

高度なITの活用により社会インフラの パラダイムシフトを支える情報・制御融合システム

Convergence of Information Technology and Control Systems Supporting Paradigm Shift of Social Infrastructure

角本 喜紀

Kakumoto Yoshiki

藤城 孝宏

Fujishiro Takahiro

吉川 義人

Yoshikawa Yoshihito

福本 恭

Fukumoto Takashi

社会インフラのパラダイムシフト

環境問題や人口問題など社会インフラを取り巻くさまざまな問題を発端として、社会インフラにおける需要側の位置づけがより重要となっている。

エネルギーインフラにおいては、供給側から需要側への一方向かつ定型的なサービス構造から、双方が連携して協創する構造へと変化する動きがある。例えば、スマートグリッドでは、需要側が**プロシューマー**^(a)となって再生可能エネルギーなどの発電で電力供給の一端を担う。また国内では東日本大震災を契機とした電力不足への対応と

して、需要側も節電や需要調整という形で供給側とともに電力の安定化に協力した。この需要側と供給側の協創では、必然的に利害の異なるステークホルダーが参加する。全体を統括する管理者は、環境の視点、供給側の視点、需要側の視点などの多くの制約を考慮しつつ、需要と供給のバランス、ニーズとサービスレベルのバランス、実効性と経済性のバランスなどのさまざまな要因を満足する全体最適解を見いださねばならない。

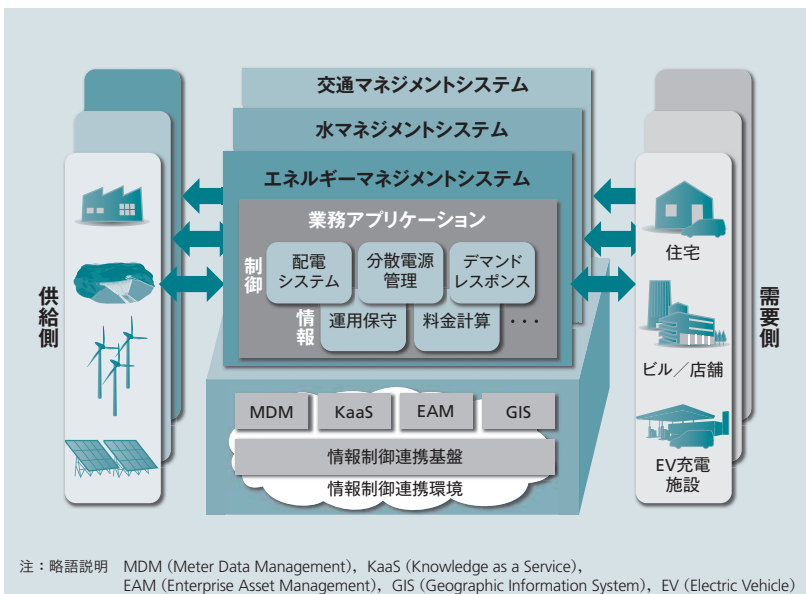
また一方で、先進国を中心に社会インフラの設備が老朽化しつつある。供給側だけでなく需要側の設備でも、効率的な保全・保守が重要な課題となっている。

日立グループは、エネルギー、水、交通などの社会インフラ分野において、情報と制御を組み合わせた情報・制御システムを構築してきた実績を持つ。近年は社会イノベーション事業の推進、すなわち「IT (Information Technology) で高度化された、安全・安心な社会インフラをグローバルに提供していくこと」を目標に、情報と制御を融合した社会インフラシステムの開発に取り組んでいる(図1参照)。

この特集号では、供給側だけでなく需要側の視点も含めた全体最適な社会インフラへのパラダイムシフトに対して、日立グループがめざす技術やソリューションを、最近の取り組みをとおして紹介する。

(a) プロシューマー

生産者(プロデューサー)と消費者(コンシューマー)を組み合わせた造語で、生産活動を行う消費者のことを指す。エネルギー分野では、再生可能エネルギー発電などのエネルギー生産も行う需要家を指す。



注：略語説明 MDM (Meter Data Management), KaaS (Knowledge as a Service), EAM (Enterprise Asset Management), GIS (Geographic Information System), EV (Electric Vehicle)

図1 | 情報と制御の融合による社会インフラシステム

高度なIT (Information Technology) を活用して情報システムと制御システムを融合し、社会インフラが直面する新たな課題解決に向け貢献していく。

社会インフラを取り巻く動向

全体最適な社会インフラへのパラダイムシフトが起こる背景となる問題と、パラダイムシフトを支える新しい社会インフラシステムについて述べる。

人口問題

国連より公開されている世界の人口増加予想によると、人口は現在の約70億人から2050年には約93億人になる。新興国では人口の増加だけでなく都市への集中も著しく、2050年には世界人口の約69%が都市に居住するとされる。また、世界のGDP（Gross Domestic Product：国内総生産）も2010年は74兆ドルであったが2030年には141兆ドルに増加し、このうちアジアが世界の約半分を占めるとされる [IMF（International Monetary Fund：国際通貨基金）ほか各種資料から株式会社日立総合計画研究所作成のデータより引用]。

これに伴い、地球規模で化石燃料や水などの資源不足、人口集中による都市環境の悪化などが顕在化するとされる。この問題の解決、すなわちサステイナブルな社会の実現に向けて、資源の多様化／高効率化／リサイクル化、都市のコンパクト化などが、今後解決しなければならない課題として大きくクローズアップされている¹⁾。

このような課題を解決する新しい社会インフラシステムの開発に向けて、世界各国でさまざまな取り組みがなされている。例えば、エネルギー資源対策としてはスマートグリッドがあり²⁾、実用化に向けた技術開発や実証事業、再生可能エネルギー利用促進策が現在進められている。また、水資源対策としては、大規模海水淡水化や水のリサイクル活用によって、水の循環を維持する取り組みが各地で進められている。

社会インフラの老朽化問題

供給側である社会インフラ事業者において、安全性確保やサービスレベルの維持は第一の優先課題であり、これまで保全・保守に多大な労力を費やしてきた。このため

安全性やサービスレベルを維持しつつ、保全・保守に関わるコストを適正化したいという要求は、従来から強くあった。

その一方で、先進国を中心に、供給側と需要側を含む社会インフラを構成する設備や機器の老朽化の問題が顕在化しつつある。例えば、国内では道路橋、河川施設や下水道設備など、建設後50年以上経過する社会資本が今後急速に増える見込みである。当然、維持管理・更新費の増大が見込まれ、従来どおりの費用支出を継続すると2030年代後半には2010年度の新設投資費用を上回るという試算もある³⁾。

保全・保守を効率的かつ効果的に実施するには、日常管理から中長期的管理を含むトータルなマネジメントが求められる。設備や機器の効率的な設備資産管理（アセットマネジメント）の取り組みは一部始まっており⁴⁾、供給側や需要側のさまざまな設備や機器への展開が望まれている。

新しい社会インフラシステム

新しい社会インフラシステムであるスマートグリッドとアセットマネジメントの概要と、それを実現するための課題について述べる。

スマートグリッド

資源の多様化としての再生可能エネルギーの生産拡大とその有効活用、省エネルギーなどのエネルギー高効率利用の取り組みで、需要側もプロシューマーとなって電力供給に参加する。再生可能エネルギーは自然環境に影響されるため、需要量に対して発電量が過多、または過少となりうる。対策としては、余剰電力を蓄電池にためて需給バランスを調整するほか、供給側から需要側に対してピークシフトやピークカットを要請して需要調整を行うデマンドレスポンス（DR：Demand Response）などがある⁵⁾。図2は電力のピークカットを行う場合で、全体を統括するシステムは、スマートメーターなどを通じて需要側の負荷情報を入手し、電力不足が予想される場合、需

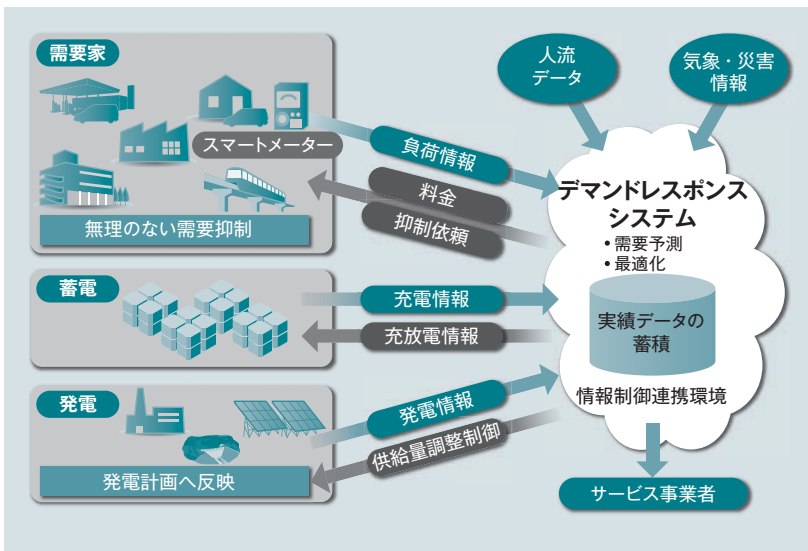


図2 | デマンドレスポンス

需要側と供給側が協調連携して、需要側の電力使用のピークシフトやピークカットによって電力の需給バランスの調整にあたる。

要側に節電要請もしくは需要側の機器を遠隔制御する。供給側は需要側へ節電量に応じてインセンティブを払う。

アセットマネジメント

社会インフラのさまざまな設備や機器の保全・保守は、従来は人手による定期点検が主体であったが、機器や設備の状態に即したタイムリーな点検が望まれている。センサーや計測機器から入手されるさまざまなデータと、他の情報を複合的に活用した新しいアセットマネジメントを図3に示す。これは複合データを地理空間上に「見える化」し、さらには分析や診断により設

(b) リアルタイム

ここで言うリアルタイムとは、要求が発生したときに即座に処理を実行することである。一般に制御システムでは、ミリ秒単位の短いサイクルでの対応が要求される。この特集号では、より広義の意味で捉え、必要なときに必要なサービスをオンタイムで提供することも含める。

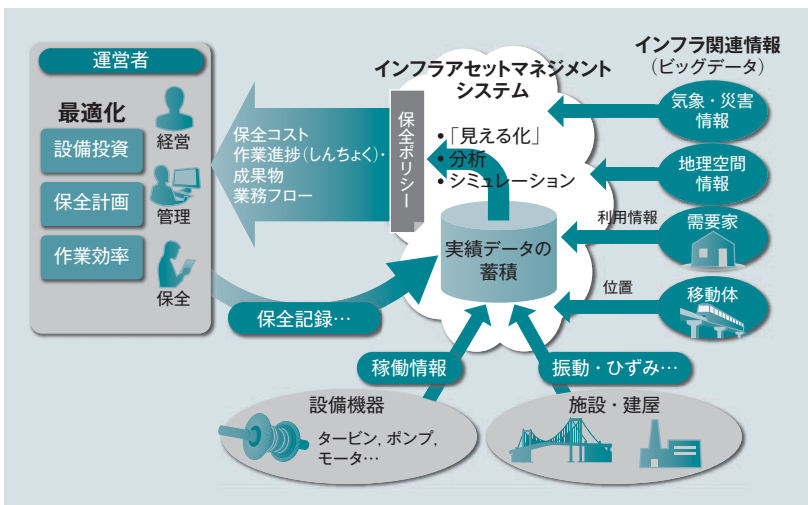


図3 | アセットマネジメント

センサーや計測機器からのデータや、ほかからのさまざまな情報を複合的に活用して社会インフラの保全・保守の効率化に寄与する。

備の状態を把握する。そのうえで故障率や保全のコストを明らかにし、設備や機器の保全計画や設備投資に活用する。

この一連のプロセスを、ITを駆使してサービスとして提供することにより、供給側である社会インフラ事業者だけでなく、工場やビル、住宅など需要側の設備や機器の設備資産管理も支援することができる。

新しい社会インフラシステムの課題

まずスマートグリッドで考察すると、全体を統括するシステムは、調整が難しい2つの対象を持つことになる。1つは太陽光や風という自然環境である。これらの発電量は事前調整できないため、電力系統への影響が危惧される。このため再生可能エネルギーの大量導入時には、より緻密に発電量の予測や系統状態を推定する技術が求められる。

もう1つは供給側から需要側間への要請調整である。再生可能エネルギーの変動を需要の調節で吸収する場合、需要側の個々の要求と供給側の要請は必ずしも一致せず、需要調整が不十分となる可能性がある。そのためには、供給側と需要側双方がメリットある関係、電力系統の安定化(供給側メリット)やインセンティブ(需要側メリット)などをリアルタイム^(b)かつ同時に満足させる必要がある(図4参照)。

また、アセットマネジメントにおいては、多数のセンサーから情報を収集してこれを分析し、対象となる機器や設備の状態を的確に診断して、タイムリーに保全・保守に生かす技術が必要である。さらには社会インフラの導入・成長・成熟などの各フェーズに合ったサービス提供が求められる。

以上から、自然環境の予測や需要側の行動パターン分析、大規模データ収集やその分析とサービス提供など、いずれも高度なITを駆使する必要がある。

高度なITによる情報と制御の融合

近年、情報プラットフォームには、以下に示す大きなブレークスルーが起こり、コ

ンピュータリソースが従来に比べ、圧倒的に大規模かつ低コストで利用できるようになった。

(1) サーバ単体の性能アップはもとより、仮想化技術やクラウドアーキテクチャなどの大規模分散処理技術により、高速大容量の計算機パワーが利用可能となった。

(2) 光通信やM2M (Machine to Machine) 通信など、有線/無線とも高速大容量通信が利用できるようになり、スマートメーターに代表される種々の計測機器から計測データがリアルタイムに収集できるようになった。

(3) 無線タグ、温度センサー、ひずみセンサー、気体濃度センサーなど、社会インフラでも利用されるさまざまなセンサーが、半導体技術の進歩と相まって、高度化、小型化、多機能化した。

新しい社会インフラシステムに求められる課題を解決するために、上述した最新の高度なITが情報・制御システムに活用されることは容易に想像される。そのシステム構成フレームワークを図5に示す。社会インフラ側ではセンサーを含む計測装置と大容量通信LAN (Local Area Network) やM2M通信が利用され、社会インフラから従来とは比較にならない大容量かつ詳細なセンシングデータ、いわゆるビッグデータの収集が可能となる。

情報制御連携環境は、このビッグデータの管理や分析、そして業務アプリケーションがこれら情報や知識を有効活用するための共通機能群から構成される。具体的には、センサーや計測機器などからのセンシングデータを収集管理して各システムに提供するメーターデータ管理 (MDM: Meter Data Management)、データの利活用を目的にデータの分析や診断、シミュレーションする知識サービス機能 (KaaS: Knowledge as a Service)、社会インフラのさまざまな機器の資産を管理する設備資産管理 (EAM: Enterprise Asset Management)、分析や診断の結果や資産の情報を地図上でビジュアルに表示する地理情報システム (GIS: Geographic

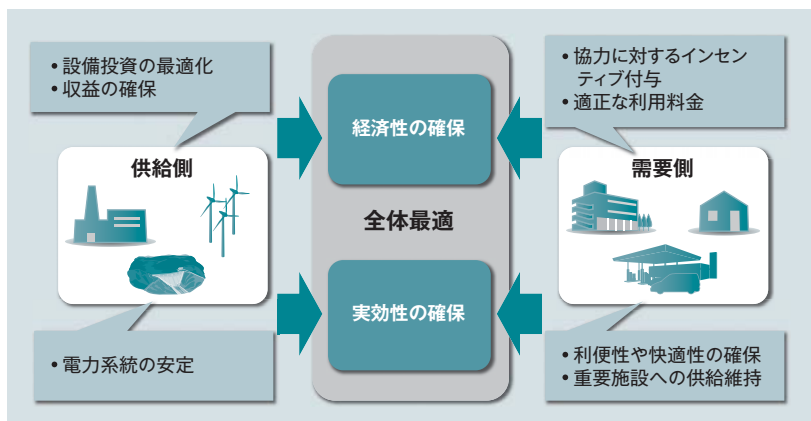
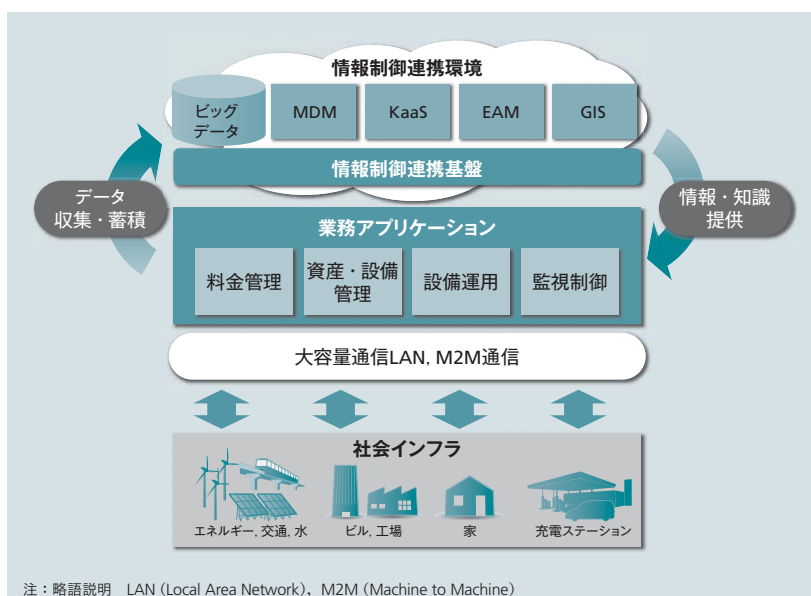


図4 | 供給側と需要側の双方の要求

需要側と供給側の双方の要求をリアルタイムかつ同時に満足し、全体最適としての「経済性」と「実効性」の確保が必要である。

Information System) である。また情報制御連携基盤は、これら分野共通機能群と業務アプリケーションを連携するだけでなく、社会インフラ間を連携させて効率的に運用することを支援する。

以上により、バックエンドの最新の高度なITを持つ情報制御連携環境は、情報や制御の業務アプリケーションが必要とする有益な情報や知識をリアルタイムに提供する。これにより、情報と制御がリアルタイムで機能連携し (情報と制御の融合)、従来では達成できなかった高度なタスクを達成して供給側や需要側に付加価値を提供する。すなわち、「スマートグリッドにおける電力系統の安定化と需要側へのインセン



注：略語説明 LAN (Local Area Network), M2M (Machine to Machine)

図5 | 高度なITを活用した情報・制御融合システムのフレームワーク

融合とは、情報と制御がリアルタイムで機能連携し、従来では達成できなかった高度なタスクを達成して供給側や需要側に付加価値を提供することである。

タイプをリアルタイムかつ同時に満足」
 「大規模センシングデータの分析や診断により、社会インフラの保全・保守をタイムリーに実行」を実現するのである。

ところで、日本の社会インフラシステムは、インフラ事業者とサプライヤーが協力して、さまざまなシステム技術を開発し、社会インフラシステムを構築してきた。日立グループはサプライヤーとして、これまでさまざまな分野で社会インフラシステムを構築してきた実績を持つ。

上述したビッグデータを分析、診断、シミュレーションして価値を見いだすには、各業種分野に関わるノウハウや知見が必要であり、日立グループはこれまでに培った社会インフラシステムの構築に関する経験を生かしつつ、運用ノウハウに関してはインフラ事業者との連携を通じて提供することをめざす。

日立グループの取り組み

日立グループは、情報と制御の融合による社会インフラシステム（スマートインフラ）を、システムやコンポーネント提供からサービス提供に拡大して事業パッケージ

化することを目標に推進しているが、国内外で進めているスマートグリッド実証事業などを通じて、その成果は具現化しつつある。この特集号で紹介する技術やソリューションの概要を以下に述べる。

エネルギーソリューション

デマンドレスポンスは、海外ではすでに一部機能が実施されており、国内でも**4地域実証**^(c)などで取り組まれている。また、2012年は電力需給逼（ひっ）迫時に備えてのピーク需要抑制サービスが実施され、日立グループもデマンドレスポンス事業者として参加した。これは電力事業者からの調整依頼に基づいて、ビル群のエネルギー管理を行うアグリゲータと連携して需要家側の需要抑制を行うサービスである。また今回の経験を生かして、調整能力機能強化として国際標準規格に準拠したデマンドレスポンスシステムの開発に取り組んでいる（本誌p.25参照）。

水ソリューション

日立グループは、インドなどで海水淡水化や水処理事業を進めている。水不足、水設備の老朽化、技術者減少の問題解決をめざし、水処理や送排水施設などの水環境インフラに高度なITを活用する「インテリジェントウォーターシステム」構想を進めている（図6参照）。これは、水・エネルギー・情報の流れを、水に着目して全体最適化するもので、「事業運営」、「水運用」、「水処理制御」、「水処理設備」の分野ごとに開発を進めている（本誌p.30参照）。

交通ソリューション

日立グループはITS (Intelligent Transport Systems) や、さまざまな情報をセンターから車載端末に提供するテレマティクスシステムの構築実績がある。都市環境問題の解決に向けては、公共交通のCO₂排出を削減する運行支援の実証に取り組んでいる。また、ハワイにおいてEV (Electric Vehicle) 管制と配電システムを連携させ、EVを活用して再生可能エネルギーを高効率に

(c) 4地域実証

北九州市、関西文化学術研究都市（愛称：けいはんな学研都市）、豊田市、横浜市で取り組まれているスマートコミュニティ実証。HEMS (Home Energy Management System)、BEMS (Building and Energy Management System)、EVなどを組み合わせて、エネルギーの「見える化」やデマンドレスポンスなどのエネルギーマネジメントシステムの実証を推進中である。

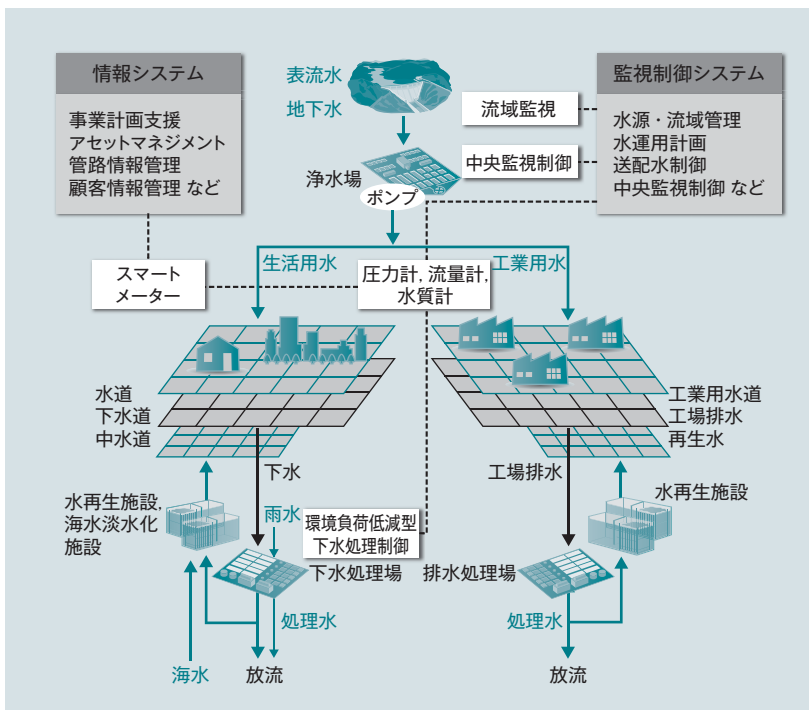


図6 | インテリジェントウォーターシステムの例
 水処理システムと情報・制御システムの連携により、地域の水循環を最適化する。

利用する実証事業，独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「島嶼（しよ）域スマートグリッド実証事業（正式名称：Japan-U.S. Island Grid Project）」を推進中である（図7参照）。

運用・保守サービス

社会インフラの効率的な運用・保守に向けて，日立グループは，運用・保守に関わるさまざまなノウハウや知識を高度なITを用いて提供する運用・保守（O&M：Operation and Maintenance）サービスの開発を進めている。これは，世界各国で進展の状況が異なる社会インフラに対して，「導入」，「成長」，「成熟」といったそれぞれの過程に合わせて，各国の事情や社会インフラ事業者の事業環境の変化に応じた順応性の高いサービスをインフラ事業者と連携しつつ提供することを目的とするもので，鉄道システムを適用事例として紹介する（本誌p.34参照）。

知識サービス機能

社会インフラの各業種ソリューションや運用・保守サービスに提供する知識サービス機能の開発を推進している。エネルギーソリューションを支援するシミュレーション技術として，スマートグリッドシミュレータや，電気と熱を融合したエネルギーネットワークシミュレーション技術を開発している（本誌p.38参照）。

また，ビッグデータ利活用では，「モノ」，「ヒト」，「コト」の分析技術やサービス開発に取り組んでいる。情報・制御の観点から「モノ」，つまり設備機器に関わるビッグデータ利活用の取り組みとして，ガスタービンやビル設備での取り組みを紹介する（本誌p.44参照）。

情報制御連携基盤・情報セキュリティ技術

電力と交通など社会インフラは相互に連携し，需要側に多様な価値を提供している。連携する社会インフラシステムの相互接続性，信頼性，拡張性を維持しつつ，システムが必要とするさまざまなデータをリ

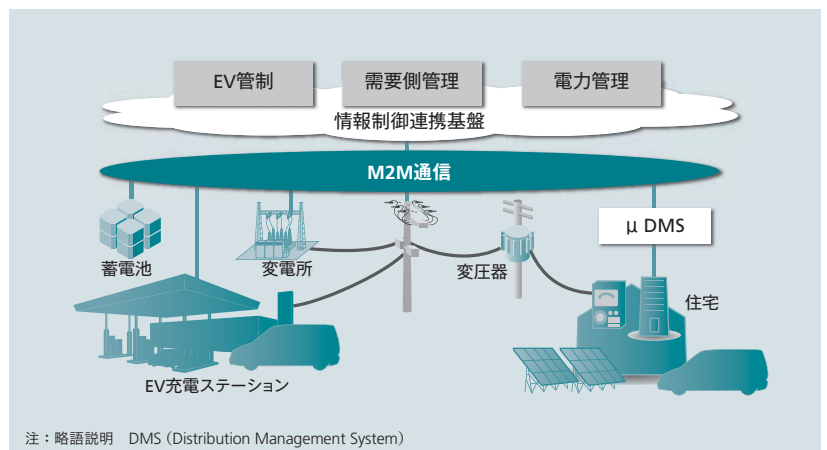


図7 | ハワイの実証事業におけるシステム構成
交通インフラと電力インフラが連携して，再生可能エネルギーの有効活用を実現する。

アルタイムに提供する情報制御連携基盤の開発を進めている（本誌p.48参照）。

また，社会インフラシステムにおいて，セキュリティ確保は重要な課題である。日立グループはセキュリティに関わるさまざまな技術やシステムの開発実績があり，社会インフラ向けのサイバーセキュリティとして，処理負荷が軽い高度な暗号技術や社会インフラシステムの運用負荷を軽減するセキュリティ技術の開発に取り組んでいる（本誌p.54参照）。

グローバル展開

わが国の社会インフラを，官民一体となって，新興国をはじめとする海外にも展開していく動きが加速されていることは周知のとおりである。その一方で，グローバルな動向として，社会インフラも国際標準準拠とする動きがますます強くなっている。社会インフラのグローバル展開を日本として推進するには，強み技術を標準化することはもとより，事業領域を囲い込むことを目的に，事業領域を定義するサービス標準も推進する必要がある。わが国の社会インフラ事業者やサプライヤーは，関係省庁とも連携して，スマートグリッドやスマートシティなどの分野において，ISO（International Organization for Standardization）/IEC（International Electrotechnical Commission）/ITU（International Telecommunication Union）などの国際標準化団体への提案活動を推進している。

日立グループもこれらの活動に協力している（本誌p.58参照）。

スマートインフラの実現に向けて

社会インフラを取り巻くマクロな動向から、社会インフラのパラダイムシフトに向けて解決しなければならない課題、高度なITを活用した情報と制御の融合に向けた日立グループの取り組みについて述べた。この高度なIT、すなわち大規模分散処理技術は、データセンター、検索エンジン、スマートフォンのアプリケーションなど、

情報システム分野で活用されている。しかし、電力、水、交通の社会インフラを支える情報・制御システム分野への展開はこれからの段階であり、その全貌や社会的インパクトはまだ十分には明らかになっていない。日立グループは、これまで、高信頼・リアルタイム技術、ネットワーク制御技術、自律分散システム技術などを提供してきた。これらにこの高度なITを、文字どおり「融合」した情報・制御融合システムを具現化することに引き続き注力し、地球規模で起こりつつあるさまざまな問題や課題の解決に貢献する所存である。

参考文献など

- 1) 大西，外：低炭素都市 これからのまちづくり，学芸出版社（2010.1）
- 2) エネルギーフォーラム編：「スマート革命」の衝撃，エネルギーフォーラム（2010.4）
- 3) 国土交通省：国土交通省技術基本計画の策定について（2008.4）
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha08/13/130414_.html
- 4) 瀧下，外：ICTが支える建設機械のライフサイクルサポート，日立評論，94，5，382～385（2012.5）
- 5) 横山，外：スマートグリッドの構成技術と標準化，日本規格協会（2010.6）

執筆者紹介



角本 喜紀

1989年日立製作所入社，インフラシステム社 技術開発本部 技術・事業開発統括部 所属
現在，研究開発の企画業務に従事
博士（情報科学）
電気学会会員，情報処理学会会員



吉川 義人

2006年株式会社日立コンサルティング入社，日立製作所 インフラシステム社 電力システム本部 社会情報システム部 所属
現在，スマートシティ事業の戦略立案・推進に従事



藤城 孝宏

1993年日立製作所入社，情報・通信システム社 スマート情報システム統括本部 戦略企画本部 企画部 所属
現在，スマート情報事業の事業戦略立案に従事
博士（工学）
電子情報通信学会会員



福本 恭

1994年日立製作所入社，横浜研究所 情報サービス研究センタ 社会インフラシステム研究部 所属
現在，社会インフラシステムの研究開発に従事
博士（情報科学）
電気学会会員