

巻頭論文

社会の持続的発展に貢献する 社会インフラシステム



福島秀樹*

Social Infrastructure Systems Contributing to Sustainable Development of Society

Hideki Fukushima

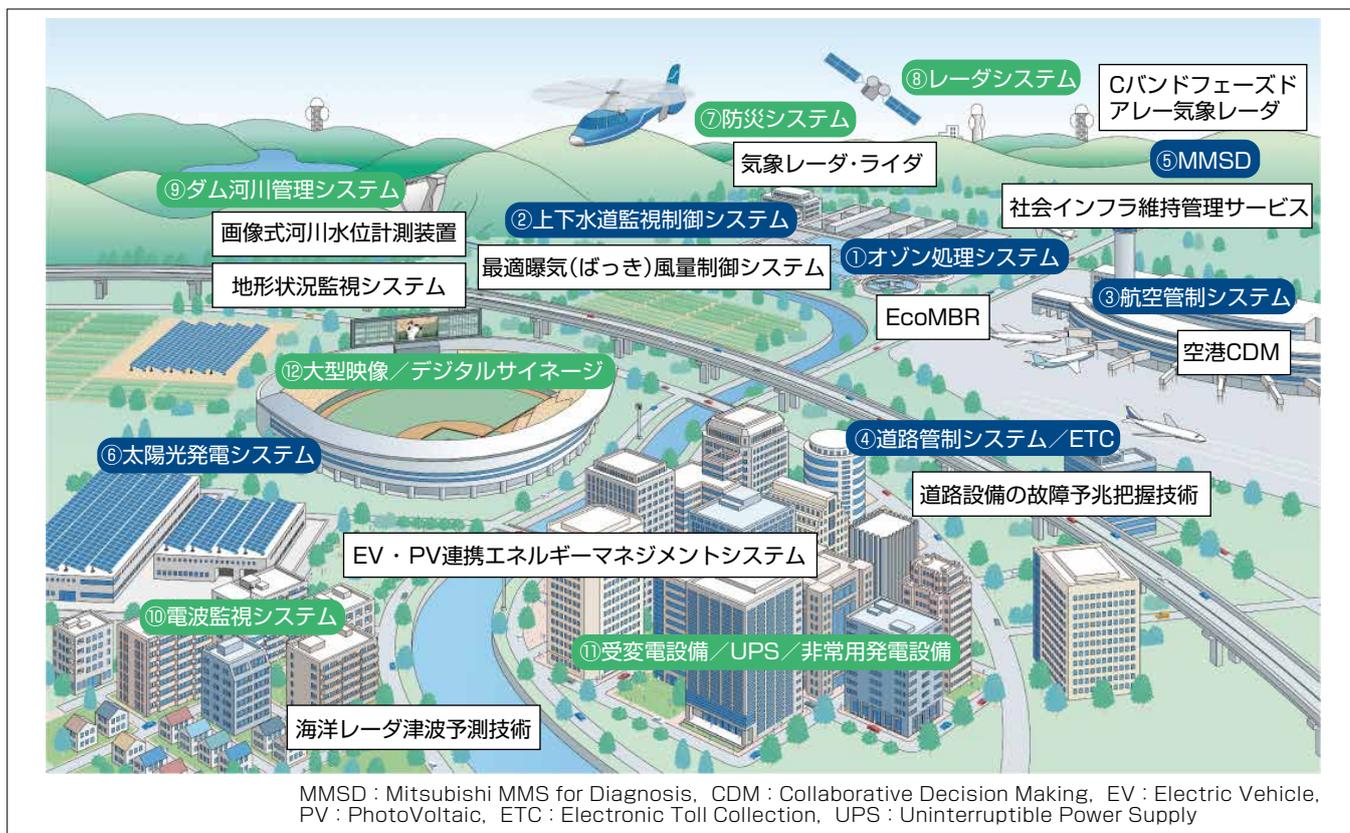
要 旨

エネルギー制約、少子高齢化、地域の疲弊、自然災害など国内外の課題が増大、複雑化していく中で、2015年の国連サミットで“持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals : SDGs)”が採択された。“持続可能性”と“安心・安全・快適性”が両立する豊かな社会の実現に向けて、社会インフラシステムには維持管理や災害対策に対する高度な機能が求められてきている。

一方、“第4次産業革命”とも呼ぶべき“IoT(Internet of Things)”“ビッグデータ”“AI(Artificial Intelligence)”“ロボット”等による技術革新が、従来にないスピードとイン

パクトで進行している。これらの技術の応用による社会インフラの維持管理の高度化や新たな価値創出が期待されており、三菱電機も上下水道、道路、河川、空港、防災などの社会インフラシステムに対してこれら最新技術を適用すべく取り組んできた。

この特集号では、社会インフラシステムの最新技術を、“AI技術利用”“省エネルギーと安心・安全”“センシング技術”の切り口で述べる。当社は、最新技術の研究開発やそれらを活用した製品化を更に加速し、持続可能な社会と安心・安全・快適が両立する豊かな社会の実現に貢献していく。



当社社会環境事業関連の社会インフラシステム及び設備・装置

当社の社会環境事業では、上下水道、道路、河川、空港や防災などの公共システムとビル、データセンター、競技場などの電源、映像システムや大規模太陽光発電システムなどの民間施設に関連するシステムを提供している。この図は、社会環境事業に関連する社会インフラシステム及び設備・装置を示しており、四角枠はこの特集号で紹介しているシステムや技術である。

1. ま え が き

近年、エネルギー制約、少子高齢化、地域の疲弊、自然災害など国内外の課題が増大、複雑化しており、2015年の国連サミットでは持続可能な世界を実現するための17のゴールSDGsが採択された。一方、情報通信技術(Information and Communication Technology: ICT)の急激な進化によって、社会・経済の構造が日々大きく変化する状況が生まれてきている。それによって既存の枠組みにとられない市場が生まれ、知識・価値の創造プロセス変化がもたらせつつある⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。

社会インフラでは、“安全な水”“クリーンで安定したエネルギー供給”“産業と技術革新の基盤”“持続可能な都市作り”“気象変動への対策”などの社会的解決が必要となってきた。当社が提供する社会インフラシステムも“IoT, AI等の共通基盤技術”“当社が持つ産業コア技術”と“関連データ(ビッグデータ)”を組み合わせることで変革を続けている。

本稿では、当社の社会インフラシステムの中で社会的課題の解決に寄与する代表的な例を述べる。

2. 社会インフラシステムに対する当社の取組み

当社の社会環境事業での社会インフラシステムは、上下水道、道路、河川、空港や防災などの公共システムと、ビル、データセンター、競技場などの電源、映像システムや大規模太陽光発電システムなどの民間施設に関連するシステムを提供している。この章では、これらの各システムを取り巻く社会環境の変化と当社の取組みについて述べる。

2.1 サービス基盤IoT共通プラットフォーム“INFOPRISM”

当社は、IoT・クラウド技術を活用して社会インフラシステムの効率的な運用・保守を実現する各種ソリューションの開発に取り組んでおり、その中で、ソリューションに共通する機能を集約したIoTプラットフォーム“INFOPRISM”を開発した(図1)。

INFOPRISMは、社会・電力インフラ分野で質の高い様々なソリューションをタイムリーに、短期間で提供するために、IoTソリューションの共通的な機能をまとめたものである。INFOPRISMは、現場側に設置するハードウェアとクラウド上で動作するソフトウェア群で構成され、次のような特長を持つ様々な機能を備えている。

- (1) 現場に設置された様々なインフラ設備からの“データ収集・蓄積・可視化”を実現

- (2) 設備運用計画最適化を支援する“AI(機械学習)によるデータ分析”
- (3) 安心・安全にIoTソリューションを利用可能とする“高度なセキュリティ”

当社は上下水道、道路、交通(鉄道)、電力等分野にINFOPRISMを適用し、設備の運用・保全業務の効率化・高度化を推進していく。

2.2 AI技術利用

AIとは、人間の脳が行っている知的作業(思考や推測、記憶など)を、コンピュータなどの機械によって代替する技術である。社会インフラシステムでは、長年蓄積された監視データ・制御データ・点検データを持っており、これらの膨大な量のデータ“ビッグデータ”とAIを組み合わせることで、今まで人間の頭脳では処理できなかった新しい知見を得て、よりの確な提案・制御を行うことができる。

次にAI技術を利用した当社社会インフラシステムについて述べる。

2.2.1 画像式河川水位計測装置

近年、記録的な大雨や集中豪雨による甚大な水災害が頻発しており、治水・災害対策を強化して被害を最小限に抑える上で、より多地点での河川水位把握が重要になっている。

当社は、現場設置が容易で幅広く観測点を増やすことができ、さらに洪水にも強い非接触型の画像式AI水位計測装置を新たに開発した。この装置は、大量の河川映像データによって“水面”を学習させたディープニューラルネットワーク(DNN)を備え、映像中の水域と非水域を分離する。その結果に基づいて河川映像中の水際位置を特定し、あらかじめ計測した河川シーンの三次元データを参照することで水位高を算定する。DNNを用いることによって、従来は実現困難であった水位標の非設置箇所での水位高の算定を可能にした点が特長である。

計測装置はフルHD(High Definition)解像度のビデオカメラ(検知センサ)と画像処理ユニットで構成しており、計



図1. INFOPRISM

測単位1 cm、2分間で30フレームの入力映像について水位計測処理が可能である。国土交通省の定める河川砂防技術基準を満たす基盤・汎用観測に使用できる。

2.2.2 道路設備の故障予兆把握技術

道路インフラでは、橋梁(きょうりょう)やトンネルなどの維持管理コスト増大の影響を受け、電気通信設備の維持管理コスト効率化が求められている。また働き方改革や熟練技術者の高齢化、人員不足の観点からも設備運用や設備保全業務の高効率化が求められている。

これらの課題を解決する手段として、設備異常や故障発生の予兆を事前に把握することで、故障発生前に調査や体制確保等の対策を講じ、システム停止時間の最小化が期待できる。また、突発的な対応や予定外作業による業務効率の悪化・コスト増の抑止が期待できる。

当社の道路設備の故障予兆把握システムは、既存の広域監視制御システムで収集する電気通信設備の計測データを活用し、故障予兆の把握を行う。

長期間の計測履歴データに当社独自の高速特異値分解技術“DynamicSVD(Dynamic Singular Value Decomposition)”を適用し、計測データに基づく特異指標値を“異常兆候”候補として抽出する。DynamicSVDによって算出した特異指標値をAI(機械学習)によって評価し、日ごとの計測データが異常兆候を示すか否かを判定する。

2.2.3 最適曝気風量制御技術

下水処理場は水環境保全のために大きな役割を果たしているが、汚濁物質を除去する反応槽での生物処理に多量のエネルギーを使用している。水質とエネルギーにはトレードオフの関係があるため、水質改善と省エネルギー化を両立させるための対策が必要となる。

当社では、従来開発してきた反応槽内のアンモニア濃度による制御に、反応槽流入部で計測したアンモニア濃度による制御を加えた曝気風量制御技術を開発中である。この制御技術は、流入負荷の変動に応じた風量制御を反応槽前段のフィードフォワード制御(FF制御)で行い、槽内のアンモニア濃度によるフィードバック制御(FB制御)を反応槽後段で行う技術である。FF制御と組み合わせることで流入負荷の変動に素早く対応し、反応槽アンモニア濃度を目標値に適正に制御できる。

シミュレーションの結果、周期的に変動する流入負荷変動に対して追従でき、一般的な溶存酸素(DO)制御と比べて約15%の風量削減効果が得られることを確認した。

2.3 省エネルギーと安心・安全

東日本大震災を契機に、再生可能エネルギーの導入は進んでいるものの、環境負荷の更なる軽減が課題である。また、あらゆる世代の国民が住み慣れた地域で安心・安全な生活を送ることができる社会基盤の実現に向け、ICTなどを駆使したコンパクトで機能的な街作り、災害を最小限に

抑えて災害を未然に防ぐ社会システムの構築が求められている。

また、2020年の東京オリンピック・パラリンピックを見据えた観光客誘致政策の強化などを通じて訪日観光需要は一層拡大し、旅客機の発着便数は大幅な増加が見込まれており、これまでも増して航空安全の確保が求められている。

安心・安全を確保しつつ、一步先の快適性を追求し、全ての国民が心豊かに質の高い生活を送る社会の実現に向けた当社の取組みを次に述べる。

2.3.1 社会インフラ維持管理サービス

2012年の笹子トンネル天井板崩落事故を受け、2014年には道路法施行規則改正によって5年ごとにトンネルや橋などインフラ構造物の近接目視点検が義務化された。国土交通省は、インフラの老朽化に伴う点検作業にインフラ点検ロボット技術の開発・導入を加速する動きを見せており、2019年2月には近接目視を補完・代替・充実する技術の活用を認める形でトンネルや橋梁の点検要領を改定した。

当社は、インフラ構造物管理事業者が現在実施している近接目視点検と同等以上の精度を実現することを目的に計測車両(図2)を開発し、鉄道と道路分野からサービスを開始した。計測車両は、高密度レーザと高解像度カメラを搭載しており、インフラ構造物を交通規制なく計測可能である。計測データを独自開発したソフトウェアで解析することによって、トンネル変状展開図作成支援サービスを始め、鉄道分野では建築限界計測や設備位置計測サービス、道路分野ではトンネル内のボルト取付け状態等の設備の現況を把握する点検支援サービスを提供している。

今後は、時間軸で計測データを管理し、インフラ構造物の経年変化を把握するサービスや、リスク判定を含む効率的な維持管理計画を支援するサービスの提供を予定している。

2.3.2 地形状況監視システム

近年、異常豪雨による激甚な土砂災害が多発しており、被害を受けやすい河川や砂防の管理者は、防災と減災を目的として危険箇所の現況を迅速かつ的確に把握し、避難情報等を早期に住民へ提供することが求められている。



図2. 計測車両

従来、管理者がCCTV(Closed-Circuit TeleVision)カメラ映像を用いて監視し、危険箇所の決壊や崩落を検知しているが、映像だけでは地形状況を定量的に把握することが難しい。また、定量的な把握には災害現場で現地測量を行う必要があるが、二次災害の危険性が伴うとともに、現況の把握までにデータ解析を含め数日の期間を要する。

今回、3D(3Dimensions：三次元)レーザスキャナー一体型カメラを用いて自動的に現地測量を行い、地形状況の変化(地形変状)を遠隔から安全かつ迅速に定量把握することが可能な“地形状況監視システム”を開発した。

2.3.3 空港CDM

近年、増加傾向にある航空交通量に対応するため、各空港での総合的な空港運用能力の改善を目的として、空港CDMの導入が進んでいる。空港CDMとは、空港でのステークホルダー間の協調的意思決定を実現するためのシステムである。空港運用に係るステークホルダーには、航空管制、航空交通管理センター、航空機運航者、空港業務等があり、このほかにも様々な機関が存在する。その全てのステークホルダーが常に閲覧できる共有画面を提供し、空港関連システムから収集・蓄積した情報を適切な形で表示することで、最新状況を共有した上での最適な意思決定を可能にする。

当社では、日本初の空港CDMとして、新千歳空港CDMの開発を行った。新千歳空港CDMは、降雪時の空港運用を踏まえ、飛行場面の状態や除雪作業の状況を共有する機能や、航空機の運航状況を表示する機能を備えている。2018年12月に運用を開始しており、評価運用の期間を含め、大雪等の悪天候時の対応に活用されている。

2.3.4 EV・PV連携エネルギーマネジメントシステム

世界的な環境意識の高まりから、電気自動車(EV)が注目を集めている。EVはモビリティとしての利用に加え、移動可能な蓄電池としての活用も可能であるため、利用者に様々な便益を提供するポテンシャルを備えている。

当社は、建物に設置した太陽光発電(PV)等の分散電源とEVを組み合わせ、最適な充放電制御を行う“EV・PV連携エネルギーマネジメントシステム”を開発した。

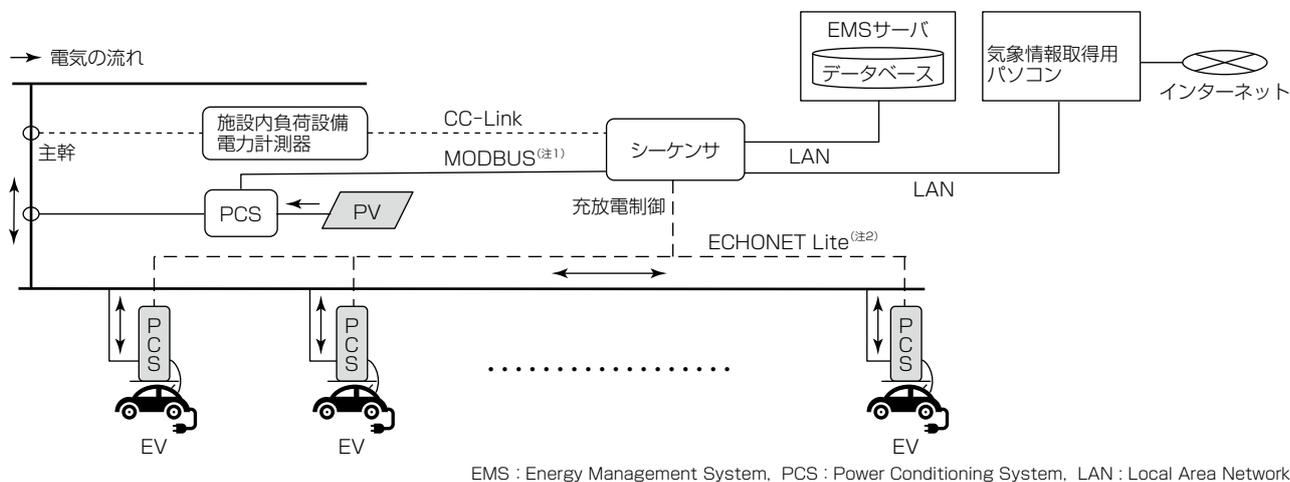
従来から、定置型蓄電池を利用したピークカットによる契約電力の削減や、日中と夜間の電気料金差を利用した従量料金の削減を行うシステムはあったが、このシステムは、EVを蓄電池と見立て、駐車している時間帯に有効活用し、PV等の分散電源の発電予測に基づき、EVの充放電スケジュールや電力負荷設備の運用を最適化することで、建物の電力コスト削減に貢献するシステムである(図3)。

2.3.5 EcoMBR

水質規制の強化や再生水の需要増大によって、従来の標準活性汚泥法から処理水質が良好な膜分離バイオリアクタ(Membrane BioReactor：MBR)の下水・工業排水処理への適用が世界的に広がっている。当社のEcoMBRは、ろ過膜の洗浄でNaClO(次亜塩素酸ナトリウム)水の代わりにオゾン水(洗浄力の大きいオゾンガスを溶解させた水)を用いることで、従来のMBRよりも膜ろ過速度を2倍以上に高め、ろ過膜の本数を低減して膜面洗浄用の曝気風量を削減する省エネルギー型水処理装置である。

MBRでは、下水・工業排水の流入負荷変動や生物処理の運転条件変更等で活性汚泥の性状が変化することによって、ろ過膜の目詰まりのしやすさ、すなわち膜ろ過性能も変化する。膜面に付着する活性汚泥を剥離するために常時行う膜面曝気の消費エネルギーが大きいことから、膜ろ過性能を最適化してMBRを省エネルギーかつ安定して運転するために、活性汚泥の性状に応じて最適な膜面曝気風量で供給することも重要である。

当社は、バイオリアクタ内の活性汚泥性状に応じて膜面曝気風量を最適化する技術を開発中で、実排水を用いた実証試験では膜面曝気風量を11%削減できることを検証した。この技術を当社のEcoMBRに導入し、持続可能な水環境保全に貢献していく。



EMS : Energy Management System, PCS : Power Conditioning System, LAN : Local Area Network

(注1) MODBUSは、Schneider Electric USA, Inc.の登録商標である。

(注2) ECHONET Liteは、一般社団法人 エコネットコンソーシアムの登録商標である。

図3. EV・PV連携エネルギーマネジメントシステム

2.4 センシング技術

2.4.1 海洋レーダ津波予測技術

近年、日本の沿岸部では、大地震の発生による津波襲来が懸念されている。津波が沿岸に到達する前に、可能な限り早く精度良く到来を予測することは、避難等の対応を適切に行うために重要である。そのため、津波の沖合での正確な波高値や流速値をリアルタイムで知ることが課題となっている。従来、津波の波高値の計測手段として、沖合に設置されたGPS(Global Positioning System)ブイ等を用いる方法がある。しかし、GPSブイは設置位置(点)での計測しかできないため、広範囲にわたり多数設置する必要がある。

海洋レーダは陸上から広い範囲の海の状況を時間・空間的に高い日常の沿岸環境監視での有用性が検証されてきた。海洋レーダによって計測できるのは表層流速の視線方向成分だけであり、津波を予測するためには波高情報が必要とされていた。

当社は、レーダで観測された流速を基に津波シミュレーションによる数値計算を実施し、津波シミュレーションの予測値と海洋レーダの観測値をデータ同化させることで、高精度に津波の流速と波高を推定する津波データ同化方式を開発した。

2.4.2 Cバンドフェーズドアレー気象レーダ

近年ゲリラ豪雨などの直前予測への対応として注目を集めるXバンドフェーズドアレー気象レーダは、DBF(デジタルビームフォーミング)技術の適用によって観測周期を従来の1/10程度まで短縮できるものだが、現状の観測精度は、従来の気象予報のために使用されているCバンド気象レーダと同等以上の精度を必ずしも得られるわけではなく、装置が高価格であることもあり、現業配備には至っていない。

そこで当社は、現業のCバンド気象レーダへのフェーズドアレー方式の適用を見据え、十分な観測精度が得られかつ低価格なフェーズドアレーレーダを実現するための、独自のリッジ構造を持った樹脂成形導波管スロットアレーアンテナを2016年度から2018年度にかけて開発した(図4)。



図4. Cバンドフェーズドアレー気象レーダ

気象レーダにフェーズドアレー方式を適用するには、二重偏波観測を高精度で行うためのアンテナのハードウェア性能が最も重要である。樹脂化によるコストと質量を抑制するだけでなく、その成形の容易性を生かして、アンテナの効率、サイドロープレベル、交差偏波比といった気象観測に重要なアンテナ性能を確保とともに、コストと質量を抑制した。樹脂成形技術の適用によって柔軟な内部構造設計や量産が容易になり、このアンテナの設計・製造技術は広くインフラ・通信分野のアンテナにも適用できる。

2.4.3 気象レーダ・ライダー

気象レーダは、パルス状の電波をアンテナから照射して降水粒子や雲・霧の粒子の後方散乱波を受信することで、その位置と移動速度・強度を測定する装置である。気象ライダーは、光波をスキヤナから照射して大気中のエアロゾルを観測し、大気の間向・風速や乱気流を観測する装置である。

当社は、気象レーダの開発・製品化を1955年から、ライダーには2015年から取り組んでおり、現在、50MHz~200THzの広範囲な周波数帯域のレーダ・ライダーの製品群を持ち、日本及び海外の気象観測・予報業務及び研究に貢献している。現在は、気象予報の更なる精度向上に貢献するために、新型気象レーダ及び水蒸気ライダーを開発に取り込んでいる。

新型気象レーダは信号処理の高度化によって受信データの品質を向上し、より正確な降雨データは予報計算の初期値として使用することで、予報精度の向上に貢献する。

水蒸気ライダーは、風計測ライダーに送信光の波長を水蒸気の吸収線に一致させる波長安定回路を付加して、水蒸気の吸収量から大気中の水蒸気量を計測するようにしたもので、水蒸気量の鉛直プロファイルを計測できる。この装置で、雲になる前の水蒸気の動きを捉えることで、これまで早期予測が困難であったゲリラ豪雨の予測に貢献する。

3. む す び

社会インフラでは、“安全な水”“クリーンで安定したエネルギー供給”“産業と技術革新の基盤”“持続可能な都市作り”“気象変動への対策”などの解決が求められており、社会インフラを運用・管理するシステムへの期待は今後ますます高まっていく。

社会の持続的な発展と安心・安全・快適が両立する豊かな社会の実現に向けて、最新技術を活用した研究開発や製品化を更に加速し、様々なソリューションを提供していく。

参 考 文 献

- (1) 内閣府：第5期科学技術基本計画(2016)
- (2) 経済産業省：新産業構造ビジョン(2016)
- (3) 総務省：2018年度版情報通信白書(2018)
- (4) 外務省：SDGsについて(2019)