

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、我々がこれまでに成果をあげてきた深層学習によるロボット行動学習と言語学習を融合させることにより、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。最終的には人間型の実ロボットを用いて、人間との多様な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

本年度は、昨年度までの成果を受ける形で、より一般的なコミュニケーションへの拡張を狙いとした。具体的には、ロボットが(1) 言語指示に応じて動作を生成する能力と、(2) 自身の動作からその説明文を生成する能力の、双方を対データから学習するニューラルネットワークモデルおよび学習アルゴリズムを構築した。図1に示すように、本モデルは2つの Recurrent Autoencoder (RAE) からなる。一方が単語シーケンス、すなわち文章を、もう一方がロボットの動作シーケンスを扱う。RAE は、エンコーダ{デコーダモデルの一種であり、出力シーケンスが入力シーケンスと同じになるように、すなわち恒等写像を目的として学習を行う。学習により RAE は、シーケンスを表す固定長ベクトル表現を、そのシーケンスを再生成可能な形で獲得する。この提案モデルでは、各 RAE における復元誤差に加え、互いに対となる文章と動作の表現同士が近くなるように拘束する損失関数を設ける。これら二つの学習により、上記の二つの機能が実現することが期待される。

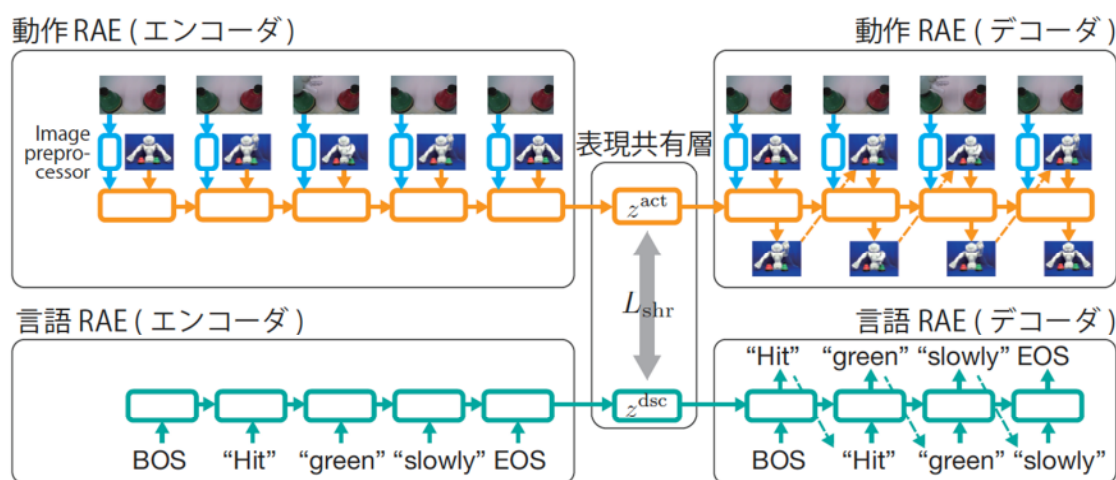


図1 提案モデルの概要

提案手法の有効性を評価するために、ロボット実験を行なった。実験用ロボットとして、ヒューマノイドロボット NAO を用いた。ロボットの前には色付きの立方体オブジェクトが2つ決められた位置に置かれる。オブ

ジェクトの色は赤, 緑, 黄のいずれかである. 各配置で, ロボットは 12 通りの動作を行うことができる. それぞれの動作に対応する文章は, 動詞, 目的語, 副詞の 3 単語からなる. 学習後の動作 RAE のエンコーダに動作シーケンスを入力して, その表現を元に言語 RAE のデコーダを計算することで, 正しい文章が生成されるかを評価した. 既学習の 54 パターンと未学習の 18 パターンすべてにおいて正しい文章を生成することができた.

逆に言語 RAE のエンコーダに文章を入力して, その表現を元に動作 RAE のデコーダを計算することで正しい動作が生成されるか, ロボットを使用して評価した. この結果, 既学習状況については 36/54 パターン, 未学習状況については 12/18 パターンの動作生成に成功した. 失敗したケースについても, 軌道はほぼ正しいが, わずかな位置誤差のためにオブジェクトが指示された方向に動かなかったというケースがほとんどであった.

学習後の共有空間におけるシーケンスの表現を主成分分析によって可視化した. その結果, 動詞, 目的語, 副詞のそれぞれの品詞について, 体系的にエンコードされ, 72 パターンの動作シーケンスも文章の表現と正しく対応づけられてい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・研究院准教授)

村田 慎吾 (創造理工学部・総合機械工学科・助手)

4. 研究業績

4.1 学術論文

Shingo Murata, Yuxi Li, Hiroaki Arie, Tetsuya Ogata, and Shigeki Sugano: Learning to Achieve Different Levels of Adaptability for Human-Robot Collaboration Utilizing a Neuro-dynamical System, IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems, accepted, Jan. 2018.

Tatsuro Yamada, Shingo Murata, Hiroaki Arie, and Tetsuya Ogata: Representation Learning of Logic Words by an RNN: from Word Sequences to Robot Actions, Frontiers in Neurorobotics, accepted, December 2017.

Kuniyuki Takahashi, Kitae Kim, Tetsuya Ogata, and Shigeki Sugano: Tool-body Assimilation Model Considering Grasping Motion through Deep Learning, Robotics and Autonomous Systems, Vol. 91, pp. 115-127, May 2017. doi.org/10.1016/j.robot.2017.01.002

4.2 総説・著書

Angelo Cangelosi and Tetsuya Ogata: Speech and Language in Humanoid Robots, "Humanoid Robotics: A Reference", Editor: Ambarish Goswami, and Prahlad Vadakkepat, Springer, ISBN: 978-94-007-7194-9 (Print) 978-94-007-7194-9 (Online), December 2017.

尾形哲也: ディープラーニングがロボットを変える, B&T ブックス日刊工業新聞社, 2017 年 7 月 25 日.

尾形哲也: AI 白書 2017~人工知能がもたらす技術の革新と社会の変貌~, 株式会社角川アスキー総合研究所, 2017 年 7 月 20 日. (1.3.6 節担当)

尾形哲也: AI (深層学習) とロボットの発展, ロボット工業会機関紙「ロボット」, Vol. 240, 2018 年 1 月.

尾形哲也: 深層学習の実世界応用へのアプローチ, 日本機械学会計算力学部門ニュースレター, pp.8-10, 2017 年 11 月 22 日.

尾形哲也：神経回路モデルとコミュニケーションの創発，日本ロボット学会誌，Vol. 35, No. 3, pp.195-198, 2017 年 4 月．

佐々木一磨，尾形哲也：手書きスケッチを扱う深層学習モデル，日本画像学会誌，Vol. 56, No. 2, pp.177-186, 2017 年 4 月．

4.3 招待講演

AIRC の知能ロボティクス研究，次世代 AI ロボット先端動向ワークショップーロボットにとっての AI 物体認識ー，一般財団法人マイクロマシンセンター，東大本郷キャンパス伊藤国際学術研究センター，2018 年 3 月 16 日．

深層学習による予測に基づくロボットの動作生成，Science Robotics Meeting in Japan，東京国際交流館，2018 年 3 月 14 日．

ディープラーニングによるロボットの物体ハンドリング，デンソーウェーブテクニカルセミナー，東京国際フォーラム，2018 年 2 月 20 日．

End-to-end learning for combining multiple robot actions，産業技術研究所人工知能研究センター国際シンポジウム”AI collaborating with Humans in the real world”，イイノホール，2018 年 2 月 14 日．
ディープラーニングによるロボットの知能化と展開，第 163 回産学交流サロン「ひびきのサロン」最先端ロボティクス技術の展開，2018 年 2 月 9 日．

深層学習による動作と言語の統合学習，「深層学習の先にあるもの - 記号推論との融合を目指して」公開シンポジウム，東京大学先端人工知能学教育寄附講座，東京大学工学部 2 号館，2018 年 1 月 22 日．

ロボティクスと AI の融合へ向けて，GTC Japan 2017，ヒルトン東京お台場，2017 年 12 月 13 日．
ディープラーニングによるロボットの今後の展開，日刊工業新聞社主催ワークショップ，国際ロボット展 2017，東京ビッグサイト，2017 年 11 月 30 日．

Robot Behavior Generation Based on End-to-End Learning, ETRI Workshop, Deajon, 16th November, 2017.

ディープラーニングによるロボットの複数タスク学習，JEITA マイクロプロセッサ専門委員会 IoT 懇談会，電子情報技術産業協会，2017 年 11 月 1 日．

ディープラーニングの実世界応用と今後の可能性，データサイエンティスト協会 4th シンポジウム，JP タワー ホール&カンファレンス，2017 年 10 月 23 日．

End to End Approach for Behavior Generation and Language Understanding in Robot Systems, Workshop on “Representation Learning for Human and Robot Cognition”, 5th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI 2017), Bielefeld, 17th October 2017.

Deep Learning for Robotics toward Deep Cognitive Systems, RSJ Tutorial, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2017), Vancouver, 25th September 2017.

Mirror neuron-like deep learning model implemented in humanoid robots, Brain Challenge 2017-the 20th Annual Meeting of the Korean Society for Brain and Neural Science, Seoul, 30th Aug. 2017.

深層学習によるロボットの動作模倣学習と今後の展望，第 4 回脳型人工知能とその応用 Mini Workshop，株式会社国際電気通信基礎技術研究所，2017 年 6 月 22 日．

深層学習によるロボットマニピュレーション，新潟県工業技術総合研究所 研究成果発表会，2017 年 6 月 15 日．

ディープラーニングを用いたロボットの行動計画, OS3: ロボット: ビジョンからアクションへ～理論・実用の最新事例～, 画像センシングシンポジウム 2017, パシフィコ横浜アネックスホール, 2017 年 6 月 9 日.

End to End Learning Models for Robot Object Manipulation, Workshop on “AI in Automation”, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2017), Singapore, 2nd June 2017.

ディープラーニングのロボティクス応用の可能性, LSI とシステムのワークショップ 2017, 東京大学生産技術研究所, 2017 年 5 月 15 日.

4.4 受賞・表彰

IBM 2017 Faculty Award, 2017 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 (クロスアポイントメント)

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

日本ディープラーニング協会理事

人工知能学会理事

人工知能学会誌編集委員

計測自動制御学会理事

Senior Editor, Advanced Robotics Editorial Board

Action Editor, Neural Networks Editorial Board

5. 研究活動の課題と展望

本年度までに, 小型のロボットを利用した実験について, ある程度の成果を得ることができている. 今後の最大の課題は, 本手法をより実用的なシステムにスケールして行くことであると考えられるが, そのためには言語インタラクションのデザインや大量の教師データの効率的な収集など複数の課題が残っている. まず大型の人間協調ロボットシステムを整備し, より複雑なタスク下でのモデル評価や, 聴覚・触覚情報も統合したモデルへの拡張を行う予定である.