

## ERATO「川人学習動態脳」 追跡評価報告書

### 1. 総合評価

総括責任者川人光男氏は、研究者として幅広い一流の研究を成し遂げ、脳科学において理論と実験を融合する新しいパラダイムを切り開いてきた。すなわち、これまで、計算論、実験的な研究、脳の知見の応用である情報技術と分かれていた脳研究が、真の意味で統合されて大きな統合脳科学に成長するのに、きわめて大きな貢献があった。

さらに、人材育成については、優れた若手研究者をひきつけ、その能力を最大限に引き出し、彼らを一流の研究者に育てるのに、絶大の威力を発揮した。

すなわち、研究者として多大の功績があったのみならず、研究組織者、人材育成の両面ですばらしい能力を発揮した。これらのどれを見ても、プロジェクト中はもとより、その終了後も引き続き研究を牽引し、新しい潮流を作り出した点で、きわめて高い評価が与えられる。

- 1) 日本で花開いたロボット技術は、人間と協同する新しい機械文明を築くものとして大きく注目され始めた。本プロジェクトの成果は、脳に学ぶ新しいロボット技術の基礎を築くものとして、学界のみならず、産業界で大きな注目を集めている。本研究は、終了後もその流れを加速し、先導している。具体的には、企業との共同研究がおおいに進んでいる。
- 2) 脳内信号の測定と制御にかかわる新しい潮流が注目されてきた。本プロジェクトはこの流れと結びつきその基礎を与えるもので、ここから「脳を活かす」活動が日本で開始された。その原動力となった功績は大きい。
- 3) 脳科学において、計算論と実験的な研究が融合され始めた。本研究は、それを切り拓いてきたといえる。
- 4) ニューロエコノミクスをはじめとして、人と直接かかわる脳研究が始まり、本プロジェクトはそれに向けた新しい方法と研究の構想を築くのに大きく貢献している。

### 2. 研究成果の発展状況や活用状況

この研究プロジェクトは、世界的に躍進が著しい脳科学研究の中で特に顕著な研究成果を挙げたことが終了時点で高く評価されたものであるが、その後も引き続き水準の高い研究が継続されたばかりでなく、脳科学を情報工学と融合する新しい潮流を生み出した。その研究成果は多くの基礎的・応用的研究の領域において波及効果をもたらしている。いくつかの主題に分けて記す。

脳の計算論については、その後、ニューロンの学習の分子機構に迫る計算論としてのシステムダイナミクス、MOSAICによる高次機能モデルの構築、情動と強化学習に関するニュー

ーロモジュレータアルゴリズムの研究が進展した。

計算論的心理モデルに関しては、fMRI、MEG およびその併用にかかわる研究が進み、人の脳の研究を加速すると共に、生理モデルとの整合の取れた発展を成し遂げ、今活況を呈しているブレインマシンインタフェースの一つの基礎与えた。これが、今注目されているニューロエコノミクスなどにもつながっている。

ロボット関連の研究では、ロボット学習における模倣の意義、さらにロボットの運動制御と強化学習などで大きな進展があり、脳科学とロボット工学の融合と今日の隆盛の基礎を築いた。

脳科学のこうした新しい発展に先駆けて本プロジェクトが行われ、その結果世界を主導する新しい流れを作り出しそれを主導した意義は大きい。

### 3. 研究成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用及び波及効果

#### (1) 研究成果の科学技術の進歩への貢献

脳科学は、古典的な物質に依拠した生命科学から、情報と理論を含む広い脳の科学へと発展しつつある。これは、分子のレベルから細胞、システム、さらに情報や知性のレベルに及ぶ。本プロジェクトはこうした広い範囲の研究を統合的に行う新しい潮流を切り拓いてきた。個々の成果には、世界を先導するきわめて優れたものが多々あるが、それにとどまらず、こうした流れを作り出し、先導した点で、世界の学術に大きな影響を及ぼしたことを指摘しておきたい。

個々の研究では、特筆すべきものが多いが、そのうちのいくつかを挙げれば、

- 1) MOSAIC 構想による知性の構造
- 2) 小脳の詳細な計算論モデル
- 3) 分子機構と行動をつなぐシステムバイオロジー
- 4) 強化学習の計算論とその脳における実現
- 5) 脳と情動にかかわる神経修飾物質の役割
- 6) 脳機能測定に関する研究技術開発
- 7) 脳科学からのヒューマノイドロボットへのアプローチ、およびその学習と制御など、枚挙に暇がない。

プロジェクトの数ある成果の中で特筆すべきは、脳科学の分野における数々のミステリーに対する計算論的神経科学からのモデルを提案し、その科学的な意味合いをロボティクスの技術で実証するという新しいスタイルを確立したことで、脳神経科学とロボティクスの境界を取り除き、両分野の交流を深め、新しい分野を創出した。

#### (2) 研究成果の応用に向けての発展

- 1) 本研究の切り拓いた研究成果を社会に活かす道が開けてきている。基礎的研究の成果のみならず、応用研究の成果・技術開発の成果等を、ブレインマシンインターフ

ェース、高機能福祉機器、人口感覚器、脳信号解読装置などの開発に生かすことを目標に、文部科学省の「脳に学ぶ」プロジェクトが構想され、20年度に発足することとなった。その成果が大いに期待される。

- 2) 本研究が主導したロボット技術は、人間と協同する新しい機械文明を築くものとして大きく注目され始めた。本プロジェクトの成果は、脳に学ぶ新しいロボット技術の基礎を築くものとして、学界のみならず、産業界で大きな注目を集めている。本研究は、終了後もその流れを加速し、先導している。具体的には、企業との共同研究がおおいに進んでいる。
- 3) 脳内信号の測定と制御にかかわる新しい潮流が注目されてきた。本プロジェクトはこの流れと結びつきその基礎を与えるもので、ここから「脳を活かす」活動が日本で開始された。その原動力となった功績は大きい。
- 4) 脳科学において、計算論と実験的な研究が融合され始めた。本研究は、それを切り拓いてきたといえる。
- 5) ニューロエコノミクスをはじめとして、人と直接にかかわる脳研究が始まり、本プロジェクトはそれに向けた新しい方法と研究の構想を築くのに大きく貢献している。
- 6) 運動制御や運動学習のプロセスを理論的に明確にする研究を医療・福祉に応用する取り組みが行われている。運動機能に障害があるヒトの治療とリハビリを目指し、損傷を受けた脳機能の回復過程を計測すると共に機能回復の理論的解明が試みられている。また高機能補助装具の基礎技術の研究開発も開始されている。

### (3) 人材育成の面から参加研究者の活動状況

本研究プロジェクトは若手脳研究者の育成という観点からも、多くの成果を挙げた。すなわち若手研究者のキャリアデベロップメントを目指した指導性を発揮し、若手研究者が各自の研究手法を身に付け、研究分野を確立するとともに、独自の研究の方向付けをするところまで行き届いた指導を行った。その結果、研究グループの中から独立して現在では先進的な研究をおこなっている研究者を多数輩出した。

本プロジェクトに参加した19名の研究者・技術者はそれぞれ国内・国外の研究機関において先進的な研究を行っており、学習の理論の発展、脳機能画像計測による学習機構の解明、BMI技術の発展、神経修飾物質の機能解明、運動制御理論の医療福祉への応用、次世代ロボット技術の開発などの広範な分野で指導的な役割を担っている。

本研究総括責任者は、自らが優れた研究を実行するにとどまらず、研究を組織し、人材を育成する点で、驚くほどの才能を発揮したといえる。

### 4. その他

このような世界に誇る研究を可能にしたのは、研究に対する官僚的な統制をはずして、総括責任者の力量に自由に任せた ERATO のシステムのよさであると認められる。今後も、

優れた人材を発掘して構想を自由に描き自由に研究させるこの制度を強化して欲しい。