

解 説

共創知能から共創都市へ

From Synergistic Intelligence to RoboCity CoRE

浅田 稔* *大阪大学大学院工学研究科, JST ERATO 浅田共創知能システムプロジェクト
Minoru Asada* *Graduate School of Eng., Osaka University, JST ERATO Asada Synergistic Intelligence Project

1. はじめに

今年, 7月13日から19日(18,19日は国際シンポジウム)にかけてINTEX大阪で開催された第9回ロボカップ世界大会には, 全世界31の国と地域から, 330のチーム, 1800余名の参加者, 5日間で約18万2千人の来場者とロボカップ始まって以来, 最大規模の大会となった(図1参照). ロボカップの大成功の秘訣はその公開性にあるが, その意味は, 我々の生活に入ってくる究極の人工物としてのロボットが, どの程度, 我々の生活に貢献可能かを公開実験を通じて検証することと同時に, そのことが, ロボットの社会的認知の向上に貢献するという点である. 世界に誇る日本のロボット技術から観て, 日本が世界で始めて, ロボットを日常生活に取り入れることは明白であり, 様々な試行とその結果についての情報を世界に伝える義務と権利が日本にはある. そこで, 科学技術で世界に貢献可能な数少ない分野であるロボティクスを駆使して, 世界にアピール可能なプロジェクトを紹介したい.



図1 2:2のヒューマノイドの試合

一つは, 本年9月1日からスタートした「JST ER-

原稿受付

キーワード: Synergistic Intelligence, Cognitive Developmental Robotics, RoboCity CoRE

*〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1

*2-1 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871

ATO 浅田共創知能システムプロジェクト」(5年7ヶ月: <http://www.jst.go.jp/pr/info/info203/index.html> 参照) である. 人間の認知発達をロボティクスと認知神経科学の融合からアプローチするもので, 人間知能の構成的理解と認知発達するロボットの設計論の確立を目指す「ヒューマノイド・サイエンス」を提唱している. このプロジェクトの成果は, 科学技術論文の発表だけでなく, 真に人間社会に貢献可能かどうかを, 実社会で検証するための場として, 梅田北ヤードに展開するロボシティ[1]に継続展開する. 以下では, それぞれについて説明する.

2. 共創知能プロジェクト

2.1 研究の背景

21世紀は「脳の世紀」と呼ばれ, かたや「ヒトと共生するロボットの時代」とも言われている. これらに関連する脳科学とロボティクスの両分野は, ヒトの知能創発過程の理解と構築という共通の課題を持ちつつも, その結びつきは現状では薄い. 近年の脳科学, 神経科学は, 非侵襲の計測装置などの最先端テクノロジーを武器として, これまで科学の対象で無かった, 認知・意識・心などの問題に迫りつつあるが, 現状の手段だけでは, 認知・発達能力の典型である身体性に基づくコミュニケーションと言語獲得能力の研究の進展が困難である. 一方, 日本が世界をリードしている人間型ロボットであるヒューマノイドは, 現在, 急速にその技術が発展しているものの, 表層的な機能実現に終始しており, 身体に基づく知能創発の設計論が確立していない. 両分野が有機的に結びつけば, ロボット技術を駆使した検証手段を用いることで日本独自の脳科学の進展が望める. 更に, これらの検証手段に耐えうる人工物を設計することは, 現状のロボットセンサーやアクチュエータなどの材料や従来の人工知能/制御技術に革新を迫るだけでなく, 知能の新たな設計論を確立できる.

表層的な機能の実現のための工学だけではなく, 脳科学, 神経科学, 認知科学などの分野との連携により, その裏にある深層構造を明らかにし, それらの設計・製作・作動を通じた統合的な理解と実現である工学と科学の融合が必須である. このような背景から, 本プロジェクトは, 現状の

ヒューマノイド研究に欠けている知能の設計をヒトを含めた動的環境内での相互作用（環境とロボットやヒトとロボット）の中から導くことを目指すものである。

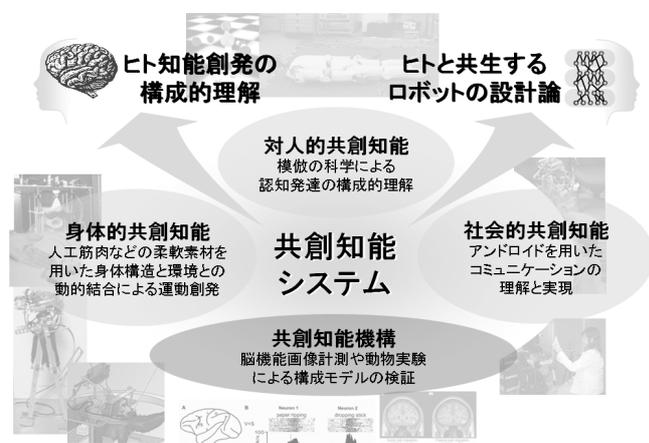


図2 共創知能システムプロジェクト

2.2 研究主題

本プロジェクトは、人間型ロボットであるヒューマノイドの新たな設計・製作・作動と認知科学や脳科学の手法を用いた構成モデルの検証による科学と技術の融合した新領域「共創知能システム」を構築する。

「共創知能システム」の出発点は、身体と環境のカップリングによる運動知能の創発である。従来の固いセンサアクチエータ系では実現困難な生物的な振る舞いをやわらかい皮膚やしなやかな人工筋肉により実現するための運動創発構造を明らかにする。次に、身体的行動から対人コミュニケーションまでを発達的につなぐ認知モデルによるヒトの認知発達過程（他者との共創過程）の構成的理解を目指す。さらに、社会的コンテキストの中で、アンドロイドを用いたロボットのコミュニケーション能力の実現や複数エージェントの社会発生メカニズムの解明を通じて、コミュニケーション創発過程の機構を明らかにする。また、脳機能画像計測や臨床検査による構成モデルの検証を通じたヒューマノイドの運動創発、認知モデルの構築ならびに設計へのフィードバックにより、新たな領域創出へと踏み出す。

2.3 基本構想

構想の概略：

脳機能の研究は、20世紀後半から活発に行なわれてきているが、システムの動的な性質に基づいて他の個体を含む外界と相互作用することにより、如何にして脳の機能を実現するかを原理的に明らかにすることが、21世紀の生命科学に課せられた重要な課題であり、従来型の伝統的な脳科学研究の延長線上での発展だけでは不十分である。本研究で推進する「共創知能」の考え方により、構成的モデルの重要性が認識され、ミクロスコピックに偏りがちであった

従来の脳科学、生理学の研究に、よりマクロスコピックな見方が導入され、日本の得意分野であるロボット技術を生かした日本独自の新たな脳科学の研究領域が創出され、脳にかかわる様々な分野の発展につながるものと期待される。さらに高度な社会的営みをする人間の理解、子供の心理的発達や教育に関わる様々な問題の解決にもつながると期待される。

「共創知能システム」の成果であるヒューマノイドは、心的側面であるソフトウェアの開発が必須であり、その投資効果は大きい。従来、コンピュータソフトウェアの世界は欧米主導であり、日本はその後塵を拝してきたが、もし、ヒューマノイドのこの分野で日本が世界標準を創ることができれば、その功績は非常に大きい。特に、欧米で技術面での遅れがあるいまが絶好の機会であり、この時期を逃すと、欧米に追いつかれてしまう可能性もある。

「共創知能システム」の過程で生み出されていく各種のロボットは、日本の国民に親しまれている「アトム」を連想することで、国民の支持が得られ、さらに、その成果の具体例として、掃除を手伝ってくれたり、話し相手になる家庭内でのパートナー、さらに屋外でのスポーツ・パートナーなどが挙げられる。特に、ロボットによるサッカー競技ロボカップも、研究総括が、すでに世界に発信し、一大国際研究プロジェクトになっているので、世界にアピールしやすい。

研究体制：

本プロジェクトでは、(1) 身体的共創知能、(2) 対人的共創知能、(3) 社会的共創知能、(4) 共創知能機構の4つのグループを構成し、相互に密な連携を保ちつつ研究を展開する。それぞれのグループでは、人工筋肉などの柔軟素材を用いた身体構造と環境と動的結合による運動の創発、身体的行動から対人コミュニケーションまでを発達的につなぐ認知モデルによる認知発達の構成的理解、アンドロイドやマルチロボットシステムを用いたコミュニケーションの理解と実現、脳機能画像計測や臨床試験による構成モデルの検証、を中心に行う。各グループは工学と科学の研究者がペアになって、グループ内でも融合的研究を促進すると同時に、ヒューマノイド実現に向けて、グループ間の密な連携が必須となる戦略を展開する。

2.3.1 身体的共創知能

環境と同程度かそれ以上のやわらかさを持つロボットが環境と相互作用して生み出される運動は、これまでの固いロボットにない柔軟かつ適応的なものである。このようなヒトにも見られる運動スキルは、内部構造である制御系のみで実現されるのではなく、その身体的構造と身体を取り巻く環境を考慮する必要がある。本グループでは、このような身体と環境の相互作用を考慮しなければ生まれない歩行、走行、跳躍などの運動スキルを実現し、そこに宿る知

能発現の方法について考察する。

2.3.2 対人的共創知能

対人的知能の中心課題は、実世界行動とコミュニケーションとの融合である。その発達の構成論は、身体的共創知能と社会的共創知能の間を橋渡しする。本研究では、人間の胎児から乳幼児までを模した自律学習ロボットの構成論を通して、身体行動レベルから対人コミュニケーションまでの認知発達モデルを構築する。

2.3.3 社会的共創知能

人間は全ての対象との関わりにおいて擬人化をする。この人間の本质をもとに、人間と関わるコミュニケーション機械の原理を、工学的、科学的双方のアプローチから取り組む。この研究枠組みを、アンドロイドサイエンスと呼ぶ。この研究では、知能の評価を常に、人間との相互作用、広くは人間社会におけるロボットに対する影響に求めた研究を行う。すなわち開発したロボットは常に社会という基準に置いて評価され、社会の中でより複雑な関係を築くことで、そのメカニズムを発達させていく。

2.3.4 共創知能機構

脳機能画像計測や臨床検査による構成モデルの検証を通じたヒューマノイドの運動創発、認知モデルの構築ならびに設計へのフィードバックを遂行する。共創知能機構グループの基本的な考えは、体験を通して身体イメージ・動作イメージが構築され、イメージを操作して他者動作の認知・模倣やシミュレーション(内部での動作駆動 思考へ)などが可能になることである。ここでは、特に、手の模倣に関するfMRI研究および自閉症児の生物的運動知覚に関する研究を基礎に、自閉症における手の模倣の行動実験を行い、模倣メカニズムとコミュニケーション機能の関係を探る。手や道具を通じた対象物操作のメカニズムを行動実験、fMRI実験、理論的研究を通して明らかにする。

2.4 将来展開

来るべきロボット社会において人間とロボットの関わり方の本質を説明する学問領域が世界に先駆けて構築される。身体性、自律性、社会性を、創発・発達の観点から統一的・連続的にモデル化し、実ロボット上の構築を経て、構成論を提示できる。このことにより、表層的な機能のコピーに終始してきた現状のロボティクスから、人間社会に真に貢献可能な適応・発達ロボットの基本原理を提供できる。

さらに、発達の基礎過程を理解したうえで構築されるロボットは、表層的な利用に終わる、従来の教育ツールと異なり、子供の正常な学習を促すツールとしての価値も高い。また、自閉症解明に向けたアプローチとして、正常発達を阻害しているときなした場合の発達モデルを利用したメカニズム解明や、コミュニケーションにおけるロボットと人間への対応の差異の解明があげられる。

本プロジェクトの研究成果は、そのまま次節の都市型口

ポット実験実証施設に導入され、様々な検証を経て、プロダクトに結びつき、新たなロボット産業振興を図ると同時に、それらに関わる人材育成にも貢献する。

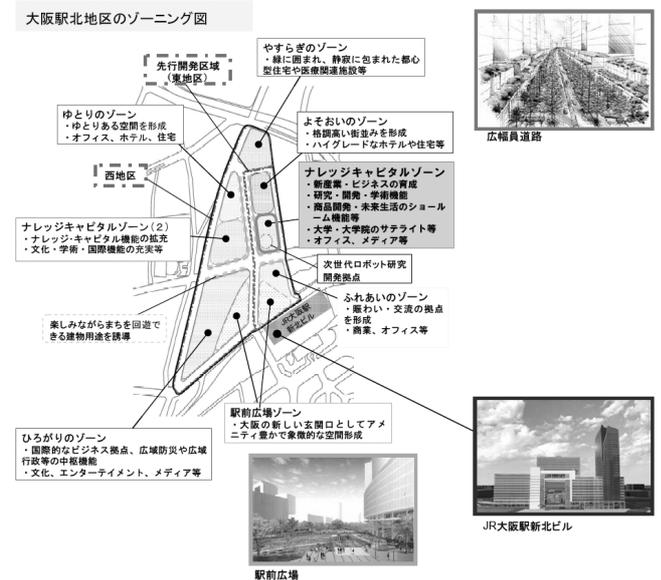


図3 ナレッジキャピタル企画委員会の北梅田「ナレッジ・キャピタル構想」(説明用資料)から許可を得て転載

3. 共創都市ロボシティコア

前節の浅田プロジェクトは、2005年9月スタートで5年7ヶ月の期間、研究活動を実施することになるので、プロジェクト自体の終了は、2011年3月である。この時期は、文献[1]で紹介したロボシティ・コアが含まれる大阪北梅田のナレッジ・キャピタルの街開きの時期でもあり、ERATOのプロジェクト成果をそのまま持ち込み、実証実験フェーズに入ることが可能である。以下では、この実証実験の街「ナレッジ・キャピタル」について説明する[†]。

北梅田「ナレッジ・キャピタル構想」(説明用資料)[2]では、ナレッジ・キャピタルが以下のように説明されている。

大阪駅北地区(北梅田 約24ha)は、JR大阪駅から国道を挟んですぐ北側に位置する。ナレッジ・キャピタルは、北梅田の第1期先行開発区域(7ha)のうち、中央の約1.5haのブロック内に立地し、第1期開発の中核的な機能をもつことになる。将来は、全体開発(24ha)にもその機能を拡張する。第1期開発の時点では、平成23年にJR大阪駅新北ビルが建て替えられ、その北側の

[†] 著者は、大阪北梅田のナレッジ・キャピタル企画委員会(委員長は阪大宮原総長)の委員の一人としてロボシティコアを提案し、議論してきた。その宝報告書やパンフレットは以下のWEBに掲載されている。<http://www.kitaumedaka-osaka.jp/kcp.htm>

駅前広場はアメニティ豊かな、人のための広場として整備される。周辺道路も広幅員の緑豊かな空間になり、北梅田の駅前の顔が形づくられる。

図3に同地区のゾーニング図を示す。先行開発東地区の中の「次世代ロボット研究開発拠点」がロボシティコア(“RoboCity CoRE”の“CoRE”は“Center of Rt Experiments”略)の中心となる建物が構築予定である。ロボシティコアの基本的な考え方は、文献[1]にも示したように、IRT(Information and Robot Technologyの略)の研究、教育、産業化が三位一体で公開性を維持しつつ、同時進行することである。図3では、次世代ロボット開発拠点が街の一部で独立しているようにうかがえるが、そうではなく、ここで開発されたプロトタイプやプロダクトが、近隣の商業地区、医療機関、美術館や図書館などの公的施設や住宅地区に適用試験されることが期待され、街全体が知的人工物として、人と共生することになる。具体的な実証実験項目は、以下が考えられる。

- (1) 共創知能ヒューマノイドの統合実験:ERATOプロジェクトでは、最終成果として、3歳児程度の運動創発能力、認知発達能力、コミュニケーション能力を備え、それらの神経的基盤が、部分的にでも明らかになるので、それらを統合した子供ヒューマノイドの実証実験を遂行する。運動能力、対話能力などである。やや長期的な視点にたった実証実験で、少子高齢化に向けた対人口ロボットとして役に立つことが期待される。
- (2) 要素技術の切り出しによるプロダクト開発:統合ヒューマノイドに利用されている要素技術を切り出し、単品としての応用可能性の実証実験。対話能力を使った各種インターフェース、柔らかな皮膚の技術は病院や老人ホームなどの施設におけるやさしい環境(転ぶとやわらかくなる壁や床など)にも転用可能かもしれないし、各種応用はユーザー側が決めるので、ある程度自由度を残した製品開発になるだろう。
- (3) 環境型ロボットの社会的認知向上:これまでの単体ロボットではなく、環境を含めた知的人工空間を提供するための環境ロボットシステムの実証実験。ユビキタスロボットやネットワークロボティクスと等価。ロボットの概念を拡張する上で、重要な実験項目。新しいアトムの概念を創出する。

以上の実験は、相互に密に連絡をとりながら遂行するが、これらの実験を実施したり、支援する施設として、オープンラボ(大学や研究機関の最先端技術実験場)、フューチャーショールーム(来場者を交え、様々な体験実験を通じて製品開発につなげる)、デザインファクトリー(ロボットのデザインを考案・実現・修正)、認証実験施設(商品としての認証)を整え、さらにそれらの環境を利用したロボット産業化の人材育成も同時に行う。

4. 最後 に

ERATOプロジェクトによる基礎研究開発からロボシティコアにいたる実社会での都心における実証実験スキーム全体の10年計画の概要を示した。ロボットの共生実験はさまざまな意味で日本が世界で始めて実施することは、明白な事実であり、その経過、結果を世界に情報発信する権利と義務がある。このことが、ロボットを核として日本が科学技術分野、さらには認知科学、心理学、社会学にも世界貢献である可能性を示している。ERATOプロジェクトならびにロボシティコアが、そのための先鞭になれば幸甚である。

謝辞 本稿をまとめるにあたり、日頃から活発な議論をいただいている大阪大学大学院工学研究科の石黒浩教授、細田耕助教授、東京大学大学院情報理工学系研究科の國吉康夫教授、京都大学大学院情報学研究科の乾敏郎教授に感謝する。また、ロボシティコアの構想の議論に関しては、大阪市フューチャーライフデザインラボラトリーリーダーの石黒周氏、ならびにJST北野共生システムプロジェクトリーダー北野宏明氏に感謝する。

参 考 文 献

- [1] 浅田稔、石黒周。ロボット・サイエンス&テクノロジーを核とする国際公開共同実験都市構想『robocity core』、日本ロボット学会誌、Vol. 22, No. 7, pp. 833-838, 2004.
- [2] ナレッジ・キャピタル企画委員会。北梅田「ナレッジ・キャピタル構想」(説明用資料)、2005.

浅田 稔 (Minoru Asada)

1982年大阪大学大学院基礎工学研究科後期課程修了。1989年大阪大学工学部助教授。1995年同教授。1997年大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻教授。工学博士(大阪大学)となり現在に至る。この間、1986年から1年間米国メリーランド大学客員研究員。1989年、情報処理学会研究賞、1992年、IEEE/RSJ IROS'92 Best Paper Award。1996年日本ロボット学会論文賞、1998年人工知能学会研究奨励賞、1999年日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門貢献賞、2001年文部科学大臣賞・科学技術普及啓発功績者賞、2001年日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門賞:学術業績賞それぞれ受賞。博士(工学)。電子情報通信学会、情報処理学会、人工知能学会、日本機械学会(フェロー)、計測自動制御学会、システム制御情報学会、日本赤ちゃん学会(理事)、2005年からIEEE Fellow (RAS CS, SMC societiesなどの会員)。NPO ロボカップ日本委員会理事、ロボカップ国際委員会会長。(日本ロボット学会正会員)