立石賞功績賞の受賞記念講演概要

ロボティクスを軸とした人間と機械の調和への挑戦

大阪大学大学院 工学研究科 教授　浅　田　　稔

人間と機械の調和は量から質へ

深層学習に代表される近年の人工知能研究の進展はめざましく，我々の日常生活に徐々に入り込んできているが，ややもすると，BigData を用いた高速大容量プロセッサーによる力づくの処理に映る。人間と機械の調和はこのような「量」に依存する技術だけではなく，「質」すなわち，心が触れ合うコミュニケーションを実現するための科学・技術が必要と考え，1990 年代後半から，問題意識を共有する優れた研究者とともにこの課題に取り組んできた。未だ道半ばであるが，今回の受賞が更なる発展の起爆剤になりうると信じている。以下では，科学・技術研究，教育と産業応用，社会貢献の側面から筆者の積み重ねを紹介したい。

認知発達ロボティクスの考え方が人間との調和を推進する

人間との調和を考えたロボットの行動を設計する時，人間自身がどのようにして学習し，物事を考えたり，行動を起こしているかという，人間の認知発達過程の理解が重要と考えられる。そこで，神経科学や発達心理学などの分野を巻き込んだ学際的な研究分野「認知発達ロボティクス」を提案し，研究を重ねてきた［2］。これは，コンピュータシミュレーションや実際のロボットを使って，人間の認知発達過程の計算モデルを構築し検証することで，人間と調和するロボットの設計論を確立することを目的としている。

具体的な研究プロジェクト（JST ERATO 浅田共創知能システム：2005-2011[*1]）では，図 1 に示すように，胎児・新生児シミュレーション（対人的共創知能グループ：東大國吉康夫教授）からはじまり，柔らかな空気圧アクチュエータによる一連の人工筋ロボットの設計・作動（身体的共創知能グループ：阪大細田耕教授），人間と様々な相互作用可能なロボットの設計・作動（社会的共創知能グループ：阪大石黒浩教授），イメージング研究による人間の認知構造の理解（共創知能機構グループ：追手門学院大乾敏郎教授）の 4 つの研究を組み合わせ，物理的相互作用可能な世界発のヒューマノイドロボットの開発，親子間相互作用の共同注意，情動発達，語彙獲得などの一連の研究を実施してきた［3］。

また，次の研究プロジェクト（科研特推：2012-2016[*2]）では，赤ちゃんの筋骨格構造を模擬し，機械と人間が触れやすくするための空気圧人工筋を使った赤ちゃんロボット Affetto を開発［4］（図 2）し，人間との相互作用実験に用いている。また，親子間の相互作用のイメージング研究として，世界唯一の親子同時測定可能なハイパースキャン MEG（脳磁図）システムを開発し，自閉症親子ペアの比較実験結果から社会的コミュニケーション能力の低下の要因と思われる現象を発見している［5］．脳科学研究と認知発達ロボットの計算モデルの統合はまだ道半ばであるが，来るべき AI やロボッ

*1　http : //www.jst.go.jp/erato/asada/

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

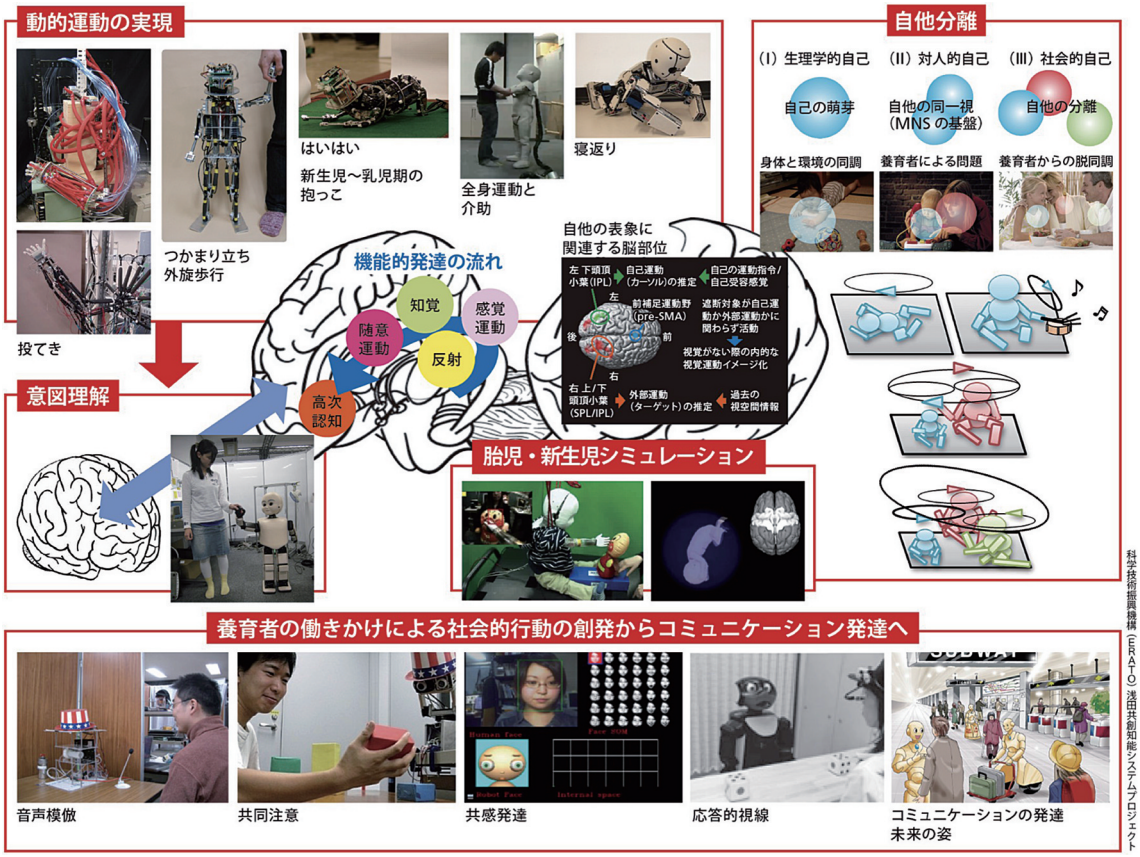

図 1　共創知能システムプロジェクトによる認知発達モデル（文献［1］の図を許可を得て転載）

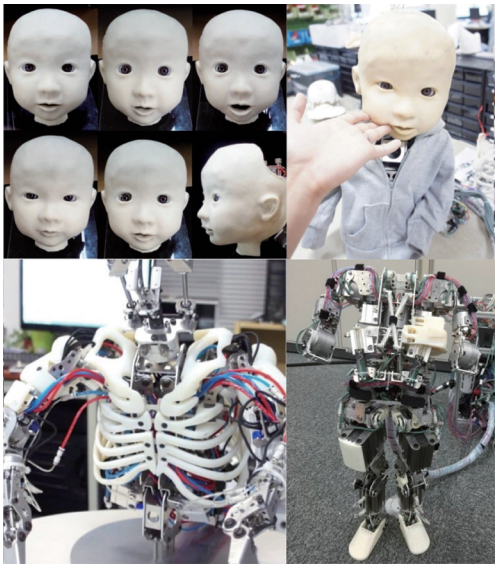

図 2　空気圧人工筋を使った赤ちゃんロボット Affetto

トとの共生社会における人工システムの設計として重要と考えている。

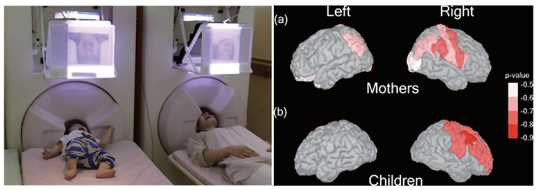

図 3　ハイパースキャン MEG（脳磁図）システム（左）と解析結果（右）

ロボカップによる教育研究活動及び産業応用の促進

研究経過や成果を社会にどのように還元するかは，種々の方法があるが，競技会を通じて，教育研究活動を一般公開の場で行うロボカップ[*3]は，競技参加者，来場者が一体となって，最新科学技術成果を検証する場として設計した。1997 年から始まり，当初研究を主体として開始したが，子どもたちの生きた教育の場としてのロボカップジュニア，災害救助を目的とした

*3　http : //www.robocup.org

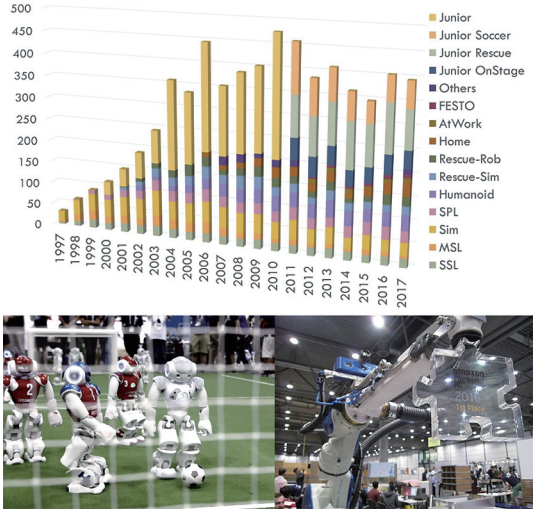

図 4　ロボカップ参加チーム数の推移（上），ロボカップサッカーの様子（下左），アマゾンチャレンジのチャンピオンチーム（下右）

ロボカップレスキュー，そして日常生活支援を目的としたロボカップ@ホーム，産業応用を目指したロボカップ@ワークなどに発展し，アマゾンロボットチャレンジも併催されるなど，企業との連携も推進されてきた。もともとサッカーの小型リーグの覇者が，自動倉庫システムのベンチャーの KIVA を起こし，それがアマゾンに買収され，そのアマゾンが逆にロボカップを利用して競技会を開催するといった好循環を実現している（図 4）。この間，ロボカップの創始者の一人として，国際委員会プレジデント（2002-2008），同ジャパンプレジデント（2008～）をこなし，ロボカップを通じて，このような人間と機械の調和の大きな社会的うねりを引き起こしてきた。

社会貢献

科学技術啓発活動の一環として，NPO ダ・ヴィンチミュージアムネットワークの理事長を務め，レオナルド・ダ・ヴィンチのアンドロイド製作を通じて，講演や工作教室などを開催し，科学・技術啓発活動に貢献してきた。レオナルド・ダ・ヴィンチは，科学・技術の分野の枠をこえ，芸術にまでいたる学際的研究者および芸術家のパイオニアであり，現代に生きていたなら必ずやロボット研究者になっていたに違いないという思いから，ダ・ヴィンチのアンドロイド製作を思い立った。イタリアミラノにある国立ダ・ヴィンチ博物館にて一ヶ月展示し，大好評を博した（図 5）。

図 5　製作したレオナルド・ダヴィンチのアンドロイド（左），展示の様子（右上），現地の新聞（右下）

現状のダ・ヴィンチのアンドロイドは，遠隔操作による対話システムであるが，将来は，自律した存在としてのロボットや人工システムが人間社会に導入され，共生社会を構築すると考えられる。そのような近未来社会における課題の一つとして，AI やロボットがミスなどを犯した時に，どのような責任の取り方が可能かという電子人格の問題があげられる。現状の法制度では，最新 AI 技術には対応できず，ロボットが自身で学習した結果に基づく行動に対する責任は，設計者，製造者，利用者のいずれかに及び，健全な科学技術開発を圧迫しかねないと危惧される。そこで，二人の法律家とともに，JST 戦略的創造研究推進事業（RISTEX）「自律性の検討に基づくなじみ社会における人工知能の法的電子人格」（平成 29-32 年度，研究代表者：浅田稔）プロジェクトを推進している[*4]。図 6 にその概念図を示す。人間と人工知能のいずれかが支配者となり他方が奴隷となる両極端（右下か左上）の世界ではなく，人間との多種多様な関わりを通して自身の振る舞いを修正し，

*4　http : //www.ams.eng.osaka-u.ac.jp/ristex/

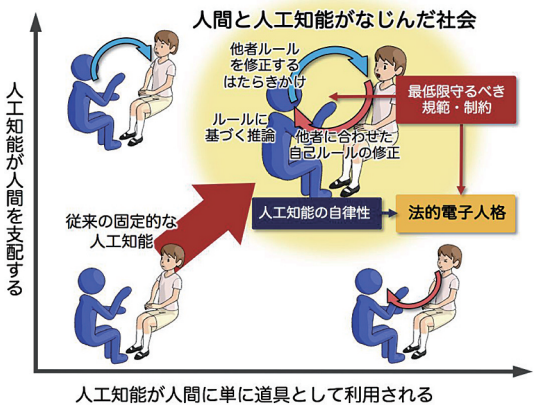

図 6　人工物との「なじみ社会」とは？

人間と適応的な関係を形成するロボットのあり方を目指す。これを「なじみ社会」と称し，ロボットを使った実証実験などを通じて，一般大衆にも受け入れ可能な法制度の構築ならびになじみ社会の実現を目指しいている。

おわりに

AI やロボットが心触れ合うコミュニケーションを実現するためのロボット研究，一般公開による科学技術促進と啓発を推進するロボカップ，さらに，AI やロボットとの共生社会に向けた倫理や法制度システムの改革などを通じて，人間と機械の調和を目指してきた。いずれも進行中であり，これらの深化と相互協調により共生社会に貢献すべく，まだまだ挑戦が続く。未来社会創造に向け，これからの科学技術研究者は，さまざまな分野を枠を超え，学際的な研究推進が要求されており，その範となれば幸いである。

謝辞

立石科学技術振興財団より平成 4 年度に「動的立案機能を有する能動視覚による幾何モデリングシステム開発に関する研究」で助成を頂いた。多くの方のご支援のお蔭で，その研究が飛躍的に発展し，今回第 5 回立石賞の功績賞を頂くことになった。立石科学技術振興財団関係者をはじめとして本研究にご理解とご支援を頂いた方々，ならびに本研究に携わった共同研究者全員に厚くお礼を申し上げる。

参考文献

[1] 浅田稔．ロボットサイエンスが導く「動き・かたち」と「思考」の新たな科学．浅田稔（編），別冊日経サイエンス 179「ロボットイノベーション，pp. 4-6．日経サイエンス社，June 2011.

[2] Minoru Asada. Karl F. MacDorman. Hiroshi Ishiguro. and Yasuo Kuniyoshi. Cognitive developmental robotics as a new paradigm for the design of humanoid robots. *Robotics and Autonomous System,* Vol. 37. pp. 185-193. 2001.

[3] Minoru Asada. Koh Hosoda. Yasuo Kuniyoshi. Hiroshi Ishiguro. Toshio Inui. Yuichiro Yoshikawa. Masaki Ogino. and Chisato Yoshida. Cognitive developmental robotics : a survey. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development,* Vol. 1. No. 1. pp. 12-34. 2009.

[4] Hisashi Ishihara and Minoru Asada. Design of a 22 dof pneumatically-actuated upper body for a little child android 'affetto'. *Advanced Robotics,* Vol. 29. No. 18. pp. 1151-1163. 2015.

[5] Chiaki Hasegawa. Takashi Ikeda. Yuko Yoshimura. Hirotoshi Hiraishi. Tetsuya Takahashi. Naoki Furutani. Norio Hayashi. Yoshio Minabe. Masayuki Hirata. Minoru Asada. and Mitsuru Kikuchi. Mu rhythm suppression reflects mother-child face-to-face interactions : a pilot study with simultaneous meg recording. *Scientific Reports,* Vol. 6. No. Article number : 34977. pp. 1-8. 2016.