

機械工学と人工知能 (1)

樋口 善彦*

Mechanical Engineering and Artificial Intelligence (1)

Yoshihiko HIGUCHI*

Synopsis: These days, the technologies in information science including AI (Artificial Intelligence) have progressed by introducing machine learning. The practical application in the IT industry has been increasing because the reliability and the accuracy of AI's prediction have been improved drastically. Many systems embedded with AI are currently operated in the industry linked to mechanical engineering. The interdisciplinary field consisting of AI and mechanical engineering is expected to expand with the lapse of time. In the present report, practical examples in the industry are introduced to encourage the understanding of the role and the meaning of AI.

(Received Sep. 11, 2022)

Key words: AI, image recognition, CNN, deep learning

1. 緒 言

近年、情報科学の進歩は著しいものがあり、特に人工知能 (AI, Artificial Intelligence) は機械学習の導入により、予測精度の向上などもあり実用化事例が増加している。当初は、IT 業界での適用が多かったものの、機械工学が関係する産業界でも AI を組み込んだシステムが数多く運用されてきている。

これまで、機械工学と AI を含む情報科学との接点は多くなかったが、今後はその境界領域あるいは融合領域が拡大していくことが期待されている。一方、機械工学に属する人間の中には、AI は理解が難しい特別な技術であり、IT 技術者が作った AI のシステムを受け取ることしかできないと考えているものもいる。しかし、機械工学の中で AI を活用していくためには、AI への理解を深めることにより、AI をよりよく利用する能力が必要である。

そこで、まずは AI を身近な存在として認識していくため、本稿では機械工学が関わる産業分野の中で利用されている AI の事例を紹介する。

2. 品質管理と操業・保守

品質管理は目視での官能試験に依存することが多く、担当するためには熟練のために長期間が必要であり、熟練作業員間でのバラツキが大きいなどの問題があった。そのため、AI による課題解決が期待されている。

善甫ら¹⁾は、目視や X 線および可視画像を用いた食品製造ライン用検査は作業員の負荷が大きく、定量的評価が難しいことを指摘し、既存検査設備に AI を組み合わせた事例を紹介している。安川電機は AI で画像情報をもとに不良品を判定し、それをデータベース化して品質の見える化を実現するスマート工場を提案している²⁾。その一環として、人間と同等の認識率で検品作業を行い、異物や不良品をロボットが除去する技術を開発し、2022 国際食品工業展で紹介している。

* 産業技術短期大学教授 博士 (工学) 機械工学科

また、大型構造物は定期的な点検により部材の亀裂や腐食などの変化を定点観察し、重大事故が発生する前に部材交換や補強などを行い、設備を安定的に保全していく必要がある。

水力発電で羽根車を回す水が通過する大径かつ長距離の水圧鉄管は定期的に錆の有無を目視点検する必要があり、山岳地を長距離移動する作業者の負担は大きい。そこで、福岡ら⁸⁾はドローンで採取した画像をもとに損傷有無の判定を自動的に行う AI 技術を開発したが、単なる泥と腐食を区別するために通常画像と赤外線画像を AI に学習させる手法が有効であったと報告している。

また、日本にある約 70 万の橋梁は老朽化が進んでおり、5 年毎の定期点検の義務化もあり、点検の人員や費用の問題が顕在化しつつある。コンクリート床版のひび割れ等は目視あるいは打音検査で評価されているが、内部欠陥との相関性は十分ではない。南ら⁹⁾は、マイクロ波で測定された内部情報と外観検査との関係性を AI に学習させ、傷が映った画像から内部劣化の有無を判定するシステムを構築している。一方、齊藤ら¹⁰⁾は橋梁の劣化状況を立体的に把握するため、空撮画像から三次元モデルを作成し、AI で検出した欠陥を仮想現実 (VR: Virtual Reality) で把握しやすくするシステムを構築している。

三菱ガス化学は ABEJA との協業で人間参加型機械学習によるプラント腐食配管の外観検査システムを開発し、2022 年 1 月から新潟工場で運用を開始している⁶⁾。配管腐食は漏洩などの重大事故につながることから、従来は撮影した大量の画像を見て判断していたが、作業者の負担が大きかった。AI 判定結果を熟練者が修正して AI 学習を補助する方式を採用した結果、作業者負担を 50%削減したとしている。

以上の取り組みはいずれも故障や劣化の予兆を事前に把握するというものだが、故障が発生した場合のトラブルシューティングについても AI の活用が図られている。設備故障停止の際に設備保全に必要なナレッジを検索するシステムが検討されている。保全作業員が設備復旧処理をすると、故障内容や対処方法を記録しているが、これらの過去に蓄積された膨大な資料から必要な情報を見つけ出すのは非常に難しい。厚味ら^{7,8)}はこの保全ナレッジを

共有するために用語辞書を作成した上で、必要な場面で迅速に探索できるシステムを開発し、保全工数を 8%削減できたと報告している。

また、JFE スチールの製造ラインではトラブル発生時に、過去の故障事例や復旧情報を迅速に引き出せる日本 IBM の故障復旧支援システムを 2018 年に導入しており、トラブルからの復旧時間が大幅に短縮したと報告されている⁹⁾。

一方、工場の定常的な操業に AI を活用することも効率化の上で重要である。例えば、ゴミ焼却炉はごみのサイズ、形状、材質が千差万別であるため、安定的に運用するには熟練運転員が常時監視しながら操作する必要がある。業務に多大な負荷を生じていた。近藤¹⁰⁾は、従来から操業で利用していた自動燃焼制御のパラメータ調整を AI が実施する技術を開発して少ない手動操作で安定燃焼を実現した。小嶋ら¹¹⁾は、ゴミおよび燃焼画像を AI に学習させることにより、安定燃焼を維持したまま自動運転を行い、監視操作業務を不要にする技術を開発している。

3. 溶接・加工技術

溶接の技能は熟練が必要であるが、熟練者がもつノウハウは言語化や数値化が困難であり、技能伝承に支障をきたしていた。昨今の技能者の世代交代や人材不足の中で、AI を溶接作業に活用することが喫緊の課題になっている。

日立は、ロボットが溶接作業を高精度に実行する技術を開発した¹²⁾。例えば、突合せ部の空隙を溶接で埋めるロボットを開発し、熟練者と同等の品質を確保することに成功している。アマダのグループ会社¹³⁾は、レーザ溶接と被溶接材料の条件から溶接強度を AI で予測し、溶接時の温度などを放射温度計で測定したデータに基づき溶接後の実際の強度と比較可能なシステムを開発している。安川電機¹⁴⁾は、アルミ溶接の測定情報を AI モデルに入力し、溶け落ちや裏抜けなどの品質をリアルタイムで判定する技術を開発している。

機械加工分野においても、加工現場の熟練者の技能を若手に効率的に伝承するという課題があり、AI を活用する動きがある。松村¹⁵⁾の指摘によれば、加工現象を支配する因子を考慮した物理モデルに依拠する CAE は高い予測性という利点から利用さ

れてきたが、材料や工具の特性値が必ずしも完備されておらず、部材の特性や使用条件のばらつき等の影響を熟練者が経験に基づいて考慮していた。一方、AI では入力と出力を関連付けるモデルが学習できれば、物理モデルに反映しにくい因子も熟練者の介入なしで考慮可能であり、CAE と併用することで熟練者に依存しない加工作業が可能になると予想される。

機械加工と同様に射出成形でも CAE が活用されており、金型冷却から材料の反り変形が解析されているが、解析情報と実際との違いが異なる場合に原因の特定が難しいことが指摘されている。山田¹⁶⁾は AI を適用することにより、歯車成形品の反り変形誤差が改善されたと報告している。今後、AI 機能が付属した CAE への展開が期待される。

二軸押出機のスクリュ形状の設計では CAE による試行錯誤と設計者の固有の判断が必要だったが、樹脂温度など条件を AI に入力することで押出量、完全熔融、吐出温度の出力条件を満たすスクリュ構成を決定することに成功したと富山ら¹⁷⁾は報告している。

LED やパワーデバイスの基板に用いられる難加工材料を化学的機械的複合研磨(CMP: Chemical Mechanical Polishing) する際の能率や表面性状は研磨パッドや研磨剤であるスラリーの影響を強く受けるが、吉崎ら¹⁸⁾は AI を導入することにより研磨特性を高度に制御する知能研磨システムを開発したと報告している。

4. 物流産業と AI

物流産業では人材不足解消と配送効率向上のために AI が活用されている。AI を利用した技術を開発しているベンチャー企業は配送を効率化するアルゴリズムを開発したと発表した¹⁹⁾。OKI²⁰⁾は AI で提案した配送計画を実際に運用する実験を行い、10 台以上の車輛の総走行距離を従来の人による計画に対して低減できることを実証した。

また、事業として AI を適用する動きが出ている。例えば、ガス配管で供給する都市ガスと異なり、LP ガスはガスボンベをトラック等で配送している。各家庭のボンベの残量によってはボンベ交換に至らず、巡回中の配送効率が低いという問題があった。ソフトバンク²¹⁾は AI を使ってボンベの残量予測を

可能にし、配送ルートを最適化するプランを提示するサービスを開始している。また、三菱ふそう²²⁾は米国の会社と提携し、最適な配送ルート計画の自動作成からドライバー人員配置までをカバーするシステムの販売を開始している。ヤマト運輸²³⁾は、ヘルスケア商品の共同配送について、AI で予測した配送量に基づいて最適な配車提案するシステムを導入したと発表している。こうした流れを受けて、東京都と東京都トラック協会²⁴⁾は、配送計画を AI が最適化する技術を中小の運送業者に導入する実証事業を開始し、支援している。

5. 機械工学と AI

産業を支える基盤の一つである機械工学の基礎的な分野でも AI を含む情報科学や計算科学の活用が推進されている。知京²⁵⁾は材料開発の分野で大量の材料データを収集し、それを使って機械学習することにより、未知の合金の機械的あるいは電気的特性を予測する試みが始まっていると述べている。塩見と山脇²⁶⁾は熱物性計算と機械学習を組み合わせる伝熱材料設計に適用することで、目的物性を有する材料の探索が効率化されると報告している。産業技術総合研究所²⁷⁾は AI を使って材料の構造画像を生成することで物性予測を可能にする技術を開発した。これにより材料組成を選択し評価する一連の工程をコンピューター上で再現可能としている。また、流体解析分野では乱流関係に、燃焼工学でも AI が応用されつつある²⁸⁻³⁰⁾。

6. 結 言

本稿では、機械工学に関わる AI 技術について、実社会での応用面を中心に紹介した。AI は情報科学の分野での成果が機械工学の分野に応用され、発展してきていることが実例として明らかになった。今後、ますます産業界での AI 活用が進んでいくことが予想されるため、機械工学の発展に寄与する AI への取り組みを深めていく必要がある。

参考文献

- 1) 善甫啓一, 石田 尚: Fooma 技術ジャーナル, 17(2022), 23-29, <<https://tsukuba.repo.nii.ac.jp/records/2004538>>, (参照 2022-09-11).
- 2) 食品業界におけるスマート工場への進化へ

- 2022 国際食品工業展の振り返り「AI×ロボットによる次世代の食づくり」～,<<https://www.yaskawa.co.jp/technology/technical-report/detail220808>>, (参照 2022-09-11).
- 3) 福岡知隆, 南 貴大, 藤生 慎, 鷹合隆栄, 高山 純一: AI・データサイエンス論文集 1 (2020), 606-612,<https://doi.org/10.11532/jsceiii.1.J1_606>, (参照 2022-09-11).
- 4) 南 貴大, 福岡知隆, 小澤幸雄, 藤生 慎: AI・データサイエンス論文集, 2 (2021), 609-616, <https://doi.org/10.11532/jsceiii.2.J2_609>, (参照 2022-09-11).
- 5) 齊藤 駿, 藤生 慎, 福岡知隆: インフラメンテナンス実践研究論文集, 1 (2022), 372-377, <https://doi.org/10.11532/jsceim.1.1_372>, (参照 2022-09-11).
- 6) Human in the Loop Machine Learning によりプラント腐食配管の外観検査システムを構築, <<https://www.mgc.co.jp/corporate/news/2022/220310.html>>, (参照 2022-09-11).
- 7) 厚味昌和, 中村耕平, 平野 徹: 人工知能学会全国大会論文集, JSAI2020 (0), 4Rin180.
- 8) 厚味 昌和, 山本 和孝, 平野 徹: 日本機械学会生産システム部門講演会講演論文集 2021 (0), 609.
- 9) JFE スチール IBM Watson を活用し故障復旧時間を大幅に短縮, <<https://www.jfe-steel.co.jp/release/2019/03/190307.html>>, (参照 2022-09-11).
- 10) 近藤 守: 環境技術, 49 (2020), 200-204. <https://doi.org/10.5956/jriet.49.4_200>
- 11) 小嶋浩史, 鈴木康夫: 廃棄物学会誌, 32 (2021), 148-154., <<https://doi.org/10.3985/mcwmr.32.148>>
- 12) 溶接熟練者の高度なノウハウを搭載したロボットによる溶接自動化要素技術を開発,<<https://www.hitachi.co.jp/rd/news/topics/2021/0329.html>>, (参照 2022-09-11).
- 13) レーザ溶接 AI システム「WELDXAI」を出展, <<https://www.aiil.amada.co.jp/545>>, (参照 2022-09-11).
- 14) 2022 国際ウエルディングショー 展示会報告-, <<https://www.e-mechatronics.com/exh/archive/jiws2022/>>, (参照 2022-09-11).
- 15) 松村 隆: 日本機械学会誌, 124(2021), No.1231, 10-13., <https://doi.org/10.1299/jsmemag.124.1231_10>, (参照 2022-09-11).
- 16) 山田高光: 成形加工, 32 (2020), No.3,74-77., <<https://doi.org/10.4325/seikeikakou.32.74>>, (参照 2022-09-11).
- 17) 富山秀樹, 福澤洋平, 福澤大輔: 成形加工, 30 (2018), 162-169, <<https://doi.org/10.4325/seikeikakou.30.162>>
- 18) 吉崎大地, 畝田道雄, 澁谷和孝, 宮下忠一, 石川憲一: 精密工学会誌, 86 (2020), 80-86., <<https://doi.org/10.2493/jjspe.86.80>>
- 19) 【東大発 AI ベンチャー】配送を最適化するアルゴリズムを開発, <<https://www.trustsmith.net/2021/10/13/>>, (参照 2022-09-11).
- 20) AI を用いた最適化技術によるルート配送計画自動化の有効性を確認, <<https://www.oki.com/jp/press/2021/03/z20130.html>>, (参照 2022-09-11).
- 21) LP ガス業界の DX を実現する三つのサービスを提供開始, <https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2022/20220627_01/>, (参照 2022-09-11).
- 22) AI・機械学習を駆使した次世代の配送計画システムの販売を開始, <https://www.mitsubishi-fuso.com/ja/news/2021/07/15/米_wise-systems社と業務提携を締結/>, (参照 2022-09-11).
- 23) ビッグデータ・AI を活用した配送業務量予測および適正配車のシステム導入について, <https://www.yamato-hd.co.jp/news/2021/newsrelease_20210803_1.html>, (参照 2022-09-11).
- 24) AI による配送計画の最適化, <<https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/vehicle/sgw/nenpi-hyoka/ai.html>>, (参照 2022-09-11).
- 25) 知京豊裕: 情報知識学会誌, 27(2017), 297-304.
- 26) 塩見淳一郎, 山脇 柁: 日本機械学会誌, 124 (2021), 18-21.
- 27) 人工知能により材料の構造画像を生成し, 物性を予測する技術を開発, <https://www.aist.go.jp/aist_j/new_research/2021/nr20211019/nr20211019.html>, (参照 2022-09-11).

- 28) 平 邦彦: 日本機械学会誌, 124(2021), 6-9. 30) 後藤田 浩: 日本機械学会誌, 124(2021), 22-25.
29) 深潟康二: 日本機械学会誌, 124(2021), 10-13.