174 (2019)

4.4 実空間センシングによる新映像表現手法の研究

スポーツ中継をはじめとしたライブ番組を対象に、より魅力的で分かりやすい映像コンテンツを効率的に制作するための映像制作支援技術や、映像やセンサーを利用して被写体の3次元モデルなどさまざまな情報を取得する「メタスタジオ基盤技術」の研究開発を進めている⁽¹⁾。

■ スポーツ番組での映像制作支援

これまで、スポーツ映像内の重要な被写体の軌跡を可視化するシステムを開発してきたが、2019年度は、映像解析手法を改善して被写体の追跡性能を高め⁽²⁾、ゴルフ、カーリング、およびフェンシングに関する複数の放送番組で運用した(図4-4)。また、習熟者以外でも操作できるよう、システムの運用性を向上した。

スポーツ映像内の被写体の状況に応じた自動撮影の実現に向け、AI(Artificial Intelligence)技術と熟練カメラマンのノウハウを活用した構図決定(AIフレーミング)技術を開発している。2019年度はサッカーを対象とし、深層学習により映像から各種セットプレーを認識する状況理解AIを試作し、約75%の正答率を得た(図4-5)。この他、カメラマンの雲台・レンズ操作を学習したフレーミングのAI⁽³⁾と、所望のカメラワークへの円滑かつ機敏な応答を実現する位置・速度・加速度制御型の高トルク自動カメラ雲台を試作した。

また、ゴルフ競技を対象としたAIロボットカメラシステムを開発している。2019年度は、ティーショット直前の構図決定に必要な周囲の環境情報(プレイヤーの状況やボールの位置など)を取得するためのセンサーと映像認識技術で構成される環境情報取得カメラや、得られた状況をもとにカメラワークを決定して複数の自動カメラ雲台を協調制御するAIコントロール部を試作した⁽⁴⁾。第84回日本オープンゴルフ選手権において、ティーグラウンドとグリーンの近くに試作したシステムを設置して基礎実験を行い、実用化に向けた基礎データの収集および課題の抽出を行った。

■ メタスタジオ基盤技術

4Kカメラ9台を用いて3次元モデルを生成する基礎実験を行い、メタスタジオにおけるカメラ配置の指針を得た。本指針に基づき、直径約8mの半球状計測ドームを構築し、4Kカメラ16台を配置して撮影実験を行った。また、計測ドーム内の舞台には不要な反射音を吸収するための音響設計を施し、マイクロホンを自由に設置できる構造とした。

人物や物体をセンシングして3次元モデルを生成し、それを自由視点から見ることのできるシステムの開発を行っている。2019年度は、深層学習の一種である敵対的生成ネットワークを用いて自然で写実的な自由視点画像に変換するシステムを試作した⁽⁵⁾。人物のポーズの変化や身体部位の欠損などの悪影響を抑えながら、陰影や手足の末端などディテールに関して写実的に変換するネットワークを実現した。

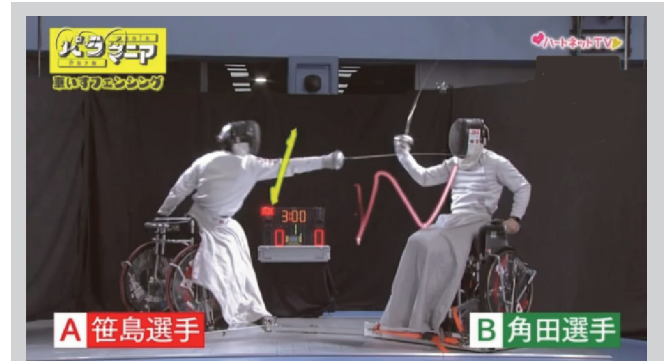


図4-4 番組「ハートネットTVパラマニア(車いすフェンシング)」での剣先軌跡表示



図4-5 状況理解AIの動作

[参考文献]

- (1) 三須, 荒井, 三ツ峰: “将来の番組制作環境「メタスタジオ」に向けた基礎検討—多様なサービス, 高度な表現, 効率的な制作フローの実現に向けて—,” 映情学年次大, 11D-3(2019)
- (2) M. Takahashi, T. Ito, H. Okubo and H. Mitsumine, “Visualization of patting trajectories in live golf broadcasting,” In Proc. of the ACM SIGGRAPH 2019 Talks, No. 37(2019)
- (3) 荒井, 三須, 三ツ峰, 洗井: “サッカー中継における熟練カメラマンのカメラワーク推定,” 信学技報, HCS2019-89, vol. 119, no. 447, pp. 23-28(2020)
- (4) 加藤, 三ツ峰: “飛翔体の3次元座標計測とゴルフ中継用自動撮影システム,” SI2019, 1C1-02(2019)
- (5) 盛岡, 三ツ峰, 洗井: “深層学習を用いた3D再構築モデルの写実的スタイル変換,” 映情学冬大, 11C-1(2019)

4.5 AI技術活用推進の取り組み

近年、放送現場におけるAI技術の活用ニーズが急激に増加している。これに迅速に対応するための拠点として、2018年度に「AI活用推進事務局」を設置し、技研が開発したAI関連技術の実用化を推進してきた。2019年度は、AI技術の利用を望む放送現場、技術系の部局が参画するスマートプロダクションプロジェクト、技研の研究部、および外部での実用化を担う関連団体の四者をつなぐ「ハブ」としての体制を強化し(図4-6)、NHKの各放送局への展開が期待されるさまざまな技術について、システム開発や実利用のための環境整備を支援した。

具体的な成果として、気象情報自動アナウンスシステムの地域ラジオ放送における実利用、取材映像自動起こしシステムの各拠点放送局への配備、地域放送局での生放送字幕トライアルサービスの実施、取材映像への顔認識技術によるメタデータ自動付与システムの開発、業務用の編集システムで利用可能な自動顔ぼかしソフトウェアの開発をサポートした。また、2020年度の実利用を視野に入れて、競技団体などから配信される戦況データを利用したスポーツ戦評自動生成システムや、ソーシャルメディアなどで配信する短尺ニュース映像を生成するためのニュース映像自動要約システムの開発を支援した。

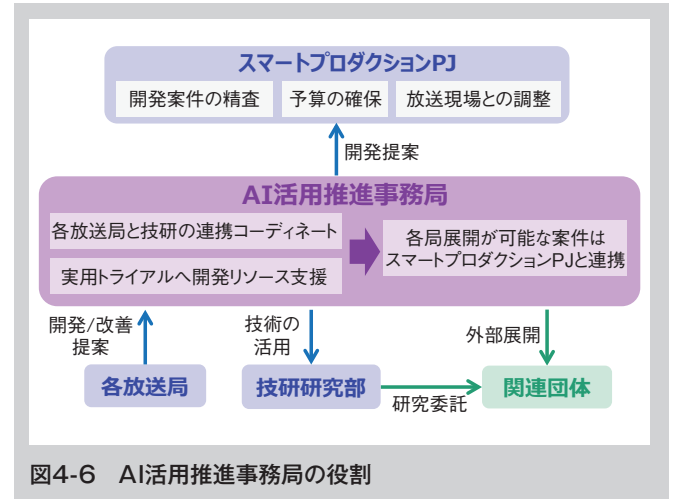


図4-6 AI活用推進事務局の役割

5 スマートプロダクション・ユニバーサルサービス

5.1 自動字幕生成技術

字幕放送サービスは、音声の聞き取りが難しい聴覚障害者や高齢者にテレビ番組の音声を文字で伝えるという役割に加えて、一般の視聴者においても、音声を再生できない環境で番組を視聴する際に活用されている。生放送番組の字幕はリアルタイムで制作する必要があり、規模の大きな放送局のニュース番組では、音声認識技術を使って文字を自動生成し、認識誤りを人手で修正する方法で字幕を放送している。一方、規模の小さな地域放送局で制作するニュース番組についても、字幕を付与してほしいという視聴者のニーズがあるが、音声認識誤りを修正する人手や設備、体制の整備に時間を要するという課題がある。そこで、地域放送局発の番組に自動で字幕を付与することを想定し、音声認識結果をそのまま字幕として配信するトライアルサービスを実施した。

■ 音声認識技術を活用した字幕ネット配信実験

音声認識結果を字幕としてそのままインターネット配信するサービスを実現するためには、人手による修正をしないことから、より高い認識精度が求められる。また、全国に多数ある地域放送局に音声認識の設備を設置することを想定した場合、大規模な設備投資と運用コストが必要になる。そこで、認識誤りを軽減する手法を開発するとともに、インターネット配信と音声認識に必要な設備をクラウド上に集約することで設備の効率化を目指した。構築したシステムでは、ネットワークを介してクラウド上の音声認識サーバへストリーミング入力される番組音声を、逐次字幕としてリアルタイム配信することができる。

2018年度は、クラウド上に構築したシステムを利用し、福島・静岡・熊本の3つの放送局でパソコンやタブレット端末向けのトライアルサービスを開始した⁽¹⁾。2019年度は、そのトライアルサービスについてアンケート調査等を実施し、サービスの改善を試みた。地域放送局の番組では、地域独自の地名や名称などが発話されることがあるため、地域放送局ごとに過去1年分の番組原稿データを音声認識サーバに学習させた。また、2019年度に開始された番組名や地域の地名データベース、「令和」などの新しい言葉も学習を進め、認識精度を改善した。

2019年10月から11月にはハイブリッドキャストを利用し



て、テレビ画面上に通信経由の字幕を放送と一緒に表示するトライアルサービスを試行した⁽²⁾（図5-1）。福島・静岡・熊本にある放送局の番組音声をクラウド上のサーバで認識し、各家庭にあるハイブリッドキャスト対応テレビ上に認識結果をそのまま配信して表示する仕組みとした。映像と字幕が重ならないように映像の外側に字幕を表示するアウトスクリーン表示とした。また、認識精度が低いと想定される場合に字幕表示を抑制する試みも進めた。

〔参考文献〕

- (1) 佐藤：“音声認識を用いた生放送番組への字幕付与,” 第47回画像電子学会年次大会講演予稿集, T6-4s(2019)
- (2) 小森, 佐藤, 河合, 高城, 大蔵, 竹内, 三島, 伊藤, 萩原, 佐藤, 平田, 渡辺：“生放送番組における自動字幕制作の試み,” 映像学冬大, 15C-3(2019)

5.2 音声ガイド技術

視覚に障害がある方にもテレビのスポーツ中継を楽しんでいただくために、生番組にも対応可能な新たな解説放送サービス「音声ガイド」の研究に取り組んでいる。放送音声を補完する新たな視覚障害者サービス「自動解説」と、アナウンサー実況の代用としてネットサービス等に展開する「ロボット実況」、およびこれらのベースとなる音声合成技術の研究を進めた。また、地域放送局のラジオ気象情報の一部を音声合成で提供する技術の研究や、音声処理技術の応用展開を進めた。

■ 自動解説

人手で制作されている解説放送と同様に、自動解説音声も番組音声とできるだけ重ならないことが望ましい。音声の重なりを極力回避するため、声の高さの時間的な変化の傾向から発話の終わりを予測する手法をスポーツ中継の実況音声に適用し、番組理解への効果を検証した⁽¹⁾。また、実況音声の発話終わりへの自動解説音声の重なりを許容する機械学習モデルを構築し

た。さらに、合成音の音響的な特徴を番組音声と異なるように制御することで、音声为重なっても聞き取りやすい解説音声を提示する技術の検証を進めるとともに、国際的なスポーツ大会の生中継での自動解説音声サービスの実証実験に向けて、視覚障害者を対象にした予備実験から自動解説音声サービスの利用効果に関するアンケート調査の指針を策定した。

スポーツ以外の番組への展開に向けて、実用システムを想定した収録番組用の制作・配信技術の要件定義と設計を進めた。さらに、Eテレ番組「きょうの料理ビギナーズ」を対象として音声で補足すべき情報を整理し、テロップ情報から解説音声を作成した(図5-2)。視覚障害者を対象としたアンケート調査の結果、全盲の方にとって、テロップ情報を元にした解説音声がある情報となる可能性が示された⁽²⁾。そのほか、映像内の人物や物体、その動きなど、番組音声のみでは伝わりにくい情報を用いた解説生成技術の研究に着手した。

■ ロボット実況

ロボット実況とは、スポーツ大会でリアルタイムに提供される競技関連データを用いて実況音声・字幕を自動生成する技術である。国際的なスポーツ大会の生中継でロボット実況を運用することを目指し、放送現場と連携して実用システムの開発を進めた。また、過去のスポーツ大会の競技関連データ・試合映像を用いて検証システムを構築し、演出要件を考慮した競技ごとのテンプレート作成を支援した。

■ 音声合成技術

合成音の品質・表現力向上を目的として、放送素材を用いたビッグデータによる音声合成の学習環境構築を目指している。

放送素材から音声合成の学習データを直接作成できる手法の開発を進めている。2019年度は、漢字仮名混じり文を「読み仮名と韻律記号」に自動変換し、音声データと併せて音声合成DNN(Deep Neural Network)モデルを学習する手法を開発した⁽³⁾。本手法をNHKアーカイブ스에蓄積された音声・字幕情報の学習に用いることで、効率的に音声合成モデルを構築できる。音声合成DNNモデルの構築には大量の学習データが必要になることから、その学習データを効率よく整備するシステムを開発した。このシステムは、放送素材から音声と字幕を抽出して、字幕の漢字仮名混じり文を読み仮名と韻律記号に自動変換し、最後に人手で修正する。このシステムを利用して、合成音の高品質化と口調の多様性を実現するための大規模データベース構築に着手した。

5.3 機械翻訳技術

外国人に対する迅速な情報提供を効率的に実施するため、ニュースや新聞記事テキストを対象とした機械翻訳の研究を進めている。

■ ニュースの日英機械翻訳

放送局では、外国人に対する情報提供のために日本語コンテンツを翻訳して外国語コンテンツを制作している。この外国語

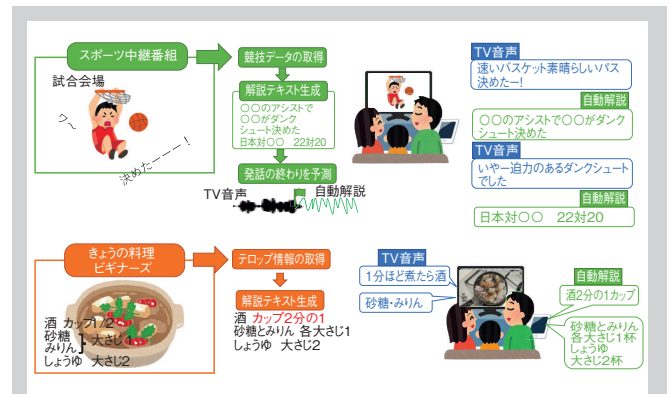


図5-2 自動解説音声サービス

■ 音声合成技術の応用展開

地域放送局のラジオ気象情報の一部を音声合成で提供するトライアルとして、昨年度に引き続き、テスト放送を実施した。2019年度は、アナウンサー品質の発話を実現するDNN音声合成技術の改善を進めるとともに、複数の地域放送局の番組を効率的に制作するために、クラウドを用いた番組制作システムを構築しテスト放送で利用した⁽⁴⁾。

そのほか、音声処理技術の応用として、膨大な映像素材から発話区間を自動検出してシーンを簡単に把握できる音声分析システムを構築し、定点観測番組「100カメ」の制作で利用した。また、昨年度に引き続き、Eテレ「テレビで中国語」の中国語学習アプリ「声調確認くん」の運用支援を行った。

〔参考文献〕

- (1) M. Ichiki, H. Kaneko, A. Imai and T. Takagi: "A Timing Determination Method for Audio Descriptions," 32nd CSUN Assistive Technology Conference, ENT-027 (2020)
- (2) 一木, 熊野, 清水, 小森, 金子, 大野, 越智, 山田, 今井, 都木, 巖淵: "料理番組におけるテロップからの解説音声制作とネット配信の検討," 映情学年次大, 34B-4(2019)
- (3) 栗原, 清山, 熊野: "ラベリング作業を必要としないsequence-to-sequence音響特徴量推定手法の有効性," 信学技報, SP2019-37 (2019)
- (4) 小森, 熊野, 今井, 工藤, 大蔵, 清山, 栗原, 金子: "クラウド利用によるラジオ気象情報番組の自動制作," 映情学冬大, 15C-4 (2019)

コンテンツ制作を迅速かつ効率的に実施するため、機械翻訳の研究を進めている。機械翻訳では、翻訳元言語と翻訳先言語の対訳データを大量に収集し、ニューラルネットワークにより翻訳モデルを学習する手法が主流となっている。そこで、日本語ニュース原稿を人手によって英語に翻訳し、品質の高い日英対訳データの構築を進めている。2019年度は47万文対の日英対訳データを作成し、昨年度までに構築したデータと合わせて、ニュース本文87万文対、タイトル12万文対の大規模な学習デ

ータを整備した。また、英語ニュースを作成している会社による翻訳のほか、英語を母国語とする人による翻訳、日本人による翻訳、機械翻訳結果の人手修正など、複数のアプローチにより作成した対訳データを効果的に学習するため、対訳データにタグを付与して翻訳スタイルを制御する手法を提案し、実験により翻訳品質の向上を確認した⁽¹⁾。

作成した対訳データを用いた日英ニュース翻訳システムを構築し、英語ニュースの制作現場で試用を開始した。また、日英翻訳の結果に対して、日英単語の対応付けや、英単語に対する翻訳信頼度を付与する機能を実装することで機械翻訳インターフェースを改良し、技研公開2019で展示した(図5-3)。

放送現場で日々制作される日本語ニュースと対応する英語ニュースは、翻訳モデルを学習する対訳データとして利用できる。しかし、直訳ではないため内容に差異があり、このデータを学習すると訳抜けの多い翻訳結果が出力される。そこで、対訳データ中の不一致箇所を推定し、不一致情報を対訳データに付与して学習することにより、訳抜けの少ない翻訳を実現した⁽²⁾。また、日本語ニュースの1文は長く、英訳する際には複数の英文に分割されることが多い。そこで、出力翻訳文数の制御方法を考案し、実験により有効性を確認した。

■ 新聞記事の機械翻訳

ビジネスシーンにおける外国人と日本人のコミュニケーションを円滑化することを目的として、会議や社交における対話・雑談、および新聞記事に対応した機械翻訳技術の研究を、外部の5機関と連携して進めている。NHKでは新聞記事翻訳技術を担当し、2019年度は構築した新聞記事日英対訳データを用いた日英・英日機械翻訳システムを構築した。既存の翻訳評価基準である「内容の伝達レベルの評価」を利用した人手による絶対評価の結果、日英、英日ともに「ほとんどの重要情報が正確に伝達されている」以上の結果が得られた⁽³⁾。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「多言語音声翻訳高度化のためのディープラーニング技術の研究開発」を受託して実施

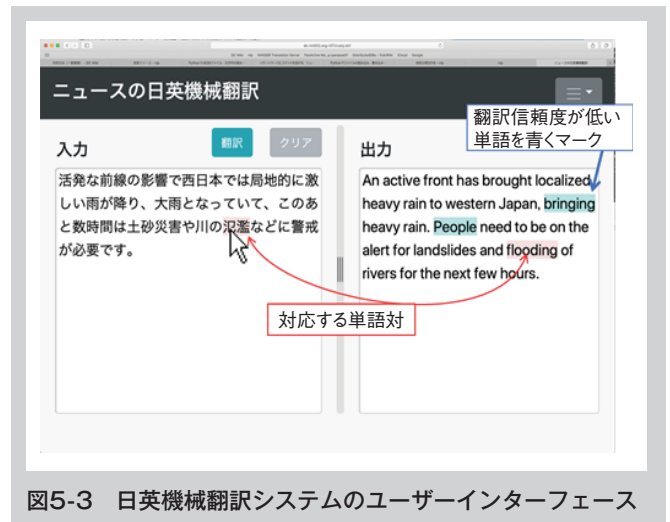


図5-3 日英機械翻訳システムのユーザーインターフェース

した。

[参考文献]

- (1) H. Mino, H. Ito, I. Goto, I. Yamada, H. Tanaka and T. Tokunaga: "Content-Equivalent Translated Parallel News Corpus and Extension of Domain Adaptation for NMT," The 12th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC2020)
- (2) 後藤, 美野, 山田: "訳抜けを含む訓練データと訳抜けのない出力とのギャップを埋めるニューラル機械翻訳," 言語処理学会第26回年次大会, P6-25(2020)
- (3) H. Mino, H. Ito, I. Goto, I. Yamada, H. Tanaka and T. Tokunaga: "Neural Machine Translation System using a Faithfully Translated Parallel Corpus for the Newswire Translation Tasks at WAT 2019," Proceedings of the 6th Workshop on Asian Translation (WAT 2019), pp. 106-111 (2019)

5.4 情報提示技術

聴覚や視覚に障害のある人も含むあらゆる視聴者に放送をより楽しんでいただけるように、手話CGをはじめ、触覚や嗅覚を利用したコンテンツ提示デバイスや制作手法について研究を進めた。

■ スポーツ情報の手話CG生成技術の研究

聴覚に障害がある方に情報を伝えるための一手段として、CGによる手話アニメーションを生成する技術の研究を進めている。

国際的なスポーツ大会での手話CGによる実況サービスの提供を目指し、2019年度は、試合中に配信される競技関連データをリアルタイムで手話CGに変換するシステムの開発を進めた⁽¹⁾。対象競技に合わせたデータ変換プログラム、および手話による文章表現のモーションデータを含むテンプレートの開発を進めた。また、新たなCGキャラクターを制作し、実況中に顔表情を付加する機能を加えた。これらすべての機能を集約

し、NHKオンラインで配信するためのWebコンテンツを開発した(図5-4)。

このほか、手話CGの制作に関する要素技術については、日本語文から手話を表現する手話単語列(手話グロス)への自動翻訳、翻訳後の手話グロスを修正して手話CGを生成するツール、手話動画からの手話認識に関する研究開発を進めた。

翻訳技術については、日本語と手話で語順が異なる文に対応するため、句や節など文より小さい単位の構文情報に基づく自動翻訳システムを開発し、従来の統計的機械翻訳および用例翻訳と統合したシステムを開発した。さらに、手話のような小規模コーパスにも適用が可能なニューラルネットワークによる機械翻訳システムの開発に着手した。日本語文と手話グロスの対からなるコーパスを、出現頻度を考慮して単語境界以外で分割することで、語彙数の変化が翻訳性能に与える影響を評価した。その結果、従来の単語ベースの翻訳よりも精度が向上することを確認した。

機械翻訳後の修正ツールについては、データベース内にある



図5-4 実況サービスに向けた画面例

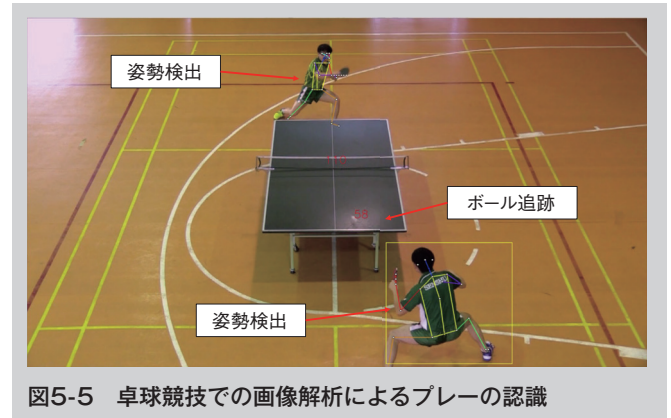


図5-5 卓球競技での画像解析によるプレーの認識



図5-6 キューブ型触覚デバイスによるシーンの提示

複数の手話単語の候補を検索して、正しい手話アニメーションを生成する仕組みを開発した。これは、過去の手話ニュースで使用された表現に基づいて単語の候補を検索し、直近で使用された手話単語を優先的に提示することで実現した。これにより、効率的に手話グロスを修正することが可能となった。

機械翻訳の精度向上に必要な対訳コーパスの拡充を目指し、画像認識と深層学習により手話動画を手話グロスに変換する技術の研究開発を進めた。昨年度に構築した手話画像データセットに加えて、新たに話者の手指にフォーカスした画像データセットを追加整備した。手指画像データセットと、手話動画に有効な新しい学習手法を適用することで認識率の向上を確認した⁽²⁾。また、認識した手話グロスを利用して対訳コーパスの作成を補助するアプリケーションを試作し、作業の効率化を評価する環境を整えた。

これらの研究の一部は、工学院大学と共同で進めた。

■ 触れるテレビの実現に向けた触覚提示技術の研究

視覚と聴覚に加え、触覚情報を提供する新たな体感型メディアの研究を進めている。スポーツ中継などの激しい動きや展開の早いシーンでは、音声言語による伝達が難しい。そこで、視覚・聴覚障害者も含めた誰もが一緒に楽しめるユニバーサルサービスを目指して、選手が体感する衝撃の強さやプレーなどを触覚情報として伝えるシステムの開発を行っている。

昨年度は、ボール形状の触覚デバイスを用いて、球技でのボールに加わる衝撃を提示できるデバイスを開発した。2019年度は、ボール形状の触覚デバイスを改良することで衝撃の強さに加えて方向を提示できるデバイスを開発し⁽³⁾、技研公開2019で展示した。生放送番組に対応するため、スポーツ映像から選

手の姿勢やプレーをリアルタイムで解析し、触覚情報を自動で生成するシステムの試作を行った(図5-5)。また、シーンに適した触覚情報を付与・編集し、さまざまな触覚デバイスの制御が可能な触覚情報編集エディターを試作した。この研究の一部は、東京大学と共同で実施した。

映像で与えられるシーンや状況等を触覚情報として提示するため、各面に独立した触覚刺激を提示できるキューブ型触覚デバイスを試作した(図5-6)。3次元空間上での出来事をキューブの各面に位置情報として割り当て、状況に応じた振動刺激を各面独立に提示することによって、3次元空間上で展開されるシーンを的確に伝えることができる。キューブを小部屋に見立てたショートストーリーを作成し評価を行った結果、9割以上の正答率でシーンの状況が理解できることを示した⁽⁴⁾。

言葉では説明が難しい図やグラフなどの2次元情報を視覚障害者に効果的に伝える技術の研究では、上下するピンアレーによる凹凸や振動によって提示をする触覚デバイスと、指先をロボットアームにより誘導して重要なポイントや文字の書き順を伝える方式とを融合した触覚/力覚誘導提示システムの開発を進めている。

2019年度は、盲ろう者のコミュニケーション支援にも利用できるよう、カタカナ伝達の評価を行った。その結果、9割程度の正確さで情報伝達ができることを確認した。また、触覚/力覚誘導提示システムを用いて、教師と視覚障害のある生徒が離れた場所でインターネットを介して模擬授業を行った結果、遠隔授業への応用の可能性と学習効果を確認できた。そのほか、学習(書字)障害のある児童の漢字学習において、力覚誘導を用いた書き順提示による学習法と従来の教材による学習法とを比較した結果、学習効果が期待できるとの見通しを得た。この研究の一部は、筑波技術大学、宇都宮大学と共同で実施した。

■ 嗅覚情報提示手法に関する研究

より豊かな視聴体験の提供を目指し、嗅覚情報提示手法に関する研究を進めている。嗅覚情報と視覚情報の同時提示によるクロスモーダル効果を検証する実験を行った。また、将来のサービスイメージとして、嗅覚情報提示を活かした魅力的なコンテンツの制作手法についても検討し、検証用映像を制作した。

[参考文献]

- (1) T. Uchida, H. Sumiyoshi, M. Azuma, N. Kato, S. Umeda, N. Hiruma and H. Kaneko: "Automatic Production System for Sports Program with Support Information," 15th International Conference of the Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe (AAATE), vol. 31, no. s1, pp. S134-S135 (online) (2019)
- (2) 梶山, 遠藤, 加藤, 河合, 金子: "深層学習を用いた日本手話認識の評価実験," 映情学年次大, 11B-2(2019)
- (3) T. Handa, M. Azuma, T. Shimizu, S. Kondo, M. Fujiwara, Y. Makino and H. Shinoda: "Ball-type Haptic Interface to Present Impact Points with Vibrations for Televised Ball-based Sporting Event," IEEE World Haptics Conference (WHCs), TP1A.14, pp. 85-90(2019)
- (4) 東, 高橋, 清水, 佐野, 半田: "キューブ型触覚デバイスを用いたStorytellingの試み," VR学技報, vol. 24, no. HAP04, pp. 31-32 (2019)

6 次世代放送用デバイス・材料

6.1 撮像技術

■ 3次元構造撮像デバイス高集積化の研究

超多画素と高フレームレートを両立する次世代のイメージセンサーの実現に向けて、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、別々に形成した受光部と信号処理回路を積層して製作し、受光部直下に画素ごとに信号処理回路を集積化した構造を備えている(図6-1)。この構造により全画素並列の信号処理が可能となり、画素数を増やしても高いフレームレートで信号を出力することができる。

2019年度は、高集積化に向けて、画素構造の多層化を実証するために、3層構造デバイスの試作に取り組んだ。はじめに、3層構造の基本回路となる、素子の表裏両面に入出力が可能なトランジスタ⁽¹⁾や、3層にわたりCMOSインバーターを101段ループ接続した発振回路⁽²⁾を試作し、動作を確認した(図6-2)。

3層構造の画素の動作を検証するため、上層に受光部を模した電流入力部と電流に応じてパルスが発生する回路を、そして中間層および下層に8ビットのカウンタ回路を、それぞれ形成したテスト画素を試作した(図6-3)。画素構造を従来の2層から3層としたことで、画素ピッチを約20% (約50 μm から39 μm) 縮小した。テスト画素が入力電流に応じた16ビットの信号を

出力することを確認し、画素構造の3層化を実証することができた。

この研究の一部は、東京大学と共同で実施した。

■ RGB積層型撮像デバイスの研究

小型・軽量で機動性に優れた単板カラーカメラの実現に向けて、RGB積層型撮像デバイスの研究を進めている。本デバイスは、赤(R)、緑(G)、青(B)のそれぞれに感度を持つ有機光電変換膜(有機膜)と、信号を読みだす薄膜トランジスター(TFT)アレイとを交互に組み合わせた構造を持つ。2019年度は、QVGA(320 \times 240)画素数の青色用デバイスの試作と、積層カラー化に向けたプロセス開発に取り組んだ。

青色用デバイスの試作では、これまでに開発した画素微細化技術を用いて、画素ピッチ20 μm 、QVGA画素数のTFTアレイを形成し、このアレイ上に青色用有機膜と対向アルミニウム(AI)電極を順次成膜してデバイスを構成した(図6-4)⁽³⁾。試作デバイスからは、フレームレート60Hzの良好な映像出力が得られ(図6-5)、QVGA画素相当の解像度と青色光のみに感度を持つ波長選択性も確認できた。

上記デバイスでは対向電極に光を透過しないAIを用いていたが、積層カラー化に向けては対向電極を透明にする必要がある。透明電極形成に用いる電子ビーム蒸着法のビーム出力条件を調整するとともに、有機膜表面の材料構成の再検討などにも取り組み、AI電極と同等の信号出力が透明対向電極でも得られることを確認した。また、積層したTFTアレイと外部駆動回路とを

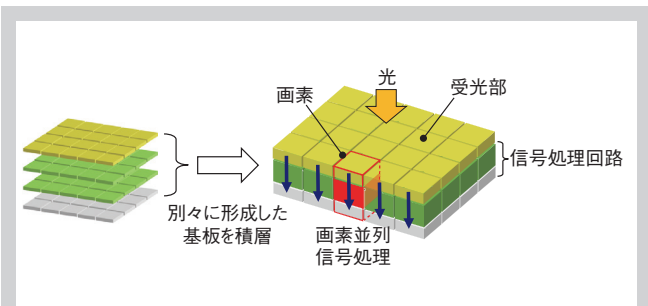


図6-1 3次元構造撮像デバイス

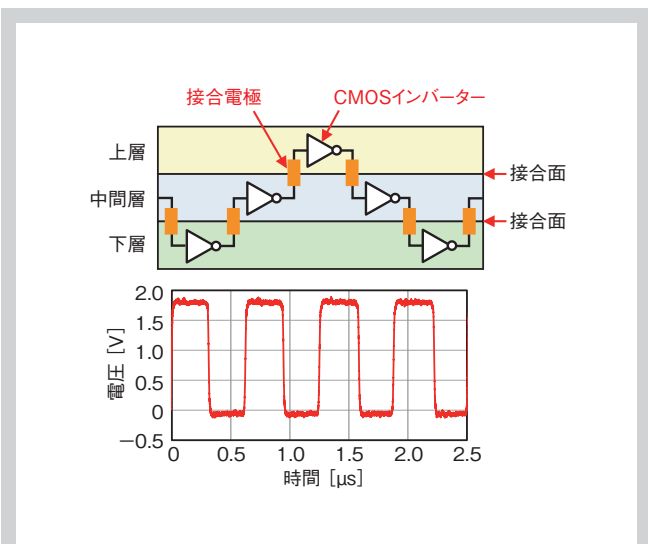


図6-2 3層構造発振回路の構成と発振波形

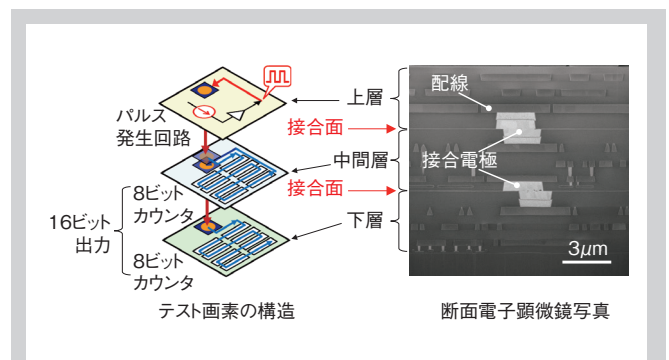


図6-3 テスト画素の構造と断面電子顕微鏡写真



図6-4 試作したQVGA青色用デバイス



図6-5 QVGA青色用デバイスの撮像例

接続する中間配線層の形成手法の確立や、下層デバイスの表面平坦性改善など、積層カラー化に必要なプロセス技術の開発を進めた。

一方、デバイスの高S/N化を目指して、信号増幅型画素回路を組み込んだTFTアレイの検討に着手し、シミュレーションにより基本的な信号読みだし動作が可能であることを確認した。

この研究の青色用有機膜の開発は、日本化薬(株)と共同で実施した。

■ コンピュータショナルフォトグラフィー基盤技術の研究

ダイバースビジョンで活用する物体像の高精度な3次元情報取得を目指して、新たにコンピュータショナルフォトグラフィーの研究を開始した。

コンピュータショナルフォトグラフィーは物体像をそのまま取得するのではなく、干渉縞や光透過マスクによって変換された情報として取得し、これらの変換条件と得られた情報を基に、物体像を再構成する手法である。2019年度は、単一画素撮像による光透過マスクの検討と、インコヒーレントデジタルホログラフィー (IDH) による像取得の基礎検討を進めた。

単一画素撮像では、透明・不透明の2値のマスクパターンを変化させて、単一画素(フォトディテクター: PD)で光量を測定することを繰り返して、対象物の2次元画像を再構成する。マスクパターンとして、ランダムパターンと、直交変換の一つであるアダマールパターンで再構成した画像の品質を比較した。その結果、アダマールパターンでは、少ない測定回数でノイズの少ない再構成画像を得られることを確認した。また2つのPDを異なる位置に設け、各々のPDに対してアダマールパターンを適用して2次元画像を取得したところ、2つのPDの位置に依存した視差画像が得られた(図6-6)。さらにPDの代わりに2次元撮像素子を用いることにより、画素位置に依存した高密度視差画像が得られることが分かった⁽⁴⁾。

IDHによる像取得に関しては、原理検証のため、像取得が比較的容易な2次元透過物体を用いて、必要となる撮像素子上のホログラムの分解能と再構成像の分解能の関係を計算で調べた。その結果、必要な撮像素子上のホログラムの分解能は撮影

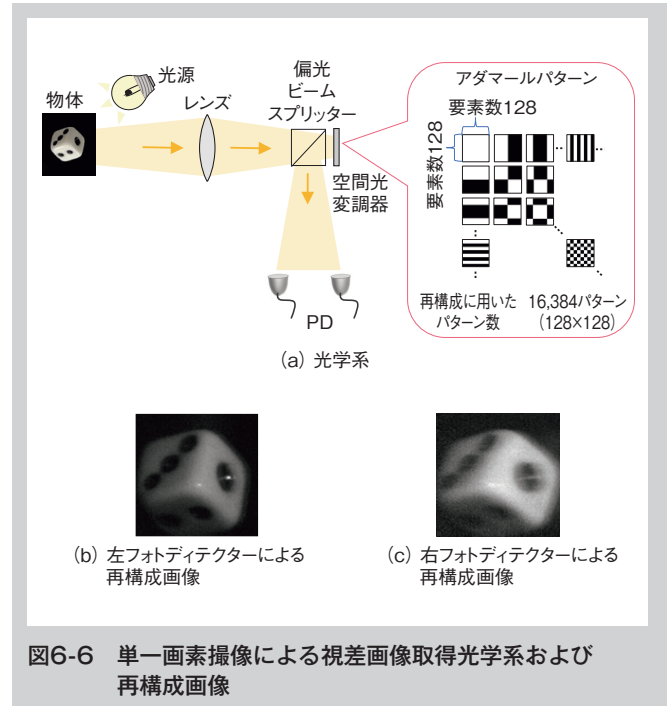


図6-6 単一画素撮像による視差画像取得光学系および再構成画像

対象物とレンズの位置関係によって変化し、撮影対象物がレンズに近いほど必要となる撮像素子上のホログラムの分解能は低くなることが分かった。これは、撮像素子上のホログラムの分解能まで、撮像素子のピクセルを平均化できることを示している。この平均化法に基づいて、IDH撮像実験で確認したところ、平均化した干渉縞から再構成した像の分解能は、平均化しない干渉縞からの像と遜色なく、かつ、平均化による画質の改善効果が確認された⁽⁵⁾。

[参考文献]

- (1) 中谷, 本田, 後藤, 渡部, 難波, 井口, 更屋, 小林, 日暮, 年吉, 平本: “撮像デバイスの高集積化に向けた裏面電極素子の試作,” 映情学冬季大, 21C-3(2019)
- (2) 後藤, 本田, 渡部, 萩原, 難波, 井口, 更屋, 小林, 日暮, 年吉, 平本: “SOIウェハの直接接合を用いた3層構造リングオシレータとイメージセンサの試作,” 信学技報, ICD2019-38(2019)
- (3) 堀, 高木, 中田, 薬師寺, 橋本, 青竹, 貞光, 佐藤, 相原: “画素ピッチ20 μ mのQVGA青色用有機撮像デバイスの開発,” 映情学学年次大, 33C-1(2019)
- (4) R. Usami, T. Nobukawa, M. Miura, N. Ishii, E. Watanabe and T. Muroi: “Dense parallax image acquisition method using single-pixel imaging for integral photography,” Opt. Lett., vol. 45, no. 1, pp. 25-28(2020)
- (5) T. Nobukawa, Y. Katano, T. Muroi, N. Kinoshita and N. Ishii: “Sampling requirements and adaptive spatial averaging for incoherent digital holography,” Opt. Exp., vol. 27, no. 23, pp. 33634-33651(2019)

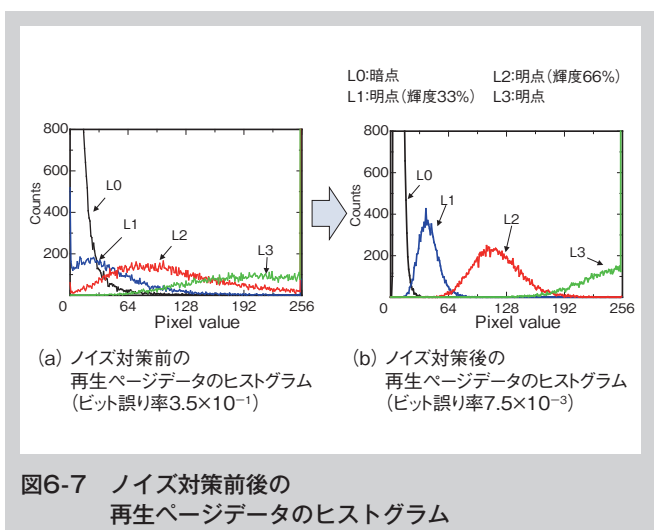
6.2 記録技術

■ 振幅位相多値ホログラムメモリー基盤技術の研究

8Kスーパーハイビジョン映像を長期保存するための超大容量・高転送速度のアーカイブ用記録システムが求められている。この要求に応える記録技術として、振幅情報と位相情報の多値化によるホログラムメモリーの高性能化を進めている。2019年度は、ノイズ低減手法の実験的評価、および多値数16の振幅位相多値記録に必要な信号点配置の最適化に取り組んだ。

ホログラムメモリーでは、明点と暗点を二次元配列状に並べた、ページデータと呼ばれる画像を記録再生する。多値記録では、その明点の輝度や光位相が、記録データにより多値に変調されてページデータが構成される。多値記録は従来の2値記録に比べてノイズ耐性が低く、従来と同じノイズ量ではビット誤り率が大幅に増加する。そこで、振幅4値についてノイズ量低減手法を実験的に検証した。2018年度に提案した、隣接明点間にガード領域を設置する手法に加え、急峻な高周波遮断の影響を軽減するロールオフフィルターを用いる手法を、記録再生装置に導入した。次いで、DMD (Digital Micromirror Device) など2値変調型の高速度空間光変調器の使用を念頭に、時分割露光により中間階調シンボルを記録する手法を提案した。これらすべての技術を適用した結果、振幅4値記録において、2桁程度のビット誤り率の改善を実証した⁽¹⁾ (図6-7)。

振幅4値に位相情報を加えた振幅位相多値ホログラムメモリーは、ページデータの明点が異なる複素振幅値を有する。記録すべき映像データのビット列入力に対し、ノイズ耐性の高い複素振幅値の割り当てについて、計算機シミュレーションにより最適解探索を実施した。割り当てる際の場合の数が極めて膨大であることから、最適解探索法として遺伝的アルゴリズムを適用し、ビット誤り率と相関が高い評価関数を設定し、ビット誤り率が低くなるよう評価関数を評価しながら最適解を導出した。その結果、同じノイズ量のもとで、本手法で最適化した符号が従来手法に比べて、ビット誤り率を約半分に低減できる性能であることを確認した。

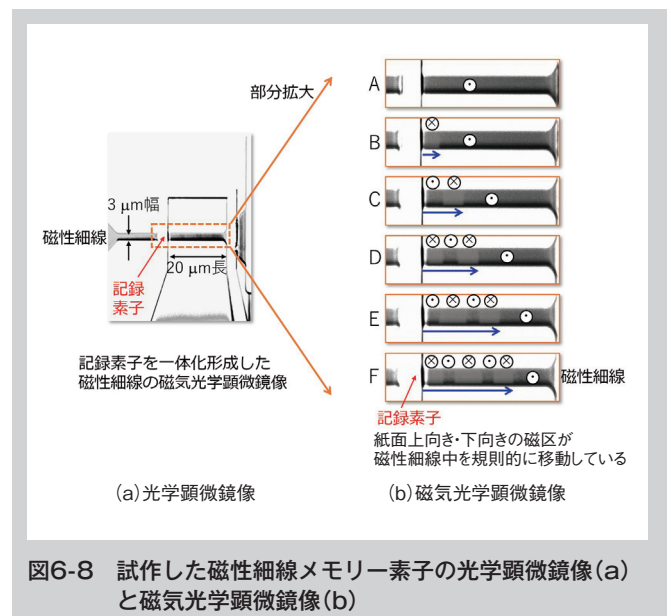


■ 微小磁区並列デバイスの研究

可動部がなく高い信頼性が期待できる高速磁気記録デバイスの実現を目指して、磁性細線中に微小磁区を形成し、その高速移動特性を利用した、微小磁区記録デバイスの研究開発を進めている。2019年度は、記録素子を一体化形成した磁性細線を試作し、磁区形成と磁区駆動を一連動作させる技術を開発した。また磁区形成に必要な記録電流を低減できる、新たな記録手法の検討を進めた。

磁性細線は、[Co (0.3nm) / Tb (0.6nm)] を5周期積層したのち、Pt (3nm) を酸化防止層として堆積した構造から成る垂直磁化多層膜を用い、磁性細線幅 $3\mu\text{m}$ 、長さ $40\mu\text{m}$ の素子とした。磁性細線と記録素子の層間絶縁膜として窒化シリコン Si_3N_4 膜を 18nm の層厚で磁性細線上に形成し、さらにその上に幅 $3\mu\text{m}$ のTa (5nm) / Au (100nm) / Ta (5nm) 多層膜による記録素子を形成した。なお、層間絶縁膜、記録素子の形成には、ともにイオンビームスパッタ法および電子線リソグラフィーを用いた。記録素子に $\pm 2.6 \times 10^7 \text{A}/\text{cm}^2$ の電流密度で500ns幅のパルス電流を印加した時の磁性細線中に形成される磁区の様子、および磁性細線の長さ方向に $+2.5 \times 10^7 \text{A}/\text{cm}^2$ の電流密度で500ns幅のパルス電流を印加した時の磁区駆動の様子を、磁気光学顕微鏡により連続的に観察した (図6-8)。このとき、A: 初期状態 (磁性細線をすべて紙面上向き方向に磁化させた状態)、B: 正の記録電流を印加後に駆動電流を3パルス印加した状態、C: 負の記録電流を印加後に駆動電流を2パルス印加した状態、D、E、F: B ~ Cの手順を同様に繰り返した状態、における磁区位置の変化を示している。それぞれの記録・駆動条件において、磁性細線中を移動する複数の磁区の磁化方向に対応して、磁気光学顕微鏡像では磁区の動きを明暗像として観察できた⁽²⁾。このことから、記録素子を一体化形成した磁性細線において、磁区形成および磁区駆動を一連の動作として実現することに成功した。

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、記録素子に印加する各種の記録電流条



件における磁区形成の過程を、シミュレーションにより解析した。2018年度は、記録素子を2本並列に並べ急峻な電流磁界の変化を利用する磁区形成手法を提案した。2019年度はさらに、2本の記録素子のうち、一方の電流印加開始時刻に遅延時間を設けることにより、低電流で磁区形成できる磁区形成手法を見いだした。1本目の記録素子へ与えた記録電流によって生じた、磁性細線中の磁気モーメントの歳差運動の過渡応答反応と、2本目の記録素子に遅れて与えた記録電流による、歳差運動の過渡応答反応のベクトル和によって、磁区形成の可否が決定される。磁気モーメントの歳差運動の過渡応答反応を共鳴的に強め合うことのできる条件である、遅延時間30～50psに設定することにより、磁区形成に必要な記録電流のさらなる低電流化が可能であることが分かった。

■ トポロジカル表面状態を用いる スピン軌道トルク磁気メモリの創製

国立研究開発法人 科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業「トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出」において、トポロジカル絶縁体の磁気メモリーへの適用に関する研究を、東京工業大学、東京大学と共同で受託し推進している。2019年度は、トポロジカル絶縁体の一つであるビスマス・アンチモン合金 (Bi-Sb) を用いたスピン注入

源と、フェリ磁性体であるテルビウム／コバルト多層膜 (Tb/Co) を用いた磁性細線を接合した試料を用いて、スピン軌道トルクによる磁化反転の基礎実験を進めた。まずTb/Coおよびその直上に酸化防止用の白金 (Pt) 極薄膜をイオンビームスパッタ装置で積層後、大気開放し、分子線エピタキシー装置でBi-Sbを積層して試料を作製した。この試料において、磁区形成の低消費電力化の指標となるスピンホール角を測定したところ、これまでスピン注入源として使用してきたPtのスピンホール角と比べて、およそ85倍の性能が得られることが分かった⁽³⁾。

[参考文献]

- (1) 木下, 片野, 信川, 室井, 石井: “振幅多値ホログラムメモリーにおけるノイズ低減手法の実験的検証,” 映情学技報, Vol. 43, No. 41, MMS2019-55, pp. 25-28(2019)
- (2) Y. Miyamoto, Y. Hori, M. Endo and N. Ishii: “Magneto-optical Line Light Modulator Consisted of Single [Co/Tb] Magnetic Nanowire utilizing Current-driven Domain Wall Motion,” 64th MMM Abstr., GP-12, p. 730(2019)
- (3) N. Khang, Y. Miyamoto and N. Pham: “Room-temperature spin-orbit torque switching induced by non-epitaxial BiSb topological insulator,” 第80回応物秋季予稿集, 18p-PB1-84, p. 09-106 (2019)

6.3 表示技術

■ フレキシブル有機ELディスプレイの長寿命化

軽くて丸められる有機EL (Organic Light-Emitting Diode : OLED) ディスプレイの実現に向けては、OLEDデバイスの電子注入層に用いられるアルカリ金属等の活性な材料が水分や酸素に弱く、フィルム基板を用いた際のデバイス劣化が大きな課題となっており、改善が求められている。そこで当所では、アルカリ金属等を使わず、酸素や水分に強いOLED (逆構造OLED) の研究開発に取り組んでいる。2019年度は、逆構造OLEDの高性能化に向けた材料やプロセスについて詳細に検討した。

逆構造OLEDの低電圧・高効率化、長寿命化には、電子注入層の材料開発が極めて重要となる。これまでに、塩基性の高い材料を電子輸送材料と混合すると電子注入性が高く、かつ大気安定性や連続点灯寿命の長い発光デバイスを実現できることを見いだした。この塩基性材料による電子注入性向上のメカニズムを調べたところ、塩基性材料と混合される電子輸送材料との間で強い水素結合が形成されていることが分かった。この水素結合により発生した電荷が、電極近傍で電気二重層を形成することで、電子をデバイス内部に引き込めるといふ、電子注入性向上のメカニズムを明らかにした⁽¹⁾⁽²⁾。見いだした塩基性材料は、多くの有機材料と水素結合を形成できるため、電子注入層に用いる材料の組み合わせの選択幅が広がり、従来デバイスの電子注入性向上による低電圧化を期待できる。今後、この塩基性材料を用いて、フレキシブル有機ELディスプレイの長寿命化・低電圧化を目指す。

■ 大画面有機ELディスプレイに向けた 駆動デバイス技術

大画面有機ELディスプレイの高画質化・低消費電力化を目指して、駆動デバイスである高移動度薄膜トランジスター (Thin Film Transistor : TFT) の研究開発を進めている。2019年度は、半導体材料に亜鉛酸窒化物 (ZnON) およびインジウム・ガリウム・亜鉛・スズ複合酸化物 (IGZTO) を用いた、高移動度TFTの特性改善に取り組んだ。

酸化物半導体としてZnONを用いたTFT (ZnON-TFT) の開発では、半導体層への不純物添加の効果が、TFTのスイッチング特性だけでなく経時的な安定性も大幅に改善できることを見いだした⁽³⁾。このメカニズムとして、ZnON膜のX線分析の結果から、添加した不純物 (Ta) が窒素と結合を形成して、不安定な窒素欠損の生成が抑制されることが分かった。この知見を基に不純物の添加量を最適化することで、49cm²/Vsと高い移動度を達成するとともに、しきい値電圧の経時的な変動量を不純物添加が無い場合の1/10以下に抑制でき、高移動度と高安定性を両立した。

また、酸化物半導体にIGZTOを用いたTFT (IGZTO-TFT) の開発では、高移動度化に向けたIGZTOの組成比率と保護膜形成のプロセス条件の最適化を進め、41cm²/Vと高い移動度を達成した⁽⁴⁾。さらに、半導体の上下にゲートを備えたデュアルゲート構造を適用することで、しきい値電圧を改善するとともに、ドレイン電流を約2倍に向上でき、本構造が大画面・高精細ディスプレイの駆動に有効であることが確認された。IGZTO-TFTの開発は、(株)神戸製鋼所と共同で実施した。

■大画面フレキシブルディスプレイに向けた塗布型デバイス

大画面のフレキシブルディスプレイの実現を目指して、大規模な真空装置が不要な塗布プロセスにより作製できる酸化物TFTおよび量子ドット(Quantum Dot: QD)を用いた電界発光素子(QD-LED)の研究開発を進めている。

塗布型酸化物TFTでは、水溶媒を用いた高品質な半導体膜の塗布形成技術と、大面積化に適したプロセス技術の開発を進めた。水溶媒は、有機溶媒に比べて炭素を含まないことから、形成した半導体膜に混入する不純物を大幅に低減でき、高移動度化が期待できる。2019年度は、新たに水溶媒を用いた半導体材料として、インジウム・亜鉛(In-Zn)系の酸化物材料を開発した。さらに、TFTの作製が必要となる半導体膜のパターン形成方法には、当所で独自に開発した、ダイレクト光パターニング技術を用いた。この形成方法では、一般的なフォトリソグラフィと比べて、感光性材料(フォトレジスト)を用いず、塗布した酸化物材料を光照射のみで簡便にパターニングできる利点がある(図6-9)。これらの材料やプロセスを最適化することにより、従来の真空プロセスで作製したTFTと同等以上の $16.2\text{cm}^2/\text{Vs}$ の高い移動度を有する塗布型酸化物TFTを実現した⁽⁵⁾。また、本TFTをフィルム基板上に形成し、大画面フレキシブルディスプレイへの適用可能性を示した(図6-10)。

QD-LEDは、数ナノメートル程度の半導体微粒子を用いた発光デバイスであり、粒子サイズ制御により発光スペクトルの波長や半値幅を制御でき、高色純度発光が期待できる。2019年度は、リン化インジウム(InP)系QDを用いた緑色発光のQD-LEDの試作に取り組んだ。本量子ドットは、InPに亜鉛(Zn)を添加したZnInPの微粒子をコアとし、コアの表面をセレン化亜鉛(ZnSe)と硫化亜鉛(ZnS)の2層シェルで保護した構造(ZnInP/ZnSe/ZnS)を有する。ZnInPとZnSの間にZnSe層を挿入することで界面の格子不整合を緩和して不要な発光を低減し、色純度を向上させた。この量子ドットと電子輸送材料を混

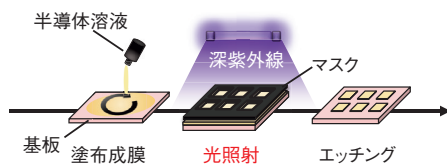


図6-9 ダイレクト光パターニング技術のプロセス

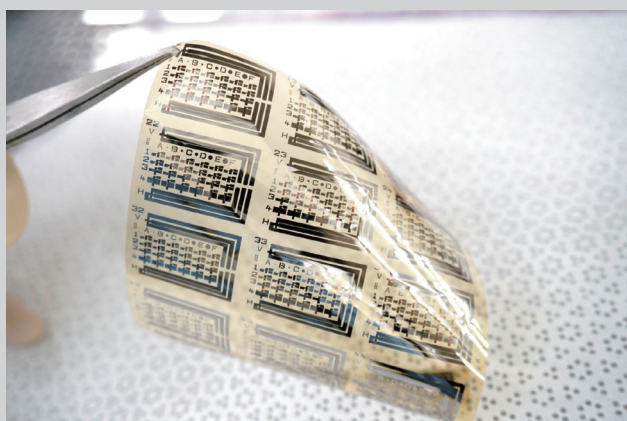


図6-10 フィルム基板上に試作した塗布型酸化物TFT

合して発光層を成膜したQD-LEDにおいて、ピーク波長524nm、半値幅44nmの緑色発光を得た⁽⁶⁾(図6-11)。この2層シェル構造を用いたQD-LEDの研究は、(株)アルバックと共同で実施した。

さらに、より半値幅の狭い緑色InP系量子ドットを用いてQD-LEDの特性改善を進めた。量子ドットと混合する電子輸送材料について、化学構造や混合比率に着目して最適化した結果、適切な材料選択により高効率発光が得られることを見だし、外部量子効率7.4% (ピーク波長527nm、半値幅41nm)を実現した⁽⁷⁾。

〔参考文献〕

- (1) H. Fukagawa, M. Hasegawa, K. Morii, K. Suzuki, T. Sasaki and T. Shimizu: "Universal Strategy for Efficient Electron Injection into Organic Semiconductors Utilizing Hydrogen Bonds," *Advanced Materials*, 31, 1904201 (2019)
- (2) S. Kawamura, K. Suzuki, T. Sasaki, T. Oono, T. Shimizu and H. Fukagawa: "Effects of Energy-Level Alignment on Characteristics of Inverted Organic Light-Emitting Diodes," *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11, 21749 (2019)
- (3) H. Tsuji, T. Takei, M. Nakata, M. Miyakawa and Y. Fujisaki: "Effects of Tantalum Doping on Electrical Characteristics of High-Mobility Zinc Oxynitride Thin-Film Transistors," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 40, no. 9, pp. 1435-1438 (2019)
- (4) M. Nakata, M. Ochi, T. Takei, H. Tsuji, M. Miyakawa, G. Motomura, H. Goto and Y. Fujisaki: "High-Mobility Back-Channel-Etched IGZTO-TFT and Application to Dual-Gate Structure," *SID 2019 Digest*, pp. 1226-1229 (2019)
- (5) M. Miyakawa, M. Nakata, H. Tsuji and Y. Fujisaki: "High-performance reliable solution processed metal oxide TFTs for large area and flexible electronics," *International Meeting on Information Display (IMID) 2019 DIGEST*, B29-2 (2019)
- (6) G. Motomura, K. Ogura, J. Nagakubo, M. Hirakawa, T. Nishihashi and T. Tsuzuki: "Pure Green Emission from Quantum Dot Light-Emitting Diode using ZnInP/ZnSe/ZnS Quantum Dots," *International Meeting on Information Display (IMID) 2019 DIGEST*, I36-2 (2019)
- (7) 岩崎, 本村, 小倉, 都築: "電子輸送材料の選択による緑色InP量子ドットEL素子の発光効率改善," 第67回応物春季予稿集, 13a-A303-6, p. 11-130 (2020)

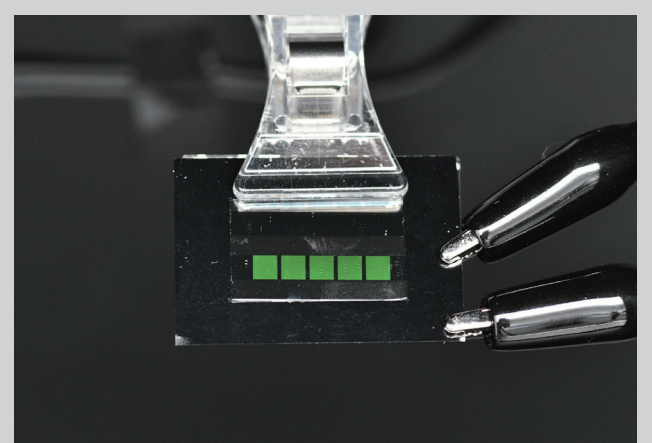


図6-11 試作した2層シェル構造緑色QD-LED

7 研究関連業務

7.1 外部との連携

■ 標準化機関への参加

放送技術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。

国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) のSG4 (Study Group 4) (衛星業務) では、21GHz帯放送衛星用受信アンテナのITU-R勧告改訂に向けて、放射パターンの測定結果を寄与した。SG6 (放送業務) では、第二世代地上デジタルテレビジョン放送方式の選択ガイドライン、ハイブリッドキャストコネク、音響メタデータの伝送用インターフェース、オブジェクトベース音響のラウドネス測定方法などを寄与した。2019年世界無線通信会議 (WRC-19) では、各国の放送事業者と連携して放送事業用周波数の保護に努めた。ITU無線通信総会 (RA-19) では、当所からSG6議長が再任された。

国際標準化機構 (ISO) と国際電気標準会議 (IEC) の合同委員会の作業グループであるMPEG (Moving Picture Experts Group) では、次世代映像符号化方式VVC (Versatile Video Coding) の要素技術を提案し、国際規格原案に採用された。また、没入型メディアの標準化では、ユースケースや要求条件の議論に参加した。

SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) では、オブジェクトベース音響で使用するシリアル形式の音響メタデータの伝送用インターフェースの標準規格化作

業に寄与した。また、カメラの解像度特性測定方法の標準化作業を開始した。

東京で開催されたアジア・太平洋放送連合 (ABU) の技術委員会では、ダイバースビジョンや4K/8K制作技術に関する基調講演のほか、地上放送高度化技術、ARを活用したテレビ視聴、インテグラル3D映像技術、フレキシブルディスプレイなどのNHKの取り組みを展示や講演で紹介した。また、地上放送高度化技術、放送通信連携システム、番組制作メタデータ、AI活用番組制作支援技術などの研究開発状況をプロジェクト報告として寄与した。

これらのほか、ヨーロッパ放送連合 (EBU)、ATSC (Advanced Television Systems Committee)、オーディオ技術協会 (AES)、5Gなど次世代のモバイル通信規格を策定する3GPP (3rd Generation Partnership Project)、IP番組制作システムの接続制御方式の標準化を行うAMWA NMI (Advanced Media Workflow Association Networked Media Incubator)、Webで用いられる技術標準を規定するW3C (World Wide Web Consortium) などの国際標準化機関・プロジェクト、(一社)電波産業会 (ARIB)、(一社)電子情報技術産業協会 (JEITA)、(一社)情報通信技術委員会 (TTC)、(一社)IPTVフォーラム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

■ ABU (アジア・太平洋放送連合)

委員会名	役職
技術委員会	副議長

■ 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

■ 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 (2019年6月まで)
ダウンロード方式TG	リーダー
データMMT伝送JTG	リーダー
映像符号化方式作業班	主任 (2019年6月まで)
データ符号化方式作業班	主任
権利保護作業班	主任
デジタル受信機作業班	主任
衛星デジタル放送作業班	主任
衛星高度化実証実験TG	リーダー
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	
音声品質評価法作業班	主任
放送素材ファイルフォーマット検討作業班	
4K8KファイルフォーマットJTG	サブリーダー
データコンテンツ交換方式JTG	リーダー
機器間インターフェース作業班	主任
素材伝送開発部会	
地上無線素材伝送作業班	主任
次世代デジタルFPU検討TG	サブリーダー

ミリ波素材伝送TG	リーダー
新周波数対応FPU検討TG	リーダー
マイクロ波帯UHDTV-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	委員長代理

■ 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

■ 海外の研究機関等との連携

EBUの技術委員会傘下のBTF (Broadcasting Technology Futures Group) にメディアの将来ビジョンを検討するVision Reportのサブグループが設置され、レポート作成に参加した。また、3GPP規格を用いたMBMS (Multimedia Broadcast and Multicast Service) の放送利用を検討するMTS (Mobile Technologies Standards) グループに参加し、5Gシステムの放送利用について検討した。

次世代音声サービスのための番組制作に関するEBUとの共

同実験に向けた準備を開始した。2019年度は、NHKが開発した音響メタデータ伝送装置とMPEG-H 3DAやAC-4のエンコーダとの相互接続テストを実施した。

将来のコンテンツ制作基盤における各種メディア処理用ツールのインターフェース共通化を目指した、EBUのプロジェクトMCMA (Media Cloud and Microservice Architecture) の活動に2019年6月まで参加した。

■ 共同研究、研究相互協力、連携大学院

2019年度には、放送通信連携サービスの検証から新規材料開発などの基礎分野に至るまで、総数21件の共同研究および35件の研究相互協力を実施した。

また、7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。

■ 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や相互の放送技術発展のため、滞在研究員としてブラジルTV Globoから1名の研究員を受け入れたほか、国内の放送事業者からは2名の研究員が技研での研究活動に参画した。

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 (東京大学、早稲田大学、東京理科大学、電気通信大学、東海大学、豊橋技術科学大学) から11名受け入れ、指導を行った。

海外における研究のため、アメリカに研究員4名を派遣した。

■ 研究者受入内容

種類	期間	研究テーマ
滞在研究員	2019/1/15 ~ 2019/6/2	次世代地上放送システムの調査および開発
滞在研究員	2018/9/3 ~ 2019/6/28	ハイブリッドキャストコネクタを活用したサービスの研究
滞在研究員	2019/6/17 ~	地域情報を活用した放送通信連携技術

■ 研究者の海外派遣

派遣先	期間	研究テーマ
アメリカ MIT メディアラボ	2018/9/25 ~ 2019/8/31	センサーネットワークを用いた3次元音響のインタラクティブコンテンツの制作
アメリカ スタンフォード大学	2018/10/21 ~ 2019/4/22	放送と融和するフレキシブル・ウェアラブルエレクトロニクスの調査研究
アメリカ コネチカット大学	2019/7/10 ~ 2020/1/19	3次元映像の高品質化技術に関する研究
アメリカ MIT メディアラボ	2019/9/4 ~	実空間における対面コミュニケーションを活性化化するウェアラブルデバイス及びソフトウェアの研究

■ 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積極的に参加して研究を実施している。2019年度は公的機関（NICT*、JST**、A-PAB***）から委託された3件の研究等を実施した。

- 多言語音声翻訳高度化のためのディープラーニング技術の研究開発
- トポロジカル表面状態を用いるスピン軌道トルク磁気メモリの創製

●放送用周波数を有効活用する技術方策に関する調査検討業務（技術試験事務）

- *：国立研究開発法人 情報通信研究機構
- **：国立研究開発法人 科学技術振興機構
- ***：一般社団法人放送サービス高度化推進協会

■ 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研究活動に対するご意見をいただいた。研究アドバイザー会議を10回開催し、研究アドバイザーの方々から

ご助言、ご意見をいただいた。また、5件の研究題目を客員研究員に委嘱し、研究を推進した。

■ 放送技術研究委員会委員 (敬称略) 2020年3月

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
一本 哉	日本テレビホールディングス株式会社 常務取締役
門脇 直人	国立研究開発法人 情報通信研究機構 理事
川口 忠久	株式会社テレビ朝日 常務取締役
川添 雄彦	日本電信電話株式会社 取締役研究企画部門長
小池 康博	慶應義塾大学 理工学部 物理情報工学科 教授
小林 哲則	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 情報通信学科 教授
塩崎 充博	総務省 情報流通行政局 放送技術課長
○高田 潤一	東京工業大学 環境・社会理工学院 教授
高原 淳	九州大学 先端物質化学研究所 教授
中島 康之	株式会社KDDI総合研究所 代表取締役所長
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
三木 幸信	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 副理事長
三好 正人	金沢大学 理工研究域 電子情報通信学系 教授
村田 正幸	大阪大学大学院 情報科学研究科 教授

■ 研究アドバイザー (敬称略) 2020年3月

氏名	所属
安藤 真	国立高等専門学校機構 理事
伊東 晋	東京理科大学 名誉教授
伊丹 誠	東京理科大学 基礎工学部 教授
今井 秀樹	東京大学 名誉教授
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
塩入 諭	東北大学 電気通信研究所 所長
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 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
平栗 健史	日本工業大学 基幹工学部 教授
Timothy John Baldwin	メルボルン大学 教授

■ 客員研究員 (敬称略) 2020年3月

氏名	所属
池辺 将之	北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター 教授
巖淵 守	早稲田大学 人間科学学術院 教授
中田 時夫*	東京理科大学 研究推進機構 総合研究院 太陽光発電技術研究部門 客員教授
藤井 俊彰	名古屋大学 大学院工学研究科 教授
渡辺 哲也	新潟大学 工学部 准教授

*2020年1月まで

7.2 研究成果の公開

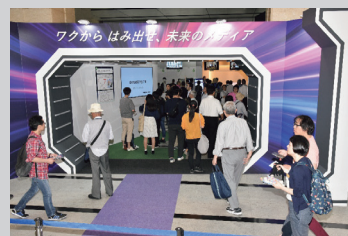
■ 技研公開

2019年の技研公開は、「ワクからはみ出せ、未来のメディア」をテーマに、5月28日から6日間の日程で実施した。3DテレビやAR・VRを活用した、従来のテレビのワクを超えた視聴サービスを実現する技術など最新の研究成果24項目、体験型4項目を展示し、開催期間中延べ21,702人の方々に来場いただいた。

講堂では、拡張現実感や空間表現に関する視覚の仕組みに関する基調講演と、技研の研究員が映像やデモンストレーションを交えて研究の紹介を行う“ラボトーク”を実施した。

公開実施日程

- 5月28日(火) オープニングセレモニー
- 5月29日(水) 招待内覧会
- 5月30日(木) ～ 6月2日(日) 一般公開



エントランスの様子



高精細VR映像

■ 基調講演

タイトル	講師	
身体の未来 拡張現実感から人間拡張工学へ	稲見 昌彦	東京大学 先端科学技術研究センター教授
空間表現を広げる視覚のしくみ	塩入 諭	東北大学 電気通信研究所 所長・教授

■ ラボトーク

タイトル	発表者	
音のカスタマイズ、していませんか？	杉本 岳大	テレビ方式研究部
機械の目と脳が作るあらたな映像の世界	高橋 正樹	空間表現メディア研究部
もっと簡単・快適にコンテンツを楽しむために	遠藤 大礎	ネットサービス基盤研究部
マラソンを8Kで中継できるか？	伊藤 史人	伝送システム研究部
“究極のカメラ”を考える	後藤 正英 安江 俊夫	新機能デバイス研究部 テレビ方式研究部
触覚はメディアをどう変えるか？	半田 拓也	スマートプロダクション研究部

■ 研究展示

E1	2030～2040年ごろのメディア技術	10	フレキシブルディスプレイの要素技術
E2	高精細VR映像	11	IP番組制作設備のクラウド化
E3	ARを活用したテレビ視聴スタイル	12	スーパーハイビジョンワイヤレスカメラ
E4	視点に追従するインテグラル3D映像	13	地上放送高度化方式の大規模野外実験
1	インテグラル3DCG映像のリアルタイム生成技術	14	次世代映像符号化方式VVC (Versatile Video Coding)
2	3次元映像の奥行き表現技術	15	オブジェクトベース音響による次世代音声サービス
3	将来の3次元映像表示デバイス	16	生放送番組における自動字幕制作
4	ネット×データ×IoTが連携するメディア技術	17	AIアナウンサー
5	テレビ視聴ロボット	18	ニュースを対象とした日英機械翻訳システム
6	フルスベック8Kライブ制作伝送実験	19	スポーツの状況を体感できる触覚インターフェース
7	22.2マルチチャンネル音響の適応ダウンミックス	20	スポーツ映像の状況理解技術
8	次世代撮像デバイス技術	21	放送が伝えた皇室
9	超大容量ホログラムメモリー	22	4K・8K受信方法の説明・相談コーナー

■ 体験展示

1	ARを活用したテレビ視聴体験	3	8Kでスローモーションを体験してみよう！
2	8Kでどこまで見えるか、しらべてみよう！	4	AIで白黒写真をカラー化してみよう！

■ 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 2019において、世界初の8K衛星放送システムを紹介するとともに8Kリビングシアターでコンテンツ上映を行った。また、8K関連技術に加え、3D TVなど最新の研究成果も展示した。NAB Showには世界各国から約9万1千人の参加登録があった。

9月には欧州最大の放送機器展IBC(International Broadcast-

ing Convention) 2019において、8K衛星放送システムの紹介と8Kコンテンツ上映を行った。また、8K関連技術に加え、ダイバーシジョンに関する最新の研究成果も展示した。IBCには世界各国から約5万6千人が来場した。

このほか標準化活動の一環としてITU-Rで研究成果を紹介するなど、計5件の展示を行った。

■ 海外展示 5件

イベント名(主なもの)	日程	展示項目
NAB Show 2019(アメリカ・ラスベガス)	4/8～4/11	8K衛星放送システム、8K OLEDリビングシアター、8K/120Hzビデオコーデック、次世代地上放送技術、オブジェクト音響制作システム、3D TV(アクティナビジョン)
IBC2019(オランダ・アムステルダム)	9/13～9/17	8K衛星放送システム、8Kコンテンツ上映、次世代地上放送技術、次世代映像符号化方式、ダイバーシジョンコンセプトビデオ、視点追従インテグラル3Dディスプレイ、ARを活用したTV視聴体験、放送通信連携アプリ日欧方式共通制作ツール

■ 国内展示

全国各地のNHKが主催するイベントや各種展示会などで、年間を通じて当所が研究開発した放送技術を紹介した。特に2019年11月のABU東京総会の技術展示では、新たに開発した、

フレキシブル有機ELディスプレイや地上放送の高度化技術などの技研の最新の放送技術を展示し、アジア各国の放送関係者の関心を集めた。

■ 国内展示 19件

イベント名(主なもの)	日程	展示項目
Connected Media Tokyo 2019	6/12～14	ハイブリッドキャストコネク
Nスポ!2019 SHIBUYA	7/20～24	触覚インターフェース
NHK山形放送局 会館公開	10/5～6	ARを活用したテレビ視聴スタイル
NHK大阪放送局 会館公開	11/2～3	ARを活用したテレビ視聴スタイル
Inter BEE 2019	11/13～15	フレキシブル有機ELディスプレイ、4K・8Kワイヤレスカメラ他
NHK松山放送局 会館公開	11/16～17	22.2マルチチャンネル音響システム
ABU 東京総会	11/17～22	フレキシブル有機ELディスプレイ、地上放送の高度化技術他
WSCFP 2019	12/2～5	インテグラル3Dテレビ、触覚インターフェース
NHK サイエンススタジアム2019	12/7～8	インテグラル3Dテレビ、触覚インターフェース
NHK プラスクロスSHIBUYA	2/8～4/16	フレキシブル有機ELディスプレイ

■ 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、Advanced Materials、IEEE Transactions、Optics Express、Scientific Reportsなどの海外学会誌に論文が採録された。

国内学会誌	47件
海外学会誌	20件
国内学会・研究会など	236件
海外学会・国際会議など	146件
一般雑誌などへの寄稿	55件
部外への講師派遣	62件
合計	566件

■ 報道発表

当所の研究成果を中心に、7件の報道発表を行った。

年月日	発表内容
2019/4/4	技研公開2019の展示内容について
2019/4/25	8Kワイヤレスカメラの開発について
2019/4/25	8K 120Hz映像のライブ制作・衛星伝送実験について
2019/4/25	広い視聴範囲の個人視聴用インテグラル3Dテレビについて
2019/9/17	フレキシブルディスプレイの長寿命化に向けた有機EL用材料の開発について
2019/11/18	30インチのフレキシブル有機ELディスプレイの開発について
2020/3/27	200万画素ハイビジョン解像度相当の3次元映像表示システムについて

■ 視察、見学、取材への対応

8Kスーパーハイビジョンやハイブリッドキャスト、AIを活用した番組制作支援技術などの研究開発成果の普及促進のため、官公庁、放送・映画、学術機関の関係者など、幅広い分野の方々の見学対応を行った。また、世界各国の放送関係者、JICA研修

受講生など、海外からも多くの放送関係者が当所を訪れた。

視察、見学	41件(うち、海外 15件) 772人(うち、海外 159人)
取材	12件

■ 機関誌

当所の研究活動と研究成果を国内外に周知する、以下の機関誌などを発行した。

NHK技研R&Dは、「ユニバーサルサービス」「スーパーハイビジョン符号化技術」「メディア基盤技術」などを特集した。

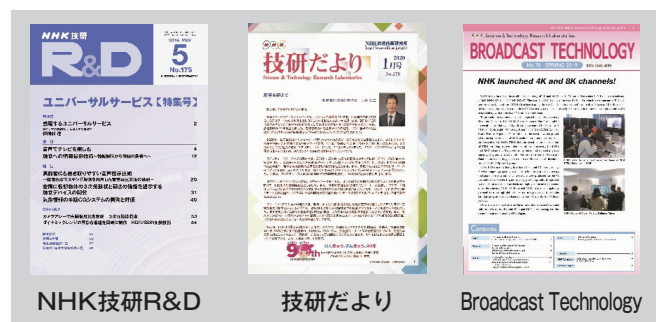
海外向けのBroadcast Technologyでは、次世代地上放送技術、スポーツ番組における映像表現技術、物体の形状を伝える触覚インターフェースデバイス、8K番組制作のための光・IP伝送技術など、最新の研究内容や動向を紹介した。

■ 国内向け刊行物

技研だより(和文、月刊)	No. 169～No. 180
NHK技研R&D(和文、隔月刊)	No. 175～No. 180
研究年報(和文、年刊)	2018年度版

■ 海外向け刊行物

Broadcast Technology(英文、季刊)	No. 76～No. 79
ANNUAL REPORT(英文、年刊)	2018年度版



■ 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、機関誌などを一般公開ホームページで紹介した。特に技研公開2019のページでは、スマートフォンやタブレットでも見やすいデザインとし、さらに各展示項目のページに関連した機関誌などへのリンクを掲載することで、より詳しい情報にアクセスできるようにした。



7.3 研究成果の活用

■ 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。BS8K放送のスポーツ番組制作では、大相撲、全日本柔道選手権、日本陸上選手権、ラグビーワールドカップなどで8Kスローモーションシステムが活用された。

ほかにも、大河ドラマ「いだてん」では、AI技術により過去の白黒映像をカラー化するシステムが活用された。2019年に実施した番組協力は57件であった。

■ 特許

新4K8K衛星放送や高効率映像符号化規格等の標準必須特許を合理的な条件で一括ライセンスするパテントプール*への参加を通じて、NHK保有特許の利用促進を図り、放送サービスの円滑な普及に寄与した。NHKの知的財産を適正に管理する観点から、引き続き研究開発成果の権利化を推進した。技術移転可能なNHK保有技術をまとめた「技術カタログ」を充実させると

ともに、「技研公開2019」、「CEATEC JAPAN 2019」、「テクニカルショウヨコハマ2020」、さらには地方自治体等と連携したイベントにおいて、NHK保有技術を利用する仕組みを紹介した。

*多数の標準必須特許を合理的な条件で一括ライセンスする仕組み

■ 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	298	1047
	実用新案	0	0
	意匠	0	2
海外出願	特許	74	140
合計		372	1189

■ 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	251	2050
	実用新案	0	0
	意匠	0	0
海外	特許	12	106
合計		263	2156

■ 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		13	303
許諾権数		38	508
	(内訳) 特許権	31	261
	ノウハウ	7	247

■ 技術協力

(NHK総数)

	区分	件数(うち前年度からの継続)
技術協力		25(9)
受託研究		3(2)

■ 受賞、学位取得

2019年度は、前島密賞、高柳健次郎業績賞など29件受賞した。2019年度は、新たに3人が学位を取得した。2019年度末

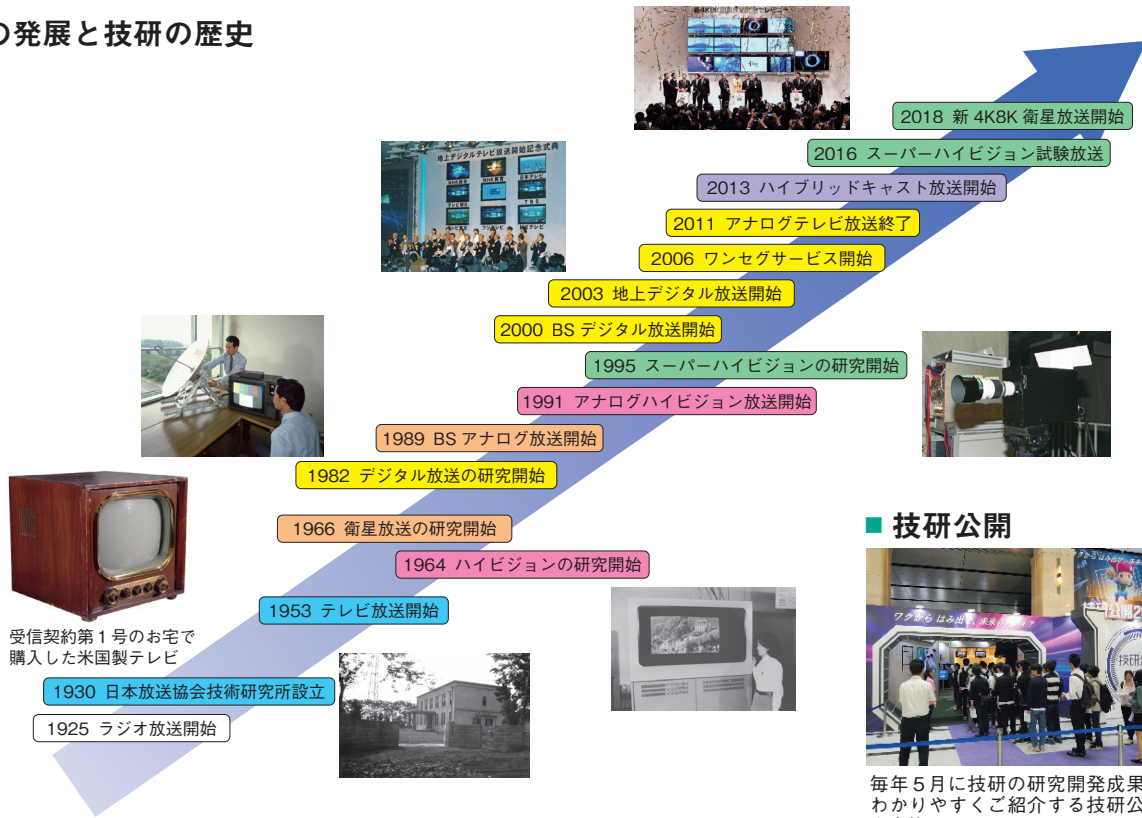
の学位保有者は、84人となった。

受賞者	賞の名称	授賞者	業績名・受賞事由	受賞・表彰日
鴨田浩和 村瀬健治 中川孝之(技術局) 津持純 岡部聡	前島密賞	公益財団法人 通信文化協会	4K・8K番組素材伝送用FPUの開発及び標準化	2019/4/10
木下延博 室井哲彦 石井紀彦	市村学術賞 貢献賞	公益財団法人 新技術開発財団	波面補償を用いた大容量・高速ホログラムメモリーの開発	2019/4/12
渡邊隼人 河北真宏 岡市直人 佐々木久幸 加納正規 三科智之	The Fumio Okano Best 3D Paper	SPIE	High-resolution spatial image display with multiple UHD projectorsの講演に対して	2019/4/16
竹内真也	ITU協会賞 奨励賞	一般社団法人 日本ITU協会		2019/5/17
田中祥次(放送衛星システム)	丹羽高柳賞 業績賞	一般社団法人映像情報メディア学会	新4K8K衛星放送の放送方式標準化への寄与	2019/5/31
新井俊希 大竹浩	丹羽高柳賞 論文賞	一般社団法人映像情報メディア学会	Flicker-Free Method for Video Captured at 120-Hz Frame Frequency by Interlaced Scanning and Electrical Shutter	2019/5/31
高橋正樹 横澤真介 ミツ峰秀樹 齋哲也(放送技術局) 直江正人(2020東京オリンピック・パラリンピック実施本部) 舟木聡(放送技術局)	技術振興賞 進歩開発賞(研究開発部門)	一般社団法人映像情報メディア学会	フェンシング剣先奇跡可視化技術「ソートレーザー」の開発	2019/5/31
宮崎太郎 牧野仁宣 武井友香	技術振興賞 コンテンツ技術賞	一般社団法人映像情報メディア学会	番組制作を支援するソーシャルメディア分析システム NHK総合テレビ「はじっこ革命」、「ドキュメント72時間年末特番」ほか	2019/5/31
為村成亨	映像情報メディア未来賞 フロンティア賞	一般社団法人映像情報メディア学会	低電圧増倍型結晶セレン光電変換膜の開発	2019/5/31
土田健一	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	地上デジタルテレビジョン放送高度化方式の開発	2019/5/31
青木秀一	全国発明表彰 21世紀発明奨励賞	発明協会	映像・音声を柔軟に切り替え可能な同期方式の発明	2019/6/10
深川弘彦	有機EL討論会 業績賞	有機EL討論会	大気安定な逆構造有機ELデバイスの開発	2019/6/13
佐々木翼	有機EL討論会 講演奨励賞	有機EL討論会	「フレキシブルディスプレイの実現に向けた逆構造OLEDの長寿命化技術」の講演	2019/6/13
正岡顕一郎 新井一之(放送技術局) 瀧口吉郎	SMPTE Journal Certificate of Merit	Society of Motion Picture and Television Engineers	論文賞「Realtime Measurement of Ultrahigh-Definition Camera Modulation Transfer Function,」 published in the November/December 2018 issue of the SMPTE Motion Imaging Journal	2019/6/26
遠藤伶 河合吉彦 望月貴裕	放送文化基金賞	公益財団法人放送文化基金	白黒映像の自動カラー化システムの開発	2019/7/2
岩崎有希子	鈴木記念奨励賞	一般社団法人映像情報メディア学会	2018年の冬季大会「有機ELデバイスの高色純度化に適した発光層ホスト材料の設計」の講演に対して	2019/8/29
信川輝吉	鈴木記念奨励賞	一般社団法人映像情報メディア学会	2018年の年次大会「位相格子を用いた空間分割位相シフト法による位相多値記録ホログラムメモリー用データ読み出し手法の検討」および冬季大会「空間分割位相シフト法を用いた位相多値記録ホログラムメモリーのデータ読み出し精度の向上」の講演に対して	2019/8/29
遠藤伶	鈴木記念奨励賞	一般社団法人映像情報メディア学会	色合いの一貫性を考慮した白黒映像カラー化システム	2019/8/29
岡本大輝	鈴木記念奨励賞	一般社団法人映像情報メディア学会	画像からの距離情報推定手法の一提案 ～ 複素ウェーブレット変換を用いた位相差検出 ～	2019/8/29
堀洋祐 遠藤充泰 石井紀彦 宮本泰敬	ポスター講演賞	公益社団法人 日本磁気学会	「記録素子を一体化形成した磁性細線メモリー素子の試作と磁気光学評価」のポスター講演	2019/9/26
後藤正英 為村成亨	Poster Award	応用物理学会	第80回応用物理学会秋季学術講演会における「フォトンカウンティングの実現に向けた結晶セレン膜積層型画素並列信号処理イメージセンサの検討」の講演に対して	2019/9/21
正岡顕一郎 新井一之(放送技術局) 瀧口吉郎 山下誉行	技術開発賞	一般社団法人 日本映画テレビ技術協会	「リアルタイムMTF測定装置」の開発に対して	2019/10/31
小郷直人(富山放送局)	関東地方発明表彰 発明奨励賞	公益社団法人 発明協会	スプラッシュプレート型一次放射器の発明に対して	2019/11/13
熊野正 下野戸憲義((元)日本放送協会 放送技術局) 内藤和弘((元)日本放送協会 広島放送局)	電気通信産業功労賞	一般社団法人 電気通信協会	-	2019/11/22
片野祐太郎	優秀研究発表賞	一般社団法人 映像情報メディア学会	マルチメディアストレージ研究会での「畳み込みニューラルネットワークによる多値記録ホログラムメモリー再生信号の復調手法の検討」の講演	2019/12/12
佐藤庄衛(NHKエンジニアリングシステム)	テレコム先端技術研究支援センター表彰 優秀賞		字幕放送拡充のための音声認識技術の開発	2020/1/14
福島邦彦(OB)	高柳健次郎賞	公益財団法人 高柳健次郎財団		2020/1/20
朝倉慎悟	研究奨励賞	映像情報メディア学会 放送技術研究会	登壇回数3回	2020/3/5
横澤真介	学術奨励賞	一般社団法人 電子情報通信学会	ISDB-S3方式による低C/N受信の検討に向けた12GHz帯衛星放送用小型平面受信アンテナの試作	2020/3/19

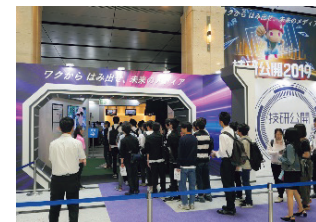
放送技術研究所の概要

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	254名	(うち研究者数 226名)
学位保有者	84名	
特許権保有数	国内 2,050件	
(NHK 総数)	外国 106件	

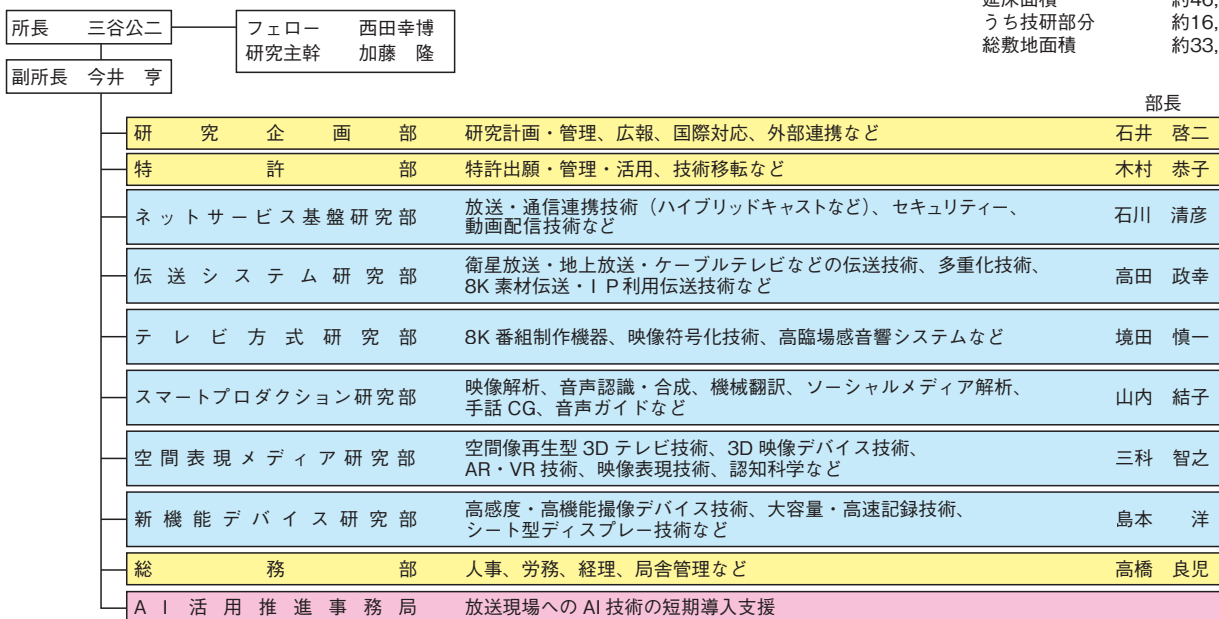
(2020年3月末現在)

■ 現在の研究棟



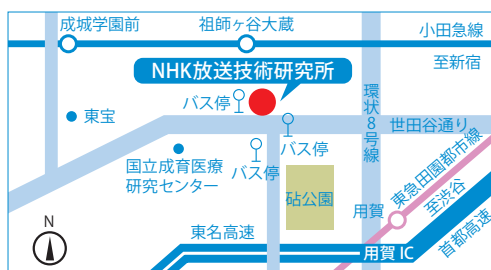
落成 2002年3月
 高層棟：地上14階、地下2階
 中層棟：地上6階、地下2階
 延床面積 約46,000m²
 うち技研部分 約16,000m²
 総敷地面積 約33,000m²

■ 技研の組織



(2020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

2019

日本放送協会 放送技術研究所
2020年8月発行

あなたの声と受信料で
公共放送

NHK

