

社会インフラをスマート化する 情報制御連携基盤

Information and Control Platform for Smarter Social Infrastructure

岩村 一昭

Iwamura Kazuaki

水野 善弘

Mizuno Yoshihiro

真下 祐一

Mashita Yuichi

スマートシティにおけるさまざまな社会インフラを連携させて効率的な運用を図ることを支援する情報制御連携基盤は、次の3つの役割を担う。(1) 個々の社会インフラ運用・保守に関わる大規模データを収集・管理して共有し、全体の運用状況を把握できるようにすること、(2) これらの大規模データから、ソリューションに利用できるデータを生成すること、そして、(3) 社会インフラ運営サービス拡大の基盤となることである。日立グループは、スマートシティを支える基盤システムとして、このような情報制御連携基盤の開発を推進している。

1. はじめに

近年、世界各国で、電力、水道、交通、医療などの社会インフラを効率的に運用して、エネルギーや資源の供給・消費のむだや環境負荷となる温暖化ガスの低減を図るスマートシティの建設が進められつつある¹⁾。日立グループも国内外での関連プロジェクトに参加し、快適な生活の実現に向けて新世代の社会インフラの開発に取り組んでいる。

スマートシティにおける社会インフラが従来と異なるところは、以下の2点である。第一は社会インフラ全体の供給・消費状況を把握することで、全体の関係性を把握して効率よく運用することである。第二は社会インフラの劣化や故障に関わる保守情報を取得して、事前に問題点を把握して修理・交換などの対処を行い、社会インフラを安全かつ安定的に運用することである。

このような社会インフラ全体の運用を図るためには、エネルギー・資源の供給と消費に関わる情報などを収集、統合管理し、問題点があれば制御を含めて解決につなげるといふ、これまでにない基盤システムが重要となる。このため日立グループは、スマートシティを支える基盤システムである、情報制御連携基盤の開発を進めている²⁾。

ここでは、情報制御連携基盤の開発における進展、実際

の適用例、および今後の方向性について述べる。

2. 情報制御連携基盤

2.1 スマートシティにおける社会インフラの特徴

スマートシティには、次の特徴がある。

(1) 利用できる社会インフラと選択機会の拡大

これまでにない新しい社会インフラが構築され、既存の社会インフラとの連携が進む。例えば、電力インフラでは太陽光、風力など再生可能エネルギーが、電力系統へ組み込まれる。また、水の利用では、海水淡水化や再生水の利用が拡大され、交通分野では排気ガスを出さず環境に配慮したEV (Electric Vehicle) などが導入される。このように、スマートシティでは利用できる社会インフラが多くなり、これに伴って需要者は自分のライフスタイルに合わせて選択を行う機会が増加する。

(2) 情報に基づく高度な社会インフラ運営

需要者側の電力メータや水道メータの情報が、通信ネットワークを通して供給者に送られ、これらの大量情報が配電や配水制御などに利用される。特に、電力需要が供給に対して逼(ひっ)迫する場合は、需要者側の節電や、需要者側が発電した電力の系統側への逆供給、ピークカットを行うことになる。また、社会インフラの運用情報だけでなく、状態に関わる保守情報を常時取得して、問題点を見いだした場合には、設備の交換や修理を行い、持続的な社会インフラの運用を行う。

このように、利用できる社会インフラが増加し、情報の高度利用が可能になると、地域全体の最適化が可能となる。また、需要者向けに社会インフラ全体の利用を支援するとともに、地域全体の運営を行うSSC (Social System Coordinator: 社会システムコーディネーター) の概念も提示されている³⁾ (図1参照)。

SSCは、これまでにない事業体であるが、顧客へのサービス提供を行う組織がこの役割を担うことになる。そして、需要者のライフスタイルと要望に応じて社会インフラを選択し、需要者に提供する。また、節電や温暖化ガス削減、ゼロエミッションなど地域全体の利益にもつながるように社会インフラの利用を調整する。

地域運営を行うために、SSCでは、社会インフラの利用・保守に関わる情報を収集して、運用に必要となる情報を生成する。このような情報の付加価値生成に関わる基盤システムが、情報制御連携基盤である。

2.2 基盤システムに求められる要件

情報制御連携基盤のような基盤システムに求められる主な要件は次のとおりである²⁾。

(1) 相互接続性 (Interoperability)

さまざまな社会インフラからデータを収集することから、データ取得のタイミング、プロトコル、セキュリティが変わるため、共通の方式で対応していく。また、同じ内容であっても異なる企業が設置した機器から送られるデータをデータベースに格納することによって共有化を図る必要がある。

(2) 信頼性 (Reliability)

電力インフラや都市交通インフラなどには、安定供給が求められる。常時・緊急時、いずれの場合も通信インフラを通して目的とする機器に確実に接続する必要がある。こ

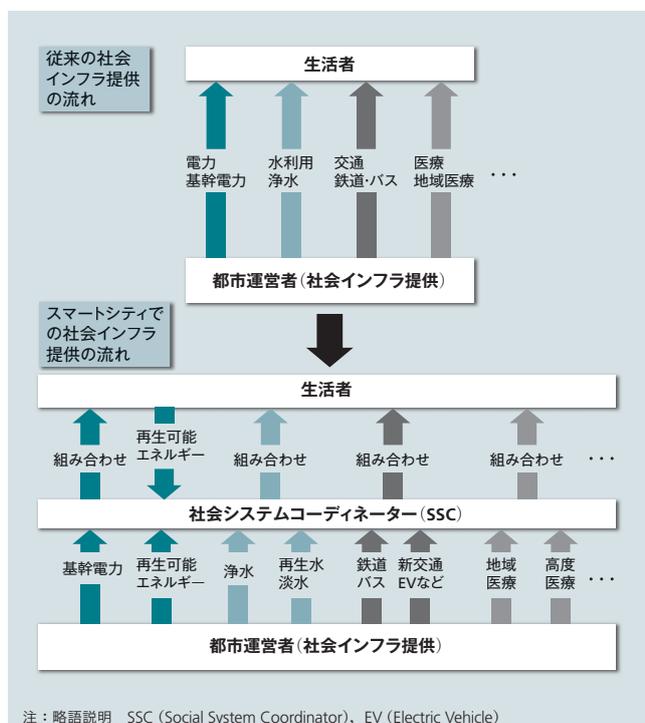


図1 | スマートシティにおける社会インフラの利用の拡大
スマートシティでは、利用できる社会インフラの数が増加し、利用者はそれを選択する。SSCはライフスタイルに合わせた選択と地域運用を支援する。

のため、さまざまなネットワークを通して接続を確保する。このとき制御に関わるデータについては、決められた時間内に接続できることを保証する必要がある。

(3) 都市の持続的成長への対応 (Sustainability)

成長する都市を持続的に支えるため、社会インフラの拡張、高度化に対応したスケーラブルなシステムとする。また、社会インフラが安定的に運用できるように保守データも収集して、劣化や故障予兆などの診断に利用する。

2.3 情報制御連携基盤が担う役割

前述した要件を実現するため、情報制御連携基盤は次の役割を担う（図2参照）。

(1) 社会インフラに関わる情報収集

さまざまな社会インフラの異常、保守、制御、利用に関わるさまざまなデータを収集し、データ処理を通して共有データとして蓄積する。共有化により、これまで参照できなかったデータが参照可能となり、データの関連性の発見や新しい応用につながられる。

特に、制御データも通過させて蓄積することにより、制御結果と対応させて管理し、因果関係を把握する。因果関係が蓄積されることで、さまざまな制御に伴う地域全体への波及効果を予測することが可能となる。例えば、配電制御とその結果を管理すると、多数のEV充電器を保有するなど電力を多く必要とする地域への適切な電力量供給方法を見いだせることになる。

(2) ソリューションへの貢献

収集したデータを分析して、アプリケーションで利用しやすい新たなデータに変換する役目を担う。このため、各種データに適用できる次の機能と組み合わせる。

(a) 補完

収集できるデータは地域全体を包含する完全なデータ

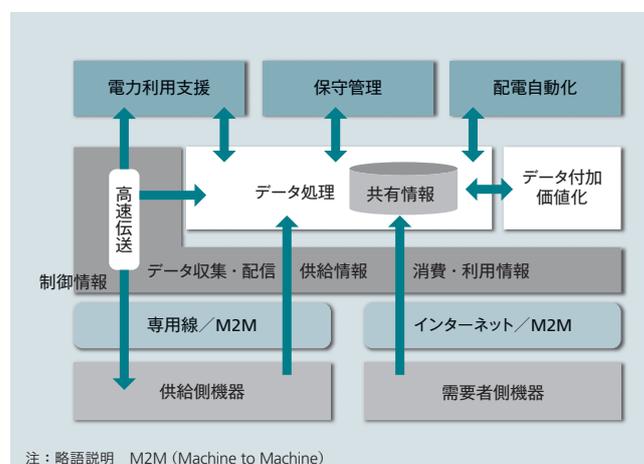


図2 | 情報制御連携基盤の構成
情報制御連携基盤はさまざまな社会インフラの情報を収集・配信するだけでなく、データ付加価値化によるサービス拡大の一端を担う。

ただとは限らない。例えば、すべての家屋から電力や水道の使用状況を取得できるとは限らない。このため、部分的なデータから地域全体の補完によって推定することになる。また大規模なデータの中には、機器の故障により、不適切な異常値を示しているものもある。これらのデータは排除・補正する。

(b) 地域特性抽出

取得した大量のデータは地域の特性を表す。このため、データの変化を分析して特性を明らかにする。具体的には、電力、水道などの消費のデータや車両や人の渋滞・混雑データから傾向を分析する。このようなデータ分析によって、利用目的に応じたデータを生成すればアプリケーションでの利用が容易になる。

(3) サービス基盤

収集・生成したデータを利用した、新しい社会インフラサービスに関わるアプリケーション搭載の基盤となる。例えば、電力利用支援サービスアプリケーションを情報制御連携基盤と連携させると、節電計画立案に必要な電力消費量のデータが容易に取得できる。さらに保守管理サービスアプリケーションも連携させると、配電に伴う施設運用データが取得できるため、これらのデータから劣化・故障予兆診断を行うことが可能となる。

3. 機能構成

3.1 機能とその内容

情報制御連携基盤の構成を図3に示す。この構成はデー

タ収集・配信、データ処理、ビジネスインタフェースの主要機能から構成される。各機能の具体的な内容は以下のとおりである。

(1) データ収集・配信

(a) データ収集・配信／統合

定期・不定期の情報収集・配信を行う。例えば、電力スマートメータや水道スマートメータなどから周期的にデータを収集する。機器の故障に関わる機器監視データ（ジャーナルデータ）は、短周期での収集となる。一方、設備保守は、変化が発生した時点で収集するデータである。取得した情報は、データ変換を通して、共通に利用できる汎用項目のデータとしてデータベースに格納される。変換項目は異なる業者ごとに、業者定義項目と汎用項目の対応を準備しており、これによってデータは共通の項目に対応づけられる。

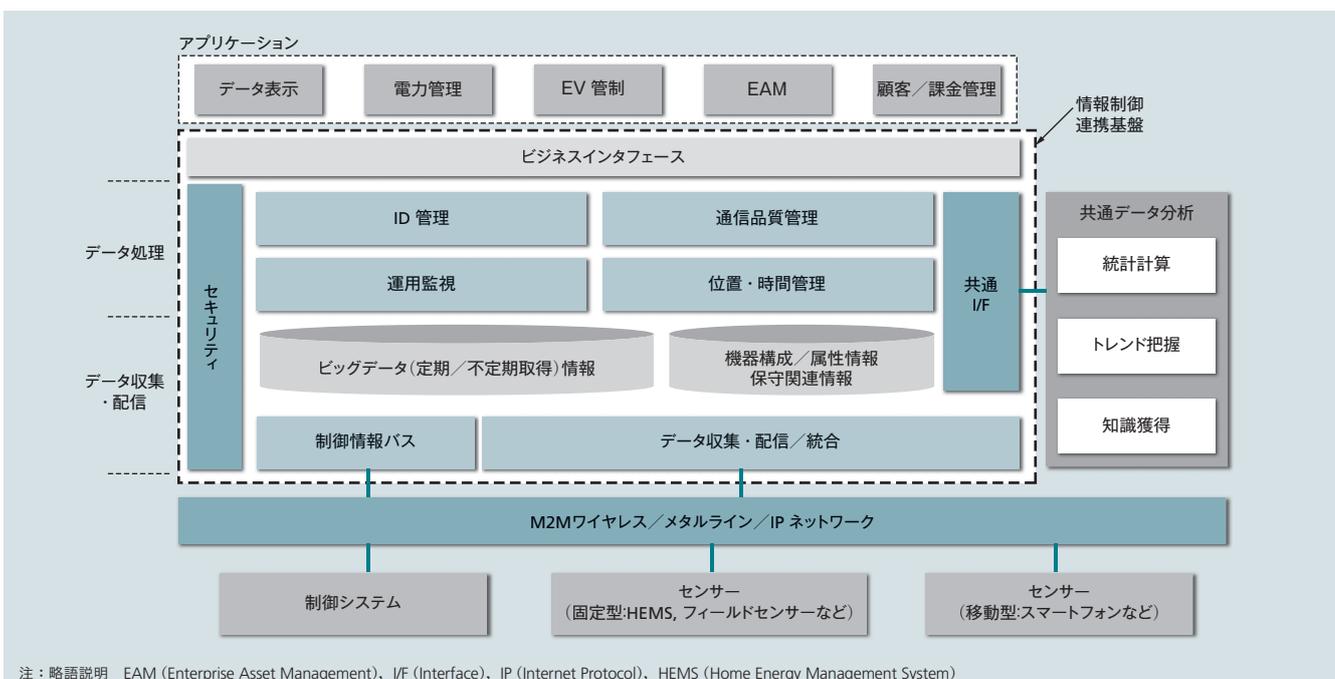
(b) 制御情報バス

制御データの転送については、バス方式を採用している。これにより制御データは、情報制御連携基盤を通過するが、あらかじめ決められた時間内に目的とする機器に到達することを保証する（レイテンシ保証）。

(2) データ処理

(a) ID管理

機器およびネットワークでの接続関係を、機器に付けられた固有番号により管理する。ネットワークに接続した機器とその動作状態が管理されるため、制御・保守対象機器を特定できる。



注：略語説明 EAM (Enterprise Asset Management), I/F (Interface), IP (Internet Protocol), HEMS (Home Energy Management System)

図3 | 情報制御連携基盤の機能構成

情報制御連携基盤は、データ収集・配信、データ処理、ビジネスインタフェース、セキュリティの主要機能から構成され、アプリケーション連携に必要なデータを生成するため共通データ分析機能とも組み合わせて使用する。

(b) 通信品質管理

安定した通信路の確保を行い、データの送り先となるシステムにデータが届いたことを保証する(到達保証)。制御機器から見ると、あらかじめ要求される時間内での制御データ到達の確証を得ることになり、情報制御連携基盤の使用はスマートシティを支えるシステム全体の信頼性を高めることにもつながる。また、機器間の接続方式として、M2M (Machine to Machine) 方式が提唱されており、これらの国際標準化への対応も図っている。

(c) 運用監視

機器の稼働/停止状況や、機器稼働ログであるジャーナルの取得状況を管理する。また、ジャーナルから機器故障などの兆候を判断することができる。

(d) 位置・時間管理

GIS (Geographic Information System: 地理情報システム)との連携を図る機能である。これにより、機器や社会インフラの場所の特定を可能とする。また、時間変化や履歴に関わるデータの管理も行うことによって、経時変化データの対応づけを行う。

(3) ビジネスインタフェース

電力管理、EV管制、EAM (Enterprise Asset Management: 設備資産管理) システムのようなアプリケーションを連携するためのAPI (Application Programming Interface) である。APIで隠蔽することで将来、基本システム (OS: Operating System) やそのほかの前提アプリケーションが変わっても対応可能とする。また、IEC (International Electrotechnical Commission) やOpenADR^{*}など電力管理に関わる国際標準規格をはじめ、そのほかの国際標準規格にも対応する。

(4) セキュリティ

各国の基準にも合わせた、認証、暗号化機能である。なりすましや改ざんなどを防ぐとともに、情報制御連携基盤の利用者に対して、信頼できるデータを提供できるようにする。

3.2 共通データ分析

収集した大規模なデータをアプリケーション間で活用しやすくするために、以下に示す共通データ分析機能を情報制御連携基盤と組み合わせて使用する。

(1) 統計計算

代表サンプルから地域全体のデータを、地域特性を考慮する空間統計的手法を用いて推定する。

(2) トレンド把握

履歴データから取得データの変動(変化速度など)を予測して、将来的なデータの変動を予測する。これにより、電力消費や水道消費、渋滞変動の一日の時間変動、機器の異常などを予測する。

(3) 知識獲得

地域における特徴量の変動パターンを獲得する。例えば、電力や水などの消費は、場所、時間、時期に応じてパターンを示すと考えられる。これらのパターンを、各消費データの履歴から獲得する。

3.3 情報制御連携基盤の新しい特長

従来型の基盤システムにはない機能構成によって、次に示す新しい特長を持つことになる(図3参照)。

(1) データ蓄積・生成の融合

取得したデータの共有化により、社会インフラ全体の状態の確認ができるだけでなく、データ分析により、データベースシステムの枠を超えて蓄積データから新たに付加価値データが生成される。例えば、履歴データの解析で、都心・郊外、季節、平日・休日、一日などでの活動に応じた社会インフラの運用の特性を取得すれば、各状況に対応した社会インフラ利用を提案できる。

(2) アプリケーションの連携利用

アプリケーション群で共有できるデータの参照を通して連携を支援し、アプリケーションの実行による影響を、ほかのアプリケーション実行のためにフィードバックさせて運用の最適化につなげることができる。例えば、配電による機器の負荷データを、設備保守に反映することが可能となる。

4. 情報制御連携基盤の適用ステップと実際の適用例

スマートシティは、国内外で建設が進められている。そしてすでに、これらのプロジェクトにおいて情報制御連携基盤の適用を進めている。以下に、適用のステップを示し、電力インフラとEVインフラの連携への適用について述べる。

4.1 適用ステップ

情報制御連携基盤の機能は、社会インフラの整備状況に従って段階的に適用していくことになる。適用ステップは以下のとおりである。

4.1.1 ステップ1: 共有データの収集

M2M通信などの方式を用い、社会インフラ側と需要者側の機器から状態に関わるデータを、通信ネットワークを通して収集する。これらの取得データを共有データベースに蓄積する。

^{*} OpenADRは、OpenADR Allianceの商標である。

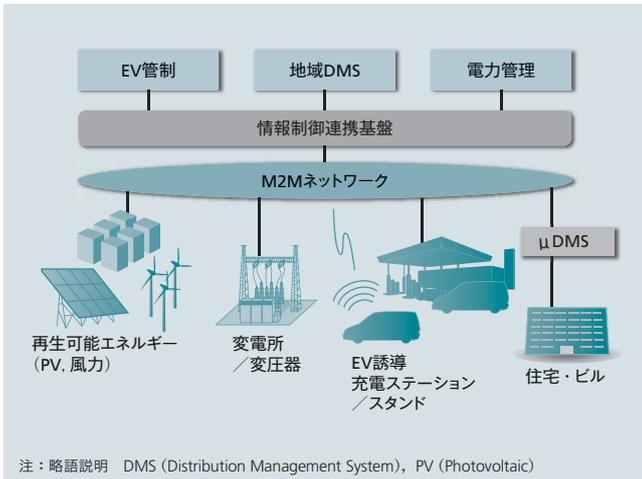


図4 | 情報制御連携基盤の電力需給調整への応用

情報制御連携基盤は再生可能エネルギーを含む電力供給、住宅・ビルやEV充電での電力供給と消費に関わる電力消費情報を収集し、EV管制や需要者管理などのアプリケーションを連携させる。

4.1.2 ステップ2: アプリケーションの連携

データ共有に基づくアプリケーションシステム群の連携を図る。例えば、EV充電が特定地域・時間に集中する可能性がある場合に、電力供給との間で調整を図る運用支援アプリケーションが実現される。

4.1.3 ステップ3: 運用知識の取得と利用

大規模なデータの蓄積が行われると、これらのデータを分析して、変動トレンドに関する知識を得ることが可能となる。例えば、電力などの消費、渋滞などの時間的な動きが分かるようになる。ここで得た知識は、地域全体の電力供給の最適化や渋滞の緩和などの対策に利用することができる。

4.2 電力供給・EV連携による電力需給管理

ここでは、電力供給・EV連携による電力需給管理への適用例について述べる(図4参照)。

全体システムの特徴は以下のとおりである。

- (1) ベース電力を供給する系統発電電力に加え、太陽光、風力による再生可能エネルギーが利用される。
- (2) 従来の電力消費に加え、EV充電の新しい要素を加えた新しい電力消費スタイルに対応できる。
- (3) μDMS (Distribution Management System) が家庭レベルでの節電を実行する。情報制御連携基盤は、地域全体の電力の消費状況と、EVからの位置情報と残り電力を取得し、さらにアプリケーション連携により、地域全体の電力消費の最適化、EVの充電スタンド誘導を支援する。
- (4) 情報制御連携基盤のビジネスインタフェースを通してEV管制、地域DMSなどのアプリケーション、サービスが追加・拡大される。

5. 今後の展開

情報制御連携基盤を実際のプロジェクトに適用することにより、大規模なデータを集めることができる状況になっている。これはステップ1からステップ2に相当するが、ステップ3で述べたデータ利活用も重要になってくる。今後の利活用や展開の方向性について、GIS, EAM, MDM (Meter Data Management) との連携、および世界的に進展が著しいビッグデータ処理、クラウド化への対応について示す。

5.1 GIS, EAM, MDMとの連携

(1) GIS との連携

GISは、電子地図をベースとした位置に関わる情報の管理プラットフォームとして、また「見える化」のための表示システムとして利用される。道路、鉄道、パイプラインなどの長距離社会インフラは、起伏地形上に建設されるため、立体での解析が必要になることがある。さらにインフラの状態は変化するため、平面、立体、時間の次元を有するデータの管理が必要になる。これらの管理技術⁴⁾を位置・時間管理機能として導入することにより、設備の位置や経時変化の管理を行うとともに、大規模データ解析など既存のGISでは困難な処理を代行する。

GISとの連携が期待される一例として、天然ガス基幹パイプライン保守管理における診断がある。一つの基幹パイプラインルートは数千kmに達し、老朽化している設備が多く、腐食などの欠陥が数多く発生していることもある。このためパイプラインの立体形状・パイプ材料属性、腐食や電気防食、天然ガス輸送に関わる大量のデータを情報制御連携基盤に統合し、パイプ欠陥の安全診断を行う⁵⁾(図5参照)。

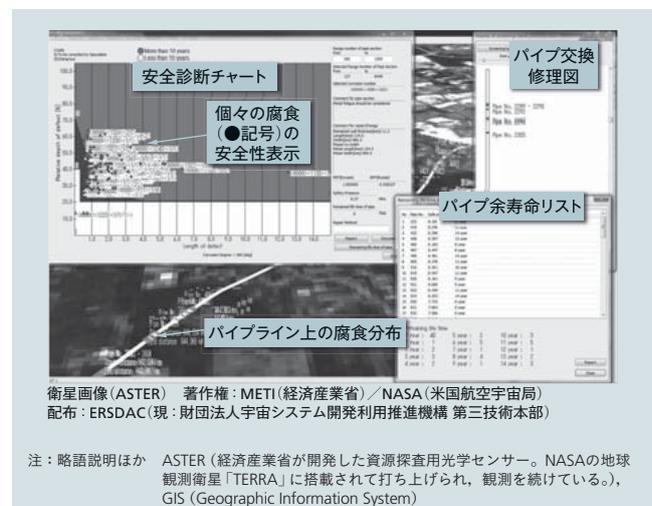


図5 | GISとの連携によるパイプライン保守管理利用のイメージ

大規模なパイプラインの腐食や防食電位を管理することによって、パイプ交換時期を把握する。

(2) EAMとの連携

社会インフラは老朽化、劣化を免れない。しかし、老朽化した社会インフラ設備をすべて一度に更新することは不可能である。このため、社会インフラの運用を行いつつ、異常の兆候がある設備を早期に発見して対策を打つことができるようにする。このために、情報制御連携基盤を介して設備管理を行うEAMを運用システムと連携させる。蓄積された設備診断などに使用できる運用データの利用を通して、社会インフラ運用に伴う設備の変化が把握され、保守につなげることが可能となる。

(3) MDMとの連携

双方向に通信のできるスマートメータにより、各家庭の電力や水、ガスの使用状況が把握できるようになると、地域のエネルギーや資源の消費の状況が把握され、省エネルギー・省資源のための情報として利用することができる。メータの数は地域の広さにも依存するが、最大では数千万件になるとも想定される。情報制御連携基盤により、これらの情報を効率的に収集することで、地域電力の需給動向の解析に利用することができる。

5.2 高度IT化への対応

(1) ビッグデータ処理への対応

社会インフラに関わる大規模なデータを解析して、運用に役立てる手段として、ビッグデータ処理⁶⁾に対する関心が高まっている。情報制御連携基盤の適用によってスマートシティ全体の電力、水の供給・消費、設備の状態、交通などの移動に関わる情報が集まってくると、履歴を含めてテラバイトからペタバイトのデータが収集され、地域やインフラの状況を把握することにつながる。ビッグデータは、次の2つに大別できる。

(a) 位置は固定で、属性が変化する対象：電力、設備状態など

(b) 位置、属性ともに変化する対象：車両流、人流など

これらのデータ分析によって地域における電力や水の消費の動向、渋滞場所などの知識獲得を行う。

大規模なデータの分析は、高速化を図るためにメモリ上に必要なデータを置いて高速処理するインメモリ処理が重要になる。しかし、メモリ容量には制約があるため、予測精度を落とさないようにするためには、分析に影響を与える重要なデータを選択することになる。

(2) クラウド化への対応

情報制御連携基盤をクラウド化する利用者メリットは、データ管理や、アプリケーションの拡充による付加価値サービスが容易に受けられることにある。今後、サービス

の拡充に対応してクラウド化への対応を進めていく。

6. おわりに

ここでは、情報制御連携基盤の開発における進展、実際の適用例、および今後の方向性について述べた。

電力、都市交通に関わる従来型の社会インフラに、再生可能エネルギー、EV、設備保守などの新しい要素を組み合わせて新しい社会インフラを効率的に運用し、快適な生活や、環境負荷の低減につながるスマートシティの建設が進められている。社会インフラ全体の効率的な運用は、制御システムと情報システムの情報制御連携基盤による連携によって実現される。情報制御連携基盤は、(1)大規模データの統合・共有化、(2)社会インフラの高度運用につながるデータ分析との連携、および、(3)新サービス拡張のためのインタフェースを有することに特徴がある。このような情報制御連携基盤の提供により、新しいスマートシティの実現と運営に貢献できる。

参考文献

- 1) 吉川, 外: 日立が考えるスマートシティ, 日立評論, 93, 12, 794~800 (2011.12)
- 2) 水野, 外: 社会インフラを支えるIT基盤, 日立評論, 93, 12, 838~843 (2011.12)
- 3) 岩村, 外: スマートシティにおける都市・生活インフラ連携, 日立評論, 93, 12, 806~811 (2011.12)
- 4) K. Iwamura, et al.: "4D-GIS (4 dimensional GIS) as Spatial-Temporal Data Mining Platform and its Application to Management Monitoring of Large-Scale Infrastructures", 2011 1st IEEE International Conference on Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services, ICSDM 2011 (2011)
- 5) K. Iwamura, et al.: "Development of Spatial-Temporal Pipeline Integrity and Risk Management System based on 4 Dimensional GIS (4D-GIS)", Proceeding of International Pipeline Conference 2008, IPC 2008 (2008)
- 6) 岩村: スマートシティインフラ運用におけるIT基盤の役割とビッグデータ活用の可能性, 連続セミナー2012「ビッグデータとスマートな社会」, 第3回, 都市をマネジメントするビッグデータの可能性, p. 55~68, 情報処理学会 (2012.9)

執筆者紹介



岩村 一昭

1983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 基盤ソリューション本部 基盤ソリューション部 所属
現在, スマートシティ基盤, 地理情報システム, ビッグデータ処理の開発に従事
電気情報通信学会会員, 日本応用数理学会会員



水野 善弘

1991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 基盤ソリューション本部 基盤ソリューション部 所属
現在, スマートシティ基盤の全体アーキテクチャ, アプリケーション連携方式の開発に従事



真下 祐一

1991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 基盤ソリューション本部 基盤ソリューション部 所属
現在, スマートシティ基盤の設計・開発およびそのマネジメントに従事