

IoT 活用研究小委員会 活動報告

栴見 周彦¹・蒔苗 耕司²

¹正会員 JIP テクノサイエンス株式会社 インフラソリューション事業部

(〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 1-2-5)

E-mail:masumi@cm.jip-ts.co.jp

²正会員 宮城大学 事業構想学部デザイン情報学科 教授

(〒981-3298 宮城県黒川郡大和町学園 1 番地 1)

E-mail:makanae@myu.ac.jp

「IoT 活用研究小委員会」は、土木情報学委員会において、未来に向けた先端的情報技術に関する研究を重点研究領域として設定され、2016 年 6 月に設立された。IoT 端末で収集したデータをビッグデータ上に蓄積し、AI が処理するいわゆる広義の IoT を研究活動の範囲と定めている。研究の切り口は、IoT×AI、IoT×自動化施工、IoT×GIS、その他の先端的情報技術の 4 つとしている。これらの研究成果を踏まえ、土木分野の将来ビジョンを作成し、その実現に必要な技術開発、制度設計について議論し、課題を抽出を行い、土木分野における先端的情報技術適用に関する調査報告書をまとめた。

Key Words: *IoT, AI, deep learning, fog computing, sensor fusion, data fusion, GIS, MR, RPA, Society5.0*

1. 研究活動の目的

IoT (Internet of Things) や画像処理・知識情報技術を融合させた社会 ICT スマートコンピューティングに基づく先端的情報技術の動向調査を行い、土木・社会インフラ分野への適用可能性に関する研究を行うこととした。

また、上記を踏まえ、ICT 化が進化した時代における社会インフラ事業の将来ビジョン作成を目指した。

2. 研究活動の範囲

IoT という言葉は、当初は、あらゆる物理的なモノがインターネットにつながり、自身が計測した情報を伝えることで、今までは知り得なかった情報が活用できるようになるという、デバイス側に着目した概念であった。

その後、ICT の発展に伴い、IoT デバイスが収集した情報を、クラウド環境にビッグデータとして蓄積し、AI 等を駆使したデータ分析を行うことで、高度で付加価値の高い成果を生み出すことが可能になった。この IoT/ビッグデータ/AI の一連の流れを、広義の IoT という。

当小委員会では、広義の IoT を研究活動の範囲と定め、データ取得端末によるインプット、AI 等の情報認識・

処理、ロボットやウェアラブルデバイス等によるアウトプットの先端的技术に関する研究を行った。

なお、広義の IoT は広範な概念であるため、以下に挙げる 4 つの切り口を設けて、研究を行った。

- ・ IoT×AI の研究
- ・ IoT×自動化施工の研究
- ・ IoT×GIS の研究
- ・ その他の先端的情報技術の研究

将来ビジョンの作成では、上記の研究結果を踏まえ、多様で正確な情報が十分に得られる IoT 社会における土木分野の技術革新の可能性を発掘し、その実現に必要な技術開発、制度設計について議論し、課題抽出を行い、土木分野における先端的情報技術適用に関する調査報告書をまとめた。

3. 研究の概要

(1) IoT×AI の研究

広義の IoT により付加価値を創出する上で、その頭脳となる AI に着目し、活用方法について広く検討した。

a) 広義の IoT の重要性

当小委員会の研究範囲と定めた広義の IoT は、平成 29

年版情報通信白書において、経済成長シナリオで 2030 年までに日本の実質 GDP を、593 兆円から 725 兆円へと、132 兆円押し上げるといふ衝撃的な予想がされており、今後、基幹的な技術へと発展することが予想される。

国土交通省においては、2017 年 3 月に第 4 期国土交通省技術基本計画を公表しており、この計画の 3 本柱の 1 番目として、「人を主役とした IoT, AI, ビッグデータの活用」を打ち出している。IoT, AI, ビッグデータを全ての技術政策において徹底活用し、「人間の力」を高め、「新たな価値」を創造しようとしている。

また、同省が推進する i-Construction においては、2025 年までに建設現場の生産性を 2 割向上させるという目標を掲げていることから、i-Construction にも、IoT, AI, ビッグデータが徹底活用されることは、十分予想される。

b) 土木分野での活用方法

土木分野は、豊富な経験に基づいた、高度な人間の判断を必要とする分野であり、ICT 化が難しい領域が数多く残っている。これは、裏を返せば、高度な判断ができる AI が活躍する余地が大きい分野であると言える。本研究では、技術面での AI 活用方法として、以下の 5 つの項目に分類して整理している。

- ・ 人間支援
工法提案, 作業スケジュール調整, 報告書作成
- ・ 事故防止
事故予兆検知, 誤操作警告, 過労・熱中症予防
- ・ 教育
熟練工の技術取込, 最適解の発見, 操作ガイダンス
- ・ 品質向上
自動入力, 自動診断, セルフチェック
- ・ 施設運用
施設コントロール, 警備・警報, 利用状況分析

また、生産や維持管理の現場での活動だけでなく、より広く捉えると、ソーシャルネットワークの声を自動的に収集して住民感情を分析したり、人流のビッグデータ解析から今まで見えてこなかった価値を見いだしたりするなど、ソフト面へ AI を適用することも可能である。このような活用方法は、真に必要とされる社会インフラを明らかにするなど、土木分野の健全な発展に貢献する可能性がある。

c) AI の精度に関する課題

現在の AI の主要技術であるディープラーニングで行われている画像認識の精度は、人間を凌駕していると言われている。しかしながら、土木分野における研究事例では、特定条件下で良い結果を残したケースがあるものの、汎用的に高い精度を出すまでには至っていない。

今後、研究が進展しても、ディープラーニングによる画像診断の精度は、単独では決して 100%になることはなく、安全・安心が第一である土木分野においては、精

度が何%以上ならよいのか、何を正解とするのか、という議論がある。

したがって、人からのフィードバックで継続して育てる仕組みを導入したり、ディープラーニングが得意とする異常検出と人の簡易な点検を組み合わせたりするなど、何らかの補完する仕組みを検討する必要がある。

d) 制度的な障壁の問題

土木分野では、要領や法規制により、人による判断を基準にしていたり、人による作業を義務づけたりしているものがあり、AI の導入には障壁が存在する。これに対し、国土交通省の i-Construction では、ICT 化のための要領の改定を行っている。

ここで重要なのは、単に AI が人に取って代わるという視点だけでなく、十分な情報流通と、効率的でムラのない AI による作業を前提にした際に、業務の流れそのものが大胆に変革できるのではないかという視点で、再度、要領や法規制を点検することであると考ええる。

(2) IoT×自動化施工の研究

広義の IoT において、インプットからアクチュエーションまで一貫して行われる自動化施工に着目し、IoT が周辺技術としてどのように活用できるか検討した。

a) 通信技術

IoT デバイスでは、安価な通信回線と電源確保が課題であり、LPWA(省電力広域通信)技術が注目を集めている。国内では、2017 年から 2018 年にかけて、SIGFOX, LoRaWAN, LTE-M, NB-IoT/Cat.M1 等がサービスを開始している。このような LPWA の技術は、社会インフラの構造物にセンサを大量に設置し、定期的にモニタリングする場合の通信等に適している。

また、2020 年頃に登場する 5G は、4G に比べて通信速度 100 倍、収容力 1000 倍であり、電力供給が可能なシーンで多量のデータをリアルタイムに送信することができる。このような 5G の技術は、建機や点検車両に搭載し、リアルタイムな双方向通信を行うのに適している。

b) 位置同定技術

RTK 測位は、誤差数センチを実現できる精度を持つが、RTK 対応 GNSS 受信器の価格やサイズ等の問題があった。近年では、センチメートル級の GNSS 測位が可能な、小型、軽量、低消費電力で、RTK を組み込み済みのモジュールが登場している。

また、測位の精度を向上させる準天頂衛星システムは、2018 年 11 月にサービスが開始される。これにより、衛星数が少ないことによる誤差が軽減されるほか、受信機側の対応が必要ではあるが、センチメートル級測位補強サービス等を利用することで、精度が大きく向上することが見込まれる。

そのほか、3 機のドローンで 3 点計測を行うドローン

測位や、Wi-Fi のアクセスポイント 1 台だけで端末間の距離を数十センチの誤差で測定する Chronos など、さまざまなフィールドで活用可能な技術が登場してきている。

c) センサフュージョン・データフュージョンの課題

複数のセンサ情報を組み合わせるセンサフュージョンは、位置や姿勢の推定等に利用されるが、パラメータ調整が難しかったり、手法の特性により精度が劣化する領域が発生したりする等、精度のよい結果を得る作業は、土木技術者にとって容易ではない。

異業種では自動走行車等で、多数のセンサをフュージョンする研究が進んでおり、このノウハウを取り込んでいく必要がある。

独立した調査データを組み合わせるデータフュージョンにおいては、分析に必要なデータを利用する際に、データ取得元が異なることにより、自由に利用できないデータの縦割り問題が顕在化している。この問題解決のためには、組織を超えたオープンデータ化への取り組みが必要である。

d) 現場でのユーザーインターフェースの課題

広義の IoT による処理結果が豊富に提供されるようになると、現場でその情報を活用するためのユーザーインターフェースが問題になってくる。

建機への設置は、ヘッドアップディスプレイの設置や、フロントガラスへの投影が考えられるが、既存の重機へ増設ができる仕組みであるか、既存の重機に設置スペースがあるか、情報提供の仕組みと閲覧機器の相性問題がないか、などの問題が想定される。

また、人間がスマートグラスやヘッドマウントディスプレイを装着することが考えられるが、メガネ利用者が利用しにくく、現場でも安全のため装着が許可されにくい。しかしながら、広義の IoT が発展すれば、さまざまな処理結果が MR (Mixed Reality : 複合現実) として、ヘッドマウントディスプレイに投影され、装着している方が現場作業が安全になるという状況になる可能性がある。

(3) IoT×GISの研究

広義の IoT で必要となる情報共有基盤として、GIS を中心としたデータの整理方法について検討した。

a) 3次元地図

情報共有基盤としての GIS では、3次元情報として扱われることで、活用シーンが広がっていく。

3D GIS は、X, Y, Z の 3 軸情報を持った 3 次元の地理情報である。地形や構造物を立体的に表現できるため、現実世界を高度に投影することができる。3D GIS に IoT データを投影することで、設備のモニタリング等の利用シーンで、異常の発生箇所を直感的に把握することができ、迅速な意思決定を支援することが可能となる。

3次元の地図情報に、更新頻度の高い情報を組み合わ

たダイナミックマップは、車の自動運転などへの活用が期待されている。このような仕組みを応用し、道路構造物やその地下にある構造物も含めてモデル化されれば、最新の設計情報や各種計測情報が管理されるプラットフォームとなる可能性がある。

b) データ整備の課題

情報共有基盤やダイナミックマップの利用には、データモデルや API の仕様の標準化が求められる。また、国際標準化も重要な視点である。

新規にデータ作成するものについては、標準仕様に従って構築すればよいが、既設構造物に付随する既存データを、情報共有基盤やダイナミックマップが求める形式や精度に合わせて作り替える作業は、作業量的な問題や正確性の問題があり、困難な作業となる。

(4) その他の先端的情報技術の研究

(1)~(3)の切り口に囚われず、先端的情報技術について広く調査し、土木分野に有用な技術について、活用方法を検討した。

a) フォグコンピューティング環境の共有

IoT デバイス (エッジ) は、省電力性が求められるため、高度な処理や大容量の通信を行わない方が好ましい。また、多数の IoT デバイスからクラウドに全データを送信すると、通信負荷が高くなり、リアルタイム性の低下や、クラウドデータの肥大化を引き起こす。

フォグコンピューティングは、多数の IoT デバイスが存在するエッジの近くに処理能力を持った中間層を配置する概念である。IoT デバイスを簡素化しつつ、クラウド通信の負荷も低減する等、フォグ層を挟む事で最適な配分の調整ができ、IoT 時代の必須の概念と言われる。

土木分野では、社会インフラに IoT デバイスを設置することを考えた場合、限られた予算で、社会インフラの維持管理のためだけにフォグ層を導入することは困難なため、フォグ層を通信・処理のインフラとして、さまざまな分野で共有することが望ましい。OpenFog コンソーシアムでは、オープンなフォグコンピューティング環境の構築に取り組んでおり、社会インフラのフォグ層として活用できる可能性がある。

b) RPA と AI の関係

RPA (Robotic Process Automation) とは、人間の行うコンピュータ操作による業務ワークフローを、ソフトウェア型のロボットがルールに従って自動化する取り組みである。Excel データから、必要箇所のみ Word の入力画面に転記し、住所に対応する地図画像を地図サイトから取得して貼り付ける、などの作業が自動化される。この RPA のルール部分が AI に置き換われば、RPA は「AI の手」となり、さまざまなタスクがこなせるようになる。

土木分野では、CIM によりデータの構造化が進展し、

RPA の適用範囲を広げていけば、熟練技術者の高度な判断部分を AI に担わせることによって、高度な自動化が進展していくものと期待される。

(5) 将来ビジョン

a) i-Construction/CIM との関係

i-Construction での広義の IoT 活用の鍵となるのが CIM である。i-Construction は、現場・工程の ICT 化を幅広く行う施策であるが、さまざまなデータが CIM データとして流通しないと ICT 化することができない。一方、広義の IoT は、IoT により集められたビッグデータを分析して、処理結果を CIM データにフィードバックする自動処理 API として活用される。このようなことから、i-Construction, CIM, 広義の IoT がそれぞれ進化しながら、三位一体となることで、土木分野における超スマート社会が実現するのである。

b) 価値あるデータ採掘のためのモニタリング推進

現日本 IBM 会長マーティン・イエッター氏は、「データは 21 世紀の原油」という言葉を残している。採掘（計測）、精製（処理）、供給（共有）により、使えるようになり、価値が出るのである。

現在の CIM 化の取り組みや、点検データ活用の流れは、データを構造化（精製）することで、再利用（供給）できるようにし、効率化・高度化を図るものである。今後、新しい価値を創出していくためには、現実世界のモデル化を推進する必要がある。IoT によりさまざまなモニタリングを推進して、質の良いデータを収集（採掘）する必要がある。土木分野では、新設・既設の構造物に対して、なんでも計測、どこでも IoT の勢いで、モニタリングの仕組みの導入に取り組む必要がある。

c) Society 5.0 に向けた 5 つのフェーズ

建設業における高度な AI 活用の展望として、以下の 5 つのフェーズがあると考えられ、これらのフェーズが、段階的に、あるいは一部並行して進んでいくものと思われる。現在はフェーズ 1 が主流であると考えられ、フェーズ 5 の Society 5.0 の世界に向けて、さまざまな課題を克服していく必要がある。

- ① 作業主体単独データへの AI 活用
- ② データ共有の進展
- ③ 検索性 AI の進展
- ④ 意思決定を支援する AI の進展
- ⑤ 異業務・異業種間の AI 連携 (Society 5.0)

4. まとめ

前述のフェーズ 1 からフェーズ 4 までの取り組みにより、人間は、インターネットで知識を補強したように、AI で技術を補強できるようになる。その結果、担当業

務の作業効率向上や、担当可能な業務の幅の拡大が見込まれる。しかし、AI をより少ない人数で多くの業務をこなす効率化のみに活用していると、ある時点で効率化の限界に達してしまうと思われる。

したがって、土木分野では、フェーズ 5 により異業種や一般利用者へ新しい価値を提供することを、AI 活用の主目的とすることを提言する。AI による効率化は、人間がイノベーションに注力するために行うという位置付けである。これにより、業界の構造を変革し、社会インフラの健全な維持・発展へつなげることができるものと考えている。

2030 年に来たるべき社会は、スマートなインテリジェンスが実現された「超スマート社会」の先の、新しい価値を常に生み出す「超イノベーション社会」であると考える。

IoT 活用研究小委員会委員名簿

小委員長	
榎見 周彦	JIP テクノサイエンス(株)
副小委員長	
蒔苗 耕司	宮城大学
委員	
石間 計夫	JR 東日本コンサルタンツ(株)
稲澤 達也	川田テクノシステム(株)
岩崎 央	(株)東京測器研究所
宇野 昌利	清水建設(株)
楠 達夫	一般参加
巖 網林	慶応大学
佐々木 晋	(株)建設技術研究所
佐々木 琢磨	(株)協和コンサルタンツ
佐藤 郁	戸田建設(株)
佐藤 俊明	(株)パスコ
高木 幸子	オリンパスメモリーワークス(株)
高倉 望	東急建設(株)
武田 芳丈	(株)復建技術コンサルタント
竹村 朗	(株)きもと
西垣 重臣	(株)まざらん
林 寿一	オリンパスメモリーワークス(株)
速水 卓哉	(株)大林組
原田 久之	オリンパスメモリーワークス(株)
増山 悟之	(株)協和コンサルタンツ
本木 章平	戸田建設(株)
諸澤 正毅	(株)安藤・間
吉田 敬宏	大日本コンサルタント(株)
湧田 雄基	北海道大学