

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となる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、より深層学習による言語の扱いに関して、より詳細な解析、機能拡張を目的とした研究を展開した。

ロボットが言語指示から行動生成を行う際の課題として、(1) 状況依存性と(2) 言語指示自体に含まれる曖昧性、に対する対処がある。この2つの課題に取り組むにあたり、本研究では深層学習モデルを用いて言語指示を埋め込む際の表現形式（潜在変数）による性能の差に着目した。埋め込み表現形式として一般に使用される1ベクトル表現に加えて、これをガウス表現としたもの、複数のベクトルとしもの、さらに複数のガウス表現にしたもの、という4種の表現形式について検討した（図1）。

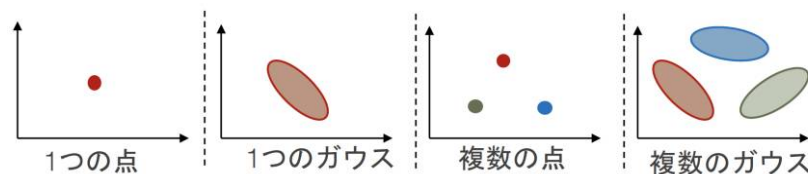


図1 4種類の潜在変数表現

具体的なタスクとして、仮想空間における積み木への操作支持を題材とした。4種の表現形式を比較するにあたり、言語指示をエンコードする Instruction encoder network と、Instruction encoder network の出力を行動系列にデコードする Action generator network を組み合わせた深層学習モデルを使用した（図3）。Instruction encoder network と Action generator network には時系列データを扱うことのできる Recurrent neural network (RNN) を使用した。

結果として1ガウス表現、および複数ガウス表現の潜在変数表現を用いたタスク達成率は、1つのベクトル表現を用いたタスク達成率よりも有意に高くなった（図4）。また曖昧性に関する潜在変数表現の構造化を、主成分分析を行い可視化することで確認した。この結果、同じ指示が2つの同じ正解行動系列として埋め込まれることが確認された。この結果に対し解析を行ったところ、曖昧性は潜在変数表現ではなく、出力層の確率分布に埋め込まれていることが分かった。

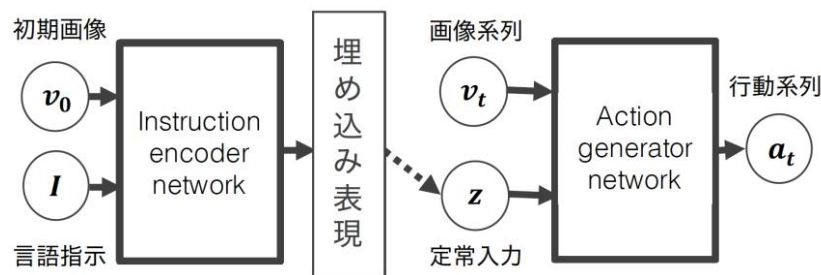


図3 構築した深層学習モデル

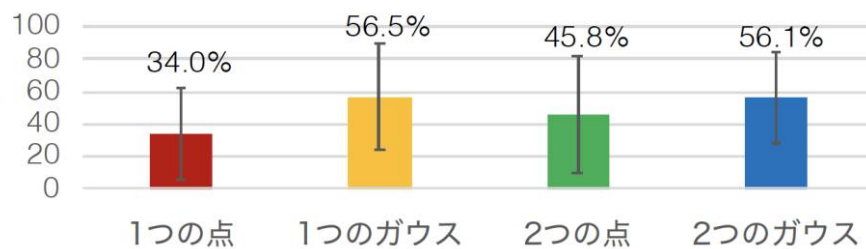


図4 潜在変数の違いによる言語—運動変換の正答率の比較

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 (招聘研究員, 国立情報学研究所・助教)

4. 研究業績

4.1 学術論文

Kazuma Sasaki, and Tetsuya Ogata: Adaptive Drawing Behavior by Visuomotor Learning Using Recurrent Neural Networks, IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems, Vol. 11, No. 1, pp. 119-128, March 2019. DOI: 10.1109/TCDS.2018.2868160

Hayato Idei, Shingo Murata, Yiwen Chen, Yuichi Yamashita, Jun Tani, and Tetsuya Ogata: A Neurorobotics Simulation of Autistic Behavior Induced by Unusual Sensory Precision, Computational Psychiatry, pp.1-19, Nov. 2018. DOI: 10.1162/cpsy_a_00019

Ryoichi Nakajo, Shingo Murata, Hiroaki Arie, and Tetsuya Ogata: Acquisition of Viewpoint Transformation and Action Mappings via Sequence to Sequence Imitative Learning by Deep Neural Networks, Frontiers in Neurobotics, July 2018. DOI: 10.3389/fnbot.2018.00046

4.2 総説・著書

尾形哲也, 解説: ロボットの世界におけるAIの現状と展望, 月刊エネルギーレビュー, 特集「実世界へのAI導入」, Vol. 456, pp.10-13, 2018年12月20日 (URL) .

4.3 招待講演

特別講演：深層学習によるロボットシステム自動化に向けて，砥粒加工学会，研磨の基礎科学とイノベーション化専門委員会研究会，東京工業大学 キャンパス・イノベーションセンター，2019 年 3 月 6 日．

講演：予測不確実性に基づく認知と行動変化ーニューロロボティクスの視点から，「深層学習の先にあるもの - 記号推論との融合を目指して(2)」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 武田先端知ビル 武田ホール，2019 年 3 月 5 日．

セミナー：深層学習（Deep Learning）によるマルチモーダル学習とロボットの行動学習，トリケップスセミナー，オームビル，2019 年 2 月 14 日．

講演：ディープラーニングのロボット応用のアプローチと応用事例，日本監査役協会講演会，名鉄ニューグランドホテル，2019 年 1 月 29 日

招待講演：AI（深層学習）とロボットの統合研究と今後の展望，A I・ロボットで描く未来，名城大学平成 30 年度先端科学セミナー，名城大学天白キャンパス，2018 年 12 月 22 日．

Invited Talk (3 hours): Engineering Applications of Artificial Intelligence Conference (EAAIC 2018), Sabah, Malaysia, 4th Dec. 2018.

基調講演：ディープラーニングによる新しい実世界システムに向けてーロボット研究を事例として，スイス・リー アニュアルフォーラム 2018，マンダリン オリエンタル 東京，2018 年 11 月 22 日．

講演：ロボットへの深層学習利用による福祉応用の可能性，AI × ロボットによる介護福祉分野への変革，やまぐち介護・福祉機器研究会 介護・福祉機器開発セミナー，翠山荘，2018 年 11 月 12 日．

講演：深層予測学習の活用による多様なロボット動作学習，平成 30 年度第 3 回電子デバイス事業化フォーラム，ポリテクカレッジ福山，2018 年 11 月 10 日．

Invited Talk: Workshop on From Robotic Dexterous Manipulation to Manual Intelligence, IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots 2018, Beijing, China, 6th Nov. 2018.

招待講演：深層予測学習を利用したロボットの適応的動作生成ー様々なロボットへの応用ー，『TSC Foresight』セミナー，イイノホール&カンファレンスセンター，2018 年 10 月 31 日．

特別講演：ディープラーニングがロボットを変える，その先にある未来，NTT テクノクロスフェア 2018，ベルサール東京日本橋，2018 年 10 月 30 日．

Invited Talk: Neural models for linguistic and behavioral integration learning in robots, Symposium 1 at The 28th Annual Conference of the Japanese Neural Network Society (JNNS2018), Okinawa Institute of Science and Technology (OIST), 25th October 2018.

Tutorial Talk (2 hours): Deep Neural Models for Robot Systems based on Predictive Learning, The 28th Annual Conference of the Japanese Neural Network Society (JNNS2018), Okinawa Institute of Science and Technology (OIST), 24th October 2018.

セミナー講演：深層学習・予測学習を規範としたロボット行動学習，Japan Robot Week2018 併催セミナー，東京ビッグサイト，2018 年 10 月 17 日（URL）．

Keynote: AI Robot Technology for the Ageing Society, MIRAI Seminar 2018 Workshop, Waseda University, Tokyo, 11th October 2018.

Invited Talk: Recurrent Neural Models for Translation between Robot Actions and Language, Workshop on Language and Robotics, The 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2018), Madrid, Spain, 1st October 2018.

講演：ディープニューラルネットの力学系構造設計による複数動作の統合，GTC Japan 2018，グラ
ンドプリンスホテル新高輪 国際館パミール，2018 年 9 月 13 日．

講演：ディープラーニングはロボット動作をどう変えるか，IGPI Tech Day 2018，コンgresクエ
ア日本橋，2018 年 9 月 11 日．

講演：深層学習による実ロボットの効率的な動作教示，とやまロボット技術研究会，富山県新世紀
産業機構，富山県民会館，2018 年 8 月 23 日（URL）．

講演：[人工知能学会×CEDEC コラボセッション] 深層学習によるロボット動作の予測・模倣学習，
CEDEC2018，パシフィコ横浜，2018 年 8 月 22 日．

チュートリアル講演：深層学習の概説と、” Deep Cognitive Systems” による認知ロボティクスにつ
いて，丸の内 AI 倶楽部，明治生命館，2018 年 7 月 27 日．

Keynote speech: Dynamical Integration of Language and Robot Actions by Deep Learning, Second
International Workshop on Symbolic-Neural Learning (SNL-2018), Nagoya Congress Center, Japan, July
6th, 2018.

招待講演：深層学習によるロボットの能動知覚と物体ハンドリング，パターン認識・メディア理解
研究会（PRMU），電子情報通信学会，信州大学工学部 信州科学技術総合振興センター，2018 年
6 月 28 日．

Invited talk: Emerging applications: humanoid robotics for multiple tasks and communication, VLSI Friday
Forum – Machine Learning Today and Tomorrow: Technology, Circuits and System View, 2018 Symposia
on VLSI Technology and Circuits, Honolulu, Hawaii, June 22nd, 2018.

講演：深層学習モデルによるロボットの多様な動作学習，テクノロジーNEXT2018，ロボット×デ
ィープラーニングの最前線，ベルサール御成門タワー，2018 年 6 月 13 日．

講演：深層学習によるロボットの活用と展開，北関東地区化学技術懇話会，桐生市市民文化会館，
2018 年 4 月 27 日．

チュートリアル講演（3 時間）：深層学習・予測学習を規範としたロボット行動学習，第 111 回ロ
ボット工学セミナー，東京大学武田先端ビル，2018 年 4 月 20 日．

講演：End-to-End 学習に基づくロボットの動作生成，AI・人工知能 EXPO，東京ビッグサイト，2018
年 4 月 6 日．

4.4 受賞・表彰

なし

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

本年度は、深層学習において言語と運動を統合する際の曖昧性に関する評価を行い、その可能性と限界を議論した。今後は、本手法をより実用的なシステムにスケールする。具体的には汎用型の言語モデルである BERT などの活用を検討し、運動との効率的な統合を行うことで、必要となる教師データを最小限に抑えることを検討する。また本年度行ったモデルの基礎研究についても継続して行っていく予定である。