

ICORP 計算脳プロジェクト中間評価報告書

日本側研究総括：

川人 光男 【(株) 国際電気通信基礎技術研究所 (ATR) 脳情報研究所／所長】

相手国側研究総括：

Christopher G. Atkeson 【米国・カーネギーメロン大学 (CMU) ロボティクス研究所／教授】

研究実施場所：

日本側：(株) 国際電気通信基礎技術研究所 脳情報研究所内

米国側：Carnegie Mellon University, Robotics Institute

共同研究体制：

ヒューマノイドロボットグループ (ATR・CMU)

計算神経科学グループ (ATR・CMU)

評価委員 (あいうえお順、○は主査)：

浅田 稔 【大阪大学大学院工学研究科／教授】

小嶋 祥三 【慶応大学文学部／教授】

○中村 仁彦 【東京大学大学院情報理工学系研究科／教授】

村田 哲 【近畿大学医学部／助教授】

0. はじめに

評価委員は 2006 年 10 月 25 日に、(株) 国際電気通信基礎技術研究所 (ATR) において中間評価会を実施した。川人光男研究総括やプロジェクトに参画する研究員が、予め郵送された資料と追加された資料に基づいて、プロジェクトの概要や研究成果の発表と評価委員との質疑応答を行った。その後、研究総括の案内で研究実施状況と研究成果のデモンストレーションを見て回るサイトビジットを行った。本中間評価報告書は、これらに基づいてまとめたものである。

1. 総合評価・評価の概要

評価：秀 (Excellent)

ICORP 計算脳プロジェクト（2004年1月発足）は、戦略目標「教育における課題を踏まえた、人の生涯に亘る学習メカニズムの脳科学等による解明」のもと、脳の計算理論のモデル化を通して人間の運動スキル、情報処理、認知能力のメカニズムの理解を目指した研究に取り組んでいる。ICORP 計算脳プロジェクトの研究総括（以下、総括と略す）である川人光男博士は、これに先立って実施した ERATO 川人学習動態脳プロジェクト（1996年10月から2001年9月）をさらに発展・深化させ、「脳を創ることにより、脳を理解する」ことを本プロジェクトの研究主題として位置づけている。

本プロジェクトでは、脳の計算理論を計算機シミュレーションやヒューマノイドロボティクスに適用し、ヒトの運動スキルの情報処理および学習・認知のメカニズムの理解に取り組んでいる。本プロジェクトの特長は、「ヒト脳の情報処理を理解する」ということと、「それをもとにした役に立つ機械（ヒューマノイドロボット）を開発する」ということを、同時に研究課題として兼ね備えている点にある。このように、アナリシスの目標に対してシンセシスの接近を試みるという逆説的な方法論は、総括が「脳の計算論」の研究で編み出してきた方法論であり、「脳の理解」という現代科学のひとつの大目標に対して独特の立場をとっている。シンセシスの立場は、それが生む成果が学術的な「理解」だけにとどまらず、研究の過程で生まれるハードウェア、ソフトウェア、システムなどがテクノロジーとして社会に還元される可能性も併せ持っていることが重要である。

研究体制としては、(株)国際電気通信基礎技術研究所(ATR)脳情報研究所に日本側実施場所を置き、総括の他にグループリーダーGordon Cheng 博士を含め延べ11名の研究員を集めている。また海外の研究機関として、米国Carnegie Mellon University (CMU), Robotics Institute ではChristopher Atkeson 教授ら3名の教員が参加し、実質的で質の高い共同研究体制がとられている。ATRでは、他のプロジェクトに参加する神経科学者らとの接点が多く、若手研究員の研究環境として恵まれた状態にある。

研究開始から約3年の時点での中間評価であるが、1年目から(A)モーションキャプチャシステムの導入、(B)ダイナミックシミュレータの開発、(C)小型ヒューマノイドロボットの導入と基本制御ソフトウェアの開発、(D)PC クラスタ計算機環境の整備、などを迅速に行い、(1)歩行と脳、(2)器用さと脳、(3)知覚と脳、(4)ツール、などの中心的な課題について成果を出しつつある。個々の研究テーマに関する評価は次章に述べるが、プロジェクト全体の「脳を創ることにより、脳を理解する」という視点は徹底されており、計画通り着実に研究が進展している。

さて残りの約2年で目標とする研究成果を得るためには、今後は認知科学的側面からの研究に重心を移した研究推進が必要になるはずである。ヒトとロボットに関する研究が重要性を増す中で、総括には認知心理や発達心理、神経生理学等との接点を重視したプロジェクト運営を、人員配置の検討を含めて期待したい。

2. 評価の詳細（研究テーマの進捗状況と今後の見込み）

2. 1 歩行と脳：Locomotion and Brain

歩行は、神経生理学的に見ると、脊髄、脳幹、大脳基底核、小脳、大脳皮質など各運動関連システムが関与していることが知られている。総括の報告では、神経生理学的研究との学際的研究の方向を今後考えているとのことであったが、特に大脳皮質の関与は、神経生理学でも未だ明確にはなっておらず、生体の歩行メカニズムについて脳科学へのフィードバックが大いに期待される。「歩行と脳」は本 ICORP プロジェクトの中で最も人的リソースを注ぎ込んでいるところであり、今回の中間報告でも 24 ページを占め他のテーマと比べて約 2 倍の分量を占めている。プロジェクトの中核になる部分である。

2. 1. 1 ヒューマノイドの運動制御

2. 1. 1. 1 運動プリミティブを用いた 2 足歩行の学習と適応

(内容) CPG (Central Pattern Generator) 制御において位相リセットが安定化に果たす役割を検証

(評価) シミュレーションと実験で検証していることについては評価できる。位相リセットは ZMP (Zero Moment Point) に基づく制御においても Q. Huang らによる研究があり、CPG を用いた場合でも土屋らの研究がある。次なる研究の方向性として、これらとの比較が必要であろう。

2. 1. 1. 2 冗長性を有する作業空間における制御手法の実験的検証

(内容) 1 つのロボットを用いた 8 種の冗長性制御法の比較

(評価) 実験的な検証を実施している点について高く評価をするものの、冗長性制御の 8 種類の方法の性質は式から明らかであり、定性的にはある程度は比較することができるように思われる。冗長性を有する作業空間における制御手法の実験的検証では、制御手法の比較が単一ハードウェアでなされている。ハードウェアの特性が制御性能に与える議論も必要であろう。

2. 1. 1. 3 統計学習を用いた非線形学習適応制御に関する研究

(内容) 非線形関数を区分線形関数によって統計的学習し逐次関数近似

(評価) CMU の協力研究者により以前提案された統計的学習手法を基に、新たに構築したものであり、国際協力の成果といえる。

2. 1. 1. 4 フィードバック誤差学習の安定性に関する研究

(内容) フィードバック誤差学習は学習適応制御の特別な場合

1 入力 1 出力 2 次系でのゲインの十分条件を導出

(評価) 制御理論あるいはロボティクスへのインパクトは必ずしも大きくはないかもしれないが、結論は理論的に新しいものであり、フィードバック誤差学習と脳の運動制御との結びつきを考えると脳科学としてその意味するところは重要である。

2. 1. 2 ヒューマノイドロボットの学習

- (内容) ① 位相リセットの最適化
 ② 遊脚設置位置の最適化
 ③ CPG への非線形出力フィードバック則の最適化

(評価) 2.1.1.1 と一部関連するテーマである。矢状面に拘束されたロボットと拘束されない 2 種類のヒューマノイドロボットに適用して実験的な検証を行った点は高く評価できる。但し CPG 制御の優位性を議論するとき、「ロボットの正確なモデリングと高精度な軌道追従を可能にするアクチュエータを必要とする」として、ZMP に基づく開ループ制御のみを批判の対象にするのではなく、CPG が引き込み領域をもつことから、ZMP に基づく閉ループ制御も比較対象として検討して欲しい。

2. 1. 3 受動性によるアプローチ

- (内容) ① Passivity に基づく制御をヒューマノイドの全身運動に適用した。
 ② 歩行運動の準周期性や倒立振子モデルと上記運動制御を組み合わせる歩行制御を実現した。

(評価) Passivity に基づく制御は非線形制御で確立されたものであるが、それをヒューマノイドの全身運動に展開し、実験によって検証した点は高く評価できる。歩行の安定化の本質について深い考察を行っているが、さらにそれを発展させ、従来のヒューマノイドの歩行制御の枠組みを超える方法を提案することが期待される。

研究テーマ「歩行と脳」を評するに、方法論としての非線形制御、学習制御、適応制御の重要なアプローチをいずれも実物のヒューマノイドロボットに丹念に実装し、その有効性やパラメータの設定方法などについて深い議論をすることに関して、大きな努力をしてきており、また成果も確実に得ている。制御理論の各論を貫く「歩行と脳」の問題についての議論は、まだ形に表れるまでには至っていないものの、この 3 年間で、研究を発展させる基盤技術を確立する期間であり、これらの成果に基づいて今後このような議論を深められることを期待したい。このためには、総括のこれまで以上のリーダーシップを必要とするだろう。

2. 2 器用さと脳 : Dexterity and Brain

本研究では、ロボットにおいて実験心理学、認知科学や神経生理学のデータを基に、ロボットにおいて証明可能な仮説を導くことを目的とし、最終的には脳研究へのフィードバックとともにヒューマノイドロボットの開発に重要な技術をもたらすことを目指している。本プロジェクト全体にわたる重要なキーコンセプトであり、きわめて独創的であるといえる。実際、従来は脳科学の成果が計算論に使われる状況であったが、このグループの現在までの内部モデルについての研究成果・アイデアは、逆に脳科学をリードするようになってきている。「器用さと脳」に関する研究テーマは本プロジェクトの中でも、より脳科学に接近している部分である。この研究テーマでは、特にその成果が顕著にみられている。本テーマでは、認知科学や心理学でみられるいくつかのキーワード、すなわちアフォーダンス（把握対象の空間的特徴）、模倣、身体図式などを対象に研究が行われた。各々のキーワードは運動制御や運動学習と関連がありながら、この研究がさらに高次な認知機能へと展開しうる概念を含んでおり、計算論のみならず、発達心理学、認知科学、脳科学への波及効果も大きいと考える。

2. 2. 1 アフォーダンス学習

(内容) アフォーダンスについては、把握動作を主に対象とし、乳児の発達過程において、アフォーダンスの獲得がいかに行われているかの研究をシミュレーションにより行ったものである。従来、生理学的には、頭頂葉の AIP 野 (Anterior Intraparietal Area) と腹側運動前野の F5 のネットワークが把握運動に関連すること、そして AIP 野には物体の形や大きさ、傾きに選択性のある視覚ニューロンがあることが知られていた。本研究はそうしたデータと実際の乳児の把握運動の発達プロセスを前提とし、そうしたアフォーダンスに関連するニューロンが視覚運動学習の過程で出現することを明らかにした。これは乳児の発達過程でオープンループの把握運動が視覚を基にした把握回路構築に使われることを示唆している。3 種類の対象物のさまざまな画像とそれを把握する 3 指合計 7 関節の入出力マップを、自己組織化マップを用いて獲得している。これが AIP ニューロンの特徴を示すとのことである。

(評価) アフォーダンス獲得過程のメカニズムは、乳児の運動の発達メカニズムを明らかにするとともに、生理学的に示唆される脳内のアフォーダンス表現のメカニズムに迫るものである。AIP の学習モデルでは、把持対象の幅と高さでコーディングしている結果が示されているが、把持姿勢のコーディングがされているのではとの指摘があり、その構造が明らかにされることが望まれる。画像と関節の sensory-motor map を SOM とシグモイドネットワークを組み合わせて求めたものが、AIP ニューロンの特徴を持つことは

大変興味深い。この特徴がどのようなメカニズムから生まれるのかといった考察が今後望まれるところである。一方で、これをアフォーダンスと呼ぶには、やや単純過ぎるとも見受けられる。把握運動においては、物体が同じでも異なるアフォーダンスを持つ。Arbibらは、こうしたアフォーダンスの選択は頭頂葉において行われていると示唆しているが、そのメカニズムについて大変興味あるところである。また生理学的によく知られる脳内の F5 のニューロン活動とアフォーダンスの関係についても今後の研究が期待される。

2. 2. 2 連想学習およびロボットによる見まね

(内容) ロボットが 16 自由度を持つハンドを用いた自己観察のみで行なった視覚運動連想学習によって、ロボットが他者（人間）の手をみたときに同じ運動の連想が可能であること示した。これは、ニューロンレベルでは自己の運動の発現とそれに随伴的な運動の視覚的な自己観察によって、運動と視覚のヘップ的な学習によって模倣の基本的な形が獲得可能であることを示している。幼児の模倣能力獲得のメカニズムについても同様のことが考えられる事を示唆している。研究に用いられたシステムは、見かけの異なるヒトとロボットの手の間でも模倣が可能であることを示しており、観察した運動の一般化が可能であることも示した。

(評価) 連想記憶学習に用いる画像の単純化において、すでにロボットの手か人間の手かの差が見えにくくなっているとしたら、この結果は驚くに当たらない。研究の狙いの明確化がほしいところである。自己観察による模倣のための行動連想は、模倣の構造の一側面を示しており、國吉らの研究(自己観察と自己運動の連想をもとに、他者観察から自己運動を連想する)との類似性があり興味深い。生理学的な機能の未だはっきりしないミラーニューロンについてもその成り立ちについて、運動の学習過程における運動の要素と視覚的な運動が連合学習された結果であるという重要な提言を行っており、模倣研究のみならずミラーニューロンの研究においても波及効果は大きい。頭頂葉と腹側運動前野のネットワークの機能的役割の解明に重要な成果をもたらすと考えられる。今後この研究の方向性は、ロボットの社会的能力へと向かうことがうたわれている。一方で、自己と他者の身体性の表現という問題も含んでいると考えられる。特に他者の身体表現をいかに自己の身体表現と重ね合わせるのか興味のあるところである。今後の研究を期待するところである。

2. 2. 3 巧みな操り

(内容) 人間の指の動きをモーションキャプチャで計測し、その関節運動を 16 自由

度のロボットハンドの指の指令値として出すシステムを作り、ロボットの手の中のボールの操りを人間が手を（指を）動かすことで教えるシステムを開発した。これによって人間の熟達したスキル伝達が可能であることを示した。視覚的な遠隔操作システムのひとつではあるが、実時間で動くことが画期的である。

(評価) **Brain Machine Interface (BMI)** を研究するための基盤技術として十分に評価できる。自己の身体図式のロボットハンドへのマッピング、ロボット側で教示された運動の意味(物理的因果関係)の理解などの興味ある課題が残されており、今後の進展が期待される。可塑的に変化する身体図式の研究をイメージングのテクニックと組み合わせで行うのに今後有効であること、**BMI** のインターフェースの基礎的な研究となっていることは大変興味深い。但しこのテーマの現状の結論として、人間の身体図式と可塑性の柔軟さを用いたとあるが、これには一考を促したいと考える。身体図式の可塑的变化には、視覚的なフィードバックのみならず、体性感覚のフィードバックも重要であり、可能であるならば、センサーからのフィードバックがあることが望ましい。これは **BMI** においても重要な要素となりうると考えられる。単に脳からの信号を取り出すだけでなく、体性感覚のフィードバックを返すことは、よりスムーズな **BMI** の一つの方向性にもなるのではないかと考えられる。また、皮膚感覚がないということは人間的なロボットの将来を考えると気になる場所である。皮膚感覚がない身体像とはどのようなものか。生物は何らかのもので外と内に分けられている。ヒトには鋭敏な皮膚がある。体性感覚は自己感の源泉である。ロボットが将来、意識や自己感を持つとすると、皮膚は必要ではないだろうか、(やや長期的なものかも知れないが) 今後の検討が待たれる。

結論で書かれていることはそれぞれ上記の3点の研究が目指す視点の高さを述べている。いずれも興味深いものであり、高く評価できる。それぞれが運動制御や運動学習と関連があり、この研究がさらに高次な認知機能へと展開しうる概念を含んでいる。計算論のみならず、発達心理学、認知科学、脳科学への波及効果も大きいと考える。一方で、テーマ全体と個々の研究内容を照らし合わせたとき、互いが独立しているようにも見受けられるので、本テーマ全体を俯瞰するような基本コンセプトを構築することにも一考を促したい。

2. 3 知覚と脳 : Perception and Brain

「知覚と脳」の研究では以下のようなサブテーマを扱っている。

2. 3. 1 視覚情報の分散処理とヒューマノイドロボットの視覚注意

(内容) 8台の計算機からなる視覚情報のクラスター計算環境を整備するとともに、5種の視覚情報に基づくボトムアップ視覚注意の計算機モデルを構築し、実装した。

(評価) ボトムアップ視覚注意の構築は、分散計算機システムとともに地味な貢献ではあるが、このシステムはヒューマノイドの視覚と運動に関わる脳の問題の研究にはなくてはならないものであり、研究基盤の開発として今後の研究に役立てることができる。努力に敬意を表する。

2. 3. 2 人間による、ロボットと人間の行動の知覚

(内容) motor resonance がヒューマノイドの動作を見る人間におきるかどうかを実験により調べた。従来研究ではロボットの動作では生じず、人間の動作を見る場合にのみおきるとされていた現象を、ヒューマノイドロボットで起きることを明らかにした。

(評価) ヒューマノイドロボットを用いた人の行動研究について、重要な成果である。他者の運動の観察によって、自己の運動が干渉をうけるという運動干渉の現象は従来、ヒト対ヒトの場合においてのみ見られ、ヒト対ロボットでは起きないとされていた。しかし、このグループの所有するヒトらしい見かけと動きをするロボットを用いると、ヒト対ロボットでも運動干渉がおきることを示した。これはバイオロジカルモーションの認知システムの理解において、大変重要な結果である。他者の動作認識においてミラーニューロンシステムが関与すると考えられている。この研究では、意味的な情報表現（相手がロボットであること）は、このミラーニューロンシステムには影響を与えていない事を示唆している。これは、他者の運動のプログラムの予測が自動的に行われるというミラーニューロンシステムについての概念的な仮説を支持する結果である。一方、ミラーニューロンで主張されている様々な認知機能のうち、他者の意図理解や心の理論などかなり複雑で、高次な機能は本当にミラーニューロンのみが本質的に関わっているかどうか疑わせる結果でもあり、ミラーニューロンシステムを理解する上で重要な提言となっている。また、こうしたロボットを使って行う人間の行動実験は、精巧なヒューマノイドロボットが出現するに至り始まった新しい方法である。発達心理学などではすでに一部始まっているが、ヒト対ヒト、ヒト対ロボット間の社会性を研究する上で、きわめて興味深い実験方法である。一方ミラーシステムが比較的低次の機能であるという意見には賛成であるが、干渉効果の生起と神経系のレベルの関係の考察はやや分かりづらい。この内容はやや異質な感想をもった。言い換えると、他の

テーマとの橋渡しの役目を果たしうるようにも思えた。今後さらに模倣、心の理論、あるいは共感などの機能についての研究が進むことが期待される。

2. 3. 3 能動的な中心窩を持つヒューマノイドロボットを用いた視覚情報による領域探索と物体認識

(内容) 中心窩をもつヒューマノイドロボットの視覚情報処理と眼球運動制御のための2台のDual PCからなる分散計算システムを構築した。また現在40台のPCからなる分散計算システムを開発中とのことである。

(評価) 視覚システムの研究は、脳と同様のボトムアップによる分散処理システムを構築するとともに、これを使って周辺視の注意システムと中心視の物体認識システムを組み合わせた脳の視覚システムをまねたものである。視覚注意システムと物体認識システムは中枢視覚系の背側、腹側経路をシミュレートしている感があり、興味深い。これからトップダウン的な処理と組み合わせ、脳科学における認知的な研究との成果とあわせた学際的研究が期待される。

また「不気味の谷」¹に関わる脳部位の研究は、脳科学的にも重要である。イメージングを用いて、「不気味の谷」に関与する領域が、バイオロジカルモーション関連領域やメンタライゼーションや自己認識に関連する領域、身体に関連する領域と重なることが明らかにされ、ミラーニューロンシステムとは異なることも示唆された。運動前野のF5、頭頂連合野の一部であるPF野や上側頭溝周辺を含むミラーニューロンシステムの中に役割の違いがある事を示唆するものである。またこうした研究結果をみると、最終的にはヒューマノイドロボットが、ヒトの脳に干渉を与えるという側面が見えてくるかも知れない。今後この方面に向けた研究（倫理面も含めて）の必要性も示唆する結果であるであろう。

2. 4 ツール：Tools

2. 4. 1 精密な動力学シミュレーション

A ubiquitous Humanoid Platform

¹1970年にロボット工学者・森政弘が提唱したもの。ロボットを人間に似せて開発していくとき、最初は動作や外観が人間に近づくに連れて、「かわいい」という印象に代表される好ましい感情を引き起こす。ところが、人間らしさがある限界を超えた瞬間に、突如としてその親近感はまったく逆に反転し、「気持ち悪い」という激しい嫌悪感や拒絶感に転じる。これをグラフ化するために、横軸を人間への類似度、縦軸を感情的反応（好感度）に取ってみると、右肩上がりの線が突然落ちこみ、再び急上昇するため、この落ち込んだ部分を「不気味の谷」と定義している。

(内容と評価) シミュレーションおよび異なる種類のヒューマノイドロボットを共通のソフトウェア環境で扱うソフトウェアプラットフォームを開発した。特に新規性は見られないかも知れないが、ヒューマノイドの研究では必ず通過する課題であり、研究環境の整備として必要である点は評価できる。

Humanoid Robot CB

(内容と評価) ヒューマノイドロボット **CB** のシミュレーションの計算モデルを開発した。特に新規性は見られないかも知れないが、研究環境の整備として必要である点は評価できる。

Simulation and Contact Modeling

(内容と評価) 市販の **SDfast** と呼ばれる力学計算エンジンを使って **GUI** にまとめた。特に新規性は見られないかも知れないが、研究環境の整備として必要である点は評価できる。

Contact handling

(内容) **CB** の足裏の摩擦についてモデル化を行った。
 (評価) 研究員の以前の研究成果を適用して実験装置の摩擦を実験に基づいて精巧にモデル化した点が高く評価できる。

Real-Time motion Capture

(内容と評価) 市販の空間計測システムを、**GUI** を開発してまとめ上げた。特に新規性は見られないかも知れないが、研究環境の整備として必要である点は評価できる。

2. 4. 2 人間のようなヒューマノイドロボット **CB-i**

(内容) これまで **ATR** がイニシアチブをとって米国の **Sarcos** 社に開発させてきた **DB**、**CB** をより高性能にし、神経科学の研究に使うために仕様を定めて開発した高性能ヒューマノイドロボット。現時点ではまだ完成したとはいえませんが、独特のアクチュエータを持つ機械の性能ではおそらく世界のヒューマノイドである。
 (評価) 研究基盤として、研究費とマンパワーをかけてこれまでに開発を行ってきたヒューマノイドの集大成ともいえるロボットである。完成すればロボットのハードウェアとしてきわめて高いインパクトを持つ。これを研究基盤にして行われる本研究は世界の他では行うことのできない研究成果が生まれると大いに期待できる。

「ツール」をプロジェクト全体の重要な柱として位置づけている点は、高く評価したい。通常は無視されがちであるかも知れないが、ロボットへの実装を視野に入れた研究推進においては、極めて重要な要素技術であると言える。

3. プロジェクトの運営状況と今後の見込み

中間報告書のプロジェクト概要において述べられているように、現時点での研究成果は主に「研究を開始するに当たっての必要となる研究基盤の確立および今後の研究を進めるために必要な課題」を解決したことである。この中で「歩行と脳」、「器用さと脳」、「知覚と脳」、「ツール」においていずれも着実にシミュレーションだけでなく大きな労力を費やして実験を行い、研究成果を積み上げている点に高い評価を与えたい。

このロボット開発フェーズにおいては、グループリーダーである Gordon Cheng 博士らプロジェクトの構成員の寄与が大きい。特に CB-i の開発はロボティクスにおいて大きなインパクトを与えるものとなる。またこれらの研究を総合的に行う本プロジェクトの活動は脳科学、ロボティクスにおいて世界で大きな注目を集めており、当初 3 年のこれまでの成果はこの期待に答えているといえる。

「歩行と脳」ではいくつかの独立して語られることの多い制御理論的な話題についての研究となっており、その成果は秀逸ではあるものの、それらの間の横のつながりや全体として目指すところについては、統一的なコンセプトの構築が望まれる。この 3 年間で築いてきた研究基盤の上に、脳の計算論のモデル化を通して、人間の運動スキル、情報処理、認知能力のメカニズムの理解を行う上での、総括の一層のリーダーシップに期待したい。認知心理や発達心理、神経生理学や神経心理学との接点・連携の強化が望まれる。ヒトの特徴は、二足歩行と言語の使用、道具の使用、および模倣であり、二足歩行以外は運動の精緻さやスキルにも関わるものである。プロジェクトで対象としている行動は、ヒトで顕著に発達したものであることを考慮すると、「発達」の視点からの切り口は、新たな知見や研究の展開をもたらすかも知れない。

川人総括の今後のマネジメントやイニシアチブは、今後ますます重要となるであろう。研究グループ間のつながりも緊密なものがあり、特に研究の枠組みを変更するには及ばないが、あえていえば「歩行と脳」、「器用さと脳」、「知覚と脳」のそれぞれにグループリーダーをおくような体制は総括のリーダーシップを働かせるために有効であるかもしれない。今後のプロジェクト全体の方向性を見据えつつ、本報告書でのさまざまな提言が有効活用されれば幸いである。

4. 相手国機関との交流実施状況

相手国側の研究総括を務める Christopher Atkeson 教授とは、ERATO プロジェクト時代からの共同研究者であり、相手国側の強みである運動学習制御や歩行の学習、ロボットハンドの制御等が本 ICORP プロジェクトの運営に極めて重要な役割を果たし

ていることから、今後もこの共同体制を維持、強化してもらいたい。これまでの実績として、共催のワークショップを開催したり、共同研究実験を行う上での人材の交流がなされていたりしており、意識を共有化することに配慮されていると考えられる。また共著の論文や書籍も出されており、ICORP 事業としての「共同」という枠組みが、目に見えるかたちでも現れていると評価できる。

以上