

スマートシティにおける都市・生活インフラ連携

Coordination of Urban and Service Infrastructure for Smart Cities

岩村 一昭

Iwamura Kazuaki

香田 克也

Koda Katsuya

真下 祐一

Mashita Yuichi

スマートシティにおいては、多岐にわたる都市・生活インフラが利用可能となるが、各インフラは相互に関係するため、個別に最適化を図っても全体的には利用効率が低下することがある。このため、社会システムコーディネーター(SSC)と呼ばれる新しい都市運営者が、インフラを連携させコミュニティ内の効率向上を図るとともに、生活者のライフスタイルと利用要望に合わせて都市・生活インフラの提供を行う。

日立グループは、関連機器やIT基盤の提供によって、スマートシティのためのインフラ連携を促進していく。

1. はじめに

近年、情報・制御における最先端の技術を導入することに基づくスマートシティ¹⁾への取り組みが世界各国で行われている。スマートシティでは、環境に配慮しつつ持続的な発展を図ることを目標として、都市・生活インフラの利便性や生活の快適性の向上が期待される。このため、電力、水利用などの都市インフラ、医療などの生活インフラを個々に効率化させるだけでなく、互いに連携させることによって、新しい利用価値の創造につなげることが必須になる。

ここでは、スマートシティにおける都市・生活インフラ連携の必要性和、生活者側から見たメリットを示すとともに、都市・生活インフラ連携のイメージおよび手段について述べる。

2. 都市・生活インフラ連携の必要性

都市・生活インフラの運営／利用の変化に伴って発生する課題の解決手段としてインフラ連携が必要になってくる。

2.1 都市・生活インフラの運営／利用の変化

近年、技術の進展に伴って電力、水、交通、医療等都

市・生活インフラの運営／利用に、次のような変化が起きつつある。

(1) インフラの多様化

従来は、利用できる都市・生活インフラは前もって決まっていたと言える。しかし、太陽光発電、再生水利用、EV (Electric Vehicle：電気自動車) の効率向上が進められており、利用できる都市・生活インフラの数が増加している。

(2) 情報活用の拡大

インターネットの普及と情報提示サイトの著しい増加により、さまざまな情報が参照できるようになっている。これらの情報は生活者に有益な情報を提供するが、一方で、必要な情報とそうでない情報との区別が必要になってきている。

(3) インフラ運営の高度化

大量のモノをつなぐIoT (Internet of Things) 技術の進展によって、都市・生活インフラの状態が把握できるようになってきている。これらの情報に基づいて、不具合発生の兆候が見られる場合には、迅速に設備の交換や修理などを行うことで、影響を最小限にとどめることにつながる。

2.2 都市・生活インフラの運営／利用における課題と連携の必要性

2.2.1 運営／利用の課題

都市・生活インフラの多様化に伴って、その運営／利用において以下のような課題が新たに生じることが予想される。

(1) 運営に関わる課題

太陽光発電やEVなどは、これまでの電力消費者が新しく電力の生産者となる可能性をひらいている。しかし、それらから得た電力を系統に無条件に接続することはできな

いため、電力利用の状態を監視して適切なときに系統に接続することが必要となる。

(2) 利用に関わる課題

EVなどはCO₂を排出しないことから、環境配慮型のモビリティと言えるが、走行距離は自動車よりも短い。このため、こまめな充電が必要となるが、充電を怠ると目的地に達する前に停止してしまうことになる。

2.2.2 連携の必要性

前述したような運営／利用に関わる課題への対応は、個別の都市・生活インフラの運営範囲内で解決を試みても、他のインフラに与える影響が把握できないため容易ではない。このため、異なる都市・生活インフラを連携し、関係性を評価することによって運営の最適化を図り、利便性を向上させることが必要になる。

例えば、再生水生産や海水淡水化では、太陽光発電、風力発電、EVからの電力投入により、必要電力の一部を賄うことが可能となる。また、EVは、位置情報に基づいて適切な誘導を行うことにより、車両停止になることなくスムーズな運用を行うことができる。こうした都市・生活インフラ連携の具体例については後述する。

3. 生活者から見た都市・生活インフラ連携のメリット

都市・生活インフラの連携は、同一分野の連携、および、電力と水利用というような異種分野での連携の二とおりが考えられる。

都市・生活インフラ連携自体は、生活者からは直接見えるものではないが、新しいメリットを生み出すことにつながり、利用コスト低減、利便性や快適性の向上を図ることが可能になる。この場合、利用のキーワードは「ライフスタイル」である。都市・生活インフラ連携によって、生活者のライフスタイルに合わせた利用がインフラ連携の効果を生み出すと考えている。

(1) 利用コストの低減

都市・生活インフラを利用すると使用料が発生するが、生活者が電力などを生み出すことにより、使用料を低減することにつながる。例えば、発電を行うことによって、これらの電力を提供すれば、収入につなげることが可能となる。そして、提供した電力を集めて、再生水の製造に使用することによって、水の利用に関わる使用料の低減を図ることができる。

(2) 快適性の向上

利用できる都市・生活インフラの増加は、快適性向上につながるようであればならない。例えば、家庭で発電した電力を水の浄化に振り向ければ水不足を回避できる。また、再生水を活用して地域冷房に使用すれば、快適な生活

を送ることができる。

(3) 利便性の向上

インターネットの普及は、簡単に情報を取得できるという利便性を向上させたが、一方で、生活者は、情報の組み合わせを求めることが多い。例えば、病院の予約と交通手段の選択が組み合わせられると、診療を受けたい日を指定すれば、病院へ向かう交通手段も併せて提示されるので利便性は向上する。都市・生活インフラ連携によってインフラに関する情報の関連性・相補性が見いだされ、生活者に提示することができる。

4. SSCによる都市・生活インフラ連携

異なる都市・生活インフラの連携は、連携を支援するシステムであるIT基盤を活用して運営組織で行うことになる。IT基盤を用いて都市・生活インフラ連携を進める運営組織は、これまでにない新しい業種であり、ここでは、SSC (Social System Coordinator：社会システムコーディネーター) と呼ぶことにする。

SSCは、都市・生活インフラを利用するコミュニティの管理を行う、「コミュニティ管理者」となる。以下にSSCの位置づけと役割を示す。

4.1 SSCの位置づけ

従来の都市・生活インフラは、あらかじめ与えられているものであり、利用変更を行うことはできなかった。利用できる都市・生活インフラの数は少なく、生活者は、これらの都市・生活インフラを利用することになり、選択の余地はなかったと言える（図1参照）。

しかし、利用可能な都市・生活インフラの数が増えると、生活者は選択利用が可能となる（図2参照）。これに伴って、SSCは多数ある都市・生活インフラ運営／利用の仲介を行う。利用できるようになる都市・生活インフラの

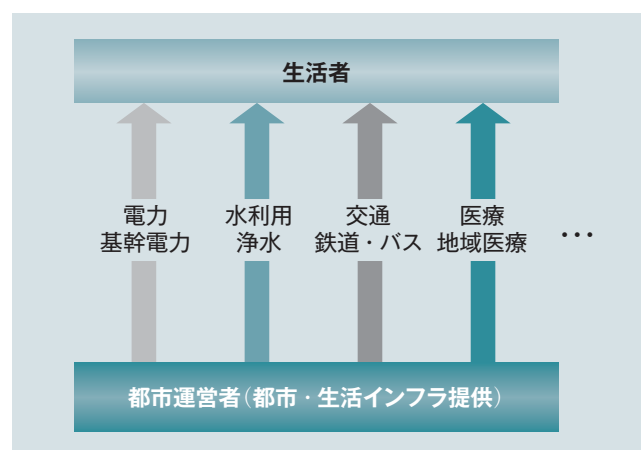


図1 従来の都市・生活インフラ利用形態

従来は、生活者が利用できる都市・生活インフラは、あらかじめ決まっていた。

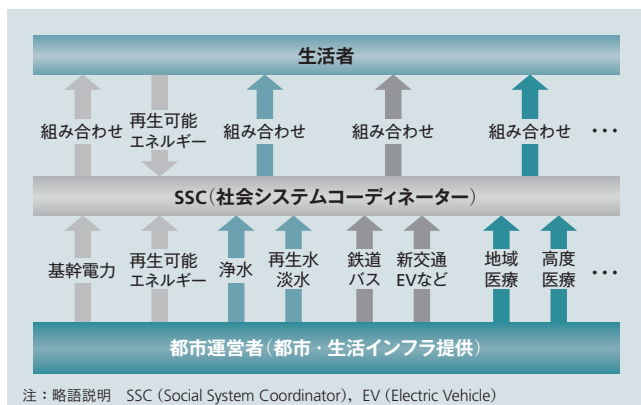


図2 | 今後の都市・生活インフラの利用形態

SSCは生活者に都市・生活インフラの利用を組み合わせ提示する。

具体例を以下に示す。

- (1) 電力：風力発電、太陽光発電のような再生可能エネルギーや、都市ガスを利用した蓄熱からの電気利用が可能となる。住宅やビルでは、太陽光発電、EVからの電力供給のように消費者自身が発電に関わるようになる。
- (2) 水利用：浄水のほかにも再生水の利用が考えられる。また、離島や砂漠地域では海水淡水化による新しい水の利用が可能となる。
- (3) 交通：EVやPHV (Plug-in Hybrid Vehicle：プラグインハイブリッド車) の利用が可能となる。また、路面電車のような環境に配慮した交通手段が市民の足となっていく。
- (4) 医療：通院による診断・治療だけでなく、自宅などでの診断（遠隔診断）も可能となる。さらに、PBT (Proton Beam Therapy：陽電子線治療) 装置などの普及によって、高度な治療措置も容易に受けられるようになっていく。

4.2 SSCの役割

SSCは、都市・生活インフラ運営／利用の仲介として以下の三つの役割を担うことになる（図2参照）。

(1) 都市・生活インフラの状態把握

SSCはセンサーやインターネットにより、都市・生活インフラについて稼働状態などを把握する。IoT技術の進展などが都市・生活インフラのセンシングを後押ししている。

(2) 利用可能な都市・生活インフラの提示

各分野でさまざまな都市・生活インフラが利用可能となる。しかし、どのように組み合わせ利用すればよいかは、生活者にとって判断が容易でないと考えられる。このため、SSCは、生活者のライフスタイルに合うような選択肢を提示する。例えば、共働きの家庭の場合は、昼に太陽光発電を行い、夜に自宅で利用したいと思うかもしれない。また旅行などで長期不在の場合は、電力を売ることによって収入につなげたいと考えるかもしれない。SSCは、このような生活者の要望を実現するように都市・生活インフラ

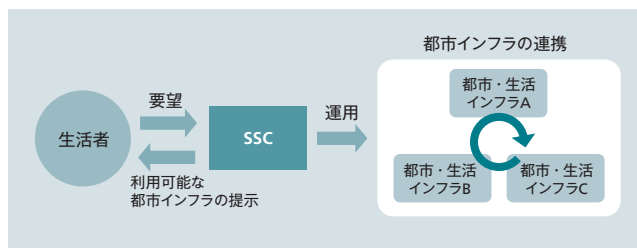


図3 | SSCの役割 (1)

SSCは、生活者の要望に従って、利用できる都市・生活インフラを提示するとともに、運用までを行う。

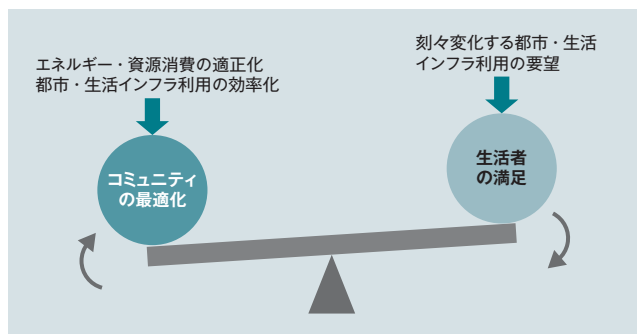


図4 | SSCの役割 (2)

SSCは、コミュニティの最適化と、生活者の要望のバランスを取りながら都市・生活インフラの運営を行う。

の組み合わせを提示して運営を図る。

(3) 都市・生活インフラの運営

SSCは、都市・生活インフラの情報を生活者に提示するだけでなく、制御を含めた運営を行うことによって社会的なニーズに応える（図3参照）。

例えば、省エネルギー・省資源、エネルギー・資源の適切な組み合わせ、交通利用手段の確保などを生活者に代わって行う。一方で、生活者のライフスタイルに対応して都市・生活インフラを運営することは、コミュニティ全体から見ると、エネルギーや資源の欠乏／余剰を引き起こすことになる可能性がある。このため、SSCはコミュニティ全体で調整を行う（図4参照）。

また、コミュニティ内で要望を満たすことができない場合は、他のコミュニティを管理するSSCと交渉することによって、エネルギーや資源の融通、他のコミュニティにある交通手段、医療などの利用予約を行う。

このように、SSCは、生活者の要望とコミュニティの最適化のバランスを取りながら都市・生活インフラの運営を行う。

5. 都市・生活インフラ連携の具体的なイメージ

都市・生活インフラ連携のポイントとしては、次の2点が挙げられる。

(1) 都市・生活インフラ利用選択肢の増加

(2) SSCによる都市・生活インフラ利用の支援

これらを念頭に入れた都市・生活インフラの具体的なかつ

典型的な連携イメージとして、電力と水利用との連携、交通と電力との連携、交通と医療との連携の例を以下に紹介する。

5.1 電力と水利用との連携

電力供給と、海水淡水化、再生水利用、配水・揚水ポンプの利用効率化、地域冷房との連携について示す(図5参照)。

水処理時、冷房時には、電力が必要となるが、再生可能エネルギーとの連携によって電力消費を効率化する。SSCでは再生水や淡水の需要を捉え、水の供給に適切な電力の確保を行う。

(1) 再生水

トイレなどの洗浄水やビルなどの冷却については、浄化のための電力消費を少なくできる再生水の利用が適切になると考えられる。一方、浄水に加え再生水処理設備が普及するに従って、設備運営のための電力が必要となる。これらの電力の確保は、夜間のように電力料金の安い時間帯に蓄電池へ蓄電することで行い、この電力を用いて処理を行えば、再生水使用の促進にもつながる。また、家庭などで発電した電力を売りたい生活者からの電力や、大規模太陽光発電、風力発電によって蓄えた電力を融通することによって、電力および水利用の両面でエネルギー・資源利用コストは低減できる可能性がある。SSCは、安価な再生水の使用を生活者に供給して利用を促進する。

(2) 海水淡水化

離島や砂漠地域など水不足の心配がある地域において、安定供給を可能にするシステムとして海水淡水化システムが期待されている。一方で、海水淡水化は大量の電力を必要とする。従来のような発電機材による発電では、石油価格の高騰などが発生すれば、発電コストは増大し、これに

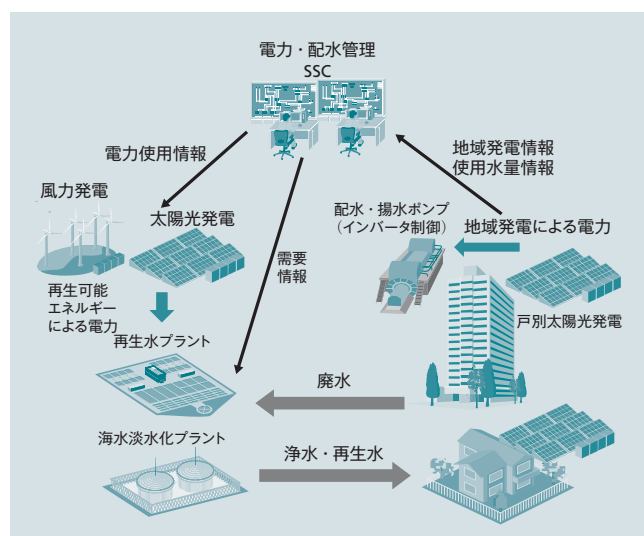


図5 | 電力と水利用の連携

再生可能エネルギーなどを用いて再生水や海水淡水化などの処理を行う。

伴って水の価格も高騰すると考えられる。このため、離島や砂漠地帯で有利な太陽光発電や風力発電を導入することによって電力不足の解消につながると考えられる。

(3) 配水・揚水ポンプのインバータ制御

時間帯によって水の使用量は変化する。このため、需要に応じた流量の制御が期待される。通常、流量の制御はバルブ開閉の制御によって行われるが、使用電力は変化しない。しかし、インバータ制御で電力量に応じてポンプの回転数を変更すれば、節電につながる。また、太陽光発電や風力発電による電力を導入すれば、必要な電力の確保を行うとともに、水利用の節約につながる。

5.2 交通と電力との連携

EVの普及に向けたさまざまな動きが世界各地で見られ、電力供給インフラの整備も進められている。

EVは排気ガスを排出しないため、環境に配慮した移動手段として注目されている。充電ステーションの設置なども進み、急速充電、接続プラグなどの標準化も進められているが、現在、1回の充電で走行できるのは数百キロメートル程度である。このため、EVは頻繁な充電が必要になり、走行途中で電力切れにならないように注意する必要がある。

この課題を解決するためには、EVの電力を管理して、電力残量に応じて充電ステーションなどに向かうことが必要となる。一方で、EVの生活者自身が残り電力に注意して充電ステーションに向かうことは、渋滞などの交通事情に左右されたり、充電スタンドが混雑している場合など、容易ではないと考えられ、EV利用普及の障害となる。このため、充電スタンドの使用状況や利便性の確保を、管制ステーションの役割を担うSSCが行う(図6参照)。

管制ステーションでは、EV全体の位置と電力消費状況、充電ステーションの使用可能な充電スタンド数に関する情

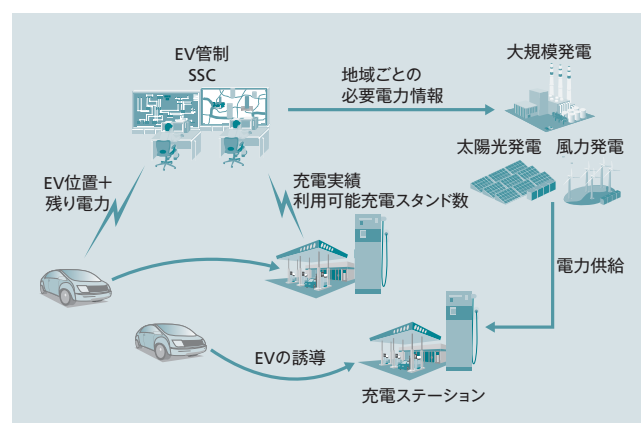


図6 | 電力と交通との連携例

EV利用の管制と充電ステーションへの電力供給を連携させることにより、EVの安全な運用につながる。

報を取得する。そして、残り電力の少ないEVに利用可能な充電ステーションを通知して誘導する。さらに、充電スタンドの利用予約を行い、ほかのEVが割り込みで使用するのを避け、待ち時間を低減することができる。使用頻度の高い充電ステーションでは電力供給量を増加させ、使用可能な充電スタンドの数を増やし、使用頻度の少ない充電ステーションでは電力供給量を低減して利用可能数を制限することで電力の供給も効率化できる。

5.3 交通と医療との連携

現在、インターネットから公共交通運行状況の把握や医療の予約を行うことが可能だが、これらを組み合わせることによって、ワンストップで医療の予約と交通スケジューリングを組むことができる（図7参照）。

スマートシティの実現は医療の進歩も促す。先進国などでは高齢者の増加が予想されている。このため、地域によっては高齢者にも対応した医療の高度化、情報化も必要になる。

遠隔診断の技術進歩も想定されるが、医師による直接診断や処置、PBT、MRI（Magnetic Resonance Imaging：磁気共鳴画像装置）などの高度医療機器の利用については通院が必要である。このような場合、生活者は診断予約と通院手段の確保を行う。インターネットの普及により、医療機関や通院手段の情報を参照し、必要に応じて予約を行うことが可能であるが、試行錯誤を繰り返しながら、診療・通院スケジュールの調整を行うなどの手間が発生することになる。そこで、生活者が通院目的を入力すると、必要な診断・医療機器の予約、さらには、通院に必要な交通手段を提供するようになると利便性が向上する。

このような医療や交通に関する情報提供と、必要に応じた交通手段の手配はSSCが代行する。SSCは、生活者の要望によって病院での診断・治療予約を代行し、移動スケジュールの調整や手段の確保を行う。

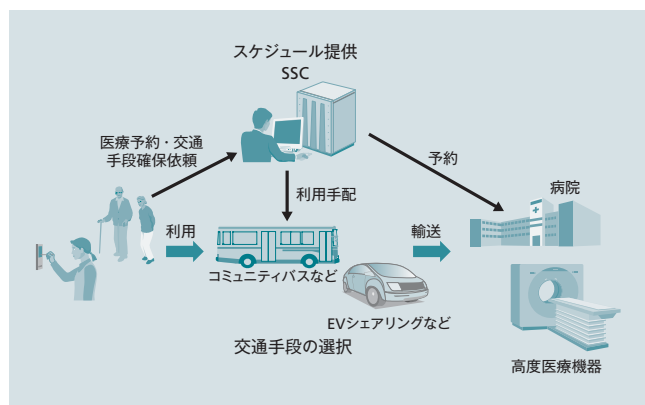


図7 | 交通と医療の連携例

通院手段の確保と高度医療機器の予約を連携することにより利便性が向上する。

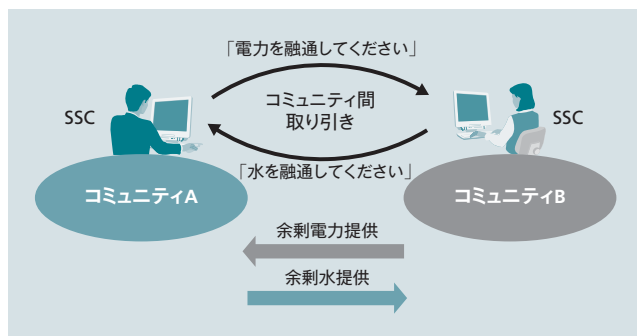


図8 | コミュニティ間の取り引きによるエネルギー・資源確保

コミュニティ間で電力や水などの融通を行うことにより、それぞれのコミュニティの生活者の要望を実現する。

5.4 コミュニティ間での都市・生活インフラ連携

電力、水利用、交通、医療の連携は、SSCが代行する。生活者は、背後にあるインフラ連携を知らなくても利便性や快適性を享受することになる。しかし、すべての生活者の要望を満足できる電力、水などの資源供給量が十分にあるとは限らない。また、医療機器の予約や交通手段の予約についても、すべての生活者の満足を得られるとは限らない。このため、他のコミュニティを運営しているSSCに、必要な資源の融通を打診する。また、他のSSCからの融通を検討する。このように、互いに融通を行うことで、コミュニティの満足度を最大化することが可能になると考えられる（図8参照）。

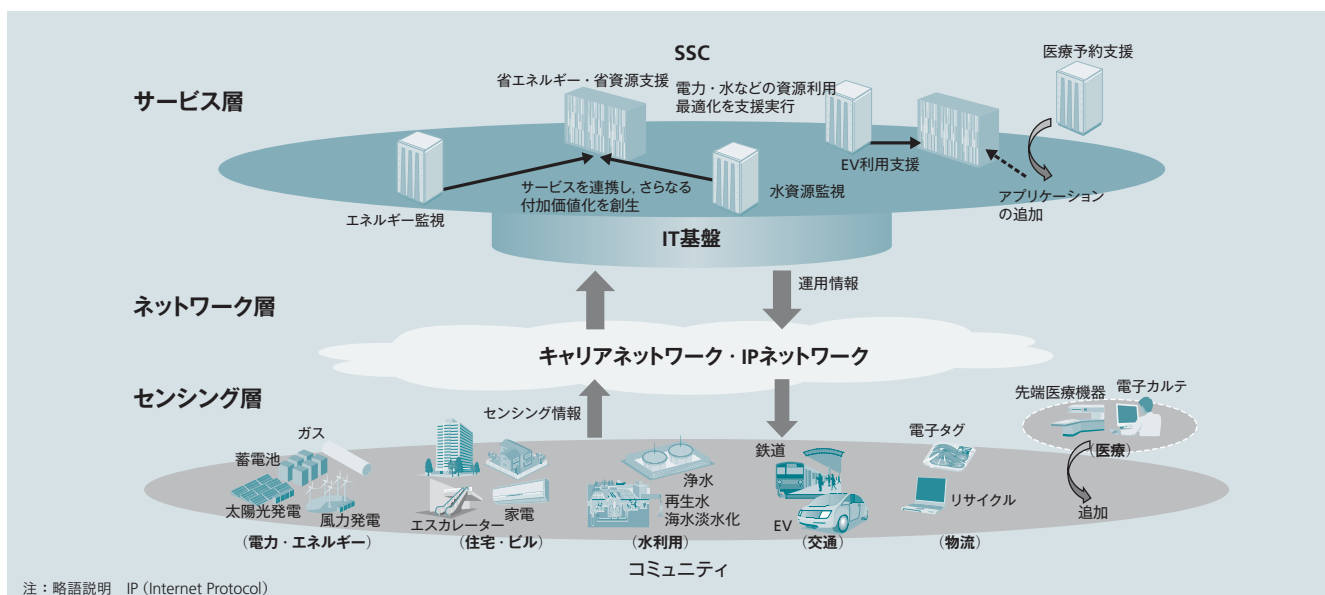
6. 都市・生活インフラ連携の手段

SSCは、都市・生活インフラの情報を収集し、分析結果に基づいて連携案を立てていくことになる。このような情報の収集はIT基盤によって行い、分析結果に基づいて都市・生活インフラの運営を行う。IT基盤は、自律分散技術を応用しているため、サービスに必要な機器の追加・更新が容易になり、また、サービスシステムが休止しても、別のサーバ計算機を起動して代行させることができる構成となっている。

全体システムは、都市・生活インフラの情報収集をセンシングによって行うセンシング層、情報をSSCに送るネットワーク層、収集した情報を集約し、さらに分析してサービスを生み出すサービス層の3層から構成される。この3層のうち、サービス層がSSCに対応する（図9参照）。

(1) センシング層

都市・生活インフラの状況把握をセンシングによって行う。センサーなどのハードウェアが小型化し、かつ無線による通信施設も普及しており、都市・生活インフラの状態を監視することが可能となる。このようにモノをネットワークによってセンシングすることがIoT技術の進展によって可能となってきた。



注：略語説明 IP (Internet Protocol)

図9 | 全体システムの構成

全体システムは、都市・生活インフラの状態を把握するセンシング層、情報伝送を行うネットワーク層、都市・生活インフラ関連サービスを行うサービス層の3層構成となる。

(2) ネットワーク層

既存のキャリアネットワーク、IPネットワークに対応する。

(3) サービス層

取得した情報はIT基盤で収集し、アプリケーションと呼ぶシステムによって分析を行い都市・生活インフラの運営の状況を判断する。また、都市・生活インフラを構成する各インフラの状態や物流、決済など都市機能の関係性も見えてくることになり、連携につなげていくことになる。状態の分析はシミュレーションなどによって行う。これらの結果も用いて、生活者向けには、生活者のライフスタイルに合ったインフラを提示するインフラ情報提示サービスをはじめ、複数のインフラ使用料支払いや発電収入決済をまとめて行うワンストップ利用決済などを行う。また、都市運営者向けには、インフラ運用代行サービスや、インフラが常時稼働していることを監視・診断するインフラ診断サービスなどを行う。特に、都市・生活インフラの利用は時間帯によって変化し、季節によっても変動する。このため、運営実績を保存してこれらを知識として利用し、運営に役立てていくことになる。

7. おわりに

ここでは、スマートシティにおける都市・生活インフラの連携の必要性、生活者側から見たメリット、都市・生活インフラ連携のイメージおよび手段について述べた。

これからは電力、水利用、交通、医療に代表される都市・生活インフラの数は増加し、生活者が自分のライフスタイルに合わせて選択できる時代になると考えられる。そし

て、生活者の要望に基づいてインフラを提示し運営するSSCが活躍するようになる。そこでは、都市・生活インフラの連携が行われ、生活者の負担を低減し、かつコミュニティ全体にとっても快適性や利便性を損なわずに節電、節約などが行えるようになることが期待される。

日立グループは、都市・生活インフラ関連機器やIT基盤の提供によってインフラ連携を促進し、社会の持続的発展に貢献したいと考えている。

参考文献

- 1) 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)

執筆者紹介



岩村 一昭

1983年日立製作所入社, 情報制御システム社 新事業推進本部 基盤開発センタ 所属
現在, スマートシティIT基盤, 地理情報システムの開発などに従事
電子情報通信学会会員, 日本応用数理学会会員



香田 克也

1984年日立製作所入社, 情報・通信システム社 経営戦略室 所属
現在, スマートシティIT基盤の概念設計, 展開戦略策定に従事
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 新事業推進本部 基盤開発センタ 所属
現在, スマートシティIT基盤の開発マネジメントに従事