

# ロボット基盤モデルに基づく身体知に関する研究

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

以下に 2025 年度成果の一部を示す。

### 2.1 End2End 動作学習ロボットのライブデモンストレーション

2025 年 8 月に大阪万博にて、これまでの研究成果をまとめる形で、人型ロボット Dry-AIREC, AIREC-Basic による複数のデモンストレーションを二週間に渡って実施した。具体的には、力触覚学習を用いた靴下履き介助、超音波診断、そして洗濯物取り出しと、衣類折り畳みのデモである。特に折り畳みデモは T シャツやズボンなどを 4300 回にもわたり実現したのみにならず、バイラテラル制御を用いた模倣学習のデモなどを行った。

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、メジャーな Youtube メディアなどから多くの注目を集めた。

### 2.2 LLM による対話型タスク計画を用いた Behavior Tree の自動生成

本研究では、大規模言語モデル (LLM) を用いた対話型行動計画により生成した Behavior Tree (BT) を実ロボットに適用し、長期タスクを最初から最後まで遂行可能であるかを検証した。特に、対話型行動計画における質問応答コストの増大という課題に対し、Mixture of Agents (MoA) による代理回答を組み込むことで、人間の介入を抑えつつタスク仕様を具体化する枠組みを構築した。評価指標を用いた BT 生成実験では、代理回答を併用した場合でも、人間が全ての質問に回答した場合と同程度の構造的・意味的品質を持つ BT が生成されることを確認した。さらに、生成された BT を用いて、複数の動作生成モデルを切り替えながら実ロボットによるスムーズな作成タスクを遂行し、実ロボットを用いて対話型行動計画が実環境における長期タスク管理に有効であることを示した。これらの一連の研究は、Scientific Report などのジャーナル、複数の国際会議に採択されている。

### 2.3 実験自動化のためのコンパクトなタスク整列型模倣学習

ロボットによるラボオートメーションは、従来、精密に設計されたモーションパイプラインとタスク固有のハードウェアインタフェースに依存してきたため、高い設計コストと限定的な柔軟性が課題となっていた。近年の模倣学習技術は汎用的なロボット行動を生成できるものの、モデルサイズが大きいため高性能な計算資源を必要とし、実際の実験室環境への適用を制限している。本研究では、小規模な基盤モデルを用いたラボオートメーションのための、コンパクトな模倣学習フレームワークを提案する。提案手法「TVF-DiT」は、コンパクトなアダプターを介して自己教師あり視覚

基盤モデルと視覚言語モデル (VLM) をアライメントさせ、これらを Diffusion Transformer ベースの行動エキスパートと統合する。モデル全体のパラメータ数は 500M 未満に抑えられており、低 VRAM の GPU 上での推論を可能にする。3 つの実世界での実験タスク (試験管の洗浄、試験管の整列、粉末の移し替え) における評価実験では、平均成功率 86.6% を達成し、他の軽量なベースライン手法を大幅に上回った。さらに、詳細なタスクプロンプトが視覚と言語の整列およびタスク性能を向上させることを確認した。



図 1 大阪万博における Dry-AIREC と AIREC-Basic のデモンストレーション  
左から、靴下着衣補助、衣類折り畳み

### 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] Takuma Tsukakoshi, Tamon Miyake, Tetsuya Ogata, Yushi Wang, Takumi Akaishi, and Shigeki Sugano: Close-Fitting Dressing Assistance Based on State Estimation of Feet and Garments with Semantic-based Visual Attention, IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L) (IF: 5.4), accepted, January 2026.
- [2] Hayato Idei, Jun Tani, Tetsuya Ogata, and Yuichi Yamashita: Future shapes present: autonomous goal-directed and sensory-focused mode switching in a Bayesian allostatic network model, Npj Complexity, accepted, May 2025.
- [3] Hiroshi Ito, Yoshiki Kanai, Akira Kanazawa, Hideyuki Ichiwara, Takahiro Yoshida, Naoaki Noguchi, and Tetsuya Ogata: AIREC-Basic: Consistent Demonstration Data Collection for Imitation Learning with Redundant Robot Arms, Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2026), accepted, Cancun, Mexico, Jan. 11-14, 2026.
- [4] Gangadhara Naga Sai Gubbala, Hibiki Nakagawa, Hiroki Uchida, Masato Nagashima, Hiroki Mori, Young Ah Seong, Hiroki Sato, Ryuma Niiyama, Yuki Suga, and Tetsuya Ogata: Design Concept and Applications of Inflatable Robots: Single and Dual Arm with Internal Drop-Stitch Structure and Rigid Joints, Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2026), accepted, Cancun, Mexico, Jan. 11-14, 2026.
- [5] Riko Kawata, Hyogo Hiruma, Hiroshi Ito, Tetsuya Ogata, and Shigeki Sugano: QDM-RNN: Acquisition of High-speed and Robust Behavior from Low-speed Demonstrations, Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2026), accepted, Cancun, Mexico, Jan. 11-14, 2026.

- [6] Masaki Yoshikawa, Hiroshi Ito, Hyogo Hiruma, and Tetsuya Ogata: Grasping Motion Generation for Deformable Objects under Dynamic Position Changes via Variance Prediction, Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2026), accepted, Cancun, Mexico, Jan. 11-14, 2026.
- [7] Shardul Kulkarni, Satoshi Funabashi, Alexander Schmitz, Tetsuya Ogata, and Shigeki Sugano: Hypergraph Convolutional Networks Based Spatial Tactile Modeling for Object Geometric Property Recognition, Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2026), accepted, Cancun, Mexico, Jan. 11-14, 2026.
- [8] Hyogo Hiruma, Hiroshi Ito, and Tetsuya Ogata: UF-RNN: Real-Time Adaptive Motion Generation Using Uncertainty-Driven Foresight Prediction, Proceedings of 2025 IEEE/RAS International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2025), Accepted, (acceptance rate 46%), Hangzhou, China, October 19-25, 2025.
- [9] Tamon Miyake, Namiko Saito, Tetsuya Ogata, Yushi Wang, and Shigeki Sugano: Deep Predictive Learning with Proprioceptive and Visual Attention for Humanoid Robot Repositioning Assistance, Proceedings of 2025 IEEE/RAS International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2025), Accepted, (acceptance rate 46%), Hangzhou, China, October 19-25, 2025.
- [10] Kanata Suzuki, Akane Ushizaka, Kazuki Hori, and Tetsuya Ogata: Interactive Object Detection by Mitigating Uncertainty of Robot Task Plans using Large Language Model, Proceedings of 2025 IEEE/RAS International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2025), Accepted, (acceptance rate 46%), Hangzhou, China, October 19-25, 2025.
- [11] Namiko Saito, Mayu Tatsumi, Ayuna Kubo, Kanata Suzuki, Hiroshi Ito, Shigeki Sugano, Tetsuya Ogata: Learning Multimodal Attention for Manipulating Deformable Objects with Changing States, Proceedings of IEEE-RAS 24th International Conference on Humanoid Robots (Humanoids 2025), Accepted (acceptance rate 60%), Seoul, South Korea, September 30 – October 2, 2025.
- [12] Hyogo Hiruma, Hiroshi Ito, Hiroki Mori, and Tetsuya Ogata: A3RNN: Bi-directional Fusion of Bottom-up and Top-down Process for Developmental Visual Attention in Robots, Proceedings of 13th IEEE International Conference on Development and Learning 2025 (ICDL 2025), accepted for Oral Presentation, Prague, Czech Republic, September 16-19, 2025.
- [13] Daiki Goto, Hayato Idei, Yuji Shiozuka, and Tetsuya Ogata: Performance of large language models and analysis of responses in the Wisconsin card sorting task, Proceedings of 13th IEEE International Conference on Development and Learning 2025 (ICDL 2025), accepted for Poster Presentation, Prague, Czech Republic, September 16-19, 2025.
- [14] Sixia Li, Tamon Miyake, Tetsuya Ogata, Shigeki Sugano, and Shogo Okada: Autonomous dialogue generation based on phase boundary detection within continuous motion for domestic robot, Proceedings of 34th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2025), accepted, Eindhoven, the Netherlands, August 25-29, 2025.
- [15] Satoshi Funabashi, Atsumu Hiramoto, Naoya Chiba, Alexander Schmitz, Shardul Kulkarni, and Tetsuya Ogata: Focused Blind Switching Manipulation Based on Constrained and Regional Touch States of Multi-Fingered Hand Using Deep Learning, 2025 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2025), Accepted, (acceptance rate 38.67%), Atlanta, USA, May 19-23, 2025.

[1] 解説：予測符号化の立場からみた Physical AI の将来, 特集 脳と AI 脳科学と人工知能研究の未来, 生体の科学 Vol.77 No.1, 2026 年 2 月

#### 4.3 招待講演

- [1] パネル：フィジカル AI～AI×ロボットで世界を牽引する日本モデルを打ち立てる～, G1 サミット, ルスツリゾートホテル&コンベンション (オンライン出演), 2026 年 3 月 20 日
- [2] パネル：知能と身体が融合する AGI — ロボット基盤モデルがカギとなる, JDLA Connect x CDLE All Hands, 大手町プレイス ホール&カンファレンス, 2026 年 3 月 19 日
- [3] 基調講演：ロボットのための AI 基盤モデル, 佐世保工業高等専門学校 半導体人材育成センター (S-PORT) 開所式及びシンポジウム, アルカス SASEBO, 2026 年 3 月 17 日
- [4] 招待講演：ロボット基盤モデルにおける言語の役割—運動と言語の統合—, 言語処理学会第 32 回年次大会(NLP2026), ライトキューブ宇都宮, 2026 年 3 月 11 日
- [6] Invited Talk: A Consideration of Robot Foundation Models as Embodied Intelligence, Workshop on Cognitive Neurorobotics, OIST, Japan, Mar. 5th, 2026
- [7] Keynote Speech: Open Robot Foundation Models: Advancing Towards Physical AI, JSPS Sweden Alumni Club 20-Year Anniversary Symposium, Stockholm, Sweden, Mar. 2nd, 2026
- [8] パネル：ロボット・AI 新世紀 —未来への懸け橋—, 栢森情報科学振興財団設立 30 周年記念事業, 名古屋マリオットアソシアホテル, 2026 年 2 月 28 日
- [9] Panelist: Global Robotics Frontiers: An Intercontinental Dialogue on Collective Impact, Venture Cafe Global, Toranomom Hills Forum, Feb. 19th, 2026
- [10] 講演：Physical AI のためのオープンなロボット基盤モデル開発, AI Agent Day 2026, オンライン, 2026 年 2 月 13 日
- [11] 基調講演：Physical AI のための基盤モデル構築と未来, Learn about AWS 2026, AP イノゲート大阪, 2026 年 2 月 6 日
- [12] パネル：フィジカル AI テーマ, DX&AI Forum 2026 Winter 東京, 東京ミッドタウンホール, 2026 年 1 月 30 日
- [13] 講演：Physical AI 実現に向けたオープンなロボット基盤モデル開発, センシング技術シンポジウム 2025, 産業技術総合研究所 臨海副都心センター, 2025 年 12 月 18 日
- [14] Talk: AIoA Japan: Building the Foundation for Next-Generation Robotics and AI Technologies in Japan and Beyond, Humanoids Summit, Silicon Valley, USA, Dec. 12th, 2025
- [15] 基調講演：Physical AI: 生成 AI の実世界応用, 公開シンポジウム「AI が紡ぐウェルビーイング社会」, 奈良女子大学, 2025 年 11 月 29 日
- [16] 基調講演：Physical AI が導く新たな世界と可能性, 国際ロボット展 2025, オンライン, 2025 年 11 月 27 日
- [17] Invited Talk: Open Robot Foundation Models: Development and Future Directions, Special Session “Imitation learning and latent models applicable to real-world robotics” at ICONIP2025, Online, Nov. 20th, 2025
- [18] セミナー：“フィジカル AI” が切り拓くロボットの未来, 株式会社リョーサンセミナー, 2025 年 11 月 20 日

- [19] セミナー：日本版「ロボット基盤モデル」が拓く AI ロボットの社会実装，ロボット基盤モデル×ロボットシミュレーションによる生産革新！オフラインロボットティーチング&製造シミュレーションのグローバルリーダーVisual Components 5.0 の概要と将来展望, 2025 年 11 月 12 日
- [20] Invited Talk: The coexistence of humans and robots based on an open robot foundation model, Seoul Future Conference 2025, Seoul, South Korea, Nov. 5th, 2025
- [21] Invited Talk: Latent Representation for Error Recovery in End-to-End Robot Motion Generation, Workshop on The Art of Robustness: Surviving Failures in Robotics Permalink, IEEE/RSJ IROS2025, Hangzhou, China, Oct. 20th, 2025
- [22] 特別講演：Physical AI が拓く新しい未来, AI・人工知能 EXPO, NexTech Week, 幕張メッセ, 2025 年 10 月 8 日
- [23] Invited Talk: Towards Open-Source Foundations in Robotic Control Systems, Workshop on Humanoids in Action: Real-World Interaction, Expectations, and Challenges, IEEE Humanoids2025, Seoul, South Korea, Oct. 2nd, 2025
- [24] Invited Talk: AIREC-Basic: Toward an Open Robot Platform for AI Developers, Open-Source Hardware in the Era of Robot Learning, CoRL2025, Seoul, South Korea, Sept. 27th, 2025 (URL)
- [25] 招待講演：ロボット基盤モデル構築のためのデータエコシステムの取り組み, GMO AI・ロボティクス大会議&表彰式 2025, セルリアンタワー東急ホテル, 2025 年 9 月 25 日
- [26] セミナー：End-to-end 制御のロボットによる多様なタスク汎化への挑戦と今後の展望，【第 88 回人工知能セミナー】フィジカル AI：ロボット，オンライン, 2025 年 9 月 12 日
- [27] セミナー：ヒューマノイドの進化と課題、日本の現在位置 ～ヒューマノイド研究の最前線、AI ロボット協会・尾形理事長に聞く，ロボスタ，オンライン, 2025 年 9 月 11 日
- [28] 基調講演：ロボット基盤モデルによる汎用 AI ロボットへ向けて, DX&AI Forum 2025 Fall 東京, 東京ミッドタウンホール（六本木）, 2025 年 9 月 5 日
- [29] 特別講演：データ駆動型ロボットシステムの基礎研究と社会実装へ向けて，第 43 回日本ロボット学会学術講演会，東京科学大学, 2025 年 9 月 4 日
- [30] パネル：テクノロジーと表現の融合による感動体験，ソニーグループ寄附講座「クリエイティブエンタテインメント学」開講記念シンポジウム「表現工学とエンタテインメントの未来」，早稲田大学井深大記念ホール, 2025 年 9 月 2 日
- [31] Invited Talk: From Voice to Touch: The Next Frontier in Human-Robot Interaction, Workshop on Co-Designing Human-Centered Robotics for Enhanced Social Teaming and Well-Being (CO-HABIT WORKSHOP 2025), IEEE RO-MAN2025, Eindhoven Univ. of Technology, Netherlands, Aug. 29th, 2025.
- [32] 登壇：ロボット AI の第一人者と語る、世界競争の最前線と日本の戦略，ファーストライト・キャピタル株式会社主催，株式会社ユーザベース 本社, 2025 年 7 月 28 日
- [33] 講演：日本版『ロボット基盤モデル』が拓く AI ロボットの社会実装，未来モノづくり国際 EXPO, インテックス大阪, 2025 年 7 月 18 日
- [34] 基調講演：Physical AI への挑戦：AI ロボット協会と JST CREST の構想, ROKLive 2025 Japan, 赤坂インターシティコンファレンス, 2025 年 7 月 16 日
- [35] 講演：オープンなロボット基盤モデル構築と展望, SSK セミナー, 2025 年 6 月 26 日
- [36] Invited Talk: Open Ecosystem for Foundational Robot Models, The International Symposium on Computer Architecture (ISCA2025), Workshop on Architecture Support for Embodied AI Systems, Waseda University, June 21st, 2025

- [37] 基調講演：実世界へ進出する AI～ロボット基盤モデルへの挑戦, NIKKEI 生成 AI シンポジウム, 日経カンファレンスルーム, 2025 年 6 月 16 日 (URL)
- [38] セミナー講演: AI ロボット基盤モデルの普及と活用推進に向けて, 幕張メッセ, Interop25 Tokyo, 2025 年 6 月 11 日
- [39] パネル: AI×ヒューマノイドの可能性, 第 11 回 G1 ベンチャー, グロービス経営大学院 東京校, 2025 年 6 月 8 日
- [40] 講演&パネル: Physical AI の学術的課題と社会実装へ向けて, 身体化 AI シンポジウム, 東京大学, 2025 年 6 月 1 日
- [41] パネリスト: フィジカル AI システムの研究開発 ～身体性に基づく知能の研究～, 第 39 回人工知能学会全国大会, 大阪国際会議場, 2025 年 5 月 28 日
- [42] Invited Talk: Learning Tasks and Interactions for AI Robots Assisting Human Daily Life, The 2nd Workshop on Nonverbal Cues for Human-Robot Cooperative Intelligence, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2025), Atlanta, USA, May 23rd, 2025.

#### 4.4 受賞・表彰

- 2025 年 優秀研究・技術賞, 日本ロボット学会 (2025 年 9 月)
- 2025 年 計測自動制御学会 SI 部門 学術業績賞 (2025 年 12 月)
- 2025 年 計測自動制御学会 SI 部門 部門貢献表彰 (2025 年 12 月)
- 2026 年 IEEE Fellow

#### 4.5 学会および社会的活動

- 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  
新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 技術戦略研究センター (TSC) フェロー  
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  
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  
科学技術振興機構ムーンショット総合研究プロジェクトマネージャー (PM)  
など

### 5. 研究活動の課題と展望

今後は、2026 年度、新たに採択された内閣府プロジェクトムーンショット総合研究、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。