

倫理委員会セッション

技術の現場と倫理の相互作用：AI 技術を例に
Interplay of technology and ethics: Case of artificial intelligence

(3) 保全分野における AI 導入に向けた取り組み事例

(3) Potent applications of artificial intelligence in maintenance

*出町 和之
東京大学

1. はじめに

現在、第3次 AI ブームが話題である。第1次 AI ブームは古く、チェスコンピュータなどゲームプログラムが開発された1950年代のブームを指す。このときに人工知能(Artificial Intelligence: AI)という言葉が誕生した。第2次 AI ブームは、第5世代コンピュータの開発を目指した通商産業省による1982-1992年の570億円プロジェクトによりもたらされた。第2次ブームでは、脳神経細胞構造を真似たニューラルネットワークや、サポートベクターマシン、ベイズモデルなど様々な手法が開発され、これらはAIの中の一つに分野として機械学習(Machine Learning)と呼ばれた。第3次 AI ブームは、計算機性能の向上により多層構造化が可能となったニューラルネットワーク、およびネットワーク環境の向上により可能となったビッグデータ利用によって2006年頃から始まったものであり、これらは深層学習(Deep Learning)と称される。最近ではこの深層学習のことをAIと呼称とすることも多い。よって本稿でも深層学習の代わりにAIという言葉を使用する。

AIには、人間が自然に行っている学習能力と同様の機能をコンピュータで実現することが期待されており、画像認識、音声認識、自然言語処理、リスク予測などの分野で大成功を収めている。身近な例では、各自動車メーカーが開発している自動運転技術のように、画像認識や音声認識によって歩行者、対向車、信号、標識の認知や、先行車発進検知を行うなど、人間と変わらない認識をコンピュータが代理で行う時代になってきた。また、コールセンター・オペレーション業務のAIによるサポートのように、顧客との会話内容を分析して問題解決のための情報を提示することで、顧客の満足度向上に繋がった例や、原子力規制委員会が本年4月から電力会社から事前説明を受ける「ヒアリング」での職員とのやり取りをAIによって文字起こししてホームページで公開するなど、AIの進出はますます盛んになる気配を見せている。

2. 保全分野における AI の導入対象

著者の考えるAI応用先となる可能性のある10の原子力保全分野を、保全のPDCAサイクルにおける4つの過程、計画(Plan)、監視(Do)、診断(Check)、対応(Action)に分類して表1に示す。もちろん、AI応用先にはこの他にも多くのものがあり得る。

表1：AI 応用先となる可能性のある10の原子力保全分野

計画(Plan)	監視(Do)	診断(Check)	対応(Action)
① 計画自動作成	③ 材料損傷	⑦ 寿命評価	⑨ CAP 自動化
② 業務支援	④ 機器故障予兆	⑧ 異常診断	⑩ SDP 自動化
	⑤ 作業アドバイス		
	⑥ 行為監視 (労働安全、核セキュリティ)		

① 計画自動作成

機械学習・AIの最大の特性は、過去の経験・知見を学習してもっとも正解に近い解答を導き出すことである。

原子力保全においても、例えば定期検査で発見された不具合や損傷・劣化のデータと、これを反映させた結果としての次回定期検査内容という学習データは、過去の保全経験の記録など豊富に現存する。このように「入力＝保全結果 → 出力＝保全計画」とする学習データを用いて AI を教育することで、過去の経験・知見を反映させた保全計画を、保全結果を入力するだけで自動作成できる可能性がある。東芝エネルギーシステムズでは、サイバー・フィジカル・システム(CPS)と称するシステムを開発し、保全時における電気系アイソレーション計画を作成するなどの実績を上げている [1]。

② 業務支援

原子力発電所の保全では、非常に多くの業務判断が要求される。業務判断とは点検や保全レポートなどのデータを参考に、必要な業務命令書を作成し記述することである。この中には原子力安全のための手続きとして重要なものもあるが、その他の安全に直接影響の無い、すでにルーチンワーク化した業務については自動化しても大きな問題はないと考えられる。よって、①と同様、過去の検や保全レポートとそれに基づく判断事例とを学習データとして AI を教育することで、ルーチンワーク化している一部の業務判断を自動処理に置き換えられる可能性がある。

③ 材料損傷推定

原子力発電所では、安全上重要な機器の配管などにおいて冷却水の漏洩が無いよう、超音波探傷・渦電流探傷などにより配管のき裂・欠陥の有無を定期的に検査している。検査で取得されるデータは膨大な数量に昇り、データから欠陥の有無・欠陥のサイズ・欠陥の形状などの詳細を推定するには逆問題解析が用いられるために、コンピュータを使った長時間の計算時間が必要となる。AI は、学習にはある程度の時間は要するものの、学習後の出力は非常に高速であり、従来の逆解析手法と比して格段に高速なリアルタイム欠陥サイズ推定が可能となっている[2]。日立製作所は原子炉溶接部の超音波探傷信号に AI を適用した欠陥サイズ同定技術を実用化した。[3]。また日本電気(株)は、光学カメラ画像解析によりインフラ構造物の老朽化や劣化を遠隔計測する技術[4]を開発済である。さらに近畿大学・和田義孝教授は、構造材料におけるき裂進展を、AI を用いて予測する手法を開発している[5]。

④ 機器故障予兆検知

原子力発電所の機器・設備は、予防保全・事後保全・状態監視保全の実施により、機器の故障状態が報告されたデータと、その機器が正常状態から故障状態に至るまでの時系列の測定データとが存在している。材料損傷と同様、これらを学習データとして AI が学習することで、測定データを入力すればその機器が故障の予兆を呈しているか否かを判定することが可能となる[6]。これらは予知保全と呼ばれ、製品化しているものには Math Works(株)が提供する故障予測アルゴリズム[7]や Data Robot 社の提供する AI プラットフォームである Data Robot[8]などがある。また、我が国の原子力の現場で導入が進められている予兆監視システムの例として、中国電力(株)と日本電気株式会社(NEC)が共同開発するネットワーク障害対応用エンジン(System Invariant Analysis Technology, SIAT)がある[9,10]。

⑤ 作業工程指示

これは、保全作業員に最適な作業工程を AI が指示するシステムである。作業員は保全作業時にスマートフォンやタブレット端末を携帯し、点検・検査結果のデータや撮影した画像データを、無線 LAN や Bluetooth を通じて AI 解析サーバーに入力する。AI 解析サーバーが過去の対応処置データベースから最適な処置を選択し、適切な指示を作業員に伝達すれば、効率の良い保円作業を行うための強力なツールとなるはずである。

その他にも、作業員が端末を通して実施すべき処置などを文章で質問した場合に、AI も文章で回答するという会話形式のサポートシステムが開発されつつある。有名な例としては IBM 社の”IBM Watson“などがある[11]。保全に限らない分野では、いわゆる”チャットボット”技術が複数の企業で開発されており、顧客からの質問に対する企業の回答を AI が自動で行うシステムが、すでに現実の技術になっている[12]。

⑥ 行為監視(労働安全、核セキュリティ)

保全作業現場や廃炉現場では作業員による負傷や被曝の危険性が伴う。そこで、監視カメラ画像で撮影した作業員の動作や作業環境を AI で解析することにより、その動作や環境の危険度を判定・評価し、作業員や監視センター等にアラームを発報して注意喚起するシステムを、東京大学・出町研究室では開発中である。出町研では、原子力発電所や核燃料使用施設における内部脅威者など敵対者による妨害破壊行為の検知システムとしても、この技術の応用を目指している[13]。

⑦ 寿命評価

AI による材料損傷評価(③)をさらに進めて、その材料の AI による寿命予測に繋げられる可能性がある。すなわち、出力データにその材料が亀裂などの損傷が発生した時期や内容、入力データにその材料に損傷に至るまでに受けた疲労などの荷重履歴を用いて AI を学習すれば、各材料の荷重履歴を学習済み AI に入力することで、その材料の寿命を予測できる可能性があると考えられる。

⑧ 異常診断

AI による機器故障予兆検知(④)をさらに進めて、その機器の故障モードと故障の程度を AI により自動評価できる可能性がある。すなわち、機器が正常状態から故障状態に至るまでの時系列の測定データを入力データに、故障を解析して得られた故障モードを出力データにして AI を学習することで、④のように故障の予兆を早期の段階で予測するのみならず、その機器がどの故障モードでどの時期に故障に至るのかを、予測することが可能であると考えられる。

⑨ CAP 自動化

業務判断自動化(②)と同様、保全のPDCの結果としての補修・取換・経過観察などの是正措置(是正措置プログラム, Corrective Action Program: CAP)の最適解を、過去のCAPの成功例を学習データとしてAIを学習することで、適切な是正措置を自動で判断できる可能性がある。米国 Palo Verde 発電所ではすでに、年間 20,000 件にも及ぶ保全の Condition Report を、AI によりスクリーニングして分類して担当官のスマホに問い合わせるシステムを構築しており、その分類精度はすでに 90%に達している[14]。

⑩ SDP 自動化

SDP(重要度決定プロセス Significance Determination Process)とは、米国 NRC が原子炉検査プロセス(ROP)における事業者のパフォーマンスを評価するための指標である。SDP は機器・構造物の発見された検査結果等を入力とし、機器・構造物がその状態にあることで原子炉安全に与える影響度を評価するものである。これも、過去の検査結果を入力データ、過去の評価結果を出力データとして AI を学習することで、検査結果を入力としてリアルタイムでパフォーマンス評価結果を求めることが出来ると期待する。

3. 結言

他産業における AI 導入例は言わずもがな、規制にさえも遅れをとっている我が国の原子力産業は、世の中からは AI 後進組として位置付けられている可能性があり、かつ、原子力のどこにどのように AI を導入すれば効果的なのかという明確なビジョンが、まだ我々の中で必ずしも共有されていない。今後は原子力学会などの場でも、その議論が活発化することを望む。また AI は、新しいようで古い技術であり、原子力への倫理上の注意点などは、AI 以外の技術と基本的に同等で問題ない筈である。しかしながら、AI 導入に原子力特有の配慮が必要か否かを事前に議論しておくことは、今後の積極的導入を促すためにも非常に有意義である。本企画セッションでは、ぜひ活発なご議論をお願いしたい。

参考文献

- [1] 古川智明, “原子力プラントにおけるサイバー・フィジカル・システム実現の取組”, 日本保全学会第 19 回保全セミナー, pp. 82-102 (2019)
- [2] 出町和之, 堀智之, “深層学習を用いた E C T 信号からのキズ深さ同定”, 日本保全学会第 16 回学術講演会
- [3] 細谷直樹, “画像処理、AI 活用による原子炉検査の高度化”, 日本原子力学会 2018 年春の年会, 計算科学技術部会企画セッション「人工知能技術の活用と将来展望」
- [4] 高田巡, “社会インフラの保全を効率化する光学振動解析技術 (AI による社会価値創造特集) -- (NEC が誇る最新の AI 技術)”, NEC technical journal 69(1), pp. 38-41 (2016.9)
- [5] 和田 義孝, 竹安 真己志, “機械学習による疲労き裂進展予測”, 計算力学講演会講演論文集/2017.30 巻 (2017)
- [6] Kazuyuki Demachi and Satoshi Terayama, “Preventive detection of equipment abnormality from condition monitoring signal using machine learning”, Proc. of 27th International Conference of Nuclear Engineering, ICONE27-1476 (2019)
- [7] 井上道雄, “予知保全・故障予測を可能にするデータ活用 : 一歩先のメンテナンス”, プラントエンジニア = Plant engineer : 新世代エンジニアのための技術&情報マガジン 50(1), pp. 32-38, (2018.1)
- [8] 坂本康昭, “機械学習を自動化する Data Robot を活用した予知保全”, 日本保全学会第 19 回保全セミナー, pp. 169-176 (2019)
- [9] 林司, “ビッグデータを活用した予兆監視システムの開発”, 日本保全学会第 19 回保全セミナー, pp. 25-57 (2019)
- [10] 宮野 博義 , 池田 浩雄 , 大網 亮磨, “セキュリティ 混雑環境での異常を検知する群衆行動解析技術”, 画像ラボ 25(10), pp. 17-21 (2014)
- [11] “IBM Watson”, <https://www.ibm.com/watson/jp-ja/>
- [12] “対話型自動応答 AI サービス CAIWA”, <https://www.hitachi-systems.com/sp/caiwa/>
- [13] 出町和之, 陳実, “監視カメラ動画の深層学習を用いた手元動作識別手法の開発”, 日本原子力学会 2019 春の年会
- [14] 渡邊邦道, “米国 CAP 活動と AI の活用”, 日本保全学会第 19 回保全セミナー, pp. 58-81 (2019)

*Kazuyuki Demachi

The University of Tokyo