

スマートシティの今を考える



2000年代後半以降、持続可能性（サステイナブル）のある社会の構築を目的に、「スマートシティ（Smart City）」というコンセプトが注目され、日本だけでなく世界的にもスマートシティのブームが巻き起こった。特に、2012年度の東日本大震災以降の日本では、都市のレジリエンス化（強靱性）に関心が集まっただけでなく、スマートシティによる新ビジネスの創出や地方創生などへの期待も高まり、産業部門のみならず、民生、業務、交通部門、更には、高齢者の見守りや医療、教育と言った様々な付加価値サービスなど、業界や部門の垣根を超えた横断的な取組みへと拡大して行った。一方、最近では、スマートシティという言葉を見聞きする機会が、めっきり少なくなったと感じないだろうか。

本稿では、現在のスマートシティとはどのような現状にあるのか、これまでの社会動向等も踏まえながら、筆者なりに、現代社会がスマートシティに抱くイメージとその構成要素、そして、現在の進展段階について考えてみることにしたい。なお、スマートシティの類義語として「スマートコミュニティ（Smart Community）」があるが、これは、スマートシティよりもやや狭い領域、あるいは分散した領域において、建物・エネルギー設備・輸送機器など、あらゆるモノが一まとめとなった集合体であると考えられるが、ここでは両者とも同じものとして取り扱うことにする。

スマートシティに抱く4つのイメージ

現在のスマートシティには、様々なイメージが持たれるようになった。これは、スマートシティが社会で広く認知された結果、当事者の置かれた立場や環境により独自の解釈などが加わったためだと考える。そして、スマートシティを時代の大きな流れで捉えれば、そのイメージは、主に、「エネルギー分野」「環境分野」「情報化社会」「社会基盤の構築」の4つに集約され、互いに複雑に絡み合っている状況にある。

第1のイメージ：エネルギー分野に限定してスマートシティを考えるケース

社会的なスマートシティに対する第1の考え方は、スマートシティを「エネルギーの効率利用や省エネなどの取組み」を指すケースである。

当初の構想からすれば、スマートシティとは電力系統を賢く利活用する「スマートグリッド」から派生した、「情報通信技術（ICT）の活用による“需要家サイド”におけるエネルギー・マネジメントの取組み」である。具体的には、様々な建物や施設等に対し創エネ・蓄エネ・省エネ設備などを導入し、街全体のエネルギーをマネジメントするもの、そして、自動車・鉄道（LRT：Light Rail Transit）・バス（LBT：Light Bus Transit）等の輸送システム／機器全般に対し交通の流れを制御することで、エネルギー消費全体を抑制するものなどが、基本的な取組みであった。

しかし現在では、太陽光発電等の「再生可能エネルギー」や蓄電池等の「エネルギー貯蔵システム」、そしてLEDやコジェネ（CGS：cogeneration system／CHP：Combined Heat and Power）と言った「省エネ設備」などを、地域や建物等へ単体で導入するだけでもスマートシティと定義したり、石油・ガス・電力に代わる新たなエネルギーとして、水素の利活用を促進する「水素社会」こそが、スマートシティと考える場合もあり、エネルギー分野だけをとって考えてみても、その捉え方は様々である。更に、エネルギー分野の枠組みを超え、これらの設備投資により、防災やBCP（Business Continuity Plan：事業継続計画）等の都市の「レジリエンス化（強靱性）」や、地方創生や日本の経済活性化の起爆剤に繋がると考えている主体がいることも、このケースの特徴と言えるだろう。

このケースのスマートシティを形成する要素には、表1に示しとおり、「グリッドサイド（系統網）」と「デマンドサイド（需要家）」に分けて考えることができる。

先ず、グリッドサイドの要素では、需要家サイドの閉じた領域において、自営線や自営導管を活用し、自律的なエネルギー需給を実現する「マイクログリッド」や「サーマルグリッド」などがこれに該当する。一方、デマンドサイドについては、建物全体のエネルギー効率を高める「スマートハウス」や「スマートファクトリー」、そして、建物内で利用するエネルギーをトータルでゼロにする「ZEH」や「ZEB」、更には、電気自動車（EV）に搭載された蓄電池を、住宅・ビル・電力系統などに供給する「V2X」などが代表的な要素であり、各要素は、創エネ・蓄エネ・省エネ設備で構成されている。

また、これらの要素を支える技術要素として、「エネルギー・マネージメント・システム（EMS：Energy Management System）」があり、建物や施設毎にエネルギー・マネジメントをするシステムと、複数の需要家やシステム等を統括し全体でマネジメントをするシステムの2種類に大別される。例えば、建物や施設毎のシステムでは、「HEMS」、「BEMS」、「FEMS」等がこれに該当し、全体を統括するシステムでは、「CEMS」や「SCADA システム」等が代表的なものと言える。

最近では、これらEMSを「IoT（Internet of Things：モノのインターネット）」と考えたりする事例や、ドイツの「Industry 4.0（クラウド・コンピュータリングを活用した工場のスマート化）」に関係付けたりする事例も散見される。

表1 エネルギー分野に限定したスマートシティの要素の一例

区分	グリッドサイド	デマンドサイド
主要素 (SCC ¹) を構成する 中核的 存在物	(電力網) ・マイクログリッド (熱供給網) ・サーマルグリッド (交通網) ・交通情報網 等	(建物・施設) ・スマートハウス ・スマートファクトリー ・ZEH (Net Zero Energy House) ・ZEB (Net Zero Energy Building) 等 (交通) ・V2X (Vehicle to X) ・EVPS (EV Power Station) 等
主要素を 支える 構成 要素	(電力網) ・制御機器 (開閉器、PCS 等) ・スマートメーター (子メーター) (熱供給網) ・熱導管 ・スマートメーター (子メーター) (交通網) ・通信アンテナ (4G・5G 等) ・GPS 送受信機 等	(創エネ) ・再生可能エネルギー (太陽光、風力、地熱、太陽熱 等) (蓄エネ) ・エネルギー貯蔵システム (鉛、リチウム イオン、NAS、レドックス・フロー等) ・蓄熱槽、氷蓄熱、雪氷熱 等 (省エネ) ・コージェネ、ヒートポンプ、燃料電池 ・空調設備、照明設備、家電設備 ・次世代自動車 (EV) 等
	(エリア管理) ・CEMS (Community EMS) ・SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition System) (交通管理) ・TDM (Transportation Demand Management) 等	(建物管理) ・HEMS (Home EMS) ・MEMS (Mansion EMS) ・BEMS (Building EMS) ・FEMS (Factory EMS) 等
	(その他) ・通信プロトコル (HTTP、 Open ADR2.0b 等)	(その他) ・通信プロトコル (HTTP、Modbus、 BACnet、ECHONET Lite 等)

スマートシティをエネルギー分野に限定した取り組みとして考える場合、特に社会を混乱させているのが、「需要家サイド」と「供給者サイド」の取組みを同一枠組みで考える場合が存在することである。この場合、「電力設備は社会のスマート化を支える一要素」と捉えられており、需給両サイドがはっきりと区別されていない。そのため、例えば、需要家

¹ Smart City & Smart Community

サイドと供給者サイドの両方の側面を持つ、ダイナミックプライシング (Dynamic Pricing: 電気料金の価格誘導) 等の「デマンドレスポンス (DR: Demand Response)」や、需要家サイドにある多数のエネルギー・リソースを一つに束ね、火力発電 (調整用火力) 等の代替方策となる「仮想発電所 (VPP: Virtual Power Plant)」,そして、電力設備の一部である「スマートメーター」なども、このケースの構成要素になると考えたり、更には、供給者サイドの取組みである「スマートグリッド」や「ネガワット取引」まで対象として議論されるケースも散見される。

また、海外に目を向けてみると、EU 諸国⁽¹⁾ やカナダのモントリオール⁽²⁾ のように、住民参加型の取組みかどうかをスマートシティの一指標としている地域もあり、エネルギー分野におけるスマートシティを定義化することは極めて難しい。そのため、様々なイメージされるスマートシティと区別して、「スマート・エネルギー」や「デジタル・エネルギー」などと称するケースが出てきたことも、最近の傾向と言えるだろう。

現在の日本では、国や行政単位で様々な補助金を活用し、スマートシティに関係する設備投資が進行しているが、個別に見れば、まだまだ実証段階のものや市場整備段階中のもも多く存在する。しかし、このケースのスマートシティは、既に一定の役目を終え、現在、粛々と社会実装を推進している段階にあると考えられるのではないだろうか。2030年のエネルギー・ベストミックスには省エネ量 17% (最終エネルギー換算では 13%)⁽³⁾ が織り込まれている。省エネの達成状況次第では、再びこのケースのスマートシティが注目される時代が訪れる可能性もあるだろう。

第2のイメージ: 環境としてスマートシティを考えるケース

第2の考え方は、スマートシティを「省 CO₂ など環境面だけに着目する取組み」を指すケースである。

このケースのスマートシティでは、「低炭素タウン」や「エコタウン」、「環境未来型都市」等の環境対策に主眼をおいたコンセプトであることが多い。また、環境に焦点を当てていることから、地球温暖化防止に係る「パリ協定」や「CO₂ クレジット」の施策として、また、最近では、「炭素税」等の税制面と関連付けて考える場合もある。その他にも、持続可能な社会や循環型社会との関係から、生態系の維持や自然環境の保護の取組みなども、スマートシティの一要素と考える場合があることも、このケースの特徴と言える。

スマートシティを環境分野に限定した取組みを考えた場合、エネルギー消費の抑制が環境面に直接に繋がることから、結果として、第1の「エネルギー分野に限定した考え方」に示した要素と重複するものが多い。中でも、表2に示したように、創エネ・蓄エネ・省エネ設備および ZEH・ZEB 等の「CO₂ 排出量をトータルでゼロにする建物」や、浄水場・下水処理等の「水処理施設におけるエネルギー効率の向上」などが、環境分野では特に注目される要素である。また、主体によっては、火力発電全般における「CO₂ 分離回収技術 (CCS)」や石炭火力における燃料への「アンモニア混焼技術」など、供給者サイドの省 CO₂ に貢献する設備や技術要素などが含まれることもある。

また、このケースのスマートシティには、大気汚染を低減する観点から、輸送機器や輸送システムに関連する要素なども多い。具体的には、自家用車から電車などの環境負荷の低い公共交通機関にシフトする「モーダルシフト」や「スマートパーキング」、自動車の利用そのものを抑制する「カーシェアリング」、そして、交通需要マネジメントシステム(TDM)を活用した目的地までのルート案内により無駄な移動を抑制させるシステムなども要素に含まれる。また、石油燃料の抑制を目的に、電気自動車(EV)や燃料電池車(FCV)等「次世代自動車へのシフト」や、それを促進するための充電ステーション(EVPS)等の「周辺インフラの整備」も注目される代表的な要素と言える。最近では、炭素フリーの観点から、化石燃料からではなく、太陽光発電など再生可能エネルギーから生成される「水素エネルギー」の活用を取り上げる事例も、環境分野におけるスマートシティでは散見される。

表2 環境分野のスマートシティで注目される要素の一例

区分		環境分野におけるスマートシティの注目要素
主要素	(SCC を構成する中核的存在物)	(建物・施設) ・CO ₂ 排出量をトータルでゼロにする建物および施設 (ZEH、ZEB 等) (交通) ・モーダルシフト ・スマートパーキング ・カーシェアリング (その他) ・水素エネルギー ・充電/充填ステーション 等
主要素を支える構成要素		(建物・施設) ・水処理施設 (浄水場、下水処理施設) (交通) ・次世代自動車 (EV、FCV) 等
	技術	(供給設備) ・CO ₂ 分離回収技術 (CCS : Carbon dioxide Capture and Storage) ・石炭火力のアンモニア混焼技術 (交通) ・交通需要マネジメントシステム (TDM : Transportation Demand Management System) 等

このケースのスマートシティに関しても、例えば、水素エネルギーの活用等、まだまだ実証段階や市場整備段階のものもあるが、現在は、個別に社会実装を推進している状況にあるのではないだろうか。しかし、パリ協定の目標達成の状況次第では、第1評価となる2023年前後を境に、このケースのスマートシティが、再び加速する可能性もあるだろう。

第3のイメージ：スマートシティを情報化社会と考えるケース

第3の考え方は、スマートシティをビジネスや暮らし等「社会全般で情報化社会」を目指すケースである。このケースは、スマートシティを推進する要となる「ICT」だけに着目し、それを社会の安全・安心や利便性等を高めるために発展させたケースである。

このケースのスマートシティを形成する主要要素には、表3に示したように、主に「公共的なもの」と「サービスのなもの」の2種類に大別できる。

まず、公共的なものにおいては、フリーWi-Fiなど街全体で自由にアクセスできるインターネット環境の整備、街頭監視カメラの設置など都市の防犯機能の向上などが代表的な要素である。また、サービスのなものにおいては、物流業務の効率化や商品管理など業務のスマート化や、インターネットを活用した電子商取引（EC：Electronic Commerce）、更には、医療、保険、介護、教育、行政手続き等の様々な分野におけるサービスのスマート化なども含まれる。そして、これらの普及拡大が、情報通信業界の今後の活路として、また、新たなビジネスを掘り起こしする産業育成の起爆剤として捉えられていることが、このケースの特徴と言える。

表3 情報化社会に限定したスマートシティの要素の一例

区分		公共的なもの	サービスのなもの
主要要素を 支える 構成要素	設 備	(通信環境) ・フリーWi-Fiの整備 等 (安全・安心) ・監視カメラ(街頭・空港等) 等	(業務のスマート化) ・物流、商品管理 等 (購買のスマート化) ・ECサイト 等 (サービスのスマート化) ・医療、保険、介護、教育、観光、 行政手続 等
	技 術	(ICT / IoT) ・サーバ設備 上位層：クラウド・コンピューティング(プラットフォーム等の役割) 中位層：フォグ・コンピューティング(プラットフォームの中継的役割) 下位層：エッジ・コンピューティング(末端設備を統括する役割) ・センシング・デバイス(末端設備) 等	(ICT / IoT) ・第5世代移動通信システム(G5：5th Generation) ・省電力無線通信技術(LPWA：Low Power Wide Area Network) 等 (AI) ・機械学習(Machine Learning)、深層学習(Deep Learning) 等

更に、海外におけるスマートシティの取り組みに目を向けると、オーストラリアの「サンシャインコースト」⁽⁴⁾ やインドの「スマートシティ100都市構想」⁽⁵⁾ のように、エネルギー

ギー分野以外にも、様々な分野の情報化がスマートシティの要素となっており、中国では、「第13次五カ年計画（十三五）」⁽⁶⁾において、スマートシティをICTやビッグデータを活用した、新型の購買行動（デモンストレーション効果）を引き起こす都市づくりとして捉えられている。

現在日本では、政府が「超スマート社会（Society 5.0）」を推進していることもあり⁽⁷⁾、「あらゆるモノ」がインターネット上で接続する「IoT（Internet of Things：モノのインターネット）」や「AI（Artificial Intelligence：人工知能）」に社会的な注目が集まっている。例えば、IoTでは、「クラウド・コンピュータリング」や「フォグ・コンピュータリング」、「センシング・デバイス」等の通信設備から、「第5世代移動通信システム（5G）」、「省電力無線通信技術（LPWA）」等の伝送技術の活用が検討されている。一方、AIでは、「機械学習（Machine Learning）」や「深層学習（Deep Learning）」等のアルゴリズムを活用した制御プログラミングを、ビジネスやサービス、モノ等に組み込もうとする動きが最近の傾向と言えよう。しかし、IoTやAIの具体的な社会実装の姿やあり方については、未だ手探り状態にあると考える。

スマートシティを情報化社会の実現として捉えた場合には、ようやく情報化社会の実現をサポートする新技術が誕生し始めたところであり、このケースのスマートシティは、まさにこれから本格化していく段階にあるのではないだろうか。

第4のイメージ：スマートシティを社会基盤の構築と考えるケース

第4の考え方は、スマートシティを「社会基盤の構築や都市整備」を指すケースである。このケースは、社会基盤が未成熟な発展途上国に多く見られ、生活水準の向上を目的に、暮らしやビジネス面で利便性の高い都市づくりをスマートシティと捉えている。

このケースのスマートシティを形成する主な要素としては、都市には欠かせない、次に示した5つの「社会インフラの整備」が代表的なものと考えられ、それぞれ単体の整備であっても、現状と比較し、格段に生活や社会的水準が向上するため、スマートシティと見なされるのが、このケースの特徴である。

具体的には、道路や鉄道等の交通インフラ、発電所や送配電設備等の電力インフラそして、インターネット回線や電話回線等の通信インフラや、上下水道・廃棄物や汚水処理・浄化設備等の公共設備、更には、ビジネス・商業・居住区等の建物供給なども、このケースの要素である。また、資金面から、最新技術の活用だけでなく、既存技術や高度化されていない汎用品や中古品であっても、このケースのスマートシティには欠かせない構成要素になっている。更に、このケースでは、社会インフラの整備と併せ、地域の課題に応じて、「エネルギー分野、環境、情報化社会の考え方」に示した構成要素の一部を先行し、取り入れることもある。例えば、環境対策ではなくエネルギー不足の観点から、太陽光発電を導入する場合や、社会インフラの充実よりも治安向上を優先させ、街頭防犯カメラを導入する場合などが、これに該当する⁽⁵⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。

表 4 社会基盤の構築や都市整備に限定したスマートシティの要素の一例

区分	社会基盤の構築や都市整備におけるスマートシティの注目要素
主要素 (SCC を構成する 中核的 存在物)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 交通インフラ (道路、鉄道) ・ 電力インフラ (発電所、送配電設備 + ガス供給網) ・ 通信インフラ (インターネット回線、電話回線) ・ 公共設備 (上下水道、廃棄物処理施設、汚水処理施設、浄化施設 等) ・ 建物供給 (産業区、ビジネス区、商業区、居住区 等)

このようにスマートシティを社会基盤の構築や都市整備として捉えた場合には、先進国のスマートシティとは様相が異なる。このケースのスマートシティでは、「都市化」が第一優先であり、一定の都市整備が終わると、次のステップとして、エネルギー分野や環境、情報化社会のスマートシティへと発展していくものと考えられる。

現在のスマートシティは、上記に示した 4 つのイメージに枝分かれし、それぞれの取組みや対象範囲等が相互関係にあるなど、複雑な現象が生じている。そのため、近い将来、スマートシティの概念自体も再定義が行われてもおかしくない。確かに以前と比較し、スマートシティを耳にする機会は少なくなった。しかし、都市全体の取組みから都市を形成する詳細なパーツの取組みへと進展している状況等も鑑みると、今もなお、それぞれの立場や環境に応じて、スマートシティの DNA は脈々と受け継がれているのではないだろうか。

(著：スマートコミュニティーグループ 山本 尚司)

お問い合わせ：report@tky.ieej.or.jp

(参考文献)

- (1) European Commission 「Feasibility study to finance low-cost energy efficiency measures in low-income households from EU funds (August 2016)」
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/low_cost_energy_efficiency_measures_-_final_report.pdf
- (2) MONTREAL SMART AND DIGITAL CITY 2014-2017 Montreal Strategy
<http://villeintelligente.montreal.ca/sites/villeintelligente.montreal.ca/files/montreal-strategy-smart-and-digital-city-an.pdf>
- (3) 経済産業省 「長期エネルギー需給見通し (平成 27 年 7 月)」
http://www.meti.go.jp/press/2015/07/20150716004/20150716004_2.pdf
- (4) Sunshine Coast COUNCIL 「Smart City Program」
<https://www.sunshinecoast.qld.gov.au/smartcities>
- (5) Ministry of Housing and Urban Affairs, Government of India 「SMART CITIES MISSION」

- <http://smartcities.gov.in/content/#>
- (6) THE 13TH FIVE-YEAR PLAN FOR ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPMENT OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA (2016–2020)
<http://en.ndrc.gov.cn/newsrelease/201612/P020161207645765233498.pdf>
- (7) 内閣府「科学技術・イノベーション」
<http://www8.cao.go.jp/cstp/stmain.html>
- (8) OPENGOV「Smart City plans (2017-2020) unveiled for Ho Chi Minh City in Vietnam (29 Nov 2017)」
<https://www.opengovasia.com/articles/smart-city-plans-unveiled-for-ho-chi-minh-city-in-vietnam>
- (9) Pwc「Smart cities in Southeast Asia」
<https://www.pwc.com/ph/en/consulting/assets/smart-cities-in-southeast-asia-report.pdf>
- (10) FROST SULLIVAN「Top 10 Smart Cities of Asia-Pacific by 2025」
<http://www.frost.com/sublib/display-report.do?id=NF9F-01-00-00-00>
- (11) シスコシステムズ合同会社「スマートシティの事例ースマートシティがもたらす地域イノベーション (2016 年 11 月)」
http://www.soumu.go.jp/main_content/000447791.pdf
- (12) Asia Pacific Energy Research Center (APEREC)「A Study on Smart Communities in the APEC Region (November 2015)」
http://aperc.ieej.or.jp/file/2016/1/12/A_Study_on_Smart_Communities_in_the_APEC_Region.pdf
- (13) Asia Pacific Energy Research Center (APEREC)「A Study on the Development of Evaluatuion Methods for Smart Communities (September 2016)」
<http://aperc.ieej.or.jp/file/2016/10/3/A+Study+on+the+Development+of+Evaluation+Methods+for+Smart+Communities.pdf>
- (14) IEEJ「平成 28 年度 国際エネルギー使用合理化等対策事業ーインド・ナビムンバイにおける省エネ型複合都市開発プロジェクトの構築可能性調査報告書 (平成 29 年 2 月)」
http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H28FY/000476.pdf