

## 構成的発達科学を目指して

○浅田稔 (JST ERATO 浅田プロジェクト, 阪大) 細田耕 (JST ERATO 浅田プロジェクト, 阪大) 國吉康夫 (JST ERATO 浅田プロジェクト, 東大) 石黒浩 (JST ERATO 浅田プロジェクト, 阪大) 乾敏郎 (JST ERATO 浅田プロジェクト, 京大) 佐倉統 (東大)

### Toward Synthetic Developmental Science

\*Minoru ASADA (JST ERATO Asada Project, Osaka Univ.), Koh HOSODA (JST ERATO Asada Project, Osaka Univ.), Yasuo KUNIYOSHI (JST ERATO Asada Project, Univ. of Tokyo), Hiroshi ISHIGURO (JST ERATO Asada Project, Osaka Univ.), Toshio INUI (JST ERATO Asada Project, Kyoto Univ.), Osamu SAKURA (Univ. of Tokyo)

**Abstract**— This article argues how synthetic approach can cause a paradigm shift in developmental science from different viewpoints. First, some issues are raised for the achievements of our project, JST ERATO Asada Project. How our achievements can contribute to the existing disciplines, how much the embedded bodies are needed to show new findings, and how we can establish the grand model of development. The each author makes his own statement for these issues, and some feedbacks deepen the discussion among us. Finally, the future issues are raised toward synthetic developmental science.

**Key Words:** synthetic developmental science, cognitive developmental robotics

### 1. はじめに

2010年6月11日(金), 東京大学弥生講堂の一条ホールにて, JST ERATO 浅田共創知能システムプロジェクト<sup>1</sup>の公開シンポジウム「ロボットで発達を科学する」を開催した。プロジェクトの成果について, 各グループから発表があり, そのあとパネルディスカッションが開かれた。本稿では, そのあとに開かれたパネルディスカッションでの討論内容をまとめて, 構成的発達科学の構築を目指す。

ゲストパネリストとして, 慶応大学前塾長の安西祐一郎慶應義塾大学教授, 佐倉統東京大学大学院情報学環教授に参加頂き, 構成的手法による研究成果の人間の赤ちゃんの発達や社会性との等価性, グループ間の連携や相互作用の計算複雑性, ロボットという身体ハードの必然性など, さまざまな観点から問題を提起し, 議論した。その経過や今後の方向性について述べる。なお, 安西教授やフロアからのコメントと質疑応答に関しては, 都合により割愛させていただいた。ご了解頂きたい。

なお, 本稿は都合により, パネル討論のすべてを反映していないことをご了解いただきたい。

### 2. 人間の赤ちゃん発達との等価性, グループ間の連携と統合など

最初に佐倉より, 以下の課題が出された。

1. 構成主義的に作ったロボットの発達, 行動, 社会性, 認知, について, 研究対象としている人間の赤ちゃんの発達, 社会性等と何をもって等価であるとするのか?
2. 運動 (ロコモーション), 認知, 発達, 社会性の4つの大きな柱, それぞれ相互の関係について, どの

<sup>1</sup>www.jeap.org 参照



Fig.1 シンポジウムポスター

ようにプロジェクトとして構成主義的にアプローチしていくのか? それぞれの構成主義的に行われた研究の先に, これらの相互作用についてさらに構成主義的に研究すると思うが, 複雑になればなるほど計算が爆発するのでは, 生身の人間でわからないからといって, ロボットを使ってもやればやるほど解明が遠くなるのでは?

3. 病気の理解, 対処へのアプリケーションを考えているのか? CB2の動きが病気の方に似ている。大人の病気の方は動きの制御がうまくいかないために, 赤ちゃんの発達過程と同じよう動きをすると思われるので。

【浅田】発達をキーワードとするとロボットは発達するのかという問いをよく受ける。ウェットタイプの成長するロボットが必要では? という意見があり, 考慮すべき必要性はあるが, それ以前に, 脳科学, 神経科学, 発達心理学, それぞれの分野の中では説明されている

が、トータルな人としての理解がなされているとは思えない。構成的な手法に唯一の解はなく、多様な理解の中に構成的手法としての位置づけができる。唯一の解ではなく相互に結ばれることによって新しい理解が得られる。表層をなぞる深さによって、共有できる知識がどれくらいかによって、どこで納得するかを問われており、分野間で問題を共有して議論をすることが重要と考える。

【細田】赤ちゃんにマーカーをつけているだけでは、振る舞いは見えるが、もたらししている要素は見えない。構成主義では行動をコピーし少しずつ実現することによって、赤ちゃんだけを見ていると全体として見えなかった要素が少しずつ浮かび上がってくる。ロボティクスをベースに赤ちゃんに近い動きをロボットで実現することによって、実際との違いを他の分野の方からコメントをいただける。少しずつ構成しながら分析することを繰り返している。

【石黒】構成主義において最も重要なのはロボットのパフォーマンスを見せることである。生体の機能に忠実なトレースが可能であればよいが、人間を全体的に考えたときには不可能である。特に社会性の問題においては人間の定義そのものが曖昧なため比較が難しい。人とかかわって人間社会に受け入れられるロボットを実現しようとする場合は、ある程度の人を理解を基に、高いパフォーマンス持つロボットを作らなければならない。ここで、パフォーマンスというのは、人の中で使われる、人らしく振る舞えるということである。また、発達はその学習に比べて、より人らしい機能を実現しようということである。人間の発達のメカニズムが分からずとも、従来の学習よりも高い適応性を示す発達のメカニズムを持つロボットを作ることが必要で、それがパフォーマンスを見せるということである。また、工学的技術開発においては、発達の研究そのものが、今まで困難だった複雑なロボットのソフトウェア開発に拍車をかける。人の社会のなかで受け入れられて、中身を問わずに人らしい、と思われるロボットを作り、その後、中身を見直し、脳科学、認知科学との接点を見いだすのが構成主義である。

M3-Synchy を自閉症の子供の治療に使えるかどうかを試験する予定である。

【國吉】人はなんなのか？ロボットはなんなのか？ロボットと人はどこが違うのか？がわかっていない。ロボットと人が同じであれば研究する意義がない。人を見たときにどういうところを人間らしさとして見ているのかを抽出するための試みである。人とは何かという研究がロボットの研究することによってより先鋭化される。

生ものっぽいシミュレーションモデル（胎児や子宮のモデル）を持っているが、どこまでモデル化すれば良いかを常に悩んでいる。内臓系、内分泌系、血流をモデル化しなければならないと度々思う。肉体的な柔らかさ等を目指しているが、どこまで似せればよいか、わからないので、とことん似せる。その後、どこを落とせるのかを考える。身体性は与えられたものであり進化の結果である。その進化の結果を理解するのが研究の目的である。複雑な物を複雑に記述するのではなく、単純な原理で複雑な振る舞いのかかなりの部分を実現できるかを研究する。身体性はリアルにあるが、振

る舞いについては単純な原理でかけるのかを、積み重ねることによって、生体の認知・脳機能をばらばらに分解することは困難だが、構成論的に分解して機能の重要性を示すことができる。精緻にすることによって、機能を破壊したときに振る舞いがどう変わるのか等の、生体に使われる手法を使うことができる。

生体と比較するにはどうすれば良いか。スナップショット的な比較ではだめであり、あるスパンにわたって変化していく能力（発達）、システムを動かすことは難しい。あるいは条件変化があっても人と同じような振る舞いができるのは難しいので、それを目指している。【佐倉】スナップショットではだめだ、社会にどう受け入れられるか等、いろんな分野、角度から時間をかけて評価していくことが重要であり、チューリングテスト的なものを連想した。いろいろな評価の具体的なアンカー、道具としてロボットが使えるかもしれない。

### 3. おわりに

我々のプロジェクトの個々の成果の総体として、既存の科学技術さらには、社会に対してどのように貢献しうるかという、パネルディスカッションの観点は、プロジェクトの存在価値そのものを問うものであり、そのことが少しでも議論できたことは、幸いであった。この問いに対する回答は、完全なものではなく、いましばらくは、回り道かも知れないが、まだまだ未解決の個々のミステリーの対するアプローチを積み重ねて行きたいと考えている。

身体的共創知能では、人工筋が創りだすダイナミクスの自然筋肉が創りだすそれとの比較を通じて、人間の運動発達から認知発達の過程をダイナミクスの観点から明らかにする道筋が示されることが望まれる。対人共創知能では、発達胎児脳のモデルの精緻化と実際の赤ちゃんとの比較が急務である。とくに早産児、未熟児に対するモデル化が急がれる。社会的共創知能では、社会が脳を創るパラダイムをより明確すべきであろう。共創知能機構では、ロボットに適用可能な脳神経発達の計算モデル化が急がれる。そして全体では、相互フィードバックを通じて、これらの課題をとりまとめたグランドセオリーへのロードマップを明確にすべきと考えられる。

プロジェクトは2011年3月で正式終了するが、先にも述べた新たな課題は山積であり、むしろ課題を創出したことも自己評価としたい。最後に、プロジェクトに参画したすべての研究員、院生の諸君に感謝したい。プロジェクトの西村健技術参事には、パネルディスカッションの草稿化に尽力頂いた。なお、本プロジェクトに思い至った経緯や成果の一部を書籍として、第一著者がまとめ、刊行した[1]。ご参照頂ければ幸いである。

[1] 浅田稔. ロボットという思想 一脳と知能の謎に挑む一. NHK ブックス (1158), 2010.