

# 機械学習の異分野応用

野 中 尋 史

## 1. はじめに

現代の科学技術の発展に伴い、膨大なデータが生成され、さまざまな分野でのデータ解析の重要性が増している。このような状況において、データから有益な情報を抽出し、意思決定を支援するための手段として、機械学習は極めて重要な技術となっている。本論文では、技術文献解析、ものづくり、医療の各分野において著者らのグループが開発した機械学習手法について紹介する。

## 2. 機械学習と技術文献解析

課題解決のためにどのようなデータや機械学習手法を使用すべきか適切なものを選択することは機械学習に関する知識だけではなく解析対象分野のドメイン知識も必要であり難しいタスクとなっている。従来研究においても論文や特許文献から手法適用に関する情報を抽出しどのような技術・データが必要とされるのか分析する研究が提案されている。深層学習モデル以前に実施した研究[1]では特許を対象に使用している技術を抽出し、同義語のまとめ上げも行っている。一方で近年では深層学習、特に大規模言語モデルの活用が進んでおり、技術文献解析でも活用されている。Nishioらの研究[2]では、大規模言語モデルLlama2およびEmbeddingモデルE5を利用して課題と機械学習手法、データセット名を同時に抽出したうえで共起グラフのネットワーククラスタリングにより課題/機械学習手法/データセットの間の関連性を分析する手法を提案し、新しい研究トレンドの抽出が可能になるなどの手法の実用性を示している。

一方、特許価値を評価することは新技術の発見や技術動向分析に役立ち、R&D戦略策定に有益である。また、特許情報はM&Aをはじめとする投資戦略策定の際に重要となる企業価値の評価に応用できることも示唆されている。これらのことから、技術トレンドを分析する手法としての主流は特許文書中の引用情報に基づくものである。特にHITSやPageRankのように引用ネットワーク構造を評価する手法を用いて技術トレンドを分析する手法が確立されている

[3, 4]。特許価値については、引用だけでなく様々な観点での評価が考えられる。Marusakiらは権利期間の長期予測について、古典的なハザードモデルを深層学習に拡張したニューラルハザードモデルの利用により従来法よりパフォーマンスを大幅に向上したモデルを提案している[5]。

研究論文と紐づくデータセットの融合可能性についてデータセットの類似性計測尺度についての検討も進めている。Sakumotoらの研究では、データセットのタイトル名やデータセット中の項目名に関する素性をベースにドメインごとの類似性尺度を提案している。将来的にデータセットを融合し新たな研究を提案する自動推薦システムの開発に応用することを目指している[6]。

### 3. 機械学習とものづくり

ものづくり分野において作業時間の最適化は重要な課題となっている。従来、数理最適化手法は製造業に適用されており、生産スケジューリングは最も重要な問題の一つであり、活発に研究されていた。既存の研究では、処理時間は既知であるか、単純な分布に従うと仮定しているものがほとんどであるが、工場での実際の処理時間は未知である場合が多く、複雑な分布に従う可能性がある。そこで、研究[7]では、機械学習モデルを使用して処理時間を推定し、未知で複雑な分布に従う処理時間に基づくスケジューリング最適化のフレームワークを示した。一方、作業時間推定は画像情報を使って行うこともできる。研究[8]では画像セグメンテーションモデルを用いて作業検出モデルの画像エンコーダモジュールを事前学習し作業時間を推定する手法を提案した。

エネルギーに関連するものづくり分野でも機械学習は利用可能である。電子機器の小型化と複雑化に伴い、放熱性能を確保するための熱設計最適化の重要性が高まっているが、熱設計最適化は、パッケージングや発熱部品の過渡温度変化に関連するさまざまなトレードオフを考慮する必要があるため困難であった。研究[9]では、ガウス過程を用いたBOを集中容量熱ネットワークモデルと組み合わせ、熱設計最適化を行う手法を提案し、有効性を示した。一方、両面太陽光発電(BPV)システムを追跡するための深層強化学習(深層RL)に基づく最適傾斜角制御を開発し、5年間にわたって仮想システムをシミュレートすることにより、その有効性と特性も検証している[10]。消費電力削減や計算速度改善のためのニューラルネットワーク自体の回路化についても試みている。

具体的には、磁気光学回折型ディープニューラルネットワークを提案し、MNISTデータセットに対して90%を超える分類精度を示した[11, 12]。

#### 4. 機械学習とサービス

広告サービスはサービス業において巨大な産業となっている。こうした中で、購入意思と購入決定への広告の影響分析は重要な研究テーマとなっている。研究 [13] では、広告接触時間と属性データに基づいていくつかの予測モデルを構築し、実際の予測可能性を調査し手法の有効性を明らかにしている。一方で、オンラインレビューはサービスの評価に大きな影響を与えている。研究 [14] では、ホテルに関するレビューを大規模に収集し、キーワードを抽出して、文章の感情を分類し感情決定の要因分析を行う機械学習モデルを提案した [15, 16]。同様に不動産分野でもレビューにおける感情決定要因分析を行う手法を提案している [17]。

#### 5. 医療と機械学習

医療分野でも機械学習モデルの応用はホットトピックになっている。研究 [18] ではB型肝炎ウイルス感染の水平感染の潜在的リスクを理解するため、ロジスティック回帰ベースでの解析を行っている。一方、非活動性キャリア患者の日常臨床診療におけるHBsAgレベルの変化を予測するための最適なディープラーニングモデルの開発も行い、臨床研究において有用であることを明らかにしている [19]。また、国指定の難病である自己免疫性肺胞蛋白症 (APAP) に対してCT密度分布の変化の3次元分析を行い症状の判定を行う手法の確立も行っている [20]。

臨床データだけでなくレセプトデータに関する機械学習モデルの開発も行っている。レセプトデータにおいては、罹患している傷病の判定に関する記録(たとえば不眠症など)とコストに相当する診断内容ごとの診療点数に関する記録(たとえばCT撮影など)に分かれ個別傷病ごとの医療費を直接算出することはできない。このため、多疾患併存の患者において個別の傷病ごとや罹患している疾患群ごとのコスト分析を行うことができない問題があった。「疾患の組み合わせのグループ化とグループごとの費用の導出」を行ったうえで「疾患の組み合わせの中でどのような個別疾患が費用的に問題となっているのか」につい

て分析する手法の確立が求められている。かかる課題を解決するために筆者らの研究グループで開発した「トピックモデルを用いて共起しやすい疾患群をトピックとして導出したうえで、多疾患併存を加味した個別疾患の医療費の期待値を算出する手法」を提案している [21]。結果から医療費の面ですでに問題となっている高血圧症などの成人病に関連した疾患のコストが高いことがわかった。一方で不眠症や便秘などの症状に軽いとされる疾患が上位に位置していた。これらの症状はほかの疾患と共起しやすく、トピックをまたがって出現しやすいえに各トピックにおける生成確率も高めであるため医療費の期待値が高くなったものと考えられる。このことから医療費抑制のためには成人病予防が重要であることに加えて不眠症などのさまざまな多疾患併存の類型に含まれる疾患についても対策の必要があることがわかった。

体に関する様々な指標についての解析も行っている。高齢者の加齢に伴う体組成の変化は身体機能の低下や疾病発症リスクの増加と関連しているおり、その変化を分析することは極めて重要となる。研究 [22] では、加齢の影響を受けやすい部位と体組成の変化を特定することを目的とした直接部位別多周波生体電気インピーダンス法ベースでの、ブートストラップを活用した統計的仮説検定により分析する手法を開発した。一方、無酸素作業閾値(AT)はリハビリテーションで重要となる指標であるが、定量的に計測することが難しく現在は理学療法士などの専門家が手作業で判定を行っている。そこで研究 [23] では回帰における時系列変化抽出を行うStrucchange法を使用した自動計測手法を開発し、検証実験の結果、その有効性を示している。

## 6. ま と め

本論文では、著者らのグループによる様々な分野における機械学習の応用についての研究の紹介を行った。今後は大規模言語モデルをはじめとする生成モデルを各分野で有効活用する手法の開発を進めていきたいと考えている。

## 《参考文献》

- [1] Hirofumi Nonaka, Akio Kobayashi, Hiroki Sakaji, Yusuke Suzuki, Hiroyuki Sakai, Shigeru Masuyama, Extraction of Effect and Technology Terms from a Patent Document, Journal of Japan Industrial Management Association, vol.63, no. 2E, pp.105-111, 2012.
- [2] Sayaka Nishio, Hirofumi Nonaka, Nanami Tsuchiya, Aderu Migita, Yuya Banno, Hiroki Sakaji, Teruaki Hayashi, Kohei Watabe, Takeshi Sakumoto, "Extraction of Research Objectives, Machine Learning Model Names, and Dataset Names from Academic Papers and Analysis of Their Interrelationships Using Llm and Network Analysis," The IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM 2024), 2024. (accepted)
- [3] Asahi Hentona, Hirofumi Nonaka, Kensei Nakai, Takeshi Sakumoto, Shotaro Kataoka, Elisa Claire Aleman Carreon, Hugo Alberto Mendoza Espana, Toru Hiraoka, Masaharu Hirota, Community Detection and Growth Potential Prediction from Patent Citation Networks, Proc. of 2018 ACM International Conference on Management of Digital EcoSystems (ACM MEDES), 2018.
- [4] Kensei Nakai, Hirofumi Nonaka, Asahi Hentona, Yuki Kanai, Takeshi Sakumoto, Shotaro Kataoka, Elisa Claire Aleman Carreon, Toru Hiraoka, Community Detection and Growth Potential Prediction Using the Stochastic Block Model and the Long Short-term Memory from Patent Citation Networks, Proc. of 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEE IEEM) , Singapore, 2018.
- [5] Marusaki Koji, Kensei Nakai, Shotaro Kataoka, Seiya Kawano, Asahi Hentona, Takeshi Sakumoto, Yuta Yamamoto, Kaede Mori, and Hirofumi Nonaka. "A study on patent term prediction by survival time analysis using neural hazard model.", Technological Forecasting and Social Change, Vol.203, 123390, 2024.
- [6] Takeshi Sakumoto, Teruaki Hayashi, Hiroki Sakaji, Hirofumi Nonaka, Metadata-based Clustering and Selection of Metadata Items for Similar Dataset Discovery and Data Combination Tasks, IEEE Access, 1-1, 2024.
- [7] Hirochika Yamashiro, Hirofumi Nonaka, Estimation of processing time using machine learning and real factory data for optimization of parallel machine scheduling problem,

Operations Research Perspectives, Elsevier, Vol.8, 100196, 2021.

- [ 8 ]Shotaro Kataoka, Tetsuro Ito, Genki Iwaka, Masashi Oba, Hirofumi Nonaka, Improving work detection by segmentation heuristics pre-training on factory operations video, PloS one, 17(6), e0267457, 2022.
- [ 9 ]Daiki Otaki, Hirofumi Nonaka, Noboru Yamada, Thermal design optimization of electronic circuit board layout with transient heating chips by using Bayesian optimization and thermal network model, International Journal of Heat and Mass Transfer, 184, 2022.
- [10]Shuto Tsuchida, Hirofumi Nonaka, Noboru Yamada, Deep Reinforcement Learning for the Optimal Angle Control of Tracking Bifacial Photovoltaic Systems, Energies, 2022.
- [11]Hotaka Sakaguchi, Takumi Fujita, Jian Zhang, Satoshi Sumi, Hiroyuki Awano, Hirofumi Nonaka, Takayuki Ishibashi, Development of fabrication techniques for magneto-optical diffractive deep neural networks, IEEE Transactions on Magnetics, 1-1, 2023.
- [12]Takumi Fujita, Hotaka Sakaguchi, Jian Zhang, Hirofumi Nonaka, Satoshi Sumi, Hiroyuki Awano, Takayuki Ishibashi, Magneto-optical diffractive deep neural network, Optics express 30(20) 36889-36899, 2022.
- [13]Elisa Alemán, Asahi Hentona, Hirochika Yamashiro, Hirofumi Nonaka, Measuring the Influence of Mere Exposure Effect of TV Commercial Adverts on Purchase Behavior based on Machine Learning Prediction Models, Information Processing and Management, Elsevier, Vol.56, No.4, pp.1339-1355, 2019.
- [14]Elisa Claire Aleman Carreon, Hirofumi Nonaka, Toru Hiraoka, Differences in Chinese and Western tourists faced with Japanese hospitality: A natural language processing approach, Information Technology and Tourism 23(3) 381-438 2021.
- [15]Elisa Claire Aleman Carreon, Hirofumi Nonaka, Toru Hiraoka, Differences in Chinese and Western tourists faced with Japanese hospitality: A natural language processing approach, Information Technology and Tourism 23(3) 381-438 2021.
- [16]Elisa Claire Aleman Carreon, Hirofumi Nonaka, Toru Hiraoka, Emotional Contribution Analysis of Online Reviews, Proc. of The 2018 International Conference on Artificial Life and Robotics, 2018.
- [17]Hiroki Horino, Hirofumi Nonaka, Toru Hiraoka, Elisa Claire Aleman Carreon, Development of an Entropy-based Feature Selection Method and Analysis of Online

- Reviews on Real Estate, Proc. of 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEE IEEM), Singapore, 2017.
- [18] Kamimura Hiroteru, Jun Watanabe, Tomoyuki Sugano, Junji Kohisa, Hiroyuki Abe, Kenya Kamimura, Atsunori Tsuchiya, Masaaki Takamura, Shogo Okoshi, Yoshinari Tanabe, Ritsuo Takagi, Hirofumi Nonaka, Shuji Terai, Relationship between detection of hepatitis B virus in saliva and periodontal disease in hepatitis B virus carriers in Japan, *Journal of Infection and Chemotherapy*, Elsevier, Vol.27, Issue.3, pp.492-496, 2020.
- [19] Hiroteru Kamimura, Hirofumi Nonaka, Masaya Mori, Taichi Kobayashi, Toru Setsu, Kenya Kamimura, Atsunori Tsuchiya, Shuji Terai, Use of a Deep Learning Approach for the Sensitive Prediction of Hepatitis B Surface Antigen Levels in Inactive Carrier Patients, *Journal of Clinical Medicine*, 11 (2), 2022.
- [20] Miku Oda, Kentaro Yamaura, Haruyuki Ishii, Nobutaka Kitamura, Ryushi Tazawa, Mitsuhiro Abe, Koichiro Tatsumi, Ryosuke Eda, Shotaro Kondoh, Konosuke Morimoto, Takeshi Tanaka, Etsuro Yamaguchi, Ayumu Takahashi, Shinyu Izumi, Haruhito Sugiyama, Atsushi Nakagawa, Keisuke Tomii, Masaru Suzuki, Satoshi Konno, Shinya Ohkouchi, Naoki Tode, Tomohiro Handa, Toyohiro Hirai, Yoshikazu Inoue, Toru Arai, Katsuaki Asakawa, Takahiro Tanaka, Toshinori Takada, Hirofumi Nonaka, Koh Nakata, Quantitative Evaluation of Changes in Three-Dimensional CT Density Distributions in Pulmonary Alveolar Proteinosis after GM-CSF Inhalation, *Respiration: international review of thoracic diseases*, 1-9, 2022.
- [21] 野中尋史、トピックモデルをベースとするレセプトデータの解析、計測と制御 62 (2) , 79-81, 2023.
- [22] Masaya Mori, Roberto Gonzalez Flores, Hiroteru Kamimura, Kentaro Yamaura, Hirofumi Nonaka, An Analytical Investigation of Body Parts More Susceptible to Aging and Composition Changes Using Statistical Hypothesis Testing, *Healthcare Analytics*, 5, 100284. 2024.
- [23] Takenori Aida, Akira Shionoya, Hirofumi Nonaka, Kouji Hayami, Hisashi Uchiyama, Masahiro Nagamori, Satoshi Ohhashi, Mai Kobayashi, Tsugumi Takayama, Shinji Kimura, Exploration of an Inflection Point of Ventilation Parameters with Anaerobic Threshold Using Strucchange, *Sensors*, 22(7), 2022.