

スマートシティ実現におけるICTの重要性

古明地正俊



武居輝好



CONTENTS

- I 活発化するスマートシティへの取り組み
- II 国内外の情報通信産業が注目するスマートシティ
- III スマートシティにおけるICTの役割
- IV 社会基盤に対する情報分析技術の適用
- V スマートシティ実現に向けた課題と提言

要約

- 1 スマートシティとは、ICT（情報通信技術）を活用することで都市基盤の効率化・高度化を実現する都市であり、現在、エネルギー、水（上下水道）、交通などを中心とした分野で、その実現に向けた取り組みが推進されている。先進国では、都市人口の高齢化による人材の減少および税収減が深刻な問題となっており、これらの解決策として、ICTを利用した効率的な社会インフラの管理の実現が期待されている。
- 2 スマートシティには、建設、自動車、家電機器など多くの業界がかかわる。なかでもICTはスマートシティにおいて重要な役割を担うことから、すでに多くのIT（情報技術）企業がスマートシティプロジェクトに参画している。
- 3 スマートシティにおけるICTの役割は大きく3つに分けることができる。①情報の収集、②情報の統合、③情報の分析活用——である。なかでも今後重要度が最も高まると予想されるのは③の情報の分析活用であり、リアルタイムでのデータ分析技術がすでに利用され始めている。
- 4 日本のIT企業が今後スマートシティ分野でイニシアティブを取るためには、実証実験などを通じて得たノウハウをもとに、情報を収集・活用するために検討すべき観点や適用すべき技術などを体系化したアーキテクチャーの整備、およびソリューション（課題解決策）を推進することが必要である。

I 活発化するスマートシティへの取り組み

スマートシティとは、ICT（情報通信技術）を活用することで都市基盤の効率化・高度化を実現する都市であり、現在、エネルギー、水（上下水道）、交通などを中心とした分野で、その実現に向けた取り組みが推進されている。エネルギー分野では、消費者の電力消費量をもとに、需給効率の改善を図るスマートグリッド（次世代電力網）の構築が世界中で進んでいる。水分野では、水の安定供給のための資材管理や障害管理の自動化が、また交通の分野では、渋滞回避のための取り組みが行われている。

今なぜスマートシティへの取り組みが注目されているのだろうか。これには、社会環境の変化が深く関係している。先進国では、都市人口の高齢化による人材の減少および税収減が深刻な問題となっている。公共サービスに従来どおりの人員や金銭的リソース（資源）を投入するのが難しくなっており、したがって、より少ないリソースで公共サービスを提供することが求められている。水道の管理はその最たる例である。米国では、水処理設備や水道管などの設備情報および障害情報の多くは一元化されていないため、水漏れなどの障害対応に時間と手間がかかっており、これを効率的に管理することが課題となっている。

また、エネルギー分野においては、CO₂（二酸化炭素）を大量に消費する従来のエネルギー消費型社会から低炭素消費型社会への脱却が求められていることも、スマートシティへの取り組みが期待されている大きな要因

である。EU（欧州連合）では、経済成長戦略「Europe 2020」（「欧州2020」）に、2020年までに、1990年比20%のCO₂を削減することを盛り込んでいる。オランダのアムステルダム市など欧州の一部の都市では、「欧州2020」に対応することがスマートシティへの取り組みへの理由となっている。

II 国内外の情報通信産業が注目するスマートシティ

スマートシティには、建設、自動車、家電機器など多くの業界がかかわる。なかでもICTは、スマートシティにおいて重要な役割を担うことから、すでに多くのIT（情報技術）企業がスマートシティプロジェクトに参画している。

IBMは2009年からコーポレートビジョンとして「Smarter Planet」をいち早く掲げ、スマートシティ関連ソリューション（課題解決策）の提供を開始している。シスコシステムズも「Smart+Connected Communities」と呼ばれるコンセプトを提唱している。また、Accenture（アクセンチュア）もスマートグリッド・データ管理ソリューションであるINDE（インテリジェント・ネットワーク・データ・エンタープライズ）を2010年3月に発表した。

IT企業のスマートシティに対する取り組みの特徴は、従来は関係の薄い業界であった住宅設備や電気自動車、空調・照明などの事業者と連携することで、新たな市場を開拓している点にある。たとえば、シスコシステムズの場合、エネルギーや交通、医療などのサービスといった都市機能を、同社の持つIP

(インターネットプロトコル) 共通基盤上で提供するために、空調・照明などの住宅設備ベンダーと協業している。Smart+Connected Communitiesのコンセプトを実際に実現した都市としては、韓国の仁川市松島(ソンド) 地区やサウジアラビアのJazan Economic City (ジーザーン・エコノミック・シティ) がある。松島地区のあるマンションでは、部屋に取り付けられたセンサーによりエアコンを自動制御したり照明を自動で消したりすることで、エネルギー消費の抑制を実現した。

Ⅲ スマートシティにおけるICTの役割

スマートシティにおけるICTの役割は大きく3つに分けることができる。

- ①情報の収集
- ②情報の統合
- ③情報の分析活用

——である(図1)。これらの役割はスマートシティの成熟とともに変わっていく。

1 情報の収集

まずスマートシティの初期段階では、①の情報の収集がICTの主な役割となる。都市基盤を最適化するには、初めに水やエネルギー資源の需給状況や交通渋滞の状況など、都市活動の実態を正確に把握することが必要だからである。

都市活動の実態を反映した情報は、各家庭における電力使用量や車の位置情報、水道・ガスなど公共設備の稼働状況や資産情報など多岐にわたっている。スマートシティでは、

これらの情報を収集するためのセンサーが街中に設置されていく。具体的な例としてスマートメーターがある。スマートメーターとは、各家庭に設置される通信機能付きの電力メーターである。スマートメーターで計測した電力消費量は、3G(第3世代)携帯電話やWiMAX(高速モバイル通信の一方式)などの通信網を通じて電力会社のサーバーに蓄積される。スマートメーターの設置が進むことで、各家庭における電力消費の実態を詳細に把握できるようになる。

しかし、こうした情報を収集するためのインフラ構築に対する投資は膨大なものとなる。スマートメーターと情報取得のための光ネットワークを主体としたインフラを構築した米国コロラド州ボルダー市の「Smart Grid City(スマートグリッドシティ)」では、実証実験に4000万ドル以上の費用を要しており、実際のスマートシティのプロジェクトにはさらに巨額の投資が見込まれている(表1)。

このような巨額なインフラ投資を円滑に進めるためには、国や地方公共団体のイニシアティブが重要となる。日本と比べて欧米はスマートメーターの設置が進み、設置率100%の地域も出始めているが、これは米国の「グリーンニューディール政策」やEUの「エネルギー効率化・エネルギーサービス指令」など、国や地域がインフラの構築を施策としているためである。

2 情報の統合

収集した情報を実際に利用する場合は、他のシステムで収集した情報と組み合わせる。たとえば、スマートメーターで収

集した電力消費量は、電力網の設備情報などと組み合わせて利用される。将来的にはエネルギー需給情報と交通量変化に関する情報など、異なる業種の情報を組み合わせて利用することも想定される。

そこでICTには、情報の収集の次の役割として、②の情報の統合が求められる。異なる種類の情報の間には、多くの場合、フォーマットやデータ項目に互換性はない。また、情報を取得するためのシステムも連携していな

図1 スマートシティを構成するICTの3つの機能

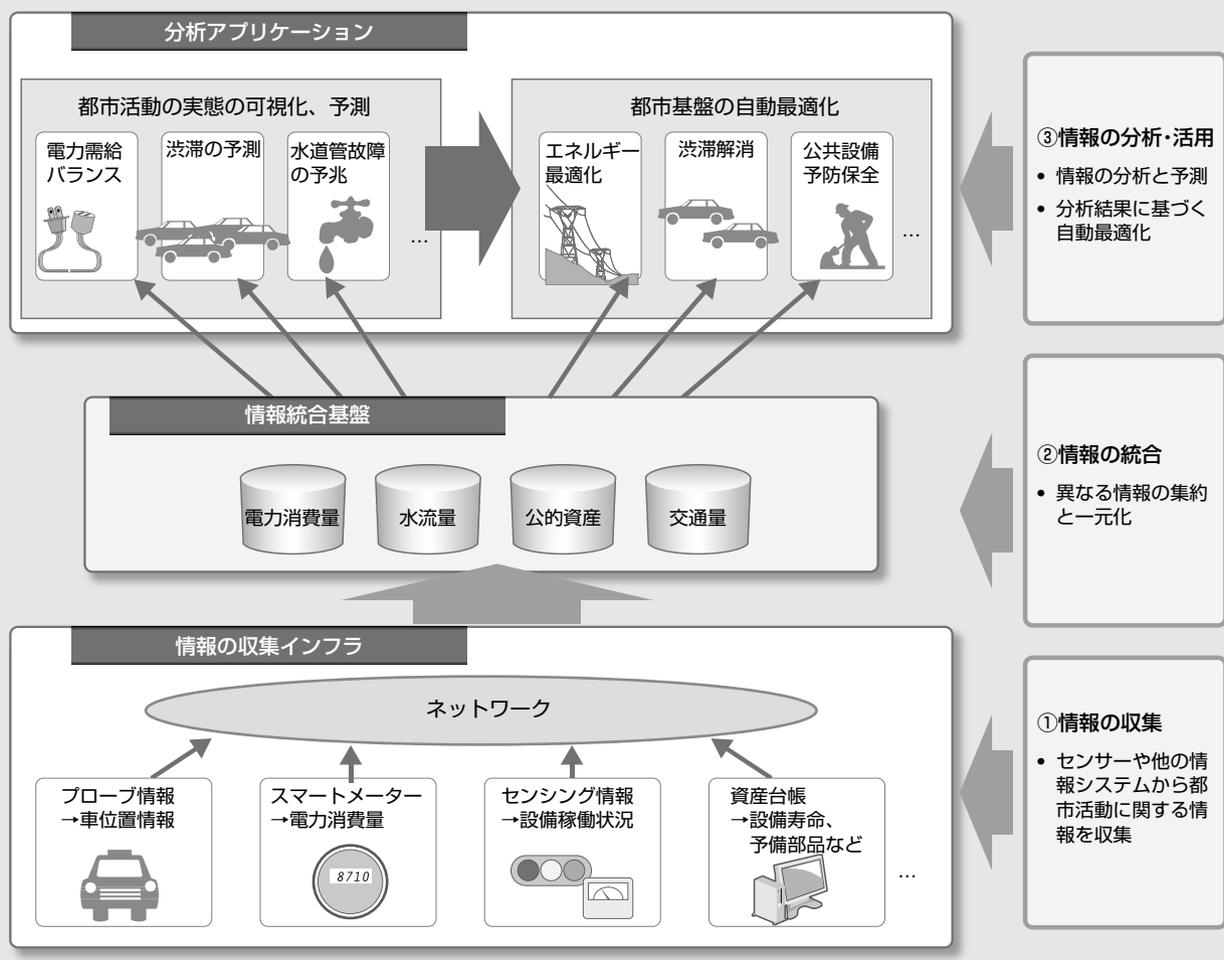


表1 建設中の主なスマートシティ

都市名	プロジェクト期間	事業規模	概要
マスタードシティ (アブダビ首長国)	2006～15年	220億ドル	電力をすべて再生可能エネルギーで賄うなど、脱石油を目指した都市の建設
天津エコシティ (中国)	2008～18年ごろ	800億元	中国、シンガポールの共同プロジェクト。再生可能エネルギーやグリーンビルなど30のプロジェクトを実施
デリー・ムンバイ間 (インド)	2006年～	900億ドル	日本、インドの共同プロジェクト デリー・ムンバイ間における各都市のガス、水道、電気などのインフラ整備
アムステルダム市 (オランダ)	2006～12年 (フェーズ1)	11億ユーロ	生活、労働、交通、公共の4つの観点で持続可能な環境に優しい都市づくり

い場合がほとんどである。そこで、これらの情報を統合するためには、フォーマット変換やデータ項目の意味を統一するためのメタデータの付与、各システム間でデータ連携するためのアダプター機能などを持った情報統合基盤が必要となる。

情報統合基盤の例としては、スマートグリッドで使用される「MDM（メーター・データ・マネジメント）システム」がある。これは、スマートメーターで収集したデータを、電力網の負荷情報や顧客情報などとともに蓄積管理するものである。顧客情報と電力情報をひもづけて管理したり、各家庭の電力消費量と電力網の負荷状況を連動して管理することができる。

3 情報の分析活用

スマートシティにおけるICTの3つ目の役割が情報の分析活用である。これは、センサーで収集した情報や情報統合基盤で蓄積管理している情報を分析活用することで、エネルギー需給の最適化や公共設備の予防保全の自動化を実現するというものである。

情報の分析活用の仕方は大きく2つに分けることができる。

1つ目は、収集した情報を数値解析したり地域や時間などの軸で分析したりすることで、単純に情報を集めるだけでは見えなかった都市活動の実態を可視化することである。公益事業者など社会インフラにかかわる事業者は、都市活動の実態を正確に把握することで、設備資産をむだなく活用したり、設備投資を効率的に行ったりすることができる。

また、収集した情報の時間的変化や外部情報をもとに将来の推移を予測することで、障

害の予兆となる現象をあらかじめ発見し、予防保全の精度を向上させることができる。結果として、安定した社会インフラの実現につながる。

2つ目は、情報の分析結果を利用した都市基盤の自動最適化の実現である。これは、水道など公共設備の寿命情報をもとに予防保全のワークフローを自動化したり、渋滞情報を用いて信号機の制御システムや渋滞課金システムの動作を、渋滞解消を促すよう自動で変更したりするものである。

IV 社会基盤に対する 情報分析技術の適用

スマートシティにおけるICTの3つの役割について紹介した。そのなかでも、今後重要度が最も高まると予想されるのは情報の分析活用である。情報の分析技術は企業向け情報システムの分野で進展が著しく、この新技術に対してIT企業が積極的に取り組んでいる。以下では、分析技術の最新の動向とスマートシティへの適用事例について説明する。

情報分析の分野において、企業の一般的な情報システムでの利用方法とスマートシティでの利用方法とで最も違っている点は、スマートシティの場合、収集した大量の情報を即時に分析し、制御システムへインプットする機会が多いことである。そのため、蓄積された情報の分析を前提とする企業の情報システムで使われている技術を利用するのは難しい。そこで、データ発生タイミングでデータの判断処理を即時に行う「CEP（コンプレックス・イベント・プロセッシング）」や「ストリーム・コンピューティング」などの新し

い技術が注目されている。

通常の分析ではデータを一度データベースに蓄積し、再度取り出して分析をするが、CEPでは一定時間内のデータのみをメモリー上に保存し、あらかじめ定めている分析シナリオやアルゴリズムに基づいてデータを分析する。すべての処理がメモリー上のみで完結することで、高速な分析を可能にしている。たとえば、前述の米国コロラド州ボルダー市のSmartGridCityでは、機器障害や接続ロス、復旧などのイベントの分析基盤にCEPを導入し、異常検知や問題レベルの分析、対応の必要性の判定をリアルタイム化している。しかし、CEPは入力されたデータ列から平均や外れ値、トレンドの算出といった比較的容易な分析は可能であるものの、数値モデルを利用した予測分析や最適化は難しい。

そこで最近、予測分析やデータマイニングなど、より複雑な分析ができるストリームデータ処理技術も登場している。その一つがストリーム・コンピューティングである。

ストリーム・コンピューティングは、データベースに蓄積されたデータを処理するのではなく、CEPと同様に、リアルタイムでデータ処理するための技術である。CEPとストリーム・コンピューティングとの違いは、CEPでは比較的簡易な分析しかできないのに対して、ストリーム・コンピューティングでは、多様なデータに対して予測分析などより高度な分析が可能なことである。

スウェーデンのストックホルム市では、GPS（全地球測位システム）を装着した約1500台のタクシーの位置情報を60秒に1度取得し、ストリーム・コンピューティングでリアルタイムに分析することによって、各車両

に最適な走行ルートを提供している。

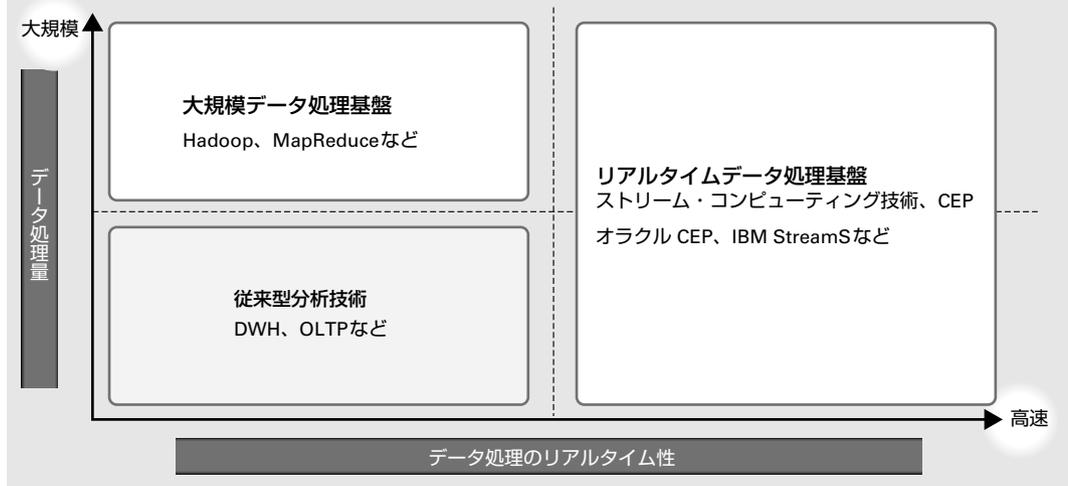
このシステムで注目すべき点は、単に混んでいる区間の迂回路を提示するのではなく、人工知能のアプローチを使って、運転手に提示するルートを、時々刻々と変わる混雑状況をもとに動的に変化させることである。これによって、多数の車両が同じ迂回路に集中せず、行き先に応じた最適なルートを取ることができるようになった。ストックホルム市とIBMによる交通量の監視結果では、温室効果ガスの排出量が10%削減されたうえ、交通渋滞が20%削減、市民の自動車の運転時間も50%削減されたとしている。

このようなストリームデータ処理技術の高度化によって、異常発見がリアルタイムで大規模に行えるだけでなく、交通網のように、複雑な動きをする主体が数多くいるなかでの最適な意思決定が可能になってきている。

しかし現時点では、たとえばセンサーが異常値を検出したとき、変化が発生しているのか、それとも機器の故障によるものなのかといった事象を確定することは難しい。したがって、今後はGPSやスマートメーターのセンサーデータだけではなく、監視カメラの映像や気象情報、「Twitter（ツイッター）」などのWeb情報を活用することで、より精緻な分析をしていくことも考えられる。センサーデータよりも大量なうえ、複雑でストリーム分析が難しいこれら非定型データに対しては、Webサービスを提供する企業が大量のデータ分析に利用しているクラウドコンピューティング系の技術などの活用も考えられる。

今後、分析技術はスマートシティの実現、

図2 スマートシティに求められる分析技術



高度化に向けて2つの方向に進化していく。1つは膨大なセンサーデータに対応するための大規模化である。そしてもう1つは、実世界の制御などを実現するためのリアルタイム化である（図2）。近年、Webサーバーのログのように従来のデータウェアハウス（情報分析基盤）では扱いきれない大量のデータの分析向けに、オープンソースの「Hadoop（ハドゥープ）」に代表される、クラウドコンピューティング型の分散処理技術が広がりつつある。海外の商用製品では、データベース内にHadoopや統計分析モデルなどの実行環境を備え、大量のデータの高速な参照と分析に特化した特徴を持ったアナリティックデータベースの市場が急速に成長していくと考えられる。

また、2015年ごろには、ストリーム・コンピューティングなどのリアルタイムデータ分析技術の活用も進むものと予想される。今後、センサーや組み込みシステムによるデータ収集が進むことで、分析対象のデータは企業の業務やWeb上のデータにとどまらず、

交通、物流、エネルギー、医療などの実世界にも広がると考えられる。

これらの事象に対してよりリアルタイム性の高い分析を実現するために、従来は株式市場で自動取引を行うためのルールやアルゴリズム構築に使われてきたストリームデータ処理技術が他の応用分野へと発展していくとともに、あらかじめ定めたルールに従った処理をするだけでなく、データから統計的に学習し、状況に適応した分析が行えるような技術へと進化していくと予測される。

V スマートシティ実現に向けた課題と提言

1 実証実験を通じた技術の体系化の必要性

スマートシティを実現するには、それぞれの都市の事情や目的に合わせて、適切な

- 情報の収集インフラ
- 情報統合基盤
- 分析・自動化アプリケーション

——を組み合わせる必要がある。そしてIT企業には、情報を収集活用するためのどのような技術を組み合わせるべきかをマネジメントするためのノウハウが求められる。

IBMは2007年4月にスマートなエネルギー・グリッドの採用促進を目指す公益会社のグループである「Global Intelligent Utility Network Coalition (グローバル・インテリジェント・ユーティリティ・ネットワーク連合)」を立ち上げ、参加メンバーの持つ専門性やベストプラクティス(成功事例)の相互共有を促進している。このグループには、Alliander (アリアンダー)、CenterPoint Energy (センターポイント・エナジー) などエネルギー関連事業者が参加しており、2011年の3月には東京電力も参加している。グループの参加企業は直接の会合やネットワーク上の交流を通じてアイデアやベストプラクティスを共有し、重要な課題に関する知識を共有することにより、新たな協働イニシアティブに取り組んでいる。

この活動の結果、オーストラリアのエネルギー供給会社Essential Energy (エッセンシャルエナジー) は、オーストラリアのクイーンビヤンに自社デモンストレーションセンター設立するにあたり、CenterPoint Energy

が運営する「CenterPoint Energy Smart Grid Demonstration Center (センターポイント・エナジー・スマートグリッド・デモンストレーションセンター)」から必要な知見を得たとしている。

また、アクセンチュアも、2009年3月に「Intelligent City Network (インテリジェント・シティ・ネットワーク)」という組織を立ち上げており、電力事業者と都市当局との協業を推進している(表3)。

このようにIBMやアクセンチュアなど海外で先行するIT企業の多くは、世界各地の実証実験プロジェクトに参加することで得られた知見を共有し、展開するための組織づくりを着々と進めている。そして、実証実験で得たノウハウをもとに、情報を収集・活用するために検討すべき観点や適用すべき技術などを体系化したアーキテクチャーの整備、およびソリューション化を推進しており、エネルギーと公益事業会社のためのソリューション・アーキテクチャー・フレームワークであるSAFE (IBM) や、スマートグリッド管理ソリューションである前述のINDE (アクセンチュア) へと結びつけている。

次ページの図3は、エネルギー分野におけるスマートシティソリューションと関連する

表3 事業者と都市当局との協業体制の確立

組織名	IBM Global Intelligent Utility Network Coalition (グローバル・インテリジェント・ユーティリティ・ネットワーク連合)	アクセンチュア Intelligent City Network (インテリジェント・シティ・ネットワーク)
設立	2007年4月	2009年3月
目的	参加メンバーの持つ専門性やベストプラクティス(成功事例)の相互共有	スマートグリッドの導入計画立案や課題、利点に関する知識や経験の交換
参加団体	Alliander, Centerpoint Energy, CPFL Energia, DONG Energy, ERDF, Essential Energy, KEPCO, NDPL, Oncor, Pepco Holdings, Progress Energy, Sempra Energy, TEPCO	XcelEnergy, East China Grid, Alliander, Russian Interregional Distribution Grid Company of Centre, eON US, Hawaiian Electric Company, United Energy Distribution, Entergy, AIM

要素技術をまとめたものである。日本のIT企業はスマートシティを実現するための要素技術を多く保有しているが、ソリューションとして提供するための体系化がなされていない。日本で実施されているスマートシティの実証実験も、要素技術の個別検証にとどまるものが大半で、アーキテクチャーなどを検証する機会が非常に少ないことも課題である。そのため、日本にはそれぞれの都市の事情に合わせて情報の収集・活用の仕方をマネジメントできるIT企業がほとんど育っていない。

日本においても、IT企業はスマートシティ実現のための技術の体系化の整備を急ぐ必要がある。実証実験の内容も要素技術の検証だけでなく、実際に技術を社会に適用するための評価を中心としたものへ広げていくべきである。

2 社会インフラのIT化にこそクラウドコンピューティングの活用を

企業がBI（ビジネス・インテリジェンス）

図3 エネルギー分野のソリューションと要素技術

		ソリューション					
		需要家向けサービス (AMI、需要制御・需要応答、動的プライシングなど)		家庭内・ビル内効率化 (HEMS・BEMS)		マイクログリッド、分散型再生エネルギー、融通インフラ	
情報の分析 アプリケーション		CEP	見える化	見える化	設備監視	電力売買インフラ	グリッド管理制御
		需要シミュレーション	課金管理	需要シミュレーション	設備資産管理		需給制御システム
情報の統合管理		MDM (メーター・データ・マネジメント)		エネルギーデータマネジメント		電力融通インフラ	
		データ蓄積	データアクセス	BA/IT統合	データアクセス	決済情報	売買
ネットワーク		近距離無線	WiMAX	近距離無線		近距離無線	WiMAX
		3G回線	PLC	PLC		3G回線	PLC
情報の収集 インフラ		光ファイバー	TCP/IP	TCP/IP		光ファイバー	TCP/IP
	情報収集 デバイス、IF	デバイス認証	暗号化	設備IF	ルーター	対外ゲートウェイ	
	スマートメーター	センサー	ゲートウェイ	スマートタップ	デバイス認証	暗号化	
					スマートメーター	センサー	

注) 3G：第3世代、AMI：アドバンスド・メータリング・インフラストラクチャー、BA：ビルディングオートメーション、BEMS：ビルディング・エネルギー・マネジメント・システム、CEP：コンプレックス・イベント・プロセッシング、HEMS：ホーム・エネルギー・マネジメント・システム、IF：インターフェース、PLC：電力線通信、TCP/IP：トランスミッション・コントロール・プロトコル/インターネット・プロトコル、VEE：バリデーション・エスティメーション・エディティング、WiMAX：高速モバイル通信の1方式

を導入・活用する直接の目的は、意思決定支援や最適化・自動化によるコスト削減であり、この点ではスマートシティと同様である。しかし、企業がBIを導入するそもそもの目的は他社との差別化であり、対象物のモデル化や分析手法自体が差別化の源泉となっている。そのため、各企業が保有している情報分析に関するノウハウは門外不出であることが多い。

一方、今後老朽化する社会インフラの保守に高度な分析技術を適用することでその保守や運用を効率化するためには、利用者である各地方自治体などが適用方法を個別に検討してシステムを開発するのでは、同じようなシステムが多数開発されむだな投資が数多く行われることになる。

電子政府や地方自治体の電子化においては、すでにこのような投資の仕方が問題視され始めており、海外ではその対応も進められている。韓国では2003年に政府統合データセンターの検討を開始し、05年より稼働させている。その結果、韓国では各省庁や地方自治体が重複投資をすることがなくなり、サービス面も向上し、国連による電子政府ランキング「The UN Global E-Government Survey 2010」で、同国は第1位となっている。一方、日本においても政府統合プラットフォームや「自治体クラウド」の議論がなされてい

るが、対象としているのは人事など事務系のシステムが主体で、交通量や水道などの公共設備の稼働状況の監視といった、社会インフラを管理する情報システムを複数の地方自治体で共同利用することについては全く触れていない。

BIに代表されるインテリジェンス活用が企業の競争優位の源泉となったのと同様、社会インフラに関するインテリジェンスの活用は社会インフラの将来を考えるうえで必要不可欠なものであり、われわれの社会生活に大きなインパクトを与える。効率的かつサービスレベルの高い社会インフラ管理を実現するためには、クラウドコンピューティングのようなシステムの活用による共同利用型の社会インフラ管理システムの実現に、一刻も早く取り組む必要がある。

著者

古明地正俊（こめいちまさとし）

イノベーション開発部グループマネージャー兼未来創発センター上級研究員

専門は先端技術動向の調査・分析、企業における技術戦略策定支援など

武居輝好（たけすえてるよし）

イノベーション開発部主任研究員

専門は技術を軸とした新規事業戦略策定、検索技術、情報家電、センサーネットワーク、スマートグリッド関連技術、システム運用管理技術など