

巻頭論文

# 社会インフラを支えるシステム技術



福嶋秀樹\*



三谷英一郎\*\*

System Technologies Supporting Social Infrastructure

Hideki Fukushima, Eiichiro Mitani

要 旨

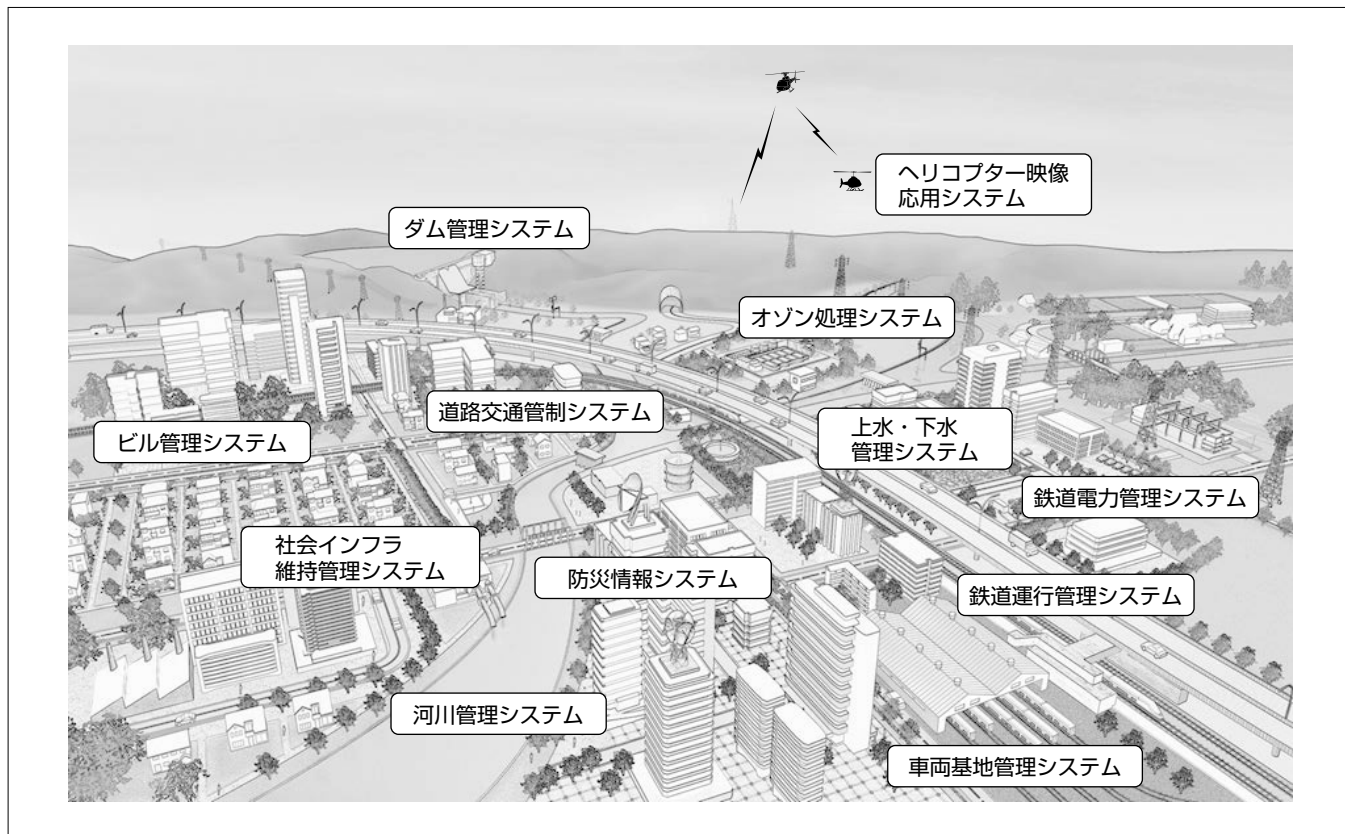
長年にわたって整備されてきた道路・鉄道・上下水道・河川などの社会インフラによって、経済活動は支えられ、人々は豊かに暮らしている。

しかし一方で、高度成長期に集中的に整備された膨大なインフラの老朽化が進んでおり、施設の点検など老朽化対策をいかに適正に効率よく行うかが、我が国の喫緊の課題となっている。少子高齢化も進んでおり、インフラ設備の運転管理における熟練者の減少も問題となっている。震災以後、重要性が増したエネルギーの効率的な活用も、更に進めていかねばならない<sup>(1)</sup>。

三菱電機では、このような課題に応えるため情報処理技術やパワーエレクトロニクス技術などを用いたシステムの開発を行ってきた。維持管理分野では、トンネルの表面形

状等を高精度に計測する走行型計測車両、構造物の探傷装置、拡張現実を用いた現場作業支援装置、三次元位置情報を用いた維持管理システムなどの開発を進めている。その他、分散電源などを統括管理するEMS (Energy Management System)、鉄道車両の余剰回生電力を有効活用する駅舎補助電源装置、熟練運転員のノウハウを組み込んだ運転支援装置、大規模災害発生時にも高速な迂回(うかい)によって通信を確保するIP光ネットワーク装置などの開発を進めており、これらの技術を用いて安心・安全で環境にやさしい社会インフラシステムの実現を目指している。

この特集では、“社会インフラを支えるシステム技術”をテーマに、社会インフラの維持管理や運用を支援する当社の最新技術について述べる。



社会の安心・安全を支える社会インフラシステム

当社は、監視制御技術、情報処理技術、ネットワーク技術をコア技術とし、電力、上下水道、ビル、道路、鉄道、河川、ダムなどの市民の生活を支える各種インフラシステムを導入し、環境に配慮した技術による、安心・安全・便利で快適な生活環境の実現に貢献してきた。

## 1. ま え が き

安心・安全で環境にやさしい社会の実現に向け、社会インフラへの期待と要求が、従来にも増して高まっている。一方、インフラ設備の老朽化や熟練技術者の減少など、設備を運用・維持していく上での課題も顕在化してきた。

当社は、道路、鉄道、上下水道、河川など、市民の生活を支える各種の社会インフラシステムを納入しており、これらの課題に対して、情報処理など最新技術を用いたソリューションの提供を目指している。

本稿では、社会インフラシステムに関する当社の取組みについて概観する。

## 2. 社会インフラの維持管理

### 2.1 社会インフラ維持管理の課題

我が国では、高度経済成長期に集中的に整備されたトンネル・橋梁(きょうりょう)など社会インフラの老朽化が建設後50年を経て進行しており、これら施設の老朽化対策が喫緊の課題となっている。国土交通省は2014年の点検要領の改正で、トンネル・橋梁等の点検を近接目視を基本として5年に1度実施することを定めた。膨大な点検作業を、適切な費用と時間で実施する仕組みが求められている。

### 2.2 維持管理を支援する技術

社会インフラの維持管理が抱える現状の課題に対し、当社では先端技術を応用した開発を進めている(図1)。次に、①計測、②データ処理、③現場作業支援の3つの観点からまとめる。

### (1) 計測技術

トンネル等の社会インフラの目視点検を実施するに当たり、危険箇所を事前にスクリーニングすることができれば、点検をより効率的に、より詳細に実施することができるであろう。また、近接目視や打音検査が実施できない箇所の対応も考える必要がある。

当社ではこの要求に応えるため、高精度な三次元位置計測装置を搭載した走行型計測装置・MMS(Mobile Mapping System)や、電波や超音波を用いた構造物の探傷装置などの計測技術の開発を進めている。

#### ①走行型計測装置・MMS

走行型計測装置・MMSは、GPS(Global Positioning System)、オドメータ、レーザスキャナ、カメラ等を車両に搭載した装置であり、走行しながら道路やトンネルの表面形状やひび割れを高精度に計測する。従来の手法で測量された地物の位置を利用して計測座標位置を補正する機能を持ち、高架下やトンネル内などのGPS不感計測下でも高精度な計測が可能である。

計測された三次元データは、社会インフラの現状を把握し、危険箇所をスクリーニングする基礎データとしての活用が期待されている。

#### ②電波/超音波イメージング

当社は、合成開口レーダを用いたコンクリートひび割れ計測や、超音波を用いた道路橋鋼床版デッキプレート

の亀裂探査などの技術開発も進めている。合成開口レーダを走行型計測装置に搭載して、リアルタ

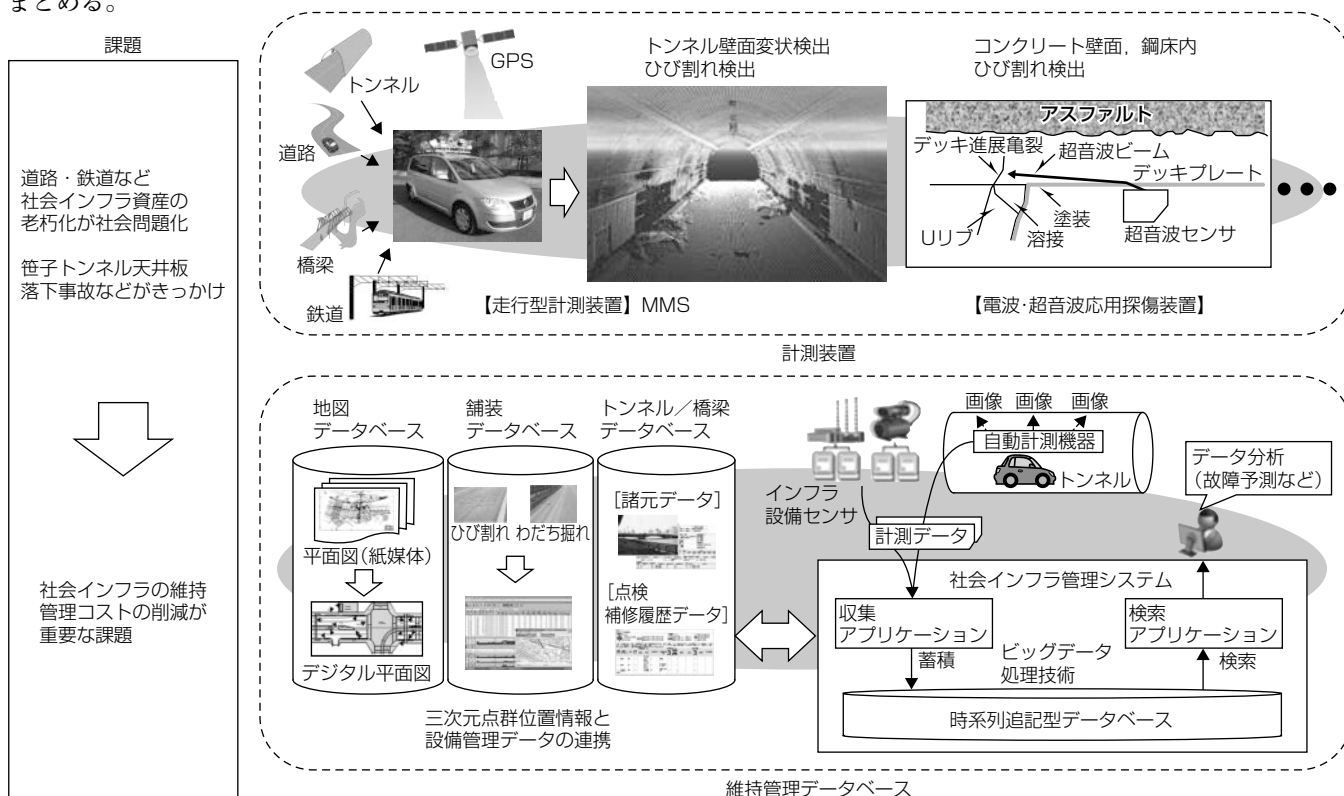


図1. 社会インフラの維持管理ソリューション

イムでのひび割れ検知を実現している。超音波を用いた亀裂探傷装置では、超音波ビームの方向を制御することで、目視や打音検査ができない部位の亀裂確認が可能となる。

(2) データ処理技術

レーザを用いたスキャンニングでは、テラバイト級の三次元点群位置情報が収集される。維持管理では、三次元位置情報の経年的変化を管理する必要があり、膨大な量の時系列データの圧縮・伸張処理や、高速な検索処理など、いわゆるビッグデータの処理技術が要求される。

また、点群データから構造物や設備を三次元モデルとして抽出する技術の確立も求められている。三次元位置情報を中心としたデータベースに、既存の機器図面や保守履歴といった設備管理情報を統合していくこともできる。

こうした三次元位置情報を用いた技術の活用は、我が国の産業競争力の強化につながるものと期待されており<sup>(2)</sup>、当社としてもその開発に注力しているところである。

(3) 現場作業支援技術

モバイル機器で撮影する現場映像に、走行型計測装置で計測したトンネル壁面の変状やひび割れ等を重ねて表示させることができれば、危険個所の確認作業が容易になる。変状の経年的な変化を表示させれば、施設老朽度の判断をよりの確に行うことも可能となる。

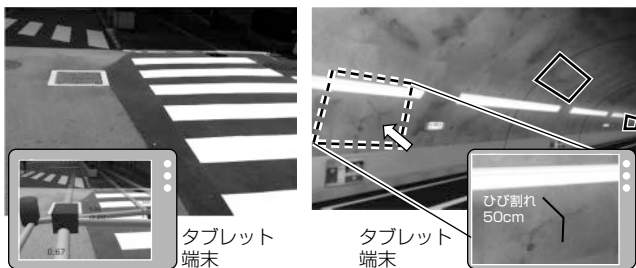


図2. AR技術を用いた現場作業支援

現場映像に、地中埋設管路など現実には見えない施設の情報を重ね合わせて表示したり、管渠(かんきょ)内面の撮像画像を管路にテクスチャマッピングして表示すれば、施設点検や補修工事といった作業の合理化も期待できる。

このような、現実の映像などに情報を付加してユーザーの理解を助ける手法をAR(Augmented Reality: 拡張現実)と呼ぶ。当社では、撮像画像の位置特定技術や設備CADデータの3Dグラフィックス表示、撮像画像のテクスチャマッピング技術などのAR技術を応用した現場作業支援技術の開発に取り組んでいる(図2)。

3. スマートコミュニティ

3.1 スマートコミュニティの狙い

スマートコミュニティは、電気の有効利用に加え、熱や未利用エネルギーも含めたエネルギーの面的利用や、地域の交通システム、市民のライフスタイルの変革などを複合的に組み合わせたエリア単位での次世代のエネルギー・社会インフラシステムの概念であると定義される<sup>(3)</sup>。当社では、減災・防災の観点も加え、次の取組みを行っている(図3)。

(1) 施設エネルギー最適化(スマートエネルギー)

社会インフラ施設に設置された分散電源と、これらを統括するEMSで構成され、エネルギー需給の総合的管理を実現する。

(2) 防災拠点等の非常時BCP(スマートレジリエント)

地域の防災拠点、避難所での停電時の電力確保として、再生可能エネルギー等を含む分散電源を活用する。EMSによって太陽光発電などの分散電源やEVの蓄電機能を最大限活用し、非常用電源の供給延長を図る。

(3) 道路渋滞緩和(スマートモビリティ)

ITSスポットのプロープ情報を基に車両の経路把握を行

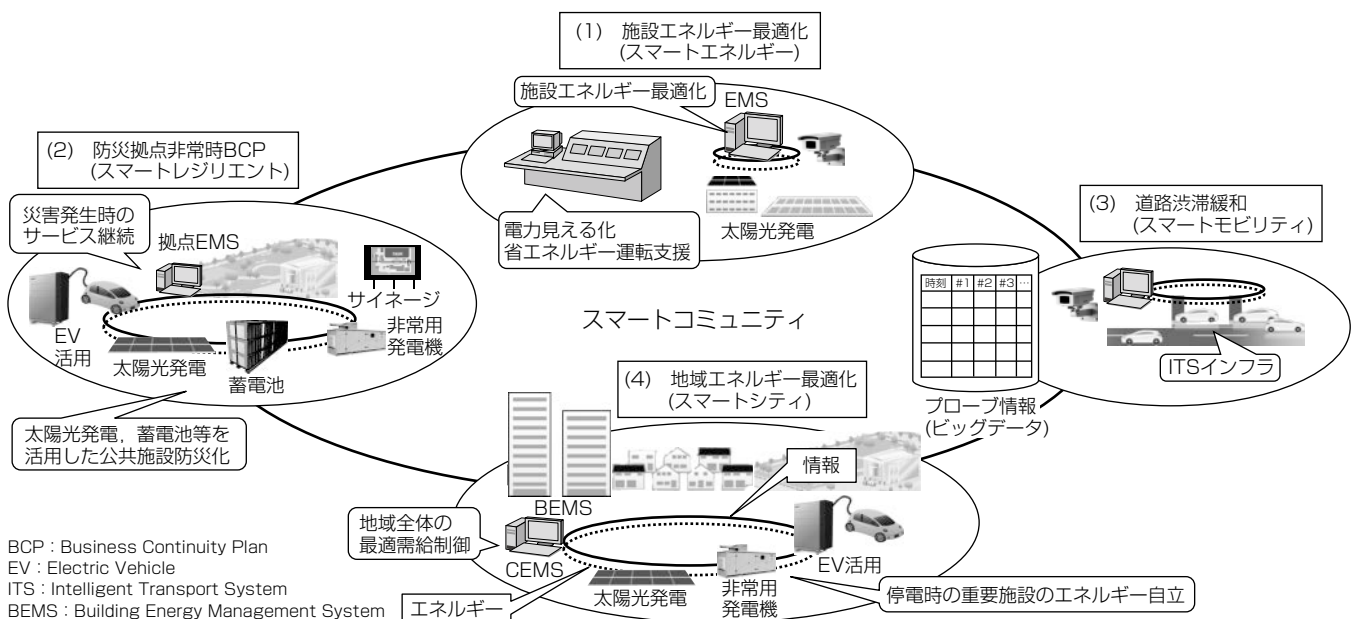


図3. スマートコミュニティの4分野

BCP: Business Continuity Plan  
EV: Electric Vehicle  
ITS: Intelligent Transport System  
BEMS: Building Energy Management System



い、ETC(Electronic Toll Collection system)と連携して迂回路への経路誘導やダイナミック・ロードプライシングを実現して、都市部の渋滞を緩和する。

(4) 地域エネルギー最適化(スマートシティ)

従来のエネルギーマネジメントは施設ごとに行われてきたが、今後は地域内のエネルギー融通、需給の統合管理、エネルギー利用の最適化を実現するCEMS(Community Energy Management System)の導入が必要とされる。当社は、エネルギー融通を支援する様々なシステムを提供していく。

3.2 エネルギー最適化システム“MELSmart”

分散電源を統括し、エネルギー需給の総合的管理を実現するEMSやCEMSの中核装置として、エネルギー最適化システム“MELSmart”を開発した。

MELSmartは、電力需要予測に基づき、コスト最小又はCO<sub>2</sub>排出量最少となる運用を支援するシステムで、当社独自のデータベース技術によって多次元的な分析を高速に行うことで、買電、太陽光発電、蓄電設備等の設備のベストミックスな運用を実現する。上下水道、大規模ビル群、鉄道、道路等の社会インフラ施設への適用を狙いとしている。

ヒューマンインタフェースには、ユニバーサルデザインを採用した。各種のグラフで需給計画を分かりやすく表現する工夫や、需要予測等のシミュレーション設定をグラフ上で視覚的に操作するなどの工夫を加えたことが評価され、2014年のグッドデザイン賞を受賞した(図4)。

3.3 エネルギー回収システム

分散電源を統括管理するマネジメントシステムのほか、

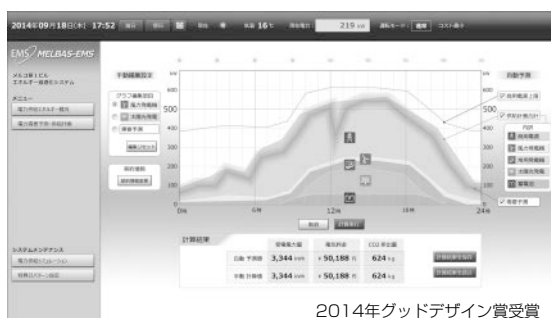


図4. 電力供給計画・実績を示すMELSmart画面

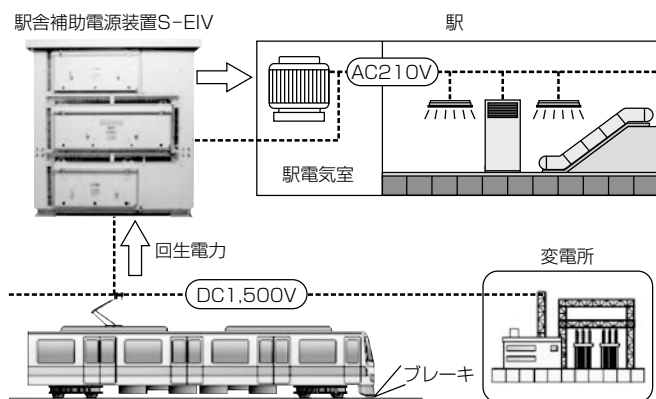


図5. 駅舎補助電源装置

当社では太陽光発電設備など、未利用エネルギーを活用する装置の開発も進めている。鉄道では、車両の回生電力の活用が期待されており、駅舎補助電源装置“S-EIV”として製品化した。この装置は、鉄道車両の減速時に発生する回生電力の内、車両間で融通消費できなかった余剰分を、蓄電池を用いずに駅の空調等の負荷に直接供給するものである(図5)。

実運用での省エネルギー効果が高く評価され、国内外での導入検討が進んでいる。鉄道分野では、車両の駆動系や空調の省エネルギーなど個々に取り組んできたが、今後は変電設備を含む路線全体のエネルギーの全体最適化を図る鉄道トータルエネルギーソリューションの提供を目指していく。

4. 社会インフラの運用高度化技術

当社は、上下水道、道路、鉄道など、様々な社会インフラ設備を運用管理する監視制御システムを納入してきた。この章では、少子・高齢化などの近年の環境変化に対応する監視制御システムの高度化への取組みについて述べる(図6)。

4.1 安全で確実な運用の実現

(1) インフラ設備の運用支援

少子・高齢化の進展に伴い、近年、社会インフラの運転管理に携わる熟練運転員は減少する傾向にある。運転員の負荷を低減するため、制御の自動化を図ったり、高度な予測やシミュレーションを用いた提案型の運用支援機能を監視制御システムに具備することが望まれている。的確な施設運用を実施するため、プラントの詳細情報を表示するシステムを安価に構築することも求められている。

当社では、上下水道や道路交通管制、鉄道の列車運行管理や変電設備の監視など、様々な分野で自動制御や運用支援機能を提供してきた。この特集では、電鉄変電所の電力管理システムでの停電制御の自動化・支援事例や、上下水道向けの水運用支援システムの実現例、鉄道運行管理における列車在線表示システムの高度化事例などを述べる。

(2) 異常時対応

プラントの安全な運用を実現するには、機器の故障などの異常時への適切な対応を図ることも重要であり、上下水道では流入水質の変化、列車運行管理では突発事故による列車ダイヤの乱れなどが異常時に相当する。

これらの異常等は、熟練運転員のノウハウが特に求められる事態であり、熟練運転員の持つ異常兆候の検知や異常時対応などのノウハウを見える化し、装置に組み込んで継承するシステムの提供が望まれている。当社では、熟練運転員のノウハウを組み込んだ故障復旧支援機能や、作業停電などの計画作成の支援機能など、運用支援機能を開発し提供している。

(3) 人にやさしいシステム

運転員の高齢化や減少が進む一方、監視制御の対象は、広域化する傾向にある。多様な情報を直感的に分かりやすく表示するとともに、操作ミスを起こしにくい操作性を実

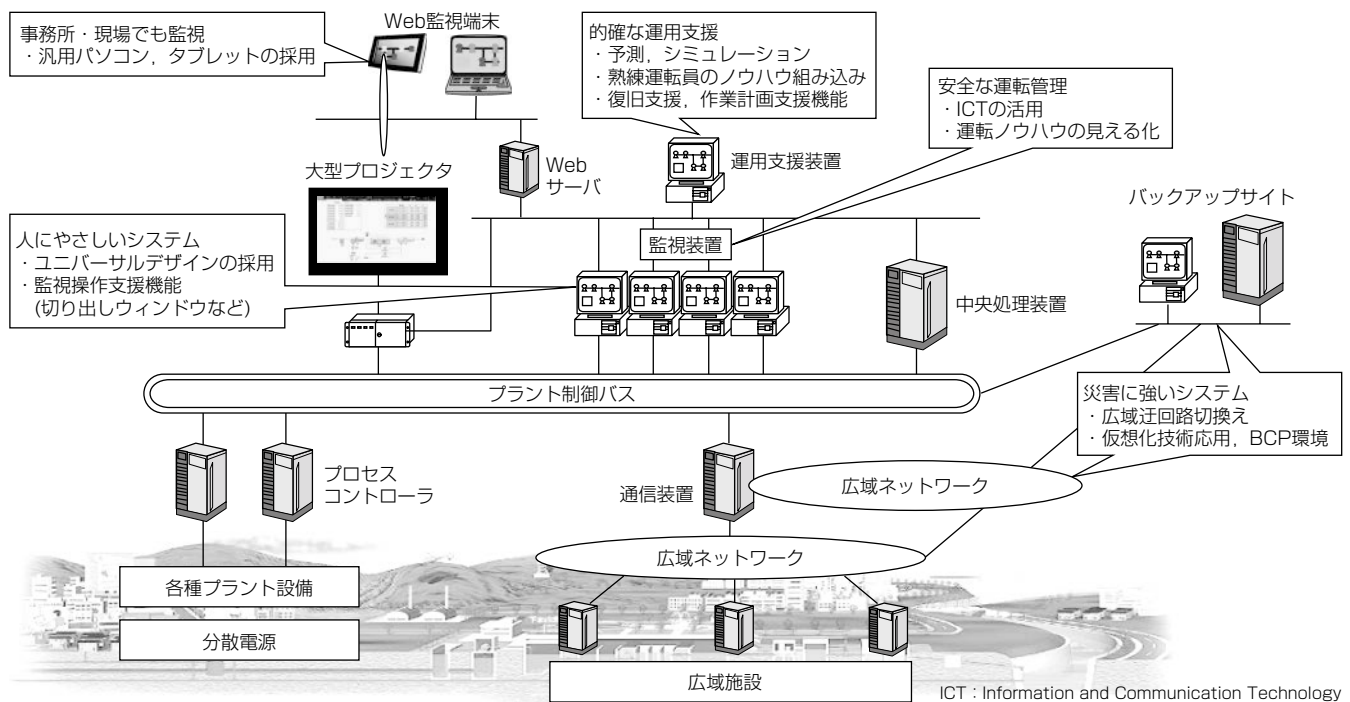


図6. 社会インフラ監視制御システムの高度化技術

現する必要がある。当社では、ユニバーサルデザインを採用し、監視制御システムの画面設計を一新した。画面選択を画面イメージで直観的に行うサムネイル表示機能や、見たい部分だけ切り出して表示する機能などを加え、またその設定をユーザーに開放した。これによって、運用の変化にも柔軟に対応できる、操作性のよい監視制御を実現した。

#### 4.2 災害への備え

##### (1) 堅牢なシステムの構築

社会インフラ設備を安定して運用するためには、システムの冗長性の確保など、堅牢なシステムを構築することも重要である。大規模災害発生時に設備の継続的な運用を確保するためには、広域通信網の高信頼化が鍵となる。

これに対し当社では、障害時の高速な迂回路切換え機能を持つリング型IP光ネットワーク装置を開発した。この装置は汎用のIP通信装置に比べて高速な迂回路切換えが可能であり、屋外設置等の厳しい環境にも適した装置である。

その他、システムの被災時に、計算機システムを縮退運転させつつ、運用の継続を図る技術の開発も期待される。

1台のハードウェア上に、OS等の基盤が異なる複数のシステムを動作させる仮想化技術を用い、システムの堅牢性を高めることが考えられ、電鉄変電所の電力管理システム等への適用開発をすすめている。

##### (2) ヘリコプター映像応用システム

大規模広域災害時に、現場被災状況を迅速に把握するため、ヘリコプターによる空撮映像が広く活用されている。

当社では、人工衛星を使った映像のリアルタイム伝送、地図上への空撮映像の重畳表示によって撮影位置の特定を容易にしたヘリコプター映像応用システムを提供している(図7)。さらに施設名称重畳や倒壊建物検出・火点候補抽出等の被害

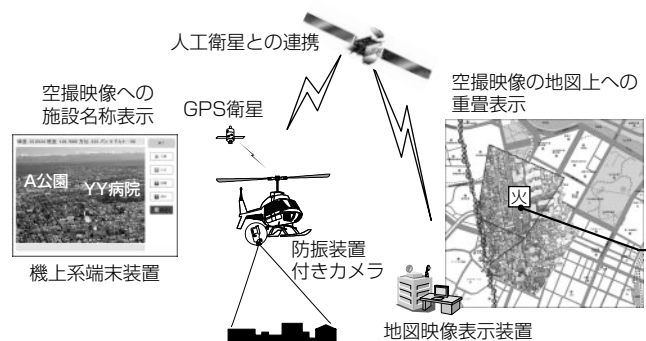


図7. ヘリコプター映像応用システム

位置特定機能の高度化を実現し、国や地方公共団体などにおける大規模広域災害時の即応力の強化に貢献している。

## 5. むすび

我々の生活は、各種の社会インフラに支えられており、その適切な維持と運用は、快適な暮らしの実現に欠かせない。少子高齢化や施設の老朽化が進み、省エネルギー化が更に求められる中、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であろう。

社会ニーズの変化に対応した最適なソリューションを提供していくため、最新技術を活用した研究開発や製品化を更に加速していく所存である。

## 参考文献

- (1) 国土交通白書2014, 国土交通省 (2014)
- (2) 産業競争力懇談会2014年度プロジェクト中間報告: 3次元位置情報を用いたサービスと共通基盤整備 (2014)
- (3) ジャパン・スマートコミュニティ・アライアンス(JSCA)のホームページ <https://www.smart-japan.org/>