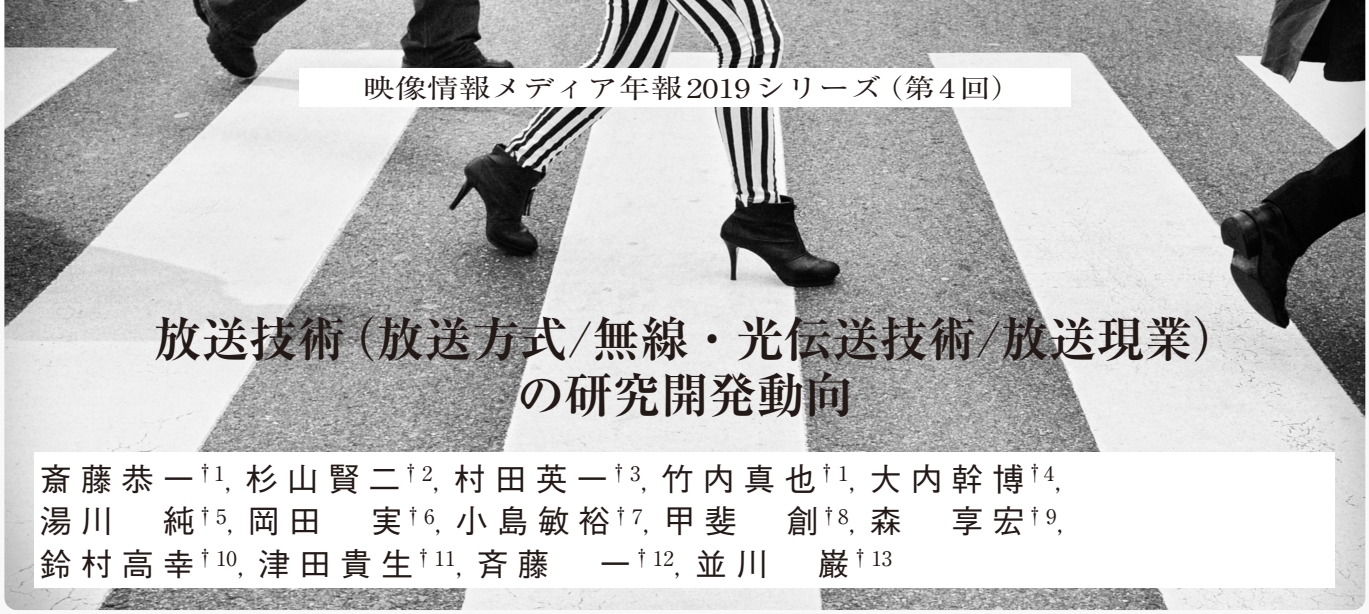

映像情報メディア年報2019シリーズ（第4回）

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

斎藤恭一[†1], 杉山賢二[†2], 村田英一[†3], 竹内真也[†1], 大内幹博[†4], 湯川　純[†5], 岡田　実[†6], 小島敏裕[†7], 甲斐　創[†8], 森　享宏[†9], 鈴村高幸[†10], 津田貴生[†11], 斉藤　一[†12], 並川　巌[†13]

1．まえがき

2018年12月，現行の2K放送よりも高精細度なテレビジョン放送である新4K8K衛星放送が，ついに開始された．新4K8K衛星放送では，IP（Internet Protocol）ベースの多重化技術であるMMT（MPEG Media Transport）が採用されているが，次世代地上デジタル放送や放送波以外の動画配信，番組制作などの分野でも，IP技術の活用や研究開発が進んでいる．放送技術研究会においても，IP技術を活用した新たなサービス展開に向けた研究開発が，特に放送方式や放送現業の分野で多数発表された．

放送方式の分野では，次世代の地上放送に向けた無線伝送技術のほか，放送と通信の連携技術やIoT（Internet of Things）デバイスとの連携技術など，IP技術を活用した新たなサービスに関する報告が多くあった．また，映像音声の符号化関連技術のほか，ライブビューイングや自由視点AR（Augmented Reality）など，新たな視聴体験を提供するシステムに関する研究が多岐にわたって発表された．

†1 NHK 放送技術研究所
†2 成蹊大学 理工学部
†3 京都大学 大学院情報学研究科
†4 パナソニック株式会社 要素技術開発センター
†5 三菱電機株式会社 先端技術総合研究所
†6 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
†7 株式会社フジテレビジョン 技術局
†8 日本テレビ放送網株式会社 技術統括局
†9 株式会社TBSテレビ 技術局
†10 株式会社テレビ朝日 技術局
†11 NHK 放送技術局
†12 株式会社テレビ東京 技術局
†13 関西テレビ放送株式会社 放送技術局

"Research Trend on Broadcasting Systems, Radio and Optical Fiber Transmission Systems and Broadcasting Facilities and Operations" by Kyoich Saito, Shinya Takeuchi (NHK, Tokyo), Kenji Sugiyama (Seikei University, Tokyo), Hidekazu Murata (Kyoto University, Kyoto), Mikihiro Ouchi (Panasonic Corp., Osaka), Jun Yukawa (Mitsubishi Electric Corp. Hyogo), Minoru Okada (Nara Institute of Science and Technology, Nara), Toshihiro Kojima (Fuji Television Network, Inc., Tokyo), Tsukuru Kai (Nippon Television Network Corp., Tokyo), Takahiro Mori (Tokyo Broadcasting System Television, Inc., Tokyo), Takayuki Suzumura (TV Asahi Corp., Tokyo), Takao Tsuda (NHK, Tokyo), Hajime Saito (TV TOKYO Corp., Tokyo) and Iwao Namikawa (Kansai Television Co. Ltd., Osaka)

無線・光伝送技術の分野では，4K8K番組の素材中継や次世代の地上放送に向けた伝送技術のほか，携帯端末の小型化や高性能化を実現するために必要なアンテナ・変復調技術に関する研究が多く報告された．また，新4K8K衛星放送の開始前ということもあり，その受信信号を宅内で配信する方式の研究やケーブルテレビおよびIPTVで再配信する技術の紹介もあった．

放送現業の分野では，フルスペック8K放送実現に向けての開発のほか，インターネットによる動画配信サービス，ドローンやIP技術を活用した新たな番組制作システムの実現など，新技術の活用や開発が急速に進んでいる．また，大規模災害時にも放送を継続するため強靭なインフラ構築を目指した事例についても，いくつかの報告があった．

本稿では，放送技術研究会における研究発表を振り返りながら，放送方式，無線・光伝送技術，放送現業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

放送方式に関しては，次世代地上デジタル放送での応用を目指した無線伝送技術についての研究発表が多かった．今までなかった新技術としては，信号強度の違いで多重化するLDM（Layered Division Multiplexing）に関する研究発表が多数あった．また，緊急警報放送関連技術やハイブリッドキャストなど放送通信連携，放送とIoTを関連付けた新しいサービスなどに関する研究報告があった．映像・音声関連技術としては，4K8K放送がすでに開始されたということもあり，符号化自体の研究報告はやや低調だったものの，ライブビューイングなどの応用システムや，放送番組と同期する自由視点ARや360度全天球画像の提供など，今までにないサービスを提供するための技術が報告された．

2.1　デジタル放送

2.1.1　地上デジタル放送高度化技術

4Kや8Kのようなスーパーハイビジョン（SHV）を地上波で効率的に伝送する地上SHV放送の研究開発が行われている．NHKにおいて進められている各種研究開発の成果と現状が報告された[1)]．要素技術としては偏波MIMO

映像情報メディア学会誌 Vol. 73, No. 4, pp. 687～701（2019）

(Multiple Input Multiple Output)，多値変調，不均一コンスタレーション，LDPC (Low Density Parity Check) 符号とBCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) 符号の連接符号，符号化SFN (Single Frequency Network) などがあり，それら技術の総合試験結果が述べられている．関連して，符号化SFNの有効性を，実測チャネルデータを用いた計算機シミュレーションによって検討した報告があった[2]．到来する2信号の強度がほぼ等しいような状況において符号化SFNが有効であることが示されている．

移動受信への対応能力改善についてもいくつか研究が行われている．TMCC (Transmission and Multiplexing Configuration Control) 信号伝送の移動速度耐性を向上させる手法として，キャリヤ方向への差動基準と巡回シフトインタリーブが提案されており，受信特性の評価結果が報告されている[3]．この方式により，移動受信環境における速度耐性が向上し，移動速度が360 km/hまでの範囲において，データ信号の伝送特性と比較して5 dB以上のマージンを確認している．また，次世代地上放送に向けた暫定仕様における部分受信帯域の受信特性が野外実験により検証されている[4]．その結果，ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting for Terrestrial) のワンセグに比べて同一伝送効率において所要受信電界強度が2.6 dB低減されることが明らかにされている．

2.1.2　次世代地上波放送関連技術

次世代を見据え，異なった観点から研究に取り組んだものが報告された．次世代地上放送を対象に，複数チャネルに跨って広帯域な信号で放送を行う広帯域地上放送システムについて，対干渉特性を改善するために逐次干渉除去と一括復調を組み合わせた復調方法の効果が報告された[5]．所望信号対干渉電力比C/I＜0 dBの領域の受信特性が改善されることが示されている．文献[6]では同一周波数において2Kと同時に4Kを放送する手法として，偏波MIMOにより水平偏波では3階層（移動受信，2K，4K）を，垂直偏波では4Kを伝送するシステムを検討し，その動作を確認している．

基礎的な検討として，これまでの64QAMから最大1024QAMまでに拡張する検討が行われている[7]．ここでは理論計算と計算機シミュレーションによって，64QAM, 256QAM, 1024QAMについてAWGNチャネルならびに単一マルチパスチャネルに置いてその誤り率特性の基礎検討と，増幅器の非線形性の影響を検討している．

2.1.3　Layered Division Multiplexing関連技術

電力差をつけた二つの異なるディジタル変調信号を加算して送信するLDMを次世代地上デジタル放送に適用する研究も行われている．文献[8]では現行2K放送への影響を最小限にしつつLDMの低電力階層に次世代4K放送を配置する手法についてサービスエリアの検討を行っている．その結果，伝送パラメータを変更することで低電力階層に配置した次世代4K放送のサービスエリアが段階的に拡大可能であることを明らかにしている．さらに次世代放送のサービスエリア拡大手法として3階層のLDMを提案している．

この3階層LDMについて詳しく検討した報告があった[9]．この手法は，高電力階層に従来の2K放送を割り当て，低電力階層に次世代4K放送を割り当て徐々に4K放送のエリアを拡大し4K放送へマイグレーションする手法をベースに，さらに低電力階層を2階層に分け，次世代2K放送とスケーラブル符号化を用いた4K差分信号を配置する手法である．この手法についてエリアや信号の同期関係についての検討結果が報告されている．また文献[10]では，STBC (Space-Time Block Code) を併用し，一部のチャネルのみにLDMを適用する方式を提案し伝送特性を検討している．

パンクチャドLDPC符号を用いたLDM-BST-OFDM (LDM-Band Segmented Transmission-Orthogonal Frequency Division Multiplex) 伝送方式の提案があった[11]．パンクチャされたビットを移動受信階層にLDMして送信する提案方式では固定受信階層の所要CN比の改善が可能である．また，パンクチャドLDPC符号を固定受信階層に用いることでLDM多重化されたシンボルを復調しない場合についても復号が可能となることが示されている．

2.1.4　緊急警報放送関連技術

緊急時に放送局が放送する緊急警報信号により，受信機の自動起動が可能となる緊急警報放送は，地震・津波などの災害に対する防災や減災を目的とし，日本国内でサービスが提供されている．この緊急警報放送において，移動体受信では受信信号の誤りにより自動起動信号を見逃すことや誤検出することがあるため，伝送路を非対称無記憶2元通信路に近似して受信特性を解析する報告があった[12]．また，緊急警報放送は途上国においてもISDB-Tの特長として注目されているうえ，緊急警報放送はアナログラジオでも提供可能であり，デジタル放送方式としてISDB-Tを採用していない国への展開が可能である．文献[13]では，アナログラジオによる緊急警報放送の，インドネシアと台湾におけるニーズ調査と，これらの国への展開に向けて伝送レートの増加についての検討が報告されている．

2.2　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モバイルネットワークに関する報告があった．

2018年10月にハイブリッドキャストの技術仕様と運用規定が改定され，携帯端末のアプリケーションから選局・受信機電源の投入が可能となる仕様が追加された．またMPEG-DASHを用いた動画配信サービスの技術要件仕様と運用規定が明確化され，この技術要件仕様に準拠したマルチデバイス向け動画視聴プレーヤ用再生制御ライブラリー“dashNX”が開発された．これらの詳細とサービス事例の検討について報告があった[14]．

次世代のモバイルネットワークである5Gは，現在標準化

が進められており，さまざまなユースケースに応じた機能要件と技術が検討されている．放送関係では，マルチユーザMIMO技術による複数カメラ映像の同時伝送や8Kリアルタイム移動伝送などの実証実験が行われており，これらについての報告があった[15]．

2.3　新しい放送サービス

急速な進化・発展を遂げているIoT関連技術と放送を連携した新たなサービス創出の取り組みが行われている．

いち早く住宅のIoT化が進められているスマートハウスに関係して，HEMS（Home Energy Management System）とその通信インタフェースであるECHONET Lite, ZEH（Net Zero Energy House）等の最新技術や標準化の動向，さらに生活を豊かにするためのIoT技術によるコントローラ開発やデータ利活用の報告があった[16]．

ハイブリッドキャストの可能性を広げあらゆるIoTデバイスとの連携を可能とする「ハイコネライブラリー（Hybridcast Connect Library）」の適用例として，テレビとスマートスピーカを連携させ，情報取得・サービス予約・商品購入等を視聴行動からシームレスに実現する研究・試作の報告があった[17]．

またハイコネライブラリーの別の適用例として，視聴者が事前にスマートフォンから申し込んだ要求に応じて，放送視聴中に視聴者ごとに異なる写真やメッセージをCMに重畳して表示する研究が報告され，試作デモの展示が行われた[18]．

受信機ごとにCM等を出し分けられる「アドレッサブルテレビ」の実現検討が報告された．映像出し分けにはハイブリッドキャストの技術が用いられ，プリキャッシュ取得方式より映像品質や安定性が確保される．さらに応用例としてスマートフォンとテレビを連携する音声参加型番組の検討も報告された[19]．

2.4　映像・音声技術

2.4.1　映像符号化・処理

映像技術では，4K8K放送の開始に伴い，4K8K映像の高能率符号化のみならず，HDTV放送のレート低減や画質改善の要求も高まっている．現在，4K8K映像の符号化方式としてはHEVCが用いられるが，標準方式に準拠した符号化効率の改善が研究されている．

その一つとして，従来固定ビットレートが常識であったFPU（Field Pickup Unit）での伝送に可変ビットレートを適用し，伝送路の状態で変化するビットレートに対応して符号化を制御する手法および試作装置が報告されている[20]．ここでバッファを大きくすると制御は容易になるが，遅延が増える．提案手法では最小限のバッファで適切に制御することで低遅延と高画質を実現している．

符号化以前の撮像段階での画質改善として，イメージセンサのカラーフィルタ配列において，Greenの割合を通常の1/2から3/4に増やし，それに対応したデモザイキング処理を行うことで，輝度信号の解像度をより高くする手法が提案されている．この場合，色差の帯域は狭くなるが，4:2:0フォーマットで行われている現状の動画像符号化にはむしろ適合したものとなる[21]．

基礎的な研究としては，高能率符号化で知られる歪みとビットレートの関係で，歪みに主観画質の要素を加えた考え方を，画像のみならず一般情報にまで広げたものが報告されている[22]．もう一つは，符号理論の分野において，代数学的手法に基づき，有向非巡回ネットワークにおける線形ネットワーク符号のアルファベットサイズの判別方法を検討している[23]．

また，低解像度画像を高画質で表示する超解像技術に対する解説があった．超解像技術により実際に改善できる程度について，理論的な解説を行いながら示し，超解像研究における効果の示し方や実用化における問題点も指摘している．非常に示唆に富んだ内容であり，画像処理研究者にはぜひ理解して頂きたいものである[24]．

2.4.2　音声符号化・処理

音声・オーディオ信号の符号化では，放送用音声信号の回線伝送用の符号化として，入力音源によりフレームごとにロスレスとロッシーを切り替えることができるCLEAR（Conditionally Lossless Encoding under Allowed Rates）方式を提案しており，さらにそれを実装したオーディオコーデックが試作されている．低遅延で高音質な音声伝送方式として広範な利用が期待される[25]．

スタジオやステージで使われる業務用ラジオマイク（ワイヤレスマイク）についての報告があった．まず初期のアナログから2000年代以降のディジタルへの変遷について紹介が行われている．さらに最新のOFDMを用いたものの開発と標準化について解説がなされ，ビットレートを保ちながら，1 ms以下の低遅延が達成されていることが示されている[26]．

また，技術と芸術の融合領域において，大学における音響技術者のための音響教育プログラムに関する講演があった．音の物理的な性質と聴感印象との対応をとるイヤートレーニング（聴能形成）について紹介があり，その効果について示されている[27]．

2.5　放送関連システム

放送関連システムでは，標準規格準拠のシステムから，ライブビューイングや新たな視聴体験を提供するシステム，さらに多様な映像コンテンツの教育効果とその利用方法の検証結果に関するものまで，幅広い報告が行われた．

映像符号化に関しては，8K120 Hzスーパーハイビジョン放送を目指した映像符号化や新たな映像符号化への取り組みについての報告があった．新たな映像符号化への取り組みとしては，将来のスーパーハイビジョン地上波放送実現に向けて，HEVC符号化装置を用いたリオ五輪における地上波伝送実験，超解像技術による4K8K映像符号化システ

ムが紹介された[28]．さらに，HEVCの次世代映像符号化技術に向けた要素技術開発の取り組みが紹介された．

ISDB-TのEWS（Emergency Warning System）に関しては，TMCC信号で伝送される自動起動信号の間欠待機受信時の自動起動を誤る確率を非対称無記憶2元通信路で表現し，その間欠待機受信機の受信特性解析結果についての報告があった[29]．

放送通信連携に関しては，欧州で実用化が始まったHbbTV（Hybrid. Broadcast Broadband Television）2.0.1と日本で広く普及しているHybridcastそれぞれのシステム上で実行可能な等価なアプリケーションを生成する手法を開発し，日本と英国で用いられている受信機による動作の等価性についての検証結果についての報告があった[30]．

ライブビューイングに関しては，複数映像ビジョンによる実証実験についての報告があった[31]．「第26回東京ガールズコレクション2018 SPRING/SUMMER」の様子を，12Kワイド映像をはじめとする複数の映像ビジョンとして遠隔地会場にライブで伝送し，その有効性が確認された．

新たな視聴体験を提供するシステムとして，放送番組と同期する自由視点ARコンテンツのためのリアルタイム伝送システムのモデルについての提案があった．試作コンテンツを実装し，テレビの映像表示とセカンドディスプレイのAR提示が高精度に同期する新たな視聴体験が実現された[32]．また，Hybridcast上で360度全天球画像を提供する方法についての提案もあった[33]．テレビ上でリモコン操作に応じて画面が気持ちよく動作する全天球画像を提供するコンテンツを実現し，実放送番組で提供された．

他には，多様な映像コンテンツの教育効果とその利用方法の検証結果についての報告があった[34]．テレビ放送やインターネットで提供している教育コンテンツに，ランダムに関連コンテンツを並べる場合と，「基礎を確認したい」といった関係性を明示して関連コンテンツを並べた場合に，実際の生徒がどのような操作をするのかを実験したものである．

2.6　放送関連無線技術

放送関連の無線技術についてもいくつか報告が行われた．LDMのFPUへの適用についても検討が行われている．逐次キャンセル復調方式と一括復調方式の特性比較および実機を用いてLDMのFPUへの適用を検討した報告があった[35]．この報告ではLDMによってFPUがさらに発展可能であることが示されている．

インパルス雑音環境下での時変伝送路における伝送路推定方式について時間サンプルの入れ替え方式を提案し，その特性を評価した結果が報告された[36]．インパルス雑音が存在しない場合に近い推定精度を得ることができることが示されている．

また，地上デジタル放送ないしその基礎となるOFDMについて各種の応用技術が研究されており，特に位置推定に関連するものがいくつか報告された．地上デジタル放送波を用いたパッシブバイスタティックレーダについて，実際に2台の受信機を用いた実験によりその有効性を検討する報告があった[37]．また，OFDMにおける伝搬路推定技術やパイロットを活用した位置推定技術について紹介があった[38]．

3．無線・光伝送技術

放送技術の高度化に向けて，無線・光伝送技術の研究は極めて重要である．この分野について，数多くの研究発表があった．以下では，これらの研究発表について紹介する．

3.1　高周波回路とアンテナ技術

高周波回路技術およびアンテナは，放送技術を支える重要な基盤技術である．高周波・アンテナ関連技術に関連した多くの研究発表があった．特に，この分野では，以前より学生による研究成果発表が活発に行われてきた[39]．

まず，電波伝搬に関して，基地局アンテナの垂直面内指向性が受信電力に与える影響をレイトレース法を用いて解析を行った結果が紹介され，垂直面指向性のビーム幅が伝搬特性に大きな影響を与えることが明らかにされた[40]．

車載レーダなどマイクロ波，ミリ波デバイスの民生応用が広がっており，小型で低コストな高周波発振器が求められている．その一例として，ガンダイオードを用いた小型で低コストな高周波発振器の実現に向けた研究が行われており，発振器設計のためのガンダイオードの等価回路モデルが提案されている[41]．また，レーダのビームステアリングを行う手法として，複数の発振器を位相可変結合回路により接続し，発振器間の周波数同期および位相制御を行う発振器アレーが提案されている[42][43]．試作実験の結果，その有効性が示されており，小型・低コストでビームステアリング可能なレーダシステムの実現が期待される．

関連して，ガンダイオード発振器，PSK変調器とパッチアンテナを一体化したアクティブアンテナが提案されている．報告[44]では，試作実験を行ってPSK変調器により位相を切り替えることによりビーム切り替えが可能であることを明らかにしている．

携帯端末の小型化に伴い小型アンテナが必要とされている．一方で，高速伝送の実現には広帯域アンテナが必要である．一般にアンテナが小型化すると帯域幅が狭帯域となるトレードオフの関係があり，小型かつ広帯域なアンテナを設計することが難しい．この問題を解決する手法として，負性インピーダンスを持つ回路により整合回路を構成する手法が注目されている．バイポーラトランジスタ回路により負性インピーダンスを構成する手法[45]や，オペアンプを用いた負性インピーダンス変換器の設計手法[46]が報告されており，計算機シミュレーションおよび試作実験によりその有効性が示されている．

アンテナと回路の複合一体化によりアンテナの高機能化，高性能化と小型化を行う技術の研究が行われている．

ここでは，平面型Magic-T回路をパッチアンテナと同一平面上に設置することで円偏波アレーを構成するアンテナ[47]や平面型バラン[48]が提案されている．また，二重平衡型乗算器とマイクロストリップアンテナを組み合わせて右旋・左旋円偏波ならびに垂直・水平偏波の切り替え機能を有するアンテナの試作例が報告されている[49]．基本波を受信する受信アンテナ，二倍高調波を発生する周波数逓倍回路ならびに二倍高調波を送信する送信アンテナを一基板上に構成するパッシブトランスポンダの設計が紹介されている[50]．昆虫などに装着する超小型RFIDへの応用が期待される．

円偏波アンテナとして，逆Lアンテナと L型スロットから構成される小型アンテナ[51]やクランク状スロットを層化することで小型化を図る円偏波マイクロストリップアンテナが提案された[52]．また，電波天文学において用いられる電波望遠鏡のための従来よりも小型・高利得な右旋・左旋円偏波共用アンテナの開発事例も紹介された[53]．

携帯端末の高機能化に伴い，小型で高性能なアンテナが必須である．小型アンテナとして，低姿勢逆Lアンテナの基本特性の解析手法および解析結果が報告されている[54][55]．また，水平面内において鋭い指向性を有する低姿勢アンテナの設計事例も紹介されている[56]．

携帯端末にはさまざまな周波数の無線インタフェースが組み込まれるようになってきており，アンテナは単に小型だけではなく，一つのアンテナを複数の周波数で共用する必要がある．この要求を満たすため，低姿勢逆Lアンテナによる複数周波数共用アンテナの研究が進められている．逆Lアンテナ近傍に寄生素子を配置することにより二つの周波数で動作させる手法[57][58]や，逆F型アンテナに寄生素子を装荷する3周波共用アンテナが提案された[59]．

メタマテリアルのように周期構造を有する素子配置により新しい機能を有するアンテナの提案があった．報告[60]では，ボウタイ型導体を繰り返し配置してメタ表面を構成することで偏波面変換を行う反射器が提案された．また，長方形導体を周期的に配置した構造上にパッチアンテナを配置した広帯域かつ交差偏波の小さい円偏波アンテナの設計事例も紹介された[61]．

UWB（Ultra Wide Band）レーダに向けた超広帯域アンテナの研究成果が報告された．プリント基板上に実装する円偏波アンテナの提案と計算機シミュレーション結果の報告[62]があった．また，電波吸収体を装荷したシールドケースにビバルディアンテナを収めることで不要輻射を抑えるアンテナの設計事例[63]や，広帯域アンテナとして知られるボウタイアンテナの端部を折り返すことで小型化を図る手法[64]が提案された．

携帯端末に加えてIoTを展開するため，無線電力伝送に対する要求が高まっている．無線電力伝送のキーデバイスであるレクテナに関する研究発表がなされた．逆Lアンテナによる高効率レクテナ[65]や2種類の負荷に対応可能なマイクロストリップレクテナ[66]の報告があった．また，橋梁の腐食モニタリングセンサへの電力供給を目的としたレクテナの開発事例[67]も紹介された．

電磁波の生体への影響についてもいくつかの報告がある．報告[68]では，自動二輪車にホイップアンテナを搭載したモデルを想定し，乗車している人への電磁波の影響を計算機シミュレーションにより評価している．また，報告[69]では複数のアンテナから同時に送信するMIMO機能を持つ無線LAN近傍の人体への影響の評価が行われている．両報告とも人体へ電磁波エネルギーが熱として吸収される量であるSAR（Specific Absorption Rate）に基づき評価が行われており，国際標準で規定されている指針を下回っていることが示されている．

さらに，医療応用として，腹腔鏡手術時に内臓脂肪に隠れた血管位置を同定する腹腔鏡アンテナの研究が行われている[70][71]．この研究では，複数のアンテナの反射係数および透過係数を測定することで血管位置を推定するものである．電磁界シミュレーションの結果，血管位置検出が可能であることを明らかにしている．電磁波を用いて周辺の物体の電気的特性をセンシングする手法として，ニューラルネットワークを用いた方法が提案されており，医療分野および広く産業界への応用が期待される[72]．

3.2　変復調技術・信号検出

変復調技術や信号検出といった通信方式や通信理論は，前節の高周波回路・アンテナ技術と同様に放送技術を支える重要な基盤である[73][74]．変復調・信号検出に関する報告がいくつかなされている．

報告[75][76]では，同一の周波数を共用して利用する複数の無線信号の捕捉効果を，特性関数法を用いて理論解析を行っている．特に[75]では，16QAMおよび64QAMについて評価を行い，DU比に対する復調可能確率を示した．

OFDMの復調技術についてもいくつかの報告が行われている．報告[77]では，インパルス雑音対策について報告がなされている．従来方式として，インパルス雑音の影響を受けたサンプルを仮復調および再変調した信号で置き換える繰り返しサンプル入れ替え方式が提案されているが，サブキャリヤ変調方式が256QAMのような超多値変調方式では，仮復調時の判定誤りの影響により特性が劣化する．この問題を解決するために，本報告では判定範囲を選択的に行う手法が提案されている．

異なる周波数帯域を持つ複数のOFDM信号が周波数を共用するマルチキャリヤ重畳伝送方式に関する報告が行われた．マルチキャリヤ重畳伝送における干渉信号情報の推定にはMAP（Maximum A Posteriori）推定法が用いられているが，本手法にはチャネル共分散行列が必要である．報告[78]では，チャネル共分散行列の推定手法がMAP推定法に与える影響を評価している．

OFDMは，長い遅延時間を持つ遅延波に耐性を有するこ

とから複数の送信局から同一の周波数を用いて同一の情報を送信する単一周波数ネットワークSFNが可能である．しかし，放送波中継によりSFNを構成すると，中継局では送受信周波数が同じになるため，送信アンテナから送信された信号の一部が受信アンテナに回り込み，信号品質の劣化や発振が起こる問題がある．報告[79]では，RFまたはIF領域で回り込み干渉信号をキャンセルする方式の検討を行っている．その結果，IFキャンセル方式に比べて，RFキャンセル方式のほうが電力増幅器の非線形性の影響を受けにくいため，C/Nの改善量が大きいことを明らかにしている．

一方，OFDMは，1シンボル時間長が長く，かつ，サブキャリヤ周波数間隔が狭いことから送受信機の移動に伴うドップラー周波数シフトの影響を受けやすいという問題がある．OFDMにおけるドップラー周波数シフト対策としてガード区間の相関を用いて補正する手法が提案された[80]．ここでは，ドップラー周波数補正に加えて，受信アンテナを分散配置し，各受信機を光ファイバ接続してダイバーシチ合成することで，高速移動体から送信される高精細映像をリアルタイムに無線伝送することができることを明らかにしている．

3.3　MIMO伝送

MIMO伝送方式は，複数の送受信アンテナを用いて同一周波数で多重伝送を行う方式であり，周波数資源が逼迫している無線通信においてブロードバンド伝送を行うために欠かせない技術である．MIMO伝送方式に関して多くの報告が行われている．

MIMO復調を行うためにはMIMO伝搬路の伝搬特性を正確に推定する必要がある．圧縮センシングを用いて伝搬路推定を行う手法が提案されており，高精度伝搬路推定が可能であることが知られている．報告[81]では，伝搬路推定に使うパイロット信号をランダムに配置することで，パイロット数を大幅に減らすことができることを明らかにしている．

MIMO伝搬路推定では，既知パイロット信号を用いた伝搬路推定が広く用いられている．しかし，基地局に数十から数百素子のアンテナを用いるMassive MIMOでは，多くのパイロット信号およびフィードバックのオーバヘッドが問題となる．一方，Massive MIMOでは，アンテナ間隔が狭くなるためアンテナ間の空間相関が増大する．この空間相関を利用して，一部のアンテナ素子からパイロット信号を送信し，他のアンテナ素子の伝搬路推定は，空間領域で補間する方法が提案されている．報告[82]では，Massive MIMOを構成する多数の素子を平面に配置し，この平面を複数の小さなサイズの領域に分割し，領域ごとに2次元空間補間を行う手法を提案しており，計算量削減と性能向上を同時に達成できることを示している．

受信アンテナ数を超えるストリーム数の多重伝送を行う過負荷MIMO技術の検討例が報告されている[83]．ここでは，各ユーザに直交する符号を割り当てる符号分割多元接続（CDMA: Code Division Multiple Access）をMIMOと組み合わせることで過負荷MIMO状態を実現する方式が提案されており，ビット誤り率特性の改善が可能であることが示されている．

MIMO受信機のハードウェア実装に関する報告が行われている．MIMO復調手法として知られているMLD（Maximum Likelihood Detection）法は誤り率特性が最も優れているが，演算量が極めて大きく，実装が困難であるという問題がある．この問題を解決する方法として，MMSE（Minimum Mean Square Error）復調とSIC（Serial Interference Canceller）を組み合わせた方法が提案されており，誤り率特性の劣化を小さく抑えつつ演算量の大幅な削減が可能であることが示されている[84]．さらに，MIMO技術と組み合わせて用いられることが多いLDPC誤り訂正符号の復号器のハードウェア実装について報告が行われている．並列化により高いスループットが実現できることを明らかにしている[85]．

複数の端末が連携して受信を行うことで等価的にMIMO伝送を実現する端末連携MIMO受信方式の提案が行われている[86)～91]．ここでは，基地局から送信されたMIMO送信信号を複数の携帯端末により受信する．端末間は近距離無線通信により受信信号波形を他端末と共有し，各端末がMIMO復調を行う．この構成を行うことで，従来のマルチユーザMIMOシステムで必要となっていた伝搬路情報のフィードバックによるオーバヘッド，ならびに，移動体移動によるMIMO特性劣化をさけることができる有効な技術であることが示されている．

3.4　次世代素材中継伝送システム

素材中継伝送システムFPUおよびラジオマイクの周波数として700 MHz帯が用いられていたが，周波数有効利用政策の一環として，2016年に1.2 GHz帯，2.3 GHz帯ならびにTVホワイトスペースに移行した．移行に伴う課題とその対策について，まず文献[92]において周波数移行全体の課題が報告され，文献[93]で1.2 GHzおよび2.3 GHzのFPUの概要が紹介された．

周波数移行先の1.2 GHz帯は，アマチュア無線局や特定小電力無線局と周波数を共用しているため，実際の運用には，運用調整や干渉対策が必要となる．報告[94]では，他無線局との運用調整の仕組みや干渉対策について紹介がなされた．合わせて，新FPUの運用形態に合わせたアンテナの開発例が報告された．

新FPUの実際の運用環境での伝送特性を評価するため，実証実験が行われた．都市型伝搬の代表例として東京マラソンコース，郊外型伝搬として箱根駅伝コース，さらに隅田川での水上伝搬について電波伝搬特性の評価を行い，伝搬損失の評価からは，送信電力の高出力化やMIMO技術の適用によるリンクマージンの確保が必要になることが示さ

れた[95]．さらに，箱根駅伝において新FPUを導入して運用した結果が紹介され，受信点の設定，アンテナの選択，伝送パラメータ選択を行うことで，新FPUでの運用が可能であることが示された[96]．

特定ラジオマイクの周波数移行および運用についても，報告が行われている[92)97]．特定ラジオマイクは，地上デジタルテレビ放送の空き周波数（TVWS: TV White Space）を利用する470～710 MHz特定ラジオマイク専用周波数である710～714 MHz，ならびに，FPUとの共用周波数である1240～1260 MHzに周波数移行しており，TVWSの利用にあたってはTVホワイトスペースなど利用システム運用調整協議会での運用調整について紹介された[97]．

さて，周波数移行後の新FPUは，他システムと周波数を共用しており，運用調整により共用を行うこととなっている．しかし，実際のFPUにおいてアマチュア無線などからの干渉を完全に排除することは難しい．この問題を解決するため，他システムからの干渉を検出し，干渉を瞬時に回避する手法が提案されている[98)～100]．報告[98]では，アップリンクおよびダウンリンクフレームの先頭に配置されるプレアンブル区間におけるヌルサブキャリヤ部の受信電力を判定することでスペクトルセンシングを行う方式が提案されている．報告[99]では，干渉検出時に，高速に周波数チャネルを切り替えて干渉を避ける手法が提案されている．周波数切り替えは，基地局および移動局が協調して行う必要がある．また，できるだけ高速に切り替える必要があるが，単一のPLL周波数シンセサイザではロックアップに時間がかかるため，切り替え後の周波数に予めロックアップしたPLLシンセサイザを準備しておき，RFスイッチで切り替えることで高速周波数切り替えを達成する手法が提案されている．フィールド実験により干渉回避が可能であることを明らかにしている．さらに，報告[100]では，伝送速度向上のためにチャネルを同時に用いて送信を行うチャネルアグリゲーションを行う場合に，本干渉回避方式が適用できるようにフレーム構成および周波数遷移方式を拡張した方式が提案されている．

4K8K超高精細映像の素材伝送を可能にする，新しいFPUの研究開発が進められている．ここでは，変動する伝搬路の状況に適応的に送信パラメータを制御する適応送信制御とTDD-SVD-MIMO（Time Division Duplex - Singluar Value Decomposition - MIMO）技術を適用した大容量伝送可能なFPUに関する報告がなされている[101)～109]．ここでは，まず伝送特性を評価するため，2.3 GHz帯の電波伝搬モデルの実測データを解析することにより作成する手法が提案され[105]，その手法に基づいて市街地および郊外における電波伝搬モデルの作成結果が報告された[106]．TDD-SVD-MIMOシステムの各ストリームのビット配分およびレート配分を伝搬環境に応じて適応制御する方式が提案され，計算機シミュレーションによりその有効性が明らかにされた[103]．この適応送信制御を実装したTDD-SVD-MIMOシステムの試作結果[102]ならびに試作機を用いた野外伝送実験の結果[104]が報告されている．FPUの開発にあたり，伝搬路の周波数特性を推定するために挿入されるパイロットパターンおよびパイロット信号レベルの最適化が提案されており，最適化パイロットを用いることで所要C/Nの低減が可能であることが示された[107]．これらのFPU開発成果は，報告[101]および[109]で取りまとめられている．

FPUのアプリケーションとして小型ワイヤレスカメラへの応用が考えられる．ワイヤレスカメラは，撮影する広い範囲を移動しながら映像伝送するため，受信アンテナを複数設置し，受信信号を光強度変調信号に変換し，RoF（Radio over Fiber）技術によりダイバーシチ合成受信することで安定した伝送を実現している．しかし，RoFでは，アンテナごとに専用の光ファイバを敷設する必要があり，実用上問題があった．この問題を解決するために，各アンテナで受信した受信IF信号をAD変換し，イーサネットを通じてダイバーシチ受信機へ伝送するシステムが開発された[110]．本システムを用いることで，既存のイーサネットスイッチやケーブルで受信IF信号の伝送が可能となり，受信アンテナの設置や移動が容易になる．

4K8Kワイヤレスカメラの実現に向けて42 GHz帯の電波を用いる無線伝送方式の研究が進められている．報告[111]では，電力増幅器の非線形性歪の影響を受けにくいシングルキャリヤ方式と周波数領域等化を組み合わせたSingle Carrier - Frequency Domain Equalization（SC-DFE）を用いたシステムの試作と評価をしており，小型・低消費電力ワイヤレスカメラの実現に有効であることが示されている．

3.5　地上デジタル放送

現行の地上デジタル放送方式であるISDB-Tと同じ6 MHzの周波数帯域で4K8K超高精細映像の伝送を可能にする次世代地上デジタル放送の研究開発が進められている．偏波多重MIMO，高次QAM，LDPC符号など伝送容量を拡大する要素技術を用いた検討が進められている．次世代地上放送の暫定方式では，伝送容量の拡大のため，隣接チャネル間のガード帯域を削減することで信号帯域幅を拡張することが規定されている．この拡張が隣接する現行地上デジタル放送波に与える影響の評価を行い，受信が可能となる最小DU比の指針が示されている[112]．

次世代地上放送では，現行放送よりもOFDMサブキャリヤ数が大きく設定されており，サブキャリヤ周波数間隔が狭くなっているため，高次QAMが用いられていることもあり，移動受信に伴うキャリヤ間干渉の影響を受けやすい．そこで，次世代地上放送向けMMSE型ICI（Inter-Carrier Interference）キャンセラの提案が行われ，計算機シミュレーションの結果，受信特性の改善が可能であることが示されている[113]．

次世代地上放送の暫定方式を実際の放送環境に近い伝搬

環境で評価するため，実験試験局の設置など大規模な実験試験環境の構築が進められている．この実験試験環境の詳細について報告がなされており，さらなる研究開発の進展が期待される[114]．

地上デジタル放送波の伝搬特性を測定することにより，伝搬経路上の状況をセンシングする手法が提案されている．報告[115]では，地上デジタル放送波を用いて伝搬遅延時間を測定することにより，バイスタティックレーダ（PBR: Passive Bistatic RADAR）の手法に基づき航空機位置を推定する手法が提案されている．二つの受信機を用いてPBRを構成することで，移動体位置が一意に決定されることが示された．

また，地上デジタル放送伝搬路の伝搬遅延時間を高精度に計測することで，伝搬経路上の水蒸気量を推定する手法が提案されている．ここでは，数ピコ秒のオーダで遅延時間を推定することで水蒸気量の推定が可能となることが実験的に示されている[116]．

3.6　衛星放送技術

Kuバンド（11.7～12.2 GHz）を用いて放送を行っているBS/CSデジタル放送では，4K8K超高精細テレビによる衛星放送の開始が予定されている．ここでは，放送に必要な帯域を確保するために従来の右旋円偏波に加えて，左旋円偏波による放送波が用いられる．受信機側では，右旋・左旋偏波の受信信号を1本のケーブルで宅内に配信するため，右旋と左旋偏波の受信信号をそれぞれ別々のIF周波数に変換する方式が規定されている．従来の右旋円偏波では1-2 GHz帯の周波数が割り当てられており，これに対して，新たに始まる左旋円偏波は2.2～3.2 GHzの周波数が割り当てられることになっている．この帯域は，2.4 GHzを用いる無線LANや2.6 GHz帯のBWA（Broadband Wireless Access）など既存システムが運用していることから，これらの無線信号による干渉を受けないよう，IF信号を伝送する同軸ケーブル配線には充分な遮蔽性能が要求される．この遮蔽性能の測定手法や実測結果について報告がなされている[117][118]．また，最高周波数が3.2 GHzと高いIF信号を低損失に伝送する手法としてRoF技術を用いた光配信システムが提案されている．光配信システムの光変復調系の実装および性能評価が報告された[118]．

将来の大容量コンテンツの放送に向けて，21.4～22 GHzのKaバンドの利用が検討されており，2017年に打ち上げられたBSAT-4aでは，12 GHz帯に加えて21 GHz帯の実験用衛星中継器が搭載されている．その21 GHz帯を用いた伝送実験の概要が紹介されている[119]．21 GHz帯は12 GHz帯以上に降雨減衰の影響を受け易い．降雨減衰対策としてマルチビーム衛星を用いて，各ビームがカバーするエリアごとの降雨状況に応じて，ビームの送信電力を適応制御する方式が提案されている[120]．

3.7　光伝送技術

4K8K衛星放送の宅内配信では，最高周波数3.2 GHzと高い周波数が用いられていることから，従来の同軸ケーブルによる配信では，電波漏洩，減衰や帯域不足が問題となる．この対策として宅内配線の光化が検討されている[118]．この中で，従来の石英ガラスを用いた光ファイバよりも材料分散が小さく，低雑音性を持つプラスチック光ファイバの利用が注目されている．プラスチック光ファイバの高速性，低雑音性および接続性に関して紹介がされた[121]．

PON（Passive Optical Network）による光アクセスネットワークにPSKやQAMによる変調信号を重畳して伝送することで，低コストな光配信システムの実現が可能である．報告[122]では，このPON重畳伝送システムにおいて，変調電気信号のマイナス成分をクリップしてから光信号に変換する手法について検討し，誤り訂正符号と組み合わせることで光送信電力の効率的な利用とBER特性の改善が可能であることを明らかにしている．

海中で撮影された映像の伝送やダイバー間の通信の用途で，海中での無線通信が必要とされているが，電波に比べて信号減衰が小さい可視光を用いた無線通信が注目されている．この海中における可視光による光無線通信システムに関連し，いくつかの報告がなされている．まず，送信光ビーム方向を中継装置に正確に合わせる必要があるため，ビーム方向のずれ検出手法および制御手法に関する報告がなされた[123]．この海中可視光無線通信システムにおける中継器の消費電力低減のため，中継器に再帰性反射板と液晶素子を組み合わせた空間光変調デバイスが提案されて，実験評価が行われた[124]．可視光LEDとトラッキング機能を有する光中継器を用いて，ダイバー間の通話を可能にする光トランシーバシステムの試作例も紹介されている[125]．

3.8　ケーブルテレビ・携帯端末

ケーブルテレビを取り巻く情勢と最近の技術動向について報告があった[126]．4K8K放送や多チャネル化に加えて，Video on Demand（VoD）サービスの要求からケーブルテレビのIP化が進められていることが報告され，PONやRoF，クラウドによる端末機能の仮想化など個別の要素技術の概要が報告された．続いて，4K8Kケーブルテレビ放送技術，ならびに，4K8K衛星放送の再送信手法の解説があった[127][128]．一方，現状のRF放送だけの再送信では，伝送帯域のリソース制限により全番組の4K8K化対応が困難である．この問題を解決するためにRF放送とIP通信を動的に切り替えることで効率的な配信を行う手法が提案された[129]．

携帯端末向け放送サービスについていくつかの報告があった．TVWS利用サービスの一つとしてエリアワンセグ放送を大学キャンパス内での広報サービスとして活用する事例が報告されており，学園祭などのイベントにおける広報メディアとして有効であることが示された[130]．次世代

移動通信システムである5Gシステムの展望と研究開発状況について報告があり，4K8K映像の移動伝送の実証実験の事例について紹介がされた[131]．

4．放送現業

2018年12月1日の新4K8K衛星放送の開始は，2003年の地上デジタル放送開始以来の新たな放送メディアのスタートという大きなイベントであった．今回の対象期間は，放送方式や規格化が一段落した後の具体的な放送設備を構築する準備期間であったため，放送現業での発表は少なかった．一方，8K，特にフルスペック8K放送実現に向けては課題が残されているため，そのための開発や実証の報告がされた．

また新たなトピックとして，動画配信もホットなテーマであった．若者のテレビ離れが進んでいるといわれている中，コンテンツの新たな出口としての動画配信は，取り組むべき大きな課題である．番組制作の分野にも新たな技術が取り入れられている．急速に性能を向上させているドローンの活用もその一つである．またIP技術を活用した新しい番組制作スタイルの実現も研究が進んでいる．

大規模災害時にも放送を継続し情報を伝え続けることは，放送局の大きな使命である．東日本大震災や熊本地震，集中豪雨や大型台風など，昨今の災害の多発を背景に，新局舎建設にあたってより強靭なインフラ構築を目指した事例もいくつか報告された

4.1　放送の新たな取り組み

放送の新しい取り組みとして，2018年12月に開始が予定された新4K8K衛星放送に関することと，電波を通しての放送に加えインターネットを通じ動画配信を行うことの二つが，関心の高いテーマであった．

4.1.1　新4K8K衛星放送

2018年12月の衛星での4K8K実用放送開始を控え，2015年7月に総務省「4K･8Kロードマップに関するフォローアップ会合」等にて4K8K放送ロードマップが公表された以降の，制度整備，規格・運用規定の策定，事業者の認定などを俯瞰的に解説[132]．2016年9月B-SAT，スカパーJSATに衛星基幹放送局の免許を付与，2017年1月に11社19番組が認定基幹放送事業者に認定された．4K8K放送方式は2014年ARIBで技術規格化が完了，2015年12月NexTVフォーラムにて運用規定が策定された．2016年にはBS17chでNHK，A-PABが4K8K試験放送を開始した．新しい放送の特徴は，映像にHEVC符号化やITU-R BT2100(HDR)，音声に22.2ch/7.1chやMPEG-4 ALS符号化，多重化方式にMMT，マルチメディア符号化にHTML-5ベース等の採用があげられる．実用放送では，BS右旋で6サービス，BS左旋で5サービス（8K 1サービス），110°CSで8サービスが予定された．

4K8Kでの番組制作においては，その信号容量の増大により，機器間を接続する信号インタフェースも従来のやり方をそのまま踏襲することは難しい．SDIインタフェースが高速化されていく一方，光ケーブルの利用やIPインタフェースの規格化も進んでいる．国内外のインタフェース規格化の状況が紹介され，今後の設備整備に資する発表が行われた[133]．

フルスペック8Kは，8K解像度，120 Hz，12bit階調，広色域，HDRを満たす最上位フォーマットであるが，映像スイッチャ・文字合成装置などコンポーネントとなる機器の開発，機器間をつなぐインタフェースの開発など，それを実現するためのハードルはまだまだ高い．将来の実現に向けた開発が精力的に進められており，従来のHD制作と同等にライブ制作を実現できるシステムを開発し，検証を行った事例が報告された[134]．

一方編集設備においても，8K解像度での処理には課題がある．単体PCで処理させるには，能力上限界があった．そこで，8K映像を符号圧縮して4つの信号に分割し，各々を分散処理しながら再度合成する編集機として構成し，2素材に効果を加えて編集し文字スーパーを合成する動作実験を行い，実用に適用し得る見通しが得られた[135]．

4.1.2　動画配信

インターネットの発達，スマートフォンやタブレットの普及を背景に，若者のテレビ離れが進んでいるといわれる中，コンテンツの新たな出口として動画配信が注目された．

NHKでは，1万人の利用者を対象にテレビ放送（総合テレビとEテレ）のインターネット配信の検証実験「試験的提供B」を行い，そのシステム概要が報告された．権利が得られていない映像・音声を処理する「フタかぶせ設備」，ライブエンコーダと動画ファイルに同期する字幕変換サーバで構成される「エンコード設備」や実運用上の鍵となる「認証・配信設備」が紹介された．20日間の検証で，将来の本格的なサービス実現に向けた課題が明確となった[136]．

在京民放5社は共同で，テレビ番組を広告付無料動画配信するキャッチアップサービスを実施するポータルサイトを構築した．PC，スマホ等で，放送された番組を放送終了後から1週間程度視聴できる．若者のテレビ離れが進む中，テレビコンテンツへの接触を増やしリアルタイム視聴への回帰をはかり，安心安全なコンテンツの提供，違法動画の撲滅を図るのが目的．CMはADサーバにより挿入配信され，計測タグによる本編，CMの視聴者動向調査も可能である．今後，ユーザ，デバイスの拡大等を図るともに，広告主の期待に応えるメディアとして成長を目指す[137]．

テレビ東京は，2013年から経済報道番組に特化した定額制動画配信サービス「SVOD: Subscription Video on Demand」の提供を行っている．金融をはじめビジネス関係の視聴ユーザが多く，期限付きダウンロード機能の実装や放送同時ライブ配信などを行うことで，出勤途中や地下鉄，飛行機など電波環境の悪い中でも快適に視聴ができる

ような取り組みを行ってきている．また，選挙特番をはじめ放送同時ライブ配信の実績を重ねて技術・運用面での課題に対する知見を得て，放送番組だけでなく，配信オリジナルコンテンツや付加サービスの充実化，そして使い易いアプリの提供など，視聴ユーザの満足度が高いサービス実現を目指して取り組んでいる[138]．

現在の地上デジタル放送では，放送波で4K映像を提供することはできない．しかし，ハイブリッドキャスト運用規定2.0版で，4K映像を配信しテレビで再生する運用が可能になった．フジテレビでは，放送と同内容の4K映像をハイブリッドキャストで配信し，2Kと4Kを切り替えて視聴できる番組を実現，視聴者は4K番組があたかも地上波で放送されているように番組を視聴できる．さらにその応用として，視聴地域に応じたCMをシームレスに表示するアドレッサブル広告も実現した[139]．

動画配信の基盤として，WEBコンテンツをインターネット経由で効率的に配信する仕組みであるCDN（Content Delivery Network）が果たす役割は大きい．2016年12月に日本テレビはIIJと共同でCDN事業を行うJOCDN（株）を設立し，報告時点で5系列3地区の民放15社が出資している．CDNは多数のユーザ端末に動画配信を効率的に行うには欠かせない技術であり，これまで海外事業者に依存していたが，国内放送事業者が取り組むCDN事業は日本で初めてである．CDNによって通信の高速化，安定性と信頼性の向上が可能となる．システム構成は日本国内に特化し東京，大阪にエッジサーバを置く集中配置型としている．2017年3月からサービスを開始し複数の放送局系サービスで利用されている[140]．

動画配信においては視聴者に応じて広告を出し分ける運用が可能となるが，それを実現するためのシステムには工夫が必要となる．テレビ朝日では無料のインターネットテレビ放送サービスを行うにあたり，従来の地上波テレビと同じように，正確なタイミングで自在にCM挿入を行うシステムを構築した．テレビ朝日内のサブから発行したQテイク信号とクラウド上に設置されたアドサーバを連携させて実現する．本編の配信とCMでの切り替わりに違和感なく，番組内でCM挿入タイミングを自在に設定することに成功した．本システムはAbemaNewsで実運用されている[141]．

4.2　放送設備

放送設備では，東京キー局2局でマスター更新が行われ，それに関連した新たなコンセプトや考え方が紹介された．またスタジオ設備では，照明のLED化による効率化や，IPを利用しての新しい制作スタイルを構築する際の課題が報告された．新局舎の建設は，NHK地方局，民放ローカル局ともに活発に行われているが，昨今自然災害が増えている中，放送の継続性を確保する工夫を盛り込んだ事例の報告が増えている．

4.2.1　送出設備

TBSテレビでは，2005年2月のディジタル・アナログマスター運用開始から12年を経て，2017年10月に地上波マスターの全面更新を行った．今回は放送開始以来，初めて，マスター製作メーカを変更した．基本コンセプトは，①特番などの柔軟な編成にいち早く対応すること，②長年に渡り使われなかった機能は削減しコストミニマムを図ること，③24時間365日安定運行を実現すること．そして，これからを見据え，ビジネス的展開やネット連携等，将来メディアへの対応も視野に入れた設計を行い，現代にふさわしい進化したテレビマスター設備を完成させた[142]．

日本テレビでも地上波マスター設備の更新が行われたが，その際に盛り込まれた機能が2件報告された．一つは放送のユニバーサルデザインへの取り組みとしての機能改善である．人命を守るための減災に繋げ，視覚・聴覚障がい者への情報発信を改善することを目的に，緊急地震速報のチャイム音とリアルタイム字幕送出のタイミングを早めるために，送出用エンコーダ内の字幕・音声出力に不要な処理を迂回する機能を実装し，運用を開始．また，副音声を使用する解説放送が増加することに伴う制作負荷を軽減する機能として，解説放送番組用に副音声のみ別の送出メディアを用いるシステムを構築した[143]．もう一つが番組編成の自由度を上げるための機能である．従来の送出システムでは，帯域管理やEPG表示の仕組上，マルチチャネル編成を組む際にメインチャネルとサブチャネル番組枠を一致させた編成データを事前に作成する必要があった．また，マルチチャネル編成時に帯域の効率的な管理が行えず画質劣化を伴う事例があった．運用経験から，災害等の有事にはサブチャネル編成を任意のタイミングで組めるシステムが望まれてきた．これらを踏まえ，帯域の自動計算とEPGの自動生成機能を導入することでサブチャネル編成を柔軟にし，かつ統計多重による帯域管理を実装することで画質の改善も実現した[144]．

4.2.2　スタジオ設備

テレビ東京・BSジャパン（現BSテレビ東京）では，2016年11月の新社屋移転に伴い，大型汎用スタジオを含む全スタジオの照明設備をオールLED化して，消費電力をこれまでのハロゲン照明と比較して1/10程度に大幅に削減．地球・環境に優しい次世代型のクリーンなスタジオを実現した．オールLED化にあたり，国内初の高出力LEDスポットライト，色温度可変型LEDライト，LED制御に適した照明操作卓などの新規開発をはじめ，国内で初めて高さが10 mのホリゾントを染める照明をLED器具で実現するなど，多くのチャレンジがあった．これからの放送業界には，番組・コンテンツ制作だけでなく，環境問題への取り組みも重要な課題となってきている[145]．

番組制作システムのIP化により，単に信号の伝送方式が変わるだけでなく，遠隔地の中継現場機材を放送局から制

御するとともにスイッチングやミキシングを放送局側で行う，IPリモート制作という新しい制作スタイルの実現も期待される[148]．その際に重要となるのが，双方の時刻同期を取ることである．大阪～東京間を商用回線で接続した実際の環境下で，考えられる二方式（PTP方式とGPS方式）による同期手法の検証を行い，実現のための条件の洗い出しや解決すべき課題の抽出を行った[147]．

4.2.3　新局舎建設

熊本県民テレビの新社屋は2016年11月に竣工，浸水の可能性が極めて低い地域に建設され，敷地内に生活用水用の防災井戸を設置し，事業継続計画（BCP: Business Continuity Planning）が考慮されている．建設中に熊本地震を経験したことをフロアレイアウトに生かし，報道フロアには応援に駆け付けた人員が作業できるスペースが確保されるなどしている．マスターについてはラック室を挟んで反対側に同じ広さの会議室を設置して将来の更新スペースを確保．設備はNNS系列共通仕様で製作されているため，災害発生時には系列局からの人的応援が容易であり更なるBCPの強化が実現できるとのことであった[148]．

NHK仙台放送局の新放送会館は2017年5月に竣工．東日本大震災を実際に経験した地区であるからこそのBCP対策と，杜の都仙台にふさわしい地域に開かれた文化の発信拠点を併せ持つコンセプトで設計されている．外壁にハニカム構造を採用することで耐震性が向上，非常用発電機はディーゼルエンジン式とガスタービン式で二重化するなどの工夫がなされている．また，公開スタジオは周辺の環境を生かす3面ガラス構成．8K映像を上映できる公開スペースは地域イベント等に活用されている[149]．

4.3　ドローンの活用

近年，ドローン（無人航空機）は，空撮をはじめ，物流，災害対応，インフラ維持管理，測量，農林水産業などさまざまな分野で研究や利用が進んでいる．一方で放送分野においても，テレビ画面でドローンの空撮映像を見ない日がない程，番組制作には欠かせないツールとなってきている．ドローンを安全かつ効果的に放送利用するために必須となる基礎知識（歴史，飛行の仕組み，ルール法規制等）について，専門家からの解説と安全への取り組みについて報告があった[150]．

放送局がドローンに取り組む理由は大きく二つある．一つ目は，俯瞰映像からいち早く客観的状況を伝える報道機関としての意義であり，二つ目は，空撮技術を利用し映像クリエイティブに活用することである．TBSでは，ドローン関連の事業者と出資業務提携をしている．これを契機に，空撮パイロットや安全運行管理者を育てる講習会やコンシューマに向けたドローンレース大会の開催，自治体と連携したワークショップの開催などを幅広く行っている[151]．

NHKにおけるドローンの活用事例も年々増加している．原則，操縦は専門業者へ委託しているが，災害時の緊急報道においてはその限りではない．NHK報道局では独自にドローン運用に取り組んでおり，2014年8月の広島の土砂災害での運用を皮切りに，2018年4月の大分土砂災害でも運用を行った．ドローン運用におけるルールに関しても年々厳格化しており，NHKでも包括申請を行い国交省の承認を得ている．今現在も局内でさまざまな訓練と研修を行い，災害時の緊急報道に備えている[152]．

4.4　その他

テレビ番組制作の取材現場では，その手軽さからSDメモリーカードを記録媒体とした民生用カメラを使用するケースが増えている．過酷な取材現場における小型のSDメモリーカードの運用はカード紛失のリスクもあり，それが盗難されることも想定されるため，撮影された映像から個人情報が漏洩することを防止する仕組みが求められてきた．取材時の機動性と取材後の記録映像取り出しの利便性を考慮し，NFC（近距離通信）搭載SDメモリーカードに読み出しのみロックする機能を実装することで情報漏洩を防止することを実現した事例が日本テレビから報告された[153]．

被災者への情報伝達手段として放送を継続することは放送局にとって重要な使命である．NHKでは東日本大震災の教訓をもとに，送信所仮復旧までの1次対応を目的として，テレビ2波・FM1波の放送が可能な「非常用送信車」を製作し全国の拠点に配備している．NHK福岡放送局では，熊本地震によって大きな損傷を受けた南阿蘇テレビ・FM中継放送所の放送継続のため，初めてこの設備を長時間実運用した．運用を通じ人的・設備的な課題が判明したため，今後改善していくとのことであった[154]．

学生に放送局の仕事を知ってもらい興味をもってもらうことも放送技術研究会の重要なミッションであり，学生が多く参加する研究会ではチュートリアル講演も行っている．その一つとして，NHKで行っている大規模スポーツ中継番組を題材に，制作スケジュールや要員数，システム系統などが報告された．対象番組は，広大な敷地をカバーする必要があるゴルフ中継，42.195 kmを余すところなく放送するロードレース中継，15日間連続で中継する大相撲中継などである．下見などの事前準備から100名を超える要員での現場設営や無線伝送設備を有効に使った制作スタイルが紹介された[155]．

5．むすび

放送技術では，新4K8K衛星放送開始後の重要課題である地上波における高精細度放送の実現や多様な視聴者ニーズに応えるために，数多くの研究開発が進められている．特に，放送と通信との連携サービス，ARやIoTといった新たなサービス提供に向けた技術開発は，さらに加速していくものと考えられる．これらの研究開発は，今後放送のサービスを高度化していく上で必要な技術であり，将来の放送技術の発展に繋がるものであると確信している．

（2019年4月13日受付）

〔文　献〕

1) 土田：“［特別講演］地上SHV放送を目指した研究開発―伝送容量拡大技術および周波数有効利用技術の検討―”，映情学技報，41，43，pp.47-54（Nov. 2017）
2) 佐藤ほか：“時空間符号化を適用したSFN方式の伝送特性評価―SFN環境で取得した伝搬路応答を用いた評価―”，映情学技報，41，43，pp.37-42（Nov. 2017）
3) 宮坂ほか：“次世代地上放送の暫定仕様における高耐性TMCC信号伝送の一検討”，映情学技報，42，36，pp.69-72（Oct. 2018）
4) 宮坂ほか：“次世代地上放送の暫定仕様における移動受信特性の評価”，映情学技報，42，5，pp.45-48（Feb. 2018）
5) 佐藤ほか：“広帯域地上放送システムにおける同一チャネル干渉を考慮した復調方法に関する検討”，映情学技報，42，23，pp.27-30（July 2018）
6) 並川ほか：“地上デジタル放送高度化技術の検討～セグメントを分割して2Kを水平偏波，4Kを水平・垂直両偏波で伝送する技術手法の検討～”，映情学技報，42，23，pp.21-25（July 2018）
7) 中野ほか：“超多値QAM-OFDM変調方式の基本性能評価”，映情学技報，43，2，pp.75-78（Jan. 2019）
8) 穴澤ほか：“LDM方式により地デジと4K放送を同一チャネルで伝送する技術手法の検討”，映情学技報，42，23，pp.35-38（July 2018）
9) 岡田ほか：“地上デジタル放送に対するLDM適用時の諸問題改善に関する一考察～新放送方式受信エリア拡大手法と同期方式に関する検討～”，映情学技報，42，28，pp.13-16（Sep. 2018）
10) 岡田：“Partial LDMによる次世代ディジタルテレビへの移行”，映情学技報，42，23，pp.31-33（July 2018）
11) 山本ほか：“固定受信階層にパンクチャドLDPC符号を用いたLDM-BST-OFDM伝送方式”，映情学技報，42，23，pp.43-46（July 2018）
12) 高橋：“ISDB-T緊急警報放送における自動起動信号伝送路の非対称無記憶2元通信路近似”，映情学技報，41，30，pp.13-16（Sep. 2017）
13) 亀井：“海外展開に向けたアナログラジオによる緊急警報放送の応用に関する一検討”，映情学技報，41，18，pp.29-32（June 2017）
14) 大亦：“多様化するライフスタイルに対応した新しいテレビ視聴体験を実現するハイブリッドキャストの高度化技術”，映情学技報，42，36，pp.37-40（Oct. 2018）
15) 酒井：“［特別講演］5Gの展望～5Gでもっと自由に～”，映情学技報，41，23，pp.47（June 2017）
16) 一色ほか：“［依頼講演］人を幸せにするIoTスマートハウス”，映情学技報，42，36，pp.31-36（Oct. 2018）
17) 藤田：“［依頼講演］テレビ×スマートスピーカIoT連携サービス”，映情学技報，42，36，pp.41-45（Oct. 2018）
18) 高林：“［依頼講演］ハイコネXが開く視聴者とCMの新しい関係”，映情学技報，42，36，pp.47-50（Oct. 2018）
19) 伊藤：“［依頼講演］ハイブリッドキャストを用いたプリキャッシュ型アドレッサブルTVと音声参加型番組の検討”，映情学技報，42，36，pp.51-56（Oct. 2018）
20) 鈴木ほか：“超高圧縮伝送技術の開発～可変レート符号化制御～”，映情学技報，41，35，pp.33-36（Oct. 2017）
21) 笠原ほか：“輝度解像度を考慮したカラーフィルタ配列とそのデモザイキング”，映情学技報，42，5，pp.1-4（Feb. 2018）
22) R. Matsumoto: "Introducing the Perception-Distortion Tradeoff into the Rate-Distortion Theory of General Information Sources", IEICE Technical Report, pp.67-69, CS2018-79, IE2018-58（2018-11）
23) 緒方ほか：“線形ネットワーク符号のアルファベットサイズの判別”，映情学技報，42，1，pp.29-32（Jan. 2018）
24) 合志：“［招待講演］超解像技術の限界と監視カメラへの応用”，pp.25-30, CS2017-66, IE2017-81（2017-11）
25) 長谷川ほか：“低遅延・帯域制限オーディオコーデック装置の試作”，映情学技報，41，23，pp.29-32（July 2017）
26) 濱住：“低遅延デジタルラジオマイクの開発と標準化”，映情学技報，41，23，pp.25-28（July 2017）
27) 河原：“［特別講演］聴能形成～九州大学における音響技術者のための音響教育プログラム～”，映情学技報，43，2，pp.25-28（Jan. 2019）
28) 神田：“［特別講演］8Kスーパーハイビジョンの進展と新たな映像符号化への取り組み”，映情学技報，41，30，pp.29-35（Sep. 2017）
29) 高橋：“非対称無記憶2元通信路近似を用いたISDB-T自動起動信号に対する間欠受信特性解析”，映情学技報，42，11，pp.17-20（Mar. 2018）
30) 武智ほか：“HybridcastとHbbTVの等価なアプリケーションの生成手法～放送通信連携アプリケーションの国際交換の可能性～”，映情学技報，42，11，pp.9-12（Mar. 2018）
31) 小野ほか：“複数映像ビジョンによる高臨場ライブビューイングの取り組み”，映情学技報，42，23，pp.9-12（July . 2018）
32) 河村ほか：“放送番組と同期する自由視点ARのためのリアルタイム伝送システム”，映情学技報，42，41，pp.49-54（Nov. 2018）
33) 伊藤ほか：“360度全天球画像による新しいテレビ体験と受信機性能に基づくコンテンツ出し分けおよび主観評価手法”，映情学技報，42，5，pp.49-52（Feb. 2018）
34) 浦川ほか：“構造化データにより教育向けアプリケーションに連携した映像コンテンツの利用検証”，映情学技報，42，11，pp.1-4（Mar. 2018）
35) 今村ほか：“LDM方式のFPUへの適用に関する検討と試作”，映情学技報，42，23，pp.39-42（July 2018）
36) 小倉ほか：“レイリーフェージング環境下におけるインパルス雑音除去および伝送路推定に関する研究”，映情学技報，41，23，pp.33-36（July 2017）
37) 本田ほか：“二つの受信機から構成されたDTTB遅延信号を用いた航空機監視システム”，映情学技報，42，1，pp.77-80（Jan. 2018）
38) 岡田：“OFDMの動向”，映情学技報，41，30，pp.17-20（Sep. 2017）
39) 田口：“［特別講演］九州地区での放送技術研究会での28年の学生発表を振り返って”，映情学技報，42，1，pp.41-44（Jan. 2018）
40) 芳野ほか：“垂直面内指向性のビーム幅による見通し内外の受信電力特性”，映情学技報，43，2，pp.83-86（Jan. 2019）
41) 清水ほか：“平面型ガン発振器設計用ガンダイオードモデルの検討”，映情学技報，43，2，pp.21-24（Jan. 2019）
42) 福島ほか：“スロットリング共振器を用いた3ポートPushPush発振器の特性評価”，映情学技報，42，1，pp.57-60（Jan. 2018）
43) 武田ほか：“リング共振器を用いたマルチポート4次高調波PushPush発振器の基礎検討”，映情学技報，42，1，pp.53-56（Jan. 2018）
44) 後田ほか：“偏波変調器とガン発振器を一体化した12素子アクティブアレーアンテナの特性検討”，映情学技報，42，1，pp.45-48（Jan. 2018）
45) 江口ほか：“負性インピーダンス変換回路の設計法に関する検討”，映情学技報，42，1，pp.49-52（Jan. 2018）
46) 佐藤ほか：“オペアンプを用いた負性インピーダンス変換器の設計と安定化の検討”，映情学技報，43，2，pp.17-20（Jan. 2019）
47) 内山ほか：“45°傾けたアンテナ素子へのマジックTを用いた直交給電による円偏波共用アレーアンテナの測定評価”，映情学技報，43，2，pp.63-66（Jan. 2019）
48) 北村ほか：“平面型Magic-Tを用いたバランの基礎検討と可変移相バランへの応用”，映情学技報，43，2，pp.59-62（Jan. 2019）
49) 伊野ほか：“二重平衡型乗算器を複合した円偏波アンテナの特性改善に関する検討”，映情学技報，42，1，pp.61-64（Jan. 2018）
50) 松永ほか：“受動型高調波トランスポンダの設計”，映情学技報，43，2，pp.13-16（Jan. 2019）
51) 田口ほか：“誘電体基板に設けた円偏波アンテナ”，映情学技報，42，1，pp.73-76（Jan. 2018）
52) 山口ほか：“クランクスリット付き円偏波小型マイクロストリップアンテナ”，42，1，pp.65-68（Jan. 2018）
53) 春口ほか：“高い利得を持つ偏波共用リングアンテナの検討”，映情学技報，42，1，pp.9-12（Jan. 2018）
54) 田口ほか：“時間応答からのアンテナの動作原理の検討～第2報～”，映情学技報，42，1，pp.1-4（Jan. 2018）
55) 田口ほか：“コプレーナ線路を内蔵した長方形導体板上の逆Lアンテナ”，映情学技報，42，1，pp.17-20（Jan. 2018）
56) 西山ほか：“水平面に単一指向性を有する垂直偏波を用いた低姿勢な表面波アンテナ”，映情学技報，42，1，pp.21-24（Jan. 2018）
57) 田口：“時間応答からのアンテナの動作原理の検討～第3報～”，映情学技報，43，2，pp.91-94（Jan. 2019）

58)田口ほか：“不平衡超低姿勢給電逆Lアンテナを用いた2周波共用アンテナの設計法”，映情学技報，42，1，pp.25-28（Jan. 2018）
59)清水ほか：“3周波共用円偏波用プリント基板型逆Fアンテナ”，映情学技報，43，2，pp.67-70（Jan. 2019）
60)野一色ほか：“ボウタイ型メタ表面を用いた広帯域偏波変換の原理に関する検討”，映情学技報，43，2，pp.5-8（Jan. 2019）
61)K. Pookkapund et.al.：“A Broadband Circularly Polarized Microstrip Patch Antenna Using Circular Artificial Ground Structure", 映情学技報，42，1，pp.69-72（Jan. 2018）
62)大原ほか：“UWBハイバンドにおける円偏波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，43，2，pp.9-12（Jan. 2019）
63)山下ほか：“非破壊診断および目標物探査用超広帯域アンテナセット”，映情学技報，43，2，pp.43-46（Jan. 2019）
64)阿比留ほか：“反射板付き曲線状折返し構造を有するボウタイアンテナの特性”，映情学技報，42，1，pp.29-32（Jan. 2018）
65)田口ほか：“誘電体基板に印刷した無線電力伝送用逆Lアンテナ”，映情学技報，42，1，pp.13-16（Jan. 2018）
66)齊所ほか：“2種類の電圧を供給可能なマイクロストリップ-スロット十字分岐を用いた平面レクテナの試作検討”，映情学技報，43，2，pp.51-54（Jan. 2019）
67)宇都ほか：“腐食モニタリング用センサネットワークにおけるレクテナ活用法の一検討”，映情学技報，43，2，pp.55-58（Jan. 2019）
68)加藤ほか：“ホイップアンテナを搭載した自動二輪車の簡素電磁界解析モデルの提案”，映情学技報，42，5，pp.21-24（Feb. 2018）
69)西野ほか：“無線LANルータ近傍の人体内SAR評価”，映情学技報，42，5，pp.25-28（Feb. 2018）
70)真鳥：“電波型腹腔鏡アンテナシステムの検討”，映情学技報，42，1，pp.5-8（Jan. 2018）
71)川島ほか：“電波型内視鏡アンテナシステムに関する研究”，映情学技報，43，2，pp.47-50（Jan. 2019）
72)椋梨ほか：“ニューラルネットワークの逆散乱問題への応用に関する一検討”，映情学技報，43，2，pp.1-4（Jan. 2018）
73)高田：“［チュートリアル講演］放送における無線伝送技術”，映情学技報，43，2，pp.35-42（Jan. 2019）
74)岡田：“OFDM技術の動向”，映情学技報，41，30，pp.17-20（Sep. 2017）
75)高橋ほか：“特性関数法によるレイリーフェージング環境での捕捉効果の解析”，映情学技報，42，1，pp.89-92（Jan. 2018）
76)高橋ほか：“異なる無線通信システム間信号の電力差計算方法”，映情学技報，42，41，pp.45-47（Nov. 2018）
77)小倉ほか：“高次変調方式に対するインパルス雑音の影響軽減方式に関する研究”，映情学技報，42，23，pp.51-54（July 2018）
78)工藤ほか：“OFDM伝送のためのチャネル共分散推定を用いたチャネルおよび干渉電力結合最大事後確率推定法”，映情学技報，42，5，pp.29-32（Feb. 2018）
79)蒔苗ほか：“回り込みキャンセラを用いた再送信に関する基礎検討”，映情学技報，43，2，pp.79-82（Jan. 2019）
80)茂木ほか：“高速移動体からのリアルタイム映像無線伝送”，映像学技報，41，18，pp.25-28（June 2017）
81)R.H. Puspita et.al.：“Pilot Symbol Arrangement in Compressed-Sensing-Based Channel Estimation for MIMO-OFDM", 映情学技報，42，11，pp.29-34（Mar. 2018）
82)栗山ほか：“Massive MIMOにおける空間相関を用いたチャネル推定”，映情学技報，42，23，pp.1-4（July 2018）
83)中原ほか：“直交符号によるユーザ間信号分離を用いた過負荷MIMOシステムの検討”，映情学技報，41，30，pp.9-12（Sep. 2017）
84)池下ほか：“MIMO-OFDM通信のためのハードウェア化に向けたMMSE法に基づく逐次干渉キャンセラを用いた低演算量最尤推定手法の検討”，映情学技報，42，11，pp.25-28（Mar. 2018）
85)渡辺ほか：“並列度可変なMinSum LDPC復号器とそのメモリーバンクアクセススケジューリング手法”，映情学技報，42，23，pp.47-50（July 2018）
86)千葉ほか：“端末連携MIMO受信における高周波数帯端末間通信方式に関する伝送実験”，映情学技報，41，30，pp.1-4（Sep. 2017）
87)荒井ほか：“高周波数帯を用いた端末間連携通信の伝送特性”，映情学技報，41，30，pp.5-8（Sep. 2017）
88)千葉ほか：“高周波数帯を活用した端末連携受信システムに関する伝送実験”，映情学技報，42，5，pp.33-36（Feb. 2018）
89)荒井ほか：“端末連携MIMO受信において周辺環境の変化が車両内で行われる高周波数帯通信に及ぼす影響”，映情学技報，42，28，pp.1-4（Sep. 2018）
90)荒井ほか：“高周波数帯端末間連携通信の車両内における伝送特性”，映情学技報，42，5，pp.37-40（Feb. 2018）
91)D.F. et.al.：“Success Ratio of Inter-Terminal Communications in Higher-Frequency Bands for Terminals Collaborated MIMO Reception", 映情学技報，42，28，pp.5-8（Sep. 2018）
92)深澤：“素材伝送システムの周波数移行～移行の総論～”，映像学技報，41，23，pp.1-3（July 2017）
93)中川：“新周波数対応FPUの伝送技術”，映情学技報，41，23，pp.5-8（July 2017）
94)森本：“新周波数帯FPUにおける干渉波対策とアンテナ”，映情学技報，41，23，pp.9-11（July 2017）
95)斉藤：“FPU周波数移行のための実証実験”，映情学技報，41，23，pp.13-16（July 2017）
96)山本：“箱根駅伝における周波数移行”，映情学技報，41，23，pp.17-20（July 2017）
97)阿部：“特定ラジオマイクの周波数移行とその運用について”，映情学技報，41，23，pp.21-24（July 2017）
98)須藤ほか：“移動伝送用FPUにおけるスペクトラムセンシング方式の検討”，映情学技報，41，35，pp.25-28（Oct. 2017）
99)小坂ほか：“移動伝送用FPUにおける干渉回避のための周波数遷移方式の検討”，映情学技報，41，35，pp.29-32（Oct. 2017）
100)須藤ほか：“移動伝送用FPUにおけるチャネルアグリゲーションの検討”，映情学技報，42，23，pp.17-20（July 2018）
101)居相ほか：“超高精細番組素材映像の移動体無線伝送システムの研究開発”，映情学技報，41，35，pp.1-4（Oct. 2017）
102)伊藤ほか：“適応送信制御4×4TDDSVDMIMOシステムの試作と評価”，映情学技報，41，35，pp.5-8（Oct. 2017）
103)鵜澤ほか：“適応送信制御4×4TDDSVDMIMOシステムに適用するレートマッチング方式”，41，35，pp.9-12（Oct. 2017）
104)光山ほか：“適応送信制御4×4TDDSVDMIMOシステムの野外伝送実験”，映情学技報，41，35，pp.13-16（Oct. 2017）
105)波多野ほか：“2.3GHz帯移動中継用FPU電波伝搬特性のモデル化～パイロット信号を用いたモデル化の手法～”，映情学技報，41，35，pp.17-20（Oct. 2017）
106)杉山ほか：“2.3GHz帯移動中継用FPU電波伝搬特性のモデル化～市街地および郊外での伝搬試験に基づくモデル化の結果～”，映情学技報，41，35，pp.21-24（Oct. 2017）
107)村瀬ほか：“マイクロ波帯4K･8K用FPUにおけるOFDMパイロットレベルの検討”，映情学技報，42，5，pp.41-44（Feb. 2018）
108)伊藤ほか：“適応送信制御4×4TDDSVDMIMOシステムによる8K映像の移動伝送実験”，映情学技報，42，36，pp.73-76（Oct. 2018）
109)伊藤ほか：“［記念講演］次世代移動中継用FPUに向けた適応送信制御4×4TDD-SVD-MIMOシステムの開発”，映情学技報，42，11，pp.21-24（Mar. 2018）
110)青木ほか：“無線IF信号のイーサネット伝送システムの検討～ワイヤレスカメラの運用改善に向けて～”，映情学技報，42，23，pp.13-16（July 2018）
111)松崎ほか：“42GHz帯電力増幅器の非線形歪を考慮したSC-FDE方式の性能評価～4K･8Kワイヤレスカメラ開発に向けて～”，映情学技報，42，11，pp.13-16（Mar. 2018）
112)白井ほか：“次世代地上放送暫定仕様の信号帯域幅拡張に関する検討”，映情学技報，42，11，pp.43-46（Mar. 2018）
113)大坪ほか：“移動受信環境下におけるMMSE型偏波MIMOICIキャンセラの特性評価”，映情学技報，42，5，pp.9-12（Feb. 2018）
114)岡野ほか：“地上放送高度化技術の研究に用いる大規模実験環境の構築”，映情学技報，42，11，pp.47-50（Mar. 2018）
115)本田ほか：“二つの受信機から構成されたDTTB遅延信号を用いた航空機監視システム”，映情学技報，42，1，pp.77-80（Jan. 2018）
116)川村ほか：“地上デジタル放送波を用いた水蒸気量推定”，映情学技報，42，18，pp.17-20（June 2018）

117)岩崎ほか：“衛星放送受信設備における漏洩電力簡易測定法の基礎検討”，映情学技報，41，30，pp.21-24（Sep. 2017）
118)長坂：“［記念講演］超高精細度テレビジョン衛星放送の受信システムに関する研究開発”，映情学技報，41，23，pp.41-46（July 2017）
119)長坂ほか：“21GHz帯衛星放送中継器を利用した伝送実験への取り組み”，41，43，pp.43-46（Nov. 2017）
120)岩本ほか：“気象データを用いたKa帯マルチビーム型衛星放送システムのビーム制御法の検討～レーダアメダス降水データの有効性の評価～”，映情学技報，43，2，pp.71-74（Jan. 2019）
121)井上ほか：“［特別講演］4K/8Kの時代のためのプラスチック光ファイバ技術”，映情学技報，42，37，pp.61-65（Nov. 2018）
122)小川ほか：“クリップ送信方式によるPSKとOOK信号の共存するネットワークの誤り率特性に関する研究”，映情学技報，42，5，pp.17-20（Feb. 2018）
123)高野ほか：“単一正弦波を用いた光ビームの位置ずれ検出の有効性に関する検討”，映情学技報，42，5，pp.5-8（Feb. 2018）
124)高野ほか：“高速リバースモード散乱型液晶デバイスを用いた光追尾反射型空間光変調器の基礎伝送特性”，映情学技報，42，37，pp.49-54（Nov. 2018）
125)小村ほか：“ダイバー間のハンズフリーな会話を目指した可視光通信システムの検討―自動光対向機能を備えた光トランシーバ―モジュールの試作―”，映情学技報，41，39，pp.49-54（Nov. 2017）
126)松本：“［特別講演］ケーブルテレビの最新技術動向とグランドデザイン2020's”，映情学技報，41，39，pp.55-62（Nov. 2017）
127)林：“［依頼講演］ケーブルテレビシステムの概要と新4K8K衛星放送の再送信方式等”，映情学技報，42，37，pp.95-96（Nov. 2018）
128)上園ほか：“［依頼講演］4K/8K放送もケーブルテレビで見られます!～ケーブルテレビにおける4K/8K放送に向けた技術的取組～”，映情学技報，42，37，pp.97-100（Nov. 2018）
129)木谷ほか：“ケーブルテレビ伝送網での効率的な映像配信技術の提案～放送・通信動的配信切換技術の開発～”，映情学技報，42，37，pp.101-105（Nov. 2018）
130)松岡ほか：“学園祭におけるエリアワンセグ放送の実施”，42，1，pp.33-36（Jan. 2018）
131)酒井：“［特別講演］5Gの展望～5Gでもっと自由に～”，映情学技報，41，23，p.47（July 2017）
132)浦野：“［特別講演］4K･8K実用放送開始に向けた各所での取組み”，映情学技報，41，18，pp.33-36（June 2017）
133)山下：“［特別講演］番組制作用4K/8Kビデオインタフェースの動向”，映情学技報，42，28，pp.17-20（Sep. 2018）
134)小山ほか：“フルスペック8K制作システム　－ライブ制作実証実験－”，映情学技報，41，23，pp.29-32（July 2017）
135)小山ほか：“8K 60Pフル解像度リアルタイム編集機の開発”，映情学技報，42，23，pp.5-8（July 2018）
136)古宮ほか：“［依頼公演］テレビ同時配信実験（試験的提供B）システムの概要”，映情学技報，41，18，pp.1-4（June 2017）
137)本間：“［依頼公演］TV'erサービスの概要”，映情学技報，41，18，pp.9-12（June 2017）
138)和田：“［依頼公演］テレビ東京動画配信事例：テレビ東京ビジネスオンデマンド”，映情学技報，41，18，pp.13-16（June 2017）
139)伊藤：“［依頼公演］放送と配信の連携による「HD/4Kの切替視聴番組」と「アドレッサブルTV」の実現”，映情学技報，41，18，pp.17-20（June 2017）
140)上村：“［依頼公演］民放局による動画配信CDNの取り組み”，映情学技報，41，18，pp.21-23（June 2017）
141)熊谷：“［依頼公演］Qテイクを使用したアドサーバとの連携”，映情学技報，41，18，pp.5-8（June 2017）
142)関：“TBSテレビ地上波マスター更新概要”，映情学技報，42，18，pp.1-4（June 2018）
143)合原ほか：“日本テレビマスターの放送ユニバーサルデザインへの取り組み－緊急地震チャイム音/RT字幕高速化と別出し副音声－”，映情学技報，42，18，pp.5-7（June 2018）
144)喜屋武ほか：“日本テレビマスターマルチチャネル編成の新手法の考察”，映情学技報，42，18，pp.9-11（June 2018）
145)水野：“テレビ東京・BSジャパン新本社スタジオ照明設備”，映情学技報，41，30，pp.25-28（Sep. 2017）
146)倉掛：“［依頼講演］IP番組制作システムの開発動向”，映情学技報，42，37，pp.55-60（Nov. 2018）
147)河原木ほか：“IPリモート制作に向けた遠隔地との同期手法の検証”，映情学技報，42，11，pp.5-8（Mar. 2018）
148)本田：“熊本県民テレビ新社屋とマスターの概要－ローカル局の更新－”，映情学技報，42，18，pp.13-16（June 2018）
149)中尾：“［特別講演］NHK仙台放送局新放送会館の概要－災害に強く地域に寄り添う放送局を目指して－”，映情学技報，42，28，pp.21-21（Sep. 2018）
150)東田：“ドローンの実用化の背景と飛行の仕組みおよび運用方法”，映情学技報，42，18，pp.21-22（June 2018）
151)石井：“TBSのドローンエンタテインメント利用”，映情学技報，42，18，pp.23-26（June 2018）
152)菅井：“報道現場でのドローン活用”，映情学技報，42，18，pp.27-30（June 2018）
153)佐藤ほか：“情報漏洩防止型読み出しロック機能付きSDメモリーカードの開発”，映情学技報，42，1，pp.81-84（Jan. 2018）
154)江富：“熊本地震におけるNHKの対応（中継放送所編）”，映情学技報，42，1，pp.37-40（Jan. 2018）
155)浅川：“［チュートリアル講演］放送局の番組制作～大規模中継番組が放送されるまで”，映情学技報，43，2，pp.29-34（Jan. 2019）

斎藤（さいとう）　恭一（きょういち）　1989年，慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業．同年，NHK入局．甲府放送局，放送技術研究所，技術局を経て，2015年より放送技術研究所に勤務．4K8K衛星放送，IP伝送方式の研究・開発に従事．正会員．

杉山（すぎやま）　賢二（けんじ）　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．

村田（むらた）　英一（えいいち）　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学研究科准教授．正会員．

竹内（たけうち）　真也（しんや）　1999年，東京大学大学院電気工学専攻修士課程修了．同年，NHK入局．大阪放送局を経て，2002年より，放送技術研究所にて，ネットワークを利用した番組制作システムや次世代放送サービスの研究開発に従事．2005年，独IRT滞在研究員．現在，ネットサービス基盤研究部に所属．ARIBデジタル放送システム開発部会データ符号化方式作業班主任．正会員．

大内　幹博（おおうち　みきひろ）　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．

湯川　純（ゆかわ　じゅん）　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次世代フレームワーク開発プロジェクトグループ所属．正会員．

岡田　実（おかだ　みのる）　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．

小島　敏裕（こじま　としひろ）　1983年，早稲田大学理工学部電子通信学科卒業．同年，キヤノン（株）入社．1988年，（株）フジテレビジョン入社．技術局にて制作技術，報道技術，社屋移転/設備計画，技術開発，送信技術を担当．現在，同社技術局技術開発部所属．正会員．

申斐　創（かい　つくる）　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．

森　享宏（もり　たかひろ）　1991年，筑波大学第三学群情報学類卒業．同年，（株）東京放送入社．技術局，開発局にて，ポスプロ・CG業務に従事．スタジオ・中継番組制作のテクニカルマネージャ業務等を経て，現在，（株）TBSテレビ技術局技術推進部に所属．正会員．

鈴村　高幸（すずむら　たかゆき）　1998年，全国朝日放送（株）（現（株）テレビ朝日）入社．主に親局・中継局送信設備，FPU伝送基地設備などの無線設備保守・構築業務に従事．現在，技術局設備センターに所属．

津田　貴生（つだ　たかお）　1996年，大阪大学大学院工学研究科前期課程修了．同年，NHKに入局．放送技術研究所を経て，現在，放送技術局制作技術センターに所属．主に8K制作の技術コーディネーション業務に従事．正会員．

斉藤　一（さいとう　はじめ）　1993年，芝浦工業大学工学部電子工学科卒業．同年，（株）テレビ東京入社．制作技術部門で撮影業務に従事．回線および送出運行業務を経て，現在，技術局技術推進部所属．正会員．

並川　巌（なみかわ　いわお）　1980年，立命館大学理工学部電気工学科卒業．同年，関西テレビ放送（株）入社．送出部を経て制作技術部にて，スタジオ，中継番組制作，3D-CG開発に従事．BSフジ出向を経て，技術推進部で研究開発に従事し，現在，放送技術局に所属．正会員．