

## 放送技術(放送方式/放送現業/無線・光伝送技術)の研究開発動向

堀田 朗<sup>†1</sup>, 森住俊美<sup>†2</sup>, 村田英一<sup>†3</sup>, 大西正芳<sup>†4</sup>, 大内幹博<sup>†5</sup>,  
杉山賢二<sup>†6</sup>, 湯川 純<sup>†7</sup>, 西澤伸一<sup>†8</sup>, 柳澤 斉<sup>†9</sup>, 甲斐 創<sup>†10</sup>,  
春日康志<sup>†11</sup>, 三木圭輔<sup>†12</sup>, 岡田 実<sup>†13</sup>

### 1. まえがき

2018年の4K・8K実用衛星放送開始を控え、2016年から試験放送がスタートしている。放送方式、放送現業、無線・光伝送技術の各分野とも4K・8K高精細度テレビジョンに関わる研究開発が多数発表された。

放送方式では4K・8K衛星放送、地上放送、ケーブルテレビ配信などのいわゆる「次世代放送」について、その信号処理、伝送方式の基礎研究、標準化作業、装置開発の報告があった。信号処理については効率化とノイズ除去、標準化ではHVECなどのテーマがあり、装置開発ではカメラ、録画機から中継車システムまで多岐にわたった研究が発表された。また、インターネット活用として「放送と通信の連携 ハイブリッドキャスト」、「ネット配信」などの研究報告があった。

放送現業分野では地上デジタル放送開始から10年以上が経過し、各局ともマスター、回線センターの更新時期を向かえ、その更新報告があり、現場運用においては誰もがスマートフォンを持つ現状を反映し、アプリを利用して運用に活かす事例が多かった。700 MHz帯から1.2 G・2.3 G帯への周波数移行については、マラソン中継、ゴルフ中継などの実運用段階となり、ワークフローに変化が見られる。ファイルベース化については各局課題を持ちつつ導入を進めている現状から、引き続き関心が高い。道路画像情報と気象情報をデータ放送で表示するシステムなど実生活直結の研究発表もあった。発表件数が顕著に増えたテーマとしてはHDR (High Dynamic Range)があり、今後の動向が注目される。

無線・光伝送技術では、4K・8K放送に向けて32 APSK (Amplitude and Phase Shift Keying) 大容量伝送実験、左旋円偏波の利用の報告がある一方、現状の地上波デジタル波の安定性を利用した航空機位置測位、水晶発振器の補正、気象予測などユニークな研究発表もあった。また、地上波デジタルに関しては次世代の地上デジタル放送に関する発表も見受けられた。

アンテナについては新周波数帯の1.2 G/2.3 GHz帯だけでなく、6G帯、42 GHzミリ波帯と多種多様な周波数を扱っている。時代を反映してスマートフォンに代表されるブロードバンドワイヤレスについての研究も発表された。

本稿では放送方式、放送現業、無線・光伝送技術の各分野の研究開発動向を新たな取組みも含めて報告する。

### 2. 放送方式分科会

放送方式分科会は、ベースバンド信号の伝送方式という低いレイヤの技術から、ハイブリッドキャストに代表される放送と通信の連携により実現されるコンテンツの提示方法のような高いレイヤ技術まで、幅広い分野を取り扱っている。2015年度、2016年度の研究会においては、伝送方式に関連する発表が10件、信号処理に関連する発表が9件、符号化に関連する発表が12件、8K放送に関連する発表が12件、インターネットの活用に関連する発表が13件の他、バリエーションに富む内容の発表や講演が4件あった。い

†1 株式会社テレビ朝日 広報局  
†2 NTTサービスエボリューション研究所  
†3 京都大学 大学院情報学研究科  
†4 NHK 放送技術研究所  
†5 パナソニック株式会社 要素技術開発センター  
†6 成蹊大学 理工学部  
†7 三菱電機株式会社 プラットフォーム技術部  
†8 株式会社フジテレビジョン 技術局  
†9 NHK 鳥取放送局  
†10 日本テレビ放送網株式会社 技術統括局  
†11 株式会社テレビ朝日 技術局  
†12 株式会社TBSテレビ JNN技術戦略部  
†13 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

"Research Trend on Broadcasting Systems, Broadcasting Facilities and Operations and Radio and Optical Fiber Transmission Systems" by Akira Hotta (TV Asahi Corp., Tokyo), Toshiharu Morizumi (Natural Communication Project, NTT Service Evolution Laboratories, Kanagawa), Hidekazu Murata (Graduate School of Informatics, Kyoto University, Kyoto), Masayoshi Onishi (Science and Technology Research Laboratories, NHK, Tokyo), Mikihiro Ouchi (Core Element Technology Development Center, Panasonic Corporation, Osaka), Kenji Sugiyama (Faculty of Science and Technology, Seikei University, Tokyo), Jun Yukawa (Advanced Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corp., Kyoto), Shinichi Nishizawa (Fuji Television Network, Inc. Tokyo), Hitoshi Yanagisawa (NHK Tottori Station, Tottori), Tsukuru Kai (Nippon Television Network Corp., Tokyo), Yasushi Kasuga (TV Asahi Corp., Tokyo), Keisuke Miki (Tokyo Broadcasting System Television, Inc., Tokyo) and Minoru Okada (Graduate School of Information Science, Nara)

ずれのレイヤにおいても、8K放送の実用化に資する研究が多い点の特徴として挙げられる。

本章では、この2年間に研究会において発表された研究を総括する。

## 2.1 伝送方式およびその応用

### 2.1.1 次世代放送向け伝送方式

超高精細テレビジョン放送(4K/8K)については、衛星放送、地上放送、ケーブルテレビ配信のそれぞれについて研究開発結果が報告された。

文献<sup>1)</sup>では、衛星放送用標準規格の実証を目的として行われた32 APSK 信号の伝送実験結果が報告されている。この実験では符号化率に対応して適したアウトプットバックオフ値が示されている。文献<sup>2)</sup>では、16 APSK を用いる場合について衛星放送のサービス時間率が検討された。また、次世代地上放送の移動受信伝送方式についても検討が進められており、2×2空間多重MIMO (Multiple Input Multiple Output)-OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)伝送方式の野外移動受信実験結果が報告された<sup>3)</sup>。ケーブルテレビ配信については複数搬送波伝送方式に準拠する送受信機を用いた実証実験が行われた<sup>4)</sup>。この結果は、情報通信審議会放送システム委員会の最終報告書に反映された。さらに、このような大容量コンテンツの伝送における重要な要素技術であるLDPC (Low Density Parity Check) 符号ブロックの先頭位置検出手法について検討結果の報告があった<sup>5)</sup>。

超高精細テレビジョン放送に関連して、テレビ受信機が受信した8K映像をWi-Fi経由でモバイル端末に再送信するサービスについて品質評価が行われた<sup>6)</sup>。その結果、IEEE 802.11 acを用いることで8K映像の実用放送で想定されるビットレートでの視聴が可能であることが示された。

### 2.1.2 各種伝送方式とその応用

V-High マルチメディア放送によるイベント生中継と並行して、屋内イベント会場において放送番組をWi-Fiを用いてスマートフォンおよびタブレット端末へライブ配信する実験が行われた<sup>7)</sup>。クラウド配信基盤を利用することにより安価なライブ配信が可能であることが示された。

既存設備を活用したユニークな検討として、現行の地上デジタル放送方式ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting for Terrestrial) の規格内で4K放送を実現する取組みが報告された<sup>8)</sup>。また、興味深い取組みとして地上デジタル放送波を利用したバイスタティックレーダの原理に基づいた空港監視レーダが検討された<sup>9)</sup>。これは安定して送信される地上デジタル放送波の特徴を利用したものであり、性能評価の結果では0.33秒のデータ更新頻度が得られ、既存システムよりも更新率が高くなっている。

割当て周波数が逼迫しているFM帯域における同一周波数放送の実現を目的として、大電力FM完全同期放送網の

構築が可能な送信機および音声遅延時間の自動調整装置が開発された<sup>10)</sup>。

## 2.2 信号処理

### 2.2.1 次世代放送向け信号処理

8K映像の放送では、高解像度・高フレームレートの映像信号を効率良く処理する必要がある。

4Kデジタルシネマなどの高精細映像を8Kスーパーハイビジョン放送に用いることを目的としたフレームレート変換法として、多重像などのアーティファクトを抑制する視覚系の積分効果を考慮した時空間コントラスト補正によるデジタルシネマ映像のフレームレート変換<sup>11)</sup>の提案があった。また、予測精度向上と符号量削減が実現可能な時間外挿フレームを用いた複数参照フレーム動き補償予測に関する<sup>12)</sup>報告があった。

さらに、撮像に関しては、画素毎に異なる時間解像度で撮像することで、撮像した低ダイナミックレンジ(LDR)画像群から複数の露光情報と高S/N情報、高時間解像度情報を同時に取得する<sup>13)</sup>が示された。

加えて、8K映像のような高解像度の映像信号に対しては、映像信号に重畳されるノイズの除去が重要である。

このために、効果的にノイズ除去ができる冗長DCT処理を改良しリアルタイム動画像処理にも適用可能な高速演算を実現する高効率デノイジングのための乱択冗長DCTに関する提案<sup>14)</sup>があった。

またDCTデノイジング処理を従来の高速化手法であるLLMに代えAANを用い、さらに閾値処理・スケーリング処理をと同時に行うことで、計算速度を向上する手法が示された<sup>15)</sup>ほか、高解像度・高フレームレートの映像信号を伝送する際には、高レートの信号データをエラーなく伝送する技術が求められる。この課題はIP (Internet Protocol) パケットを用いて映像を伝送する際も同様に発生するため、これを解決するための方法も検討<sup>16)</sup>され、報告された。

### 2.2.2 基礎技術

信号処理の基礎的な技術として、光線を単位として3次元空間の視覚情報を記述する光線空間表現の効率化のため、直線の傾きが局所的には一定であり周波数成分にエネルギーが偏る性質に着目し、離散フーリエ変換領域でのグループスパース性を導入する提案<sup>17)</sup>が示された。また、量子化器の最適設計方法の1つである動的計画法に基づき求解するDP量子化法において、量子化レベル数まで含めた最適化を行い、かつその演算量を低減する方法<sup>18)</sup>が提案された。

ネットワークを利用した楽曲配信サービス発展は著しく、楽曲検索等に効果的な音声処理が求められている。音楽信号から和音を認識するため、スペクトログラムにおける時間軸方向、周波数軸方向への連続性を利用して調和音成分を分離する手法の性能調査<sup>19)</sup>が報告された。

## 2.3 符号化

### 2.3.1 超高精細(4K/8K)映像符号化

超高精細(4K/8K)映像は、HEVC(High-Efficiency Video Coding)規格で符号化されるが、ISO/IECのMPEGやその上位団体であるSC29におけるHEVCの次の動画像符号化に関する標準化の動きについて紹介<sup>20)</sup>があった。

8K映像符号化における第一の課題はリアルタイム符号化であるが、それを実現する手段として、8K画像を4分割並列符号化する方法の検討<sup>21)</sup>、HEVCにおける直交変換および量子化の並列処理による高速化の報告<sup>22)</sup>があった。

一方、精細度や大画面を意識した符号化効率(再生画質)の改善としては、大局的動き推定の考えを導入し、動きベクトルを補正する方法<sup>23)</sup>の提案や、画像周辺部の発生情報を相対的に少なくし、近接視に対して合理的な画質とする符号化処理の提案<sup>24)</sup>があった。

また、高精細映像関連の研究として、BT.709など従来色空間の映像を、広い色領域を持つBT.2020映像に変換する際、従来の完全に色領域に留めるのではなく、若干拡張させる変換装置の紹介<sup>25)</sup>があった。

### 2.3.2 基礎研究および伝送対応符号化

基礎的な研究では、一般的な動画像符号化で用いられるものとは異なった拡張画像フォーマットに関係したものが多くなった。一枚の画像に低輝度部と高輝度部を含むHDR画像の符号化において、SDR画像データとHDR用補助データを持つ階層型の符号化がある。そこで、HDR画像の符号化効率を改善する手法の提案<sup>26)</sup>があった。

R, G, B(4:4:4)画像の可逆符号化において、HEVC規格の可逆符号化より大幅に符号量低減が可能な手法<sup>27)</sup>や、色プレーンをフレーム順次で伝送する際に、R, G, Bに白色成分を混ぜて淡色とすることで、動き推定性能を改善する方法<sup>28)</sup>などが報告された。

また、映像符号化を行う際に、クラウドを用いることで処理コストを下げる手法の提案<sup>29)</sup>があった。符号化されたデータの伝送方法に関する研究は多いが、これは符号化処理にネットワークを使うものであり、興味深い。

映像情報圧縮でなく、伝送対応の符号化技術としては、動画データデータのIP伝送において、消失パケットを復元できる消失訂正符号を改善し、少ない遅延量でバースト誤りにも対応する手法<sup>30)</sup><sup>31)</sup>が報告された。

## 2.4 8K放送実用化および装置開発

### 2.4.1 標準化動向

2018年の実用放送開始に向けて、4K・8Kスーパーハイビジョン衛星放送の運用規定が2016年7月に策定された。これを背景に、実用化を見据えた標準化動向に関する報告が行われた。

4K・8K衛星放送の伝送方式であるISDB-S3の運用を含む送出運用規定と、2016年10月に採択されたISDB-S3のITU-R勧告化など標準化の経緯に関する<sup>32)</sup>報告があった。

また、4K・8Kケーブルテレビの標準化動向に関する<sup>33)</sup>報告や、番組素材伝送のための光伝送技術と家庭に配信するためのケーブル伝送技術などの有線伝送技術に関する<sup>34)</sup>報告があった。

### 2.4.2 装置開発

2018年の4K・8Kスーパーハイビジョン衛星放送の実用放送開始に向けて、装置開発に関する報告が活発に行われた。

2016年8月1日開始の8Kスーパーハイビジョン試験放送に向けて開発・整備してきたカメラ・録再機・中継車などの制作設備や、送信・受信などを含めた送出設備の概要と、リオ五輪の中継やパブリックビューイング、2018年の実用放送開始に向けたロードマップや8Kを応用した放送外利用への展開に関する<sup>35)</sup>報告があった。

映像符号化に関しては、次の2つの報告があった。1つ目の報告では、8K/4K放送の実現に向けて国際標準である映像符号化方式をベースに長年取組んできた装置開発の概要と、さらなる高圧縮を目指した新しい方式の研究開発と今後の展望が示された<sup>36)</sup>。2つ目の報告では、映像符号化部を1ボードで実装して装置全体で5U程度と小型化した8K HEVCリアルタイムエンコーダの装置開発の概要が示された<sup>37)</sup>。8K映像を4つのスライスに分割し、4K/60P映像対応の映像符号化LSIにより分割境界周辺を含む参照画像をPCIeバスで相互に転送しながら4チップ並列で符号化処理を行うことで小型化とリアルタイム化を実現している。

カメラシステムに関しては、次の2つの報告があった。1つ目の報告では、ベイヤー配列の8K映像をフル解像度8K映像に、高品質かつ実時間で変換する新たなカラーデモザイキング方式の提案と、この方式を8Kカメラシステムに実装したデモザイキング装置開発の概要が示された<sup>38)</sup>。2つ目は月明かり程度の暗闇の中の被写体を鮮やかに捉える超高感度カメラ、ほんの一瞬の現象をスローモーション映像として可視化する超高感度カメラ、遠く離れた場所の出来事をまるでその場にいるような臨場感で体験できる超高精細カメラなど、それぞれの撮像デバイスの概要<sup>39)</sup>が示された。

スクランブル処理に関しては、MMT(MPEG Media Transport)で伝送される8Kコンテンツをリアルタイム処理可能な装置の開発に関する<sup>40)</sup>報告があった。

タイムコード伝送に関しては、HD-SDIを用いた120 Hzタイムコード伝送方式の提案と、この方式に対応した装置を用いたタイムコード伝送実験結果に関する<sup>41)</sup>報告があった。2016年2月にSMPTEで規格化されたタイムコード信号形式では、アナログ音声の120フレームのタイムコード情報伝送が困難であるという課題を解決したものである。

8Kコンテンツ制作に関連して、U-SDI信号解析機能を有する8K信号対応の波形モニタの新規開発に関する<sup>42)</sup>報告があった。これまで8Kコンテンツ制作時には、8K映像を直接入力して監視するための波形モニタと8K信号伝送イ

ンタフェースU-SDIのアナライザが存在しないという課題を解決したものである。

また、ネットリサーチで調査した家庭でのテレビ視聴状況を踏まえ、4K・8Kテレビの観視距離を近づけるための手段としてタッチインタフェース、ジェスチャインタフェース、音声インタフェースの検討結果に関する<sup>43)</sup>報告があった。

## 2.5 インターネット活用

### 2.5.1 放送通信連携

放送通信連携の分野では、ハイブリッドキャスト関連の報告と次世代の放送通信連携に関する報告があった。

2014年、ハイブリッドキャストの技術仕様と運用規定の第2版が公表された。技術仕様では時刻同期用API (Application Programming Interface) が追加規定され、それに関する研究として、時刻同期APIを試作実装した受信機上で放送とMPEG-DASH (MPEG Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) による配信映像を同期する方式<sup>44)</sup>と、同期サービスにおけるパケット配信の効率化を図った配信時刻制御手法の報告<sup>45)</sup>があった。運用規定では第2版でMPEG-DASHに関する規定が盛り込まれた。この運用規定に基づき、4KのHEVCをMPEG-DASHで再生できるハイブリッドキャスト受信機が市販され、その受信機を用いて放送と4KのMPEG-DASHコンテンツを切替える試験結果について、報告<sup>46)</sup>があった。

現在試験放送中のスーパーハイビジョン衛星放送のメディアトランスポート方式にはMMTが採用されている。MMTは放送だけでなくインターネット上のトランスポート方式にも利用でき、配信パケットをサーバなどに蓄積することもできる。蓄積後の変換手法についても検討がなされており、HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) クライアントから、時刻情報ベースでのシーン検索を可能にするSimple MPU (Media Processing Unit) という手法について提案<sup>47)</sup>があった。また、放送波でIPパケットを伝送する方式であるIPDC (IP Data Cast) を活用した取組みとして、IPDC上でのMPEG-DASH配信の低遅延化に取組み、室内検証で約2秒、実証実験で2.5～3秒まで低遅延化に成功したことが報告<sup>48)</sup>された。

アプリケーション層でもさらなる連携技術の研究が進められており、放送と通信の受信状況を監視し、適切な経路のコンテンツを選択する「メディア統合プラットフォーム」<sup>49)</sup>では、提案手法を実装した移動端末のフィールド実験を行い、安定したコンテンツ視聴と通信パケット量の削減を実現しうる有用性が報告された。

### 2.5.2 映像のネット配信

映像のネット配信に関しては、大きな動向として、2015年に民放公式テレビポータル「TVer」<sup>50)</sup>が開始された。広告モデルで民放各社のコンテンツを1つのポータルで楽しめるこのサービスは、ビジネスとしても新しい取組みであり、また、技術的にも、広告挿入、CDN (Content

Delivery Network) 連携、視聴ログ解析など、放送にはない運用があり、その動向が注目される。

映像ネット配信分野の報告としては、ICN (Information Centric Networking) やCCN/NDN (Content Centric Networking/ Named Data Networking) 関連の報告、そして、映像配信品質に関する報告に大別される。

ICNやCCN/NDNは、これまでのIPアドレス中心のネットワークからコンテンツそのものを中心にネットワークを再考する新しい研究分野であり、コンテンツのネットワーク上の分散キャッシングやルーティングなどで従来とは異なる発想でコンテンツ配信の研究が進められており、全体トラフィックの効率化や新たなユースケースの模索などが盛んに議論されている。本研究会においては、映像配信における適用例に関する3件の報告があり、コンテンツ要求信号制御と再生バッファ量制御による消費電力効率化に関する報告<sup>51)</sup>、実機による消費電力量モデルをICNに適用した際のネットワーク消費電力量評価<sup>52)</sup>、動画データをエッジノードに一括キャッシュすることでネットワーク全体の不要キャッシュを削減する報告<sup>53)</sup>があった。

従来ネットワークにおける研究報告も3件あった。映像配信サービスにおいてスマートフォンの通信履歴データから、高スループットかつ省電力となる移動経路を導出する手法のフィールド実験<sup>54)</sup>、家庭内無線LAN (Local Area Network) における8KのMPEG-DASHの配信品質評価<sup>55)</sup>、LTE (Long Term Evolution) 環境下での伝送レート・送出制御による映像配信最適化手法<sup>56)</sup>について報告があった。映像コンテンツの流通量は、今後、ますます増加することが予想されており、ネットワークトラフィック上の大きな課題として注目されている。本研究会においても課題解決に向けて、盛んに議論されることを期待したい。

## 2.6 その他

V-Highマルチメディア放送は、2012年4月1日より2016年6月30日まで、旧10～12チャンネルの周波数帯を用いて放送された。短い期間での放送ではあったが当放送技術研究委員会でも多数の関連研究の発表がなされ、特別講演<sup>57)</sup><sup>58)</sup>や記念講演も実施された。

また、家庭用テレビにおいて余剰となっている計算機資源を用いるボランティアコンピューティングという野心的な発表<sup>59)</sup>や、テレビ技術のさまざまな分野を統合的に使用することではじめて実用的な動作が実現できる手術映像情報システムに関する特別講演<sup>60)</sup>のような関連研究の発表が行われた。

## 3. 放送現業

### 3.1 放送システム

#### 3.1.1 送出システム

2003年12月1日に関東・近畿・中京の3大都市圏で地上デジタル放送が開始されて10年以上過ぎ、各局ともマスタ

一更新の時期を迎えている。毎日放送では、この間の技術進歩とデジタル放送の運用経験に基づき、複数サービスの実現・機器異常の早期発見と放送の継続、運用者の負担軽減を目指したマスターを開発した。サービス内容はHD+SD、携帯2サービスとなりこれらサービスを人に優しいユーザインタフェースで実現している。システムは3重化され、放送とは切り離れた事前運行テスト、動作検証が可能となっている。アラーム監視では系統図をベースに入力→出力となるように機器ブロックを配置し、直感的に障害箇所が判るシステムである。映像音声監視装置では前回更新時には規定されていなかったラウドネスの監視を自動で行える<sup>61)</sup>。

一方、V-Highマルチメディア放送に新たに5社6チャンネルの新規事業者が開局し(2015年4月1日現在、現在はサービス終了)、開局に向けて効率的なシステム構築のため共同送信マスターが開発された。プレイアウトは各事業者側で既存のものを利用し、共同送信マスター設備においては、各事業者から送られてくるHD-SDI信号(映像・音声・字幕含む)を、圧縮(ENC)、多重化(MUX)、暗号化(SCR)して放送TSの形式として出力するシンプルな構成となっている。また設置スペースは、通信回線・電源の冗長系に優れている別場所のデータセンターに構え、制御・監視をリモートで行うシステムとなっている<sup>62)</sup>。

### 3.1.2 回線システム

テレビ朝日では社内外との伝送回線の窓口である回線センターが更新された。SDI信号を局内外へ分配する回線分配システムは、入力ではIP化による伝送回線の多様化、出力では動画配信など各種メディア対応に伴い信号数が急激に増加しているなかでの更新であった。更新されたシステムは、回線分配システムに加え、「伝送イベントをブッキングするための回線情報システム」、「FPU(Field Pickup Unit)受信基地やIP伝送機器の制御を一括管理する回線制御システム」、「情報カメラの制御と局内オペレート端末を管理する情報カメラシステム」等が合わせて更新された。大規模MTXで構成される分配システムは2台のメインMTXで構成され、同一サブへの分配は2台のMTXから分配することで冗長化を図っている。新たな試みとしてVHF無線(4FSK変調のベアラ通信)を遠隔地の機器制御に使用するなど災害時のBCP対応を図っている。今後、4K信号の伝送・分配業務が追加されるため、さらに回線センターの重要性も増していく<sup>63)</sup>。

### 3.2 ファイルベースシステム

放送局において、テープベースワークフローからファイルベースワークフローへの移行は以前から大きなテーマとなっていた。テープベースで確立された業務形態をファイルベースに移行するのは、移行期における並行運用の労力、コスト増大などの要因でなかなか進まなかったが、設備の更新タイミングに加えHDCAMデッキの保守期限が2023年

3月末に確定したため、各社のファイルベース化も加速している。そのような状況の中、2015年9月に各局の取組みが報告された。

NHKは、2012年から2014年度末にかけて、本部のファイルベースシステムによる番組制作・送出へと移行した。システムの特徴は「ブリッジメディアを使った素材の収録と保存」、「複数フォーマット対応」、「映像編集とテロップ制作との並行作業」、「送出設備へのファイル登録」、「部分修正編集機能」、「アーカイブ設備への素材登録と検索端末のプロキシー映像から素材をリクエストする機能の実現」があげられる<sup>64)</sup>。

テレビ朝日において、ファイルベースシステム導入の目的は「業務の効率化」、「コスト削減」、「ソニー製放送用VTRのEOS」となっており、「マスター設備など更新のタイミングでファイル化」、「報道システム、スポーツファイルベースシステムなど業務効果の大きいワークフローのファイル化」、「デジタイズセンター、放送素材ファイル伝送システムなど費用対効果が大きいシステムのファイル化」を進めている。現状では報道やスポーツ番組制作などワークフローが社内で完結しているものについては概ね完了し、更新済のマスターも完了している<sup>65)</sup>。

テレビ東京では、海外映像を配信する通信社がファイルベースに切替わることになったことをきっかけに、2010年後半に「テレビ東京報道プロジェクト」が立ち上がり2014年8月からは全面的に運用を開始した。また2016年秋の社屋移転を機に新規設備となるスタジオやマスター等の放送基幹設備のファイル化を行った<sup>66)</sup>。

フジテレビにおけるファイル化のメリットとして、「オフライン編集や社内イントラ等からのプレビューを可能にする低レゾ素材の活用」、「メタデータの活用によるファイリング処理の自動化」、「転送、コピーの各処理の高速化など時間軸からの解放」があげられる。完パケ系とLIVE系があるが、社内でワークフローが完結するLIVE系の方がファイルベース化は進め易い。このワークショップにおいては、ドラマポスプロから、マスターへのオンライン搬入の事例が紹介された<sup>67)</sup>。

この報告会以降、2016年10月東京、2017年2月大阪で「放送局におけるファイル化への取組み」と題したワークショップが開催され、NHK、在京、在阪局の最新の状況が共有された。

### 3.3 新たな取組み

北海道放送において、道内109カ所の「道路画像情報」と「道路気象情報」をデータ放送で表示する「道カメラ」が運用開始された。コンテンツの画像配信は「放送」ではなく「通信」側で行うためテレビをネットワークに接続する必要があるが、放送では送ることが難しい数の画像を使用できる。国土交通省北海道開発局が管理し、道路交通情報センターで販売されているデータを連続的に取得・加工し、公

開サーバへアップデートするシステムと、簡単に「道路画像情報」、「道路気象情報」を閲覧できるデータ放送テンプレートを自社開発し運用を開始した<sup>68)</sup>。

### 3.4 映像・音声制作

#### 3.4.1 画像合成

PC、小型サーバ、グラフィックデバイスの性能向上により、小規模なシステムでHD映像データをリアルタイム、もしくはごく短時間に加工処理し、番組素材として生放送に使うことが可能となっている。また撮影機材やIT機器の性能向上と低廉化により、スポーツレーニングの場においても、さまざまな映像処理ツールが開発、利用され、本学会でもそのような事例が多く発表されている。このような映像制作ツールの中から今年度に学会で発表のあった開発事例2件を紹介する。

1件目は、スポーツコーチの指導支援ツールという位置づけであったソフトをスキージャンプの中継番組制作に用いた例である。このソフトで複数選手のジャンプ映像を収録直後に合成し、選手同士を比較する映像を作成した。またジャンプ踏み切り時の選手を残像表示した映像を合成し、解説に用いた。選手のプレー後、短時間に合成処理素材を完成させることにより中継番組でそれを使うことが可能となった。また競技動作を選手にわかりやすく見せるための映像を番組素材として使うことにより、視聴者にも競技をよりわかりやすく見せることが可能となった<sup>69)</sup>。

2件目は、クロマキーを使ったスタジオでベースカメラからアップカメラに映像を切替えたときに、アップカメラの撮影画角に合わせてクロマキーのCG背景映像を切り取り合成するシステムである。これまで同様のことを実現するにはバーチャルCG用カメラと大がかりなシステムが必要であり、必然的にバーチャルCGができるスタジオは限られていた。開発したシステムでは、アップカメラの映像をベースカメラの映像と走査比較することにより、アップカメラの撮影画角を特定し、その画角の背景映像を切り取り合成する。この処理をカメラ間のスイッチングに合わせて高速に行うものである。バーチャルシステムがないスタジオでも複数カメラ間のスイッチングを使ったCG合成映像を制作できる<sup>70)</sup>。

#### 3.4.2 スマートフォンの活用

スマートフォンが普及し、番組制作現場でも放送局内でもそれを携帯して業務を行っている。スマートフォンはビデオカメラに加え、撮影した映像音声を情報処理する高い機能を持つ。番組制作ツールをスマートフォン上のアプリで実現し、そのツールをスタッフが自分のスマートフォンで使うという手法は、局の番組制作現場においてもさまざまなメリットがある。このような開発事例を今年も1件紹介する。

中継番組の制作において、離れた現場から映像と音声は別の伝送回線でも送られてきたり、それぞれに別処理が入っ

て送られてくることは多い。このような場合には、中継現場から放送局までの映像と音声の到達時間にズレが生じる。映像と音声のズレは視聴者に違和感を与えるため、そのズレは放送局へ信号が入る入口の段階で調整し、ズレをなくす作業を行っている。この調整をリップシンク調整というが、従来の手法は、カメラの前に立った人が手をたたき、その映像と音声を見ながらディレイ時間の調整を行うというもので、正確な調整が難しかった。この調整に使うためのiPhoneアプリを開発した。

送り側も受け側も1つの同じアプリをiPhoneに入れておき、送/受モードで切替えて使う。送り側はiPhoneで基準映像と音声を表示、出力し、現場ではそれをカメラとマイクで撮り、中継回線で放送局へ送る。放送局内のオペレータは、そのモニタ映像音声を同じく自分のiPhoneアプリで撮影収録すると、映像と音声の時間差が受け側のアプリで自動計算される、というものである<sup>71)</sup>。

### 3.5 中継・伝送システム

700 MHz帯のFPUとA型ラジオマイクの周波数移行に伴い、移行後の新しい周波数帯である1.2/2.3GHz帯用に開発したFPUやアンテナ、ワイヤレスカメラを実際に使用したロードレース中継やフィールド実験に関する報告があった<sup>72)~74)</sup>。また放送局における映像素材のファイルベース化が進む中で、ファイル形式の映像素材を伝送する手法の1つとして時分割複信(TDD: Time Division Duplex)方式を採用した双方向FPUに関する報告があった。これは高次多値変調や伝搬環境に応じた適応変調を実装して2×2 MIMO技術による伝送容量の拡大を図るとともに、双方向性を利用した誤り訂正と自動再送要求を組合せたHARQ (Hybrid ARQ) 技術により信頼性の向上も図っている<sup>75)</sup>。

非常災害時を想定した放送継続や映像伝送の手法に関する報告もあった。想定としては親局送信所の機能には問題ないが演奏所が機能喪失した場合であるが、SNG (Satellite News Gathering) により被災していない系列局から放送素材を伝送してもらい、これを親局送信所のFPUで受信して放送するというものである。このための要素開発としてC、D/E、FバンドとKuバンド共用アンテナの試作結果についての報告であった<sup>76)</sup>。また非常災害時に被災現場から映像伝送を行う際に、電波の電界強度のピークを捉えて自動でアンテナ方向を調整する自動方向調整雲台の有用性についての報告があり、あわせて通信回線や移動通信などへの応用についても報告があった<sup>77)</sup>。

SHV用のFPU、伝送技術についての報告もあり、マイクロ帯のSHV用FPUとしてC、Dバンドを用いたSHVの長距離伝送についての報告があった。超多値OFDM、偏波MIMOにより大容量化を図り、送信出力0.2 Wで50 km以上、伝送レート200 Mbpsでの伝送が可能であることを確認した<sup>78)</sup>。

SHVワイヤレスカメラの実現に向けたミリ波帯を用いたSHV用伝送技術についてはシミュレーション結果の報告が

あり、周波数領域等化(Frequency Domain Equalization)を行うシングルキャリア(Single-Carrier)伝送方式(SC-FDE: Frequency Division Equalization方式)とOFDM方式を比較した場合、送信信号の品質が同等となる送信出力の下ではSC-FDE方式のほうが回線の伝送マージンを大きくできるという結果を得た<sup>79)</sup>。またMIMO方式と変調方式の組合せごとに伝送レート400Mbpsを達成できるシステムの所要C/N(Carrier to Noise power ratio)をシミュレーションにより算出した結果4×4MIMO-QPSKが最も所要C/Nが低く、SHVワイヤレスカメラの伝送方式として有力であることを確認した<sup>80)</sup>。

また番組制作の現場で使用される無線伝送システムについて、現行FPUからSHV用無線素材伝送技術の研究開発動向に関する報告があった<sup>81)</sup>。

### 3.6 高ダイナミックレンジテレビジョン(HDR-TV)映像関連

2016年はHDR-TV映像(以下HDR)に関するパラメータのITU-Rにおける国際標準化(ITU-R勧告BT.2100)の採択・承認手続きや国内における超高精細度テレビジョン放送(以下4K・8K実用放送)の技術的条件へのHDR方式追加の検討と技術基準策定などが上半期に行われていたことなどを背景に、HDR映像の画質評価やHDR番組制作、機器開発に関する研究10件が発表された。

ITU-R勧告BT.2100の承認手続きが完了する7月までの期間は、HDR映像方式としてARIB(Association of Radio Industries and Businesses:電波産業会)STD-B67が規定するHybrid Log-Gamma(HLG)方式とSMPTE ST.2084-2014が規定するPerceptual Quantization(PQ)方式を参照した研究が主に行われていた。HLGとPQの逆関数は共に4K・8K実用放送の技術的条件となり技術基準としても規定された(BCT2016-47)。その1つであるHLG方式に関する研究として4K・8K放送品質を満たすためのHEVC符号化品質の検証に関する報告がなされた。放送伝送路帯域における従来ダイナミックレンジ(SDR)映像の所要ビットレートを参考にSDR信号・SDRからHLGに変換した信号・HLG信号それぞれをHEVC符号化した映像信号のPSNR値を算出し考察が加えられている。HLGではSDR同等のビットレートにおいて良好な品質の放送が実現できることが示された<sup>82)</sup>。また、HLG方式とPQ方式のHEVC符号化性能を比較した研究成果が発表された。シーンリニアな輝度を撮像し受像機側でリニア信号に変換するまでの伝達関数(OETF: Opto Electrical Transfer FunctionやEOTF: Electro Optical Transfer Function)の違いがあるため、PSNRによる比較は用いず知覚均等色空間(CIE1976L\*a\*b\*空間)上の絶対誤差 $\Delta E$ による評価を行い、HLGとPQの符号化劣化の違いを定量的に示した報告である<sup>83)</sup>。

HLGとPQ両方式はITU-R勧告BT.2100として2016年7月に発行されるに至ったが、それまでの長きにわたる国際

会議の議論を踏まえ国内におけるHDR放送のための技術基準策定に向けた総務省の取組み状況が報告された<sup>84)</sup>。また、ITU-R勧告BT.2100発行に先駆けてHDR映像制作に関する研究成果や制作機器開発に関する報告がなされた。

HDR映像機器の開発状況とそれらの制作機器を用いた映像制作・ライブ配信トライアル事例など、実サービスに直結する研究が行われた。撮影からスイッチャーや中継車を利用したライブ制作あるいはポストプロまでのワークフローにおいてダイナミックレンジを確保するためにLog方式を採用しつつ、今後の放送番組制作において想定される「HDやSDRへの変換」、「色域変換」、「HLGやPQへの変換」を試みるなど、国内外での多種多様なプロセス検証に関する事例<sup>84)</sup>や、HLGによるCS衛星放送サービス開始に向けた実用化のためのHDR番組制作と番組送出時の課題整理・実証実験例に関する報告<sup>86)</sup>などがある。

HDR映像制作においては映像信号レベルをSDRとは異なるスケールで考える必要がある。屋外ロケ撮影やスタジオ照明下での撮影、屋内・屋外スタジアムでのスポーツ撮影時など放送コンテンツとして想定されるジャンルごとの映像制作時の信号レベル・画面輝度分布に関する分析と考察<sup>87)</sup>や波形モニタ、ポストプロ向けグレーディングシステムを用いた制作機器の評価、制作時のレベル管理の考察<sup>88)</sup>などの研究も進められた。

2016年はBS4K/8K試験放送開始の年でもあり、特に8月に開始された8K試験放送ではOETFとしてHLGの採用が決定していた。BS4K/8K実用放送に先駆けて試験放送での運用を控えていたことを背景に、8KのHLG映像制作機器の開発事例や制作検証報告が行われた<sup>88)~91)</sup>。それまでの4KカメラにおけるOETFはLog方式が主流を占めていたのに対し、HLGのOETFを適用可能とする8Kカメラシステムやそれを用いた制作システムの検証の他、文字スーパーの輝度レベルに関する評価実験結果などが報告された。SDRでは無彩色の白文字スーパーは映像信号レベル100%として制作するのが通常であったが、HLGの場合はピーク輝度1,000 cd/m<sup>2</sup>のモニタ上に白文字100%信号を表示すると人が知覚する輝度としては許容しがたい可能性があるため、好ましい文字スーパーの輝度レベルに関する主観評価実験が行われた。スーパーインポーズするベース映像のAPL(Average Picture Level)を数種類設定することで文字スーパーの輝度レベルとベース映像の輝度レベルに相対差を含むよう実験されており、APL54%、40%、30%のHLGベース映像に対し好ましい文字スーパー輝度レベルはそれぞれ85%、80%、75%という結果が得られたとしている<sup>88)</sup>。

HDR対応8Kカメラの開発も進んでおり、1,200%の入力ダイナミックレンジが得られるHLGのガンマカーブを設定した際、照度2,000 lxにおいて絞り値F6.9の感度が得られ、S/Nは45 dBであったと報告されている<sup>91)</sup>。撮像素子において4K・8Kへと高精細化をすることは、高感度化やダイナ

ミックレンジの拡大とは相反する。現状では高輝度部分の表現において十分なS/Nがあっても、暗部の撮像という観点では更なる進歩が期待されている。今後始まるBS4K/8K実用放送に向けて研究活動が活発化することであろう。

## 4. 無線・光伝送技術

### 4.1 地上デジタル放送

地上デジタル放送は2003年に開始し、2011年にデジタル放送へ完全移行してから5年以上経過している。地上デジタル放送に関して、幾つかの報告が行われている。まず、地上デジタル放送の受信品質改善に関する研究成果が報告されている。また、地上デジタル放送のUHF帯域への完全移行後、周波数の空いたV-High帯域を用いたマルチメディア放送サービスが展開されている。このマルチメディア放送の概要について報告が行われた<sup>99)</sup>。

複数のモバイル端末において受信した復調データを無線LANやBluetoothなどの回線を用いて互いに交換することにより、協調して受信を行う協調受信手法を日本の地上デジタル放送規格であるISDB-Tのフルセグメント受信に適用した時の受信特性の改善効果が報告されている<sup>92)</sup>。また、協調受信において、ダイバーシチ合成を行うサブキャリアの選択手法を工夫することで受信品質をより向上させる手法が提案されている<sup>102)</sup>。さらに、協調受信の次世代放送技術であるMIMO伝送に発展させる取組みが報告されている<sup>104)</sup>。

地上デジタル放送の受信品質改善には、伝搬路推定精度の改善が必要不可欠である。伝搬路推定精度の改善手法として圧縮センシングを用いた手法が提案されている。圧縮センシングは、推定する信号のほとんどが0でところどころに0ではない値が含まれているデータ(スパースデータ)を、観測値から高い精度で復元するアルゴリズムである。無線通信では、伝搬路のインパルス応答がちょうど圧縮センシングで取り扱うスパースデータになっており、圧縮センシングを適用することで伝搬路特性の高精度推定が可能になる。圧縮センシングを用いて、ガード区間越え遅延波に対しても繰り返し推定を行うことで高精度推定を可能にする手法が提案されている<sup>98)</sup>。パイロット信号を用いてインパルス応答を推定する場合、帯域幅が制限されていることから、インパルス応答の位置によっては、推定したインパルス応答にサイロドープが発生し、推定精度が劣化する問題があった。この問題をオーバーサンプリング手法により改善する手法が報告されている<sup>103)</sup>。また、圧縮センシングによる伝搬路推定を次世代のMIMO伝送へ応用するための検討も行われている<sup>97)</sup>。

地上デジタル放送の受信機周辺には、インバータやモータ、自動車ガソリンエンジンの点火プラグなど、人工雑音が発生する機器が多数存在する。これらの人工雑音は、時間幅が短く、振幅が非常に大きいインパルス雑音であるため、実際の受信環境での受信品質の改善にはインパルス雑

音対策が必要となってくる。インパルス雑音により大きく変化した受信サンプルを復調データから再生したレプリカで置き換えることでインパルス雑音の影響を抑圧する手法が提案されている<sup>96)</sup>。

地上デジタル放送波は、ルビジウムやセシウム原子発振器により得られるきわめて周波数安定度の高い周波数を基準として信号が生成されており、受信信号を用いて周波数基準や測位を行うことが可能である。地上デジタル放送波の周波数安定度の検証を行い、さらに放送波を用いて受信機側の水晶発振器の周波数を補正することで放送波に同期した発振器を構成した結果が報告されている<sup>107)</sup>。一方、地上デジタル放送信号の位相変動を精密に計測するため、二重位相差法を用いて伝搬路に起因する遅延時間の揺らぎ以外の影響を抑圧する手法が提案されており、伝搬路の水蒸気量の観測に必要な位相変動の推定が可能であることが報告されている<sup>100)108)</sup>。

地上デジタル放送波を用いて航空機の測位を行う手法についても検討が行われている。地上デジタル放送波が航空機に反射して受信機に到達するまでの伝搬遅延時間を観測することでバイスタティック測位を行うものである。地形や建物など固定の物体からの反射を除去し、航空機からの反射を抽出して計測することが可能であることが示されている<sup>95)</sup>。また、実験の結果、0.3秒の更新周期で測位が可能であることが報告されている<sup>106)</sup>。

### 4.2 衛星放送技術

衛星放送では4K/8Kスーパーハイビジョン放送に向けて検討が行われている。スーパーハイビジョン放送に必要な大容量伝送を実現するため32 APSKを用いた伝送実験が行われており、地球局および衛星中継器の出力バックオフレベルが伝送特性に与える影響について報告されている<sup>112)</sup>。また、より広い帯域幅を用いた伝送を可能にするため21 GHz帯が割当てられている。21 GHz帯を用いて300 MHz広帯域シングルキャリア伝送を実現するため、衛星搭載用の広帯域フィルタの開発が進められている。ここでは、300 MHzの通貨帯域幅は低損失かつ低群遅延であり、かつ、帯域外不要波を急峻に抑圧する衛星出力フィルタが必要となる。BPF (Band Pass Filter), BRP (Band Rejection Filter), LPF (Low Pass Filter)を組合せて所望の特性の実現するフィルタを試作し、電気的特性の評価が行われている<sup>109)</sup>。

受信技術についてさまざまな検討が行われている。12 GHzでの8Kスーパーハイビジョン放送では、従来の右旋円偏波に加えて、左旋円偏波を用いて放送サービスを行うことになっている。家庭用受信機で左旋円偏波の受信を可能にするため、右・左旋円偏波を同時に受信可能な受信アンテナの試作結果が報告されている<sup>110)114)</sup>。アンテナで受信した信号はIF (Intermediate Frequency)帯に変換し同軸ケーブルで伝送される。このとき、ARIB標準規格STD-

B63では従来の右旋円偏波は1~2 GHzのIFを用いて伝送するのに対して、左旋円偏波は2.2~3.2 GHzのIFで伝送することが定められている。2.2~3.2 GHz帯は無線LANの帯域と重なっており、ケーブルのシールド特性が重要となってくる。そこで、当該帯域における同軸ケーブルのシールド特性を測定し、無線LANとの共用が充分可能なレベルのシールド特性を有していることが示されている<sup>115)</sup>。

ARIB標準規格STD-B63では、IF信号の光伝送が規定されている。この光IF伝送システムの実験システムを構成し、伝送特性の評価が行われている。その結果、光送受信機によるC/N劣化は0.2 dB以下で伝送可能であることが示されている<sup>111)</sup>。また、ビット誤り率特性についても評価を行い、宅内配信用プースタによる誤り率劣化は0.3 dB、光伝送による劣化は0.1 dBであることが報告されている<sup>114) 116)</sup>。

衛星通信回線の品質評価に関する基礎的な検討も行われている。衛星通信回線は降雨減衰により伝送品質が低下する。この降雨減衰による回線品質の変化を模擬する手法に、ネットワークシミュレータとして標準的に用いられるNS-3を活用する検討が報告されている<sup>113)</sup>。

#### 4.3 放送素材伝送技術

周波数放送素材伝送は、周波数再編に伴い、従来の700 MHz帯を用いた素材伝送装置(FPU)は、1.2 GHzおよび2.3 GHzの新周波数帯を用いた装置へと移行が進められている。新周波数FPUに搭載する新しい指向性アンテナとして、水平、垂直偏波の共用が可能でMIMO伝送に対応した小型軽量のディスクアレーアンテナの開発例が報告されている<sup>118)</sup>。また、移動中継受信の運用現場では、水平方向の半値角が広いアンテナが求められている。素子数の少ないアンテナを縦方向にスタックすることでこの要求を満たす素材中継用アンテナが報告されている<sup>119)</sup>。

1.2 GHz/2.3 GHz帯を用いて複数の移動中継車とFPUによる中継を行う場合、移動中継車ごとにアンテナを配置していたが、このアンテナのIF帯域で共有することで、ダイバーシチ受信のアンテナを新たに設けることなく、ダイバーシチ効果を得ることを可能にするシステムが提案され、実運用において効果があることが示された<sup>177)</sup>。

1.2 GHz/2.3 GHz帯では、移動中継用FPUの大容量化に向けて4×4 MIMO技術の開発が進められており、MIMO多重数や変調多値数と所要C/Nや伝送速度の関係について計算機シミュレーションにより評価した結果が報告されている<sup>125)</sup>。また、伝搬路行列の固有値に応じて変調方式を適応制御することで所要C/Nおよび伝送速度の改善が可能であることが報告されている<sup>128)</sup>。

スーパーハイビジョンの素材伝送用FPUとして、6~7 GHz帯の周波数を使い、超多値OFDMやMIMO技術を用いて超高速伝送を実現するFPUの開発が進められており、伝送実験結果が示されている<sup>121)</sup>。

MIMO方式では、MIMO多重数の増加に伴う復調器の回

路規模の指数的増大が問題となる。ブロックQR分解を用いて演算量を削減したMIMO最尤判定器をFPGA(Field Programmable Gate Array)により実装した例が報告されている<sup>122)</sup>。

一方、6 GHz帯を利用するFPUとKu帯を利用する衛星による素材伝送システムであるSNGの受信アンテナを1アンテナで共用することにより、アンテナ設置場所の制限を回避する共用受信アンテナの開発について報告が行われている<sup>120)</sup>。

また、8K超高精細動ビデオの素材伝送では、42 GHz帯のミリ波を用いた伝送方式が検討されている。ミリ波帯では、線形性の高い電力増幅器の実現が低い周波数帯に比べて困難であり、非線形歪みの影響を受けやすい。OFDMのピーク抑圧技術の1つであるSLM(Selective Mapping)を用いたシステムが提案されている<sup>126)</sup>。さらに、42 GHz帯FPU用MIMO-OFDM変復調器の開発例が報告されている<sup>127)</sup>。一方、伝送方式としてSCを用い、マルチパスによる周波数選択性歪み対策として周波数領域等化(FDE)を行うSC-FDEを用いることが提案されている。まずロールオフ率やバックオフに対する基本的な評価が行われている<sup>117)</sup>。さらに詳細な特性評価の結果、ミリ波帯ではOFDM方式よりも回線マージンを大きくできることが示されている<sup>123) 137)</sup>。

以上に述べたスーパーハイビジョン向けFPUの研究開発動向が、文献<sup>124)</sup>においてまとめて紹介されている。

#### 4.4 光伝送技術

可視光無線通信に関していくつかの報告が行われている。無線信号で光強度変調を行うLED(Light-Emitting Diode)照明装置を用いてISDB-T放送波を屋内に配信する可視光通信の実験を行った結果が報告されている<sup>129)</sup>。ここでは、放送波を200 MHzと低いIF帯に変換し、LEDを光強度変調することで良好な伝送特性が得られ、効果的な屋内放送波配信が可能であることが示されている。一方、液晶などによる電子広告媒体であるデジタルサイネージのディスプレイそのものを送信機として用いる可視光イメージセンサ通信が提案されている。ここでは、重畳するデータにより視覚情報に影響しないように、人の視覚に認識されにくい青色差を変調して重畳するシステムを構築しデータ伝送実験を行った結果が報告されている<sup>130)</sup>。可視光通信による水中光伝送システムについても報告が行われている。本システムは、電波に比べて減衰が小さい青色可視光を用いて水中光伝送を行うものである。送受信器の指向性パターンや自動追尾に関する検討結果が報告されている<sup>131)</sup>。

無線信号で光信号を直接変調し、光ファイバを通じて中継するRoF(Radio over Fiber)伝送の検討が行われている。特に次世代地上デジタル放送方式へのRoF技術の適用が検討されている<sup>132) 134)</sup>。また、無線通信において一般的に用いられているOFDM信号で光信号を直接強度変調した後に、さらに偏波多重し、光ファイバを通じて伝送する

POLMUX (Polarization Multiplex) -OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) -PON (Passive Optical Network) による柔軟な周波数帯域の割当を可能にする手法が提案されている。ここでは、光ファイバによる偏波回転による干渉対策として独立成分分析を用いた手法が有効であることが報告されている<sup>133)</sup>。

#### 4.5 新しい伝送技術

##### 4.5.1 ブロードバンドワイヤレス

ブロードバンドワイヤレスシステムでは、スマートフォンに代表される移動端末に向けた超高速、高効率デジタル伝送が要求されており、研究開発が活発に進められている。

MIMO技術はブロードバンドワイヤレスシステム必須の技術である。MIMOでは、同じ周波数チャネルにおいて複数のアンテナから異なる変調信号を同時に送信しており、受信機側では複数の変調信号が合成された信号を受信することになる。このMIMO信号を復調するための最適受信方式として最尤判定法が知られているが演算量が大いという問題がある。この問題を解決する方法として伝搬路行列をQR分解し、部分行列毎に判定を行う演算量削減QRD-MLD (QR-Decomposition Maximum Likelihood Decision) 復調器の実装が報告されている<sup>144)</sup>。また、アンテナ選択合成とQRD-MLDとの組合せにより更なる特性改善手法が提案されている<sup>141)</sup>。

MIMO伝送では、MIMO多重数は受信アンテナ数で制限されるが、受信アンテナ数以上のストリームをMIMO送信する過負荷MIMOシステムの検討が報告されている。ここでは、回転行列を用いて仮想伝搬路を構成することでMLDよりも少ない演算量で受信機を構成することが示されている<sup>150)</sup>。

1送信機、1受信機でMIMO伝送を行うのではなく、複数のユーザに向けて空間分割で多元接続を行うMulti-User (MU) -MIMOについても報告が行われている。複数のMU-MIMO基地局が基地局間協調制御 (CoMP: Coordinated Multi Point) によりセル間干渉を抑圧するネットワークMIMO-OFDM<sup>147)</sup>やMIMO送受信局が複数存在する場合の干渉Centralize Interference Alignment<sup>142)</sup>が報告されている。また、室内のミリ波環境を想定し、アナログビームフォーミング技術を応用したMU-MIMOのユーザスケジューリングに関する研究が報告されている<sup>148)</sup>。

MIMOでは、送受信機に複数のアンテナが必要となるため、小型携帯デバイスへの実装には制限がある。この問題を解決するために周辺の複数の端末が協調してMIMO信号の受信を行う協調受信技術の実験結果が報告されている<sup>140)</sup>。さらに、協調受信を行う端末を選択することでさらなる特性改善が可能であることが示されている<sup>154)</sup>。さらに、各端末が受信した信号をミリ波のような高い周波数帯を用いて転送し、端末間で共有するRoHR (Radio over High-frequency Radio) の構成法の検討が進んでいることが紹介さ

れている<sup>136)</sup>。

MIMOにおける環境に応じたアンテナ配置に関しても検討が行われている。アンテナ素子を横および縦方向に2次元的に配置するFull Dimension (FD) -MIMOは、方位方向、仰角方向の両方でビーム形成が行われるため周波数利用効率の向上が期待できる。FD-MIMOを室内環境に適用したときの特性改善効果について報告が行われている<sup>149)</sup>。地下街やトンネルなど電波の不感地帯対策として設置されているLCX (Leaky Coaxial cable) を用いてMIMOを実現するLCX-MIMOの特性評価が行われており、マルチパスが少なくMIMO容量が低下する見通し環境においても安定した伝送が可能であることが示されている<sup>155)</sup>。

誤り訂正符号は、通信の信頼性を高める基盤技術の1つである。誤り訂正符号を応用した技術が報告されている。まず、複数送信信号のスペクトルの重なりを許容し、スペクトルの重なりによる干渉の影響を誤り訂正符号により抑圧するキャリア重畳伝送技術が提案されており<sup>135)</sup>、周波数利用効率の向上が期待される。IPビデオ伝送における消失パケットの復元のためのFEC (Forward Error Correction) ブロックの構成法が提案されており、短い処理遅延時間で消失パケットの回復が可能であることが示された<sup>146)</sup>。

超高速伝送の実現に向けて、ミリ波以上の高周波数帯の利用が効果的であるが高周波数帯は電波の直進性が強く、歩行者などで通信路が遮蔽されることによる影響が大きい。通信路周辺のユーザ端末および歩行者などの遮蔽物の状況をカメラ画像で認識し、通信環境の予測や通信制御を行うプロアクティブ通信制御の研究が進められている<sup>138)</sup>。

なお、ブロードバンドワイヤレス技術そのものではないが、関連する報告として、電力線通信 (PLC: Power Line Communication) システムにおいて、同一の電源ラインに接続されたインバータが内蔵された充電器など他の電力機器からのノイズの影響を観測する手法について報告がなされている<sup>205)</sup>。また、気象レーダの観測精度をパーティクルフィルタにより改善する手法が提案されている<sup>159)</sup>。さらに、放送技術にとどまらず、広く社会的に重要な課題である再生可能エネルギーの話題として海洋温度差発電の研究が紹介された<sup>139)</sup>。

##### 4.5.2 次世代地上デジタル放送技術

次世代地上デジタル放送方式に関して多くの報告がなされている。次世代地上デジタル放送は超多値QAM (Quadrature Amplitude Modulation)、偏波MIMO、LDPC符号など多くの技術を組合せることで、現行の地上デジタル放送と同じ6MHz帯域を用いて8K解像度の超高精細テレビ放送を実現するものである。

次世代地上放送暫定方式の伝送特性を屋外マルチパス伝搬環境を想定して評価した結果が報告されている。特に用いられているLDPC訂正符号の効果により伝送品質が改善

されることが報告されている<sup>102) 153) 158)</sup>。LDPC符号長は今までの誤り訂正符号よりも長く、LDPC符号長の整数倍にフレーム内のデータビット数を設定することが難しくなるため、LDPC符号ブロックの先頭位置を送信することが提案されている<sup>94)</sup>。

移動受信時には、伝搬路が高速に変動することを考慮に入れて伝搬路推定を行う必要がある。移動体向け階層において、伝搬路推定のためデータシンボルの間に挿入されているSP (Scattered Pilot) の配置を変動への追従性と伝送効率の観点から検討し、追従性、伝送効率共に高いSP挿入パターンが提案されている<sup>151) 158)</sup>。また、移動受信階層部分受信に適した周波数インタリーブ方法について報告が行われた<sup>160)</sup>。また、次世代地上放送では超多値QAMを用いており、干渉の影響を受けやすいため、ドップラシフト対策は必須である。この目的に適した干渉キャンセラの検討結果が報告されている<sup>143) 156)</sup>。

偏波MIMOを用いた場合の移動受信特性をフィールド実験により評価した結果が報告されている<sup>95)</sup>。さらに、偏波MIMO方式においてチャネル相関が高いときに伝送特性が劣化する問題を解決するため偏波間の振幅・位相のホッピングと拡散を行う手法が新たに提案されている<sup>145)</sup>。

#### 4.5.3 LDM技術

米国の地上デジタル放送規格であるATSC (Advanced Television Systems Committee) 3.0において、固定受信向けと移動受信向けの階層を同一周波数で階層伝送する仕組みとしてLDM (Layered Division Multiplex) 方式が採用されたことから注目が集まっている。LDMは、大電力で送信する第1階層送信信号と同一の周波数で小電力の第2階層送信信号を重畳する。このとき、第2階層信号の電力を第1階層の復調に影響を与えない程度のレベルに抑えておくことにより、第1階層だけが必要なユーザは第1階層だけの受信機で受信することができ、一方、より大容量の第2階層まで必要なユーザは、第1階層を復調し、受信信号から第1階層成分を除去することで第2階層まで受信することができる。このようにすることにより、1受信機で複数の階層の伝送を効率的に行うことができる。ATSC3.0規格におけるLDM方式の伝送特性の評価が報告されている<sup>163)</sup>。次世代地上デジタル放送へのLDM方式を適用した場合の特性の検討が行われている<sup>157) 164)</sup>。

LDMは、第1階層に既存規格、第2階層に新しい方式を割当てることにより、後方互換性を満たしつつ、新しい方式の導入を可能にすることも可能である。現行地上デジタル放送サービスと同一の周波数でLDMを用いて新サービスを導入に向けた基礎検討が報告されている<sup>152)</sup>。LDMで必要となる第1階層干渉の除去に関して、その問題点と、解決法が報告された<sup>161) 162)</sup>。

#### 4.6 高周波回路とアンテナ技術

アンテナ技術に関して多くの設計例が報告されている。

地上デジタル放送携帯受信アンテナや携帯電話アンテナとして用いられる不平衡給電逆Lアンテナについて、その動作原理の解析<sup>165)</sup>、誘電体基板上での試作例<sup>170)</sup>、MIMOアンテナとしての設計例<sup>166)</sup>が報告されている。また、逆L型アンテナに寄生素子を組合せてUHF帯テレビ広帯域アンテナを構成した例<sup>180)</sup>やスロットとの組合せUHF帯RFID (Radio Frequency Identification) 用の円偏波アンテナを構成する手法<sup>173)</sup>が提案されている。逆Lアンテナの拡張として、コプレーナ線路を組込んだ平面ダイポールアンテナの提案とその動作原理が示されている<sup>183)</sup>。

その他、方形パッチアンテナの各辺に長さの異なるスリットを装荷することで円偏波の放射を可能にするマイクロストリップアンテナ<sup>187)</sup>、反射板と寄生素子を組合せることで広帯域化を図る平面モノポールアンテナ<sup>188)</sup>、パッチアンテナとループアンテナを組合せることによる垂直偏波で双方向に指向性を持つ小型の平面アンテナ<sup>189)</sup>が提案されている。

また、平面アンテナとして逆F型アンテナに関する報告がなされている。プリント基板上に配置する逆F型アンテナにキャビティおよび反射板を装荷することで、広帯域化と放射特性の安定化を図る手法<sup>172)</sup>や長方形素子を装荷することで円偏波アンテナとする手法<sup>193)</sup>が提案されている。広帯域化した逆F型アンテナを乳がん検診のためのマイクロ波マンモグラフィーに応用した例が報告されている<sup>179)</sup>。

医療用途としては、腹腔鏡手術時の欠陥位置検出用マイクロストリップアンテナが提案され、生体内に配置した時の特性についての解析結果も報告されている<sup>194)</sup>。

さらにコンクリートなどの非破壊検査を行うためのセンサアンテナとして高いQ値を持つ狭帯域アンテナの報告がある。これは、センサアンテナを張り付ける物体の誘電率の変化による共振周波数の変化をモニタすることで物体の状態を検知するものである<sup>171)</sup>。

周期構造を持つメタ材料は今まで実現できなかった、屈折率や透過率の性質を物体に持たせることができることから、さまざまな用途に応用できるものとして注目されている。周期的に配置されたパッチアンテナからなるメタサーフェスをアンテナ全面に配置することで広帯域化するリフレクタレイアンテナの解析結果が報告されている<sup>192)</sup>。平面上に周期上にLCおよびダイオードを装荷したパッチから構成されたメタサーフェスにより、特定のパルス幅の信号のみを通過することが可能なシステムが提案されており、OFDM信号のシンボル周期に応じてメタサーフェスで分別が可能であることが示されている<sup>206)</sup>。また、周期構造を持つグラウンドを用いてパッチアンテナの特性改善を図るアンテナが報告されている<sup>174)</sup>。

アンテナと回路素子との組合せで新しい機能を持たせたアンテナの報告がいくつかなされている。マジックT回路と複数のアンテナ素子を組合せた複数給電平面アレーアン

テナについて、試作アンテナによる特性評価結果<sup>168)</sup>が報告されている。偏波共用アンテナへの応用<sup>169)</sup>や給電信号の入力振幅比による指向性制御<sup>181)</sup>が可能であることが示されている。

ダイオードによる二重平衡乗算器とマイクロストリップアンテナの組合せにより、垂直・水平直線偏波、右旋・左旋円偏波を切替えることが可能なアンテナが報告されている<sup>175)</sup><sup>185)</sup>。また、ガン発振器とアンテナを一体化したアクティブアンテナの研究が行われており、偏波切替え機能や多素子化による交差偏波識別度改善が報告されている<sup>190)</sup><sup>191)</sup>。フェーズドアレイレーダの小型化や低コスト化のため、複数の発振器を移送可変結合回路で同期させる正帰還Push-Push型発振器アレーの研究が行われており、安定して位相制御が可能となることが報告されている<sup>167)</sup>。

アンテナを効率的に動作させるためには、アンテナと送受信機とのインピーダンス整合が重要である。小型中波アンテナのインピーダンス整合の設計手法とインピーダンス測定手法が紹介されている<sup>178)</sup>。安定性を向上させた負性インピーダンス変換回路を用いて小型アンテナの広帯域化する方法が提案されている<sup>184)</sup>。

テレビ放送波などの環境電磁波からセンサなどを動作させるための電力を取出すエナジーハーベスティングが注目されている。ここでは、UHF帯テレビ放送波から電力を取出すレクテナの設計例が報告されている<sup>186)</sup><sup>195)</sup>。また、同様の用途として、2.45 GHz帯で逆L型アンテナを用いて高効率無線電力伝送を実現するシステムの設計例が示されている<sup>182)</sup>。

#### 4.7 電波伝搬と計算機シミュレーション

計算機シミュレータにより電波伝搬や放射特性を解析、評価する研究が報告されている。

まず、無線LANに代表される屋内無線通信の伝搬路特性を計算機シミュレーションにより推定する手法が報告されている。ここでは、オフィス環境での伝搬環境の実測結果と計算機シミュレーション結果を比較し、シミュレーション結果の妥当性が示されている<sup>196)</sup>。さらに、無線LANアクセスポイントの配置を検討する場合、フロア内の伝搬特性だけでなく、フロア間の伝搬特性を明らかにする必要がある。そこで、計算機シミュレーションモデルを拡張して、フロア間伝搬特性の評価を行った結果が報告されている<sup>197)</sup>。また、より詳細に伝搬路特性を推定するため、電磁界シミュレーション手法として知られているFDTD (Finite-Difference Time-Domain) 法を用いた手法が示されている<sup>198)</sup>。

UHFテレビ周波数においては、大地反射波と直接波の干渉により、アンテナ高さによる受信レベルの変動が生じることが知られている。この変動のパターンを理論解析および実測により示し、さらに、高さによる変動が生じないように高さの異なる2アンテナの受信信号を合成する手法が

有効であることが提案された<sup>176)</sup>。また、エリアワンセグ放送波を用いて屋外から屋内に侵入する電波の伝搬特性の観測結果が評価し、建物への入射角が室内での受信レベルに影響を与えることが報告されている<sup>199)</sup>。

自動二輪車に実装されたVHF帯送信機からの放射パターンをFDTD法で評価した例が報告されている<sup>204)</sup>。また、マイクロストリップラインからの電磁波放射をモーメント法による電磁界シミュレーションし、アニメーションにより表示した例が報告されている<sup>202)</sup>。

別の例として、CIP (Constrained Interpolation Profile) 法と呼ばれる電磁界シミュレーション手法をJavaで実装し、複雑な媒質設定が簡単にできるシミュレータの開発が報告されている<sup>201)</sup>。

計算機シミュレータを用いて人体への電磁波エネルギーの吸収量の評価が行われている。VHFトランシーバを用いた場合のSAR (Specific Absorption Rate) の評価<sup>200)</sup>やスマートフォンの使用を仮定した場合の人体の影響評価<sup>203)</sup>が報告されている。

## 5. むすび

放送技術は、2018年の4K・8K実用放送と2020年東京五輪という大きな節目に向けて数多くの研究開発が進められている。特に東京五輪は日本の放送技術を世界にアピールする絶好の機会であるので、こぞって新技術導入を目指すと考えられる。多様なニーズに応えるチャンスでもある。今回振り返った研究の中にもスポーツ選手やコーチが運用することを想定されたものがあった。通信との連携もさらに加速するものだと考えられる。ただし、その研究開発は五輪のためだけの一過性のものではなく、継続的なものでなくてはならない。競技施設同様に、その研究開発がレガシーとして、その後の放送技術の発展に繋がるものであることを忘れずに研究開発に取組まなくてはならないと考える。

(2017年6月5日受付)

## [文 献]

- 1) 小泉ほか：“放送衛星を用いた32APSK信号の伝送実験”，映情学技報，39，47，pp.7-10 (Dec. 2015)
- 2) 長坂ほか：“超高精細度テレビジョン衛星放送のサービス時間率に関する検討”，映情学技報，40，14，pp.21-24 (Mar. 2016)
- 3) 成清ほか：“空間分割多重MIMO伝送方式の野外移動受信実験～ISDB-Tの移動受信特性との比較～”，映情学技報，39，47，pp.11-14 (Dec. 2015)
- 4) 袴田ほか：“複数搬送波伝送方式による大容量ケーブルテレビ伝送の実証実験”，映情学技報，39，28，pp.9-12 (July 2015)
- 5) 宮坂ほか：“次世代地上放送における誤り訂正符号用ポイントの検討”，映情学技報，39，38，pp.1-4 (Oct. 2015)
- 6) 原田ほか：“Wi-Fiを用いた8K映像の屋内再送信における品質評価”，映情学技報，39，47，pp.135-140 (Dec. 2015)
- 7) 大矢ほか：“イベント会場でのエリア限定サイマル放送の試み”，映情学技報，39，20，pp.1-4 (June 2015)
- 8) 小野ほか：“日本の現行地デジ方式ISDB-T規格内での4K放送の実現に向けた3実験”，映情学技報，41，6，pp.49-54 (Feb. 2017)
- 9) 本田ほか：“地上デジタル放送波を応用した航空機監視システム”，

- 映情学技報, 41, 1, pp.81-84 (Jan. 2017)
- 10) 乗松ほか: “大電力FM完全同期放送網の構築”, 映情学技報, 39, 41, pp.49-52 (Nov. 2015)
  - 11) 松尾ほか: “視覚系の積分効果を考慮した時空間コントラスト補正によるデジタルシネマ映像のフレームレート変換”, 映情学技報, 40, 45, pp.109-114 (Dec. 2016)
  - 12) 亀田ほか: “画素毎の動き推定に基づく時間外挿フレームを用いた複数参照フレーム動き補償予測”, 映情学技報, 40, 45, pp.81-85 (Dec. 2016)
  - 13) 田畑ほか: “高品質HDR動画生成のための多重時間解像度撮像・処理方式”, 映情学技報, 39, 47, pp.93-97 (Dec. 2015)
  - 14) 藤田ほか: “高効率デノイズングのための乱択冗長DCT”, 映情学技報, 39, 47, pp.39-44 (Dec. 2015)
  - 15) 中村ほか: “DCTデノイズングのAAN実装による乗算回数の最小化”, 映情学技報, 40, 45, pp.21-25 (Dec. 2016)
  - 16) 川本ほか: “IPパケットを用いた映像信号伝送のバースト消失耐性を向上させる誤り訂正方法の検討”, 映情学技報, 39, 38, pp.5-8 (Oct. 2015)
  - 17) 藤田ほか: “光線空間の直線構造に着目したshearletによるグループスパースコーディング”, 映情学技報, 40, 45, pp.75-80 (Dec. 2016)
  - 18) 坂東ほか: “最適性を保証したrate-constraint型量子化器設計の計算量低減に関する基礎検討”, 映情学技報, 39, 47, pp.105-110 (Dec. 2015)
  - 19) 安田ほか: “Harmonic/Percussive Sound Separationを前処理とした和音認識の性能調査”, 映情学技報, 39, 47, pp.147-152 (Dec. 2015)
  - 20) 浅井: “[特別招待講演] マルチメディア符号化技術の標準化動向〜ISO/IEC JTC 1/SC 29の活動から〜”, 映情学技報, 40, 45, 予稿なし (Dec. 2016)
  - 21) 市ヶ谷ほか: “8K SHVコンテンツのHEVC並列符号化における符号化品質の検証”, 映情学技報, 39, 28, pp.17-20 (July 2015)
  - 22) 五十嵐ほか: “HEVCにおける変換量子化のGPU向け並列処理手法”, 映情学技報, 39, 47, pp.87-92 (Dec. 2015)
  - 23) 石川ほか: “映像切替方法が符号化処理に与える一考察〜動きベクトル検出の精度向上法”, 映情学技報, 40, 14, pp.37-40 (Mar. 2016)
  - 24) 杉山: “超高精細(4K/8K)映像の高臨場感視に適した符号化制御”, 映情学技報, 40, 35, pp.17-20 (Oct. 2016)
  - 25) 山田: “従来色域コンテンツのBT. 2020色域への拡張”, 映情学技報, 40, 17, pp.1-4 (June 2016)
  - 26) 菅野ほか: “ヒストグラムパッキングを用いたHDR画像二階層符号化の改善”, 映情学技報, 39, 47, pp.99-104 (Dec. 2015)
  - 27) 田嶋ほか: “可変ブロックサイズ適応予測を用いたRGBカラー動画像の可逆符号化”, 映情学技報, 39, 47, pp.39-44 (Dec. 2015)
  - 28) 本間ほか: “淡色化フレームシーケンシャルからRGB映像への変換処理”, 映情学技報, 41, 6, pp.9-12 (Feb. 2017)
  - 29) Gaikwadほか: “Scalable and Cost-effective Live Video Encoding and Delivery in Cloud”, 映情学技報, 39, 20, pp.13-16 (May 2015)
  - 30) 川本ほか: “バースト消失耐性に優れた消失訂正符号の再生映像クロック検証”, 映情学技報, 40, 30, pp.1-4 (Sep. 2016)
  - 31) 川本: “[記念講演] 番組制作向け映像素材信号のIP伝送に適用するバースト消失耐性に優れた消失訂正符号の開発”, 映情学技報, 41, 6, pp.55-59 (Feb. 2017)
  - 32) 斎藤: “特別講演: 4K・8K衛星放送伝送方式ISDB-S3の運用規定”, 映情学技報, 40, 45, pp.47-52 (Dec. 2016)
  - 33) 倉掛: “特別講演: 4K・8Kケーブルテレビ伝送技術の標準化動向”, 映情学技報, 39, 41, pp.37-42 (Nov. 2015)
  - 34) 倉掛: “特別招待講演: 4K・8Kスーパーハイビジョンの有線伝送技術”, 映情学技報, 40, 45, pp.53-58 (Dec. 2016)
  - 35) 増原: “特別講演: スーパーハイビジョン試験放送の最新動向”, 映情学技報, 40, 237, pp.29-34 (July 2016)
  - 36) 境田: “8Kスーパーハイビジョン放送実現に向けた映像符号化技術の研究と装置開発”, 映情学技報, 40, 35, pp.9-12 (Oct. 2016)
  - 37) 中島: “HEVCリアルタイム符号化LSIによる8Kエンコーダの開発”, 映情学技報, 40, 35, pp.13-16 (Oct. 2016)
  - 38) 白井ほか: “8Kスーパーハイビジョン用デモザイキング装置の開発”, 映情学技報, 39, 8, pp.33-36 (July 2015)
  - 39) 大竹: “招待講演: 放送用撮像デバイスの研究開発”, 映情学技報, 40, 45, pp.45 (Dec. 2016)
  - 40) 山村ほか: “8K放送に向けたスクランブル装置の開発”, 映情学技報, 39, 8, pp.13-16 (July 2015)
  - 41) 添野ほか: “4K・8K番組制作におけるフレーム周波数120Hz対応タイムコードの伝送方式”, 映情学技報, 40, 17, pp.5-8 (June 2016)
  - 42) 添野ほか: “U-SDI信号解析機能を有する8K波形モニタの開発”, 映情学技報, 40, 14, pp.1-4 (Mar. 2016)
  - 43) 笹山ほか: “4K・8K時代のテレビのユーザインタフェース”, 映情学技報, 41, 6, pp.1-4 (Feb. 2017)
  - 44) 大西ほか: “ハイブリッドキャスト用MPEG-DASHプレーヤを用いた放送通信同期システムの試作”, 映情学技報, 40, 14, pp.13-16 (2016)
  - 45) 田中ほか: “通信ジッタを考慮した同時受信型プッシュ配信制御方式の配信時刻再調整手法”, 映情学技報, 39, 28, pp.5-8 (2016)
  - 46) 伊藤ほか: “Hybridcastを用いたMPEG-DASH方式によるHD放送映像と4K配信映像のサイマル視聴番組の一手法”, 映情学技報, 40, 14, pp.17-20 (2016)
  - 47) 大槻ほか: “絶対時刻指定のHTTPアクセスを可能とする蓄積フォーマットの検討”, 映情学技報, 40, 45, pp.10-16 (2016)
  - 48) 鈴木ほか: “IPDCライブストリーミング配信システムの低遅延化とスタジオでの実証実験への適用”, 映情学技報, 41, 11, pp.25-28 (2017)
  - 49) 遠藤ほか: “メディア統合プラットフォーム有効性検証のための放送と通信の受信品質測定実験”, 映情学技報, 40, 45, pp.17-20 (2016)
  - 50) 本間: “TVerサービスの概要”, 映情学技報, 40, 35, pp.21-25 (2016)
  - 51) 石津ほか: “Energy-Efficient Video Streaming over Named Data Networking using Interest Aggregation and Playout Buffer Control”, 映情学技報, 39, 47, pp.111-116 (2015)
  - 52) 青木ほか: “Energy Consumption Evaluation of ICN Toward Power-Saving Video Delivery”, 映情学技報, 39, 47, pp.117-122 (2015)
  - 53) 広瀬ほか: “ICNにおけるビデオストリーミングのネットワーク全体および端末の省エネ制御について”, 映情学技報, 39, 47, pp.123-128 (2015)
  - 54) 竹中ほか: “映像配信における高スループットと省電力を実現するスマート経路ナビゲーションの特性評価”, 映情学技報, 39, 47, pp.129-134 (2015)
  - 55) 原田ほか: “MPEG-DASHを用いた8K放送番組再送信プラットフォームにおける映像配信品質特性評価”, 映情学技報, 40, 45, pp.33-38 (2016)
  - 56) Qiほか: “QoE-aware Video Streaming Transmission Optimization Method for Joint Bit Rate and Playout Threshold Control”, 映情学技報, 41, 6, pp.5-8 (2017)
  - 57) 大矢ほか: “[特別講演] V-Highマルチメディア放送の最新動向”, 映情学技報, 39, 20, pp.23 (June 2015)
  - 58) 大矢: “[記念講演] V-Highマルチメディア放送の技術開発”, 映情学技報, 40, 4, pp.63-66 (Feb. 2016)
  - 59) 中西: “ボランティアコンピューティングにおけるテレビ受信機の利活用に関する検討”, 映情学技報, 40, 23, pp.17-30 (July 2016)
  - 60) 花田: “[特別講演] 手術映像情報システムの現状と今後への期待”, 映情学技報, 41, 1, pp.77-80 (Jan. 2017)
  - 61) 星田ほか: “毎日放送新マスター設備の概要”, 映情学技報, 39, 47, pp.1-6 (Dec. 2015)
  - 62) 森住ほか: “V-Highマルチメディア放送共同送信リモートマスターの開発”, 映情学技報, 39, 8, pp.25-28 (July 2015)
  - 63) 石原ほか: “回線センター設備構築”, 映情学技報, 41, 1, pp.85-88 (Jan. 2017)
  - 64) 瀧口ほか: “[依頼講演] NHKにおける番組制作系ファイルベースシステムの整備”, 映情学技報, 39, 33, pp.1-4 (Sep. 2015)
  - 65) 堀淵: “[依頼講演] テレビ朝日におけるファイルベースワークフローの現状と今後に関して”, 映情学技報, 39, 33, pp.5-8 (Sep. 2015)
  - 66) 田中ほか: “[依頼講演] テレビ東京のファイル化への取組み”, 映情学技報, 39, 33, pp.9-12 (Sep. 2015)
  - 67) 森本聡: “[依頼講演] フジテレビにおけるファイルベース化の取組み”, 映情学技報, 39, 33, pp.13-14 (Sep. 2015)

- 68)久保田：“道内109ヵ所のカメラを「d」ボタンでチェック！「道カメラ」システムの開発”，映情学技報，39，8，pp.47-49 (July 2015)
- 69)小松：“「ダートフィッシュ・ソフトウェア」による特殊映像効果を用いたスキージャンプ中継”，映情学技報，39，8，pp.45-46 (July 2015)
- 70)栗山：“「[依頼講演] クロマキーカット割りシステムの開発〜クロマキースタジオでカメラの切替演出を可能に〜”，映情学技報，40，30，pp.17-18 (Sep. 2016)
- 71)小沢：“「[依頼講演] リップシンク調整支援iOSアプリ「BooLip」の開発”，映情学技報，40，30，pp.13-16 (Sep. 2016)
- 72)森本：“「[特別講演] ロードレース中継システム等の番組中継技術について”映情学技報，39，20，pp.17-22 (June 2015)
- 73)青木ほか：“「[特別講演] 1.2GHz/2.3GHz帯受信アンテナの開発”，映情学技報，40，1，pp.33-40 (Jan. 2016)
- 74)荻窪力也：“1.2/2.3GHz帯ディスクアレーアンテナの開発”，映情学技報，39，47，pp.15-18 (Dec. 2015)
- 75)居合ほか：“「[依頼講演] 双方向FPUの開発”，映情学技報，39，33，pp.15-18 (Sep. 2015)
- 76)鈴木ほか：“FPU, SNG共用受信アンテナの開発”，映情学技報，40，1，pp.65-68 (Jan. 2016)
- 77)松浦：“「[特別講演] 設計工学の視点から考える映像・通信の現場で使いやすい雲台”，映情学技報，40，30，pp.19-21 (Sep. 2016)
- 78)鴨田ほか：“マイクロ波帯スーパーハイビジョンFPU長距離伝送実験”，映情学技報，40，4，pp.45-48 (Feb. 2016)
- 79)松崎ほか：“SC-FDE方式を適用したミリ波帯伝送システムの検討〜8Kスーパーハイビジョン用ワイヤレスカメラの実現に向けて〜”，映情学技報，40，4，pp.53-56 (Feb. 2016)
- 80)伊藤ほか：“SHVワイヤレスカメラの実現に向けたMIMOシステムの伝送特性の比較”，映情学技報，40，14，pp.33-36 (Mar. 2016)
- 81)濱住：“「[特別講演] 8Kスーパーハイビジョンの番組素材無線伝送技術”，映情学技報，40，4，pp.57-61 (Feb. 2016)
- 82)市ヶ谷ほか：“HLG方式高ダイナミックレンジ映像のHEVC符号化品質の検証”，映情学技報，40，14，pp.5-8 (Mar. 2016)
- 83)岩村ほか：“Hybrid Log-Gamma方式とPerceptual Quantizer方式の符号化性能比較”，映情学技報，40，14，pp.9-12 (Mar. 2016)
- 84)五十嵐：“HDR放送の実現に向けた技術基準の策定”，映情学技報，40，17，pp.9-12 (June 2016)
- 85)林ほか：“4K/HDR普及に向けたソニーの取組みのご紹介”，映情学技報，40，17，pp.13-16 (Jun 2016)
- 86)今井：“HDRによるライブ制作と衛星による伝送の検討〜Hybrid Log GammaでのHDR映像の検討〜”，映情学技報，40，17，pp.25-27 (June 2016)
- 87)甲斐：“HDR映像による番組制作検証”，映情学技報，40，17，pp.17-20 (June 2016)
- 88)宮坂ほか：“放送現場におけるHDR制作〜4K, 8Kコンテンツ制作を通して〜”，映情学技報，40，17，pp.29-32 (June 2016)
- 89)金村：“8KHDRで映像制作をやってみた!〜現実世界に限りなく近い映像の再現を目指して〜”，映情学技報，40，17，pp.21-23 (June 2016)
- 90)小出ほか：“8K HDRライブ制作〜映像制作システムの構築と試行〜”，映情学技報，40，23，pp.21-24 (July 2016)
- 91)船津ほか：“ハイブリッド・ログ・ガンマ方式を適用した8K・HDRカメラ”，映情学技報，40，23，pp.25-28 (July 2016)
- 92)内野ほか：“ISDB-Tフルセグメントサービスの協調受信”，映情学技報，39，28，pp.28-31 (July 2015)
- 93)宮坂ほか：“次世代地上放送における誤り訂正符号用ポインタの検討”，映情学技報，39，38，pp.1-4 (Oct. 2015)
- 94)成清ほか：“空間分割多重MIMO伝送方式の野外移動受信実験〜ISDB-Tの移動受信特性との比較〜”，映情学技報，39，47，pp.11-14 (Dec. 2015)
- 95)本田ほか：“ISDB-Tパッシブ測位における固定物体抑圧の実験結果”，映情学技報，40，1，pp.61-64 (Jan. 2016)
- 96)安井ほか：“OFDMシステムにおけるインパルス雑音の影響軽減法”，映情学技報，40，4，pp.1-4 (Feb. 2016)
- 97)Paderna et al.: "Compressed Sensing based Channel Impulse Response Estimation for Space Time Block Coding Single Frequency Network in DTV System", 映情学技報，40，4，pp.21-24 (Feb. 2016)
- 98)Ferdian et al.: "Compressed Sensing Based Channel Estimation in ISDB-T System without Cyclic Prefix", 映情学技報，40，4，pp.29-32 (Feb. 2016)
- 99)大矢：“V-Highマルチメディア放送の技術開発”，映情学技報，40，4，pp.63-66 (Feb. 2016)
- 100)太田：“地上デジタル放送信号を利用した多地点計測における空間伝搬変動の精密解析技術の検討”，映情学技報，40，14，pp.25-28 (Mar. 2016)
- 101)佐藤ほか：“地上放送でのマルチパス環境におけるLDPC符号化OFDMの伝送特性”，映情学技報，40，23，pp.1-4 (July 2016)
- 102)内野ほか：“ISDB-Tフルセグメントサービスの協調受信におけるキャリア選択手法”，映情学技報，40，23，pp.35-38 (July 2016)
- 103)Paderna et al.: "Time Domain Compressed Sensing based Channel Estimation in Fast Fading Channel with Fractional Delay", 映情学技報，40，35，pp.5-8 (Oct. 2016)
- 104)千葉ほか：“端末連携システムの実験に向けた427MHz市街地受信強度測定”，映情学技報，40，45，pp.1-4 (Dec. 2016)
- 105)広中ほか：“屋内におけるワンセグ放送波の測定”，映情学技報，41，1，pp.37-40 (Jan. 2017)
- 106)本田ほか：“地上デジタル放送波を応用した航空機監視システム”，映情学技報，41，1，pp.81-84 (Jan. 2017)
- 107)沢井ほか：“地上デジタル放送波を用いた周波数・時刻分配に関する研究”，映情学技報，41，6，pp.13-16 (Feb. 2017)
- 108)太田：“地上デジタル放送信号を利用した伝搬変動の精密計測の検討”，映情学技報，41，11，pp.21-24 (Mar. 2017)
- 109)亀井ほか：“21GHz帯放送衛星搭載用広帯域出力フィルタの開発”，映情学技報，39，28，pp.21-24 (July 2015)
- 110)長坂ほか：“衛星放送用右・左旋円偏波共用受信アンテナの試作”，映情学技報，39，28，pp.37-40 (July 2015)
- 111)長坂ほか：“高度広帯域衛星デジタル放送受信用光受信機の特性評価”，映情学技報，39，41，pp.53-58 (Nov. 2015)
- 112)小泉ほか：“放送衛星を用いた32APSK信号の伝送実験”，映情学技報，39，47，pp.7-10 (Dec. 2015)
- 113)前田ほか：“時間変動する衛星回線の品質模擬に対するns-3の適用可能性の検討”，映情学技報，40，1，pp.57-60 (Jan. 2016)
- 114)長坂：“高度広帯域衛星デジタル放送のための受信アンテナ・宅内配信機器の研究開発”，映情学技報，40，4，pp.67-72 (Feb. 2016)
- 115)長坂ほか：“衛星放送受信用同軸ケーブルのシールド特性評価”，映情学技報，40，30，pp.9-12 (Sep. 2016)
- 116)長坂ほか：“超高精度テレビジョン衛星放送受信用宅内配信機器の特性評価”，映情学技報，40，38，pp.31-36 (Nov. 2016)
- 117)中川ほか：“SC-FDE方式の42GHz帯室内実験”，映情学技報，39，20，pp.5-8 (June 2015)
- 118)荻窪：“1.2/2.3GHz帯ディスクアレーアンテナの開発”，映情学技報，39，47，pp.15-18 (Dec. 2015)
- 119)青木ほか：“1.2GHz/2.3GHz帯受信アンテナの開発”，映情学技報，40，1，pp.33-40 (Jan. 2016)
- 120)鈴木ほか：“FPU, SNG共用受信アンテナの開発”，映情学技報，40，1，pp.65-68 (Jan. 2016)
- 121)鴨田ほか：“マイクロ波帯スーパーハイビジョンFPU長距離伝送実験”，映情学技報，40，4，pp.45-48 (Feb. 2016)
- 122)伊藤ほか：“ブロックQR分解を用いた演算量削減型4×4 MIMO-MLD復調器の試作”，映情学技報，40，4，pp.49-52 (Feb. 2016)
- 123)松崎ほか：“SC-FDE方式を適用したミリ波帯伝送システムの検討〜8Kスーパーハイビジョン用ワイヤレスカメラの実現に向けて〜”，映情学技報，40，4，BCT2016-30，pp.53-56 (Feb. 2016)
- 124)濱住：“8Kスーパーハイビジョンの番組素材無線伝送技術”，映情学技報，40，4，BCT2016-31，pp.57-61 (Feb. 2016)
- 125)伊藤ほか：“SHVワイヤレスカメラの実現に向けたMIMOシステムの伝送特性の比較”，映情学技報，40，14，BCT2016-42，pp.33-36 (Mar. 2016)
- 126)津持ほか：“OFDM信号のPAPR低減技術による42GHz帯電力増幅器の非線形歪みに対する伝送特性の改善”，映情学技報，40，14，pp.41-44 (Mar. 2016)
- 127)津持ほか：“42GHz帯FPUにおける広帯域MIMO-OFDM変復調器

- の開発”, 映情学技報, 40, 23, pp.47-50 (July 2016)
- 128) 伊藤ほか: “次世代移動中継用FPUに向けた適応送信制御MIMOシステムの検討”, 映情学技報, 41, 11, pp.13-16 (Mar. 2017)
- 129) 小田ほか: “LED可視光通信による放送波屋内伝送技術”, 映情学技報, 39, 28, pp.1-4 (July 2015)
- 130) 岡田ほか: “デジタルサイネージを用いた可視光イメージセンサ通信”, 映情学技報, 39, 38, pp.21-24 (Oct. 2015)
- 131) 中島ほか: “球面上で用いるメカニカル制御による光追尾受信モジュールの試作”, 映情学技報, 39, 41, pp.43-48 (Nov. 2015)
- 132) 西保ほか: “RoFを用いた次世代地上デジタル放送波の光中継に関する検討”, 映情学技報, 40, 4, pp.37-40 (Feb. 2016)
- 133) 福岡ほか: “独立成分分析を用いたOFDMA-PONにおける偏波回転補償”, 映情学技報, 41, 6, pp.29-32 (Feb. 2017)
- 134) 吉田ほか: “超多値変調OFDM信号のRoFを用いた光中継に関する検討”, 映情学技報, 41, 6, pp.33-36 (Feb. 2017)
- 135) 大槻ほか: “マルチキャリア重畳伝送”, 映情学技報, 39, 20, pp.9-12 (June 2015)
- 136) 梅原: “端末共同干渉キャンセルのための受信フレーム共有プロトコルについて”, 映情学技報, 39, 38, pp.9-12 (Oct. 2015)
- 137) 松崎ほか: “SC-FDE方式のミリ波帯広帯域伝送システムに関する一検討”, 映情学技報, 39, 38, pp.13-16 (Oct. 2015)
- 138) 西尾ほか: “RGB-Dカメラを用いたミリ波通信環境予測に基づくプロアクティブ通信制御の研究”, 映情学技報, 39, 38, pp.17-20 (Oct. 2015)
- 139) 池上: “新しいステージに向かう海洋温度差発電の現状と挑戦～安定的な再生可能エネルギーの役割を目指して～”, 映情学技報, 40, 1, pp.41-44 (Jan. 2016)
- 140) Zhao et. al: "Field Experiment on User Collaboration for MIMO Systems", 映情学技報, 40, 4, pp.13-16 (Feb. 2016)
- 141) Shubhi et. al: "An Antenna Selection Scheme for QRM-MLD Receivers Based on Error Rate Minimization", 映情学技報, 40, 4, pp.17-20 (Feb. 2016)
- 142) Panahi et. al: "A Centralized Interference Alignment (IA) Design for Multi-User MIMO Interference Channels", 映情学技報, 40, 4, pp.33-36 (Feb. 2016)
- 143) 大坪ほか: “移動受信環境下における偏波MIMO-超多値OFDMの特性改善に関する研究”, 映情学技報, 40, 4, pp.41-44 (Feb. 2016)
- 144) 伊藤ほか: “ブロックQR分解を用いた演算量削減型4×4 MIMO-MLD復調器の試作”, 映情学技報, 40, 4, pp.49-52 (Feb. 2016)
- 145) 宮坂ほか: “位相ホッピングを適用した拡散MIMO-OFDM伝送方式の検討”, 映情学技報, 40, 14, pp.29-32 (Mar. 2016)
- 146) 川本ほか: “バースト消失耐性に優れた消失訂正符号の検討～インタリーブ構成との性能比較～”, 映情学技報, 40, 23, pp.5-8 (July 2016)
- 147) 菅沼ほか: “ネットワークMIMO-OFDMにおけるシンボル間干渉抑圧に関する検討”, 映情学技報, 40, 23, pp.39-42 (July 2016)
- 148) Chang et. al: "User Scheduling for Millimeter Wave MU-MIMO in Small Conference Room –Evaluation with 3-sector Access Point Model and Proportional Fairness", 映情学技報, 40, 23, pp.43-46 (July 2016)
- 149) 西村ほか: “矩形FD-MIMOにおける屋内環境の違いに対するSINR特性の評価”, 映情学技報, 40, 23, pp.51-54 (July 2016)
- 150) 田野ほか: “拡張回転行列の適応選択を行う仮想伝搬路を適用した過負荷MIMO受信機”, 映情学技報, 40, 23, pp.55-58 (July 2016)
- 151) 宮坂ほか: “次世代地上放送に向けた移動受信用SPパターンの一検討”, 映情学技報, 40, 30, pp.5-8 (Sep. 2016)
- 152) 岡田ほか: “地上デジタルTV放送におけるLDM方式の適用に関する一考察”, 映情学技報, 40, 35, pp.1-4 (Oct. 2016)
- 153) 佐藤ほか: “次世代地上放送に向けた暫定仕様に基づく伝送方式のマルチパス特性評価～室内実験によるISDB-Tとの比較～”, 映情学技報, 40, 45, pp.5-9 (Dec. 2016)
- 154) 南ほか: “端末共同受信信号処理における適応的信号選択に関する一検討”, 映情学技報, 41, 6, pp.25-28 (Feb. 2017)
- 155) Zeyu et. al: "Throughput Measurement of 2-by-2 LCX-MIMO System over Linear Corridor Environment", 映情学技報, 41, 6, pp.37-40 (Feb. 2017)
- 156) 大坪ほか: “NU-QAMを用いた偏波MIMO-超多値OFDMの移動受信特性の評価”, 映情学技報, 41, 6, pp.41-44 (Feb. 2017)
- 157) 佐藤ほか: “次世代地上放送に向けたLDMの適用に関する一検討”, 映情学技報, 41, 6, pp.45-48 (Feb. 2017)
- 158) 宮坂: “次世代地上放送の暫定仕様における移動受信特性と誤り訂正符号ブロックの伝送方法に関する検討”, 映情学技報, 41, 6, pp.61-66 (Feb. 2017)
- 159) 小原ほか: “パーティクルフィルタを用いた降雨予測システムの検討”, 映情学技報, 41, 11, pp.9-12 (Mar. 2017)
- 160) 宮坂ほか: “次世代地上放送の暫定仕様に向けた部分受信帯域インタリーブの一検討”, 映情学技報, 41, 11, pp.29-32 (Mar. 2017)
- 161) 岡田: “衛星通信におけるキャリア重畳伝送方式～LDMの実現に向けて～”, 映情学技報, 41, 11, pp.33-36 (Mar. 2017)
- 162) Paderna et. al: "Space-Time Block Coding in a Single Frequency Network with partial Layered Division Multiplexing for DTV Terrestrial System", 映情学技報, 41, 11, pp.37-40 (Mar. 2017)
- 163) 大内ほか: “ATSC 3.0規格のLDM方式に関する理論解析とシミュレーション評価”, 映情学技報, 41, 11, pp.41-44 (Mar. 2017)
- 164) 布施ほか: “次世代地上波放送のためのLDM-BST-OFDM伝送方式”, 映情学技報, 41, 11, pp.45-48 (Mar. 2017)
- 165) 山口ほか: “時間応答からのアンテナの動作原理の検討”, 映情学技報, 40, 1, pp.1-4 (Jan. 2016)
- 166) 山口ほか: “不平衡給電逆L素子から成る4×4 MIMOアンテナ”, 映情学技報, 40, 1, pp.5-8 (Jan. 2016)
- 167) 梅崎ほか: “注入同期構成を用いた3素子正帰還形Push-Push発振器アレーの実験的評価”, 映情学技報, 40, 1, pp.9-12 (Jan. 2016)
- 168) 田中ほか: “スロットT分岐型マジックTを用いた2給電平面アレーアンテナの基本検討”, 映情学技報, 40, 1, pp.13-16 (Jan. 2016)
- 169) 末長ほか: “Magic-T回路を用いた偏波共用L形マイクロストリップアレーアンテナの基礎検討”, 映情学技報, 40, 1, pp.17-20 (Jan. 2016)
- 170) 山口ほか: “誘電体基板に製作した不平衡給電逆Lアンテナ”, 映情学技報, 40, 1, pp.21-24 (Jan. 2016)
- 171) 古賀ほか: “非破壊検査用センサアンテナの高Q値化”, 映情学技報, 40, 1, pp.25-28 (Jan. 2016)
- 172) 田栗ほか: “反射板付き広帯域プリント基板型逆Fアンテナ”, 映情学技報, 40, 1, pp.29-32 (Jan. 2016)
- 173) 山口ほか: “単方向性の放射特性を有する900MHz帯RFID端末用円偏波アンテナ”, 映情学技報, 40, 1, pp.45-48 (Jan. 2016)
- 174) 阿斐ほか: “人工グランド構造を用いた広帯域円偏波パッチアンテナのゲイン特性改善”, 映情学技報, 40, 1, pp.49-52 (Jan. 2016)
- 175) 伊野ほか: “二重平衡型乗算器を用いた偏波切替機能を有する平面アンテナの基礎検討”, 映情学技報, 40, 1, pp.53-56 (Jan. 2016)
- 176) 今村ほか: “受信ハイトパターン吸収スタックアンテナの開発”, 映情学技報, 40, 23, pp.9-12 (July 2016)
- 177) 平林ほか: “アンテナシェアリングダイバーシチシステムの開発”, 映情学技報, 40, 23, pp.13-16 (July 2016)
- 178) 若井: “中波アンテナとインピーダンス整合の変遷”, 映情学技報, 40, 38, pp.37-42 (Nov. 2016)
- 179) 和田ほか: “プリント基板型逆Fアンテナを用いた乳がん検出システム”, 映情学技報, 41, 1, pp.9-12 (Jan. 2017)
- 180) 山口ほか: “薄型の高利得地上波テレビ放送受信アンテナの基礎検討”, 映情学技報, 41, 1, pp.13-16 (Jan. 2017)
- 181) 田中ほか: “入力振幅比制御指向性可変アンテナの給電位相誤差に対する特性変動の検討”, 映情学技報, 41, 1, pp.17-20 (Jan. 2017)
- 182) 山口ほか: “コプレーナ線路で構成した不平衡給電逆Lアンテナを用いる無線電力伝送システム”, 映情学技報, 41, 1, pp.21-24 (Jan. 2017)
- 183) 山口ほか: “オフセット給電のコプレーナ線路を組込んだ平面ダイポールアンテナの解析”, 映情学技報, 41, 1, pp.25-28 (Jan. 2017)
- 184) 江口ほか: “負性インピーダンス変換回路の安定性向上および小形アンテナの帯域幅改善に関する検討”, 映情学技報, 41, 1, pp.29-32 (Jan. 2017)
- 185) 伊野ほか: “二重平衡型乗算器と複合した円偏波マイクロストリップアンテナの非線形特性に関する検討”, 映情学技報, 41, 1, pp.33-36 (Jan. 2017)

- 186) 田口ほか：“テレビ放送波を受信するレクテナ”，映情学技報，41，1，pp.41-44 (Jan. 2017)
- 187) 鶴岡ほか：“無線センサネットワーク用円偏波小型マイクロストリップアンテナ”，映情学技報，41，1，pp.49-52 (Jan. 2017)
- 188) 久富ほか：“反射板付広帯域プリント基板型モノポールアンテナ”，映情学技報，41，1，pp.53-56 (Jan. 2017)
- 189) 今泉ほか：“ループ素子を用いた垂直偏波かつ双指向性を有する低姿勢アンテナ”，映情学技報，41，1，pp.57-60 (Jan. 2017)
- 190) 古川ほか：“偏波切替え機能を有するガン発振器一体型リングスロットアクティブアンテナの実験評価”，映情学技報，41，1，pp.61-64 (Jan. 2017)
- 191) 後田ほか：“多素子化によるガン発振器一体型アクティブアレーアンテナの特性改善”，映情学技報，41，1，pp.65-68 (Jan. 2017)
- 192) 古谷ほか：“偏波変換メタサーフェスを有する広帯域円偏波リフレクトアレーアンテナ”，映情学技報，41，1，pp.69-72 (Jan. 2017)
- 193) 尾上ほか：“円偏波用プリント基板型逆Fアンテナに関する研究”，映情学技報，41，1，pp.73-76 (Jan. 2017)
- 194) 真鳥ほか：“電波型腹腔鏡アンテナシステムの基礎検討”，映情学技報，41，11，pp.1-4 (Mar. 2017)
- 195) 三池ほか：“TV波用レクテナの設計に関する基礎検討”，映情学技報，41，11，pp.5-8 (Mar. 2017)
- 196) 京谷ほか：“オフィス環境における隣接フロア間屋内電波伝搬損失の考察”，映情学技報，39，28，pp.41-44 (July 2015)
- 197) 京谷ほか：“無線LANシステムのオフィス環境複数フロア間での伝搬損失および伝搬チャネルに関する検討”，映情学技報，40，4，pp.25-28 (Feb. 2016)
- 198) 鈴木ほか：“屋内伝搬特性推定精度とオフィス環境数値モデルの関係”，映情学技報，41，1，pp.5-8 (Jan. 2017)
- 199) 弘中ほか：“屋内におけるワンセグ放送波の測定”，映情学技報，41，1，pp.37-40 (Jan. 2017)
- 200) 秋山ほか：“VHF帯トランシーバによる人体電磁波エネルギー吸収量評価”，映情学技報，40，4，pp.5-8 (Feb. 2016)
- 201) 木元ほか：“CIP法に基づく2次元電磁波シミュレータの機能の追加および改良”，映情学技報，41，1，pp.1-4 (Jan. 2017)
- 202) 田口ほか：“マイクロストリップアンテナからの電磁波放射のアニメーション”，映情学技報，41，1，pp.45-48 (Jan. 2017)
- 203) 竹位ほか：“スマートフォンによる音声通話とデータ通信を想定した人体内SAR評価”，映情学技報，41，6，pp.17-20 (Feb. 2017)
- 204) 加藤ほか：“自動二輪車の乗車時における145MHz帯ホイップアンテナの電磁界解析と実測”，映情学技報，41，6，pp.21-24 (Feb. 2017)
- 205) 上野：“充電器がPLC通信に与える影響の可視化手法に関する研究”，映情学技報，41，6，pp.67-74 (Feb. 2017)
- 206) 安在ほか：“波形選択メタサーフェスを有するOFDM伝送方式に関する一検討”，映情学技報，40，4，pp.9-12 (Feb. 2016)



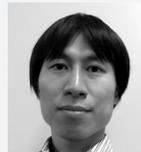
**堀田 朗** 1984年，早稲田大学理工学部応用化学科卒業。同年，全国朝日放送(株)(現(株)テレビ朝日)入社。技術局映像部にて，スポーツ中継を中心に番組制作に携わる。2012年，テイクシステムズ出向。2015年，技術局設備センター。2017年より，(株)テレビ朝日広報局所属。正会員。



**森住 俊美** 1998年，慶應義塾大学政策メディア研究科修士課程修了。同年，日本電信電話(株)入社。ブロードバンドネットワークを用いた応用アプリケーション研究実用化およびISDB-Tmm方式の基本技術の実用化に従事。2010年～2015年，(株)mmbi技術統括部。現在，NTTサービスエボリューション研究所主任研究員。正会員。



**村田 英一** 1991年，京都大学工学部電子工学科卒業。1993年，同大学大学院修士課程修了。同年，同大学助手。2002年，東京工業大学助教授を経て，現在，京都大学大学院情報科学研究科准教授。正会員。



**大西 正芳** 2005年，同志社大学工学部電気工学専攻修了。同年，NHK入局。長崎局，技術局を経て，2013年より，放送技術研究所に所属。以来，ハイブリッドキャストなど放送通信連携を専門に，次世代放送サービスの研究開発に関わる。現在，放送技術研究所ハイブリッド放送システム研究部所属。正会員。



**大内 幹博** 1994年，大阪大学大学院工学研究科博士前期課程修了。同年，松下電器産業(株)入社。デジタル放送の方式および受信アルゴリズムの研究に従事。現在，パナソニック(株)要素技術開発センター所属。正会員。



**杉山 賢二** 1985年，東京理科大学大学院工学研究科修士課程修了。同年，日本ビクター(株)入社。画像符号化，映像信号処理，符号化応用システムの研究開発および標準化に従事。2004年，成蹊大学教授，著書「基礎と実践画像処理入門」(コロナ社)。博士(工学)。正会員。



**湯川 純** 1993年，大阪大学大学院理学研究科博士前期課程修了。同年，三菱電機(株)入社。現在，同社先端技術総合研究所映像情報プラットフォーム技術部所属。正会員。



**西澤 伸一** 1989年，東京工業大学工学部機械物理工学科卒業。同年，(株)フジテレビジョン入社。技術局にて，送出，回線，番組制作技術を担当後，NY勤務を経て，モバイルマルチメディア放送の立上および(株)mmbiにて，NOTTV開局に携わる。現在，(株)フジテレビジョン技術局計画部(兼)(公財)東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会所属。



**柳澤 斉** 1987年，早稲田大学大学院理工学研究科博士前期課程修了。同年，NHK入局。放送技術研究所，大阪放送局を経て，2011年より，放送技術局制作技術センターにて，番組制作業務に従事。2017年より，鳥取局勤務。正会員。



**甲斐 創** 1997年，早稲田大学理工学研究科修了。同年，日本テレビ放送網(株)入社。制作技術センター映像担当として，スタジオ・中継番組制作に従事。送出部運行業務等を経て，現在，技術開発部に所属。正会員。



**春日 康志** 1982年，早稲田大学理工学部電気工学科卒業。同年，全国朝日放送(株)入社。技術局にて，送出，番組制作技術を担当。現在，(株)テレビ朝日技術局設備センターコンテンツ制作システムグループ所属。正会員。



**三木 圭輔** 1993年，東京工業大学総合理工学研究科物理情報システム専攻修士課程修了。同年，(株)東京放送入社。回線運用部に配属の後，開発局，中継技術等の業務に従事。現在，(株)TBSテレビJNN技術戦略部所属。正会員。



**岡田 実** 1992年，大阪大学大学院工学研究科博士前期課程修了。1993年，大阪大学工学部助手。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。