

放送技術（放送方式/無線・光伝送技術/放送現業）の研究開発動向

岡田 実^{†1}, 大槻 一博^{†2}, 當山俊一郎^{†3}, 川本潤一郎^{†2},
朝倉 慎悟^{†2}, 田邊 暁弘^{†4}, 内田 慎^{†5}, 岩瀬 宗彦^{†6}

1. まえがき

本報告では、映像情報メディア学会放送技術研究専門委員会が所掌する「放送方式」, 「無線・光伝送技術」, 「放送現業」の三つの研究分野における、2023年2月から2025年3月までの約2年間にわたる研究開発の動向と主要な成果をまとめている。現在、放送を取り巻く環境は、放送と通信の融合が急速に進み、SNSをはじめとする多様なデジタルサービスが隆盛を極めるなど、大きな変革の時代を迎えている。このような状況下で、当研究会は、放送技術の進展が放送文化の維持・発展、そして新たな価値創造に不可欠であるとの認識のもと、活発な研究発表、情報交換、そして建設的な議論を展開している。その中で、各分野で多数の研究報告がなされている。

まず、「放送方式」の分野では、地上デジタル放送のさらなる高度化を目指した研究が精力的に進められ、4K・8K放送の効率的な伝送方式、現行放送波との親和性を考慮した高度化導入方式、そして放送のIP化を加速する多重化方式や関連技術に関して、合計50件に及ぶ貴重な研究成果が報告されている。

また、「無線・光伝送技術」の分野では、アンテナ・高周波回路技術において46件、伝送方式技術において36件、総計82件という多数の報告があり、本分野への高い関心が示されている。

さらに、「放送現業」の分野では、AI技術の導入による番

組制作ワークフローの自動化・省力化、VR/ARといったXR技術を活用した没入感の高いコンテンツ制作手法、4K・8K超高精細映像の医療や産業分野への応用展開、そして放送と通信の連携を基盤とした新たな視聴体験の創出など、合計12件の先進的かつ実践的な取り組みが報告されている。

以下では、研究分野における研究開発動向について紹介する。本年報が、放送技術に携わる研究者、技術者、そして学生諸氏にとって、この変革期における放送技術の最新動向を把握し、今後の指針を得るための一助となれば幸いである。

2. 放送方式

地上デジタル放送の高度化に関して多岐にわたる研究成果が報告された。4K・8K放送の実現を目指した地上放送高度化方式(高度化方式)、2K放送との両立を考慮した高度化放送導入方式(導入方式)、およびトランスポート層における多重化方式の報告に分類される。また、放送ネットワークを構築するためのSTL/TTL(Studio to Transmitter Link/Transmitter to Transmitter Link)、衛星放送、映像符号化および映像表現、IP放送、webベース放送などに関する報告があった。放送方式関連の報告については、2023年2月から2025年3月までの約2年間で計50件の報告があった。これらの報告の概要を紹介する。

2.1 地上デジタル放送の高度化

2.1.1 地上放送高度化方式

高度化方式の移動受信特性を向上させるためのインターリーブ手法について報告された¹⁾。高度化方式の拡張機能として検討されている、各送信局を物理層で識別する技術の室内実験結果²⁾、複数の階層を電力方向に多重する階層分割多重(LDM: Layered Division Multiplexing)の復調方法や伝送特性向上に関する計算機シミュレーション結果^{3) 4)}、LDMの伝送実験用変復調装置を用いた室内実験および実験試験局を用いた野外実験結果^{5) 6)}が報告された。また、現行の地上テレビジョン放送(ISDB-T: Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial)から高度化方式への同一チャンネルでの移行等を目的として、ISDB-Tと高度化方式を

^{†1} 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

^{†2} NHK 放送技術研究所

^{†3} 日本テレビ放送網株式会社 技術統括局

^{†4} 日本電信電話株式会社 アクセスサービスシステム研究所

^{†5} 株式会社TBSテレビ メディアテクノロジー局

^{†6} 住友電気工業株式会社 ブロードネットワークス事業部

"Research Trend on Broadcasting Systems, Radio and Optical Fiber Transmission Systems and Broadcasting Facilities and Operations" by Minoru Okada (Nara Institute of Science and Technology, Nara), Kazuhiro Otsuki, Junichiro Kawamoto and Shingo Asakura (Science & Technology Research Lab., NHK, Tokyo), Shunichiro Toyama (Nippon Television Network Corp., Tokyo), Akihiro Tanabe (Nippon Telegraph and Telephone Corporation, Tokyo), Shin Uchida (Tokyo Broadcasting System Television, Inc., Tokyo), Munehiko Iwase (Sumitomo Electric Industries, Ltd., Tokyo)

時間軸で非同期にLDM多重する手法の、計算機シミュレーションによる基礎検討および伝送路推定誤差を抑えることによる伝送特性の改善効果が報告された^{7)~10)}。

2.1.2 高度化放送導入方式

導入方式は、ISDB-Tに対して新しい放送サービスをLDM多重する方式（LDM方式）と、ISDB-Tのセグメント構造を3階層に分割して新しい放送サービスを周波数分割多重（FDM: Frequency Division Multiplexing）する方式（3階層セグメント分割方式）に区別される。LDM方式では、復号法に関する検討や移動受信特性の評価について報告された^{11) 12)}。また、伝送実験用変復調装置を用いた野外実験による固定受信、移動受信の特性評価について報告された^{13) 14)}。3階層セグメント分割方式では、現行の放送TS（Transport Stream）への適用検討結果および試作装置を用いたSFN（Single Frequency Network）の野外実験結果について報告された¹⁵⁾。

2.1.3 多重化方式

高度化方式は、伝送データのIP化と大容量化が可能であることを特徴としている。これらの特徴を生かし、トランスポート層での多重化方式および関連技術においてさまざまな検討がなされている。複数メディアを1チャンネルに多重する手法の検討および多重化装置の試作¹⁶⁾、IP化および放送と通信の連携によって可能となるさまざまな付加サービスの技術実証¹⁷⁾、ATSC3.0等で採用されネット動画配信とも整合するテキストベースの制御信号に関する調査および試作検証結果¹⁸⁾、SFNの遅延制御にPTP（Precision Time Protocol）を用いた手法の野外実験による検証結果¹⁹⁾、および再多重化装置と変調装置の間のプログラム伝送信号（インタフェース）の検討結果²⁰⁾について報告された。

2.2 STL/TTL

高度化方式の信号を、演奏所から放送所に伝送するための高度化STL/TTLの伝送方式に関するさまざまな検討がなされている。高度化STL/TTLの汎用データ伝送機能の活用²¹⁾、プログラム伝送信号の多重方式に関する検討および実機評価²²⁾、無線回線と有線IP回線の併用により誤り訂正能力を向上させる手法の検討および実機評価^{23) 24)}が報告された。

2.3 衛星放送

衛星放送を直接受信するためのアンテナに関する検討がなされている。広帯域での伝送が可能な21 GHz帯と現行の衛星放送の周波数帯である12 GHz帯を一つのアンテナで受信することを目的として、一般家庭のパラボラアンテナの一次放射器に用いる周波数共用ホーンアンテナの設計、および試作結果が報告された^{25) 26)}。また、12 GHz帯を簡易受信するための小型アンテナの設計について報告された²⁷⁾。一方、衛星放送システムの検討としては、12 GHz帯、21 GHz帯に加えてさらにIP回線も併用することで可能となる大容量コンテンツ伝送に関する実機評価が報告さ

れた²⁸⁾。衛星波の降雨減衰対策等を目的として、LDM方式を適用して高電力階層と低電力階層で受信耐性および伝送容量の異なる信号を一つのチャンネルに多重する手法の検討、およびVVC（Versatile Video Coding）マルチレイヤ符号化と組み合わせて受信品質の変化に応じた動的な解像度切り替えに関する室内実験結果が報告された^{29) 30)}。移動体衛星通信の分野では、地上端末アンテナの小型化および伝送速度の向上を目的として、多数の小型衛星群を同心円状に並べ仮想的に一つの大開口面アレイアンテナに見立て運用した場合の、通信エリアに関するシミュレーション結果が報告された³¹⁾。

2.4 映像符号化、映像表現

映像符号化に関する検討では、原画像を高圧縮符号化する際に生じるブロックひずみなどの符号化アーティファクトを抑制する手法が提案された³²⁾。また、符号化の前処理として原画像と縮小符号化情報から符号化難易度を推定し、高難易度かつ疎位置での帯域制限量を大きくする手法が提案された³³⁾。VVCマルチレイヤ符号化では、ベースレイヤに対して手話放送を付加する放送システム、あるいは気象情報などを逆L字形式で表示する放送システムの検討が報告された^{34) 35)}。また、2K、4K、8Kなど解像度の異なる映像を効率よく符号化する伝送システムの開発が報告された³⁶⁾。一方、放送コンテンツのSNS展開等を目的として、スマートフォンでの視聴を想定した縦型映像など制作段階とは異なるアスペクト比への切り出し手法の検討、切り出しの際の最適な水平パン速度、制作意図を保持した編集ツールの開発などが報告された^{37)~40)}。さらに、RNN（Recurrent Neural Network）を用いたEnd-to-end DNN（Deep Neural Network）モデルによる動画の差分符号化が報告された⁴¹⁾。

2.5 IP放送/webベース放送

CATVによるIP放送の分野では、集合住宅や辺地共調世帯でローカル5Gによる有線回線の代替に関する基礎検討、および高度な無線制御手法が報告された^{42) 43)}。Webベース放送の分野では、コンテンツの信頼性を確保するため、情報ソースや編集過程を表す来歴情報をライブ動画配信に適用し、受信端末で改ざんの有無を検証可能なシステムの設計および試作結果について報告された⁴⁴⁾。欧州で普及が進んでいる放送とリニア配信を統合したサービスの実現に向けて、視聴者が伝送路を意識することなく選局するための受信機アーキテクチャに関する提案および試作結果が報告された⁴⁵⁾。多様な番組の検索等を目的として、大規模言語モデルを用いたクエリ拡張に基づく番組ブレイリスト生成手法が提案された⁴⁶⁾。また、放送コンテンツの接触率向上等を目的として、視聴者の生活に溶け込むコンテンツ提示に関する検討がなされている。エージェントが自然言語で状況を共有し、自動車内でコンテンツを推薦するシミュレータの試作および検証結果が報告された⁴⁷⁾。

2.6 その他の伝送技術

成層圏プラットフォームを用いた非地上系ネットワークにおいて、風に起因する揺れ等で生じる伝送特性の劣化を軽減するため、アンテナのパラメータやビームフォーミングを動的に制御する機械学習アルゴリズムの一検討が報告された^{48) 49)}。モバイルネットワーク中に構築された仮想網(モバイルSINET)を活用し、HEVC(High Efficiency Video Coding)符号化された四つのHDコンテンツを同時伝送する実証実験結果が報告された⁵⁰⁾。

3. 無線・光伝送技術

無線・光伝送技術の研究は、放送・通信サービスの基盤となるものである。通信容量の大容量化や通信環境の拡大、新しいサービスの提供に向けてさまざまな研究・開発が活発に進められている。放送技術研究会では、無線・光伝送技術に関する報告が多数行われており、2023年2月から2025年3月までの約2年間で計82件の報告があった。その内、アンテナ・高周波回路46件(56%)、伝送方式36件(44%)である。以下では、これらの報告の概要を紹介する。

3.1 アンテナ・高周波回路

3.1.1 マイクロストリップアンテナ

2.4GHz帯を対象とした海洋センサネットワーク用アンテナが提案された⁵¹⁾。このアンテナは、車輪型接地板と金属筒を装荷することで広帯域化と仰角方向への放射特性を実現している。次に、4相Push-Push発振器の高性能化に関する研究が報告された⁵²⁾。マイクロストリップ線路共振器とリング共振器の結合によって、リング共振器内で定在波が安定化し、これにより出力向上と位相雑音特性の改善が達成される。積層構造を持つ2周波共用の直線偏波切り替えアンテナが提案された⁵³⁾。このアンテナは、正方形パッチおよびダイオードを装荷した十字スロット付きパッチを組み合わせた構造を持ち、スイッチング電圧を用いることで偏波面の切り替えが可能となる設計である。マイクロストリップ線路を利用した平面型回路のミリ波帯での設計法についての評価も行われた⁵⁴⁾。特性インピーダンスや位相定数の測定に基づき、従来の設計公式がミリ波帯でも適用可能であることが検証され、線路幅や基板厚の変更に伴う性能変化が評価された。また、高利得化を目指したマイクロストリップアンテナの新設計も提案された^{55) 56)}。この研究では、2枚の無給電素子と反射板を装荷し、シミュレーションと試作によりその性能が検証された。対数周期アンテナにマイクロストリップ給電回路を組み込んだ後方給電型対数周期アンテナが提案された⁵⁷⁾。この後方給電型対数周期アンテナは、従来必要とされていたセミリジッドケーブルやL型コネクタを不要としつつ、電磁界シミュレーションや試作・測定を通じて、2GHzから6GHzまでの広帯域特性と単一指向性を実現した。

3.1.2 円偏波アンテナ

プリント基板型逆FアンテナにL字型素子を装荷した円偏波用2周波共用アンテナが提案された⁵⁸⁾。このアンテナは、先行研究において使用されていた右側のループ素子と長方形素子を省略し、構造の簡素化を実現した。ねじり加工を施した平板素子を活用した円偏波アンテナも新たに提案された^{59) 60)}。円偏波の発生とともに、交差偏波や所望方向以外の放射を低減することが可能となった。UWB(Ultra-Wide Band)ハイバンド(7.25~10.25GHz)を用いた測位システム向けの高利得円偏波プリント基板型モノポールアンテナが提案された⁶¹⁾。特に、屋外用途に対応する7.25~9GHzのフィルタが設計され、このフィルタを装荷した「フィルテナ(フィルタ+アンテナ)」の有効性が示された。医療・介護分野で求められる離床センサやバイタルセンサへの応用としては、小型広帯域円偏波用平面型アンテナの利用が報告された⁶²⁾。広帯域特性や安定した円偏波が、高精度なセンサ設計に寄与することが示された。

3.1.3 アクティブアンテナ

イメージ抑圧型ミキサと2給電型アンテナを一体化したダウンコンバージョン型円偏波アクティブアンテナが提案された⁶³⁾。次に、反射型4倍波出力Push-Push発振器を用いた自己発振アクティブアンテナが提案された⁶⁴⁾。また、送信機の小型化を目指して、バランス型アップコンバータを一体化したアクティブアンテナが提案された⁶⁵⁾。

3.1.4 アレーアンテナ

4素子ホーンアレーアンテナのアイソレーションに関する検討⁶⁶⁾とセカント法求根アルゴリズムを用いたモノパルス型3次元ビーム追尾平面アレーアンテナシステムの基礎検討⁶⁷⁾が報告された。八木・宇田素子を導波管に組み込んだ地中レーダ用アンテナと、不要輻射抑制に関する研究が報告された⁶⁸⁾。次に、単一アンテナ素子とトランスミッタレーを用いた電波到来方向推定システムが提案された⁶⁹⁾。この研究は、多素子アレーアンテナを活用して精度の高い方向推定を実現する技術として注目される。さらに、1ビットコーディング可能なリコンフィギュラブルメタサーフェスリフレクターを用いてビームステアリングを実現する費用対効果の高い方法が示された⁷⁰⁾。この設計は、電子部品を排除した機械スライドを備えた二重層構造を採用し、複雑さや製造コスト、電力消費を最小化するものである。Wullenweber式位相差給電アレーアンテナにおいて、動作利得7dBの長方形導体板を素子アンテナに配置する研究が報告された⁷¹⁾。設計周波数1.03~1.09GHzの範囲内で数値解析が行われ、このアンテナ設計の有効性が示された。

3.1.5 広帯域アンテナ

コンクリート内部のひび割れ探査を目的に、近傍界での強度を向上させた広帯域ビバルディアンテナの提案が行われた⁷²⁾。IoTの実現に向けてWi-Fiや5Gといった広帯域通信を可能にするアンテナの開発が進められ、それに関する

研究が報告された⁷³⁾。チョークコイルの装荷により広角放射パターンの実現が可能となっており、IoTデバイスへの適用が期待される。

3.1.6 人体をアンテナ素子として利用するアンテナ

人体をアンテナ素子として利用するアンテナの研究について、70 MHzで最も高い放射効率を示すことがシミュレーションで確認された⁷⁴⁾。FDTD (Finite Difference Time Domain Method) 法を活用して電磁界解析が行われ、その妥当性を確認するために Wheeler Capが作製された。さらに、人体を素子として利用した VHF (Very High Frequency) 帯アンテナの放射効率の実測が行われた。次に、人体の湿潤組織における局所比吸収率 (SAR: Specific Absorption Rate) を調査し、40 MHzで最大電流が誘起される現象に基づき、人体をアンテナ素子として運用する可能性が議論された⁷⁵⁾。本研究では、従来課題となっていた整合回路の検討が進められ、数値電磁界解析手法を用いてその性能が評価された。

3.1.7 メタマテリアルを活用したアンテナ技術

高誘電率の誘電体共振器アレーを使用して設計されたメタマテリアルにより、28 GHzおよび39 GHzで管内波長が等しくなるように調整されたデュアルバンド特性が実現された⁷⁶⁾。電磁界解析の結果、単一の方形パッチアンテナでデュアルバンド動作が可能であることが確認され、この設計が高周波帯域での多機能アンテナ設計に向けた新たな可能性を示した。また、送信アンテナ間の相互結合を低減するための方法として、長方形パッチを周期的に配置したメタサーフェスを活用する設計が提案された⁷⁷⁾。このメタサーフェスは放射素子および反射素子として機能し、アンテナ間における結合を -30 dBまで低減し、さらに2 dBの利得向上を実現した。この研究は、アンテナ間相互作用の抑制と性能向上を両立させる有効な手法を示しており、多素子アンテナシステムへの応用が期待される。

3.1.8 レクテナ

橋梁の腐食を検知するためのセンサ端末用レクテナとして、反射板付きモノポールアンテナアレーと倍電圧整流回路を採用した高利得レクテナが設計された⁷⁸⁾。測定の結果、周波数895 MHzの電波を用いて2 mの伝搬距離でエネルギー収集が可能であることが確認され、効率的なエネルギー利用への貢献が示された。また、大規模レクテナアレーの実現に向け、各単位レクテナの個体差が全体の性能に与える影響が調査された⁷⁹⁾。2素子や4素子の接続方法について検討が行われ、直列接続で最大出力電力が効率的に得られる一方、並列や直並列接続では出力が低下する現象が確認された。

3.1.9 高周波回路

ルビジウム原子発振器やセシウム原子発振器が正確な周波数を得るために広く利用されている中で、ルビジウム原子発振器の短期安定度の高さと、経年変化に伴う長期安定

度の低下に対処するための研究が進められた⁸⁰⁾。本研究では、ルビジウム原子発振器をGPS (Global Positioning System) の1PPS (Pulse Per Second) に同期させる位相同期回路を用いて高精度化と高安定化を実現し、さらにスプーフィング攻撃を検出する機能を搭載することによってセキュリティ向上も図った。また、光の領域で確認されている非回折波の28 GHzマイクロ波での生成法について検討が行われた⁸¹⁾。次に、Push-Push型電圧制御発振器の新しい設計が提案された⁸²⁾。準分布定数線路共振器の両端に出力回路を装荷することで2次高調波の出力を安定化させ、効率を向上させることを目的としている。さらに、半波長伝送路を帰還回路に使用した高周波発振回路が提案された⁸³⁾。本研究では、スタブ付き等価回路を導出した上でFDTD法による解析を行い、伝送路の長さが従来の2/3に短縮されながらも同様の周波数で発振することが確認された。また、LTspiceによる解析でも同様の結果が得られ、設計の精度が確かめられた。

3.1.10 電磁界・電波伝搬

近年のUAV (Unmanned Aerial Vehicle) の産業利用の活発化に伴い、通信や電磁界計測への応用が進んでいる。アマチュア無線技士でも手軽に放射パターンを計測できる環境の構築を目指し、アマチュア無線用HF帯モノポールアンテナの近傍界をFDTD法で算出し、UAVの存在が電磁界分布に与える影響に関する研究が報告された⁸⁴⁾。次に、第6世代移動通信システム (6G) の通信環境確保に向けて誘電体導波路の利用が期待されている。マイクロ波エネルギーデバイスの特性解析を通じて、誘電体導波路を用いることでデバイス構造の簡略化や医療廃棄物削減が可能であることを示した⁸⁵⁾。また、複雑な都市構造における伝搬メカニズム解析や電波伝搬推定にレイトレース法が活用された⁸⁶⁾。さらに、海中無線通信の確立を目指し、海面および岸壁付近の伝搬メカニズムが詳細に解析された⁸⁷⁾。最後に、角度スペクトル法を用いて総受信電波を伝搬波とエバネッセント波に分ける新しい手法が提案された⁸⁸⁾。

3.1.11 医療応用

高血圧治療法の一つである腎交感神経除去術において、神経焼灼の温度を機械学習で予測する方法が提案された⁸⁹⁾。また、生体組織凝固デバイスの性能向上を目指した研究では、組織の凝固前後のインピーダンス変化を利用して凝固状況をモニタリングする方法が検討された⁹⁰⁾。さらに、電波型内視鏡アンテナシステムを用いた血管検出技術の進展が報告された^{91) 92)}。特にスタック化マイクロストリップアンテナや誘電体基板に導体ピンを装荷した設計により、血管検出精度が向上し、手術時の安全性向上に寄与する結果が得られた。誘電体導波路の医療デバイスへの応用も注目されている。誘電体導波路を活用することで、デバイス構造の簡略化や医療廃棄物削減の可能性が検証された⁹³⁾。一方、無線給電システムを用いた腎臓メカニズム解明のため

の研究では、20～30 GHz帯で小型レクテナを設計し、伝搬距離70 mmで高効率のエネルギー伝送が確認された⁹⁴⁾。また、非接触バイタルサイン測定では、ウェーブレットコヒーレンス解析を活用し、斜め方向からの心拍信号の検出精度を向上させた⁹⁵⁾。最後に、マイクロ波エネルギーデバイスを利用した組織加熱技術では、加熱領域の制御が課題とされており、加熱領域を広げすぎない導波管構造の探索が行われ、数値計算と実験で評価された⁹⁶⁾。

3.2 伝送方式

3.2.1 MIMO

周波数分割複信(FDD: Frequency Division Duplex)方式の大規模MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)でCSI (Channel State Information) フィードバック効率を向上させるため、深層転移学習と継続学習を組み合わせた手法が提案された⁹⁷⁾。EWC (Elastic Weight Consolidation)の導入により、ターゲットモデルの特性劣化が低減し、時変チャネル環境において再学習コストを削減できる有用性が示された。次に、42 GHz帯ミリ波を活用して400 Mbps級の無線伝送を実現するMIMO SC-FDE (Single Carrier - Frequency Domain Equalization)方式が提案された⁹⁸⁾。同一周波数で多重化された信号を周波数領域で分離する方法を用い、試作装置でビット誤り率特性が評価され、高い性能が確認された。移動環境下での時変動チャネルに対応するスル空間拡張法が提案され、干渉信号を抑圧しながら伝送特性を向上させる成果が報告された⁹⁹⁾。端末連携MIMO受信における協力端末を活用した復号精度向上技術が検討され、残留誤差係数や信頼度情報を用いたアプローチにより、伝送特性の改善が報告された¹⁰⁰⁾¹⁰¹⁾。FDD Massive MIMOシステムにおけるマルチタスク学習に基づくCSIフィードバックのAdapterベースのfine-tuningの報告¹⁰²⁾や、MIMO多重伝送実験に用いる12ストリーム送信機のソフトウェア無線機での試作と特性評価の報告¹⁰³⁾、時変動チャネルにおけるスル空間拡張法を用いた線形MIMO受信の誤り率特性に関する一検討の報告がされた¹⁰⁴⁾。さらに、RC (Reservoir Computing)に基づくMIMO-OFDMシンボル検出では、プリコーダとしてZadoff-Chu行列を用いることで、高SNR環境下でのビット誤り率性能向上が報告された¹⁰⁵⁾。また、5Gの高速・大容量化に対応する端末連携MIMO受信技術では、周波数利用効率の向上が図られた¹⁰⁶⁾。

3.2.2 SC-FDE

テレビジョン放送用無線伝送装置FPU (Field Pick-up Unit)において、SC-FDE方式とOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式の非線形歪耐性が評価された¹⁰⁷⁾。SC-FDEが持つ電力効率の高さとOFDMのマルチパス耐性を併せ持つ特性に着目し、計算機シミュレーションを通じて両方式の耐性特性が解析され、FPU技術向上への貢献が示された。次に、移動伝送性能向上を目指してSC-FDE方式の耐マルチパス性能が計算機シミュ

レーションにより評価された¹⁰⁸⁾。さらに、SC-FDEの送信信号にUW (Unique Word)を挿入し、定常誤差を軽減する回り込みキャンセルアルゴリズムが提案された¹⁰⁹⁾。この手法では高次変調にも対応可能であり、計算機シミュレーションでその性能向上が確認された。SC-FDE方式のさらなる性能向上を目指し、Double RLS (Recursive Least Square) アルゴリズムを用いた回り込みキャンセルも提案された¹¹⁰⁾。また、OFDMとSC-FDEの移動送信に対する伝送性能の比較¹¹¹⁾や非線形ひずみ特性の比較¹¹²⁾が報告された。また、SC-FDEを利用した受信ダイバーシティの評価¹¹³⁾、CLI干渉をキャンセルするためのリレー中継システムの提案¹¹⁴⁾、700 Mbps級伝送を目指した2×4 MIMO SC-FDE方式の開発¹¹⁵⁾も行われた。これらの研究は、ワイヤレスカメラやリレー中継システムなど、幅広い分野での技術適用を促進する報告である。

3.2.3 FPU高度化に向けた双方向伝送

移動中継用FPUにTDD (Time Division Duplex)方式を導入し、双方向のIP信号伝送が可能なシステムが提案された¹¹⁶⁾。FPUで同一チャネルを用いた双方向伝送技術が開発され、効率的な通信を実現した^{117)～119)}。自己干渉波をキャンセルする干渉キャンセル方式や装置間同期技術、OFDMシンボル長のN倍化といった新たな手法が導入された。

3.2.4 次世代光伝送

光アクセスネットワークの時分割多重方式(TDM-PON: Time Division Multiplexing - Passive Optical Network)の高速化を目指し、直交サブキャリア多重方式(OSDM-PON: Orthogonal Subcarrier Division Multiplexing - Passive Optical Network)が提案された¹²⁰⁾。同一光波長内でONU (Optical Network Unit)のサブキャリア分離が確認され、データ劣化がONU台数およびサブキャリア周波数間隔によってどのように影響を受けるかが分析された。次に、光ファイバ伝送を利用したギャップフィルの異常検知に関する研究が行われた¹²¹⁾。地上デジタル放送の不感地対策やデジタルデバインドの解消を目指し、機械学習技術を活用する新しい方法が提案された。また、OSDM-PONの各ONUに電気・光キャリアを割り当てる方式では、送信信号の波形整形とキャリア波長配置の設計が行われ、その伝送特性が評価された¹²²⁾。

3.2.5 ドローンを活用したFPU高度化

無線中継器を搭載したドローンFPU回線における遮蔽対策の研究が進められた¹²³⁾。また、ミリ波帯FPU中継伝送を対象とした2×2偏波MIMOを活用した「帯域内全二重中継」および「非再生中継」方式の有効性が検討され、減衰特性に対応する2段中継局が設計・評価された¹²⁴⁾。中継局回り込み干渉を考慮した上で、平均チャネル容量の観点から2段中継の利点が示された。さらに、ARIB STD-B75のTDD方式FPUをドローン搭載向けに小型化し、双方向通信を実現する新たな研究が報告された¹²⁵⁾。Zadoff-Chu系

列を使用した新たな同期用プリアンプル信号が提案され、計算機シミュレーションにより高い相互相関ピークを検出する性能が確認された。さらに、ドローンで撮影した映像をマイクロ波帯FPU基地局に直接伝送するシステムが検討された¹²⁶⁾。指向性アンテナを活用することで、従来の無指向性アンテナより伝送距離が拡大可能となり、指向性アンテナを切り替えるマルチアンテナ指向性制御システムが提案された。

3.2.6 その他の通信方式技術

素材集約型IPリニア配信基盤技術が開発され、地域や専門チャンネル向けのリニア動画配信を効率化するシステムが試作された¹²⁷⁾。全国から集約された番組素材をクラウドで管理し、次世代光パスネットワークを活用することで、低遅延かつ高品質な配信を実現した。次に、IoTデバイス向けに短符号長のpolar符号を用いた誤り訂正性能向上が検討された¹²⁸⁾。深層学習を活用したニューラルネットワークの最適化により、小規模通信で効率的な誤り訂正手法が提案された。さらに、DTN (Delay-Tolerant Network) でのデータ転送効率を向上させるため、ノード近辺の情報を基に最適な転送タイミングを算出する方式が提案された¹²⁹⁾。また、LoRa (Low Power Wide Area) の通信品質向上が評価され、受信アンテナの高さを上げることで11.8Kmの距離でも99%以上のPDR (Packet Delivery Ratio) を達成する効果が確認された¹³⁰⁾。さらに、5Gの高周波数帯において、SHFとUHF帯の人体遮蔽の影響が比較された¹³¹⁾。ローカル5Gを活用した番組制作で、IPパケット伝送遅延やジッタが測定され、4K映像の低遅延伝送が可能であることが確認された¹³²⁾。

4. 放送現業

放送現業分野における最新動向として、AI (Artificial Intelligence) 技術を利用した自動化や効率化、VR (Virtual Reality) /AR (Augmented Reality) 技術による没入型映像の研究も行われている。また視聴形態の多様化に合わせ、放送のみならず配信サービスに対応した制作・送出システムの開発も盛んである。超高精細映像の普及によりさまざまな分野への活用も進んでいる。放送現業分野では、このような研究開発や創意工夫の報告が多数行われており、2023年2月から2025年3月までの約2年間で計12件の報告があった。その内訳は、4K/8K放送技術の利用2件(17%)、放送通信連携1件(8%)、CG (Computer Graphics)・VR技術3件(25%)、AI技術2件(17%)、その他4件(33%)である。以下では、これらの報告の概要を紹介する。

4.1 4K/8K技術の利用

ミリ波を利用し4K映像を伝送する新たな技術を用いた番組運用事例や8K超高精細映像の特徴を生かし医療分野に応用した事例が紹介された。

4.1.1 4Kワイヤレスカメラ

放送事業用に割り当てられた42GHz帯の電波を利用したミリ波4Kワイヤレスカメラを番組にて運用した事例について報告された¹³³⁾。超高精細映像を低遅延で伝送できることが特徴である。4Kカメラで撮影された映像は12G-SDI (Serial Digital Interface) 信号で出力され、4KエンコーダによりH.265/HEVC方式で140MbpsのTSで送信機に入力される。受信側では4台の受信高周波部によってダイバーシティ受信した上で復調器にて周波数領域での波形等化と最大比合成を行いTS信号に変換される。伝送遅延は約30msと超低遅延である。2022年12月31日の第73回NHK紅白歌合戦で本システムを運用し、安定した伝送を実現することができた。

4.1.2 8K腹腔鏡手術システム

8Kの超高精細映像は医療分野にも適用が可能となっている。今回8K腹腔鏡手術システムとリアルタイムテレメンタリングを用いた初の臨床試験について報告があった¹³⁴⁾。本システムは、8K腹腔鏡手術のライブ映像を通信ネットワークを介して離れた場所にいる経験豊富な医師に提供し、その医師が現場で手術を行う経験の浅い医師に指示を返すものである。東京と大阪を高速専用回線で結び、世界初の8K遠隔医療支援の臨床試験に成功した。

4.2 放送通信連携

ISDB方式のテレビ放送における放送ターゲット広告技術と、デジタル動画広告のフェイク対策手法の開発についての報告があった¹³⁵⁾。ISDB方式のテレビ放送にハイブリッドキャストを適用することで、放送サービスでありながら、ネット配信に一部を差し替えることを可能とする。これにより、テレビデバイス別に個別のターゲット広告を提示し、広告提示後には放送映像・音声に戻すことができる。また配信動画広告に、メディアデータの来歴情報技術であるC2PA (Coalition for Content Provenance and Authenticity) を適用することで動画広告の出所を示し、考査団体による考査を暗号学的に保証することができる。広告主や制作者情報をユーザに提示し、暗号学的な検証を可能とすることで、広告の信頼性を高める。放送と通信の連携を強化し、高度な広告配信と信頼性の高いデジタル動画広告の提供が期待される。

4.3 CG・VR技術

ARマーカを利用したリアルタイムCGシステムの開発や、メタバース空間とスタジオを連動させたプロダクション環境の実現、高精細高視野ヘッドマウントディスプレイの開発について報告された。

4.3.1 リアルタイムCGシステム

ARマーカを用いたリアルタイムCGシステムの開発について報告があった¹³⁶⁾。番組制作現場で使用されるフリップボードにARマーカを印刷し、カメラでARマーカを撮影することで、フリップボード上にAR素材(静止画、動

画、3Dオブジェクト)をリアルタイムに合成表示するシステムである。ARマーカの位置・傾きを計算し、AR素材を重ね合わせることで、フリップ上に素材が存在するように見せることができる。番組制作での使用例として、ニュース番組での静止画・動画の演出や、情報番組での3Dオブジェクトの演出などが可能である。本システムによりAR素材の手軽な切り替えや多様な表現が可能となり、番組制作の効率化と表現力の向上に寄与するものとなっている。

4.3.2 バーチャル技術の開発と試み

メタバース空間と放送スタジオをリアルタイムに連動させ、インタラクティブな視聴体験を可能にするシステムについての報告があった¹³⁷⁾。メタバース空間にVRカメラ、VRマイク、VRスピーカを配置し、スタジオの放送システムと連結することで、バーチャルとリアル映像・音声・アバターをシームレスに融合させたプロダクション環境を実現した。このシステムを用いて制作された番組では、視聴者はテレビとスマホの両方から番組を楽しみ、出演者とアバターを通じて交流することが可能となった。開発されたシステムは、映像・音声・動きの連動を可能とし、メタバース空間での自由な撮影や、スタジオとのシームレスな切り替え、VRデバイスを用いたリアルタイムなアバター操作などを実現している。

4.3.3 高精細広視野ヘッドマウントディスプレイ

複数の小型表示パネルを用いた、総画素数8640(水平)×2160(垂直)、水平視野角180度をもつ高精細広視野ヘッドマウントディスプレイ(HMD: Head-Mounted Display)の開発について報告があった¹³⁸⁾。4枚の高精細パネルと、眼球モデルを考慮したHMD表示系を光学シミュレーションで設計し試作したフレネルレンズ4枚、慣性測定センサとを組み合わせて構成し、360度映像から頭部運動に合わせ実時間で頭部方向の映像を切り出し表示する動作を実現した。また、開発済みの8Kレコーダ4台と360度レンダリング表示処理部を組み合わせた高解像度VR映像HMD再生装置と組み合わせ、16K解像度360度動画をフレーム周波数29.97Hzで、水平視野角180度の広視野でHMD表示する動作を確認した。

4.4 AI技術

AIを利用した画像や映像認識技術を応用し、番組制作における人的負荷軽減を図るための研究、システム開発が盛んに行われている。

4.4.1 画像認識技術

映像編集現場におけるぼかし加工の負担軽減と効率化のために、AI画像認識を活用した編集ソフトウェア拡張機能の開発事例について報告があった¹³⁹⁾。従来、ぼかし加工は、映像内の対象物の位置や大きさを1フレームごとに追従するなどの高度なスキルが必要で、時間と労力がかかる作業だった。本開発では、物体認識エンジンと編集機プラグインの二つの部分から構成されるシステムを構築してお

り、物体認識エンジンが映像を解析してぼかし対象を検出し、編集機プラグインが解析結果を用いてぼかし処理を行う。AI機械学習モデルを用いて、顔、選挙ポスタ、人物の背景を高精度に検出し、検出位置情報を動画データに変換する機構を開発した。編集機側では、自動ぼかし加工に加え、手動での効果調整や多様な映像効果の適用を可能とするプラグインを開発した。実番組での運用事例では、従来3日程度要していた作業が1日で完了するなど、大幅な効率化を実現。本開発により、ぼかし加工の作業負担軽減と効率化、作業の標準化、制作時間の短縮が可能となった。

4.4.2 自動認識技術による省力化

配信番組やウェビナーなどの増加により、テレビ局で制作するコンテンツ量は増加し、スタッフ不足や業務負荷増加という課題に直面している。これらの課題を解決するため、番組制作における技術オペレーターの自動化、特にカメラ映像のスイッチングの自動化の取り組みに関する報告があった¹⁴⁰⁾。開発された自動スイッチングシステムは、出演者のマイク音声レベルから話者を特定し、映像解析でアクションを検出する。これらの情報をもとに、独自のアルゴリズムを用いて、人間が操作するような自然なスイッチングを実現する。本システムは、番組制作現場の負荷軽減や省人化に貢献し、ニュースやバラエティー番組、報道番組などで実際に活用されている。

4.5 その他

以上のほかにFM(Frequency Modulation)干渉除去装置の開発、ドラマ映像撮影へのローカル5Gの活用、ソフトウェアベースのフレーム変換技術の開発、タイピング動作の評価手法の研究と、多岐にわたる分野での研究開発事例の報告があった。

4.5.1 ラジオの取り組み

FM干渉除去装置の開発について報告があった¹⁴¹⁾。新たに開発されたFM干渉除去装置はマルチパス干渉波を除去し、高品質な放送波中継を実現する。実際のFM中継局における運用結果では受信品質が大幅に向上した。また、遅延プロファイル解析機能により、マルチパス波の遅延時間と信号レベルの詳細な把握が可能である。本技術の普及により、FMラジオの受信品質向上にも寄与することが期待されている。

4.5.2 ドラマ映像制作へのローカル5Gの活用

ローカル5Gを利用したドラマ映像制作の実証実験について報告があった¹⁴²⁾。従来、収録を伴うコンテンツ制作では、機材の事前配置やケーブル敷設、中継車の手配などが課題となっていた。この課題に対し、ローカル5Gの特性を活かしたワイヤレスワークフローを開発・実証することで、撮影業務の合理化・高度化を目指した。実証実験では、ローカル5Gの電波伝搬特性の検証、ケーブルや中継車を必要としない撮影、リアルタイムVFX(Visual Effects)システムを活用した編集、複数のローカル5G基地局を用い

た新たなドラマコンテンツ制作など、多岐にわたる検証が行われた。アンケートでは、ワイヤレスカメラによる自由な表現や複数場所での映像切り替え演出が高く評価され、ケーブルレスによる撮影自由度の向上や効率化への期待が示された。

4.5.3 GPUベースのフレームレート変換

現行のテレビ方式変換装置の動き補正フレームレート変換アルゴリズムをGPU (Graphics Processing Unit) でソフトウェア化し、HDTV (High Definition TeleVision) 素材を実尺の半分の時間で変換する技術の開発について報告があった¹⁴³⁾。テレビ番組素材を国際間で交換する際、フレームレート変換は不可欠である。従来はテレビ方式変換装置を用いていたが、ファイルベースでの素材利用が増え、ソフトウェアでの高速なフレームレート変換が求められている。動き推定には、ノイズの影響を抑えるDOG (Difference of Gaussian) フィルタ処理と、高精度な動きベクトルを求める2段階階層型動き推定を採用。さらに、ベクトルフィルタで動きの不連続性を抑制する。これらの処理をGPUで並列化することで、高速化を実現した。実験では、さまざまなGPUマシンを用いて速度性能を評価し、HD素材を実尺の約半分の時間で変換できることを確認した。今後は、コーデック処理の高速化により、さらなる速度向上が期待される。

4.5.4 タイピング動作の評価手法

タイピング能力を定量的に評価するために、手指動作データを用いた新たな評価手法を提案する報告があった¹⁴⁴⁾。本研究では小型モーショントラッキングデバイスを用いて手指動作を計測できるタイピングアプリを開発し、タイピング中の手指動作データから手の移動量や固定の有無を評価する手法を提案した。今回は検証の第一段階として著者自身が被験者となりタイピング中の手首の移動量を求めた。その結果、左手首の移動量は99.9 mm、右手首の移動量は141.7 mmであった。この指標がタイピングパフォーマンス評価において有用なものとなるか、今後被験者実験を重ねてより深く検討する必要がある。

5. むすび

本稿では、2023年2月から2025年3月までの約2年間にわたり、放送技術研究会で発表された研究開発の主要な動向を概観した。地上デジタル放送の高度化、無線・光伝送技術の革新、放送現業におけるAIやXR技術の応用は着実に進展しており、これらは放送サービスの質的向上と多様化に大きく貢献するものである。

しかし、私たちが認識すべきは、現在の地上波テレビ放送を主軸とする放送事業が、かつてないほどダイナミックな環境変化に直面しているという事実である。放送と通信の融合はもはや不可逆的な流れとなり、国内外のSNSや動画配信プラットフォームは人々の情報接触行動やメディア

視聴時間に大きな影響を与えている。こうした状況下で、従来のビジネスモデルやサービス形態に固執しては、放送が築き上げてきた社会的役割や影響力が相対的に縮小していくという危機感を持たざるを得ない。

一方で、この大きな変化は、放送が新たな価値を創造し、より多様な形で社会に貢献するための絶好の機会でもある。これまで培ってきた高品質なコンテンツ制作能力、広範囲な伝達力、そして何よりも社会からの信頼性を基盤に、新たな技術に果敢に取り込み、視聴者や社会のニーズに応える革新的なサービスを生み出すことができれば、放送の未来は決して暗いものではない。放送技術研究会は、このような激変する放送環境下で、技術的側面から放送の未来を切り拓き、その持続的な発展に積極的に貢献していくことを使命と考えている。

放送技術研究会の委員や講演発表者をはじめ、本研究会を支えていただく皆様に感謝するとともに、今後とも引き続き、放送技術の発展に向けて、ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

(2025年5月23日受付)

〔文 献〕

- 宮坂ほか：“地上テレビジョン放送高度化方式におけるサブフレーム間インタリーブの検討”，映情学技報，47，18，pp.5-8 (June 2023)
- 平林ほか：“地上放送高度化方式の拡張区間を用いた送信局識別コードの室内伝送実験”，映情学技報，48，32，pp.1-6 (Oct. 2024)
- 田中ほか：“地上放送高度化方式におけるNU-QAMを用いた一括復調方式の検討”，映情学技報，47，11，pp.5-8 (Mar. 2023)
- 田中ほか：“地上放送高度化方式におけるLDMを用いた固定受信の伝送特性向上”，映情学技報，47，21，pp.13-16 (July 2023)
- 佐藤ほか：“階層分割多重を適用する地上放送高度化方式の室内実験評価”，映情学技報，47，21，pp.1-4 (July 2023)
- 平林ほか：“階層分割多重を適用する地上放送高度化方式の野外実験評価”，映情学技報，47，21，pp.5-8 (July 2023)
- 三木ほか：“時間軸LDMによる地上放送高度化導入方式の検討”，映情学技報，47，21，pp.9-12 (July 2023)
- 三木ほか：“ISDB-Tと地上放送高度化方式を時間軸で非同期LDMした通信品質の評価”，映情学技報，48，23，pp.5-8 (July 2024)
- 佐藤ほか：“同一周波数を用いたISDB-Tから地上放送高度化方式への移行に関する一検討”，映情学技報，48，37，pp.18-23 (Nov. 2024)
- 佐藤ほか：“ISDB-Tと地上放送高度化方式の非同期信号多重におけるISDB-T信号のキャンセリングに関する一検討”，映情学技報，49，6，pp.5-8 (Feb. 2025)
- 関口ほか：“LDMを用いた高度化放送導入方式における復号法の検討”，映情学技報，47，5，pp.21-24 (Feb. 2023)
- 長田ほか：“高度化放送導入方式における移動受信特性改善に関する研究”，映情学技報，47，11，pp.1-4 (Mar. 2023)
- 高林ほか：“高度化放送導入方式（LDM方式）の受信特性調査～LDM概論および固定受信～”，映情学技報，47，11，pp.13-16 (Mar. 2023)
- 高林ほか：“高度化放送導入方式（LDM方式）の受信特性調査～移動受信～”，映情学技報，47，11，pp.17-20 (Mar. 2023)
- 並川ほか：“高度化放送導入方式（3階層セグメント分割方式）のSTL/TTLにおける2K4K信号多重システムの開発”，映情学技報，47，11，pp.9-11 (Mar. 2023)
- 永田ほか：“地上放送高度化方式における複数メディア多重化方法の一検討”，映情学技報，47，11，pp.21-24 (Mar. 2023)
- 兜森ほか：“地上放送高度化の実用を見据えた放送通信連携システムの検証”，映情学技報，47，11，pp.25-28 (Mar. 2023)
- 大西ほか：“テキストベースSIの基礎調査と試作”，映情学技報，47，11，pp.41-44 (Mar. 2023)

- 19) 永田ほか：“地上放送高度化方式のPTPを用いた遅延制御によるSFNフィールド検証”，映情学技報，47，21，pp.21-24 (July 2023)
- 20) 永田ほか：“フレーム同期信号型地上放送高度化方式に対応した変調器入力インタフェースの検討”，映情学技報，48，10，pp.27-30 (Mar. 2024)
- 21) 島崎ほか：“地上放送高度化方式に対応したSTL/TTL伝送方式のフィールド実験による検証”，映情学技報，47，21，pp.17-20 (July 2023)
- 22) 島崎ほか：“高度化STL/TTLにおけるプログラム伝送信号の多重伝送に関する一検討”，映情学技報，47，30，pp.1-5 (Oct. 2023)
- 23) 島崎ほか：“無線と有線を用いたSTL/TTLの誤り訂正方式の一検討”，映情学技報，48，10，pp.1-4 (Mar. 2024)
- 24) 島崎ほか：“無線と有線を用いたSTL/TTLの誤り訂正方式の装置試作と実機評価”，映情学技報，48，23，pp.20-23 (July 2024)
- 25) 長坂ほか：“衛星放送受信アンテナ用12/21GHz帯共用ホーンアンテナの検討”，映情学技報，47，11，pp.37-40 (Mar. 2023)
- 26) 長坂ほか：“衛星放送受信アンテナ用12/21GHz帯周波数共用ホーンアンテナ放射パターンの検討”，映情学技報，47，21，pp.57-60 (July 2023)
- 27) 長坂ほか：“簡易受信を可能とする12GHz帯衛星放送システムのための小型アンテナの設計”，映情学技報，48，10，pp.5-8 (Mar. 2024)
- 28) 秋山ほか：“イマージングメディアの柔軟な提供に向けた12/21GHz帯衛星伝送路およびIP回線を連携する大容量コンテンツ伝送装置の開発”，映情学技報，47，33，pp.16-21 (Nov. 2023)
- 29) 秋山ほか：“LDM方式を適用した衛星放送システムの検討～伝送容量に関する初期検討～”，映情学技報，48，10，pp.9-12 (Mar. 2024)
- 30) 秋山ほか：“映像符号化方式と連携した衛星伝送技術～4K/8K空間スケーラブル符号化とLDM伝送を用いた室内実験～”，映情学技報，48，23，pp.24-27 (July 2024)
- 31) 山口ほか：“フォーメーションフライトによる地上端末との通信エリアの評価”，映情学技報，49，8，pp.1-3 (Mar. 2025)
- 32) 松尾ほか：“符号化難度に応じた空間周波数の帯域制限処理による動画像縮小の検討”，映情学技報，47，11，pp.33-36 (Mar. 2023)
- 33) 松尾ほか：“高圧縮符号化の前処理としての符号化難度推定を伴う動画像縮小の検討”，映情学技報，47，21，pp.45-48 (July 2023)
- 34) 市ヶ谷ほか：“映像符号化技術を利用した手話放送システム”，映情学技報，47，21，pp.33-36 (July 2023)
- 35) 市ヶ谷ほか：“コンテンツスケラブルを用いた選択可能なL字放送システム”，映情学技報，48，10，pp.23-26 (Mar. 2024)
- 36) 岩村ほか：“VVCマルチレイヤ符号化による複数解像度サービスのための伝送システムの開発”，映情学技報，48，32，pp.13-18 (Oct. 2024)
- 37) 野村ほか：“異なるアスペクト比の画像から受ける印象の違い”，映情学技報，48，10，pp.15-18 (Mar. 2024)
- 38) 野村ほか：“ニュース番組を対象としたカット単位でのタテ型映像切り出しルール”，映情学技報，49，6，pp.9-12 (Feb. 2025)
- 39) 薄井ほか：“制作意図を保持したタテ型映像編集のための切り出しツール開発”，映情学技報，49，8，pp.30-33 (Mar. 2025)
- 40) 渡辺ほか：“特定カット尺の映像から複数被写体を9:16アスペクト比で切り出す映像表現におけるパンニング速度と好ましさの関係”，映情学技報，49，8，pp.34-37 (Mar. 2025)
- 41) 井上ほか：“RNNを用いたEnd-to-End DNNモデルによる動画像の差分符号化”，映情学技報，48，23，pp.1-4 (July 2024)
- 42) 伊東ほか：“ケーブルテレビIP放送のためのローカル5G MIMOの検討”，映情学技報，48，32，pp.37-42 (Oct. 2024)
- 43) 伊東ほか：“ケーブルテレビIP放送のためのローカル5G無線制御の一考察”，映情学技報，49，6，pp.1-4 (Feb. 2025)
- 44) 毛利ほか：“ライブ動画配信に対応した来歴情報付与・検証システムの試作評価”，映情学技報，49，8，pp.42-45 (Mar. 2025)
- 45) 大亦ほか：“放送とリニア配信の選局を実現する受信機アーキテクチャの設計と比較検討”，映情学技報，49，8，pp.46-49 (Mar. 2025)
- 46) 萩尾ほか：“LLMによるクエリ拡張を用いた番組プレイリスト生成”，映情学技報，49，8，pp.26-29 (Mar. 2025)
- 47) 小川ほか：“マルチエージェントに基づく車載インフォテイメント向けコンテンツ推薦システムの試作”，映情学技報，49，8，pp.22-25 (Mar. 2025)
- 48) 楊ほか：“Combined DRL and Evolution Algorithm for Dynamic Antenna Control in Multi-Cell Configuration HAPS System”，映情学技報，47，5，pp.9-12 (Feb. 2023)
- 49) 楊ほか：“Transformer-Based Reinforcement Learning for Antenna Beamforming in HAPS System with Multicell Configuration”，映情学技報，48，5，pp.29-32 (Feb. 2024)
- 50) 小浦ほか：“モバイルSINETを利用した同時複数映像ストリーム伝送”，映情学技報，48，20，pp.11-14 (June 2024)
- 51) 有川ほか：“2.4GHz帯における海洋センサネットワーク用マイクロストリップアンテナに関する研究”，映情学技報，48，2，pp.27-30 (Jan. 2024)
- 52) 竹口ほか：“2倍波半波長マイクロストリップ線路共振器を用いた4相Push-Push発振器の高性能化”，映情学技報，48，2，pp.72-75 (Jan. 2024)
- 53) 生駒ほか：“十字形スロットとダイオードを装荷した2周波共用直線偏波切り替えマイクロストリップアンテナの試作評価”，映情学技報，48，pp.76-79 (Jan. 2024)
- 54) 寺崎ほか：“準TEM近似をベースとしたマイクロストリップ線路設計公式のミリ波回路設計への適用可能性”，映情学技報，49，2，pp.1-4 (Jan. 2025)
- 55) 本村ほか：“2枚の無給電素子と反射板を装荷したマイクロストリップアンテナの試作評価”，映情学技報，49，2，pp.42-45 (Jan. 2025)
- 56) 井上ほか：“920MHz帯における海洋センサネットワーク用マイクロストリップアンテナに関する研究”，映情学技報，49，2，pp.46-49 (Jan. 2025)
- 57) 荒木ほか：“マイクロストリップ給電回路を組み込んだ後方給電型対数周期アンテナの試作評価”，映情学技報，49，2，pp.54-57 (Jan. 2025)
- 58) 下見ほか：“プリント基板型2周波共用円偏波アンテナ”，映情学技報，48，2，pp.41-44 (Jan. 2024)
- 59) 清田ほか：“同軸線路給電によるねじり加工平板素子を用いた円偏波ダイポールアンテナに関する検討”，映情学技報，48，pp.49-51 (Jan. 2024)
- 60) 清田ほか：“ねじり加工平板素子を用いた円偏波ダイポールアンテナの放射特性改善”，映情学技報，49，2，pp.66-69 (Jan. 2025)
- 61) 池田ほか：“UWBハイバンドにおける測位システム用フィルタに関する研究”，映情学技報，49，2，pp.58-61 (Jan. 2025)
- 62) 前田ほか：“バイタルセンシング用UWB円偏波アンテナの時間領域に関する検討”，映情学技報，49，2，pp.62-65 (Jan. 2025)
- 63) 川崎ほか：“イメージ抑圧型ミキサを一体化した円偏波アクティブアンテナの設計と性能評価”，映情学技報，48，pp.45-48 (Jan. 2024)
- 64) 徳永ほか：“1/4波長オープンスタブ装荷反射型4倍波Push-Push発振器とパッチアンテナを一体化したアクティブアンテナの基礎研究”，映情学技報，49，2，pp.9-12 (Jan. 2025)
- 65) 荒木ほか：“差動給電アンテナを用いたバランス型アップコンバータ一体型アクティブアンテナの出力向上に向けた実験的検討”，映情学技報，49，2，pp.13-16 (Jan. 2025)
- 66) 星子ほか：“4素子ホーンアレイアンテナのアイソレーションに関する検討”，映情学技報，48，pp.38-40 (Jan. 2024)
- 67) 遠山ほか：“セカント法求根アルゴリズムを用いたモノパルス型3次元ビーム追尾平面アレイアンテナシステムの基礎検討”，映情学技報，48，2，pp.15-18 (Jan. 2024)
- 68) 相良ほか：“地中レーダにおける不要放射の抑制に関する検討”，映情学技報，48，2，pp.60-63 (Jan. 2024)
- 69) 砂川ほか：“単一アンテナ素子とトランスミッタレーを用いた電波の到来方向推定システム”，映情学技報，48，pp.64-67 (Jan. 2024)
- 70) Afwanほか：“Low Cost Two Layer Beam Steering Using 1 Bit Coding Reconfigurable Metasurface Reflector with Mechanical Slides”，映情学技報，49，2，pp.74-77 (Jan. 2025)
- 71) 田口ほか：“Wullenweber式位相差給電アレイアンテナの放射特性の検討”，映情学技報，49，2，pp.82-85 (Jan. 2025)
- 72) 井上ほか：“コンクリート内部探査用プリント基板型モノポールアンテナに関する研究”，映情学技報，48，2，pp.52-55 (Jan. 2024)
- 73) 藤本ほか：“チョークコイルを装荷した広角帯域モノポール型フィルムアンテナの数値的検討”，映情学技報，48，2，pp.56-59 (Jan. 2024)
- 74) 兼松ほか：“人体を素子として利用したVHF帯アンテナの放射効率測定用Wheeler Capの作製”，映情学技報，47，5，pp.25-28 (Feb. 2023)
- 75) 石橋ほか：“人体を素子として利用するHF帯モノポールアンテナの動作利得の解析”，映情学技報，49，6，pp.21-24 (Feb. 2025)
- 76) 楠瀬ほか：“高誘電率の誘電体共振器アレーを用いたパッチアンテナのデュアルバンド化に関する基礎検討”，映情学技報，49，2，pp.50-

- 53 (Jan. 2025)
- 77) 木村ほか：“メタサーフェスを用いた近接した2素子の送信アンテナ間の相互結合の低減方法”，映情学技報，49，2，pp.70-73 (Jan. 2025)
- 78) 桑野ほか：“橋梁モニタリング用レクテナに関する研究”，映情学技報，48，2，pp.7-10 (Jan. 2024)
- 79) 宮本ほか：“倍電圧型小型レクテナを用いたレクテナアレーの実験的検討”，映情学技報，48，2，pp.11-14 (Jan. 2024)
- 80) 會田ほか：“高精度・高安定なルビジウム原子発振器に関する研究”，映情学技報，47，21，pp.53-56 (July 2023)
- 81) 原田ほか：“28GHzにおける非回折波生成用アンテナシステム”，映情学技報，48，2，pp.19-22 (Jan. 2024)
- 82) 若木田ほか：“共振器両端取出し出力回路を装荷した準分布定数線路共振器を用いたPush-Push VCOの高性能化”，映情学技報，48，2，pp.68-71 (Jan. 2024)
- 83) 川崎ほか：“半波長伝送路のスタブ付き等価回路を用いた高周波発振回路のFDTD解析”，映情学技報，49，2，pp.5-8 (Jan. 2025)
- 84) 伊藤ほか：“電磁界測定用UAVの存在がHF帯モノポールアンテナ近傍界に及ぼす影響”，映情学技報，47，5，pp.17-20 (Feb. 2023)
- 85) 川合ほか：“電磁波ばく露量評価に用いる簡易数値スマートフォンモデル～数値人体モデルにおけるSAR計算への適用～”，映情学技報，48，32，pp.29-32 (Oct. 2024)
- 86) 土持ほか：“レイトレース計算精度と速度を考慮した都市マイクロセル環境におけるパラメータの最適化”，映情学技報，49，2，pp.25-28 (Jan. 2025)
- 87) 畑ほか：“岸壁近辺における海面の電波伝搬メカニズムの分析”，映情学技報，49，2，pp.29-32 (Jan. 2025)
- 88) 杜ほか：“二次元点波源におけるエバネッセント波に関する解析的解法”，映情学技報，49，2，pp.78-81 (Jan. 2025)
- 89) 細田ほか：“マイクロ波加熱における機械学習を用いた温度上昇予測”，映情学技報，47，5，pp.1-4 (Feb. 2023)
- 90) 服部ほか：“生体組織電気定数の温度依存性測定”，映情学技報，47，33，pp.1-4 (Nov. 2023)
- 91) 野山ほか：“等倍スケールモデルにおけるスタック化マイクロストリップアンテナを用いた電波型内視鏡に関する研究”，映情学技報，48，2，pp.23-26 (Jan. 2024)
- 92) 宮崎ほか：“等倍スケールモデルにおけるピン装荷型マイクロストリップアンテナを用いた電波型内視鏡に関する研究”，映情学技報，48，2，pp.31-34 (Jan. 2024)
- 93) 仲川ほか：“誘電体導波路によるマイクロ波エネルギー伝送の実験的検討”，映情学技報，48，5，pp.1-4 (Feb. 2024)
- 94) 境ほか：“マウスに装着した医療実験装置のための無線給電システム用レクテナに関する研究”，映情学技報，49，2，pp.17-20 (Jan. 2025)
- 95) 穴谷ほか：“アンテナを二つ用いたフレネル領域内でのバイタルサイン測定法の検討”，映情学技報，49，2，pp.21-24 (Jan. 2025)
- 96) 西館ほか：“生体組織表面において局所的な電界分布を発生させる新しい導波管構造”，映情学技報，49，6，pp.25-28 (Feb. 2025)
- 97) 井上ほか：“FDD Massive MIMOにおける継続学習と転移学習に基づくCSIフィードバック”，映情学技報，47，5，pp.5-8 (Feb. 2023)
- 98) 松崎ほか：“ミリ波大容量伝送に向けた2×4 MIMO SC-FDE変復調器の試作”，映情学技報，47，30，pp.6-11 (Oct. 2023)
- 99) 大井ほか：“時変動MIMOチャネルにおけるスル空間拡張法を用いた線形受信の特性評価”，映情学技報，47，30，pp.12-15 (Oct. 2023)
- 100) 菅井ほか：“判定結果の合成による端末連携MIMO受信システムの特性改善”，映情学技報，47，30，pp.21-24 (Oct. 2023)
- 101) 神田ほか：“チャネル行列と残留誤差係数による2段階端末選択を用いた端末共同MIMO受信の特性”，映情学技報，47，30，pp.25-28 (Oct. 2023)
- 102) 井上ほか：“FDD Massive MIMOシステムにおけるマルチタスク学習に基づくCSIフィードバックのAdapterベースのfine-tuning”，映情学技報，48，5，pp.25-28 (Feb. 2024)
- 103) 桑島ほか：“MIMO多重伝送実験に用いる12ストリーム送信機のソフトウェア無線機での試作と特性”，映情学技報，48，5，pp.41-44 (Feb. 2024)
- 104) 小林ほか：“時変動チャネルにおけるスル空間拡張法を用いた線形MIMO受信の誤り率特性に関する一検討”，映情学技報，48，5，pp.45-48 (Feb. 2024)
- 105) 陳ほか：“Reservoir Computingに基づくMIMO-OFDM検出におけるブリコーダを用いた性能評価”，映情学技報，48，23，pp.12-15 (July 2024)
- 106) 神田ほか：“サブバンド毎の適応的な端末選択を用いた端末連携MIMO受信の実受信信号による特性評価”，映情学技報，49，6，pp.38-41 (Feb. 2025)
- 107) 箕輪ほか：“マイクロ波帯FPU用SC-FDE無線伝送方式の試行的検討～非線形歪に対する性能評価～”，映情学技報，47，5，pp.35-38 (Feb. 2023)
- 108) 小川ほか：“マイクロ波帯FPU用SC-FDE無線伝送方式の試行的検討～無線伝送パラメータ～”，映情学技報，47，5，pp.39-42 (Feb. 2023)
- 109) 横井ほか：“高次変調を用いたSC-FDE無線システムのための回り込みキャンセラの検討”，映情学技報，47，5，pp.43-46 (Feb. 2023)
- 110) 鈴木ほか：“SC-FDE無線伝送方式によるSFNの検討～マイクロ波帯FPUの固定伝送に対する性能評価～”，映情学技報，47，21，pp.65-68 (July 2023)
- 111) 小川ほか：“マイクロ波帯FPU用SC-FDE無線伝送方式の検討～OFDMとSC-FDEの移動伝送に対する伝送性能の比較～”，映情学技報，47，21，pp.69-72 (July 2023)
- 112) 箕輪ほか：“マイクロ波帯FPU用SC-FDE無線伝送方式に関する検討～OFDMとSC-FDEの非線形ひずみ特性の比較～”，映情学技報，47，33，pp.5-10 (Nov. 2023)
- 113) 鉾崎ほか：“マイクロ波帯FPU用SC-FDE無線伝送方式の検討～受信ダイバーシティを適用した場合の特性評価～”，映情学技報，49，6，pp.13-16 (Feb. 2025)
- 114) 平松ほか：“ソフトウェア無線によるSC-FDE方式の装置化の検討”，映情学技報，49，6，pp.17-20 (Feb. 2025)
- 115) 島崎ほか：“ミリ波大容量伝送に向けたMIMO SC-FDEマルチチャネル変復調器の試作”，映情学技報，49，8，pp.4-7 (Mar. 2025)
- 116) 伊藤ほか：“TDD方式FPUによる無線IPリモート制作実験”，映情学技報，47，11，pp.45-48 (Mar. 2023)
- 117) 柴山ほか：“同一チャネルで全二重伝送を可能にするFPU高度化その1～運用例とフィールドテストの結果について～”，映情学技報，48，37，pp.1-6 (Nov. 2024)
- 118) 仲田ほか：“同一チャネルで全二重伝送を可能にするFPUその2～全二重伝送の干渉キャンセルの原理について～”，映情学技報，48，37，pp.7-11 (Nov. 2024)
- 119) 加藤ほか：“同一チャネルで全二重伝送を可能にするFPU高度化その3～全二重伝送の無線伝搬環境について～”，映情学技報，48，37，pp.12-17 (Nov. 2024)
- 120) 水谷ほか：“同一光波長を用いた直交サブキャリア多重方式における伝送劣化の分析”，映情学技報，47，33，pp.11-14 (Nov. 2023)
- 121) 中村ほか：“機械学習を用いた光ファイバ無線ギャップフィルの異常検知”，映情学技報，48，5，pp.21-24 (Feb. 2024)
- 122) 水谷ほか：“OSDM-PONにおける波長配置と伝送特性評価”，映情学技報，49，6，pp.34-37 (Feb. 2025)
- 123) 倉掛ほか：“FPU用ドローン中継局の基礎検討”，映情学技報，48，10，pp.19-22 (Mar. 2024)
- 124) 倉掛ほか：“帯域内全二重ドローン中継局を用いたミリ波帯FPUの2段中継の検討”，映情学技報，48，23，pp.16-19 (July 2024)
- 125) 伊藤ほか：“TDD方式FPUの同期性能改善に向けたプリアンブル信号の検討”，映情学技報，48，32，pp.7-12 (Oct. 2024)
- 126) 山岸ほか：“ドローン搭載を想定したマイクロ波帯FPU用小型平面アンテナ”，映情学技報，48，32，pp.33-36 (Oct. 2024)
- 127) 福留ほか：“動的光パズネットワークを利用したIPリニア配信システムの試作と動作検証”，映情学技報，47，11，pp.49-52 (Mar. 2023)
- 128) 熊木ほか：“(8，4) および (16，8) Polar符号のニューラルネットワークを用いた復号に関するパラメータ評価”，映情学技報，47，21，pp.49-52 (July 2023)
- 129) 及川ほか：“DTNにおけるノード移動情報と周辺ノードを考慮した送信制御方式”，映情学技報，47，30，pp.16-20 (Oct. 2023)
- 130) 石崎ほか：“札幌市近郊における電測車を利用したLoRa無線通信の通信品質および見通しによる影響の評価”，映情学技報，48，23，pp.8-11 (July 2024)
- 131) 重永ほか：“端末連携を想定したSHF帯およびUHF帯での人体遮蔽特性に関する評価と比較”，映情学技報，49，6，pp.42-45 (Feb. 2025)

- 132) 田中ほか：“ローカル5Gの番組制作応用に向けた映像伝送の遅延時間検証”，映情学技報，49，8，pp.8-11 (Mar. 2025)
- 133) 山岸ほか：“ミリ波4Kワイヤレスカメラの番組運用”，映情学技報，47，18，pp.1-4 (June 2023)
- 134) 島本ほか：“リアルタイムテレメンタリングによる8K腹腔鏡手術システムを用いた臨床試験”，映情学技報，49，8，pp.12-15 (Mar. 2025)
- 135) 伊藤：“ISDB方式における放送ターゲット広告技術とデジタル動画広告におけるフェイク対策手法の開発”，映情学技報，49，8，pp.38-41 (Mar. 2025)
- 136) 宮下：“ARマーカを用いたリアルタイムCGシステム「デジタル・フリップ」の開発”，映情学技報，48，5，pp.5-8 (Feb. 2024)
- 137) 香川：“メタバースXRプロダクション”，映情学技報，48，20，pp.4-6 (June 2024)
- 138) 小出ほか：“複数表示パネルを用いた高精細広視野ヘッドマウントディスプレイの開発”，映情学技報，47，11，pp.53-56 (Mar. 2023)
- 139) 橋本：“AI画像認識を用いた編集機用自動ぼかし加工プラグインの開発”，映情学技報，48，5，pp.9-12 (Feb. 2024)
- 140) 森山：“自動スイッチングシステムの開発と運用”，映情学技報，48，20，pp.7-10 (June 2024)
- 141) 恵良：“FM干渉除去装置の開発～マルチパス干渉除去装置と遅延プロファイル解析～”，映情学技報，47，18，pp.9-12 (June 2023)
- 142) 小森ほか：“ローカル5Gを用いたドラマ映像制作の実証～視聴者と放送・映像制作関係者アンケート結果～”，映情学技報，47，21，pp.29-32 (July 2023)
- 143) 川田ほか：“国際映像伝送のためのGPUベースフレームレート変換”，映情学技報，47，21，pp.41-44 (July 2023)
- 144) 姫田ほか：“手指動作データを用いたタイピングパフォーマンスの評価手法の提案”，映情学技報，47，21，pp.37-40 (July 2023)



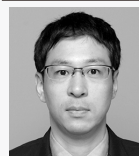
岡田 実 (おかだ みつる) 1992年，大阪大学大学院工学研究科博士前期課程修了。1993年，同大学工学部電気工学科助手。1999年，Southampton University客員研究員。2000年，奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教授。2006年より，同大学教授。無線通信システムに関する研究に従事。正会員。



大槻 一博 (おおつき かずひろ) 1997年，東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了。同年，NHK入局，放送技術研究所にて，デジタル放送関連の研究開発を担当。現在，次世代放送システムにおけるメディアトランスポート技術の研究開発に従事。博士(工学)。正会員。



當山俊一郎 (とうやま しゅんいちろう) 2006年，電気通信大学大学院情報通信工学専攻修了。同年，日本テレビ放送網(株)入社。技術統括局にて，回線，マスター，送信業務に従事。現在，技術統括局回線運用部に所属。正会員。



川本潤一郎 (かわもと じゅんいちろう) 2002年，筑波大学大学院工学研究科修士課程相当修了。2017年，同大学システム情報工学研究科博士課程修了。2008年，NHK入局。2011年より，放送技術研究所にて，IP番組制作技術や大容量無線素材伝送技術の研究開発に従事。博士(工学)。正会員。



朝倉 慎悟 (あさくら しんご) 2006年，東京工業大学大学院総合理工学研究科修士課程修了。同年，NHK入局，2010年より，放送技術研究所にて，次世代地上放送方式の研究開発に従事。2020年，東京工業大学工学院博士課程修了。博士(工学)。正会員。



田邊 暁弘 (たなべ あきひろ) 1997年，北海道大学大学院システム情報工学専攻修了。同年，日本電信電話(株)入社。IPマルチキャストを用いた映像伝送や，FM一括変換技術を用いた映像信号の光アナログ伝送に関する研究開発に従事。現在，同社アクセスサービスシステム研究所所属。



内田 慎 (うちだ しん) 1993年，(株)TBSテレビ入社。主にVTR，ノンリニア，ファイルベースを担当。出前授業，職業体験，イベント等の教育CSRにも長く携わる。



岩瀬 宗彦 (いわせ むねひこ) 1983年，パイオニア(株)入社。動画圧縮技術とデジタル放送方式の研究開発に従事。2019年，住友電気工業(株)入社。ケーブルテレビの放送機器企画・開発に従事。