

様 式 C - 7 - 1

令和元年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

所属研究機関名称		奈良先端科学技術大学院大学	機関番号	1 4 6 0 3
研究 代表者	部局	先端科学技術研究科		
	職	特別研究員(DC1)		
	氏名	伊藤 健史		

1．研究種目名

特別研究員奨励費

2．課題番号

19J20669

3．研究課題名

予測誤差ニューロン仮説に基づく、少数データからのロボットのモデル学習手法

4．研究期間

令和元年度～令和3年度

5．領域番号・区分

-

6．研究実績の概要

(1) ロボットの動力学モデル学習に用いるデータ収集を人間が補助する手法の開発（完了）
少数データからの効率のよいロボットの動力学モデル学習手法の確立に向けて、モデル学習に用いるデータの収集に人間の補助を用いることができる手法について検討し、実機ロボットに実装して有効性を確認することができた。具体的には、動力学のモデルの学習過程を2つのステップにわけ、1ステップ目をランダムなトルク入力による「粗い学習」とし、2ステップ目で人間の補助を用いてモデルを高精度に再訓練する手法を開発した。2ステップ目では、1ステップ目で学習された「粗いモデル」を用いて、人間の補助により事前に作成した目標軌道をロボットがトレースするような運動を行わせ、その時の運動データを用いて動力学モデルの再学習を行う。人間の補助により目標軌道が定められているため、ロボットは実タスクで必要になる運動に近い運動を集中的に学習することが可能になる。

(2) 正確な動力学モデルを学習するためのニューラルネットワークの設計法の提案（完了）
上述の方法で収集された運動データを用いてロボットの精密な動力学モデルを学習するために、新しいニューラルネットワークの構造を提案してその有効性を示した。ロボットの運動方程式において、将来の運動を予測するのに必要な各関節の角加速度は、慣性行列の逆行列と、関節トルクと外力の合力の積としてあらわされる。よって、慣性行列の逆行列と外力を独立に学習できるような枝分かれ構造を持つネットワークを提案し、上記項目(1)とあわせて実機ロボットで実験を行った。結果、旧来用いられていた手法に比べて、提案した構造化ニューラルネットワークはより正確なモデルを学習できていることが確認できた。

(3) 以上の成果の論文化（進行中）
以上の成果をまとめた論文を執筆中であり、2020年度初頭にも国際雑誌に投稿する予定である。

7．キーワード

ロボット 動力学モデル 深層学習

8．現在までの進捗状況

区分 (2) おおむね順調に進展している。

理由
2019年度は、本研究課題における主要な目的である、ロボットの動力学モデル学習に用いるデータ収集を人間が補助する手法および正確な動力学モデルを学習するためのニューラルネットワークの設計法についての提案・実装をほぼ完了することができた。
一方で、国際論文誌への投稿にあたって、手法の細部について追加の検討を要する課題が確認されている状態であるが、こちらも解析の方針は固まっており作業を継続している。
そのため、進捗状況は順調であると判断した。

2 版

9. 今後の研究の推進方策

2019年度に得られた、ロボットの動力学モデル学習に用いるデータ収集を人間が補助する手法および正確な動力学モデルを学習するためのニューラルネットワークの設計法をまとめた論文を、国際論文誌にて発表する。すでに以上の成果をまとめた国際会議論文をConference on Robot Learning (CoRL) 2019に投稿したが、残念ながらこの論文は採択に至らなかった。一方で、査読者から追加の解析に関する有望なアイデアを得ることができた。具体的には、ロボットが外界の物体に接触している状態と接触していない状態を動的に行き来するような条件下における挙動などを再確認することができ、今後必要なデータの再解析を進め、2020年度初頭にも国際論文誌に投稿することを予定している。

また、上記のロボットの動力学モデルに関する研究の成果を再検討したところ、提案した手法はニューラルネットワークの学習における注意機構の利用という形で、ロボット以外の分野にも一般化できることに気づいた。特に、人間と機械学習器の注意機構の対比により、機械学習モデルのふるまいに対する新たな解析手法を提供できると考えている。このことを踏まえ、新たにプログラミング言語で記述されたソースコードを理解する機械学習モデルに用いられる注意機構と、同じソースコードを読む人間の視線行動を比較して類似点を検討する研究を開始した。すでに機械学習モデルの注意機構の解析手法と被験者2名を用いた予備実験を完了し、ExpertプログラマはNoviceプログラマに比較して機械学習モデルの注意機構と類似する視線行動パターンを示す可能性があることを示した。2020年度はロボットの動力学モデルに関する研究と並行して、この注意モデルに関する研究も推進する。

10. 研究発表（令和元年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名	Takeshi D. Itoh, Takatomi Kubo, Kiyoka Ikeda, Yuki Maruno, Yoshiharu Ikutani, Hideaki Hata, Kenichi Matsumoto, Kazushi Ikeda
2. 発表標題	A visual attention map for gaze behavior analysis in source code comprehension
3. 学会等名	Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Biomedical Signal Processing and Systems (APSIPA BioSiPS) Workshop 2019 (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Takeshi D. Itoh, Takatomi Kubo, Kiyoka Ikeda, Yuki Maruno, Yoshiharu Ikutani, Hideaki Hata, Kenichi Matsumoto, Kazushi Ikeda
2. 発表標題	Towards generation of visual attention map for source code
3. 学会等名	Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC) 2019 (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Takeshi D. Itoh, Takatomi Kubo, Kiyoka Ikeda, Yuki Maruno, Yoshiharu Ikutani, Hideaki Hata, Kenichi Matsumoto, Kazushi Ikeda
2. 発表標題	Towards generation of visual attention map for source code
3. 学会等名	33rd Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2019) Workshop of Context and Compositionality in Biological and Artificial Neural Systems (国際学会)
4. 発表年	2019年

〔図書〕 計0件

1 1 . 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

計0件（うち出願0件 / うち取得0件）

1 2 . 科研費を使用して開催した国際研究集会

計0件

1 3 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

-

1 4 . 備考

-