

トライボロジー技術への AI の活用を考える研究会での活動総括と 今後の取り組み

Technical Committee of Applying AI to Tribology, recent activity, and future work

兵庫県立大・情報（正）鷲津 仁志, イーグル工業（正）王 岩

*Hitoshi Washizu, **Iwa Ou

*University of Hyogo, **Eagle Industry Co., Ltd.

1. はじめに

2020 年度から 3 年間にわたり、研究委員会からの要請により学会指定研究会「トライボロジー技術への AI の活用を考える研究会」を企画した。近年、AI (Artificial Intelligence) 技術は多くの分野に展開されつつあり、トライボロジー技術に関しては、オイルの物性、摩擦摩耗、メンテナンスに至るまで、本質的に複雑系であるため、その活用が期待される。しかし、材料に着目しても、MI (Materials Informatics) は、半導体やセラミクス材料等では一部成功しているが、これは、原子レベルの組成が決まれば材料そのものの特性も決まる、比較的単純な系であるためである。トライボロジー材料の場合は、多くの場合、複合系であり、使用される状態までのプロセスに依存し、マルチスケールであるため、どのように MI を適用したら良いかが明確ではない。こうした、トライボロジーならではの困難な点の抽出と、その解決策に関する適用事例や指針があれば、学会員の利益となると思われる。また逆に、トライボロジーにおいて研究開発された AI 手法が、AI 技術そのものの発展に寄与することも大変重要であると考えられる。以上の考えによって、各分野でこのテーマに興味のある委員候補の方々に声掛けを行い、研究会を発足した。

2. 研究会の実施状況

当初のメンバーは、主査鷲津、幹事王、委員 8 名である。その後、研究会を 4 回実施し、各回において 3 件ほどの報告をしていただいた。なお、研究会の期間がコロナ禍と被っていたため、第 3 回研究会を除き全てオンラインで実施した。またトライボロジストの特集号にも委員の協力を仰ぎ投稿を行った。

2.1 キックオフ 開催場所：オンライン 日時：2021 年 1 月 19 日 参加者：10 名

今後の活動方針と、調査領域を摩擦材料、摩耗、潤滑油、高分子、添加剤、マテリアルズインフォマティクス、シーリング、メンテナンス、流体解析、表面処理、化学機械研磨に大別した。

2.2 第 1 回研究会 開催場所：オンライン 日時：2021 年 3 月 16 日 参加者：10 名

- ① 90 年代半ばの試み、摩耗粉形態解析による状態診断へのニューラルネットワーク適用事例
(九州大学 杉村丈一)
- ② 機械学習を用いたすべり軸受しゅう動面状態監視への取り組み (福井大学 本田知己)
- ③ 招待講演：風車異常検知システムの早期運用に関する研究事例紹介 (早稲田大学 小川哲司)

トライボロジーの分野でも 30 年近い AI 研究の歴史があるということ、それが今につながっていることが認識された。また招待講演では、他分野での実例の紹介をもとに、AI を使用する際に注意すべき点や間違いやすい点について注意深くご説明いただいた。特にトライボロジー分野においては、「直感的な説明を可能にする」技術の確立が、チャレンジングではあるものの重要な課題であることを確認した。

2.3 第 2 回研究会 開催場所：オンライン 日時：2021 年 8 月 31 日 参加者：20 名

- ① 流体解析への機械学習の活用」(イーグル工業株式会社 王岩)
- ② AI による摩擦の安定化手法の提案と深層学習を用いた摩擦面画像からの摩擦推定 (名古屋大学 村島基之)
- ③ 招待講演：ロボットの運動制御における深層学習の応用 (東北大学 脇澤京)

トライボロジーでは摩耗が常に進行していき、常に状況が変化していくため予測が難しいという特有の問題があるが、AI または機械学習技術と組み合わせるアイデア次第で様々な活用ができることが示された。

2.4 第 3 回研究会 開催場所：オンライン/兵庫県立大学 日時：2021 年 12 月 10 日 参加者：20 名

- ① 分子動力学法と強化学習を用いた基油分子デザイン (株式会社豊田中央研究所 梶田晴司)
- ② 招待講演：AI 活用材料設計の事例 NEDO 超超プロジェクト成果の紹介 (産業技術総合研究所 青柳岳司)
- ③ 招待講演：AI を用いた局所分子構造判定と液晶-液晶相転移ダイナミクスの解明産業技術
(総合研究所 高橋和義)
- ④ 招待講演：特微量の汎化と未知検知 (東京工業大学 川上玲)

人間の広い経験に基づいた総合判断と、大量情報処理が得意なコンピュータが共創する事により材料設計が可能であることが示された。また、人間の直感的な感性が AI の予測結果とも近い事例もある一方、人間の常識が疑わしい部

分も発見された事例もあった。

2.5 第4回研究会 開催場所：オンライン 日時：2023年3月22日 参加者：15名

- ① トライボロジスト 67巻 第12号 AI特集総括+海外での活用事例紹介
- ② 研究会委員の直近3年での活用・調査状況説明
- ③ ディスカッション：機械学習に期待すること
- ④ 研究会まとめ・今後の活動検討

これまでの研究会の総括、並びに各委員の多岐にわたる取り組み内容紹介を通じて、機械学習に対するモチベーションや期待の高さを感じた。特にGenerative Adversarial Networkに代表される生成モデルや、物理法則に基づいた深層学習(PINN: Physics-Informed Neural Network)は分野外における活用が広がっており、データ科学+AIによる特有の知見を得ることができたため、トライボロジー分野においても今後事例が出てくることが期待される。最後に、トライボロジーとAIの融合はまだまだ始まったばかりであり、「どうAIを活用すべきか」という点においても明確にはなっていない。そこで本研究会が終了した後も、継続して議論する機会が必要だとの結論に至った。その中で活用が既に進んでいる他分野や、機械学習の専門家との意見交換も積極的に行いたいとの意見が多かった。

2.6 トライボロジスト 67号第12号 (2022) 「特集・トライボロジー分野におけるAI技術」¹⁾

- ① ○トライボロジー分野におけるデータ科学の活用と今後の展望 (兵庫県立大学 鷲津仁志),
- ② ○AI活用によるトライボ分子シミュレーション技術の革新 (ENEOS株式会社 小野寺拓)
- ③ ○深層学習を用いた摩擦・摩耗推定技術とAIを用いた変形表面制御による新しい機能性の創発 (東北大学 村島基之)
- ④ ○機械学習を用いたメカニカルシールの表面テクスチャにおける流体潤滑解析 (イーグル工業株式会社 王岩)
- ⑤ ○機械学習を用いたすべり軸受しゅう動面の状態監視 (福井大学 本田知己)
- ⑥ 機械学習を用いた切削工具の状態検知 (大同特殊鋼株式会社 松岡真司)

投稿された6項中5項を、当研究会委員よりご執筆いただいた(○で表示)。データ科学に関する歴史から始まり、機械学習の基礎、トライボロジー分野における適用事例や将来動向といった幅広い内容についてご紹介いただいた。

3.まとめと今後の展開

以上、本研究会において国内のトライボロジーにおけるデータ科学の活用事例と、データ科学の専門家による最先端の研究を紹介していただくことによって、今後の本分野の方向性について情報収集を行った。参加者の方々それぞれに考えがあり、統一的な提言をする段階ではないと考えられる。しかしながら、情報交換を行うことによって、本学会(トライボロジー会議 2024春 東京)で新たに研究紹介していただく事例も増えたことは、本研究会を実施した成果ともいえる。

日本トライボロジー学会では、トライボロジーハンドブックの改訂を進めており、その中でシミュレーション編を新たに作るとともに、データ科学の項目も新たに設ける予定である。その際、本研究会における成果を盛り込もうと検討している。また、本研究会の総括的な報告書を2024年度中に公表する予定である。

自然科学・技術の他分野と同様、トライボロジーにおいてもデータ科学の波は否応なしに来ているのが現状であるが、今後も学会活動において効果的な利活用を紹介・議論・展開していくべきと考えられる。

文献

- 1) 日本トライボロジー学会編：トライボロジスト、67巻 12号 (2022).