

深層学習を利用したコミュニケーションロボットに関する研究

研究代表者 尾形 哲也
(基幹理工学部 表現工学科 教授)

1. 研究課題

本研究では、深層学習によるロボット行動学習と言語学習を融合研究、コミュニケーション研究を発展させることにより、環境認知や言語処理といったコミュニケーションに必要な高次認知能力を自律的に獲得することを目的とする。最終的には実ロボットを用いて、人間との協働を必要とするような実作業で評価を行う。

2. 主な研究成果

2.1.1 End2End 動作学習ロボットのライブデモンストレーション

2024 年 5 月にパシフィコ横浜で開催された、世界最大級のロボット国際会議 IEEE ICRA2024 にて、これまでの研究成果をまとめる形で、人型ロボット Dry-AIREC による複数のデモンストレーションを実施した。具体的には、柔軟関節機構を活用した机拭きおよびスクランブルエッグの調理に加え、日立製作所との共同研究により、独自の深層予測学習を用いた洗濯物の取り込みを披露した。また、データ収集用に日立製作所と共同開発した AIREC-Basic を用いて、ドア開けおよび通り抜けのタスクも実施した。

AIREC-Basic はその後も改良を重ね、2025 年 3 月には日本科学未来館において、洗濯機から洗濯物を取り出す自律デモンストレーションをライブで実現している。

これらの成果はいずれも、End2End ロボット制御における重要な進展であり、多くのメディアからも注目を集めた。

2.1.2 LLM による対話型タスク計画を用いた物体検出の予測修正

本研究では、大規模言語モデル (LLM) を活用し、ロボットの物体認識の精度を高める手法を提案した。従来、LLM はタスク計画に主に使われ、物体認識とは切り離されて扱われることが多かった。そのため、タスク計画を修正しても、物体認識には十分に反映されないという課題があった。

そこで本年度、LLM の予測修正能力を物体認識にも応用し、対話を通じて得られた情報が認識結果にどのように影響するかを検証した。これにより、曖昧な指示にも対応しながら、情報収集と認識結果の修正が可能になることを示した。また対話と物体検出を組み合わせた複数の実験により、本手法の有効性を確認できた。

2.1.4 不確実な環境におけるアロスタシスの計算論モデル

アロスタシスとは、生物が変化し続ける環境の中で内部の状態を安定させ、生命を維持するための調整プロセスである。近年、アロスタシスを説明するための変分ベイズニューラルネットワークモデルが提案され、生物の自己調整機構を数理的に捉える試みが進められている。

本研究では、この先行研究のモデルを用いて、感覚情報（外部からの入力）と目標状態（生物が維持したい状態）のバランスを考慮し、不確実な環境下でアロスタシスがどのように働くかを検討した。

シミュレーション実験の結果、目標指向性が高い場合（つまり、目標を強く意識して行動する場合）でも、環境に不確実性があってもアロスタシスがうまく機能することが確認された。この結果は、変分ベイズモデルがアロスタシスのメカニズムを理解するために有用な枠組みとなる可能性を示唆している。



図 1 IEEE ICRA2024 における Dry-AIREC デモンストレーション
左から、拭き掃除、スクランブルエッグ調理、洗濯物取り込み

3. 共同研究者

森 裕紀（次世代ロボット研究機構・客員主任研究員）

4. 研究業績

4.1 学術論文/国際論文（査読付のみ）

- [1] Kazuki Hori, Kanata Suzuki, and Tetsuya Ogata: Enhancement of Long-Horizon Task Planning via Active and Passive Modification in Large Language Models, Scientific Reports 15, Article number: 7113, (IF: 3.8), accepted, Feb. 2025.
- [2] Xianbo Cai, Hiroshi Ito, Hyogo Hiruma, and Tetsuya Ogata: 3D Space Perception via Disparity Learning Using Stereo Images and an Attention Mechanism: Real-Time Grasping Motion Generation for Transparent Objects, IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L) (IF: 5.2), Vol. 9, Issue: 12, Dec. 2024. DOI: 10.1109/LRA.2024.3497663
- [3] Gangadhara Naga Sai Gubbala, Masato Nagashima, Hiroki Mori, Young ah Seong, Hiroki Sato, Ryuma Niiyama, Yuki Suga, and Tetsuya Ogata: Augmenting Compliance to Motion Generation through Imitation Learning with Drop-stitch Reinforced Inflatable Arm with Rigid Joints, IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L) (IF: 5.2), accepted, July. 2024. DOI: 10.1109/LRA.2024.3446270
- [4] Simon Gormuzov, Yushi Wang, PIN-CHU YANG, Tamon Miyake, Tetsuya Ogata, and Shigeki Sugano: Developing a Framework for Natural Human Movement Mimicry of Low-Dynamic Motions in Based Humanoids, Proceeding of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2025), accepted, Munich, Germany, Jan. 21-24, 2025.
- [5] Ryuya Shuto, PIN-CHU YANG, Naoki Hashimoto, Mohammed Al-Sada, and Tetsuya Ogata: Teleoperation experience like VR games: Generating object-grasping motions based on predictive learning, Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2025), accepted, Munich, Germany, Jan. 21-24, 2025.
- [6] Mone Tamaki, Ryoichi Nakajo, Natsuki Yamanobe, Yukiyasu Domae, and Tetsuya Ogata: Predicting human behavior using knowledge information in jig operation and Robot collaborative action generation,

Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2025), accepted, Munich, Germany, Jan. 21-24, 2025.

[7] Gangadhara Naga Sai Gubbala, Masato Nagashima, Hiroki Mori, Young Ah Seong, Hiroki Sato, Ryuma Niiyama, Yuki Suga, and Tetsuya Ogata: Deformation Analysis and Prediction of Drop-Stitch Reinforced Inflatable Robot Link for 1DOF and 2DOF Motion, Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2025), accepted, Munich, Germany, Jan. 21-24, 2025.

[8] Daiki Goto, Hayato Idei, and Tetsuya Ogata: Computational Simulation of Wisconsin Card Sorting Task by using Variational Recurrent Neural Network based on the free energy principle, Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2025), accepted, Munich, Germany, Jan. 21-24, 2025.

[9] Shardul Kulkarni, Satoshi Funabashi, Alexander Schmitz, Tetsuya Ogata, and Shigeki Sugano: Multifingered Object Recognition with Tactile Sensors and Graph Convolutional Networks using Topological Graph Segmentation, Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2025), accepted, Munich, Germany, Jan. 21-24, 2025.

[10] Genki Shikada, Simon Armleder, Hiroshi Ito, Gordon Cheng, and Tetsuya Ogata: Real-time Coordinated Motion Generation: A Hierarchical Deep Predictive Learning Model for Bimanual Tasks, Proceedings of 2024 IEEE/RAS International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2024), Accepted, (acceptance rate 47.5%), Abu Dhabi, UAE, October 14-18, 2024.

[11] Takahisa Ueno, Satoshi Funabashi, Hiroshi Ito, Alexander Schmitz, Shardul Kulkarni, Tetsuya Ogata, and Shigeki Sugano: Multi-Fingered Dragging of Unknown Objects and Orientations Using Distributed Tactile Information Through Vision-Transformer and LSTM, Proceedings of 2024 IEEE/RAS International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2024), Accepted, (acceptance rate 47.5%), Abu Dhabi, UAE, October 14-18, 2024.

[12] Kanata Suzuki, and Tetsuya Ogata: Sensorimotor Attention and Language-based Regressions in Shared Latent Variables for Integrating Robot Motion Learning and LLM, Proceedings of 2024 IEEE/RAS International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2024), Accepted, (acceptance rate 47.5%), Abu Dhabi, UAE, October 14-18, 2024.

[13] Hideyuki Ichiwara, Hiroshi Ito, Kenjiro Yamamoto, Tetsuya Ogata: Retry-behavior Emergence for Robot-Motion Learning Without Teaching and Subtask Design, IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM2024), accepted, Boston, MA, USA, on July 15-18, 2024.

4.2 総説・著書

[1] 尾形哲也：特集記事：AI ロボットの未来に関する一考察, 情報処理 特集別刷「未来予測技術で何ができるの？」(2024 年 12 月号), 2024 年 11 月 15 日

[2] 尾形哲也、特集：AI とロボットが融合する未来～次世代ロボットのビジョン～, JPCA NEWS 9 月号, 一般社団法人日本電子回路工業会, 2024 年 9 月 2 日

[3] 尾形哲也、Comment: Bridging the gap between AI and robotics, Nature Reviews Electrical Engineering, Vol. 1, pp. 491-492, July 24th, 2024. DOI: 10.1038/s44287-024-00079-w

4.3 招待講演

[1] 尾形哲也、次世代のロボット基盤モデルの展望とその応用可能性, Japan AI Day カンファレンスセッション, NVIDIA GTC, 2025 年 3 月 21 日 (録画講演)

- [2] 尾形哲也、ロボット基盤モデルにおける学習と推論のアプローチ, 第 8 回 Generative AI 勉強会, KAWARUBA, 川崎重工業, 2025 年 2 月 5 日
- [3] 尾形哲也、基調講演: 発達ロボティクスの視点から見たロボット基盤モデル, ものづくり AI・データ活用 DAY2025, 2025 年 1 月 30 日 (録画講演)
- [4] 尾形哲也、認知ロボティクス進化の側から見たフィジカルインテリジェンス, 次世代 AI と医学の可能性シンポジウム〜フィジカルインテリジェンス〜, 鹿田会館講堂, 岡山大学, 2025 年 1 月 28 日
- [5] 尾形哲也、Predictive Inference for Efficient AI on Robots, Workshop on Predictive Inference for Efficient AI on Robots, IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2025), Jan. 21st, 2025.
- [6] 尾形哲也、ロボットのための生成 AI と能動的推論, GPU UNITE 2024, KANDA SQUARE HALL, 2024 年 12 月 12 日
- [7] 尾形哲也、パネリスト: パネル「総合知による人類への貢献」, 早稲田オープン・イノベーション・フォーラム 2024, 三井住友銀行東館ライジング・スクエア, 2024 年 11 月 21 日
- [8] 尾形哲也、特別講演: 生成 AI による実環境インタラクションと汎用ロボットの可能性, AI・人工知能 EXPO【秋】, 幕張メッセ, 2024 年 11 月 20 日
- [9] 尾形哲也、Invited Lecture: Toward a General-Purpose AI Robot to Assist Humans, EASE Fall School, Bremen, Germany, Nov. 13th, 2024.
- [10] 尾形哲也、Panelist: Workshop on Collecting, Managing and Utilizing Data through Embodied Robots, IEEE/RSJ IROS2024, Abu Dhabi, UAE, Oct. 14th, 2024.
- [11] 尾形哲也、パネリスト: 人と技術のソーシャル・イノベーション: ○○社会をデザインする, 日本ソーシャル・イノベーション学会, 早稲田大学, 2024 年 9 月 15 日
- [12] 尾形哲也、基調講演: スマートロボットの時代〜AI とロボットの共進化〜, DX&AI Forum 2024, 東京コンファレンスセンター・品川, 2024 年 9 月 13 日
- [13] 尾形哲也、AI とロボットの進化の現状と将来展望, 第 93 回 WIN 定例講演会・第 48 人間情報学会講演会, お茶の水大学, 2024 年 9 月 12 日
- [14] 尾形哲也、チュートリアル: IEEE ITS Society 名古屋チャプタ 2024 年度第 1 回講演会「製造業における AI 技術の未来を探る: 基礎から産業応用まで」, 名城大学天白キャンパス, 2024 年 8 月 26 日
- [15] 尾形哲也、講座: 人間を支援する汎用型の AI ロボットへ向けて, 次世代向け 2024 年夏 AI セミナー, 人工知能学会, 早稲田大学リサーチイノベーションセンター, 2024 年 8 月 1 日
- [16] 尾形哲也、Talk: Design of Deep Learning for Robotics and Applications, Tech Pulse Session 02, IEEE WIE SL Section in collaboration with the IEEE RAS Sri Lanka Chapter and the IEEE CIS Sri Lanka Chapter, Online, June 27th, 2024.
- [17] 尾形哲也、基調講演: AI とロボットが融合する未来〜次世代ロボットのビジョン〜, 電子機器トータルソリューション展 2024, 東京ビッグサイト, 2024 年 6 月 14 日
- [18] 尾形哲也、話題提供&パネリスト: 次世代 AI モデルの研究開発へ, 人工知能学会全国大会企画セッション, アクトシティ浜松&オンライン, 2024 年 5 月 30 日
- [19] 尾形哲也、講演: 大規模マルチモーダル物理基盤モデルとしてのロボティクス, 第 152 回ロボット工学セミナー, 日立製作所中央研究所, 2024 年 5 月 23 日.

[20] 尾形 哲也、Invited Talk: Deep predictive learning for robot task learning in real world, MyoSymposium'24, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2024), Yokohama, Japan, May 17th, 2024.

[21] 尾形 哲也、Invited Talk: Implementation of deep predictive learning for multiple robot tasks (tentative), 2nd Workshop on Mobile Manipulation and Embodied Intelligence (MOMA.v2), IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2024), Yokohama, Japan, May 13th, 2024.

[22] 尾形 哲也、講演：次世代 AI としての知能の身体化 -AI ロボットの新展開、人工知能エレクトロニクス卓越大学院プログラム講演会、東北大学工学部中央棟大会議室、2024 年 5 月 8 日

4.4 受賞・表彰

2024 年 Best paper award, Advanced Robotics, 日本ロボット学会欧文誌 (2024 年 9 月)

2024 年 FA 財団論文賞 (2024 年 12 月)

2025 年 Best paper award, IEEE/SICE SII2025. (2025 年 1 月)

4.5 学会および社会的活動

科学技術振興機構 ACT-X 研究「AI 活用学問革新」領域アドバイザー

一般社団法人日本ディープラーニング協会理事

全国高等専門学校ディープラーニングコンテスト DCON 技術審査員

発達神経科学会理事

Senior Editor of IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L)

Special Chief Editor, Robot Learning and Evolution, Frontiers in Robotics & AI

科学技術振興機構研究開発戦略センター第 1 AI・情報分野委員会委員

科学技術振興機構 国家戦略分野の若手研究者及び博士後期課程学生の育成事業 (BOOST) 運営委員

文部科学省 科学技術・学術審議会専門委員

科学技術振興機構さきがけ研究「研究開発プロセス革新」領域アドバイザー

国立情報学研究所大規模言語モデル研究開発センター 客員教授 (URL)

科学技術振興機構 CREST 研究「実環境知能システム」領域研究総括

一般社団法人 AI ロボット協会理事長

など

5. 研究活動の課題と展望

今後は、引き続き、内閣府プロジェクトムーンショット、国立情報学研究所などの支援を受けつつ、実世界タスク学習と、大規模言語モデルとの統合を通じた、ロボット基盤モデル研究を展開する。また理工総合研究所における、企業との共同研究を拡大していくことを検討する。また 2025 年の大阪万博でのデモンストラレーションの準備を進めていく。