

平成 27 年度事後事業評価書

政策所管部局課室名：情報通信国際戦略局 技術政策課 研究推進室

評価年月：平成 27 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

脳の仕組みを活かしたイノベーション創成型研究開発

2 研究開発の概要等

(1) 研究開発の概要

- ・実施期間 平成 23 年度～平成 26 年度（4 か年）
- ・実施主体 民間企業、大学
- ・事業費 2,607 百万円

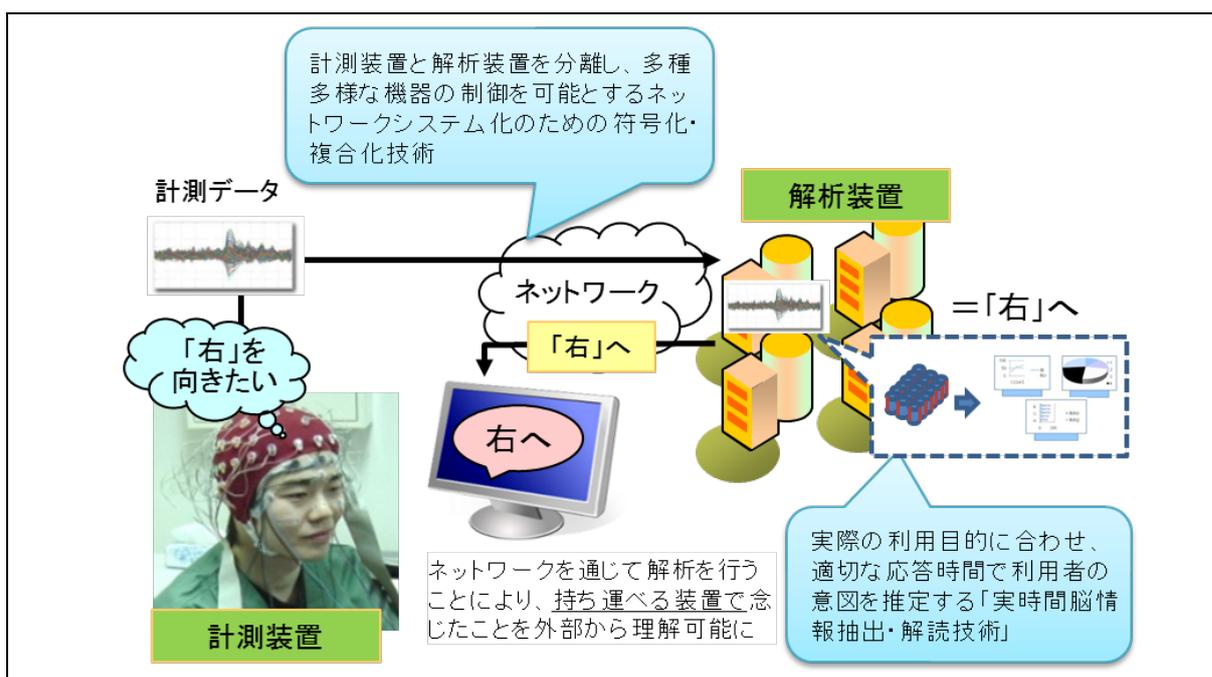
平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	総 額
840 百万円	689 百万円	588 百万円	490 百万円	2,607 百万円

・概要

本研究開発は、脳卒中の後遺症など対話が困難な障がい者の意志を相手に伝えたり、意志により対象物を操作する際の手助けを提供する等のブレイン・マシン・インターフェイス（BMI※）サービス実用化のための基盤技術の研究開発である。このような手助けは、障がい者等と周囲とのコミュニケーションの充実を図り、障がい者等が暮らしやすい環境作りや社会復帰に貢献するだけでなく、介護者の負担を軽減する技術として、実用化の社会的効果が極めて大きい。

現在限られた場所でのみ使用可能な BMI について、日常的に装着できる小型・軽量の計測装置を開発し、それを用いて計測したデータをネットワークを通じて解析を行う。それにより、日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とするために必要な技術の研究開発等、脳科学の知見を ICT に応用し、高齢者・障がい者の社会参加の拡大等のイノベーションを創成する脳情報通信基盤技術の研究開発を行う。

※BMI（Brain Machine Interface）：脳波を解析して機械との間で電気信号の形で入出力するための機器。



技術の種類	技術の概要
高精度脳情報センシング技術 (脳情報伝送技術)	利用者が装着した携帯型脳情報測定装置により、日常生活においても脳情報を継続的かつ高精度に測定するためのセンサー技術の開発を行う。
実時間脳情報抽出・解読技術	実環境に適用可能な取得した脳情報から不要な雑音を抑圧する技術、及びそれにより抽出された脳情報と利用シーンにおける動作・意図を現す信号との相関を取り、利用者が考える動作・意図を速やかに推定する技術の開発を行う。また、そのために必要な脳活動の状態と動作・意図を関係づける「脳活動辞書」を構築する技術の開発を行う。
脳情報符号化・複合化技術(脳情報解読に基づく生活支援機器制御技術)	脳情報のネットワーク内伝送やPC・機械の制御に必要な符号化・復号化技術の開発を行う。
脳の動作原理の活用による省エネで外乱に強いネットワーク制御基盤技術	<p>脳や生体の情報処理の仕組みを情報通信ネットワークの制御に適用し、変動している通信状況に対して、適応的かつ即応的にネットワーク経路を探索して、エネルギー消費が少ない経路制御を行う技術。また、既存ネットワークへの段階的適用が可能なネットワークアーキテクチャ ※の確立。具体的には、以下の技術の研究開発及び実証実験を行う。</p> <p>a 自己組織型超高速・省エネルギー制御技術 変動している通信状況を環境情報として取得し、適応的かつ即応的にネットワーク経路を探索して、エネルギー消費が少ない経路制御を行う技術。</p> <p>b 環境変動に適応した自己修復型ネットワークインフラ制御技術 ネットワークの故障や環境の変化に対応し、即応的にネットワークを安定させる技術。</p> <p>c 大規模ネットワークへの段階的適用のためのネットワークアーキテクチャ技術 生体制御原理の追求による基盤理論の構築既存制御技術によるネットワークに当該技術を適用したネットワークを段階的に導入するために必要な運用監視・制御技術</p> <p>※アーキテクチャ：ハードウェア、OS、ネットワーク、アプリケーションソフトなどの基本設計や設計思想。</p>

・スケジュール

技術の種類	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
高精度脳情報センシング技術 (脳情報伝送技術)	準乾式脳波電極の開発、携帯型装置の試作	乾式脳波電極の開発、携帯型装置の実証		統合実証実験
実時間脳情報抽出・解読技術	実環境実験設備の構築、基本仕様の策定	実環境ノイズ対応、データベースの拡充		統合実証実験
脳情報符号化・複合化技術(脳情報解読に基づく生活支援機器制御技術)	移動支援機器の設計	自律移動機能、混雑環境での衝突予防の実証		統合実証実験

脳の動作原理の活用による省エネで外乱に強いネットワーク制御基盤技術	脳や生体の仕組みを組み込んだネットワーク制御アーキテクチャの試作、検証			
-----------------------------------	-------------------------------------	---	--	--

(2) 達成目標

脳科学の知見を ICT に応用することにより、高精度脳情報センシング技術、実時間脳情報抽出・解読技術、脳情報符号化・復号化技術、脳の動作原理の活用による、省エネで外乱に強いネットワーク制御基盤技術を確立し、現在限られた場所でのみ使用可能な BMI (Brain Machine Interface) 技術をネットワークを介すことで、要介護者等の日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とする基盤技術を確立することで、2025 年を目標に約 251 万人の高齢者・障がい者（チャレンジド）の社会参加を実現する。

○ 関連する主要な政策

- ・ V. 情報通信（ICT政策） 政策9「情報通信技術の研究開発・標準化の推進」
- ・ 総合科学技術会議
 - 「平成 23 年度科学・技術重要施策アクション・プラン（平成 22 年 7 月）」
 - 「平成 24 年度科学技術重要施策アクションプラン（平成 23 年 7 月）」
 - 「平成 25 年度科学技術重要施策アクションプラン（平成 24 年 7 月）」

(3) 目標の達成状況

本研究開発において、以下の技術を確立することにより、所期の目標を達成した。また、これらの技術の確立により、要介護者等の意思や感情を周囲に伝えるといった日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とする基盤技術を確立するとともに、車椅子の自動衝突回避の技術を開発し介助者の負担をなくすための基本技術を確立するなど、高齢者・障がい者（チャレンジド）の社会参加の実現に貢献した。

① 高精度脳情報センシング技術（脳情報伝送技術）

利用者が装着した携帯型脳情報測定装置により、日常生活においても脳情報を継続的かつ高精度に測定するためのセンサー技術の開発を行い、移動支援機器・家電操作においては 1 秒未満、感情・情動コミュニケーション支援においては 2～3 秒以下の遅延でサービス要求に応じた出力を可能とするネットワーク技術を確立した。（平成 26 年度）

② 実時間脳情報抽出・解読技術

実環境に適用可能な取得した脳情報から不要な雑音を抑圧する技術、及びそれにより抽出された脳情報と利用シーンにおける動作・意図を現す信号との相関を取り、利用者が考える動作・意図を速やかに推定する技術の開発を行った。実環境実験設備において、車椅子生活を想定した実験参加者が、1 秒未満の解読遅延時間で、移動支援機器や家電機器を BMI で操作可能であり、このときの平均正解率が 77.7%となることを確認した。そのために必要な脳活動の状態と動作・意図を関係づける「脳活動辞書」を構築する技術の開発を行った。（平成 26 年度）

③ 脳情報符号化・複合化技術（脳情報解読に基づく生活支援機器制御技術）

脳情報のネットワーク内伝送や PC・機械の制御に必要な符号化・復号化技術の開発を行った。3 種類の移動支援機器（車輪移動型車椅子、全方向移動型車椅子、自律移動型ベッド）で、見通しの良い環境での衝突回避機能を実現。移動支援機器の移動速度、壁からの距離、移動支援機器の搭乗者の見え方を考慮した安心な自律移動を実現した。提案した安全・安心な自律移動を参加者 30 名の実験により検証し、73%の人が恐怖を感じないことを確認した。（平成 26 年度）

④ 脳の動作原理の活用による省エネで外乱に強いネットワーク制御基盤技術

脳や生体の情報処理の仕組みを情報通信ネットワークの制御に適用し、変動している通信状況に対して、適応的かつ即応的にネットワーク経路を探索して、エネルギー消費が少ない経路制御を行う技術、また、既存ネットワークへの段階的適用が可能なネットワークアーキテクチャの確

立を行った。

省エネかつ外乱に強い経路制御技術を実現するための要素技術（ネットワーク仮想化技術、階層型ゆらぎ制御アルゴリズム）を確立し、シミュレーション、数値解析等により、1万台規模のネットワークにおいて約2,500分の1への計算量削減効果の目処を得た。（平成24年度）

3 政策効果の把握の手法及び政策評価の観点・分析等

研究開発の評価については、論文数や特許出願件数などの間接的な指標を用い、これらを基に専門家の意見を交えながら、必要性・効率性・有効性等を総合的に評価するという手法が多く用いられている。

上述の観点に基づき、「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」（平成27年6月25日及び平成25年7月3日）において、目標の達成状況に関して外部評価を実施し、政策効果の把握に活用した。

また、外部発表や特許出願件数等も調査し、必要性・有効性を分析した。

○研究開発による特許・論文・研究発表実績

主な指標	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	合計
査読付き誌上発表論文数	2件（2件）	8件（8件）	6件（5件）	14件（13件）	30件（28件）
査読付き口頭発表論文数 （印刷物を含む）	0件（0件）	3件（1件）	4件（3件）	9件（7件）	16件（11件）
その他の誌上発表数	0件（0件）	0件（0件）	2件（1件）	2件（0件）	4件（1件）
口頭発表数	14件（2件）	52件（12件）	65件（14件）	60件（18件）	191件（46件）
特許出願数	2件（2件）	5件（3件）	4件（1件）	5件（1件）	16件（7件）
特許取得数	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）
国際標準提案数	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）
国際標準獲得数	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）
受賞数	0件（0件）	1件（1件）	1件（0件）	2件（0件）	4件（1件）
報道発表数	0件（0件）	1件（0件）	0件（0件）	4件（0件）	5件（0件）
報道掲載数	0件（0件）	22件（0件）	4件（0件）	17件（0件）	43件（0件）

注1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。（括弧）内は、その内海外分のみを再掲。

注2：「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読（peer-review（論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの）のある出版物に掲載された論文等（Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む）を計上する。

注3：「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集（電子媒体含む）に掲載された論文等（ICC、ECOC、OFCなど、Conference、Workshop、Symposium等でのproceedingsに掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。）を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等（電子情報通信学会技術研究報告など）は、「口頭発表数」に分類する。

注4：「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等（査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む）を計上する。

注5：PCT国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。（何カ国への出願でも1件として計上）。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しないこと。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しないこと。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。

観点	分析
必要性	<p>本施策は、対話が困難な高齢者や障がい者等の意志を相手に伝えたり、意志により対象物を操作する際の手助けを提供する等の応用が期待される基礎的な研究開発である。この開発した技術により、増加の一途をたどる高齢者や障がい者等が自立した生活を過ごせるようになり、自由な社会活動への参画を容易にすることができれば、これらの方々のQOL※の大幅な向上に寄与する。同時に、介護者の負担を軽減する技術として、介護離職者を減少させるなど実用化による社会的な効果も極めて大きい。</p> <p>以上より、本研究開発には必要性があったと認められる。</p>
効率性	<p>本研究開発の実施に当たっては、外部の有識者による研究開発運営委員会を設置し、研究開発全体の方針や進め方、成果の取りまとめ方等について指導を受けるなど、外部専門家の専門知識や意見等を活用し、より効率的な研究開発を実施している。</p> <p>また、本研究開発については、広く公募を行い、外部専門家・外部有識者から構成される「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」及びその下に設置する評価検討会において外部評価を実施することで、効率性を確保している。</p> <p>委託経費の執行に当たっては、事前に予算計画書を確認するとともに、年度途中及び年度末に経費の執行に関する経理書類を提出させ、総務省担当職員が詳細な経理検査を行い、予算の効率的な執行に努めた。加えて、専門的知見を有した監査法人に経理検査の補助を依頼し、経費執行の適正性・効率性を確保している。</p> <p>この開発した技術により、増加の一途をたどる高齢者や障がい者等が自立した生活を過ごせるようになり、自由な社会活動への参画を容易にすることができれば、これらの方々のQOLの大幅な向上に寄与し、同時に、介護者の負担を軽減する技術として、介護離職者を減少させるなど実用化による社会的な効果も極めて大きい。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があったと認められる。</p>
有効性	<p>これまでは、BMIは医療用・実験用など特別な環境でのみ利用可能であったが、日常的に装着できる小型・軽量の観測装置を開発したことにより、要介護者等の日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とする基盤技術が確立した。また、車椅子の自動衝突回避の技術を開発し介助者の負担をなくすための基本技術を確立するなど、高齢者・障がい者（チャレンジド）の社会参加の実現に貢献した。</p> <p>外部専門家・外部有識者から構成される評価会及び評価検討会における研究開発成果の目標達成状況に関して、当初の目標を十分に達成したと評価されている。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があったと認められる。</p>
公平性	<p>これまでは、BMIは医療用・実験用など特別な環境でのみ利用可能であったが、日常的に装着できる小型・軽量の観測装置を開発したことにより、要介護者等の日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とする基盤技術が確立した。また、車椅子の自動衝突回避の技術を開発し介助者の負担をなくすための基本技術を確立するなど、高齢者・障がい者（チャレンジド）の社会参加の実現に貢献した。</p> <p>高齢者や障がい者等が増加し介助者が不足するという社会的課題に対し、この研究開発の成果は広く国民の利益になると考えられる。</p> <p>支出先の選定に当たっては、実施希望者の公募を広く行い、研究提案について外部専門家から構成される評価会において最も優れた提案を採択する方式により、競争性を担保した。</p> <p>また、研究成果について多数の発表があるほか、実環境実験設備での公開デモンストレーションを実施するなど技術の普及に貢献した。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があったと認められる。</p>
優先性	<p>高齢者や障がい者等が増加し介助者が不足するという喫緊の社会的課題に対し、本研究開発は介助者なしでの動作・コミュニケーションの実現に資するものであり、課題解決に向けて早期に実施すべきものである。</p> <p>本施策は、総合科学技術会議 科学・技術重要施策アクション・プランの登録施策として、重点的に国が実施すべき事業とされており、政策目的の達成手段として必要かつ適切な事業であり、政策体系の中で優先度の高い事業である。</p> <p>よって、本研究開発には優先性があったと認められる。</p>

※QOL (quality of life) : 物理的な豊かさやサービスの量だけでなく精神面を含めた生活全体の豊かさに関する概念。

4 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発において、高精度脳情報センシング技術、実時間脳情報抽出・解読技術、脳情報符号化・復号化技術抽出・解読技術、及び脳の動作原理の活用による省エネで外乱に強いネットワーク制御基盤技術を確立することにより、所期の目標を達成した。また、これらの技術の確立により、これまでは、BMIは医療用・実験用など特別な環境でのみ利用可能であったが、日常的に装着できる小型・軽量の観測装置を開発したことにより、要介護者等の意思や感情を周囲に伝えるといった日常的な動

作やコミュニケーションの支援を可能とする基盤技術が開発され、また、車椅子の自動衝突回避の技術を開発し介助者の負担をなくすための基本技術を確立するなど、高齢者・障がい者（チャレンジド）の社会参加の実現に貢献するなど、目標を達成できており、本研究開発の有効性、効率性等が認められる。

国以外が取り組みにくいテーマである高齢者・障害者自立社会の実現に向けて、研究開発の必要性は著しく高まっている。また、報道発表、学会報告等も多く、この分野の研究を広めたプロジェクトとして評価できる。

＜今後の課題及び取組の方向性＞

従来のブレインマシンインターフェース（BMI）の利用できる環境を自宅や診療所等、日常的な生活環境に拡張し、日常的に装着できる小型・軽量の計測装置により計測したデータを短時間にネットワークを通じて分析装置へ伝送してデータを解読することで、要介護者等の日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とする BMI（ネットワーク型 BMI）を実現した。

今後は、2025 年を目標に約 251 万人の高齢者・障がい者（チャレンジド）の自立支援、社会参加を目指して、意思の伝達やコミュニケーションを現状より容易に行えるようにしたり、意思により車椅子など移動支援機器を操作する際の手助けを行うため、脳情報取得のさらなる簡便化のための研究開発および解読情報の確実性の向上を目指した研究開発を行うことで、BMI 技術をさらに底上げし、加速化を図る。

5 学識経験を有する者の知見の活用

「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」（平成 27 年 6 月 25 日及び平成 25 年 7 月 3 日）において、目標の達成状況や得られた成果等について、研究開発の目的・政策的位置付け及び目標、研究開発マネジメント、研究開発成果の目標達成状況、研究開発成果の社会展開のための活動実績並びに研究開発成果の社会展開のための計画などの観点から、外部評価を実施し、以下の御意見等を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

- ・アイデアや個々の技術開発については期待以上の貢献があり、新しい可能性を示したことも高く評価できるが、新しいビジョンを説得力ある形で提示するまでは至っていない。
- ・国以外が取り組みにくいテーマである高齢者・障害者自立社会の実現に向けて、研究開発の必要性は著しく高まっている。また実社会に直接役立たせようと考えられている。
- ・運営委員会等による助言をうけ、適切なマネジメントが行われた。
- ・データベースを活用した新しい技術等、目標以上の成果があったが、実用化にはまだ努力が必要。脳情報抽出・解読の遅延時間についてはよりわかりやすく具体的な説明が必要。
- ・報道発表、学会報告等も多く、この分野の研究を広めたプロジェクトとして評価できる。また製品化が行われるなど活動実績があった。さらに一般向けのアウトリーチ活動などにも力を入れていただきたい。
- ・基礎技術開発の貢献はあるが明確なビジョンを示すまで達していない等、実際に使われるまでには課題が多いが、今後の発展に期待が持てる。

6 評価に使用した資料等

- 平成 25 年度科学技術重要施策アクションプラン（平成 24 年 7 月）
http://www8.cao.go.jp/cstp/budget/h25ap/h25ap_honbun.pdf
- 総務省 平成 23 年度開始の研究開発プロジェクト一覧
http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictR-D/itiran23.html