

戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）

「脳科学と社会」研究開発領域  
研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」

追跡評価報告書

平成26年2月

独立行政法人科学技術振興機構 社会技術研究開発センター

## 目 次

1. 評価の概要 .....	1
1.1. 追跡調査及び追跡評価の背景と目的.....	1
1.2. 評価対象.....	1
1.3. 評価委員会の設置 .....	2
1.4. 追跡評価の方法.....	3
2. 研究開発領域・研究開発プログラムの概要 .....	6
2.1. 「脳科学と社会」研究開発領域の概要・目的 .....	6
2.2. 研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」の概要 .....	6
3. 研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」の追跡評価結果に関する重要留意事項 について.....	7
4. 評価結果 .....	8
4.1. 「双生児法による乳児・幼児の発育縦断研究」 (研究代表者：安藤 寿康) .....	8
4.2. 「社会性の発達メカニズムの解明：自閉症スペクトラムと定型発達の cohorts 研究」 (研究代表者：神尾 陽子) .....	11
4.3. 「高齢者と学習障害の脳機能改善 cohorts 研究」 (研究代表者：川島 隆太) .....	14
4.4. 「言語の発達・脳の成長・言語教育に関する統合的研究」 (研究代表者：萩原 裕子) .....	16
4.5. 「教育支援のためのバイオメンタル技術の開発」 (研究代表者：六反 一仁) .....	19
4.6. 「非侵襲的脳機能計測を用いた意欲の脳内機序と学習効率に関する cohorts 研究」 (研究代表者：渡辺 恭良) .....	21
5. 社会技術研究開発センターの今後の事業運営改善に向けた助言・提案等 .....	23
6. 検討経緯 .....	25

# 1. 評価の概要

## 1.1. 追跡調査及び追跡評価の背景と目的

社会技術研究開発センターでは、独立行政法人科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）の「戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）の実施に関する規則」（平成 25 年 10 月 31 日 平成 25 年規則第 118 号）に基づき、「研究開発終了後一定期間を経過した後、副次的効果を含めて研究開発成果の発展状況や活用状況等を明らかにし、事業及び事業の運営の改善等に資することを目的」として、追跡調査及び追跡評価を実施することとしている。

「脳科学と社会」研究開発領域 研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」において、平成 16 年度に採択され平成 21 年度に終了した研究開発プロジェクト（6 プロジェクト）について、事前・中間・事後に実施した評価に加え、研究開発終了後約 3 年が経過したことを契機として、追跡調査及び追跡評価を実施した。

追跡評価は、研究開発終了後一定期間を経た後、研究開発成果の発展状況や活用状況、参加研究者の活動状況等について、研究開発プロジェクトの追跡調査を行い、追跡調査結果を基に、外部専門家により構成される委員会による評価を集約し、合意を以て評価結果とすることとしている。

## 1.2. 評価対象

平成 16 年度に開始され、平成 21 年度に研究開発が終了した「脳科学と社会」研究開発領域（領域総括：小泉 英明 株式会社日立製作所中央研究所 役員待遇フェロー）研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」の研究開発プロジェクト（6 プロジェクト）を追跡評価の対象とした。

評価対象となる研究開発プロジェクトは下表のとおりである。

**評価対象研究開発プロジェクト（平成16年度採択6プロジェクト）**

研究開発プロジェクト	研究代表者	所属・役職
双生児法による乳児・幼児の 発育縦断研究	安藤 寿康	慶應義塾大学 文学部 教授
社会性の発達メカニズムの解明： 自閉症スペクトラムと定型発達の コホート研究	神尾 陽子	独立行政法人国立精神・神経医療 研究センター 精神保健研究所 児 童・思春期精神保健部 部長
高齢者と学習障害の 脳機能改善コホート研究	川島 隆太	東北大学 加齢医学研究所 教授
言語の発達・脳の成長・言語教育 に関する統合的研究	萩原 裕子	首都大学東京大学院 人文科学 研究科 教授
教育支援のための バイオメンタル技術の開発	六反 一仁	徳島大学大学院 ヘルスバイオ サイエンス研究部 教授
非侵襲的脳機能計測を用いた意欲 の脳内機序と学習効率に関する コホート研究	渡辺 恭良	独立行政法人理化学研究所 ライフサイエンス技術基盤研究 センター センター長

※所属・役職は追跡調査時点（平成25年9月現在）

### 1.3. 評価委員会の設置

追跡評価は、社会技術研究開発センターが、「脳科学と社会」研究開発領域に関する専門家により構成される追跡評価委員会を設置して実施した。

追跡評価委員会の構成員は下表に示すとおりである。

**「脳科学と社会」研究開発領域 研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」**

**追跡評価委員**

役職	氏名	現職
委員長	甘利 俊一	独立行政法人理化学研究所 脳科学総合研究センター特別顧問／脳数理研究チーム シニア・チームリーダー
委員	岡田 浩之	玉川大学 脳科学研究所 教授／ 工学部機械情報システム学科 教授
委員	小澤 漣司	高崎健康福祉大学 健康福祉学部長／教授 群馬大学名誉教授
委員	鈴木 良次	金沢工業大学 特任教授／研究支援機構 顧問 大阪大学名誉教授
委員	開 一夫	東京大学 大学院総合文化研究科 広域システム科学系 教授

※五十音順、敬称略

## 1.4. 追跡評価の方法

### 1.4.1. 追跡調査

追跡評価の基礎資料とすることを目的に、平成 25 年 4～9 月の間に以下の方法で追跡調査を実施した。

#### (1) 基礎データの把握と確認

調査対象研究開発プロジェクトの研究代表者について、現在の所属・役職・連絡先を確認した。

また、「研究開発実施終了報告書」「研究開発実施成果報告書」及び事後評価結果等の内容を参考に、研究開発期間中の研究開発の目標・内容・成果を整理した。

#### (2) 研究代表者への書面調査票の作成

研究開発プロジェクト別に、「研究開発実施終了報告書」「研究開発実施成果報告書」及び事後評価結果等を基に、研究開発期間終了後の研究の継続性・関連性を推察し、研究の継続・発展状況と研究成果が及ぼした効果・効用・波及効果の内容について、研究代表者への書面による調査を行う上での調査項目を整理し、「書面調査票」を作成した。

#### (3) 研究代表者等への書面調査の実施

研究開発プロジェクトにおいては専門分野や所属機関も異なる複数の研究者・関与者が参画した研究開発体制により研究開発が進められたが、追跡調査では研究開発プロジェクト全体としての発展状況を追う必要がある。そこで、まず研究開発プロジェクト全体を最も俯瞰的に見られる立場である当時の研究代表者に対して、前項において作成した記述式の書面調査票を送付し、研究開発期間終了以降の発展状況、社会・経済的な効果・効用や波及効果等についての回答を依頼した。

また、回答内容についてさらに詳細な情報や根拠となる資料等を必要と判断した場合には、研究代表者及び関係者へのヒアリングによる追加質問調査や追加資料の提出を依頼した。

なお、センターの追跡調査・追跡評価の趣旨をふまえて、研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」についてご意見や、社会技術研究開発センターの事業及び事業の運営の改善に関する意見や提案等を記載する項目を書面調査票に設け、回答を依頼した。

#### (4) 主要な参加研究者の現在の活動状況の調査

主要な参加研究者については、公開情報を基に現在の活動状況について整理をおこなった。調査項目は、(1) 調査時点の研究活動内容、(2) 専門分野、(3) 発表論文、(4) 講演・口頭発表等、(5) 発行書籍、(6) 競争的研究資金等による研究実施状況、とした。調査にあたっては、所属機関等のウェブサイトの他、下表の方法を用いてデータ検索を行った。検索の範囲はプロジェクト終了後（平成 21 年 12 月）から検索時点（平成 25 年 9 月）までとした。

### 成果データの検索方法

検索データ		検索に使用したツール
発表論文	英文	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ J-Global (研究者データベース)</li> <li>■ Web of Science (Thomson Scientific)</li> <li>■ Google Scholar</li> <li>■ 検索対象者のホームページ</li> </ul>
	和文	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ J-Global (研究者データベース)</li> <li>■ 論文情報ナビゲータ Cinii (国立情報学研究所)</li> <li>■ 検索対象者のホームページ</li> </ul>
英文発表論文の被引用件数		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ J-Global (研究者データベース)</li> <li>■ Web of Science (Thomson Scientific)</li> </ul>
書籍		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ J-Global (研究者データベース)</li> <li>■ Webcat Plus (国立情報学研究所)</li> </ul>
特許		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ J-Global (研究者データベース)</li> <li>■ 特許電子図書館 (特許庁)</li> <li>■ European Patent Office (欧州特許庁)</li> </ul>
獲得グラント		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 科学研究費補助金データベース (国立情報学研究所)</li> <li>■ 科学技術振興調整費データベース (科学技術振興機構)</li> <li>■ 厚生労働科学研究成果データベース (厚生労働省)</li> <li>■ 戦略的情報通信研究開発推進制度 (総務省)、NEDO プロジェクト等の事業</li> </ul>
プレス報道		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 日経テレコン 21 (日本経済新聞)</li> </ul>
受賞		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 検索対象研究者のホームページ</li> <li>■ プレス報道検索結果</li> </ul>

#### (5) 追跡調査報告書の作成

以上をもとに追跡調査報告書を取りまとめた。とりまとめに際しては、研究代表者への内容確認を行った。

#### (6) 研究代表者による追跡調査報告書内容の確認

追跡調査報告書のとりまとめ後、内容に関し研究代表者及び研究開発実施者への事実誤認及び非公開事項の有無の確認を行い、適宜報告書の修正等を行った。

### 1.4.2. 追跡評価

追跡評価は、追跡調査時点における研究開発成果の継続・発展の状況や成果の活用状況等、参加研究者の活動状況等について行った追跡調査結果等を基に、研究開発成果の発展状況や活用状況、研究開発成果がもたらした科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用及び波及効果について評価を行った。評価に際しては、各評価委員の評価結果を集約し、合意を以て評価結果とした。

### 1.4.3. 追跡評価項目・基準

追跡評価の項目・基準については、独立行政法人科学技術振興機構の「戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）の実施に関する規則（平成 25 年 10 月 31 日 平成 25 年規則第 118 号）」第 60 条（追跡評価）に定める評価項目及び基準（下記 1 及び 2）を基本とし、センターの事業及び事業運営の趣旨をふまえて、以下のように整理した。

#### 1. 研究開発成果の発展状況や活用状況

(1) 研究開発内容の進展状況

- ① 研究開発はプロジェクト期間終了後にどのように進展・発展したか。
- ② プロジェクト期間終了後の社会状況や環境の変化に対して、どのように対応し、研究開発が新たな進展・展開へと繋がったか。

(2) 研究開発成果の社会での適用・定着（社会実装）状況及び社会的課題の解決への貢献状況

- ① 研究開発成果は実社会でどのように活用され、広く適用・定着（社会実装）されているか（されていない場合、どのような条件が揃えば社会実装の可能性が出てくるか）。
- ② 社会状況や環境の変化の中で、社会実装へ努力したプロセスはどうであったか。
- ③ 社会への実装の結果、プロジェクト実施時及び終了後に想定した社会的課題の解決に貢献できたか（できなかった場合、その要因は何か）。

#### 2. 研究開発成果がもたらした科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果

(1) 研究者・関係者の活動は、科学技術的・社会的な面での人材育成・キャリアパスの開拓や人的ネットワークの展開に繋がったか。

(2) 研究者・関係者の活動は、社会の幅広い人々及び関係者（ステークホルダー）にどのような社会面（教育面）・経済面での影響・効果をもたらし、研究開発成果の社会での活用・拡大・定着に繋がっているか。

## 2. 研究開発領域・研究開発プログラムの概要

### 2.1. 「脳科学と社会」研究開発領域の概要・目的<sup>1</sup>

「脳科学と社会」研究開発領域では、①非侵襲的脳機能計測及び行動学的観察を組み込んだ追跡研究（コホート調査）を行い子どもの社会能力の獲得過程や神経基盤について明らかにした計画型研究開発と、②発達関連の多様な課題に対して自然科学と人文・社会科学を架橋・融合した視点から取り組むことで教育関連の問題の根幹に迫ることを目指した研究開発プログラム「脳科学と教育」（タイプⅠ：全11プロジェクト、タイプⅡ：全6プロジェクト）を実施した。

計画型研究開発「日本における子供の認知・行動発達に影響を与える要因の解明」は、行動観察・非侵襲脳機能描画等を組み込んだ追跡研究（コホート調査）を中心とし、子供の社会能力の獲得過程やその神経基盤の解明を目的とした。研究開発プログラム「脳科学と教育」は、発達関連の多様な課題を対象とし、先端技術・自然科学と人文学・社会科学を架橋・融合した Trans-disciplinary（環学的）な視点から取り組むことで、教育関連問題の根幹に迫ることを目指した。本研究の結果を基に、集中力・抑制力・協調性・生活リズム・言語能力や他者を思いやる心の醸成等に関し、実証的結果に基づき提言することを目指した。

### 2.2. 研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」の概要<sup>2</sup>

最初に実施された「脳科学と教育」（タイプⅠ）には、脳神経科学の蓄積されたデータの学習・教育への適用、発達認知神経科学や進化・発達心理学、各種神経科学を基盤とした知見の学習機序や広義の教育への応用、自然科学・人文学の成果と臨床、教育、保育等の現場の知識を融合した学習・教育等、前胎児期から一生を終えるまでの全ての学習・教育過程を包括的な視点で捉え直し、少子・高齢化社会における最適な学習・教育システムとその社会基盤構築に資する研究開発等が含まれた。

「脳科学と教育」（タイプⅡ）は、上記研究に加え、実証的な追跡研究による、発達認知神経科学を含む脳科学、発達心理学や言語学、そして非侵襲脳機能計測や各種情報技術を架橋・融合して実践的かつ人間性を基調とした学習・教育に関する研究開発を志向した。具体的には、追跡研究的手法に非侵襲脳機能計測あるいは行動学的観察を組み込んだ手法により研究開発を実施した。

<sup>1</sup> (独) 科学技術振興機構社会技術研究開発センター「脳科学と社会」研究開発領域ウェブサイト (<http://www.ristex.jp/result/brain/index.html>) より抜粋

<sup>2</sup> (独) 科学技術振興機構社会技術研究開発センター「脳科学と社会」研究開発領域ウェブサイト内、研究開発プログラム「脳科学と教育」ウェブページ (<http://www.ristex.jp/result/brain/program/index.html>) より抜粋



### 3. 研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」の追跡評価結果に関する重要留意事項について

研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」は、社会技術研究開発センターが改組し新発足する前に企画された総合的な「脳科学と社会」研究開発領域の一部として、長期コホート計画を側面から支援するための公募研究として募集された。ここでは、実証的な研究による、発達認知神経科学を含む脳科学・発達心理学や言語学、そして非侵襲脳機能計測や各種情報技術の融合を基調とした学習・教育に関する研究開発を試行することとした。これにより、発達関連の多様な課題に対して、先端技術・自然科学・人文科学・社会科学を架橋・融合した trans-disciplinary な取り組みを図り、教育問題の根幹に迫ることを目指したものである。

したがって、現在の社会技術研究開発センターの研究開発プログラムの理念である、社会実装を直接目指した技術開発に限定されず、より基礎的な課題を研究することも含まれていた。また、協働して作業する予定の長期コホート計画が実施できないことになったため、このプログラムが単独で走らざるを得ない状況も生じた。とは言え、社会問題に目を向け、脳科学の支援と融合を図る本研究開発プログラムは、社会技術研究開発センターの理念によく適合するものである。

研究が終了して3年が経過し、ここにその追跡調査を実施することになった。調査は社会技術研究開発センターの理念に則り、社会実装を主とする社会的・経済的な影響を前面に出したものとなったが、本研究開発プログラムは社会実装を直接には想定しない、より基礎的な課題も含んでいることに留意しなければならない。

より重要なことは、「脳科学と社会」研究開発領域とその中で研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」がどのようなインパクトを社会と学界に与えたかを評価することである。評価委員会は、個々の研究開発プロジェクトの成果とは別に、脳科学と教育の結びつきに着目し、基礎的な自然科学である脳科学が社会的な問題にどのような寄与ができるか、その方法を明らかにする研究をこの時期に採択し、推進した英断を高く評価するものである。

## 4. 評価結果

### 4.1. 「双生児法による乳児・幼児の発育縦断研究」

研究代表者：安藤 寿康（慶應義塾大学 文学部 教授）

#### 4.1.1 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果等を総合的に判断し、一定の研究開発成果の発展・活用があるといえる。

我が国の双生児研究を国際レベルに引き上げた功績は大きい。子どもの発育における遺伝要因と環境要因の相互作用の過程を解明するため、一卵性双生児及び対照としての単胎児を対象としたコホート研究を開始していることや、データベースの蓄積と公開に向けた方法論を模索していること、一部の成果の保育環境へのフィードバックが行われていることなど、プロジェクト終了後も活発な研究開発が継続されている。また、本プロジェクトで立ち上がった双生児研究は、その後、慶應義塾大学を中心にした拠点へと発展しており、国内外の研究者ネットワークを整備し、コホート研究の永続的な実行のための基盤を整備したこともよいと考える。現時点では、本研究テーマあるいは双生児法により乳幼児の発達における重要課題が解決した、あるいは、新規な知見が得られたとまでは言えないものの、本研究の発展は、国内での双生児研究を維持していく上で重要な役割を担っていると言える。

遺伝子と環境、特に養育とのかかわりは、きわめて重要かつ解明が困難な問題であり、短期に結論が出るような問題ではない。本研究はいまだ発展途上の段階にあり、プロジェクト期間終了後も活発な研究が継続されているが、研究成果の活用、社会実装という点での効果は限定的である。しかし、研究代表者が、成果を過度に宣伝するのではなく、安易な社会実装への警鐘を鳴らすなど、問題の重要性を指摘しつつ十分に抑制的に社会に対処している点は重要である。

#### 4.1.2. 各項目評価

##### 4.1.2.1. 研究開発成果の発展状況や活用状況

###### (1) 研究開発内容の進展状況

追跡調査時点における研究開発内容は、プロジェクト期間終了後の社会状況や環境の変化への対応も含め、一定の進展・発展があるといえる。

わが国で初めて実施された双生児にかかわる本格的なコホート研究は、プロジェクトの終了とともに途絶えることなく、さまざまな競争的資金を獲得しながらさらに発展・継続し、研究成果を創出している。このことは高く評価できる。子どもの発達における遺伝的要因と環境的要因の相互作用の過程の解明に向けての一卵性双生児コホート研究への期待は大きいですが、決して容易な課題ではない。しかし、プロジェクト終了後も、単胎児との対照実験、青年期を含む双生児の動画「まるまる」の作成、fMRIの活用、エピジェノミクスなどの試みが展開されている。これらの中から、あるいはこれらを統合して、所期の成果に向けて方法論が確立されていくことが期待

できる。また、メンバーのさらなる研究開発に向けた積極的な活動により、世界各国の双生児研究チーム間の国際連携活動を推進していることなどもよいと考える。

研究代表者の所属する慶應義塾大学ふたご行動発達研究センターは、双生児研究の拠点としての認知度は高まっているが、コホート研究の成果であるデータベースの公開など課題も残っている。本来であれば、双生児研究でしか明らかにできない乳幼児の発育・発達に関する知見を得ていてほしかったところであるが、それは今後の発展を待たねばならない。

## **(2) 研究開発成果の社会での適用・定着（社会実装）状況及び社会的課題の解決への貢献状況**

本研究開発プロジェクトの研究開発成果はある程度社会で活用され、一定程度適用・定着しているといえる。

注意欠陥・多動性障害（ADHD）傾向の高低によって、保育者の子育ての適切な方法が異なることを示したことは一つの大きな成果である。しかし、社会実装のための学術的基盤を与えうるような確定的な研究成果は得られておらず、社会実装の前段階であると言える。研究代表者自身も、この分野の研究の進展状況の中では研究成果の安易な社会実装について警鐘を鳴らすことが現時点での社会的貢献と考えており、その趣旨での一般向けの文筆活動を行っている。また、データベースのアーカイブ化に関しては諸々の問題から実現していないが、これは慎重にならざるを得ない部分もある。研究テーマの性格上、成果の社会実装には慎重でありたいという研究代表者らの意向を尊重したい。

本プロジェクトの成果を受けた慶應義塾ふたご行動発達研究センターは、日本における双生児研究の代表的な研究組織として広く定着しているといえる。双生児コホート研究の重要性が広く社会に認識されるに至っており、しっかりとした広報活動もなされている。

### **4.1.2.2. 研究開発成果がもたらした科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果**

#### **(1) 研究者・関与者の活動は、科学技術的・社会的な面での人材育成・キャリアパスの開拓や人的ネットワークの展開に繋がったか。**

本プロジェクトに研究員として参加した若手研究者すべてが教育・研究職に就いており、若手の人材育成に成功している。また、本プロジェクトの従事者が国内外の研究組織において双生児研究を推進しており、研究のネットワークが国内、さらに国際的にも広がり、定着してきていることもよいと考える。

#### **(2) 研究者・関与者の活動は、社会の幅広い人々及び関与者（ステークホルダー）にどのような社会面（教育面）・経済面での影響・効果をもたらし、研究開発成果の社会での活用・拡大・定着に繋がっているか。**

本研究は、社会システムや経済活動に直接に寄与するという性格のものではない。しかし、双生児研究を核として、認知機能の発達過程や ADHD と養育の関連を調べるなど、現代社会の重要な問題に焦点を当て、社会に影響を与えている。研究代表者は、この分野の研究の現況では研究成果の安易な社会実装について警鐘を鳴らすことこそが社会的貢献と考えており、その趣旨で

の一般向けの書籍の発行により当該分野の社会への啓発に努めている。経済的な効果ではないが、書籍がマスコミ等で取り上げられることにより一定程度の社会的影響力を持つに至っている。

一方、双生児研究の意義は未だ研究者間での評価にとどまり、必ずしも社会に普及しているとは言えず、今後のさらなる活動が重要である。双生児研究の成果のアーカイブ化と公開を目指しているが、データベースの対外的公開のめどは立っていない。貴重なデータが蓄積されていることもあり、何らかのサポートの方法が見出されることを願う。ただしこの問題は、本研究グループだけの課題というよりは、コホート研究全般に関わるものであり、研究支援機関による統括的指針の作成や、アーカイブ化・公開に向けての具体的なサポート体制の構築が必要である。

## 4.2. 「社会性の発達メカニズムの解明：自閉症スペクトラムと定型発達のコホート研究」

研究代表者：神尾 陽子（独立行政法人国立精神・神経医療研究センター 精神保健研究所 児童・思春期精神保健部 部長）

### 4.2.1. 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果等を総合的に判断し、十分な研究開発成果の発展・活用があるといえる。

本研究は、重大な社会問題である自閉症スペクトラム障害（ASD）に焦点を当て、その早期診断と症状の改善を目指して、脳研究と連携する実践的な研究を行ったものであり、多大な成果を上げた。本プロジェクト期間終了後も、成果をその後の外部資金獲得に繋げて着実に研究を進展させている。ASD 児の早期行動マーカーを同定し、それに基づき 1 歳 6 か月健診での早期診断法を確立した。これによって多くの地方自治体での乳幼児健診システムの改善が行われるなど、具体的な研究成果の社会実装が行われた。また、脳科学的観点からの自閉症の病態形成機序に関する研究を進展させている。

本プロジェクトで開発した発達障害の早期発見法が自治体の健診等に活用されているが、これは、研究者の努力とともに、社会技術研究開発センターの「研究開発成果実装支援プログラム」が有効に機能したものと考えられる。自治体の特性を考慮したツールの開発、母子手帳の改訂、早期発見のガイドラインの作成など、研究成果は着実に社会に還元されつつあり、社会への情報発信も十分に行われている。国際的にも成果の発信が着実にされている。

若手研究者の常勤ポストの獲得にも成功している。特に、遺伝子解析の研究者とのつながりが拡大しているが、一方で、MEG（脳磁図）による脳機能の研究者や病態を見る臨床家や検診の現場とのバランスのよい人的ネットワークづくりを積極的に実践している点もよいと考える。

### 4.2.2. 各項目評価

#### 4.2.2.1. 研究開発成果の発展状況や活用状況

##### (1) 研究開発内容の進展状況

追跡調査時点における研究開発内容は、プロジェクト期間終了後の社会状況や環境の変化への対応も含め、十分な進展・発展があるといえる。

プロジェクト期間終了後も、自閉症の早期発見、診断、さらにその病態形成のモデルなどの研究を続け、社会活用と一体となった研究の進展が認められる。

自閉症スペクトラム障害（ASD）児の早期発見に関する行動指標を確立するとともに、近年は生物学的マーカーと対比することでより確度の高い診断が可能になっている。プロジェクトにおける成果をベースにその後、研究開発は十分進展・発展しているといえる。また、それに基づき 1 歳 6 か月健診での早期診断法を提案し、これが実用化されている。健診での自閉症早期発見の可能性の検証、エビデンスに基づく乳幼児健診での活用、病態モデルの構築につながる低次知覚

処理での機能異常の発見など、脳科学的観点からの研究も成果をあげている。また、環境省エコチル調査への参画などでも本プロジェクトの成果が活かされている。

社会性の発達メカニズムに関する新規な基礎的知見は得られていないものの、継続的に同様の研究活動が行われている。なお、拡散テンソル画像（Diffusion Tensor Imaging : DTI）による背外側前頭領野における神経線維走行の異常と対人行動異常の相関を見出したと報告されているので、そのメカニズムの解明を期待したい。

## **(2) 研究開発成果の社会での適用・定着（社会実装）状況及び社会的課題の解決への貢献状況**

本研究開発プロジェクトの研究開発成果は社会で十分活用され、適用・定着しているといえる。

自治体の特性に合わせたツールの開発などを行い、数多くの市町村において乳幼児検診でその成果が活用されるなど、社会実践の面で多くの実績をあげている。本研究が生み出した成果は今後さらに広く社会に定着していくとともに、研究開発と社会実践をつなぐ一つの規範モデルとなるであろう。

本プロジェクトで開発した発達障害の早期発見法は 20 市町村以上の自治体の乳幼児検診において活用されるなど、健診システムの改善に貢献している。また、本研究の成果である乳幼児自閉症のチェックリストの項目である「共同注意行動」が母子健康手帳に取り入れられた。これらの成果を得る上で、研究者の努力や精力的な活動とともに、本プロジェクト期間終了後の社会技術研究開発センター「研究開発成果実装支援プログラム」による支援が有効に機能したものと考えられる。自治体の特性を考慮したツールの開発、社会への情報発信も十分に行われている。

### **4.2.2.2. 研究開発成果がもたらした科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果**

#### **(1) 研究者・関与者の活動は、科学技術的・社会的な面での人材育成・キャリアパスの開拓や人的ネットワークの展開に繋がったか。**

人材育成、研究者連携のネットワーク、さらに自治体との協力関係の構築など、重要な成果があった。本プロジェクトの従事者が国内外の研究組織において継続的に研究を推進しているほか、若手研究者 3 名が常勤の教育研究職のポストを得ている。また、自治体・臨床分野とのネットワークづくりへの努力もなされている。小児医学、言語、心理、教育、脳科学など多方面の研究グループとの連携、共同研究が行われている。今後、発達障害の脳内メカニズムの研究に基づく、ASD の生物学的マーカーの同定が期待される。

人的ネットワークは、特に遺伝子解析の研究者とのつながりが拡大しているが、一方では、MEG による脳機能の研究者や病態を見る臨床家とのバランスのよいネットワークが展開されているので、「安易な遺伝子診断」には陥らないと思われる。

**(2) 研究者・関与者の活動は、社会の幅広い人々及び関与者（ステークホルダー）にどのような社会面（教育面）・経済面での影響・効果をもたらし、研究開発成果の社会での活用・拡大・定着に繋がっているか。**

本研究は広く社会実践されるとともに、ASD の早期行動マーカーの同定に基づき 20 以上の自治体における乳幼児健診システムの改善が行われたことや、母子健康手帳の改定に伴って研究成果に基づく新しい項目が取り入れられるなど、社会に活用されるに至っている。早期自閉症診断において、顕著な社会的効果をもたらしており、社会面、経済面での影響、社会に与えるインパクトはきわめて大きいと言える。

研究代表者の神尾氏は、乳幼児自閉症のチェック項目として「共同注意行動」が母子健康手帳に取り入れられる上での助言を行っている。「共同注意行動」の有無が ASD の発見に有効であることは古くから多くの研究者に知られているものの、母子健康手帳にこの項目が入ったことの意義と社会に与えるインパクトは大きい。一般に自閉症児の早期発見による治療の可能性を示したことは大きく評価できる。国際的にも、また、国内の自治体・医療関係者への成果の発信が着実に行われている。

### 4.3. 「高齢者と学習障害の脳機能改善コホート研究」

研究代表者：川島 隆太（東北大学 加齢医学研究所 教授）

#### 4.3.1. 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果等を総合的に判断し、十分な研究開発成果の発展・活用があるといえる。

本プロジェクトは、加齢における認知機能の低下という近年注目されている分野の研究であり、社会からの関心も高い。脳科学の応用として、本研究が提起した問題解決法、特にその社会活用を積極的に追求する姿勢は、批判もあるものの高く評価されるべきであろう。また、本実践をもとにした、一流学術誌に掲載される学術的な研究も高く評価できる。敢えて問題を挙げるならば、学術研究と企業との連携のあり方であろうが、社会技術として実践する場合に連携は必要である。

本研究期間中に設定された、高齢者のコホート研究と学習障害のコホート調査という2つのテーマのそれぞれにおいて、東北大学加齢医学研究所にそれらを専門的に扱う研究部門を設置し、基礎・応用展開の両面で精力的な活動を行い、成果をあげている。特に、プロジェクト終了後は、東北大学加齢医学研究所にスマート・エイジング国際共同センターを立ち上げ、高齢者コホート研究の発展の基盤を構築したことは意義あるものである。今後、同センターを中心に、プロジェクトの成果が進展・発展するものと期待している。学習障害のコホート調査も東北大学加齢医学研究所・認知機能発達寄附研究部門で継続されており、教育委員会との連携も行われているので、今後の展開に期待したい。本プロジェクトで開発された高齢者の生活介入法は、一企業を通してではあるが、全国的に活用されている。また、健常児の認知機能と生活習慣の関連の解析結果も教育委員会において一定の活用がされている。しかし、いずれもその脳科学的エビデンスの評価は今後の課題であり、今後ぜひ展開してほしい。

#### 4.3.2. 各項目評価

##### 4.3.2.1. 研究開発成果の発展状況や活用状況

###### (1) 研究開発内容の進展状況

追跡調査時点における研究開発内容は、プロジェクト期間終了後の社会状況や環境の変化への対応も含め、一定の進展・発展があるといえる。

高齢者コホート研究については、東北大学加齢医学研究所に3つの研究分野からなるスマート・エイジング国際共同研究センターを設置し、基礎・応用の両面で認知機能の向上に関する研究を着実に推進し、成果をあげている。高齢者コホート研究発展の基盤が構築されており、同センターを中心に、今後もプロジェクトの成果が進展・発展するものと期待する。学習障害のコホート研究では、同研究所に認知機能発達寄附研究部門を設置し、仙台市教育委員会などと連携して実践的な研究を展開している。さらに脳機能にかかわる学術的な研究をも進展させている。

また、プロジェクト終了後も継続的に競争的資金を獲得している。他予算との切り分けが困難であるが、高齢者を対象とした研究活動を現在も精力的に行っている。



## **(2) 研究開発成果の社会での適用・定着（社会実装）状況及び社会的課題の解決への貢献状況**

本研究開発プロジェクトの研究開発成果はある程度社会で活用され、一定程度適用・定着しているといえる。

本プロジェクトで開発された高齢者の生活介入法は、一企業を通してではあるが、全国的に活用されている。(株)公文教育研究会・くもん学習療法センターを通して、高齢者認知機能の向上にかかわるプログラムを実施、継続しており、高齢者の認知機能向上、地域コミュニティの活性化に貢献している。また、宮城県教育委員会・仙台市教育委員会と連携して、子どもの認知機能の発達研究、生活慣習との関係の調査、障害児と健常児との認知機能の生活慣習との相関解析の対照研究を継続して実施しており、その成果を活用し、基本的な生活習慣を見直すことにより子供たちの心身を健全に発達させるという地域自治体の取り組みを学術的立場から支援している。これらは研究代表者の「信念」に基づいて研究成果の社会実装を広く展開したもので、一定の実績をあげている。しかし、その脳科学的エビデンスの評価は今後の課題である。

### **4.3.2.2. 研究開発成果がもたらした科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果**

#### **(1) 研究者・関与者の活動は、科学技術的・社会的な面での人材育成・キャリアパスの開拓や人的ネットワークの展開に繋がったか。**

9名以上の若手研究者（ポスドク）が教育研究職を獲得し、本プロジェクトの従事者が国内外のさまざまな研究施設で活躍している。スマート・エイジング国際共同研究センターの設立に大きく関与し、国際的な研究ネットワークの形成に努力している。欧米及びアジアの諸外国の大学と高齢者認知機能の向上、または発達障害児の認知機能発達に関する新たな研究ネットワークの形成、連携も十分に行われている。また、新たに立ち上がった共同研究として、仙台市教育委員会との「学習意欲の科学的研究に関するプロジェクト」や宮城県教育委員会と「学ぶ土台づくり推進プログラム」などを推進している。この輪はかなり狭い範囲に固定されているものの、人材育成、研究のネットワークの形成などには一定の成果が見られる。

#### **(2) 研究者・関与者の活動は、社会の幅広い人々及び関与者（ステークホルダー）にどのような社会面（教育面）・経済面での影響・効果をもたらし、研究開発成果の社会での活用・拡大・定着に繋がっているか。**

全国の自治体において、高齢者の認知機能向上システムの活用が進んでいる。また、健常児の生活慣習と認知機能の関連解析の結果は、宮城県、仙台市などの教育委員会において一定の活用をされており、児童・生徒の心身の健全な発育に貢献している。スマート・エイジング国際共同研究センターの設立は意義あるものであるが、基礎研究の成果と実際に実施している活動との関係が曖昧な印象を受ける。

企業と連携してしっかりと社会実践を行った。その効果は限定的ではあるが、この重要な問題に対して一つの対処法を社会に提起したことは高く評価されてよいであろう。

#### 4.4. 「言語の発達・脳の成長・言語教育に関する統合的研究」

研究代表者：萩原 裕子（首都大学東京 大学院人文科学研究科 教授）

##### 4.4.1. 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果等を総合的に判断し、一定の研究開発成果の発展・活用があるといえる。

本研究は、人文科学の枠にあった言語学研究に脳科学の手法を導入した先駆的な研究であり、それに取り組む研究代表者らの姿勢は高く評価できる。本プロジェクト期間終了後も、研究代表者及びサブリーダーらが継続的に外部資金を獲得し、それぞれ研究を進めている。

機能的近赤外分光法（NIRS）と事象関連電位（ERP）の同時計測システムを開発し、英語習熟度の違いによる脳活動の違い、特に脳活動の側性化を見出した。さらに、唾液を用いた *COMT* 遺伝子を標的とした分析による脳データ、言語データとの相関解析を行っている。また、NIRS を用いて日英単語復唱時の脳活動の性差を調べるなど、言語と脳活動の関連を解析する研究を精力的に展開している。それらの成果は原著論文として、多くの学術誌に発表されている。

一方、研究テーマが若干発散しているようにも見受けられる。プロジェクト終了後の業績を精査すると、脳科学の分野以外での成果も多くあるが、本プロジェクトの大きな目標であった言語学への脳科学によるアプローチは大きな課題であり、これが万全に達成されたとは必ずしも言えない。言語発達に関連する研究テーマは数多くあるものの、本プロジェクトで行った研究成果をさらに発展させるものがあるのが望ましい。

研究代表者自身が述べているように、言語学習に関する成果の社会実装には慎重な態度が必要である。そのため、積極的な情報発信は行っておらず、あくまで学術的な視点での発表に限定している。これは脳科学と言語科学の現状からして当を得たものである。研究代表者らはさらに研究を進展させているので、今後の展開を見守っていききたい。今後、脳科学的エビデンスが得られれば、言語習得のプロセスの効率化などに寄与するであろう。

##### 4.4.2. 各項目評価

###### 4.4.2.1. 研究開発成果の発展状況や活用状況

###### (1) 研究開発内容の進展状況

追跡調査時点における研究開発内容は、プロジェクト期間終了後の社会状況や環境の変化への対応も含め、一定の進展・発展があるといえる。

言語獲得の研究は、教育に直結する現代社会の大きな問題の一つである。本研究は、言語発達と脳機能の関連を追求するもので、プロジェクト期間中に行われた単語レベルの発達研究を、期間終了後は文法レベルの発達に拡張するなど、ある程度しっかりした進展を見せている。

プロジェクト終了後も継続的に競争的資金を獲得している。言語学の研究において脳計測を中心とした脳科学の手法が取り入れられ始めたのは本プロジェクトの貢献が大きいと思われる。しかしながら、言語学における問題を脳科学で解明したとまで言えるような大きな成果を出したわけではない。

プロジェクト期間終了後の主な進展として、科学研究費補助金の基盤研究（A）を獲得し、NIRS と ERP の同時計測システムを開発した。これにより、日本人小学生の英語習熟度の違いによる脳活動の違い、特に、脳活動の側性化（左半球）を見出している。さらに、これが発達によるものか、学習によるものかを明らかにするための研究も展開している。一方、唾液を用いて COMT 遺伝子を標的に分析し、脳データ、言語データとの相関解析を行っている。また、NIRS を用いて、日英単語復唱時の脳活動の性差を調べるなど、言語と脳活動の関連を解析する研究を精力的に展開している。やや研究テーマは発散傾向にあるものの、言語発達に関する研究開発を継続している。

研究成果を原著論文として *Cerebral Cortex* 誌をはじめとする国際学術誌に発表しており、これらは基礎研究の範疇に入るものである。NIRS で明らかにできる脳活動には限界があるが、言語習得への脳科学的アプローチの展開に期待したい。

## **(2) 研究開発成果の社会での適用・定着（社会実装）状況及び社会的課題の解決への貢献状況**

本研究開発プロジェクトの研究開発成果は社会で部分的に活用され、部分的な適用・定着に留まっているといえる。

研究成果は学術的観点からすれば、一定の意義をもつが、「我が国における効率的な英語教育法」への提言などの、教育制度の改革につながる社会実装までの距離は遠い。

言語発達の仕組みは、これから解明すべき重要な研究課題であり、研究成果の社会への実装には慎重な態度が必要である。本研究ではその点を十分にわきまえて、過度に期待を煽ることを慎み、学術的な調査研究として抑制的な態度を取っている点は良いと考える。

### **4.4.2.2. 研究開発成果がもたらした科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果**

#### **(1) 研究者・関与者の活動は、科学技術的・社会的な面での人材育成・キャリアパスの開拓や人的ネットワークの展開に繋がったか。**

本プロジェクトの従事者が国内外の研究組織において継続的に研究を推進している。

本プロジェクトに参加した大学院生 5 名が学位を取得し、ポスドクも含め若手研究者が大学ないし民間企業の研究所で研究職のポストに就いて研究活動を実施しており、人材の育成に成功している。また、本研究のサブリーダーらによる新分野の開拓など、その後の活躍も目覚ましい。一方で、研究代表者と複数のサブリーダーは、ヒトの言語機能獲得に関する研究という枠組みの中でも、それぞれ別々のテーマで研究を行っており、これが共通の接点を見えにくくしている。

#### **(2) 研究者・関与者の活動は、社会の幅広い人々及び関与者（ステークホルダー）にどのような社会面（教育面）・経済面での影響・効果をもたらし、研究開発成果の社会での活用・拡大・定着に繋がっているか。**

本プロジェクトの主要な成果は、言語習得のメカニズムに関する非侵襲的脳機能研究によるものであり、それらは基本的には基礎研究に属するものである。NIRS が言語科学の分野で活用され始め、また、児童英語用語彙リストが活用されるなど、本プロジェクトの成果は一定の影響を

与えているものの、成果の社会的活用という点では、マスコミを通じて言語の脳科学に関する知識を社会に発信するというレベルに留まり、一般社会への影響は限定的である。

本研究は児童の言語発達にかかわる基礎的なものであり、その成果をそのまま社会実装することは時期尚早であるだけでなく、危険である。その点では、研究代表者が抑制的・学術的に対処している。また、言語の学習については社会的な関心が高まっているので、これに応えて、この問題の正しい理解に向けた活動を行っている点もよいと考える。

## 4.5. 「教育支援のためのバイオメンタル技術の開発」

研究代表者：六反 一仁（徳島大学大学院 ヘルスバイオサイエンス研究部 教授）

### 4.5.1. 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果等を総合的に判断し、一定の研究開発成果の発展・活用があるといえる。

本研究は、社会にとって重要な、教育支援のためのバイオメンタル技術の開発として始められ、大学生を対象とする短期コホートとして、生活習慣や遺伝子発現との関連を研究し、さらにバイオマーカーの開発を目指した野心的なものであった。しかし、得られた成果は散発的で、社会実装に至るものではなかったため、さらにさまざまな方向で努力が続けられている。

本プロジェクト終了後も、遺伝子発現解析技術、バイオマーカーなどを用い、ストレス診断法、精神・神経疾患診断法の開発を積極的に展開している。また、開発した評価・診断技術の特許化も着実に進めている。例えば、末梢白血球の遺伝子発現の解析により、心の疾患（ストレス、うつ病、慢性疲労、自閉症）を早期に診断するための RNA バイオロジー研究を展開し、マイクロ RNA をストレス評価のバイオマーカーとして活用できることを示し、現在、実用化に向けた民間企業との共同研究を進めている。また、ストレス緩和飲料の開発を企業と共同で進めている。本プロジェクトで開発された診断技術は一定の評価を得ており、医療分野での活用が期待される。

ただし、研究プロジェクトを通じてテーマの選択が散漫であり、ポイントとなる成果が見えにくい。上記のような継続的な研究活動と社会実装に向けた準備は進められているものの、現時点では社会に実装できる十分な技術成果があがったとまでは言い難い。これは、脳科学研究の現状としてやむを得ないものではある。研究開発テーマは重要であり野心的であるので、今後の発展に期待したい。

本プロジェクトに参加した若手研究者はそれぞれ研究・教育の職場に就職し、活躍している。他の研究グループとの連携も進められており、ストレス評価技術、遺伝子診断技術を活かした研究者ネットワークの形成に成功している。

### 4.5.2. 各項目評価

#### 4.5.2.1. 研究開発成果の発展状況や活用状況

##### (1) 研究開発内容の進展状況

追跡調査時点における研究開発内容は、プロジェクト期間終了後の社会状況や環境の変化への対応も含め、一定の進展・発展があるといえる。

本プロジェクト期間終了後も、生物学的指標を基にした心の疾患（ストレス、うつ病、慢性疲労、自閉症）診断の研究を他研究グループとの連携により、活発に進展させている。具体的には、前述の神尾陽子教授の研究グループと共同で、末梢白血球の遺伝子発現解析により自閉症スペクトラム障害に見られる特徴的なマイクロ RNA の変化を見出した。また、新たに科学研究費補助金の基盤研究 (B) を取得し、RNA バイオマーカーの探索を行い、慢性心理的ストレス時のグル

コルチコイド受容体の選択的スプライスバリエントの出現や心理的ストレスに反応する 3 種類のマイクロ RNA の発見などの成果をあげた。ただし、これらの発見に対する評価は確定していない。

## **(2) 研究開発成果の社会での適用・定着（社会実装）状況及び社会的課題の解決への貢献状況**

本研究開発プロジェクトの研究開発成果はある程度社会で活用され、一定程度適用・定着しているといえる。

本研究開発は、社会実装に至るまでには進歩していないが、そのための準備を進めている段階にある。その萌芽として、ストレスマーカー開発に関する企業との連携が進みつつある。具体的には、包括的ストレス検診法の一つであるマイクロ RNA の実用化にむけての取り組みを始めている。サイトカインまたはマイクロ RNA はストレス評価のバイオマーカーとして、信頼性・再現性において優れていると考えられ、特に後者については、民間企業との共同研究が進んでおり、ストレス評価技術として実用化する計画が進んでいる。また、ストレス緩和飲料の開発が民間企業と共同で進められている。

普及は限定的であるものの、本研究開発が、ストレス評価に「質的な評価」の概念を導入したことは社会的に認められていると言える。

### **4.5.2.2. 研究開発成果がもたらした科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果**

#### **(1) 研究者・関与者の活動は、科学技術的・社会的な面での人材育成・キャリアパスの開拓や人的ネットワークの展開に繋がったか。**

本プロジェクトに参加した若手研究者及び大学院生の計 10 名が常勤の研究・教育職に就いており、人材育成は一定の成果をあげている。また、本プロジェクトの従事者は、国内外の研究組織において継続的に研究を推進している。共同研究など他の研究グループとの連携も順調に進め、ストレス評価技術、遺伝子診断技術を活かした研究者ネットワークの形成にも成功している。研究代表者自身も、ストレスバイオマーカーの探索の成果が評価され、科研費補助金新学術領域研究の分担研究者となるなど、学術交流のネットワークを拡大している。

#### **(2) 研究者・関与者の活動は、社会の幅広い人々及び関与者（ステークホルダー）にどのような社会面（教育面）・経済面での影響・効果をもたらし、研究開発成果の社会での活用・拡大・定着に繋がっているか。**

本プロジェクトで開発された診断技術は一定の評価を得ており、医療分野での活用が期待される。特に、末梢白血球の遺伝子発現の解析により、心の疾患（ストレス、うつ病、慢性疲労、自閉症）を診断する技術は、現時点では実用化されていないが、今後、新しい診断技術として発展するポテンシャルを持つと思われる。

本研究の成果は未だ限定的で社会実装には至ったとは言えず、社会面・経済面での影響・効果は部分的である。ただ、研究協力、企業との共同研究開発などの努力がされているので、今後成果が実を結び、社会に役立つことを期待したい。

#### 4.6. 「非侵襲的脳機能計測を用いた意欲の脳内機序と学習効率に関するコホート研究」 研究代表者：渡辺 恭良（理化学研究所 ライフサイエンス技術基盤研究センター センター長）

##### 4.6.1. 総合評価

追跡調査時点における研究開発成果の発展状況や活用状況、科学技術的・社会的及び経済的な効果・効用、波及効果等を総合的に判断し、研究開発成果の発展・活用は部分的であるといえる。

プロジェクト終了後は、研究分担者による「睡眠改善指導による慢性疲労と不登校予防」などで成果の社会的活用が行われている。しかし、本プロジェクトのタイトルにある「非侵襲的脳機能計測を用いた意欲の脳内機序と学習効率」の研究の進展という点で考えると、プロジェクト期間中に十分な成果が得られなかった脳科学分野の研究(DISC1 遺伝子多型と小児慢性疲労症候群患児の遺伝的リスクの関連、fMRI を用いた学習意欲の神経基盤の研究、意欲と神経疲労の脳内葛藤の神経メカニズムの検討など)で、その後どのような取り組みがなされ、どのような成果が得られているのかが明らかにされていない。プロジェクト時に構築したコホート研究のデータをその後は活用していないなど、本事業で行われた研究の成果が、現時点でどのように活かされているのか若干見えにくい。

意欲、疲労、学習効率は、現代社会を構成する人間にとって重要な問題であり、これを脳科学の研究と結び付けて解明するという本研究の問題提起はきわめて重要なものであった。しかし、これは短期間で解決できる問題ではなく、本研究の焦点が定まらず散発的な成果の集積に留まったことも、やむを得ないことではある。問題は重要であり、今後の研究の発展に大いに期待したい。睡眠改善指導の普及やコミュニケーションロボットの開発などユニークな活動に繋がりがつつあるので今後の進展が楽しみである。

##### 4.6.2. 各項目評価

###### 4.6.2.1. 研究開発成果の発展状況や活用状況

###### (1) 研究開発内容の進展状況

追跡調査時点における研究開発内容は、プロジェクト期間終了後の社会状況や環境の変化への対応も含め、部分的な進展・発展に留まっているといえる。

本研究は、意欲、疲労、学習効率にかかわる総合的な研究である。プロジェクト期間終了後も研究は続けられているが、研究テーマを広げすぎて焦点が定まらない印象は拭えず、本プロジェクトに基づく成果が見えにくい。本プロジェクトの共同研究者による睡眠介入指導の実践やSTART (Social Thinking & Academic Readiness Training) プログラム、ADHD の治療薬の効果検証、抗過労食の研究の展開、事後評価への対応など、研究開発の一定の進展は認められる。ただし、プロジェクト終了後はコホートの追跡調査は行っていないなど、研究開発は部分的な進展・発展に留まっている。本プロジェクトのタイトルにある「非侵襲的脳機能計測を用いた意欲の脳内機序と学習効率」の研究に関しては具体的な進展が見られない。脳科学的研究と他の研究との連携は十分ではないが、今後を期待したい。

## **(2) 研究開発成果の社会での適用・定着（社会実装）状況及び社会的課題の解決への貢献状況**

本研究開発プロジェクトの研究開発成果はある程度社会で活用され、一定程度適用・定着しているといえる。

睡眠時間と学習意欲の低下にかかわる研究成果を活用し、小学生への睡眠改善指導により中学進学後の不登校者数を減少させるなど社会実践を行っており、ユニークな成果が認められる。また、睡眠介入指導の実践のみならず、ADHD 治療薬の効果検証、妊産婦のストレス軽減などにも研究を発展させている。START プログラムの提供、教員の指導力の向上に関する研究の展開など、社会的実装を意識した活動も試行されている。

### **4.6.2.2. 研究開発成果がもたらした科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用、波及効果**

#### **(1) 研究者・関与者の活動は、科学技術的・社会的な面での人材育成・キャリアパスの開拓や人的ネットワークの展開に繋がったか。**

若手研究者の人材育成、研究ネットワークの形成は順調に進んでいる。本プロジェクトに参加した研究者または大学院生 6 名が大学、病院ないし民間企業の研究所で教育・研究職に就くなど、本プロジェクトの従事者が国内外の研究組織において継続的に研究を推進している。また、科学研究費補助金の基盤研究（B）（C）や新学術領域公募研究等の研究費を得て、本プロジェクトや関連分野の研究を継続的に行っている。

#### **(2) 研究者・関与者の活動は、社会の幅広い人々及び関与者（ステークホルダー）にどのような社会面（教育面）・経済面での影響・効果をもたらし、研究開発成果の社会での活用・拡大・定着に繋がっているか。**

睡眠改善指導の普及やコミュニケーションロボットの開発などユニークな活動に繋がりがつつある。コミュニケーションロボットの開発は本プロジェクトの研究成果とは直接関係していないものの、企業との協力関係を構築し、ロボットによる疲労回復や意欲向上効果の科学的検証に活かされたことはよいと考える。

ただし、研究分担者による「睡眠改善指導による慢性疲労と不登校予防」などで成果の社会的活用もある程度は認められるが、プロジェクト全体の成果という観点からはまだ本格的なものとは言い難く、その社会的影響・効果はきわめて限定的である。研究自体は重要であり、社会との関連も深いですが、短期間では達成のできない目標であるとは言える。



## 5. 社会技術研究開発センターの今後の事業運営改善に向けた助言・提案等

今回対象となったすべての研究開発プロジェクトの追跡評価に共通する追跡調査・追跡評価のプロセスと結果を踏まえ、以下について意見を述べる。

### (1) 萌芽的な学問領域の研究成果から社会実装に結びつけるための政策支援のあり方に関する検討の重要性

科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）は、社会と直接関わる研究領域を積極的に取り上げ、その社会実装へのプロセスを支援する事業として、重要でかつ意義の深いものとする。しかし、「脳科学と教育」のように、「生物学的視点から学習機序の本質にアプローチする」という萌芽的な学問領域の研究成果から、多くの複雑な問題を内包する教育制度の改革への社会的・政策的提案を期待し、その実現の程度を「社会実装」の観点から評価するという枠組みには、かなりの無理があったように感じる。複数の研究代表者が、「性急な結論やそれに基づく社会実装はむしろ有害である」という趣旨の感想を述べている。

「脳と教育」のように、社会的にきわめて重要ではあるが、学問的蓄積と社会実装の間に深い谷間がある課題をどのような形で取り上げていくのか、また、5年間という短期間で研究成果をどのように評価するのかということは、今後の検討課題である。

### (2) 研究者が社会実装を進めていくための指針の重要性

社会実装の意義は、基礎研究者であっても重要なポイントだと思われる。一方で、研究者サイドには「どのような観点で」「どのような方法で」「どのような分野に」社会実装を進めていくべきかの経験が乏しい。センターから指針が提示されるならば、社会実装がより円滑に進むと思われる。

### (3) コホート研究データのアーカイブ化・公開に向けた指針・サポート体制の重要性

コホート研究の成果をアーカイブ化し、一般公開して次の研究に役立てることは重要である。現時点では、遺伝情報を含む個人情報取り扱いなどについての統一的な見解がないため、各研究グループがこの試みに消極的になり、コホート研究の成果の共有化が困難になっているように見受けられる。センターなど研究支援機関による統括的指針の作成やアーカイブ化・公開に向けての具体的なサポート体制の構築が必要である。

### (4) 専門家と住民のコミュニケーションを図る仕組みの重要性

センターには、専門家と住民の間のコミュニケーションの円滑化を図る仕組み、住民の「科学リテラシー」の向上を図る仕組みの構築を期待したい。これは、東日本大震災とそれに伴う福島原発事故への行政、専門家、住民の反応・行動をみて痛感したことであるが、この問題に限らず、「エネルギー問題」「食料問題」「住環境問題」「健康・医療」など幅広い研究分野について言え

ることである。また、これらを社会システムとして捉える視点の普及にも努めていただきたい。

#### **(5) 「脳科学と社会」、「脳科学と教育」という課題の追及の重要性**

脳科学は基礎科学であるが、一方人間を知るための科学であるから、社会の関心は高く、教育とも結びつく。これは社会に直結した科学と言えるが、一方基礎科学として、簡単には解明できない奥の深いものがある。

教育とは、その人の脳と身体の可能性を最大限伸ばすことを支援する行為であり、まさに脳科学の問題と考える。そのような意味で、「脳科学と教育」が取り上げられ、二つの領域を架橋するための課題が明らかになったのは大きな成果と言え、脳科学／認知科学の基礎的知見を教育・育児・介護といった重要課題と関連づけていく上で、本プログラムは少なからず貢献したと思える。

残念な点は、本研究開発プログラムを包含する「脳科学と社会」研究開発領域の全体計画を最後まで実施できなかったことである。個々の研究者は積極的に研究活動を継続しており、センターの努力がもう少しあれば、次の大規模コホート研究に繋がったのではないかと。

いずれ、構想を改めて、センターで脳科学と社会、脳科学と教育を結ぶ研究に焦点を当てたプログラムを開始する時期が到来することを期待している。また、今後はさまざまな組織で、「脳科学と社会」「脳科学と教育」という課題の追求が行われることを願う。

「脳科学と社会」研究開発領域  
研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」  
追跡評価委員会

## 6. 検討経緯

### 1. 追跡調査の実施

平成 25 年 4～9 月に追跡調査を実施

### 2. 追跡評価委員会の実施

「脳科学と社会」研究開発領域 研究開発プログラム「脳科学と教育（タイプⅡ）」

追跡評価委員会

開催日：平成 25 年 10 月 30 日

議事：

1. 追跡調査及び追跡評価の主旨確認
2. 追跡調査結果報告
3. 追跡評価方法に関する確認
4. 総合討論

### 3. 追跡評価委員会による評価結果のとりまとめ

平成 26 年 2 月 28 日

追跡調査結果及び追跡評価委員会による討議に基づき、評価結果を「追跡評価報告書」としてとりまとめ、追跡評価委員による合議により確定した。