

# 双腕ロボットの同時協調動作に向けた 複数神経回路モデルの部分共有による学習

Learning to simultaneously generate multi-actions by  
partially shared neural networks model for dual-armed robots .

1W143087-1 中島 佳昭 指導教員 尾形 哲也 教授

NAKAJIMA Yoshiaki

Prof. OGATA Tetsuya

概要: 本研究では、双腕ロボットを用いた動作学習を前提とした同時協調作業を行うことを目的とする。神経回路モデルによるロボットの動作学習を行うことにより、モデリングでは困難であった柔軟物の扱いや環境に応じた動作生成が可能となりつつある。しかし、単一の神経回路モデルから同時に複数の動作を必要とする場合、各動作の独立や協調が困難となるおそれがある。本研究では、人型ロボットの両腕の出力を想定した二つの再帰型神経回路モデルを隠れ層の一部で共有する学習モデルを提案する。提案モデルの動作学習の特徴や他モデルとの差異を比較するため、数値実験上で二種類の時系列パターンを同時に出力する学習を行った。単一の学習モデルは出力の独立性を保つことが難しく、提案したモデルは比較的保てるという結果が得られた。

キーワード: 双腕ロボット、再帰型神経回路モデル、同時協調動作

Keywords: Dual-armed robots, Recurrent Neural Networks, Simultaneous cooperative generation

## 1. 諸言

少子高齢化を始めとした諸問題から労働力としてのロボットの社会進出の需要が高まりつつある。現在活躍している産業用ロボットの多くは不安定な環境の下でのタスク遂行が困難であるなどの諸問題を抱えている。近年、神経回路モデルによるロボットの動作学習を行うことにより、モデリングでは困難であった柔軟物の扱いや環境に応じた動作生成が可能となりつつある[1]。このような背景の中で、深層学習をロボットに用いた研究が活発になり、その大半が1つのアームを用いた動作生成である[2]。2つのアームを用いて作業を行う研究は未だに少ない。2つのアームを用いることによって実行可能な作業の種類が増える。

双腕を用いることで実行可能な作業の一部として、各腕で別々な作業を実行することや両腕を統合的に用いた作業が挙げられる。これらの作業には以下のような問題が挙げられる。(a)単一の神経回路モデルでは、複数動作がお互いの動作生成に影響するため独立な生成に適していない。(b)2つの神経回路モデルを用いる場合、双腕の相対関係を学習器の間で相互に受け渡しをすることができないため、協調動作生成に適していない。以上より、(a)(b)の問題を克服する手法を模索する必要がある。本研究では、双腕による独立作業と協調作業を共に満たすことができる学習モデルの提案を目的とする。

## 2. 提案手法

本研究では、再帰型神経回路モデル(Recurrent Neural Network, RNN)を対象とし、(a)(b)の問題に対して2つのRNNを隠れ層の一部で共有させるPartially Shared RNNを提案する。隠れ層を部分的に共有することで個々の出力の独立性を保ちつつ、情報の受け渡しを期待できる。

本研究では、RNNの一種であるMultiple Timescale RNN(MTRNN)[3]を用いる。本研究では応答速度の異なる3つの隠れ層(Cf, Cm, Cs)を持つMTRNNを用いる。図1に示すとおりMTRNNのCs層を共有させることによりPartially Shared MTRNN(PSMTRNN)を設計する。Cs層が2つのMTRNNの統合的な情報の橋渡し役を行い、独立性と協調性を獲得することを期待する。

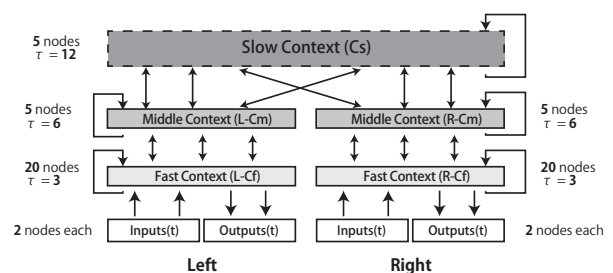


図1 Partially Shared MTRNN の構成

## 3. 実験設定

提案手法と比較用の2つのモデルの計3種類のモデルによる実験を行う。

- I. single MTRNN (sMTRNN)
- II. two MTRNNs (tMTRNNs)
- III. PSMTRNN

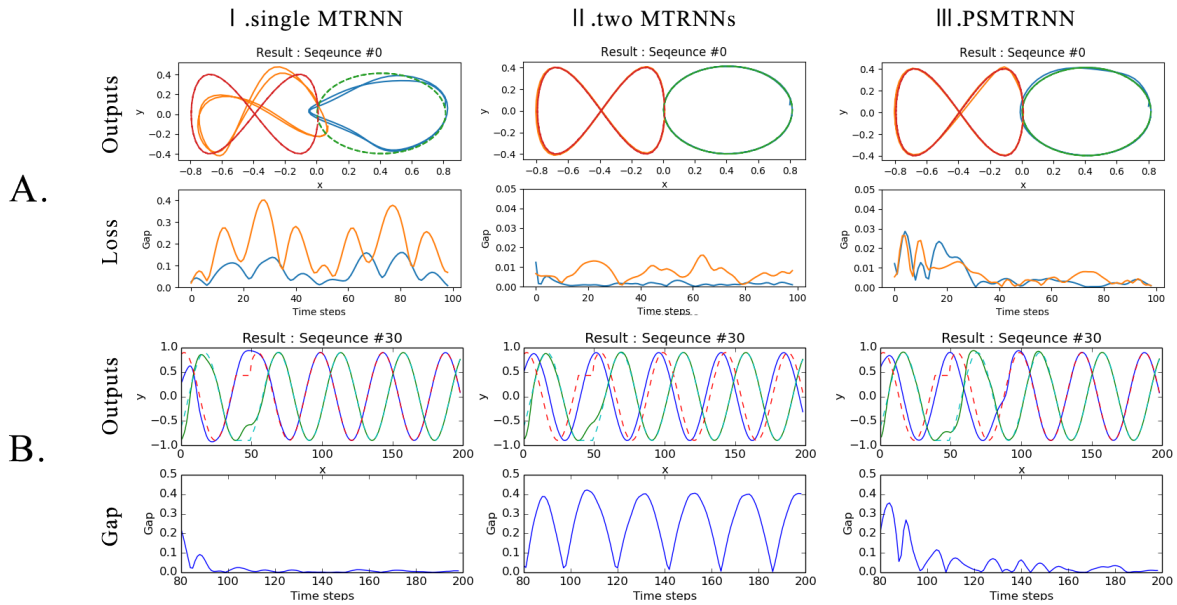


図 2 A. 実験 1 における各学習モデルのテストデータの出力結果 (Outputs) と各学習モデルの time-step ごとの予測誤差 (Loss)。B. 実験 2 における各学習モデルのテストデータの出力結果 (Outputs) と出力の位相差と学習した位相差との平均平方二乗誤差 (Gap)。それぞれ、破線はテストデータ、実線は出力を示す。

すべての学習モデルは Cf, Cm, Cs の 3 層を持ち、各層の時定数、合計のニューロン数が一致するように設定する。本研究では各モデルの独立性と協調性における有効性を比較するために 2 種類の数値実験を行う。

### 3. 1. 実験 1: 独立性の検証

実験 1 では各学習モデルの各出力の独立性を検証する。まず、2 つの曲線のセットを 2 つ学習させる。その後、教師データにはないセットとして、同時に異なる曲線のセットを出力させ、未学習の曲線のセットを同時生成できるかによって独立性を比較する。

### 3. 2. 実験 2: 協調性の検証

実験 2 では各モデルの出力の協調性を検証する。一定の位相差を持つ 2 つの sin 波を学習させる。1 つは閉ループ、もう 1 つは開ループにて外乱を持ったテストデータを出力させる。その際に、閉ループ側の出力が外乱に適応した開ループ側の出力に追従するかどうかで協調性を検証する。

## 4. 結果と考察

図 2.A. に実験 1 の結果を示す。sMTRNN の出力はテストデータより大きくずれている

のに対し、PSMTRNN は比較的破線に沿って出力されていることが明らかである。よって、提案手法は未学習の出力に対する独立性が比較的保たれた。

図 2.B. に実験 2 の結果を示す。tMTRNNs の出力は外乱に適応していないのに対し、PSMTRNN は誤差を徐々に減らし破線に沿うように修正して出力されていることが明らかである。よって、提案手法は外乱に適応した各出力の協調性が比較的保たれた。

## 5. 考察

本研究では数値実験により、提案手法の複数時系列出力における独立性と協調性を確認できた。今後の展望として、双腕ロボットを用いた同時協調作業による提案手法の検証を行う。

### 参考文献：

- [1] P.C. Yang, et al. "Repeatable Folding Task by Humanoid Robot Worker using Deep Learning," IEEE Robotics and Automation Letters, 2016.
- [2] T. Inoue, et al. "Deep Reinforcement Learning for High Precision Assembly Tasks" arXiv:1708.04033v2 [cs.RO], 2017.
- [3] Y. Yamashita and J. Tani, "Emergence of functional hierarchy in a multiple timescale neural network model: a humanoid robot experiment", PLoS Computational Biology, 2008.