

## ERATO「下條潜在脳機能プロジェクト」

### 追跡評価報告書

#### 総合所見

本プロジェクトでは潜在脳機能＝「意識しなくても働く脳機能」が意識レベルでの選好などの情動的判断の基礎になっている、という下條研究総括の革新的な作業仮説の検証が、心理学、工学、薬理学、脳機能イメージングなどの方法を有機的に組み合わせて進められ、多くの優れた成果を生み出した。意思決定の理由付けが実は意思決定の後に行われているという現象（ポストディクション）は、優れた論文と積極的な講演や執筆活動を通じて広く世界的に知られるようになり、実験心理学、神経科学、神経生理学などの関連領域に新しい潮流を創出した。

本プロジェクトの研究成果は、2名のグループリーダーが率いる2つのCREST研究課題に受け継がれた。これらの後継研究では、医療福祉分野（オキシトシン投与による症状改善などの自閉症(ASD)治療、およびtranscranial Direct Current Stimulation(経頭蓋直流電気刺激 tDCS)による筋力増強やリハビリ、うつ病治療）、教育・エンタテインメント分野（潜在的インターパーソナル情報をウェアラブル電極インナーで取得することに基づくストレス計測による学習効果やエンタテインメント性の強化、「〇〇するな」型課題による新たな能力評価の可能性）、情報通信分野（無意識的な運動の応答を理解することによるヒューマンインタフェースの改善）への応用が着実に進められている。

本プロジェクトに参加した研究者のほとんどは現在国内外の大学あるいは企業の研究部門に職を得ており、海外の研究機関での教授への昇格や、26件におよぶ受賞に示されるように、全体として、人材の育成に貢献した。民間の機関に職を得て、基礎研究を応用へと展開するという新たなキャリアパスが創出されたことも注目される。

しかし、応用研究への移行とともに、本プロジェクト終了後の発表論文のインパクトは、プロジェクト期間中の基礎研究論文に比較すると減少している。応用研究を進める一方で、「潜在的脳機能」の神経基盤解明と理論化に向けた基礎研究も着実に継承し発展させることが望まれる。本プロジェクトの独創的かつ壮大な構想を、研究総括に続く研究者が発展的に継承して、さらなる成果を生み出していくことに期待したい。

#### 1. 研究成果の発展状況や活用状況

本プロジェクトは潜在脳機能＝「意識しなくても働く脳機能」が意識レベルでの選好などの情動的判断の基礎になっている、という革新的な作業仮説を打ち出し、心理学、工学、薬理学、脳機能イメージングなどの方法を多角的かつ有機的に組み合わせることにより証明してみせた。そして、潜在脳機能が「新奇性／親近性」と「プレディクティブ(予測的)／ポストディクティブ(理由の後付け)」の2軸によって説明できることを示す成果を挙げた。

本プロジェクトの研究成果は、主として2つのCREST研究課題に受け継がれ、多くの本プロジェクト参加メンバーが引き続きいずれかのCREST研究課題に参加している。まず、「無意識の同調行動」や「コミュニケーションにおける共感メカニズム」など、インターパーソナル(個人間の・対人関係の)関連の成果は、本プロジェクトの潜在聴覚研究グループリーダーを務めた柏野を研究代表者とするCREST研究領域「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」の研究課題「潜在的インターパーソナル情報の解読と制御に基づくコミュニケーション環境の構築」(2009-2012)に継承され、視線情報の解読、瞳孔情報の解読、自律神経系・内分泌系応答の解読と制御、コミュニケーションの質の定量化、顔の選好判断の予測、ASD患者向け「〇〇するな」課題を用いた実験法の提案へと発展した。

さらに2014年からは意思決定研究グループのリーダーを務めた渡邊を代表とするCREST研究領域「人間と調和した創造的協働を実現する知的情報処理システムの構築」の研究課題「潜在アンビエント・サーフェス情報の解読と活用による知的情報システムの構築」(2014-2019)に展開し、本プロジェクトの「潜在脳機能」という研究基盤と上記CREST研究課題での「コミュニケーションの身体性」という研究基盤を発展的に受け継いで、「スポーツの現場」で活かす方法を探るための研究が続けられている。本プロジェクトの主な研究成果が、物品の価値や顔の魅力などを生み出す神経メカニズムを明らかにする意思決定神経科学、神経経済学における成果であったのに対し、2つのCREST研究課題では、工学的応用を目指した眼球運動・瞳孔情報の価値や感情に関する研究や、臨床とタイアップしたASD患者の社会行動におけるオキシトシンの影響に関する研究など、本プロジェクトの成果を実用に向けて発展させているのが特徴的である。このような方向への発展的展開は望ましいと思われる。しかし、応用研究への移行とともに、本プロジェクト終了後の発表論文のインパクト(被引用件数上位5論文の平均被引用件数:8.4/年)は、プロジェクト期間中の基礎研究論文(被引用件数上位5論文の平均被引用件数:14.5/年)に比較して、残念ながら低下している。

応用研究を進める一方で「潜在的脳機能」の神経基盤解明と理論化に向けた基礎研究も着実に継承し発展させることが、長い目でみた本プロジェクトの成果の継承・発展を最大化するのではないかと考えられる。本プロジェクトの独創的かつ壮大な構想を、研究総括に続く研究者が発展的に継承して、さらなる成果を生み出していくことに期待したい。

## 2. 研究成果から生み出された科学技術や社会・経済への波及効果

### (1) 研究成果の科学技術の進歩への貢献

本プロジェクトは、人間の種々の潜在的な行動・現象を脳機能と結びつけた包括的な脳科学の研究として先駆的なものと言える。中でも、functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)を使った潜在的意思決定に関する研究成果(Chib et al., 2009; Kim et al., 2007など)では間違いなく世界をリードした。非侵襲的手法による皮質下報酬系の制御、視覚運動誘導性腕応答のメカニズムの解明、潜在的聴覚刺激による視覚への干渉といった成果も

世界初の先駆的な成果であり、本プロジェクト終了後には学術論文だけでなく、研究総括をはじめとするメンバーの幅広い関連学会での招待講演を通じて「顕在的な意思決定は、その一部を潜在的な情報処理に頼り、ある場合には潜在的に行われた意思決定を、主観的にはあたかも顕在的な処理が行ったかのように感じられるという現象」（ポストディクティブ現象）が広く世界的に知られるようになり、多くの議論を巻き起こした。実験心理学、神経科学、神経生理学などの関連領域において、潜在脳機能というキーワードが認知され、新しい研究の潮流の創出に貢献したことは間違いない。さらに、本プロジェクトの成果が、研究総括や主要な研究者による一般啓蒙書の発刊や、マスコミにおける情報発信を通じて、一般社会に周知されていることも見逃せない。

本プロジェクト終了後の研究に関しては、現在盛んになっている「共感性研究」や、オキシトシンと「社会性」に関する研究にいち早く着目し、潮流を作ることに貢献した研究成果もある。技術的にも、現在盛んになっている経頭蓋直流電気刺激（tDCS）を使った研究をいち早く取り入れるなど、先見の明がある。一方で、期間後の研究が応用を指向したために、本プロジェクト期間中のインパクトのある発見を基礎科学の成果として発展させることについては、必ずしも十分とは言えない。しかし、潜在脳機能の神経基盤を明らかにして理論化する基礎的な研究分野においても、今後さらにインパクトのある成果が生まれる可能性は大いにある。例えば、本プロジェクト期間中に提案された新奇性と親近性を統合する選好形成のモデルは極めて魅力的に思われるが、論文として発表されていない。論文文化されれば世界的に大きな影響を及ぼすことと思われ、本プロジェクト参加メンバーの今後一層の活躍と発展に期待したい。

## (2) 研究成果の応用に向けての発展

研究成果の応用は、以下の3分野で着実に進められている。

- 1) 医療福祉分野への応用では、オキシトシン投与による症状改善などのASD治療、および経頭蓋直流電気刺激による筋力増強やリハビリ、うつ病治療があげられる。
- 2) 教育・エンタテインメント分野への応用については、潜在的インターパーソナル情報をウェアラブル電極インナーで取得できるストレス計測による学習効果やエンタテインメント性の強化、「〇〇するな」型課題による新たな能力評価の可能性が挙げられる。
- 3) 情報通信分野への応用については、無意識的な運動の応答を理解することによるヒューマンインタフェースの改善の可能性が挙げられる。

このように、本プロジェクトは、従来とらえどころがなく科学的研究の対象にならないとされてきた人間のコミュニケーション、情動、好き嫌いなどに科学的にアプローチするための基本的な考え方を与えることによって、社会・経済的に付加価値が高い応用への道を開いた。

一方で、動物実験のレベルで行われた嗜癖行動に関する研究成果は、その後の人間を対象とした研究への発展として必ずしも十分ではない。嗜癖行動と関係が深いギャンブル、

薬物、アルコールへの依存症のメカニズムの解明と治療につながる研究への発展があれば、社会的・経済的な波及効果がさらに増すものと考えられる。

研究成果の社会への還元については、一般向け書籍や講演会などを通して極めて有効かつ活発に行われている。社会的意思決定など、実は潜在的脳機能が大きな役割を果たしているものに、科学的な説明を加え、一般の人たちに理解と注意を喚起することは、より客観的で持続可能な社会・制度を構築するために極めて意義が大きい。

最後に付言するならば、本プロジェクトがテーマとして掲げた潜在脳機能の解明のためには、基礎的な神経メカニズムの理解をより充実させる必要があるように思われ、本プロジェクト終了後に、基礎的研究の比重が減っていることが惜しまれる。強い基礎研究の成果のうえにこそ、さらに大きなインパクトを持った応用の花が開くことであろう。

### (3) 参加研究者の活動状況

本プロジェクトに参加した研究者のほとんどは現在国内外の大学あるいは企業の研究部門に職を得ている。この中には、本プロジェクト期間中に大学院生であった研究者も含まれている。また、海外の研究機関において教授に昇格した者もいる。さらに、研究者の受賞は26件におよび、本プロジェクトの活動が広く認められていることが見て取れる。これらのことから、本プロジェクトは全体として、人材の育成に貢献したと評価できる。

また、基礎的研究に携わった若手研究者の中の複数名が、その後民間の機関に職を得て、基礎研究成果を応用へと展開する道筋を作っていることも注目される。大学以外への新たなキャリアパスの創出という意味でも評価できる。

今後、本プロジェクトで中核を担った若手・中堅の研究者が、世界をリードするような展開を見せることに期待したい。

## 3. その他

ERATO は傑出した研究総括のアイデアとリーダーシップを最大限に尊重した諸外国にも例を見ない制度である。したがって、ERATO の成否はひとえに研究総括の選考にかかっている。本プロジェクトは、的確な選考が行われた典型例と言えるだろう。

ただ、予算規模が大きいので、研究総括が直接研究を実施・指導するのは全体の一部で、シニアなグループリーダーが並列する組織構成となっている。若手研究者は、それぞれのグループに配置されるので、研究総括が直接研究するグループ以外の研究者は、研究総括の薫陶や指導を直接受ける機会に恵まれなかった可能性が残る。本プロジェクトに参加した研究者のほとんどは国内外の大学あるいは企業の研究部門に職を得ているにもかかわらず、本プロジェクト終了後に大きく羽ばたく若手が少ないのは、そのような事情によるかもしれない。

重点的に取り組む課題について、研究総括・グループリーダーを中心とした研究チーム体制をとる ERATO 研究制度は、研究内容や、研究グループの形成などに関して、研究総括

にかなりの権限を持たせている。そのことは、研究の発展に関して好ましい面もある一方、当該研究に関して検討を要する課題が含まれない事態を招くこともある。また、並列するグループは、研究総括と親しく、研究総括のアイデアの元で育ったリーダーに任せる傾向があるので、研究総括を脅かすような存在が生まれにくい。このような点を補うためにも、1グループ程度は研究総括の下に入ることを条件に、公募するのも緊張感が生れてよいのかもしれない。

いずれにしても、本プロジェクトの実施期間中の成果が関連領域に与えた思想的インパクトは極めて大きく、高く評価されるべきである。