

モーショニーズに基づく人間・ロボットの 行動模倣によるロボットの道具身体化

Tool-Body Assimilation by Human Robot Imitation Based on Motionese

2031012



研究代表者

京都大学

特定助教

西 出 俊

[研究の目的]

近年、ロボット技術の発展は目覚ましく、人間と大差ない行動を生成することが可能になった。一方で、人間のように自己の経験に基づいて新たに知識や行動を獲得する機構を構築することは未だ困難な課題である。

知能ロボットの実現には、ロボットが自律的に行動を獲得する機構が必要不可欠である。ロボットに全ての行動を作り込むことは事実上不可能であるため、人間のように発達する枠組みが必要である。行動獲得における有力なアプローチとして模倣学習があり、本研究でも模倣学習に着目したロボットの行動学習を行う。

人間の親子において模倣学習を促進させる現象としてモーショニーズがある。モーショニーズとは養育者である親が幼児にある行動を教示する際、幼児の成長に合わせて段階的に教示動作を変化させる現象である。すなわち、幼児が未熟な時は動作を大げさに分かりやすく提示し、ある程度動作を学習すると親が提示動作を簡略化する。本研究では模倣学習にモーショニーズ現象を取り入れることでロボットの模倣学習を効率的に行うことが目的である。

[研究の内容, 成果]

本研究ではロボットの描画模倣学習を実験タスクとして設定し、再帰結合神経回路モデ

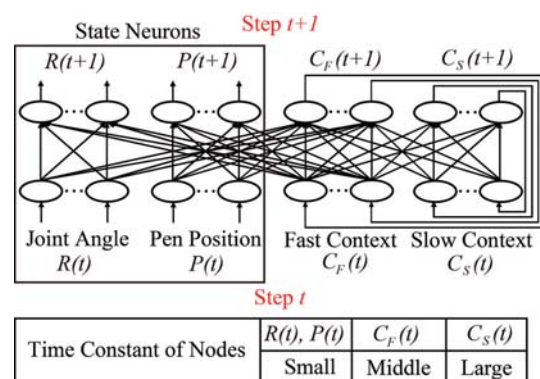


図1 MTRNNの概略図



図2 実験風景

ルの一種である Multiple Timescales Recurrent Neural Network (MTRNN) (図1) を用いて動作を学習した。実験環境は図2のように人間型ロボット NAO にペンを持たせ、ペンタブレット上で描画させて。下記の手順で実験を行った。

【実験手順】

1. ロボットのランダムな腕動作を行うことで身体ダイナミクスとペン先ダイナミク

スの連合学習

2. 人間が描画時に描き出し・描き終わり・角で止めを入れた図形を描画
3. ロボットが描画図形から描き方を連想し、図形を描画する。描画後、うまく描けなかった図形を用いて図1のモデルを追加学習する。
4. 人間が止めを入れずに図形を描画
5. ロボットが描き方を連想し、図形を描画する。描画後、うまく描けなかった図形を用いて図1のモデルを追加学習する。

これらの実験手順において、2～3.、4～5.はロボットの描画結果が収束するまで繰り返し行う。以下実験手順1～5.について説明する。

実験手順1.ではロボットの腕の関節2自由度を用い、乱数で指定された目標関節角に腕を移動する動作を繰り返し行った。動作中、腕の関節角系列とペンタブレットから得られるペン先位置系列を取得する。動作終了後、得られた系列をMTRNNで学習し、腕の関節角系列とペン先系列の関係性を学習する。この過程でロボットは以下の二つの機能を獲得する。

【獲得機能】

1. ロボットの腕の動かし方によって何が描けるか連想する機能
2. 人間が描いた図形に対し、腕をどのように動かせば描けるか連想する機能

ただし、この段階では感覚と運動の連想機能が未熟であるため、正確に連想を行うことはできない。

実験手順2.ではまず人間がペンタブレットを用い、基本図形を描く。本研究では基本図形として正方形、円、三角形を描画図形とした。人間が描画する際、認知科学分野におけるモーションニーズの知見を利用し、描画図形の基本要素である直線を分かりやすく提示しながら描画する。具体的には描き出し、描き終わり、図形の角で止めを入れつつ描画を行う。

実験手順3.では人間が描いた図形に対し、ロボットは獲得機能2.を利用し、どのように

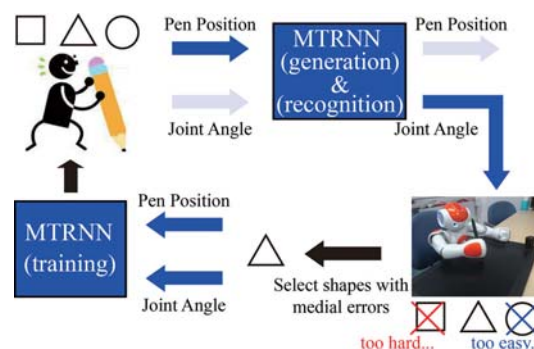


図3 描画模倣学習の概略図

腕を動かすか連想して図形を描画する。描画後、うまく描けなかった図形を選択して図1のモデルを追加学習する。さらに実験手順2で人間が描いた図形に対して獲得機能2.で連想し、描画を繰り返す。実験では描画結果が収束するまで手順2.と3.を繰り返し行う。手順2.と3.の概略図を図3に示す。

実験手順4.と5.では手順2.と3.と同様のことを行うが、人間が図形を描画する際、止めを入れずに描画する。これはモーションニーズ現象において幼児が成長したら親が教示動作を簡略化することに相当する。

本研究ではこの実験手順で実験を行い、ロボットの描画性能を評価した。描画性能については以下の3点が確認された。

【描画性能】

1. ロボットは右手を使った場合は右回りの円を、左手を使った場合は左回りの円を一番早く描くことに成功した。
2. 正方形と三角形については右手を使った場合、全体的に左回りの方がうまく描けた。
3. 止めを入れることで角の描画が通常の模倣学習に比べると向上していることが確認できた。

描画性能1.については人間の幼児も右利きの場合は右回りの円を最初に描くようになり、左利きの場合は左回りの円を最初に描くといわれている。これは人間の身体性によるものであると考えられ、人間の身体構造上利き腕と同じ

方向に描く円が描きやすいといえる。本実験でも人間と似た身体性を持つ人間型ロボットを用いたため、利き腕と同じ方向に描く円が最初に描けるようになったと考えられる。

描画性能 2. については、ロボットの動作空間を解析してその要因を確認した。その結果、実験手順 1. で行ったランダム動作の動作領域と左回りの正方形、三角形の動作領域が重なっており、右回りの正方形と三角形については動作領域が異なっていた。そのため、実験手順 1. で経験した動作で構成される左回りの正方形と三角形の方がきれいに描けるようになったと考えられる。

描画性能 3. については、特に三角形において描画性能の向上が確認された。また、角の描画だけではなく、止めを入れることで模倣描画そのものの性能向上も定量的に確認した。止めを入れることにより、描画における基本単位である直線の開始・終了を明確にし、ロボットが図形を認識する時も図形を直線の組み合わせとして認識できるようになったためであると考えられる。さらに、実験手順 4. と 5. のように止めを入れずに描画した結果、止めを入れた時に比べると描画性能は低下したものの、最初から止めを入れずに学習した場合よりは描画性能が向上することが確認できた。

ロボットが図形を描画した結果の一例を図 4 に示す。図 4 では左から順に人間が描画した図

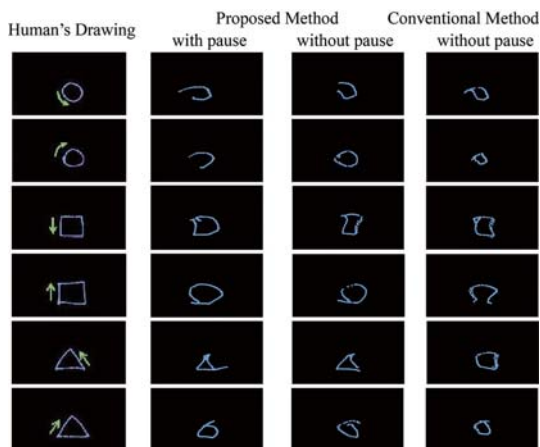


図 4 模倣描画結果の一例

表 1 絶対誤差平均

Proposed Method		Conventional Method
with pause	without pause	without pause
1.42	1.64	1.68

形、本実験において実験手順 3 における描画結果、実験手順 5. における描画結果、最初から止めを入れずに学習した場合の模倣結果を示している。また、上から順に左周りの円、右回りの円、左回りの正方形、右回りの正方形、左回りの三角形、右回りの正方形の描画結果を示している。定性的に結果を評価すると全体的に提案手法の描画性能の方がいいことが分かる。定量的に描画結果を評価するため、人間が描画した図形とロボットが描画した図形の絶対誤差平均を求めた。その結果は表 1 となった。表 1 から定量的にも提案手法の有効性が確認できる。

【今後の研究の方向、課題】

本研究成果では、ロボットの描画における道具使用を対象とし、人間の支援（モーショニーズ）を導入することで模倣性能の向上を実現した。今後の研究の方向性としては以下の 3 つを考えている。

【研究の方向性】

1. ロボットの模倣学習における人間の支援箇所の発見
2. ランダム動作から道具の機能性を発見するモデルの構築
3. 一般的な道具使用へのモデル拡張

研究の方向性 1. について、本実験ではモーショニーズの導入について、描画時に人間が角で止めを入れることで描画性能向上を実現した。これはスキルなどにおけるコツにも対応していると考えられる。本研究ではコツとなる角が分かっているという条件で実験を行ったが、一般的なスキルにおいて、コツとなる箇所が明確ではないことが多い。本実験ではランダム動作が円弧で形成されていたため、角の描画は曲線や直線よりも緻密な制御が必要であった。このよ

うにコツとなる箇所を模倣学習の過程で発見するモデルはより高次のスキル獲得においても重要な課題である。

研究の方向性 2. について、本研究では描画する機能性のみに注目し、ロボットにペンを持たせた状態で描画する実験を行った。一方で、人間の幼児はペンに描画する機能が備わっていることは知らず、様々な行動を経験する過程で描画する機能性を発見する。同様に他の道具についても他人の行動を観察したり、自身が道具を使用したりすることでその機能性を発見する。今後の研究の方向性として、道具の機能性発見にも注目し、複数の道具についてその機能を識別し、道具使用動作を生成するモデルに拡張していきたいと考えている。

研究の方向性 3. について、本研究では基礎実験として、道具をペンとし、描画模倣をする実験を行った。それは一般的に動作生成に関する研究は評価が難しく、描画実験は描かれた図形から性能評価ができるという利点があるためである。上記の研究の方向性 2. とも関連するが、ロボットがどのように道具の機能性を発見することは興味深い課題であり、他の道具にも応用することで一般的な道具使用モデルへと展

開できる。

今後はこれら 3つの研究の方向性についてそれぞれの課題に取り組み、人間の道具知覚・道具使用動作に関する知見をもとにロボットの道具使用モデル構築を実現していきたい。

[成果の発表, 論文等]

- [1] Shun Nishide, Keita Mochizuki, Hiroshi G. Okuno, Tetsuya Ogata, "Insertion of Pause in Drawing from Babbling for Robot's Developmental Imitation Learning," in Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2014. (accepted)
- [2] Keita Mochizuki, Shun Nishide, Hiroshi G. Okuno, Tetsuya Ogata, "Developmental Human-Robot Imitation Learning of Drawing with a Neuro Dynamical System," in Proc. of IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 2336-2341, 2013.
- [3] 望月敬太, 西出 俊, 奥乃 博, 尾形哲也, 「ロボットによる描画運動発達モデルと軌道の重み付き区間認識・学習を利用した精度向上」日本情報処理学会第 76 回全国大会, 3C-5, 2014.
- [4] 望月敬太, 西出 俊, 奥乃 博, 尾形哲也, 「停止動作を活用した描画運動におけるロボットの発達模倣学習」日本ロボット学会第 31 回学術講演会, 1C2-06, 2013.