

【建設工学研究所論文報告集第59号〔総説〕2017年11月】

ICT・AIによるスマート社会への潮流 Trend to Smart Society with the Aid of ICT and AI

高田 至 郎
Shiro Takada

1. スマート社会へのイノベーション

第4次産業革命¹⁾と称されるように、ICT(Information and Communication Technology)とAI(Artificial Intelligence)は、技術・知的分野のみならず、エネルギー、環境、経済活動などに変革をもたらし、スマート社会創出の流れに拍車がかかっている。スマート社会創出²⁾は、2008年にオバマ大統領がグリーン・ニューディール政策(GND)³⁾を発表して以降、エネルギー・環境課題と関連して、世界全体に影響を及ぼした。GNDは必ずしも成果を収めたものではなかったが、スマート社会へのイノベーションは確実に進展している。本文では各分野におけるスマート社会のイメージとICTおよびAIの概要について紹介する。後述するが、2016年からスタートした5年間の科学技術基本計画の中でも「超スマート社会の実現」^{2),4)}を提唱している。

1.1 スマート環境

低炭素社会の実現には異常気候や空気汚染を低減するために、化石燃料からの脱却が地球規模で求められている。太陽光・風力・海潮などの再生可能エネルギーを見つけ出し、いくつ努力を重ねられている。一方、太陽光パネルが自然破壊をもたらす懸念も議論の対象となっており、周辺住民との軋轢も生んでいる。電気自動車やエコカーによる排ガス規制も進んでいる。一方、世界の発展途上各国は膨大な石油エネルギーを必要としている⁵⁾。

1.2 スマート交通システム⁶⁾

スマート・モビリティと称され、鉄道・自動車・バス・タクシーなど多様な都市内交通をICT・AIなどを活用して便利・快適・環境整備をもたらす計画である。ITS(Intelligent Transport Systems)が急速に発展し、VICS, ETC(カーナビ交通情報通信システム)などが中心技術となっている。さらに、ITSスポット構想⁷⁾が実現しつつあり、VICSと進化型ETCを一体として使用し、車と双方向で通信できる地点を全国で1600スポット設置するプランである。VICSは路側機器を必要とするが、渋滞・事故・天候・走行時間などの情報が得られる。キャッシュレス・ドライブスルーや交通の制御・維持管理・保守も容易となる。

1.3 スマート家庭エネルギー消費(HEMS)

電力・ガス会社と家庭のエネルギー消費がリアルタイムで通信されて、HEMS(Home Energy Managing System)として地域グリッド全体の需要・供給が制御される。家庭では消費のみならず、エネルギーを蓄えることも可能である。HEMSを実現するためには、消費・蓄積を測定するスマートメーターや、地域データを集めて、分析・制御する地域グリッドセンターの設置も必要となる。このようなHEMSは現在各地で試験的な実施が開始されている⁸⁾。

1.4 スマート公共交通

ITスポットやカーナビの格段の進歩が期待され、バスの到着時間が正確に表示されるとともに福祉バスの登場で高齢者や身障者の移動が容易となる。さらに、オンデマンド公共交通の発達によって、ドア to ドアの移動が進み、特定自動車や自転車の位置情報の取得が進むと考えられる。さらに、電気自動車の拡大によって、スーパーでの充電や余

剰エネルギーによる家庭での充電も可能となることが推測される。さらに、ロボニックス（自動運転車）が最適走行すれば渋滞解消は容易となる。ドライバーのブレーキ踏み違い事故も減少する。

1.5 スマート・ライフライン

電力・ガス・上下水道などによって、スマート化の意味は異なる。とくに、電力・ガスについては、規制緩和によって大手発電事業者の有している基幹施設を中小の事業者が利用して、電力の受給を行うシステムが可能となり、激しい市場の競争がスタートしている。HEMSにより、余剰電力（ネガワット）を売買する仲介事業者（アグリゲーター）が電力会社と顧客（個人・地域）を結ぶことになる。NECが進めるVTN(Virtual Top Node)、VEN(Virtual End Node)、OpenADR(Automatic Demand Response)⁹⁾などはスマート社会で拡大して行くものと考えられる。電力・ガスのみならず、上下水道でもHEMS構成に必要なSM(Smart Meter)¹⁰⁾の開発が進められている。

1.6 スマート家電¹¹⁾

エアコン、冷蔵庫、テレビ、洗濯機、LED、給湯機などコンピューターによる自動制御技術を組み込んだ電化製品が市場を賑わしている。外出先からのコントロール商品も実現している。人間の五感と意識の最適値をコンピューターが探索して、それぞれの役割を果たす。製品は高価であるが、エネルギー消費の視点も主要な要素である。

1.7 スマート教育

ICT社会では教育法も大きく変化すると考えられる。従来の知識習得教育ではなく、自ら物事を考える能力を持つ「21世紀型教育」が要求されており、ICTを活用した新しい教育が展開される。①ICTを利用して地域格差の解消、②ICTを利用した学外活動支援や教育サポートの導入、③Webによる学習教材の導入、④SNSによる学習者どうしの研鑽、⑤探求型学習環境へのICT活用、⑥災害時のWeb教室の解消など¹²⁾、である。

1.8 スマートガバメント・ガバナンス

スマート社会への移行は、行政におけるガバナンス（統治、体制、手法）の変化も余儀なくされる。①すべて電子情報となるのでICTを使う行政と市民のIT使用環境の整備、②電子情報のセキュリティ法制の整備、③中央・地方行政のICTレベルの整備、④情報公開の取り扱い、⑤ビッグデータの取り扱い、等が課題であり、すでに訴訟も噴出している¹³⁾。ITの使用が困難な高齢者や障害者への対策も重要で、キーボードをタッチすることなく音声ICTの開発・導入が開始されている。情報を、隠す、流布し世論を誘導する（情報操作）などはシビル・ディフェンスの常套手段である。

1.9 スマート経済とIoT・ビッグデータ¹⁴⁾

ICT社会において、経済の発展と雇用の創出は最大の目標である。IoTあるいはIoE(Internet of Thing, Internet of Everything)は新たなビジネスモデルを生み出しつつある。IoTとは、「もの」がインターネット/クラウドに接続されて、相互に制御される状態を指しており、「もの」はIPアドレスを有しているか、フライドタグやICタグ・チップを通じてコンピューター制御が可能な状態となる¹⁴⁾。フライドタグ¹⁵⁾はRadio Frequency Identifierの略語で、IC情報のタグから近距離で情報のやり取りをする通信手段で、ICタグ(マイクロ集積回路)から電力や電波をだすアクティブ・タグと受信側で出すパッシブ・タグがある。商品にタグを取り付けて管理したり、人や動物にタグを付けて保護することも既に実用化している。電波や磁界の強さ、電力の継続時間が課題である。定期券にICタグが埋め込まれていることは良く知られている。一方、ビッグデータは、数年前に出てきた用語で、新たなスマート社会形成、ビジネス展開のための大容量データ取得を指す。厳格な定義は無い現状にあるが、おおよそ数十テラバイトという見解もあり、これまでのデータ解析ソフトでは取り扱えないようなデータ数である。総務省¹⁶⁾では、①膨大な量の高解像データ、②高頻度に得られるリアルタイム大量データ、③多種多様な大量データ、という定義を与えている。ビッグと云うのは、数量がビッグであるというだけでなく、目的とスマート社会に与える影響がビッグであると考えられている。IoTやビッグデータを使用した新たなビジネス展開例を以下に示す¹⁴⁾。

- ①「Philips Hue」ではIoT活用でネットワークからコントロールできる電球を売り出しており、スマホなどにより外出先から電球のOn/Offが可能である¹⁷⁾。
- ②「Tesla」の電気自動車はIoT部品管理など遠隔装置が可能でリコール通知も容易である¹⁸⁾。
- ③アマゾンではDash Buttonを会員向けに提供し、日用品をボタン1つで自動注文できる。一例として、トイレトーパーに取り付けたDash Buttonは紙の状況を判断し、残量が少なくなればアマゾンは宅配で届ける。冷蔵庫内の食糧消耗品も同様である¹⁹⁾。
- ④API連携による種々の異業種のエコシステム構築を目的として「Nest Developer Program」を2014年に立ち上げ、自社製品を中心に家全体にサービス拡大を図っている。APIの概念を図-1.1に示す。

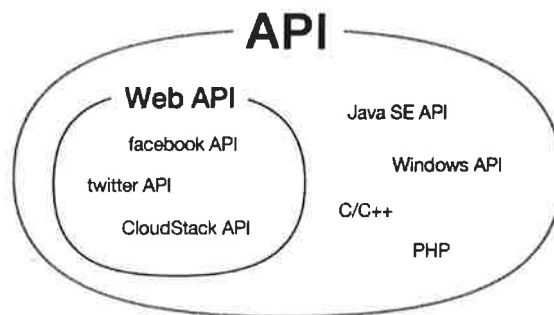


図-1.1 APIの概念

1.10 スマート共生

今後の労働人口減少、高齢社会では市民の共生が重要で、相互扶助・共助による人と人の繋がりが大切となる。スマート社会ではICTは情報を伝える役割は勿論のこと、人と人が繋がる社会を念頭に置いている。行政は、公助は勿論のこと、地域の支援を受けながら社会を構築していく方向を目指している（図-1.2）²⁰⁾。

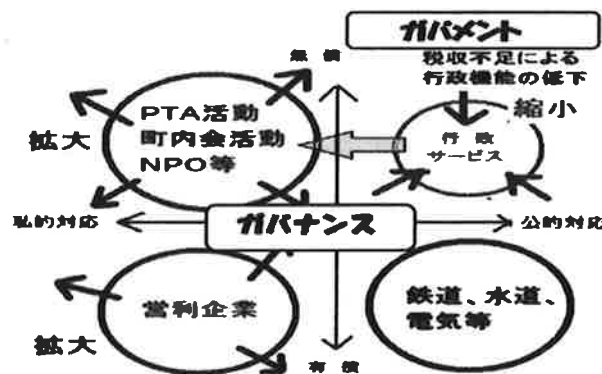


図-1.2 スマート共生

2. 第4次産業革命

2.1 インダストリ 4.0 およびソサエティ 5.0

インダストリ 4.0 はドイツ政府が2015年に提唱した製造業の高度化を目指す戦略的プロジェクトであり、情報技術を駆使した製造業のイノベーションを意味する。全ての工業生産機器がインターネットによって繋がりを、またビッグ

データを駆使しながら、機械同士が連携して動作する事はもとより、機械と人が連携して動くことにより、製造現場が最適化されると想定している。北米や日本でも同様な動きがある。4.0は表-2.1に示すように第4次産業革命を指しており、ICTによる自動化と「産業の繋がり」を目指したプロジェクトである^{21),22)}。

表-2.1 第4次産業革命

第一次産業革命 18~19世紀初頭 蒸気機関、紡績機 など軽工業の機械化	第二次産業革命 19世紀後半 石油、電力、重化学工業	第三次産業革命 20世紀後半 インターネットの出現、ICTの急速な普及	第四次産業革命 21世紀 高度な自動化、3Dプリンタによる産業革新
--	---	--	--

また、ソサエティ5.0は日本政府の総合科学技術・イノベーション会議で検討され、2016年1月に閣議決定された2016年度から5年間の科学技術政策の基本指針「第5期科学技術基本計画」の中で使われている言葉である。ICTを最大限に活用し、サイバー空間とフィジカル空間（現実世界）とを融合させた取組みにより、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」を未来社会の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組みを更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進し、世界に先駆けて超スマート社会を実現していくことを唱っている¹⁾。

2.2 スマート 防災 4.0

ICTによる情報化・自動化の時代に適応した防災対策のあり方を検討する委員会が内閣府主導で実施されており（2015年～）、防災4.0と呼ばれている²³⁾。4.0は、伊勢湾台風（1959年）、阪神・淡路大震災（1995年）、東日本大震災（2011年）を踏まえて、次の4番目の大災害にどう備えるかを検討する計画である。1.0～3.0の大災害を踏まえ、また、気候変動や情報通信新技術の動向を踏まえて、①地域住民の備え、②企業における備え、③情報通信技術の活用、を3本柱としている。情報通信技術の活用では、準天頂衛星・ドローンの活用、SNSによる地域コミュニティの強化、情報リテラシーの向上、民間の創意工夫による新たなサービスの創出、を掲げている。

3. SM（スマートメーター）通信技術の進展²⁴⁾

1.3で述べたHEMSは地域のエネルギー制御には極めて有効であり、スマート社会をさせる基本技術である。しかし、膨大なデータ量であり、都市部のみならず山間地域にも有用、安価、安定した通信ネットワークを構成する必要がある。電力・ガスなどのエネルギー・通信・上下水道、関連事業者はSMの開発に向けて基本的な研究・開発段階にある。SMのみならず、移動体通信（スマホ）、衛星通信、IoT通信など、各分野で通信技術の格段の進歩がなされようとしている。ここでは、SMに焦点を当てた通信技術の現状動向について紹介する。

3.1 SM伝送方式

スマート社会は市域全体を対象とするので、数百～数千万台の大規模なネットワーク構築を必要とする。すべての顧客が利用するので、複雑な機器設定や、膨大な設備構築費用をかけられない困難さがある。

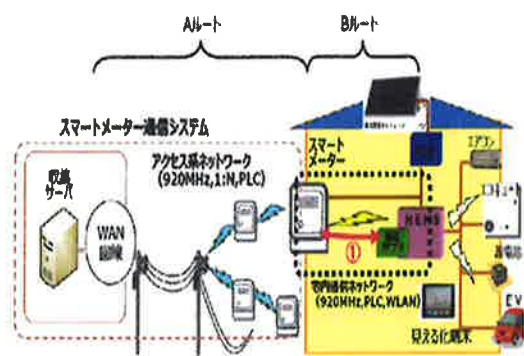


図-3.1 HEMS

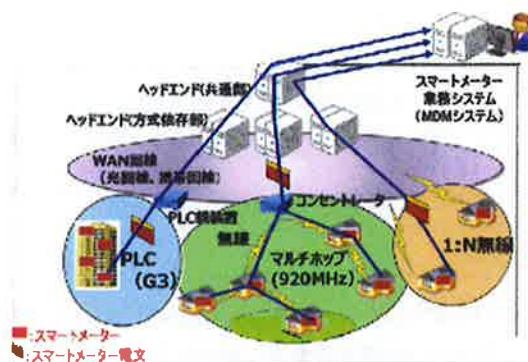


図-3.2 WAN システム

3.2 屋内伝送と WAN

家庭内エネルギー（図-3.1 Bルート）は家庭の Gate Way の SM から Power Line cable (WAN 回線) でデータ収集サーバーに伝送される。インターネットでつながった建物内のネットワークは LAN (Local Area Network) であるが、電話・電力など専用回線でつながるネットワークは WAN (Wide Area Network) と呼ばれる。WAN は世界中のコンピューターとネットワークを構成でき、情報セキュリティは極めて重要である (図-3.2)。

3.3 無線マルチポップ方式

端末同士が直接通信するだけでなく、他の端末を経由することで、より広い範囲の端末と通信を可能にする無線ネットワークをホップ・ステップ・ジャンプと同様にホップ通信という。図-3.3 で B から A に通信できなくても順次電波端末基地を飛んで A に到達することができる。①小電力でも通信可能、②どのルートを飛んでいくか自動的に最適路を判断して電波障害などを避け、安定した通信が可能、などの特徴を持っている。電波のパケットリレーに似た通信技術ともいえる。

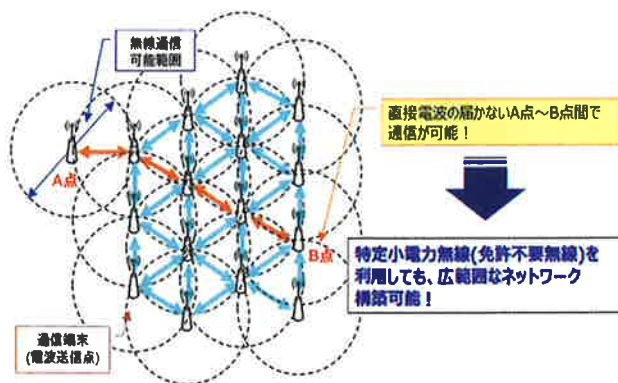


図-3.3 ホップ通信



図-3.4 1:N 通信

3.4 1:N 通信

図-3.4 に示すように、無線マルチポップ通信が構成できないような地域に、1つの通信機器で山間部などの多くの区域で N 軒の利用者が使用できる通信システムである。第 3 世代 LTE (Long Term Evolution) に対応している。このように、SM 通信は、①複数の通信方式の採用、②将来技術にも対応、③安定した長期運用、④将来開発の HEMS センサーにも対応、等の配慮を必要とされる。

4. AI (人工頭脳)¹⁴⁾

AI(Artificial Intelligence)の定義は未だに明確ではないが、1956年頃に、「人間の知的な行為をコンピューターに行うこと」や「人間のような知能をコンピューターに持たせること」と考えられている。スタートした時点でも1次AIとすると、第2次AIはエキスパートシステムの導入で、専門家の持つルールと知識をコンピューターに導入するAIである。すなわち、ビッグデータ活用などによる機械学習によるルール作りである。しかし、最近では、第3次AIブームの時代と云われており、人間のもつルール学習ではなく、ディープラーニングによるAIの構築である。IBMはAIを「Artificial Intelligence (人工知能)」ではなく、「Augmented Intelligence (拡張知能)」として人間の知識を拡張し増強するものと定義し、IBM Watsonを2011年に開発して以降、2016年にはWatson日本語版を提供している。データの持つ特徴を自動的に抽出する手法がディープラーニングと呼ばれる。

4.1 ルール学習 AI

一般に機械学習とは学習能力をコンピューターに獲得させる手法・技術の総称である。専門家が従来のデータを分析してその特徴を定義し、ルールを作り上げて、それをコンピューターに移植するAIである。第2次AIのエキスパートシステムが相当する。しかし、人間がルールを定義するために複雑な特徴を表現できなかった。膨大なデータの蓄積とコンピューターの計算能力の向上が、将棋・碁などの対戦でAIが勝利を収めるケースが増えている。

4.2 ディープ(深層)学習 AI とディープ (深層) 強化学習 AI²⁵⁾

深層学習はAI(人工知能)自体が学習データから特徴を抽出する手法である。ディープ学習の現在の適用領域は、①音声認識、②画像認識、③言語処理、が主要である。言語認識が実用化レベルの段階にあり、続いて画像処理で、商品検索、商品検査、衛星画像認識の分野で活用が拡大している。画像認識は自動運転におけるビッグデータ画像でルール自動学習に期待がかかっている。また、ディープ学習はロボットの自動制御にも利用される。ディープ学習を活用した「知能と知能をつなぐネットワーク」(プリファードネットワーク)の試みも始まっている。人間と異なり、機械が学習した「知能」は他の機会にコピーが可能であり、「賢い機械ネットワーク」の構築である。一方、強化学習は、機械学習では入力に対して予測した答えを出力するが、強化学習では明確な答えを出力しないかわりに、「行動」の選択肢と「報酬(期待値)」を提示する。強化学習に深層学習を取り入れた手法が深層強化学習で、事前に学習データを準備する必要がない、ともいえる。これらのAIはスマート社会の創出に多大の寄与をすることは間違いないが、AI技術(者)、大量のデータ、膨大な計算リソースを必要とする。

5. まとめ

本文では、ICT/AIによるスマート社会創出への潮流を示すとともに、それぞれの分野における将来課題に言及した。また、スマート社会に基本的に要求される通信先端技術の進行状況について紹介した。さらに、注目されている第3次AI技術の動向について述べた。

参 考 文 献

- 1) 経済産業省：第四次産業革命に向けた競争政策の在り方に関する研究会 報告書、～Connected Industriesの実現に向けて～、2017
- 2) 文部科学省：28年度科学技術白書、超スマート社会の到来、2017
- 3) 朝日新聞：コトバンク、グリーン・ニューディール、<https://kotobank.jp/word5>、2017
- 4) ㈱キビテック：IOT, Society 5.0, <http://iot-jp.com>, 2017
- 5) 柏木孝夫：経済発展と環境対策の両立に向けて～スマートシティという視点～、国土交通省、Web レター、http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/iten/service/newsletter/i_02_71_1.html、2017

- 6) 日経スマートシティ・コンソーシアム：加速するスマートモビリティへの取り組み、
<http://bizgate.nikkei.co.jp/smartcity/technology/000611.html>、2017
- 7) 内閣府：高度な情報通信技術を活用した交通安全確保のための取組について、
http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h26kou_haku/gaiyo/genkyo/topics/topic07.html、2017
- 8) 経済産業省：HEMS 情報基盤-HEMS データ利活用事業者間 API 標準仕様書、スマートハウス・ビル標準・事業促進
検討会、2017
- 9) NET JAPAN：「NECの仮想テナントネットワーク技術」、Open Daylight プロジェクトに採用、
<https://japan.zdnet.com/article/35043498/>、2017
- 10) 水道技術研究センター(JWRC)：水道スマートメーターに関する協議会について、
http://www.jwrc-net.or.jp/kenshuu-koushuu/handout/smart_kyougi.html、2017
- 11) Panasonic:スマート家電、<http://panasonic.jp/pss/>、2017
- 12) 篠原裕未、佐藤太一：ICT化により変革を迎える学校教育と「スマート教育」の可能性、知的資産創造、2013
- 13) ネマト・シャフィク：スマート・ガバナンス：今日の世界経済の解決策（IMF 講演）, 2013 年
- 14) 城田真琴：第4次産業革命のトレンド、下水道展講演会、2017
- 15) (株) アンク：ICの種類、HTMLタグ辞典：<http://www.icfan.com/010ic/ic.html>
- 16) 総務省：平成27年度情報通信白書、ICTが拓く未来社会、2016
- 17) Nomura Research Institute, Ltd.：http://www.philips.co.jp/a-w/about/news/archive/press/2016/20160405_Philips_HUE_v3.html/
- 18) Nomura Research Institute, Ltd.
- 19) Nomura Research Institute, Ltd. <https://www.amazon.co.jp/b?ie=UTF8 &node=4752863051>
- 20) 中島健祐：スマートシティと共生デザイン、AXIS Web Magazine, 2013
- 21) (一財)九州地域産業活性化センター：「第四次産業革命」(IoT時代のものづくり)、勉強会運営支援業務報告書、
2016
- 22) 内閣府：日本経済2016-2017、第4次産業革命のインパクト、2017
- 23) 内閣府：「防災4.0」未来構想プロジェクト：「防災4.0」未来構想プロジェクト、2016
- 24) 井上俊宏：スマートメーターの通信方式の技術動向について、2015年
- 25) 三津村直貴：人工知能《超入門》ディープラーニングの可能性と脅威、Kindle版、2015

著 者

高田至郎 所員 工学博士 地震工学