

科学研究費助成事業（特別推進研究）公表用資料  
〔研究進捗評価用〕

平成24年度採択分  
平成27年 5月29日現在

研究課題名（和文） **神経ダイナミクスから社会的相互作用に至る過程の理解と構築による構成的発達科学**  
研究課題名（英文） **Constructive Developmental Science Based on Understanding the Process from Neuro-Dynamics to Social Interaction**  
課題番号：24000012  
研究代表者 **浅田 稔** (ASADA MINORU)  
大阪大学・大学院工学研究科・教授



研究の概要：本研究では、人間の認知発達の大基本問題である「自他認知」の課題に焦点をあて、物理的同調から始まる共感の発達過程が自他認知の発達過程と並行するという仮説をたて、リアルな身体を入出力とする脳の発達の大規模計算機シミュレーション、ニューロンの集団活動を脳波や脳領域の賦活として捉えるイメージング研究、人間に酷似した筋骨格系ロボットの構築、養育者と乳幼児の相互作用の心理／社会実験を有機的に結合し、自他認知に関わる一連の発達過程の構成的理解を得、これに基づき、神経ダイナミクスから社会的相互作用に至る過程の理解と構築による構成的発達科学を確立する。

研究分野：総合領域

キーワード：人工共感、カオス神経網、MEG、fMRI、リズム同調、予測学習、Affetto

1. 研究開始当初の背景

(1) ニューロンレベルのミクロな活動が、いかに人間レベルのマクロな行動に反映されるかは、分野を超えたビッグミステリーである。これまでは自然科学や人文科学などの説明原理によるものが多く、理解の程度が既存分野の域に留まっており、それらの理解に基づく人工物の設計原理からは遠い。

(2) 計算機シミュレーションやロボットを用いた構成的手法は、この課題に対して、設計の観点からの光を投げかけ、新たな理解と同時に、将来人間社会に導入されると想定されるロボットの新たな設計原理をも生み出す可能性がある。

2. 研究の目的

自他認知に関わる一連の発達過程の構成的理解を通じて、神経ダイナミクスから社会的相互作用に至る過程の理解と構築による構成的発達科学を確立する。

3. 研究の方法(図1)

(1) 脳発達シミュレーショングループ：MEG 等で観測されるマクロな脳波レベルの反応が現れる神経系モデルを構築して、イメージング研究グループで行うタスクに合わせたものにする。

(2) 脳機能イメージンググループ：MEG や fMRI などのイメージング研究を進め、自他認知の発達に絡む脳内機序のモデルを構築し、

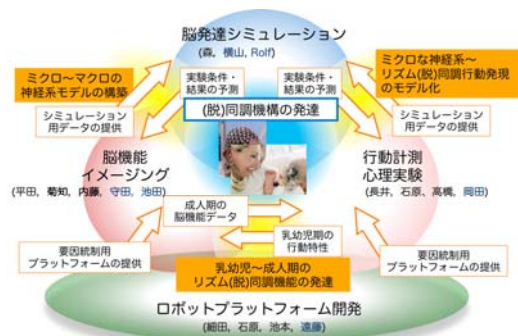


図1 本プロジェクトのグループ構成

計算モデルにフィードバックする。

(3) 行動・心理実験グループ：乳幼児のリズム運動の行動学的解析や養育者との情緒的相互作用のモデル化と実験的検証を進める。乳幼児の代わりにロボットを用い、そのモデルの動作を検証する。

(4) ロボットプラットフォーム開発グループ：イメージング機器内に入れられるロボットや、より実際の乳幼児に近いロボットを開発し、実験に持ち込む。

4. これまでの成果

自他認知と並行する共感の発達を人工共感設計論としてまとめたサーベイ論文を出版し[1][2]、これに基づき、各グループの成果及び今後の推進方策をまとめた。

(1) 理論・シミュレーション：身体と環境とのインターフェースとしての触覚細胞や脊髄延髄系のスパイクニューロンモデルを実装し、動作確認した。このモデルは、今後、

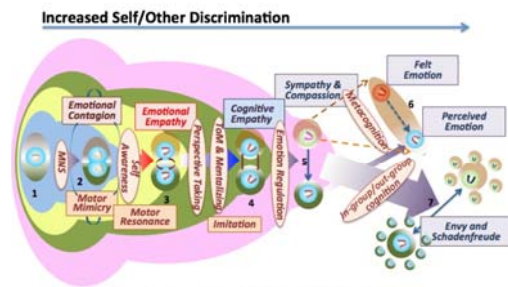


図2 人工共感発達モデル [1][2]

大規模詳細神経系発達シミュレーションを行う上で重要な成果である。また、身体の感覚系と運動系に種々のネットワークを付加し、神経ダイナミクスと身体ダイナミクスの関係を解析した[3]。

(2) **fMRI** : 6歳から12歳までの子供を対象として自己認知の発達に関するfMRI実験を行った。自己を表象すると推定される右大脳半球の下前頭-頭頂ネットワークからは、子供の自我の未形成を表すバイオマーカーである可能性を強く示唆した。**MEG** : 申請時には脳波によって行う予定であった同時測定(Hyperscanning)は、より時間・空間分解能に優れる脳磁図(MEG)による、世界に類を見ない親子MEG同時測定実験として結実し、MEG同時測定に関する方法論をまとめた[4]。

(3) **行動計測・心理実験グループ** : **ドラミングロボット** : ロボットプラットフォームグループとの連携で開発したドラミングロボットとのリズムセッションにおいて、機械的なロボットのリズムの中に社会性を感じる現象(社会的相互作用[7]の錯覚)を発見し、この概念モデルを考案した。**Affetto相互作用** : ロボットプラットフォームグループで開発中である幼児型ロボットAffettoを用いて、触れ合い実験を実施した。**予測学習モデル** : 以上の行動計測・心理実験で得られた知見をもとに、乳幼児の多様な認知機能の発達を統一的に説明する計算論的モデルとして、感覚・運動情報の予測学習に基づくモデルを提案した。これに基づき、他者の不完全な運動によって生じる予測誤差をトリガとして、利他的行動を創発するメカニズム [5] を開発した。

(4) **ロボットプラットフォーム** : fMRI内で使用可能なマスタ・スレーブハンドを開発するため、複数の樹脂を扱うことが可能な3次元プリンタを購入して、空気圧人工筋によって駆動されるメタルフリーなマスタ・スレーブハンドを試作し、そのバイラテラル制御の基盤となる制御手法の提案・検証を行った。親子間相互作用の実験プラットフォームとして開発してきた写実型赤ちゃんロボットAffettoの上半身の再設計により、空気圧による柔軟かつ俊敏な運動が可能となり、物理的な相互作用に多様性をもたらした[6]。

## 5. 今後の計画

期間終了まで、可能な範囲で基本課題を共有し、イメージングや行動心理実験による現象の理解とともに、ロボットなどを介在させることで構成的な理解を深め、それらに内在する原理の発見とモデル化を進める。それらのサイクルを複数回繰り返すことで、最終目標である「構成的発達科学」の基盤を構築する。

## 6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

[1] M. Asada, Development of artificial empathy. *Neuroscience Research*, Vol.90, pp.41-50, 2014.

[2] M. Asada, Towards artificial empathy. *International Journal of Social Robotics*, Vol.7, pp.19-33, 2014.

[3] H. Mori, Y. Okuyama, and M. Asada. Emergence of diverse behaviors from interactions between nonlinear oscillator complex networks and a musculoskeletal system. *European Conference on Artificial Life 2013 (ECAL2013)*, 2013.

[4] M. Hirata, T. Ikeda, M. Kikuchi, T. Kimura, H. Hiraishi, Yuko Yoshimura, and M. Asada. Hyperscanning MEG for understanding mother-child cerebral interactions. *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol.8, No.4, pp.618-623, 2014.

[5] J. Baraglia, Y. Nagai, and M. Asada. Prediction error minimization for emergence of altruistic behavior. In *Proceedings of the Fourth Joint IEEE International Conference on Development and Learning and on Epigenetic Robotics*, pp.273-278, 2014.

[6] H. Ishihara and M. Asada. Design of a 22 DOF pneumatically-actuated upper body for a little child android 'Affetto', *Advanced Robotics (to appear)*

[7] H. Takahashi, N. Endo, H. Yokoyama, T. Horii, T. Morita, and M. Asada. How does emphatic emotion emerge via human-robot rhythmic interaction?. In *Proceedings of the Second International Conference on Human-agent Interaction*, pp.273-276, 2014. (**Honorable mention poster award**).

[8] 河合祐司, 大嶋悠司, 笹本勇輝, 長井志江, 浅田稔, "幼児の統語発達モデル: 日本語, 英語, 中国語の言語構造を反映した統語範疇の獲得過程," *日本認知科学会第31回大会発表論文集*, pp.126-133, 2014. (大会発表賞を受賞)

[9] 高橋英之, *日本認知科学会第2回野島久雄賞*, 2014.

ホームページ等

<http://www.er.ams.eng.osaka-u.ac.jp/asadalab/tokusui/index.html>