

行政情報

土木研究所における AIに関する技術研究開発の取り組み

有田 幸司

国立研究開発法人土木研究所（以下「土研」）は、2018年度から AI（Artificial Intelligence, 人工知能）技術を活用した複数の技術研究開発課題を同時に立ち上げ、本格的に技術研究開発での活用や現場の実務での社会実装を目指して取り組みを始めた。本稿は行政情報として AI を取り巻く最近の情勢を概観した上で、土研における AI 関連の技術研究開発課題の概要を紹介し、AI の限界と課題とともに土研が AI に関する技術研究開発を進める上で見えている課題について簡単に論じるものである。

キーワード：AI（Artificial Intelligence, 人工知能）技術、ホワイトボックス型とブラックボックス型、要求品質、評価方法、学習用データセット、契約プラクティス、公共調達

1. はじめに

AI（Artificial Intelligence, 人工知能）技術（AI 技術は厳密な意味では AI と異なるが、本稿では AI 技術のことも含めて以下「AI」と称する）は機械学習の一つであるディープラーニングの登場により飛躍的に発展を遂げつつあり、多くの分野で生産性を向上させるために活用されることが期待されている。国土・土木と AI 懇談会（土木学会平成 29 年度会長特別委員会）の提言においても土木分野に AI を活用して省人化や生産性・コスト効率の向上に努めなければならないとされている。

土研は、2018 年度から AI を活用した複数の技術研究開発課題を同時に立ち上げ、本格的に研究開発での活用や現場の実務での社会実装を目指す取り組みを始めた。本稿は行政情報として AI を取り巻く最近の情勢を概観した上で、土研における AI 関連の技術研究開発課題の概要を紹介し、AI の限界と課題とともに土研が AI に関する技術研究開発を進める上で見えている課題について簡単に論じるものである。

2. AI を取り巻く最近の情勢

(1) AI の研究開発及び実装を推進する政府の施策

政府は未来投資戦略 2018 において「超スマート社会」(Society5.0)として「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かに対応でき、あらゆる人が質

の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会。」(第 5 期科学技術基本計画)の実現に向けた具体的な施策を推進するとしている。

AI 戦略については人工知能技術戦略会議が 2017 年 3 月に「人工知能技術戦略」、2018 年 8 月に「人工知能技術戦略実行計画」(暫定)を策定していたが、不十分との指摘もあり、2018 年 9 月以降、官房長官を議長とする統合イノベーション戦略推進会議の下、実行力のある有識者会議(AI 戦略実行会議)を設置し、熾烈な国際競争下で世界に伍する本格的な計画を策定することとなった。政府は、AI 戦略実行会議メンバーの提案等(<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/dai2/siry01.pdf>)を踏まえ、各省縦割りの枠組みを超え、経済・社会変革に必要な施策を速やかに検討し、早急に各省の取り組みを見直した上で、具体的な「政策パッケージ」を検討、策定することとしている。

(2) AI のある社会における原則を巡っての政府の対応

AI によって事故等の不具合が発生した際の責任の所在や知的財産が生み出された場合の権利の帰属等、倫理や社会制度についての国民的な合意をめぐる議論と制度作りが課題となっている。

内閣府の「人工知能と人間社会に関する懇談会」が 2017 年 3 月 24 日に取りまとめた報告書において、人工知能技術による事故等の責任の所在等についての今

後取り組むべき論点の整理が示されている。

また、総務省において2017年7月28日に「国際的な議論のためのAI開発ガイドライン案」（以下「AI開発ガイドライン案」）が、2018年7月17日に「AI利活用原則案」が取りまとめられ、経済産業省において2018年6月15日に「AI・データの利用に関する契約ガイドライン」（以下「契約ガイドライン」）が取りまとめられている。

さらに、これら関係府省、産業界、学会等の議論を参考に、人工知能に係る技術及び人工知能の中長期的な研究開発、利活用等に当たって考慮すべき倫理等に関する産学民官の共通の基本原則について、内閣府が関係府省と合同で、2018年4月25日に「人間中心のAI社会原則検討会議」を設置し、議論が進められている。

3. 土研におけるAI関連の技術研究開発課題の概要

国土交通省からの土研に対する運営費交付金が原資の研究予算（以下「【土研】」）7題のほか、内閣府の官民研究開発投資拡大プログラム（以下「【PRISM】」）採択の3題、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（以下「【SIP】」）採択の1題、計11題について2018年度から技術研究開発に着手した。概要を簡単に紹介する。

(1) 道路橋のメンテナンスの効率化

【土研】2題と【PRISM】2題を大括りし、共同開発項目を設定して「AIを活用した道路橋のメンテナンスの効率化に関する共同研究」を立ち上げた。2018年9月27日に民間・行政等共同研究者25者を決定している。

【土研】道路橋維持管理へのAIの導入に関する研究

橋梁の老朽化や技術者の減少に対応するため、点検の見落とし防止や効率的な調書の作成など点検を補助する技術や、劣化要因の判断や的確な措置の判断など診断を支援する技術についてAIを活用し、メンテナンスサイクルにおける点検・診断・措置の信頼性向上を目指す。

【土研】RC床板の滞水検出

老朽化や大型車等の影響により、予測が困難な橋梁床板の抜け落ち被害が発生している。橋梁床板の劣化促進要因となる床板上の滞水を、電磁波を用いた調査により非破壊で検知する技術を開発し、橋梁のメンテナンス技術の向上を図る。

【PRISM】RC床板の土砂化等に対する診断

外観では把握の難しいRC床版の土砂化に対して、AIなどによって外観の特徴や各種点検データなどと、劣化状態との相関を分析し、目視点検の信頼性向上、劣化状態の早期発見、適切な対策の提案を実現する。

【PRISM】様々な計測技術によるデータの効率的な収集・解析

点検ロボットから得られる膨大な3次元データから、損傷・変状を自動抽出・分類するAIの基盤技術として、3次元モデルによるAI学習・評価環境を開発する。

(2) 排水機場ポンプ設備の異常検知や診断の支援

【土研】1題と【PRISM】1題とを連携して進める。

【土研】先端技術を活用した土木機械設備の予防保全に関する研究

代表的な土木機械設備である排水機場ポンプ設備は、近年の降雨の激化から国民の生命と財産を守る重要な施設であるが、老朽化の進行により確実な運転ができない恐れがあることから、AI等技術を活用し、排水機場ポンプ設備の異常検知や診断の支援につながるデータ収集モニタリングシステムによる予防保全技術の開発を目指す。

【PRISM】排水機場ポンプ設備の異常検知・診断の支援

排水機場ポンプ設備の異常検知や診断の支援のため、データ収集モニタリングシステムによる状態監視データを活用した異常予知自己学習型AI検知モデルの開発を目指す。

(3) 舗装分野及びトンネル分野におけるAI技術の活用

現場の変状等を解析できるようそれぞれ進める。

【土研】舗装分野におけるAI技術の活用

100万kmを超える膨大なストックを有する舗装について、予算の制約や現場の人員不足等に対応するため、技術進展の著しいAIを管理に活用する研究を行う。これにより、舗装分野における民間AI技術の開発促進やピンポイントの要補修個所の早期発見等が見込まれ、舗装の長寿命化、維持管理コストの低減に寄与する。

【土研】トンネル分野におけるAI技術の活用

拡大を続けるトンネルの建設、進む老朽化へ対応するため、トンネルの設計、施工、維持管理等の各段階で得られた情報とAIに関する研究を進める。施工に使われていた膨大な切羽情報等を覆工のひび割れ等の

維持管理情報と結びつけることにより、設計、施工、維持管理における安全性や生産性を向上させ、トータルコストの低減を目指す。

(4) 画像認識技術の調査、予測等の実務への実装
画像データを認識する技術についてそれぞれ進める。

【土研】河川における魚類動態調査へのAIの導入

AIと高機能ビデオカメラを組み合わせることで魚種の判別技術を開発する（魚種判別AI）。また、魚種判別技術を用いて魚が魚道を遡上しているかどうかを評価するシステム（遡上状況評価システム）を構築し、魚道の良否判定技術の向上を図る。

【土研】車載カメラの画像解析による視程障害検知技術に関する研究

効率的に吹雪危険箇所を抽出して吹雪対策施設を整備することは、冬期道路の安全性向上に大変有用である。そこで、ドライブレコーダなどの車載カメラ画像とAIを用いて、視程障害を検知する技術を開発する。将来的に、当該技術の社会実装によって、暴風雪災害の被害軽減を目指す。

【SIP】大規模災害に対応する危機管理型水門管理システムの開発

高潮・津波の来襲時における水門の開閉操作による操作員の人命損失・負傷を解消するため、水門等の開閉状況を一元監視できる仕組みを構築し動力源喪失時等においても遠隔操作で確実に水門等が閉鎖できる水門閉鎖システムを開発する。その要素技術として水門等の開閉状況等に関する画像認識技術を開発する。

4. AIの限界と課題

AIに関する技術研究開発を進める上で見えている課題を論じる前に、AIの限界と課題について概観する。

(1) AIの現時点での到達点

AIは非連続的に発展しており、④まで進展している。

- ①与えられたルールに基づき推論する
- ②与えられた明示的知識に基づき推論する
- ③人が定義した特徴量（データの中でどこに注目するか）と与えられたデータについて機械学習（プログラムが自ら学習）し自ら暗黙的知識を習得しそれに基づき推論する
- ④与えられたデータから機械学習し自ら特徴量を抽出し暗黙的知識を習得しそれに基づく推論ができる
本稿は現時点で到達しているAIまでを対象とする。

(2) 機械学習で想定される実用化の過程

機械学習で想定される実用化の過程を確認しておく。

(a) 学習用データセットの生成

特徴量に関わるデータと正しい出力結果の情報を組み合わせた学習用データセットを生成するもので、特徴量を定めない場合（ディープラーニング）もある。学習用データセットは生データから加工して生成する。

(b) 学習済みモデル（＝推論プログラム）の生成

学習用データセットに対して推論プログラムに用いるパラメータを学習プログラムにより、最適化する。

(c) AI（学習済みモデル）の利用

入力データに対して、学習済みモデルが推論してAI生成物を出力する。

(3) 原理的な限界

AIは計算機であり、数式に則った処理すなわち論理、確率、統計に則ったものしか入力・出力できない。

機械学習を行ったAIには、学習用データセットの統計的性質を利用している関係から以下のような原理的な限界があるといわれている。

(a) 確率分布

学習時と推論時の確率分布が大きく異なるような場合には機能しない場合があり得る。

(b) まれな事象

学習用データセットに通常性質が反映されない「まれな事象」に対して推論が及ばない可能性がある。

(c) 統計的なバイアス

学習用データセットから統計的なバイアスを排除することは不可能であり、生成された学習済みモデルを未知データに適用する場合には本質的に誤差が含まれることになる。

(4) AIの出力に対する説明力

機械学習により習得した暗黙的知識に基づく推論については、どうしてその推論にたどりついたのかその理由を説明することが困難な場合がでてくる。また、学習に用いたデータセットの違いによって導き出される推論の結果も異なってくることも生じうる。

一方、推論結果への帰納法的な考察や学習用データセットに対する感度分析により、新たな技術的因果関係に係る仮説の契機となることも考えられる。

(5) AIに対する評価方法

AIによる推論の精度と応答速度は、学習用データセットだけで規定されるものではなく、アルゴリズムやICT基盤との兼ね合いのこともあり、学習用デー

タセットと他の要素の組み合わせに対する要求品質をどう設定し確認するのが課題となる。

AIによるところも含めた全体成果の要求品質は在来の方法と対比することにより設定可能と考えられる。一方、個々の要素、例えば学習用データセットの要求品質についてはその評価手法を含めて課題となる。

実装段階においては、AIの技術評価は必要なのか、必要な場合は何を尺度に評価するのか、を明示することが求められることが想定される。AIの開発や取り組みに関わりを持って進めている多くの者のためにも、要求品質とその評価手法について技術の進展具合に応じ段階を追って議論と整理が進むことが望ましい。

(6) AIを利用したソフトウェアに関する法的問題

プログラム、データセット等の法的な保護関係について契約ガイドラインでは以下の通り整理している。

(a) データ

生データ、学習用データセット、学習済みパラメータ、入力データ、AI生成物等は、無体物（情報）で所有権の対象とはなり得ない（民法206条、同法85条参照）。ただし、著作物や営業秘密または個人情報に該当する場合があります、著作権法や不正競争防止法、個人情報保護法により保護を受け得る。

(b) プログラム

学習用プログラム、推論プログラム等は、ソースコード部分は著作権法によるプログラムの著作物として著作権法上の保護を受ける可能性がある（なお、オブジェクトコードに変換されても同様である。著作権法10条1項9号）。アルゴリズム部分は、特許法上の要件を充足すれば、「物（プログラム）の発明」として、特許法の保護を受け得る。

(c) ノウハウ

学習用データセットや学習済みモデルの生成に必要なとされるノウハウは、無体物（情報）で所有権の対象とはならない。ただし、管理されているノウハウの一部には、営業秘密として不正競争防止法上の保護が及ぶ場合や、また、特許法上の発明に該当する場合もある。

AIを利用したソフトウェアの権利関係・責任関係等の法律関係が不明確であることや、AIを利用したソフトウェアの開発を依頼する者が開発する者に提供するデータに高い経済的価値や秘密性がある場合があることもあり、AIを利用したソフトウェアの開発・利用に関する契約プラクティスが確立していない。

このような状況下で、仮に学習済みモデルや学習用データセットが公開されるとして誰がどのように準備するのか、またその学習済みモデルや学習用データ

セットの利用はどのように保護されるべきかについての費用負担や権利の保護について議論が必要となる。

(7) AIの開発に対する規制

AIの研究開発についてどのような規制をそもそもかけていくのか、非規制的で非拘束的なソフトローというあいまいな規制のあり方が議論中である。

AI開発ガイドライン案は開発者に課されるAI開発原則（9原則）及びその内容を解説したソフトローとしての指針の案として、また、利用者及びデータ提供者がAIの利活用に際して留意することが期待される事項としてAI利活用原則案（10原則）がソフトローとして公表されている。

しかし、開発に対する規制のあり方については、AI開発の実情を踏まえ、AIがもたらす結果の責任を開発者だけでなく、学習を施した利用者も含め、全体を含めて議論すべきとの意見もあり関係者の間で十分な合意は必ずしも形成されていない。国際的にも議論が尽くされることが望まれるところである。

なお、日本経済新聞が2018年12月14日朝刊で、政府は12月13日に「人間中心のAI社会原則検討会議」を開き、AIの7原則（概要は以下のとおり）をまとめ、今後パブリックコメントを経て2018年度末に正式決定する、と報じている。

- ① AIは基本的人権を侵さず、人間中心に開発する
- ② 誰もがAIを利用できるよう教育を充実させる
- ③ 個人情報を慎重に管理する
- ④ セキュリティーを確保する
- ⑤ 公正な競争環境を維持する
- ⑥ AIの動作について企業は適切に説明する
- ⑦ 産官学が連携しイノベーションを生む

5. 技術研究開発を進める上で見えている課題

(1) AIを活用する業務内容の分析

AIに対して、意思決定の支援道具としてどこまでの精度や成果を求めようとしているのか、利用者側が明らかにすることがまず必要である。

そのためには、業務の各段階における業務内容の分析が不可欠であり、個々の業務要素や業務全体に対する改善が見込めるかどうか評価を行い、各要素技術としての要求品質を明確にできるよう努める必要がある。

AIを活用する場面を、データを人間が解釈しその後の施策に生かすもの、言わばホワイトボックス型と、繰り返し業務の効率化・自動化を目指すもの、言わばブラックボックス型に分けて考えることが重要で

ある。前者においては分析結果の解釈可能性と適切なタイミングでの可視化が、後者においては業務への直接的な貢献と必要十分な精度が重視されることとなる。

AIに対する要求品質を具体的に明らかにすることができるかが重要な課題となっている。

(2) 良質な学習用データセットの準備

AI導入の多くの部分は、AI開発者に契約により準備を委ねることが想定されるが、現場に即した特徴を適切に抽出できる学習用データセットについては一義的には利用者側で取り揃えておくべきものである。

学習用データセットについて逐次新たなデータを追加蓄積していくのか、その蓄積場所はどう確保するのか、他の利用者への横展開やAIサービスの供給者側の技術開発を促すために学習用データセットの利用を許諾すべきかどうかについては、今後活用する場面に応じて課題として整理されていく必要はあるが、利用者側でしっかり準備し管理しておくことが重要である。

学習用データセットの準備においては、AIによる推論の結果が揺らがない本質的な特徴量、すなわち何が大きな決め手となるのか、を獲得することが重要である。また、データの欠損等により少ない種類の特徴量になった場合でも、しっかり推論できるようにすることが重要である。

学習済みモデルの性能は学習用データセットの品質に依存するので、良質な学習用データセットが準備できるかどうか、ノウハウも含めて極めて重要な技術的課題であると認識している。

(3) 契約内容の検討と公共調達のための手続きの検討

技術的課題のみならず、AIに関する契約の有り様も検討が必要な課題である。契約ガイドラインは、法による権利保護が不備な状況にあっても関係当事者間の契約により権利関係を定めておくことができることを前提とし、具体的な開発段階に応じた契約の考え方やその内容における留意事項を含んだものとなっている。

当面は、利用者の立場の者と開発者の立場の者がガイドラインを参考にしつつ模索していかざるを得ない。

研究開発段階においては、成果に対する技術評価は不要とできるし、特定の者と契約内容を交渉・議論することも可能と考えられる。

一方、実装段階においては、成果に対する技術評価はおそらく必要となり、不特定の者を対象とした標準的な契約内容を議論しておくことが必要となる。

また、公共主体が契約を行う場合は、公共調達としての入札・契約手続きに則って進める必要がある。

まず、AIの活用を含む契約をどのような種類の契約として組み立てるのか、また、どのように分割あるいは統合したものとするかについて議論が必要となる。

また、参加資格要件、事前評価であれば何を評価の対象として審査すべきか、契約完了後の成果としては何をどう検査すれば良いのかについて契約の内容、性質に応じて考える必要がでてくる。

以上のような契約や公共調達に係る事項については、共同研究などを通じて関係者に共通する考え方・基盤の有り様を模索しつつ、整理が進められるべきである。

6. おわりに

土研におけるAIに関する技術研究開発の取り組みは緒に就いたばかりである。ホワイトボックス型とブラックボックス型、AIに対する要求品質や評価方法、学習用データセットの準備、異業種連携を前提としたデータや成果の扱いに係る契約プラクティス、そして公共調達で扱うための課題などを簡単に紹介してきた。

官民連携、企業間連携が必要な「協調領域」の研究開発と上記課題の検討を共同研究などにより、積極的に推進し、AIの開発、公共土木分野への早期実装化に貢献して参りたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) (公社) 土木学会：インフラ・国土管理における土木とICTの融合に関する提言、2018.5.24
- 2) 日本経済再生本部：未来投資戦略2018、2018.6.15
- 3) 内閣府：科学技術基本計画、2016.1.22
- 4) 内閣府：AI戦略の抜本的強化に向けた政府の検討状況、2018.10.2
- 5) 内閣府：人工知能と人間社会に関する懇談会報告書、2017.3.24
- 6) 総務省：AIネットワーク社会推進会議報告書2017、2017.7.28
- 7) 総務省：AIネットワーク社会推進会議報告書2018、2018.7.17
- 8) 経済産業省：AI・データの利用に関する契約ガイドライン、2018.6.15
- 9) 松尾豊：人工知能は人間を超えるか、KADOKAWA、2015.3.10
- 10) 新井紀子：AI vs. 教科書の読めない子どもたち、東洋経済新報社、2018.2.15
- 11) 日経BPムック：まるわかり人工知能最前線2018、日経BP社、2017.10.19
- 12) 榎ブレインパッド：失敗しないデータ分析・AIのビジネス導入、森北出版、2018.7.18

【筆者紹介】

有田 幸司 (ありた こうじ)
国立研究開発法人 土木研究所 技術推進本部
本部長

