

# 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進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 本文

これまでに、人間の指示に応じて行動するロボットを目指して、音声言語と行動の関係性をニューラルネットワーク (NN) に獲得させる試みがこれまで行ってきた。特に我々の手法では、言語と動作を同時に経験として得ることで、その共有表現を獲得することで相互の変換が可能であることを示している。

しかしながら、実ロボットで得られる”経験”の量と質は現状では極めて限られており、そこで利用できる言語はあまりにも小規模である。これに対して、近年の大規模コーパスを利用した言語モデルが極めて優れた言語生成機能を有することが示されている。ネットにあげられた大量の文章は、それ自体は現実世界ではないものの、文章を入力した人間の世界の見方が反映されている。

そこで、事前学習済みの言語分散表現を、生成動作や実環境の状況に合わせ、変換する機構 retrofitted Paired Recurrent Autoencoder (rPRAE) を提案した[1]。図1に概要を示す。rPRAEでは、運動と変換を行う深層学習入力の言語情報として、事前学習済みモデルの単語の分散表現を用いる。そして、この分散表現を非線形層である retrofit Layer で変換する。

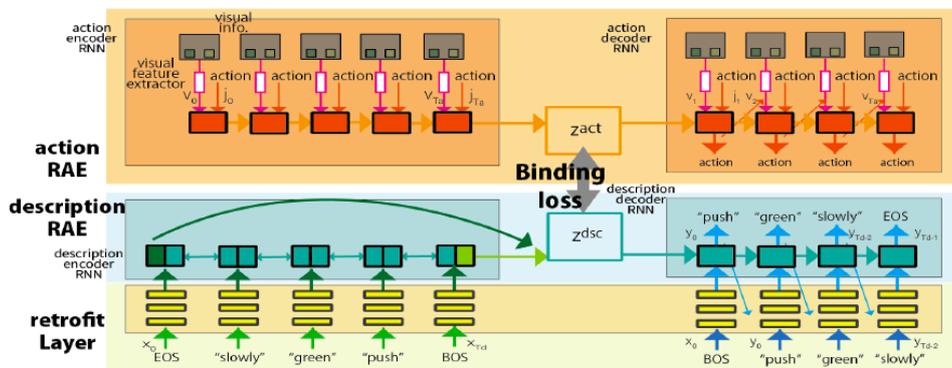


図1 rPRAEモデル

提案手法の有効性を確かめるため NAO を用いた物体操作の実験を行った。実験で用いる言語データには、類義語を含む未知語を用意した。各要素は事前学習済みの 300 次元の word2vec のベクトル

ルである。動作用 RAE のエンコーダと言語用 RAE のデコーダを用い言語記述を生成したところ、学習時にはなかった組み合わせの動作に対しても概ね生成が成功できることが確認された。さらに、各単語の生成確率を確認した結果、学習に用いた類義語も積極的に利用されていることが確認された。逆に、言語用 RAE のエンコーダと動作用 RAE のデコーダを用いて言語指示から動作を生成した。結果として、学習時に利用しなかった多様な未知語の入力に対しても、retrofit Layer を利用することで、概ね動作を生成できることが確認された。

### 3. 共同研究者

森 裕紀 (次世代ロボット研究機構・客員講師)

### 4. 研究業績

#### 4.1 学術論文

- [1] Minori Toyoda, Kanata Suzuki, Hiroki Mori, Yoshihiko Hayashi, and Tetsuya Ogata: Embodying pre-trained word embeddings through robot actions, IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L) (IF: 3.608), accepted, Feb. 2021. DOI: 10.1109/LRA.2021.3067862
- [2] Hayato Idei, Shingo Murata, Yuichi Yamashita, and Tetsuya Ogata: Paradoxical sensory reactivity induced by functional disconnection in a robot model of neurodevelopmental disorder, Neural Networks (IF: 5.535), Feb. 2021. DOI: 10.1016/j.neunet.2021.01.033
- [3] Hayato Idei, Shingo Murata, Yuichi Yamashita, and Tetsuya Ogata: Homogeneous intrinsic neuronal excitability induces overfitting to sensory noise: A robot model of neurodevelopmental disorder, Frontiers in Psychiatry (IF: 3.532), July 2020. DOI: 10.3389/fpsy.2020.00762
- [4] Hiroki Mori, Masayuki Masuda, and Tetsuya Ogata: Tactile-based curiosity maximizes tactile-rich object-oriented actions even without any extrinsic rewards, Proceeding of IEEE International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics (ICDL-Epirob 2020), accepted, Online, October 28-30, 2020.
- [5] PIN-CHU YANG, Mohammed Al-Sada, Chang-Chieh Chiu, Kevin Kuo, Tito Pradhono Tomo, Kanata Suzuki, Nelson Enrique Yalta Soplín, Kuo-Hao Shu, and Tetsuya Ogata: HATSUKI : An anime character like robot figure platform with anime-style expressions and imitation learning based action generation, Proceeding of the 29th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (Ro-Man 2020), Online, Aug 31-Sept 4, 2020.
- [6] Kei Kase, Chris Paxton, Hammad Mazhar, Tetsuya Ogata, and Dieter Fox: Transferable Task Execution from Pixels through Deep Planning Domain Learning, Proceedings of 2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2020), accepted, (acceptance rate 44.0%), Online, May 31 – June 4, 2020.

#### 4.2 総説・著書

- [1] 河合俊雄, 吉岡洋, 西垣通, 尾形哲也, 長尾真: 〈こころ〉とアーティフィシャル・マインド, 創元社, ISBN : 978-4-422-11757-7, 2021年2月18日
- [2] 尾形哲也: 深層予測学習によるロボット動作学習 - エクスペリエンス・ベースド・ロボティクス, 日本ロボット学会誌, Vol. 38, No. 6, pp. 516-520, 2020年7月. DOI: 10.7210/jrsj.38.516

[3] 尾形哲也：AI/深層学習の注目技術，機械工学年鑑 2020 -機械工学の最新動向-，17 章 5 節，日本機械学会，2020 年 7 月 15 日

#### 4.3 招待講演

[1] 講演：AI とロボットの共進化に向けて，第 6 回次世代ロボット研究機構シンポジウム，早稲田大学次世代ロボット研究機構，オンライン，2021 年 2 月 27 日.

[2] 招待講演：Exawizards における AI ロボット共同研究の紹介，NeurIPS2020 オンライン読み会，エクサウィザーズ，2021 年 1 月 16 日.

[3] Invited Talk: Deep Predictive Learning and Robot Applications, Knowledge Based Reinforcement Learning Workshop, International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Online, January 7th, 2021.

[4] 講演：情動・感情と身体知の考察とインタラクションへの展開，感情と AI 冬のワークショップ，2020 年 12 月 19 日.

[5] 講演：予測誤差最小化モデルを基盤としたロボット動作学習，科学技術未来戦略ワークショップ「脳型 AI アクセラレータ～柔軟な高度情報処理と超低消費電力化の両立～」，文部科学省科学技術振興機構（JST）CRDS，JST 東京本部別館，2020 年 11 月 28 日.

[6] Invited Talk: Acquisition of Representations for Linguistic-Behavioral Integration by Deep Learning Models, Workshop on Trends and advances in machine learning and automated reasoning for intelligent robots and systems (AI&R 2020), The 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2020), Online, 29th October 2020.

[7] 招待講演：階層型深層学習モデルによるロボットの動作学習-異なる環境変化への動的適応-，第 41 回 IBISML 研究会，電子情報通信学会，2020 年 10 月 20 日.

[8] パネラー：ディスカッション 3: 人知と機械計算の正しい活用，人型ロボット、今何を研究すべきか，第 38 回日本ロボット学会学術講演会オーガナイズドセッション，オンライン，2020 年 10 月 11 日.

[9] 講演：エクスペリエンス・ベースド・ロボティクスの提案 -ロボットの身体経験の学習から言語理解へ-，NVIDIA GTC DIGITAL Japan 2020，A21778，2020 年 10 月 8 日.

[10] Inaugural Address: Deep Learning for Robotics - From data to experiences -, Emerging Research Trends on Robotics and it's Applications (ERTRA 2020), India-Japan Cooperative Science Program (IJCSP), 2020 年 10 月 5 日.

[11] 話題提供：OS09: プロジェクション科学の基盤拡充を目指して：関連諸科学との対話，日本認知科学会，2020 年 9 月 19 日.

[12] 講演：AI 人材教育の現状と今後について，AI 時代に必要な人物像とその教育について考える，サーティファイ Web セミナー，2020 年 8 月 27 日.

[13] 講演：ディープラーニングのロボット応用事例 -データからエクスペリエンスへ，Deep Learning Digital Conference, Deep Learning Lab & CDLE (Community of Deep Learning Evangelists), 2020 年 8 月 1 日.

[14] 講演：私立大学から見た社会人博士，社会人学位取得奨励シンポジウム「社会人博士が活躍する社会へむけて」，電子情報通信学会東京支部，2020 年 7 月 22 日.

[15] ゲスト，QWS アカデミア（慶應義塾大学）：【QWS de RINRI シリーズ】新しいもの、受け入れられますか？ 第 2 回，オンライン，2020 年 7 月 15 日.

[16] Panelist: Workshop on Closing the Academia to Real-World Gap in Service Robotics, International Conference on Robotics: Science and Systems (RSS 2020), Online, July 13th (23:00-01:00 JST), 2020.

[17] 講演：ロボットにおける自律性情動反応モデルと感情の考察，企画セッション：感情と AI～感情研究の夜明け～，人工知能学会全国大会（JSAI2020），オンライン，2020年6月11日。

[18] 登壇者：オンライン国際シンポジウム「パラダイムチェンジにおけるレジリエントな共創社会に向けて」，LINK-J，2020年5月12日。

#### 4.4 受賞・表彰

2020年 人工知能学会全国大会優秀賞，“未知語に対応可能な言語と動作の統合表現獲得モデル”，人工知能学会（2020年7月）

2020年 人工知能学会全国大会優秀賞，“過去から未来までの文脈を考慮した神経回路モデルによるロボットの目標に基づいた柔軟な行動生成”，人工知能学会（2020年7月）

#### 4.5 学会および社会的活動

産業技術総合研究所人工知能研究センター特定フェロー

科学技術振興機構 ACT-I「情報と未来」領域アドバイザー

科学技術振興機構 さきがけ研究「社会デザイン」領域アドバイザー

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

発達神経科学会理事

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 DCON2020 技術審査員

Senior Editor, Advanced Robotics Editorial Board

Action Editor, Neural Networks Editorial Board

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

Senior Editor of IEEE/RSJ International Conference on IROS 2020

## 5. 研究活動の課題と展望

今後は、今回提案したコーパス学習済モデルの応用についてより深い検討をしていく。現状のモデルでは、一部の単語にはうまく対応しきれない。具体的には、事前学習済みの言語分散表現の構造が、実世界と大きく乖離する場合には対応しきれないのである。一部の非常に広い文脈で利用される多義語は、retorfit Layer における変換後も、「品詞」としての類似性のみの表現になることを避けられない。今後、新たな変換方法について検討していく。またさらに多自由度のロボットシステムへの応用を検討することで、多様な言語コミュニケーションの実現を目指していく。