

# “社会をつなぐ。未来をつむぐ。” 通信・映像技術

Communication and Video Technologies to Connect Society and the Future



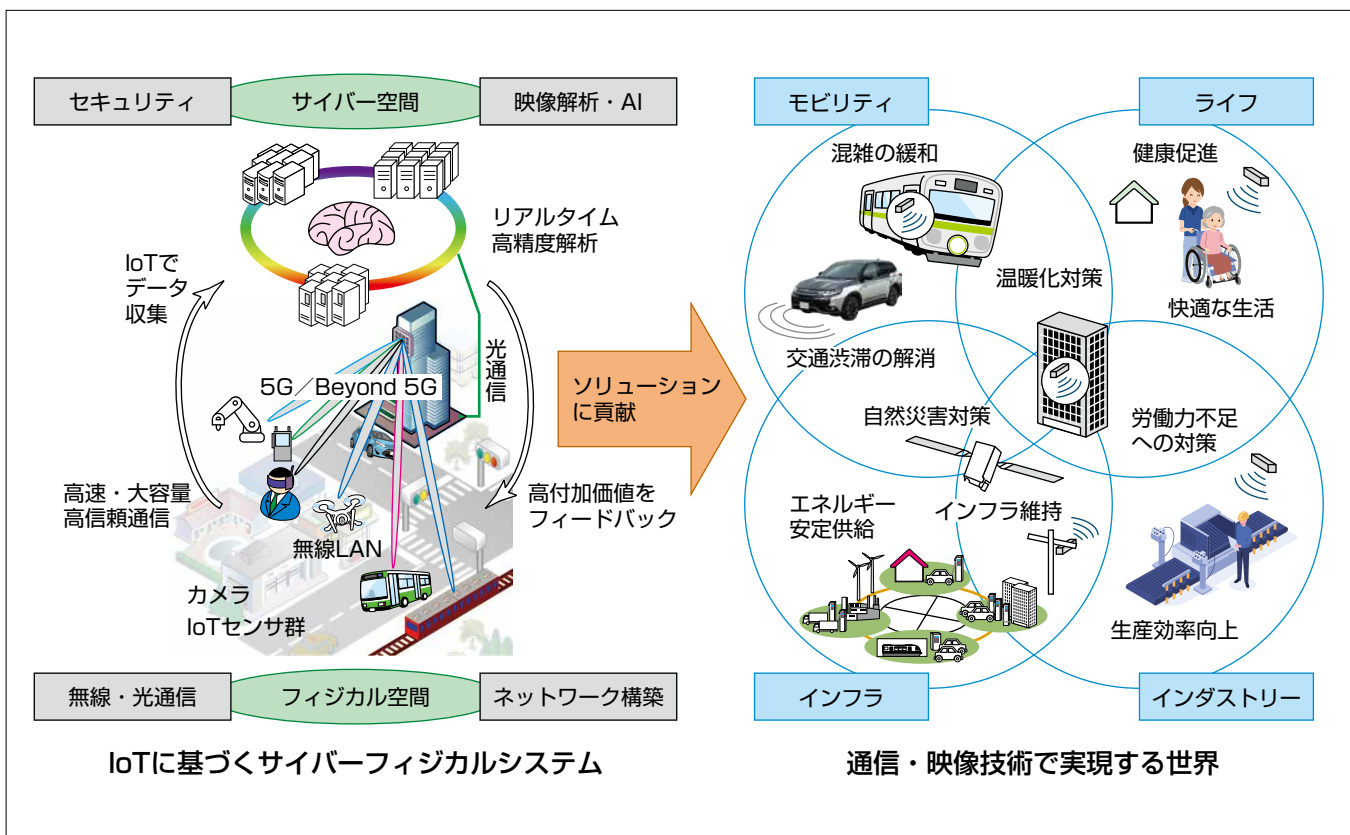
三嶋英俊\*  
Hidetoshi Mishima

## 要 旨

日本は、Society5.0としてサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることによって経済発展と社会課題の解決を目指している。Society5.0では、IoT(Internet of Things)で全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有されて、多くの情報の分析から新たな価値が生まれ出される。通信・映像技術は、IoT時代の社会基盤として、人の移動を最小限に抑え得るものであり、メディア情報を使って移動先があたかもそこにあるかのように人々の交流がなされて活発な社会活動に大きく寄与する。既にサービスが始まっている第5世代移动通信システム(5G)は、“高速・大容量”“高信頼・低遅延”“多数同時接続”の特長がIoT時代を更に進展させるのにふさわしいと期待される。

三菱電機は、今後複雑化する社会課題を解決し、一人ひとりがより豊かで快適に暮らせる、持続可能な社会の実現に向けて、より高い価値を持つソリューションを提供していく。通信・映像技術は、遠隔地に単に映像をリアルタイムで届けるだけではなく、IoTデータに基づいてフィジカル空間で起きている内容をサイバー空間で分析し、より高度に把握して社会に価値を戻す社会システムに貢献していく。

ソリューションの共通基盤としてビジネスを支える通信技術の更なる高速化・高信頼化・低遅延化はもちろんのこと、アプリケーションを含めて技術課題を掘り下げて研究開発を進め、安心・安全・快適な未来社会の実現を通して社会課題の解決を加速する。



## 通信・映像技術の進展が貢献するソリューション(Society5.0の実現に向けて)

あらゆるものがネットワークに接続されたフィジカル空間(現実世界)から、高速・大容量・高信頼な情報通信技術を用いたIoTによって大量のデータがサイバー空間上に蓄積される。サイバー空間で当社AI(Artificial Intelligence)技術“Maisart(マイサート)”や各種解析技術を用いて高い価値を創造し、現実世界にフィードバックすることで具現化する。多様なニーズにきめ細かに対応したモノやサービスを含めたソリューションを提供し、社会課題を解決する。

## 1. ま え が き

Society5.0で実現する社会は、IoTで全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有されて、今までにない新たな価値を生み出す。IoTで集められたデータに基づいて現場映像などを解析するAI技術やIoTシステムそのものを支えるものとして、情報通信技術が全ての根幹になっている。最近のパンデミックでは、感染拡大防止のために世界中の多くの都市でテレワークでの在宅勤務を余儀なくされるなど、改めて情報通信の重要性が実感されている。このように情報通信の重要性は今後ますます高まると予想され、この期待に応えるために情報通信技術も急速に進展していく。

当社では、ライフ、インダストリー、インフラ、モビリティの4領域で、ソリューションの提供によってこのような社会課題を解決して新しい顧客価値を提供することで、Society5.0の社会を実現することを目指している。

本稿ではこれらにスポットを当てて、四つの領域で基盤になる情報通信技術として通信技術及び映像解析技術などの新たな技術への取組みについて述べる。

## 2. ライフ領域

### 2.1 家庭内の情報通信システム

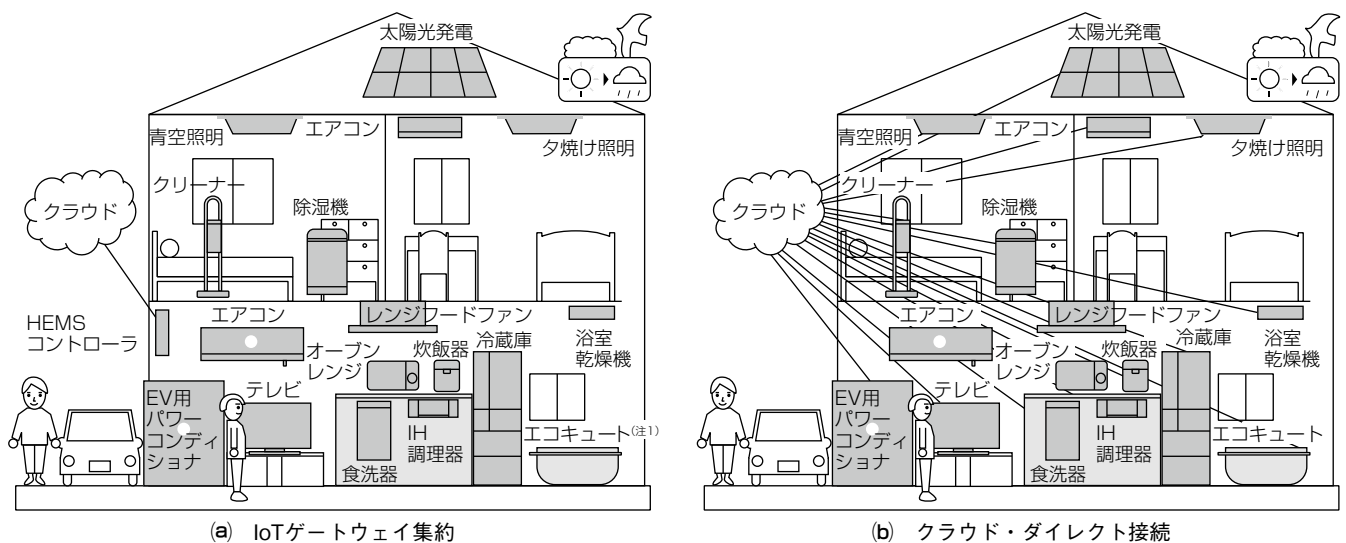
家庭内の情報通信システムは、パソコンやテレビ、タブレット等のほかに、家電をネットワークでつなげるHEMS(Home Energy Management System)が既に実用化されて普及が始まっている。パワーコンディショナや蓄

電池とつながり、家電・住宅設備(以下“家電”という。)が消費する電力量を“見える化”して、家庭で各々が省エネルギーの工夫をする。又は、AIを使って家電を制御して電気代を節約できるようになった。

さらに、IoT時代を迎え、家電はIoTの機器へと大きく変わっていきこうとしている。AIスピーカーなどのIoTガジェットと組み合わせてハンズフリーで人の命令を音声で受けて制御できるようなシステムなどがその代表である。これまでは、家電はIoTゲートウェイ(以下“IoT GW”という。)技術を適用したHEMSコントローラを経由してクラウドに接続されるシステム(図1(a))が主流であったが、AIスピーカーなどで見られるのはIoT機器が直接クラウドに接続されるタイプのシステムである(図1(b))。これによって広域で機器のデータを収集・解析し、エネルギーマネジメントやライフケアを始め、世の中の消費動向に基づきながらも、個々の志向や機器の使われ方に応じたもろもろのサービスを楽しむことができるようになる。すなわち、家電のIoT機器化によって、コト(サービス)の価値が重視される時代になっていくものと考えられ、より快適な生活の実現に貢献する。また、血圧、脈波など健康関連のウェアラブルデバイスなどとの連携で、健康確保などに有益なソリューションの実現も可能になる。

### 2.2 IoT時代のセキュリティ技術

IoTの進展によって、家庭内とはいえネットワークを介したサイバー攻撃による機密情報の漏洩(ろうえい)や重要インフラの機能不全のリスクが高まっている。IoT時代ではネットワークにつながる機器への不正操作を防止する機器のセキュリティがますます重要になる。家電の使われ方によってはプライバシー情報など、高いセキュリティが求



(注1) エコキュートの名称は、電力会社・給湯機メーカーが自然冷媒CO<sub>2</sub>ヒートポンプ給湯機を総称するペットネームとして取り扱っている。

IH: Induction Heating(電磁誘導加熱), EV: Electric Vehicle(電気自動車)

図1. 家庭内の情報通信システム

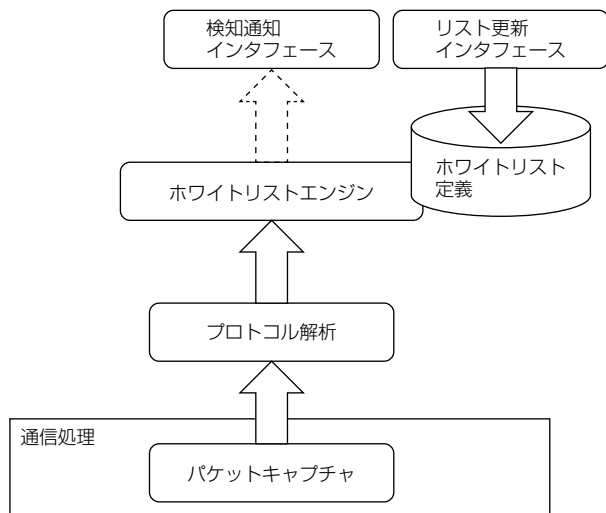


図2. ホワイトリスト型攻撃検知機能のブロック図

められる情報も保存されることが想定される。その場合に、クラウド・ダイレクト接続ではなく、IoT GWで一旦集約することでセキュリティ確保が可能になる。頻繁に機能や構成の変更を行わないIoT機器やIoTシステムのセキュリティを保護するためには、不正なプログラムや通信を検知するブラックリスト型アプローチより、正しいプログラムや通信を定義し、定義から逸脱するプログラムや通信を検知するホワイトリスト型アプローチが有効である。

当社は、GW自身と配下のIoT機器を守るための仕組みとして、将来のIoT GWへの適用を視野に、組み込み装置向けホワイトリスト型セキュリティ機能とホワイトリスト型攻撃検知機能<sup>(1)</sup>を開発した。前者はGW自身が実行するプログラムを監視する機能である。後者はGW配下のIoT機器の通信を監視する機能である。図2にホワイトリスト型攻撃検知機能のブロック図を示す。ホワイトリスト型攻撃検知機能は、監視対象とする通信を捕捉し、あらかじめ設定されたホワイトリスト定義との照合をホワイトリストエンジンで行い、定義に合致しない通信を検知する。また、システムの動作状態に応じて複数のホワイトリスト定義を切り替えることで、リアルタイム性を確保しつつ高度な攻撃検知を可能にしている。

未知の攻撃も含めて検知可能なこれら二つのホワイトリスト機能を活用し、よりサイバー攻撃に強いIoTシステムを提供していく。

### 3. インダストリー領域

#### 3.1 産業分野への5G応用

各国で商用サービスが開始された第5世代移動通信システム(5G)では、従来の高速・大容量に、新たに多数同

時接続、超高信頼・低遅延を加えた三つの柱を特長として、様々なサービス要件に応じた通信環境が提供可能になる。このような柔軟性を持つ5Gを活用した新たなビジネスやサービス創出が期待されており、これまでの通信事業者向け通信以上に高い無線通信の信頼性が求められる産業分野など異業種分野への適用が検討されている。特にファクトリオートメーション(FA)分野では、5Gの超高信頼・低遅延通信の特長を生かして、産業用通信規格である“CC-Link IE TSN”などの産業用Ethernet<sup>(注2)</sup>系の通信プロトコルを5G上で利用可能にする技術開発が進んでおり、5G LAN-typeサービスのサポート、ネットワークのリアルタイム性を保証するTSN(Time Sensitive Networking)に対応するクロック同期技術の導入によるTSC(Time Sensitive Communication)、複数の通信経路を用いた冗長的な無線通信による高信頼化技術などが3GPP(The 3rd Generation Partnership Project)で規格化されている。クロック同期技術では、5Gシステム全体を産業用ネットワーク内の一つの仮想的なブリッジに見せるトランスレータ機能を設けることで既存のFA機器に影響を与えることなくシームレスな接続を実現できる。FA向け5G規格の第1弾は、2020年6月に3GPP Rel.16で規格化され、主要な機能をサポートする3GPP Rel.17は2021年9月に規格化を完了予定である<sup>(2)</sup>。

このような状況を背景に、総務省では地域や産業の個別ニーズに応じて自治体や企業等が柔軟に独自の5Gシステムを構築・利用できるローカル5Gを2019年12月に制度化(28.2~28.3GHz)し、これまで通信事業者以外は困難であった専用帯域の電波免許取得が可能になった。2020年12月には新たに4.5GHz帯の利用や屋外での利用なども計画されている。ローカル5Gでは専用帯域の利用で安定した通信環境が得られることに加えて、企業が目的に応じて自由に5Gシステムを構成でき、SIM(Subscriber Identity Module)カードによる認証機能の提供など高いセキュリティが確保できるメリットが期待できる。さらには、この技術は変種変量生産が進む未来社会で、無線でネットワークを構築できることから製造ラインのリレイアウトが容易になり、生産性向上に寄与できる。

当社は産業用途への5G活用の取組みとして、総務省から2020年4月にローカル5Gの実験試験局免許を取得し、当社FA製品と接続した5G通信接続及び通信性能などの技術検証を開始した。この技術検証で得られた5G活用の知見を基にサービスや製品への適用の検討を進める。

(注2) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

#### 3.2 産業分野へのネットワーク仮想化技術応用

ローカル5Gを産業分野に導入する際に、幅広いアプリ

ケーションで付加価値を確保するには、それぞれのアプリケーションが要求する様々なE2E(End-to-End)での通信品質を確保して素早くネットワーク構築することが重要になる。そこでE2Eでの通信要件を反映可能なネットワークスライス(論理的に分割され独立したネットワーク)を活用し、ダイナミックにネットワークを再構成することによって利用効率の高いネットワーク運用を実現する技術を開発した。

現在の通信ネットワークで、交換機や中継伝送装置の間を結ぶ基幹ネットワークに関してはネットワークスライスの要素技術であるネットワーク仮想化技術の導入が進められているが、端末と収容局を結ぶアクセスネットワークへの適用には至っておらず、工場など様々な種類の機器・システムが端末として接続されるネットワークでのE2E通信品質の確保が課題になっている。これに対して当社では、2017年に総務省から受託した“IoT機器増大に対応した有線最適制御型電波有効利用基盤技術の研究開発”への取組み等によって、アクセスネットワークをツリーやリングなどの接続形態、又はIP(Internet Protocol)やEthernetなどのプロトコルに依存しない形態に抽象化して通信リソースの管理制御を行うネットワーク制御技術を開発している<sup>(3)</sup>。

特に伝送遅延時間の要求度に応じて、事前に通信リソースを複数のクラスに分類し、クラスごとに通信速度や可用性(システムを停止することなく稼働し続ける能力)などを算出しておくアルゴリズムを開発し、ネットワーク構築の要求を受けた際に最適な通信リソースを素早く割り当てることを可能にした。また、アクセスネットワークでの各論理リンクの通信リソース利用状況を管理して、スライスが利用する論理リンクを選択する方式を考案し、多数のスライスを効率よく収容できるようにした。今後、この技術を適用したネットワークスライス応用を進める。

### 3.3 産業分野への映像技術応用～骨紋(こつもん)～

人手作業を含んだ製造現場では、生産性及び品質向上のために、作業時間や作業ミスなどの情報が必要になる。従来は、監督者が目視で作業時間の計測や作業ミスの有無確認を行っていたため、問題点の抽出に膨大な時間を要していた。このような監視や問題抽出を自動化し、IoTを活用して迅速に効率改善を進めることが求められている。

当社は、AI技術“Maisart”による作業分析ソリューション“骨紋”を開発した。骨紋はカメラ映像から抽出した作業者の骨格情報から作業内容を認識して、作業時間を自動計測する。従来のカメラ映像を直接利用する方式では、作業内容を認識するために作業者の動作を数千サンプル学習させる必要があった。骨紋では作業者の動きを最もよく表す

骨格情報を使うため、10サンプル程度の骨格情報を学習させるだけで作業内容の認識が可能である。さらに、作業者の体格差を吸収できるように学習させるため、同じ作業内容であれば、学習時と異なる作業員でも作業内容の認識が可能である。この技術は、作業員の作業内容を解析して生産性向上の分析に貢献する。

製造現場での評価の結果、骨紋によって監督者の作業分析の工数を10分の1に削減できることが明らかになった。今後、実用化に向けて検証を重ねていく。

## 4. インフラ領域

### 4.1 インフラ制御の高度化

国内では労働人口の減少や近年の大規模自然災害の増加等を背景に、IoT活用による社会インフラの効率的な運用や維持管理に対するニーズが高まっている。作業員を現場に派遣することなくインフラ設備を遠隔監視するためには広域を高い信頼性でカバーする無線通信技術が重要になる。

インフラ向け無線通信技術の一例として、当社は電力スマートメータ用に920MHz特定小電力無線を適用した無線マルチホップネットワークを実用化している。スマートメータネットワークでは30分ごとの検針データをメータ間で無線中継しながら電力会社へ送信することで、直接通信では電波が届かない電力会社管内の広域に対する自動検針を実現している。

また、電力インフラでは、今後更なる導入拡大が予想される再生可能エネルギー(以下“再エネ”という)に対応した電力網の安定化が運用上の課題に挙がっている。再エネの発電量は、天候に応じて数十秒程度で大きく変動するため、接続した電力網の電圧を高頻度で測定して適正值に制御する必要がある。このような短周期での広域監視制御に対応するために、当社は無線マルチホップネットワークの低遅延化に関する技術開発を進めており、無線信号の変調処理を中継情報と監視制御情報に対して個別に行い、中継情報を先行復調することで無線中継処理にかかる遅延を短縮する逐次復調処理技術を開発した<sup>(4)</sup>。この技術によって、無線信号全体の復調処理を待たずに中継情報の復調だけが完了した時点で中継先の選択を開始でき、無線中継に要する遅延を低減できる。

### 4.2 IoT社会を支える光通信網

日本国内では2020年に5Gの実サービスが始動したが、その超高速大容量、超低遅延、多数同時接続といった従来の移動体通信を超えた特長によって、単なる通信手段からAIやIoTの社会への浸透を加速するなど、未来のIoT社

会を創造する重要な基盤技術になることが期待される。さらに2030年の実現を目指したBeyond 5Gに向けた議論も既に開始され、その実用化に大きな期待が寄せられている。これら次世代の移動体通信ネットワークでは、従来の100倍から1,000倍にも達する超大容量ユーザー・基地局を効率よく収容する手段として、その幹線ネットワークである光通信技術に対する期待がますます高まっている。これを受けて当社は、2018年から国立研究開発法人 情報通信研究機構(NICT)の高度通信・放送研究開発委託研究として“Beyond 5Gに向けたモバイル収容大容量光アクセスインフラの研究開発”，及び“超並列光ネットワーク基盤技術の開発”を受託し、ユーザー当たり100Gbpsの超大容量無線ユーザーを効率よく収容可能な新たな光伝送技術、光変復調技術、光信号処理技術の研究を開始している<sup>(5)</sup>。高速・大容量、高信頼化が進む光通信技術は、未来社会の基盤をなし、例えばテレワークの拡充や分散オフィスによる事業継続、再エネ仮想発電所によるエネルギー安定供給などにも広く貢献する。

さらには、これら次世代の光通信技術を中心に、2030年の未来社会に貢献する新たな技術、ユースケースをオープンに共創する場としてIOWN(Innovative Optical and Wireless Network) Global Forumが2020年4月から開始された。当社もスポンサーメンバーとして参画することでその活動を推進する一翼を担うなど、光通信技術を軸にした未来社会への貢献に向け、その活動の場を拡大している。

#### 4.3 安心・安全を支える映像技術

インフラ向けの監視カメラ市場は、映像管理(Video Management System : VMS)や映像解析(Video Content Analysis : VCA)を活用した各種ソリューションの展開によって、国内外で拡大している。

このような需要の増加に対応して、当社グループでは、Maisartを用いて人物検出や不審行動検出を行う映像解析

ソリューション“kizkia”を実用化している。また、画像式水位計測装置“フィールドエッジ”も市場展開しており、近年の局所豪雨や巨大化した台風で氾濫する河川を監視するシステムを提供している。これによって、自然災害に対する安心・安全なソリューションの実現に寄与している。さらには、複数のカメラ映像を、上空から見下ろしたような映像に合成する俯瞰(ふかん)映像合成システム“Fairview”を開発し、これによって監視員の労働人口の減少にも対応可能な製品を実用化している。広い範囲を複数の監視カメラで監視する場合、従来の映像監視システムでは、カメラ同士の位置関係や向きが、監視する現場とは一致しない個別の映像として表示されていた。そのため、広い範囲を移動する監視対象の追従・位置把握が困難という課題があった。Fairviewは、この課題を解決し、監視業務を効率化するものである。このほか、インフラ維持に向けては、レーザーによる三次元計測データと壁面用高精細カメラによる高精細画像などを解析し、壁面ひび割れを図化するトンネル点検や鉄道沿線計測に提供している。VCAの分野では、解析結果に基づく情報提供など、監視用途以外にもカメラ映像の活用が拡大しており、今後も需要の増加が予想される。

## 5. モビリティ領域

### 5.1 列車制御を支える通信技術の高度化

従来の列車制御システムは、列車の在線位置を車軸によるレール間短絡で電氣的に検知する軌道回路や、信号機などの地上設備を主体に構成されており、設備の維持管理コスト等の課題があった。これに対して地上設備の大幅な削減が期待できる無線式列車制御システム(図3)を実用化した。無線式列車制御システムでは、列車が地上子や自車の速度情報で計算した位置情報を基地局へ無線伝送し、地上

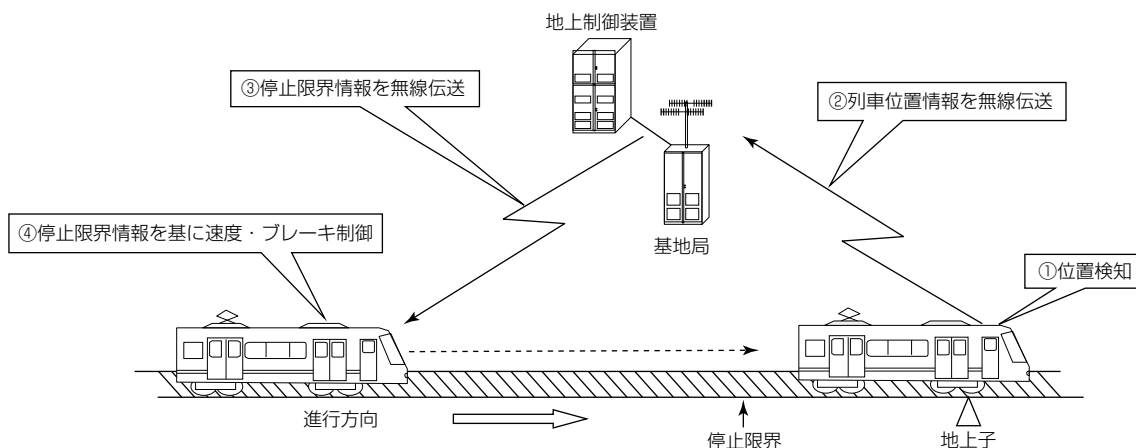


図3. 無線式列車制御システム

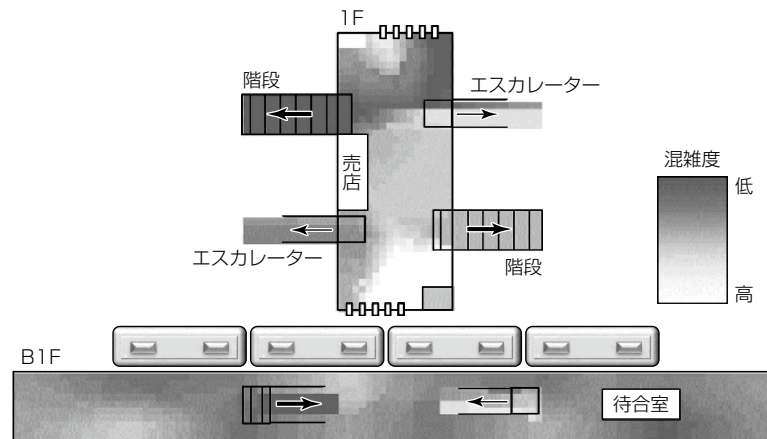


図4. 駅全体の混雑ヒートマップ

制御装置が受信した位置情報を基に後続列車に対する停止限界情報を生成して、基地局から列車へ無線伝送する。後続列車は、受信した停止限界を超えないようにブレーキパターンを作成して自車の速度を制御する。安全な列車制御を支える無線伝送には、高い信頼性が求められ、複数のアンテナを用いるダイバシティ技術と同一情報の複数回再送を適用することで担保している。

また最近では人口減少社会の到来による運転士等の不足に備えるため、列車制御システムを更に高度化した既設在来線での自動運転の実現が望まれている。この場合、列車の出発制御や制動操作等、列車と地上との間で伝送する情報量が増えるため、無線通信の伝送容量拡大が課題になる。これに対して当社は、送信信号の位相に加えて、二つの送信ダイバシティアンテナ間の送信信号の相対的な振幅・位相にも情報を乗せることで周波数帯域幅を増やさずに伝送容量を拡大する技術を開発している<sup>(6)</sup>。

## 5.2 公共交通機関の映像監視技術

駅や空港では利用者の安全確保、スタッフの業務効率化、運行遅延の抑制などの面から、混雑緩和のニーズが高まっている。混雑緩和は混雑の状況を正確に把握し、利用者を適切に誘導することが重要であり、当社でも幅広い監視カメラ製品を展開している。

そこで当社は、IoTシステムとして設置される監視カメラの映像を解析して、人数や混雑度(人密度)を推定する群集解析技術を開発した。混雑時は人が重なり一部が見えない映像になるため、従来では人数推定が困難であったが、AIを用いて人の重なり具合から人数や混雑度を90%の精度で推定することに成功した。図4は駅の複数の監視カメラ映像を使って混雑度を推定した混雑ヒートマップである。このように駅全体の混雑状況を利用者やスタッフに提示することで、混雑緩和に向けた利用者の適切な誘導が可能に

なる。列車内カメラの増設も進んでおり、今後は列車内の混雑情報も取り入れ、沿線全体の安心・安全を支えていく。

## 6. むすび

Society5.0の実現に向けたIoT時代に必要になる通信・映像技術の展望及び技術課題に対する取組みを述べた。情報通信技術の進展は著しく、10年後に訪れるであろうBeyond 5Gに向けた議論を通じた研究開発や、未開拓ではあるが将来有望視されているテラヘルツの利用についても研究を進めている。Society5.0の未来社会では様々な物理通信網が有機的に接続された災害に強いレジリエントなネットワークが形成され、その上に例えば知的・身体的障がいや物理距離のハンディキャップを克服するような超臨場感を持ったテレエグジスタンス、テレツーリング、遠隔医療、デジタルツインなどのサービスの実現が考えられる。

このような未来社会では情報通信に関わる要素技術の進展が必要なだけでなく、これら要素技術を統合し、システム全体を制御する技術、例えばネットワーク仮想化技術や集まってくる映像を含む様々な情報を有機的に結び付けてリアルタイムで解析する技術などが重要になってくると考えられる。それらの研究開発を加速し、安心・安全・快適な未来社会の実現に貢献していく。

## 参考文献

- (1) 佐藤浩司, ほか: IoTゲートウェイのセキュリティ技術, 三菱電機技報, **92**, No.6, 356~360 (2018)
- (2) 長谷川史樹, ほか: 第5世代移动通信システムの標準化, 三菱電機技報, **93**, No.9, 541~545 (2019)
- (3) Nagasawa, A., et al.: A Method of Transport Abstraction for 5G Radio Access Network, CNSM2018 (2018)
- (4) 広域無線マルチホップネットワーク技術, 三菱電機技報, **94**, No.1, 45 (2020)
- (5) Suzuki, N., et al.: 100Gb/s to 1Tb/s based coherent passive optical network technology, J. Lightw. Technol., **36**, No.8, 1485~1491 (2018)
- (6) 高速移動体通信向け相対空間マッピング変調方式, 三菱電機技報, **90**, No.1, 38 (2016)