

IoT/AI 活用モデル研究小委員会 活動報告

栢見 周彦¹

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

(〒102-0074 東京都千代田区九段南 1-3-1)

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

IoT/AI 活用モデル研究小委員会は、土木情報学委員会の重点的研究領域である「未来に向けた先端的情報技術に関する研究」の下、IoT/AI の活用モデルについての調査研究を目的として、2020年6月に設立された。主な活動として、マルチモーダルセンシングやマルチモーダル AI 等の技術に着目して、異業種の事例を参考に、社会インフラ分野における IoT システム、分析方法、適用する業務フローをまとめた IoT/AI の活用モデルについての調査・研究を行っている。当小委員会の活動が、社会インフラ分野での IoT/AI 普及の一助となれば幸いである。

Key Words: Civil Engineering, IoT, AI, Multimodal Sensing, Multimodal AI, Microservices

1. 研究活動の目的

当小委員会は、土木情報学委員会の重点的研究領域である「未来に向けた先端的情報技術に関する研究」の下、社会インフラ分野における IoT/AI の活用モデルを研究する目的で設立された。

マルチモーダルセンシングや、マルチモーダル AI などの技術に着目し、異業種の事例を参考に、IoT システム、分析方法、適用する業務フローなどをまとめた IoT/AI の活用モデルについて調査・研究を行う。

また、これらの調査・研究結果に基づき、土木技術者が IoT/AI を利活用するための情報提供も行う。

2. 異業種の IoT/AI 活用モデルの調査・研究

(1) マルチモーダルの定義

当小委員会のテーマである、社会インフラ分野でのマルチモーダルな IoT/AI 活用モデルの研究に当たっては、複数のセンサから得られるマルチモーダルなデータを分析する活用モデルに留まらず、1つの対象・課題に対して、AI と人が協力して対応する等、複合的な取り組みを総称して広義のマルチモーダルと捉えて、その活用モデルの研究を行うものとする。

(2) マルチモーダルなデータ収集・分析の調査

医療業界は、一人ひとりの患者の症状に合わせた治療を行っていること、手術等は人が行う作業であること、治療行為は最高水準の安心・安全を担保する信頼性が求められることなどの要件が、土木業界での作業に求められる条件と似通っている。

医療業界での IoT/AI の先進的な活用モデルとして、国内の 5 大学と 11 の企業が推進しているスマート治療室 SCOT がある。SCOT は、手術室内の機器をネットワークで接続して相互に連携し、手術室をまとめて一つの医療機器とする取り組みである。また、東大病院が進めるマルチモーダル深層学習を応用した疾患画像判別モデルの取り組みもある。

製造業では、生産設備による異常検知において、温度等の数値情報と外観画像を組み合わせたマルチモーダル AI の取り組みがある。また、人の動作を模倣して学習する「AI 模倣学習」を取り入れたマルチモーダル AI ロボットも開発されている。

スマートシティ分野では、あらゆるモノやサービスが繋がる未来の実証都市を目指して、「Woven City (ウーブン・シティ)」が建設中である。地上には自動運転モビリティ専用、歩行者専用、歩行者とパーソナルモビリティ共用の 3 本の道、地下にはモノの移動用の道を張り巡らせ、将来的に 2,000 人が居住する計画である。ここ

では、様々な領域の新技术をリアルな場で実証し、社会課題の解決に向けた発明がタイムリーに生み出せる環境を目指している。住民は、室内用ロボットなどの新技术を検証するほか、センサのデータを活用する AI で健康状態をチェックするなど、日々の暮らしの中に先端技術を取り入れる。Woven City は現在建設中であるため、引き続き、様々なデータがどのように利活用されているかをウォッチしていく。

自治体では、高松市がスマートシティ向けプラットフォームを構築している。行政だけでなく市民や企業がオープンにデータを利活用できる共通プラットフォームである。特に、優先度が高い防災分野、観光分野について、データを IoT 技術によって収集、蓄積、可視化、分析を行う仕組みを構築している。このようなスマートシティに活用できる共通プラットフォームは、都市 OS と呼ばれており、様々なデータを複合的に分析することが可能になる取り組みとして注目している。

(3) 標準化への取り組み方法

IoT/AI システムは、センシングし、データを蓄積し、分析し、フィードバックするという基本構造を持っている。そして、多様なデータを分析、フィードバックするためには、様々なメーカーの様々な機器やシステムを連携させる必要がある。

医療業界では、様々な装置に対して統一的なアクセス手段と表現方法を提供する ORiN と呼ばれる通信インターフェースをコア技術として構築された、医療機器の情報統合プラットフォーム OPeLiNK がある。

製造分野では、機器の種類や OS、メーカーの垣根を越えてセキュリティが確保された信頼性の高いデータ交換が行える国際標準規格 OPCUA が利用されている。

(4) データ連携基盤

社会インフラ分野は、その対象が手術室や工場などの閉じた世界ではなく、広いフィールドや複数箇所の情報が連携する仕組みが必要となるため、データ連携基盤の仕組みが必要になる。このようなデータ連携基盤の取り組みとしては、EU の FIWARE、日本の DATA-EX 等の取り組みがある。

FIWARE は、EU の次世代インターネット官民連携プログラム (FI-PPP) で開発・実装された基盤ソフトウェアで、欧州を中心とした多数の都市や企業でスマートシティを実現するシステムに活用されている。

FIWARE のメリットとしては、OSS をベースに開発されていることから、ライセンス費用の負担なくシステム環境を整備できること、実世界の多様な情報を抽象化して表現可能なデータ構造であること、NGSI と呼ばれる API 規格により連携した疎結合システムでありシステム

改修の手間とコストが軽減できることなどが挙げられる。

日本での取り組みとしては、データ社会推進協議会 (Data Society Alliance : DSA) が、あらゆる分野におけるデータ流通・利活用の課題を産官学を越えた企業・団体の連携により解決する取り組みとして、DATA-EX を推進している。DATA-EX は、データ連携に係る既存の取り組みが協調した、連邦型の分野を超えたデータ連携を目指すプラットフォームである。DSA では、分野を超えたデータ連携に関わる基盤構築、分野を超えたデータ利活用サービスの創出、分野を超えたデータ連携に関わる社会実装等に取り組んでいる。

(5) AI 品質保証

AI を活用したプロジェクトは、実証試験段階のものが多いが、今後、システム実装を行う実用段階に移ると、AI を組み込んだシステム全体の品質を保証する必要が出てくる。しかし、AI モデルはブラックボックスであり、入力と出力の関係が明確に決定できる従来システムと同じ観点で品質を保証することは困難である。

そこで、AI 特有の性質を考慮した AI の品質保証として、公平性、有効性、解釈性、安全性等の観点でガイドラインが策定されている。産業技術総合研究所の「機械学習品質マネジメントガイドライン」や、AI プロダクト品質保証コンソーシアムの「AI プロダクト品質保証ガイドライン」などがある。

(6) IoT/AI の活用のポイント

ここまで見てきた、異分野におけるマルチモーダルな IoT/AI システムにおいては、以下のポイントがあることが分かった。社会インフラ分野でのマルチモーダルな IoT/AI の活用モデルにおいても、これらのポイントを踏まえて検討を行っていく。

- 人を含めたフィールド全体をシステム化する
- 系統の異なるセンサのデータをマルチモーダル AI 分析を行うことにより精度が向上する
- 機器の種類や OS、メーカーの垣根を越えてセキュリティが確保された信頼性の高いデータ交換の標準規格を用いる
- 広いフィールドや複数箇所の情報が連携するためのデータ連携基盤を利用する
- AI のシステム実装段階では AI の特性を考慮した AI 品質保証のガイドラインを利用する

3. 社会インフラ分野におけるマルチモーダルな IoT/AI の活用モデルの研究

(1) マルチモーダルな IoT/AI システムの活用モデル

マルチモーダルな IoT/AI のシステムが、社会インフラ

分野で活用されることを想定した場合に、どのような形態のシステムが効果的であるかを検討し、活用モデルとしてまとめた。

a) 人とAIが補い合う活用モデル

マルチモーダルなIoT/AIシステムは、人に近い処理、あるいは人を超越する処理が可能になることが期待されているが、様々な業務ワークフローにおいて全てを自動化することは、現時点では難しい場合が多い。そのため、人とAIがそれぞれの長所を活かし、補い合う活用モデルとして、「人の補助」、「ワークフローの分担」、「現場全体のスマート現場化」という3つの切り口で活用モデルを検討した。

「人の補助」では、人の作業において、IoT/AIシステムが人の知りたい情報をタイムリーに提供する。これは、インターネットが人の知識を補強してきたように、AIが人の作業を補強する使い方とも言える。この活用モデルは、人からのインプットとバックエンドにある情報を、統合的に処理することで、高度な補助が可能となるが、基本的に作業のワークフローの変化はないことが想定される。この形態で鍵となるのは、HMI（ヒューマン・マシン・インターフェース）であり、ウェアラブルなデバイス等で容易に操作でき、MRのような仕組みで情報と現実を複合させたフィードバックが行われる。

「ワークフローの分担」では、IoT/AIシステムの方が作業が早く正確であったり、より高度な判定をしたりする工程はIoT/AIシステムに任せ、人の方が早かったり、人にしかできない工程は人に任せる分担となる。この活用モデルは、人間の作業工程をそのまま代替できる場合は、ワークフローの変化はないが、IoT/AIシステムの精度が人間に及ばない場合は、ワークフローの見直しを行う必要がある。この形態では主に後者が想定され、AIが1次スクリーニングしたものをベースに、人による詳細確認箇所を絞り込み、人の負担軽減を図るものである。

「現場全体のスマート現場化」では、作業現場に複数種類のセンサ等を設置してモニタリングを行い、現場の複数の作業員も含めて、現場の様々な作業を統合的に管理することで、現場全体を1つのIoT/AIシステムと捉えてスマート化する。この活用モデルは、個々の工程の部分最適化に留まらず、全体最適化を行う考え方であり、近年注目されているDXの取り組みと等しいと言える。個々の役割を持つシステムをマイクロサービス化し、共通規格の下で連携させれば、様々な業者の様々なシステムを自由に組み合わせることが可能になり、適用範囲が大きく広がる可能性を持っている。

b) 職人技に対応する活用モデル

高度な職人技に対応するシステムを構築するためには、「マルチモーダルAI分析による高精度化」、「熟練者と非熟練者の違いを分析」、「模倣学習AIによる熟練

作業の学習」、「強化学習AIによる熟練者以上の作業の模索」の4つの切り口で活用モデルを検討した。

「マルチモーダルAI分析による高精度化」は、現場の状況を判定するIoT/AIシステムを、マルチモーダルなインプットにより高精度化することができれば、熟練者にしかできなかった作業を代替することができるという、シンプルな活用モデルである。対象物の状況を計測するにあたって、複数の異なる系統の機器で有効な観測ができれば精度の向上が見込まれる。ただし現状、複数のインプットが有効に組み合わせる例を見つけることは意外に難しく、マルチモーダルな分析例はまだ少ない状況である。このような中、複数の物理・化学現象など、ありとあらゆる計測を1つのチップに載せるマルチモーダルセンサを実装するという動きがある。これは、既知の必要な情報以外に、一見不必要と思われる情報も取得し、深層学習等の解析手法を駆使し、新たな関連性を見いだすという考え方である。

「熟練者と非熟練者の違いを分析」は、熟練者の動作分析と、非熟練者の動作分析を行い、その違いを分析することで、非熟練者の教育を行う手法である。製造業では、熟練者と非熟練者の組み付け作業比較を行うため、モーションキャプチャを取り付けた視線計測機と工具の位置座標を取得し、熟練者と非熟練者が組み付け作業中にどのように工具を動かし、視線を移動させているのか解析している。この結果を作業員へ視覚的に分かりやすくフィードバックすることで、効率的な熟練技術継承が可能にしている。社会インフラ分野での作業現場では、対象物の形状が一定でないことから、現場で熟練者と非熟練者の違いをフィードバックしながら作業することは難しいが、教育目的で、熟練者と非熟練者が同一物に対して作業を行い、その結果を評価することで、熟練技術継承に役立てることができるものと思われる。

「模倣学習AIによる熟練作業の学習」は、マルチモーダルAIロボットが、人間の操作を直接学習し、模倣する模倣学習AIが活用される。ここでは、時系列の要素が加わるRNN（リカレント型ニューラルネットワーク）が使われており、学習の経験から次の瞬間の画像はどのようになっているべきで、そのためにはどう動けばいいか、ということを経験から自動的に判断できるようになっている。社会インフラ分野での現場への展開を考えた際には、人間の技術を継承しやすいという特長を持っている反面、対象物により作業が変化する場合の応用力については、地道な学習を繰り返す必要があるものと想定される。

「強化学習AIによる熟練者以上の作業の模索」は、模倣学習AIと比較すると、熟練者の作業を目指すのではなく、熟練者と同等かそれ以上の作業方法を探索する仕組みであると言える。作業が複雑な場合、それらの作

業を組み合わせた報酬を設定すると、試行ケースが膨大になってしまうため、良い結果を得るのには困難になってしまうが、試行ケースを効率的に選択する方法などが検討されている。社会インフラ分野において、熟練者の作業は、長年にわたって蓄積されてきたものであるが、強化学習で同等の報酬を得る方法は、異なるアプローチとなる可能性もあり、よりよい効率を求める場合は、強化学習によるアプローチを行うことが考えられる。

4. 課題

社会インフラ分野においては、対象となる構造物の形式が様でなく、同様のケースで十分な学習データを集めることが難しいが、写真データに関しては徐々に共有が進んでおり、この問題の解決には道が見えてくる。

しかしながら、現状、マルチモーダル AI 分析として有効なデータの組み合わせが明らかでないため、複数のモダリティのデータセットを収集することもできておらず、それらを共有するにはほど遠い状況である。

今後、異業種において、有効なマルチモーダル AI 分析の事例が豊富に報告されるようになれば、効果的なデータの取り方が明らかになってくることが想定されるため、それに備えてより一層業界を挙げて、学習データを共有するという協調領域への取り組みを推進していく必要がある。

REFERENCES

- 1) スマート治療室「SCOT」、その完成形が動き出す、
<<https://project.nikkeibp.co.jp/behealth/atcl/feature/00004/050100005/>>.
- 2) 東大病院と深層学習×マルチモーダルを用いた疾患画像予測の高度化に関する共同研究、
<<https://www.innervision.co.jp/products/release/20200838>>
- 3) 製造現場で活躍広がる「画像×AI」、どういう場で生きるのか、
<https://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/2005/18/news054_2.html>
- 4) デンソーウェーブが産業用ロボット向けの AI 模倣学習システムを 2021 年 3 月に発売、
<<https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2101/29/news055.html>>
- 5) トヨタが実験都市「ウーブン・シティ」を静岡に開発へ、ロボットや AI 技術を駆使した“スマートシティ”、
<<https://www.fashion-press.net/news/57048>>
- 6) FIWARE を活用したスマートシティ向け共通プラットフォームの構築（高松市事例）、
<<https://jpn.nec.com/techrep/journal/g18/n01/180106.html>>
- 7) FIWARE とは何か？ 基礎からわかるスマートシティ標準の IoT プラットフォーム、
<<https://www.sbbt.jp/article/cont1/35595>>
- 8) 「DATA-EX」の取り組み、
<<https://data-society-alliance.org/data-ex/>>

- 9) AI システム開発のポイント[後編] (AI の品質保証とは?)、
<<https://www.nttdata.com/jp/ja/data-insight/2020/1014/>>
- 10) マルチモーダルセンシング共創コンソーシアム概要、
<<https://opera.tut.ac.jp/outline/>>
- 11) 製造業の熟練技術の新人教育が高精度動作・視線分析比較で効率化、
<<https://www.acuity-inc.co.jp/pickups/cases/applications/20200817/>>
- 12) 双腕型ロボットが自動でタオルをたたみサラダを盛り付ける、AI 学習は VR システム、
<<https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/1711/30/news055.html>>

IoT/AI 活用モデル研究小委員会委員名簿

小委員長

栢見 周彦 JIP テクノサイエンス(株)

副小委員長

吉田 敬宏 大日本コンサルタント(株)

本木 章平 戸田建設(株)

委員

石川 健 日本インターグラフ(株)

角岡 正嗣 ソフトバンク(株)

敵 網林 慶応義塾大学

才原 勝敏 (株)キック

佐藤 俊明 (株)パスコ

高根 努 (株)オリエンタルコンサルタンツ

武田 芳丈 (株)復建技術コンサルタント

竹村 朗 日本スーパーマップ(株)

中野 愛子 富士通(株)

新居 和展 (株)コアコンセプト・テクノロジー

西垣 重臣 (株)まざらん

速水 卓哉 (株)大林組

蒔苗 耕司 宮城大学

増村 佳大 東急建設(株)

松本 茂 栃木県庁

村上 佳史 アドソル日進(株)

諸澤 正毅 (株)安藤・間

湧田 雄基 北海道大学

オブザーバ

岩城 詩也 ジェイアール東海コンサルタンツ(株)