

社会インフラを支えるIT基盤

Information Technology Platform for Public Infrastructure

水野 善弘
Mizuno Yoshihiro
大河内 一弥
Okochi Kazuya

矢野 浩仁
Yano Kojin
真下 祐一
Mashita Yuichi

今後の社会インフラにおいて快適な生活と低炭素化社会とを両立するといった「人と地球のちょうどいい関係」を実現するためには、これまでになかった情報の活用や、新たな事業モデルによる供給者と需要家の関係の変化に対応していく必要がある。ここでは、新たな情報活用、事業者の多様化に伴って増加する機器やアプリケーションへの対応、社会インフラを支えるシステムとしての信頼性の確保、また長期にわたる安定的な稼働が求められる。日立グループは、こうした環境を実現するために、社会インフラを支えるシステムに共通的に必要なIT基盤を開発している。

1. はじめに

近年、低炭素化社会に向けて再生可能エネルギーやEV (Electric Vehicle) などの大量導入を含め、地域で効率的にエネルギーの地産地消を行う地域エネルギーマネジメントや、鉄道、バスなどの都市交通を利用者の立場で事業者の垣根を越えて利用しやすくするなど、新しい都市の在り方や新しい都市づくりへの取り組みがなされている。

日立グループは、こうした背景を踏まえ、「人と地球のちょうどいい関係」をテーマにスマートシティや社会インフラの実現・構築に取り組んでいる。

ここでは、社会インフラを支えるシステムの基盤として、IT基盤の在り方、および、IT基盤を実現する機能について述べる。

2. 社会インフラを支えるシステムの要件

2.1 多種多様性への対応

従来、社会インフラでは、エネルギーは電力やガス事業者、交通手段は鉄道、バス、タクシー事業者が提供してきた。しかし近年、風力、太陽光などの再生可能エネルギーの普及により、需要家側で発電して家庭や地域で消費する動きがある。また、電力だけでなく地域内で冷暖房などの

熱供給を集中的に行い、地域でのエネルギー生産をまとめて効率化する動きもある。交通分野でも、消費者の志向が自動車の所有から利用へと変化していく中で、カーシェアリングサービスなどのサービス事業に進出する自動車メーカーもある。このように、将来の都市では社会インフラの供給や需要の関係が変化し、新しい事業への参入や新たな事業者の登場など、さまざまな事業者や利用者が関わってくると考えられ、システムはこのような多種多様性に対応していくが必要になる。

2.2 信頼性への対応

社会インフラは安定供給、安定稼働が求められる。そのため、社会インフラを支えるシステムにも常時、あるいは必要となときにアクセスできる信頼性が求められる。従来は、機器やシステム、システム間を結ぶネットワークを、オープンな環境とは分離することなどによって社会インフラとしてのサービスの安定かつ安全な提供を確保してきた。今後は、さまざまな事業者による大量の機器やアプリケーションが、さまざまなネットワークを通じて社会インフラに加わることになる。このような状況を踏まえて、システムは、設計時や運営中にそれぞれの都市や地域の規模に応じて構築、拡張できる仕組みにする必要がある。また、すべての機能提供が難しくなるような不測の事態において、代替手段がない場合には社会インフラとして重要な機能を優先的に提供することが必要となる。

2.3 都市の成長、長期維持への対応

都市の成長には、規模の拡大と機能の高度化がある。近年、世界的に都市部への人口集中の傾向があり、また都市の統廃合も各所で行われている。これらは今後も続く予想され、都市の規模に応じてシステムを構築し、継続的に

拡張して対応していく必要がある。一方、機能の高度化は、社会インフラ機能をより快適に効率よく運営するためにアプリケーションやアルゴリズムを高度化することである。例えば、街中の人の移動量変化を計測・予測し、それを基に鉄道、バスの運行ダイヤを変えていくことが挙げられる。また、社会インフラとして、長期安定的に機能を提供することも必要となる。それには社会インフラとして新陳代謝が行えることが重要であり、故障発生時や機能が古くなった場合に、部分的改修を行いながらも社会インフラとしての機能を提供し続けていくことが必要になる。

3. 社会インフラを支えるIT基盤のコンセプト

社会インフラの提供に今や不可欠となったITの技術革新や多様化が進む中、日立グループは、それらをまとめるIT基盤として、社会インフラに関わるさまざまな機器や設備、アプリケーション間を「つなぐ」スマートシティ基盤を提唱する(図1参照)。

3.1 「ことば」の壁を越えて「つなぐ」: Interoperability

多種多様な事業者の参加により、必然的に取り扱おうとするアプリケーションや機器も多様化する。そのため、データフォーマット、データの範囲、タイミング、通信プロトコル、データに対するセキュリティポリシーなど、つなぐ相手先ごとに求められるものが変わる。そこで、アプリケーションや機器から収集した情報を汎用的なデータモデルで管理し、共通的なインタフェースで提供することによって接続性を確保する。

一方、社会インフラで取り扱う機器の情報は、適切な事業者のみが適切な範囲で見えるようにセキュリティを確保する必要がある。システムにアクセスする人やアプリケーション、機器が正当なものなのか認証し、それらに与えら

れた権限の範囲でシステムにアクセスできるようにする。またアクセスの際に第三者からの盗聴による漏洩(えい)を防ぐため、ネットワーク上に流れる情報を暗号化などによって保護する。

3.2 いつでも「つなぐ」: Reliability

社会インフラを支えるシステムの信頼性を確保するために、深刻な処理集中やサーバ、ネットワーク障害によるシステムの緊急事態、異常事態を防ぐ必要がある。ここでの基盤の役割は、機器、ネットワーク、アプリケーションが今どのような状態にあるのかを把握し、緊急事態や異常事態につながる情報をいち早く検知して事態に応じてネットワークを切り替えたり、バックアップ用のサーバに切り替えたりすることでシステムの信頼性を確保する。

一方、深刻な状況下では、社会インフラとして最も重要な機能だけでも提供できるようにする必要がある。深刻な処理集中やネットワーク障害などの緊急事態や異常事態が発生し、すべての機能を提供することが難しくなった場合には、さまざまな機器やアプリケーションの間でやり取りされる多種大量の情報の中から重要な情報のみを選択したり、優先的に取り扱うことで社会インフラとしての重要機能の提供を維持する。

3.3 世代を越えて「つなぐ」: Sustainability

成長する都市を長期間支えるために、規模の拡大に対してスケールアウト型でのシステムの増強を可能にし、都市の規模に応じてシステムが対応できるようにする。また、機能の高度化に対しては、都市全体で流れているデータの「見える化」、分析など、さまざまなアプリケーションで共通的に利用可能な機能を整備することで対応する。

長期安定化に対しては、都市内に大量に点在する機器の状態を把握し、いつどこで保守が必要になるかを予測可能にすることで、機器の交換部品の手配、保守員の配置計画などの業務の効率化が可能になる。また、機器内のプログラムやファームウェアのバージョンなどの状態を管理し、プログラムの書き換えが必要になった場合にプログラムを配布することで機器の保守、メンテナンスを効率化する。さらに長期的には、機器の交換が必要になる場合があるが、都市内のすべての機器を一斉に交換することは非常に困難である。段階的に保守が行われており、都市内に何世代かの機器が共存する状態でも稼働を可能にしたり、現地に最小限の機能のみ配置し、その他の機能は集中的に管理することで長期安定化を維持する。

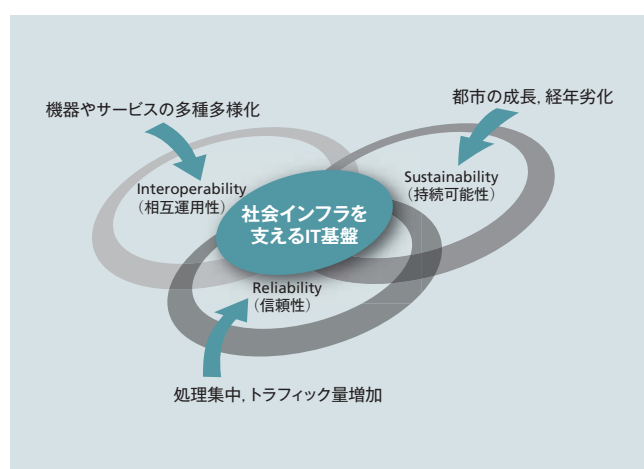


図1 | 社会インフラを支えるIT基盤コンセプト

社会インフラを支えるIT基盤では、機器やサービスの多種多様化、処理集中などの障害、都市の成長や経年劣化に対応する。

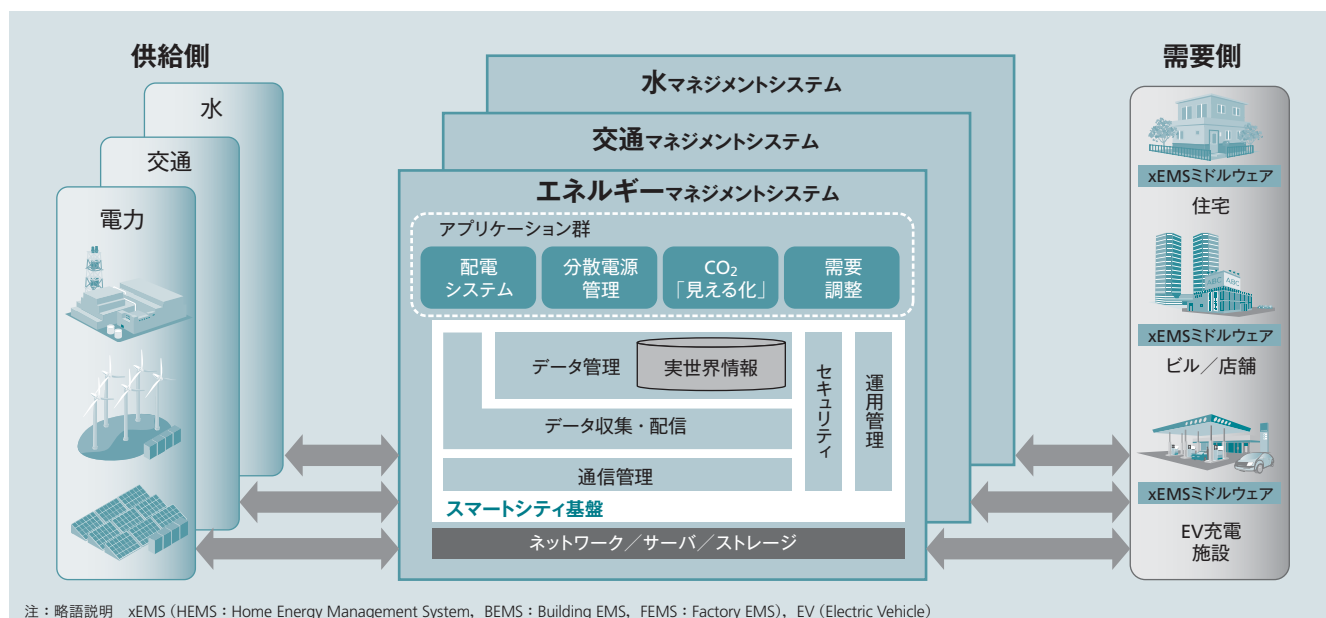


図2 | システムアーキテクチャ

社会インフラシステムは、スマートシティ基盤を中心として機器やアプリケーションがハブ&スポーク型でつながる。

4. スマートシティ基盤の概要

4.1 システムアーキテクチャ

社会インフラを支えるシステムは、スマートシティ基盤を中心として機器やアプリケーションがハブ&スポーク型でつながる構造によって構成される。これにより、個々のシステムでは、機器やアプリケーションが相互に連携することができ、自律的に接続、変更、更新が可能となる（図2参照）。

各社会インフラに対応したマネジメントシステムは、自律的に分離されたクラスタ状で形成されるが、クラスタ間を連結することで、電力マネジメントシステムと交通マネジメントシステム、異なる地域間での電力マネジメントシステムの連結が可能となる（図3参照）。例えば、電力需給バランスを見据えて電気自動車を余力のある充電ステーションに案内したり、地域間での電力融通などの高度なマネジメントを行うことができるようになる。

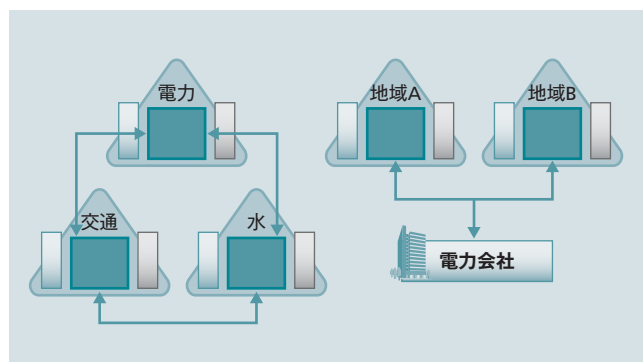


図3 | クラスタ間の結合モデル

クラスタ間を連結することで、社会インフラ間の連携が可能になる。

4.2 スマートシティ基盤の主要機能

社会インフラ上で稼働するアプリケーションは、電力需要予測や交通流予測などの社会インフラ内の機器の履歴の情報を活用するものと、配電自動化や交通運行管理など、機器の現在状態に基づいて稼働するものがある。前者は多種多様な機器の情報をいかに容易に収集・蓄積・提供できるかが課題であり、後者は機器とアプリケーションへの間での情報伝達をいかに素早く伝えるかが課題となる。スマートシティ基盤では、多種多様で大量な機器やアプリケーションの情報をデータ管理機能にて管理し、データ収集・配信機能によって機器の状況を素早くアプリケーションに提供する（図4参照）。以下にこれらを含めたスマートシティ基盤の主要機能について述べる。

(1) データ管理機能

データ管理機能では、多種多様な機器の情報の蓄積・提供を実現するため、実世界情報管理、アクセスI/F (Interface)、データ処理の機能を提供する。

実世界情報管理では、都市に点在するさまざまな機器や設備の構成情報、それらの稼働履歴や保守履歴といった多種大量の情報を管理する。特に履歴情報の管理では、4W1H (Who：誰によって、What：どの機器が、When：いつ、Where：どこで、How：どのように) を基本とした実世界データモデルで管理することにより、機器・設備やアプリケーションに依存しない汎用的なデータモデルで事実を管理する。

アクセスI/Fは、機器の違いやアプリケーションの違いを吸収する共通的なインタフェースを提供する。これにより、アプリケーション側で機器の種類ごとに使用するイン

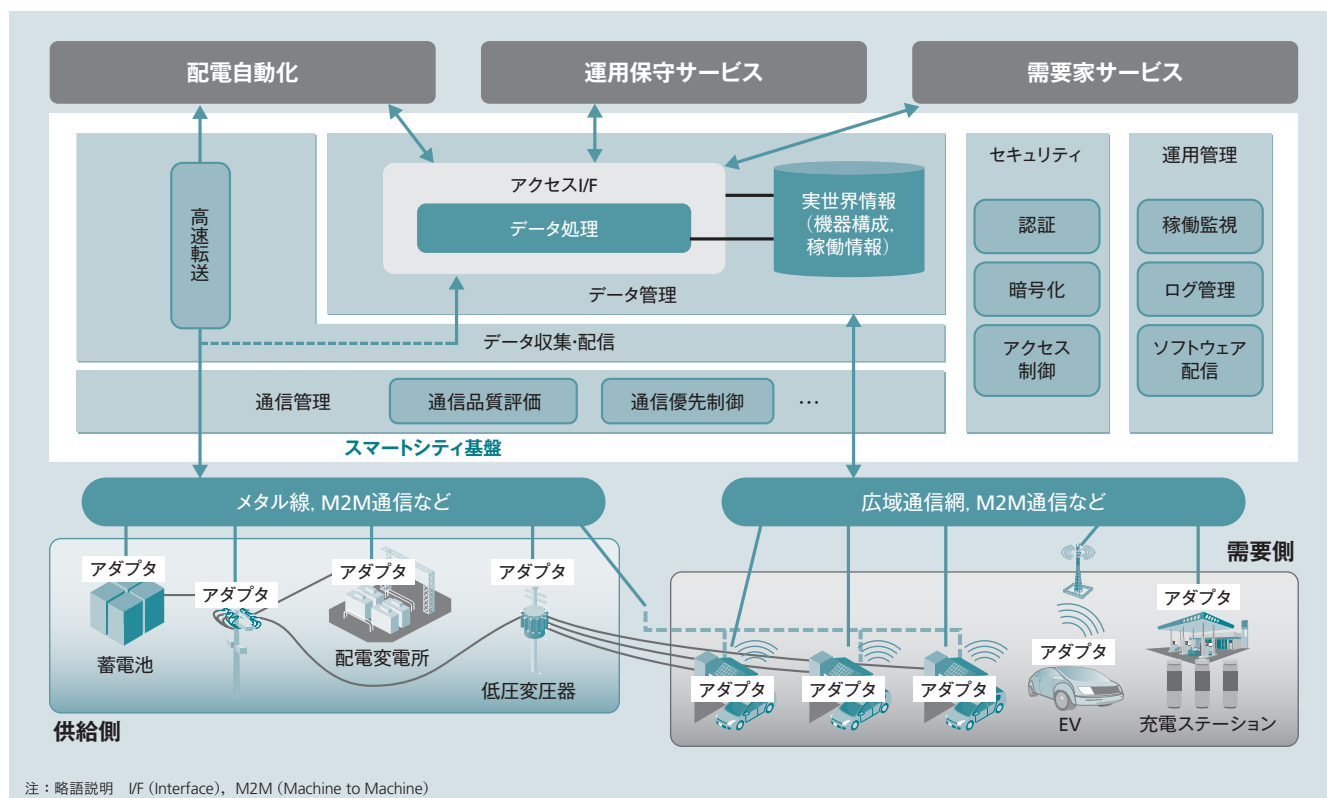


図4 | スマートシティ基盤の機能概要

スマートシティ基盤は、多種多様な機器とアプリケーションとの間に位置し、制御情報の伝達や大量情報の提供を行う。

タフェースを切り替える必要がなくなる。

データ処理では、アクセスI/Fを介して収集された情報を実世界データモデルに変換したり、その逆に、実世界データモデルで蓄積されている情報をアプリケーションの要求に応じて変換する。将来、新たに管理される機器やアプリケーションが増えた場合、データ変換のルールを追加することによって容易に拡張可能である。

(2) データ収集・配信機能

データ収集・配信機能では、機器とアプリケーション間の素早い情報伝達を実現するために、機器や設備ごとにその情報を要求するアプリケーションとの対応づけを管理し、機器からの情報を素早くアプリケーションに振り分ける。また、機器とアプリケーション間で情報を送信する際にデータ管理機能にも配信して履歴として情報を蓄積する。これにより、都市内のすべての機器の情報をまとめて管理することができ、従来は個別システム内でのみ活用可能であった情報（特に制御情報）が他のアプリケーションでも活用可能になる。したがって、日々の稼働情報を分析することによる機器の遠隔診断システムなど、スマートシティ基盤の情報を活用した新たなアプリケーションの登場が期待できる。

また、複数の社会インフラに対し、スマートシティ基盤間を連携させることで異なる地域の社会インフラを連携してさらに広域での管理や、同じ地域でも電力・交通・水な

どの異なる社会インフラを連携させたより高度な管理・運営が可能となる（図5参照）。ここでの連携は、異なる事業者間の契約に基づいた連携を想定して、どの情報をいつ交換するのかといったルールを互いに定義することによって実施する。社会インフラが異なると、取り扱うデータモデルも異なる場合があり、これに対してデータモデル変換のパターンを、ルールに記述することができる。スマートシティ基盤間でデータモデル変換を行うことによって、

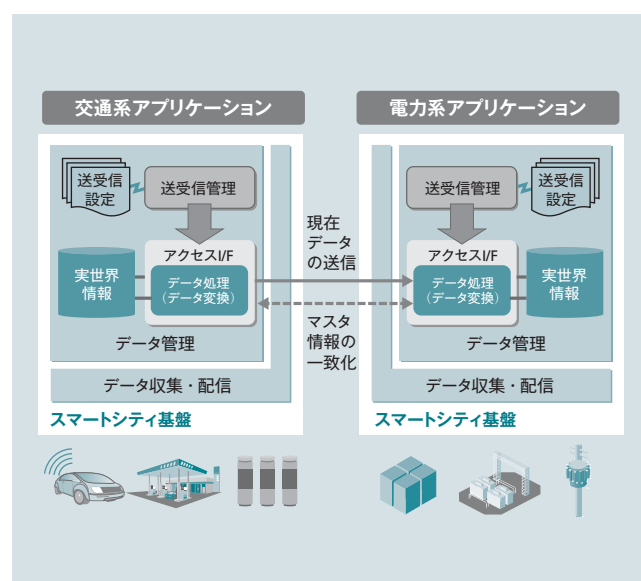


図5 | 社会インフラ間連携の概要

スマートシティ基盤間を連携することで社会インフラ間の連携を実現する。

データモデルの違いを互いのアプリケーションで意識させずに連携することができる。

(3) セキュリティ機能

多種多様な機器とアプリケーションの連携を行うためには、I/Fの共通化などでつなぎやすくする一方で、適切な機器が適切なアプリケーションとの間で情報をやり取りできるよう、盗聴、なりすましや改ざんなどの不正行為を排除するセキュリティ対策が必要である。

セキュリティ機能では、HEMS (Home Energy Management System) や BEMS (Building Energy Management System) などの機器に対して必要に応じて通信用のアダプタを提供し、アクセス I/F での送受信を実施する。アダプタには認証と暗号化の機能を搭載しており、これを使用することでなりすましや漏洩を防止することが可能である。またアプリケーションに対してどの範囲のデータの参照・更新を許可するかを定義するアクセスコントロール情報を管理し、アクセス I/F でのデータ送受信時にはこれを参照して情報へのアクセスを制御することにより、情報公開範囲をアプリケーションごとに制限することができる。

さらに、スマートシティ基盤を各国・地域で活用する際には、国・地域ごとに暗号化規制などのセキュリティ政策が異なることへの対応や、都市インフラとして何十年も運営していくうえで年々高度化していくセキュリティ技術への対応が求められる。このため、セキュリティ機能を構成する認証、暗号の機能を差し替え可能な形にモジュール化しており、各国・地域のセキュリティ政策に沿った認証方式や暗号アルゴリズムに容易に対応することが可能となる。また、認証や暗号のアルゴリズムといった技術の進展に応じてそれに対応した最新のモジュールを追加することによって追従することが容易となる。

(4) 通信管理機能

社会インフラにおいて、さまざまな機器の情報を利活用するためには、通信事業者によって普及が進んでいる M2M (Machine to Machine) 通信サービスなどを利用しながら、個々の機器と相互接続を行う必要がある。しかし、従来の制御システムでは、専用線や場内の制御ネットワークなど閉じた回線で非 IP (Internet Protocol) の通信で接続されているものが数多くある。通信管理機能では、それらのメッセージをカプセル化し、インターネットや M2M 通信などの IP 層での通信を可能とする機能を提供する。これにより、従来の制御機器でも通信モジュールを変更することなく接続することが可能となる。

また制御系のシステムでは、センサー情報や制御信号が時間内に到達できるかが問題になる。そこで通信管理機能では、オープンなネットワークを扱う際に、データの送達

時間などを計測し、これらを監視・分析することで、ネットワークごとに信号の到達性の評価が可能となる。社会インフラ内のネットワークが複数用意されている場合は、制御系の機器に対して複数のネットワーク経路を用意しておき、通信品質が一定の基準を満たせない場合には、ネットワークを切り替えることで通信品質を確保することができるようになる。

一方、さまざまな機器からの処理集中により、社会インフラを支えるうえで重要な制御系の信号がリアルタイムに処理できなくなることも想定される。こうした場合、重要な特定の種類の情報を優先して処理することにより、処理集中時にも早急に情報授受が必要な制御情報などに対応するアプリケーションが早期に受け取って処理することができる。

(5) 運用管理機能

社会インフラを安定的に運営していくためには、社会インフラを構成する機器の保守・メンテナンスが必要である。この保守・メンテナンスを容易に行うために、運用管理機能では構成管理、ジャーナル、機器稼働監視、ソフトウェア配信の機能を提供する。

構成管理では、機器のマスタ情報だけでなく、機器と機器間での熱源・動力源の関係など、情報のつながり、物理的な接続関係、契約などの関係情報が管理可能である。これにより、例えばある区間で警告値を検知したときに、影響がどの機器まで及ぶのか事前に把握し、その対策を立てることができる。また、GIS (Geographic Information System) などと連携することにより、地図上で保守が必要な場所などを確認しながら保守を実施したり、電力、ガス機器を同時に巡回して保守するなど、保守・メンテナンス業務の効率化が可能となる。

ジャーナルは、機器間の通信内容を記録しておく機能である。社会インフラで不具合が発生した場合、機器に対していつ何を送受信したのか説明する必要がある。そのため、どの機器に何の情報を送受信したのか、通信の内容をログとして管理する。

機器稼働監視は、機器の稼働状況をモニタリングする機能である。機器の稼働状況を監視するためには、機器上で稼働状況を把握し、サーバ側に通知する機能が必要である。機器稼働監視では、機器に対して提供されるアダプタを経由して機器内のアプリケーションの稼働状況、メモリの使用状況などの情報を収集する。

ソフトウェア配信は、機器に搭載されているアダプタやソフトウェアのバージョンを確認し、変更が必要なソフトウェアについて、更新プログラムを送信するための機能である。機器は何十年も稼働を続けていく一方、社会インフ

ラとして年々機能は高度化していく。そのため機器に搭載されているファームウェアやアプリケーションも社会インフラの機能の高度化によってソフトウェアの更新を行う必要がある。しかし、機器は必ずしも常時接続できているとは限らないため、すべての機器が同時にソフトウェアの入れ替えをすることは困難である。そこで、スマートシティ基盤への接続時に定期的にどの機器にどのソフトウェアが入っているかといったバージョンの確認を行ったうえで、必要な機器のソフトウェア更新を実施する。

以上のようにスマートシティ基盤は、社会インフラに関わる機器やアプリケーションを効果的に「つなぐ」役割を果たすものであるが、システムアーキテクチャや各機能は社会インフラ以外にも適用可能である。例えば、医療機器と医療システム、警報機とホームセキュリティシステムなど、医療、教育、行政、金融といった生活インフラを支えるIT基盤としても適用することができる。さらに社会インフラと生活インフラ間を接続する都市マネジメントインフラにおいても、それらを支えるIT基盤としても活用することができる。

5. おわりに

ここでは、社会インフラを支えるシステムの基盤として、IT基盤の在り方、そして、IT基盤を支える要素技術について述べた。

次世代の社会インフラは、日々発展を遂げる高度なIT技術によって支えられる。次世代の社会インフラでは、これまで個々に進化してきた電力・交通・水などの社会インフラを包括的に再設計し、それぞれ自律的に安定稼働しながらも、互いのインフラ間で協調して支え合っていくことで実現できると考える。

日立グループは、人をはじめとした社会インフラの参加者に負荷を与えずに、快適で安全・安心をこれまでさまざまな経験で培ってきたITの力で支え、社会インフラの発展に貢献していく。

参考文献

- 1) 吉川, 外: 低炭素社会の実現に向けた社会基盤システム「CEMS」, 日立評論, 92, 8, 592~595 (2010.8)
- 2) 吉川, 外: スマートな次世代都市実現への取り組み —「地球環境の保全」と「安心・便利で豊かな都市生活」の両立に向けて—, 日立評論, 93, 5-6, 397~401 (2011.6)
- 3) 田所, 外: 上下水道の安全・安心・持続に貢献する情報制御システム, 日立評論, 93, 9, 607~612 (2011.9)

執筆者紹介



水野 善弘

1991年日立製作所入社, 情報制御システム社 事業戦略部 所属
現在, 社会インフラ向けシステム基盤の企画・設計に従事



矢野 浩仁

1991年日立製作所入社, 横浜研究所 社会インフラシステム研究部 所属
現在, 社会インフラ向けシステム基盤の研究開発に従事
情報処理学会会員, 日本オペレーションズ・リサーチ学会会員



大河内 一弥

1999年日立製作所入社, 横浜研究所 エンタープライズシステム研究部 所属
現在, 社会インフラに対するセキュリティの研究開発に従事
情報処理学会会員



真下 祐一

1991年日立製作所入社, 情報制御システム社 基盤開発センタ 所属
現在, 社会インフラ向けシステム基盤の設計・開発に従事