

# Beyond 5G と AI が織りなす IoT の世界

## － 東京五輪とその後に向けた情報革新技術 －

沼津工業高等専門学校 准教授 山崎 悟史

次世代移動通信 5G が生み出すビッグデータは、クラウド上で機械学習や AI によって解析され新たな価値が生み出されている。昨今、その新価値を積極的に活用することによって個人や社会のスタイルを大きく変革させる IoT への期待が高まっている。本調査研究では、IoT を主に通信技術に力点を置き「情報の計測、通信、蓄積、解析、参照、フィードバック」の観点で整理する。東京五輪と地方創成に向け、IoT を俯瞰するための体系を示し、IoT の本質を浮き彫りにする。さらに、Beyond 5G 実現に向け、通信技術への AI 知見の導入による情報革新技術の一例を示す。

**Keyword** 5G, Beyond 5G, IoT, 機械学習, 情報革新, 地方創成, 東京五輪

### 1. はじめに

今やスマートフォンやタブレット端末が普及し、文字情報から写真や動画などの配信、Line、SNS、Facebook など多様なアプリケーションの利用拡大が急速に加速し、まさに「いつでもどこでも誰でも」情報がやり取りできる時代である。さらに、これまでの“ヒトとヒト”から“ヒトとモノ”、“モノとモノ”が自在に通信する世界が広がりつつある。これは IoT (Internet of Thing) という「コンピューター以外にセンサ端末などあらゆるモノが無線でインターネットに繋がり、人間を介さず高度なセンシング、システム制御を実現する概念」として具現化している。この IoT を取り囲むように、第 5 世代移動通信 (5G)、ビッグデータ (Big-Data)、人工知能 (AI) なるキーワードを目にするようになった。本調査研究では、IoT を主に通信技術に力点を置き「情報の計測、通信、蓄積、解析、参照、フィードバック」の観点で整理する。東京五輪と地方創成に向け、IoT を俯瞰するための体系を示し、IoT の本質を浮き彫りにする。さらに、Beyond 5G 実現に向け、無線通信技術への AI 知見の導入による情報革新技術の一例を示す。

以降、2 章にて IoT システムの基盤技術、3 章にて IoT を俯瞰するための体系例を示す。4 章にて情報革新技術の一例を示し、4 章にて結論と課題を示す。最後に本調査研究に関する对外発表を示す。

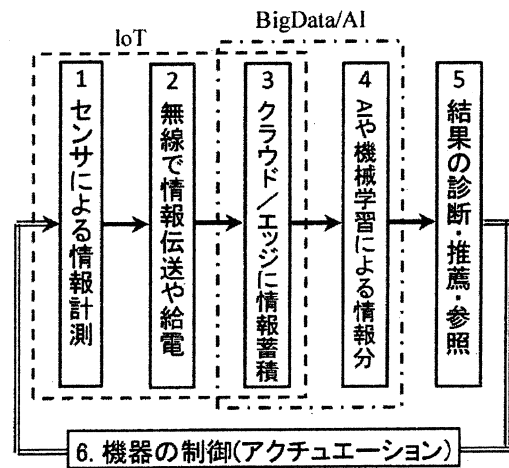


図1 IoT のシステム像

### 2. IoT を構成する基本技術

IoT の到来により、人、情報に加えて、家電機器、街灯や防犯カメラ、車のエンジン内のセンサまで、多種多様なものが無線でネットワークに繋がる。その数は 2020 年には 500 億個も達すると試算されており、それらからセンシングされた情報を如何に効率よく無線で伝送するかがまず重要となる。現在の第 4 世代移動通信 (4G) 比べて通信容量を約 1000 倍に可能とする第 5 世代移動通信 (5G) が 2020 年の実用化を目指し研究開発が進められている。5G では 4G までと異なり、超高速通信 (4K 動

画配信, VR/AR 等), 低遅延・高信頼 (車の自動運転支援やプラント・工場などにおける異常通知等) 通信, 多数同時接続 (LPWA 対応) の大きく異なる 3 つのサービスを提供する。膨大なセンサから計測された情報は, 5G などの無線ネットワークを経由して, クラウドサーバに Big-Data として蓄積され, AI や機械学習といった統計的手法により新たな知見を導く試みがなされている。メーカーはその情報を診断しユーザの嗜好に合わせた情報の推薦を行い, ユーザがそれを参照することで次アクションへのフィードバックに活かすことができる。このように, 情報を「計測 → 通信 → 蓄積 → 分析 → 診断・推薦・参照 → 活用」することが IoT における基本処理といえよう。IoT は, 社会や個人のスタイルが大きく変革する可能性を秘めている一方, IoT の利用シーンやユースケースは十分明らかにされていない。そこで, IoT における通信技術の鍵を握る 5G に着目し, 利用シーンからみた 5G の要求項目と条件を表 1 に示す。

巨大なデータ (BigData) の中に潜む規則性を発見し, 新たな知見の創出や意思決定に役立てることを目指すデータ解析技術の研究は, 多変量解析や機械学習, その応用としての人工知能分野で進歩を遂げてきた。これまでデータの構造として, 構造化, 半構造化, 非構造化が取り扱われてきたが, 今後, ネットワーク構造型データの重要性の到来を指摘する。関連する内容を 4 章にて述べる。

### 3. IoT 世界を俯瞰するための体系化の試み

2 章では IoT の技術的な側面において述べた。本章では別の観点で IoT を捉える視点を示す。

#### ●ユースケースからみた IoT 例

スマートシティ  
農業, 林業  
工場, 製造現場  
医療, 介護  
ロボット  
建設, 建築  
防災  
教育  
金融

#### ●IoT を進展させる機関例

政府・国立機関 (官)  
企業・産業界 (民)  
学会・大学・高専 (学)  
地方・地域団体

#### ●IoT の進展に伴う課題例

セキュリティ  
標準化  
法の整備

2012 年頃から, 筆者は地域就農者の協力を得て農業 IoT の研究開発を推進してきた。その実体験と本調査研究の結果, IoT の本質は「スケジューリング駆動社会からメッセージ駆動社会への脱皮」と指摘される。これまでは個人の意思とは無関係に予め決定されているスケジューリングに従い, 個人のアクションがとられていた。一方, IoT 社会では, 個人の意思や希望など何らかのメッセージをトリガーに事象が動くことが期待される。また, IoT は“モノのインターネット”と言われて久しいが, 筆者は“IoT: モノ・コトのインターネット”とらえ, サービスが価値を生むと考える。表 2 に従来社会と IoT 社会の対比を示す。

表 1 利用シーンからみた 5G の要求項目と条件

| 要求項目                      | 要求条件                     | 利用シーン・ユースケース                                    |
|---------------------------|--------------------------|---|
| 1 伝達されるメディア機能の高度化         | ユーザレートの高速度化<br>システムの大容量化 | 4K・8K, AR(拡張現実), VR(仮想現実)                       |
| 2 接続される端末の多様化             | 消費電力化                    | センシング, モニタリングシステム                               |
| 3 これまで無線NWに未接続であったシステムの接続 | 低遅延化                     | Industri4.0, ロボット, 無線制御システム, ITS, UAV, ハブティクスNW |
| 4 伝送媒体の多様化                | 無線電力伝送<br>貨幣流通制御         | スマートグリッドNW<br>株式・為替                             |
| 5 無線アクセスNWとコアNWの融合        | ネットワークスライズ化              |   |
| 6 ビッグデータ処理                | AIによる知識発見, 自律制御          | エッジコンピューティングの活用, CPS                            |
| 7 セキュリティ強化                | サイバーセキュリティ対策             | 物理層秘匿通信   |

#### 4. 通信と AI の融合による情報革新技術

最近の携帯電話や WiFi など高速大容量通信を実現するには、送受信側で複数のアンテナを利用して情報伝送を行う MIMO システムが必須である。5G では、基地局に数百本のアンテナを具備する大規模 MIMO により、数百人のユーザを同時にサポートすることが期待されている。将来的には、様々な利用シーンやアプリケーション要求に応えるべく、基地局だけでなくユーザ端末にも多数のアンテナを備えた大規模-MIMO の導入が考えられる。しかし、ユーザ端末にアンテナ数と同数の RF 系を用意することはコスト面で非現実的なため、少数の RF 系を備えた複数ユーザ端末から基地局に情報伝送を行う通信方式の確立が必須である。そこで 5G 以降の将来無線通信方式として空間変調が挙げられる。それは、送信機において複数のアンテナ素子と少数系統の高周波信号生成回路（以後、RF 系と呼ぶ）を持つ構成を前提とし、送信シンボル時間毎のアンテナ素子の切り替えによって情報ビットを変調する方式である。従来、アップリンク(端末→基地局)回線のマルチユーザ信号の一括検出には原理的に最尤復調法(Maximum Likelihood, ML)が最も優れた検出性能を達成するが、演算量がユーザ数に対して指数的に増大するという課題がある。そこで、大規模 SM-MIMO アップリンク(端末→基地局)の復調に伴う演算量の問題解決に向け、これまでの通信分野の知見の延長ではない抜本的な解決策が必要となる。筆者はその一手段として AI 分野の知見の導入を提案する。具体的には、機械学習の分野で開発された近似的メッセージ伝搬法(Approximate Message Passing, AMP)を応用して、復調性能をほとんど劣化させることなく、低計算量なメッセージ伝播復調が実現されることが期待される。

#### 5. むすび

IoT のシステム像を「情報の計測、通信、蓄積、解析、参照、フィードバック」の観点で整理した。IoT を俯瞰するための体系列を示し、IoT の本質を「スケジューリング駆動社会からメッセージ駆動社会への脱皮」と指摘した。さらに、情報革新技術の一例として、通信分野の知見の延長ではない抜本的な解決策として AI の導入・必要性を示した。

表 2 従来社会と IoT 社会のイメージ

| 従来社会        | IoT社会      |
|-------------|------------|
| スケジューリング駆動型 | メッセージドリブン型 |
| 正常時         | 異常時に発揮     |
| ICT企業       | 製造業・サービス業  |
| 都心          | 地方         |
| 大企業         | 中小企業       |
| 強者          | 弱者のツール     |

#### ■本調査研究に関する主な対外発表

- (1)書籍「IoT ビジネス・機器開発における潜在ニーズと取り組み事例集」清水他 59 名(分担執筆, 第 9 章 第 3 節を担当), (株)技術情報協会, 2016.5.31.
- (2)山崎悟史, 切岩祥和, 青野雅樹, “積算値と差分値を用いる回帰分析による収穫量推定 - 施設栽培イチゴへの基礎検討 -,” 電子情報通信学会論文誌 D (条件付採録)
- (3)(Invited) 全国 KOSEN で食・農・環境・健康の未来を拓く! 地域をつなぐ!(パネルディスカッション), パネリストとして登壇, 平成 29 年度高専フォーラム, 長岡技術科学大, 2017.8.23.
- (4)(Invited Article) 山崎悟史, “農業 IoT ネットワークを活用したデータ収集とその解析 - Toward CPS -,” 研究開発リーダー, vol.14, no.1, pp.12-15, 2017 年 4 月, 技術情報出版会.
- (5)(社)電気学会技術報告書 第 1406 号(分担, 第 2 章 7 節 pp.29~pp.33, IoT 無線ネットワークにおけるエネルギー効率の診断・監視技術), 2017 年 10 月.
- (6)(依頼講演)山崎悟史, 森岡和行, “マルチアンテナシステムの基礎と動向,” 平成 29 年度電気学会 C 部門全国大会, 企画セッション「高信頼・高セキュア無線通信ネットワークを支える無線機設計技術」, 2017.9.6.
- (7)(依頼講演)山崎悟史, “農業 IoT ネットワークの活用 - データ解析を中心として -,” 平成 29 年度電気学会 C 部門全国大会, 企画セッション「多様なデータ解析技術とその応用」, 2017.9.6.