

脳の仕組みを活かしたイノベーション創成型研究開発

(高精度脳情報センシング技術・脳情報伝送技術、実時間脳情報抽出・解読技術及び

脳情報解読に基づく生活支援機器制御技術)

担当課室名: 国際戦略局 技術政策課 研究推進室

実施研究機関: (株)国際電気通信基礎技術研究所、日本電信電話(株)、(株)島津製作所、積水ハウス(株)、学校法人慶應義塾

研究開発期間: H23年度~H26年度 研究開発費: H23年6.5億円、H24年5.9億円、H25年5.9億円、H26年4.9億円、計23.2億円

1. 研究開発概要

- (1) 目的: 「念じるだけで動く」生活・介護支援ロボット(ライフサポート型ロボット)及びコミュニケーション支援機器への応用を念頭に、簡単な動作や方向、感情等を「強く念じる」ことで機器に伝えることを日常的に可能とする技術について基本技術の確立を目指す。
- (2) 政策的位置付け: 「新成長戦略」(平成22年6月 閣議決定)、「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 総合科学技術会議)において、高齢者・障がい者等に優しいハード・ソフトの検討・開発・普及の実現が示され、施策パッケージ「高齢者・障がい者の生活支援技術の開発」が提示。
- (3) 目標: 日常生活における行動・コミュニケーション支援において必要となる簡単な動作や方向、感情等を「強く念じる」ことで機器に伝えることを可能とする技術について基本技術の確立を目指す
研究開発目標: 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(Brain Machine Interface)の実現、様々な条件下での機器の操作や意思伝達を可能とする技術の開発、大規模脳活動データベースの整備等

2. 研究開発成果概要

- (1) 「高齢者等、軽度の運動機能障害を有する方が、自宅や診療所等において、数百ミリ秒以下(1秒未満)の時間遅れで、独力で移動支援機器や家電機器の操作を可能とする」との目標項目に関し、自宅を模した実環境において、車椅子生活を想定した実験参加者(2名)が、1秒未満の時間遅れで独力で移動支援機器や家電機器の操作を可能とする技術(平均正解率77.7%)を開発。また、「診療所等」の例であるデイケアセンターにおいて動作可能であることを確認。
- (2) 「軽度のコミュニケーション障害を有する方が、2~3 秒以下の遅れで、感情、情動等に関して介助者等との意思伝達を可能とする」との目標項目に関し、実環境実験設備において、実験参加者(3名)の情動情報を2.0~2.7秒の遅れで介助者等に伝えることを可能とする技術(平均正解率72.8%)を開発。
- (3) 「実生活環境における様々な利用者・状況に対するBMI 性能の向上のために、実環境計測による複数人・長時間の情報を含む大規模脳活動データベースを整備する」との目標項目に関し、実環境計測による、実験参加者5名延べ56時間にわたる大規模脳活動データ「タグ付きブレインログデータベース」、大型器計測及び実環境計測による実験参加者計103名の「リファレンス脳活動データベース」を整備し、公開。



リファレンス脳活動データベース

利用者の負荷を軽減し、感情・情動コミュニケーション支援BMIに役立つ複数計測モダリティからなるデータベース

タグ付きブレインログデータベース

複数人の日常生活時の脳活動・環境情報計測によりタグを付けたブレインログデータベース

- (4) 「脳情報通信が社会で実用化される際に生ずることが想定される問題点及びその解決法に関し、調査研究を行う」との目標項目に関し、関連法令等の動向を踏まえつつ、有識者からなる委員会での意見を集約することで「ネットワーク型BMIの基礎研究に関する倫理指針」をとりまとめ。

3. 成果から生み出された経済的・社会的な効果

<成果の社会展開に向けた取組状況>

終了評価にて示したベンチマークは次のとおりであり、いずれも当初目標を大きく上回り十分な取組を実施。

	目標年度	数値目標等	調査方法	終了条件
①	平成30年	特許取得4件	書面による回答	数値目標4件を達成した時点
②	平成30年	展示会等出展または製品化、計2件	書面による回答	数値目標2件を達成した時点
③	平成30年	外部DBからのミラーリングまたはDBに基づく論文、計5件	書面による回答	数値目標5件を達成した時点

- ① 13件の特許取得がなされており、そのうち4件は国際特許(中国特許、欧州特許、米国特許)であり、目標を大きく上回っている。
- ② 展示会出展は、平成27年度に1件、平成29年度に2件、平成30年度に3件(実機デモ1件を含む)、令和元年度に2件実施。慶應義塾が開発したBMI乾式電極をユニークメディカル社が製品化。また、島津製作所では、本課題での高精度脳情報センシングに関わる基盤技術を用いて、2014年11月に医療機器として卓上型のSPEEDNIRS、研究用機器として携帯型LIGHTNIRSを製品化し発売。目標を大きく上回っている。
- ③ DBは当初内部公開し、その後、平成29年に主に研究者向けに公開。これらに基づく論文を、平成27年度に2編、平成28年度に2編、平成30年度に1編、令和元年度に1編、合計6編出版し、目標を上回った。

<新たな市場の形成、売上げの発生、国民生活水準の向上>

本研究成果を活用した製品化については、セルフケア健康機器市場は拡大傾向にあるものの、センシングした生体情報に基づき機器を適切に操作するためには、更なる技術革新が必要な状況。このため、現在、積水ハウスによる製品化の目標は2025年度とされている。



一方で、本研究課題の実施に伴い、当初予定していなかった新規の成果として、近赤外分光計測により、日常生活環境での運動に伴う単一回の(多数回の平均によることのない)脳活動が解読可能であることを確認。これは、「タグ付きブレインログデータベース」の解析により発見されたものであり、大規模脳活動データベースに基づく解読技術の開発というアプローチの妥当性を示したもの。この高精度脳情報センシングに関わる基盤技術を用いて、島津製作所が開発を並行して進め、医療機器として卓上型のSPEEDNIRS、研究用機器として携帯型LIGHTNIRS(左図)を製品化、平成26年度に発売開始。累計で大きな売上げにつながっている。

慶應義塾が本研究開発で試作・活用したポータブル脳波計は、(株)ユニークメディカルにより研究機器として製品化。多チャンネル化、Micro SDカードへのロギング、無線伝送等のカスタマイズが可能な製品として個別受注提供が行われている。

日本電信電話では、本研究開発で得た脳活動計測データ、生体計測データ、環境情報データの取り扱いや分散処理に関する知見に基づき、生体計測データ及び環境情報データを活用したIoTサービスを支える基盤技術の研究開発を推進するとともに、国際標準oneM2Mにおける標準化活動に参画。現在は、生体センサや環境センサを含む多様なIoTデバイス及びIoTサービス提供基盤の実用化に向け、取組を推進中。

<知財や国際標準獲得等の推進>

終了評価時に示したベンチマークを上回る、13件(うち4件は国際特許)の特許取得。「キャリブレーション装置、キャリブレーション方法及びキャリブレーションプログラム」、「動作識別システム、情報処理装置、情報処理プログラム及び情報処理システム」、「アクチュエータ装置、パワーアシストロボット及びヒューマノイドロボット」等、実環境におけるBMI活用に関連する知財を取得し、技術の確保に貢献。

4. 成果から生み出された科学的・技術的な効果

本課題の成果の一部である携帯型脳計測装置による計測技術、感情・情動コミュニケーションの解読に基づく支援技術は、内閣府「革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)」中の「脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現」において継続的に取り扱われ(<http://www.jst.go.jp/impact/program11.html>)、ImPACTにおける目標達成に資する携帯型BMIの実装を目指した研究開発へと展開した。

このImPACTの成果の一部を活用した国際標準化もなされる等、脳情報に関する研究開発の更なる発展、関連する産業分野の活性化や市場創出等につながる波及効果が得られつつある。

また、本課題を実施する中で、近赤外分光計測により、日常生活環境での運動に伴う単一試行の(多数試行の平均によらない)脳活動が解読可能であることを新たに確認した。この成果は、2014年日本神経科学大会(口頭発表)、2014年北米神経科学学会(ポスター発表)、2015年日本神経科学大会(口頭発表予定)等で報告されるとともに、2014年12月の報道発表「日常生活の支援を可能とするネットワーク型ブレイン・マシン・インタフェース(BMI)の技術開発に成功」において、自然な(強く念じることのない)脳活動の解読技術として報告している。

更に、研究開発成果の1つであるネットワークロボット化した電動車いすの結果を踏まえ、総務省の電波資源拡大のための研究開発「膨大な数の自律型モビリティシステムを支える多様な状況に応じた周波数有効利用技術の研究開発」において、更なる安全・安心を目指し、接続が切れにくい無線ネットワークの研究へと展開した。その成果は、国際標準化団体であるObject Management Group (OMG) 及び ISO TC299 WG6 において国際標準化が進められ、今後の市場形成も期待される。

5. 副次的な波及効果

参加機関の一つある積水ハウスでは、脳情報を含む生体情報による住宅設備機器・家電の操作や情動の表示を可能とする装置を実験住宅施設等に設置し、高齢者・要介護者の自立支援ツールとして実用化を目指した検証を実施。

また、本課題の実施に関わった若手研究者等は、本プロジェクトを通じて得られた知見に基づき人工知能系ベンチャーの起業や関連する研究機関において脳情報通信関連の研究に従事し、本プロジェクトに係る基礎・応用研究を継続することで、脳情報通信分野の研究の拡大に効果があったと考えられる。

例えば、ATR主任研究員であったものは現在、某社CRO、ATR研究員であったものは現在、某社代表として活躍している他、国内大学の教授や助教、国立研究機関の研究員等として本プロジェクトでの知見を活かした研究に従事しており、人材育成を通じた波及効果も認められる。

6. その他研究開発終了後に実施した事項等

<周知広報活動の実績>

令和2年3月末までに、本研究開発に関連して発表した学術論文は46件(内、英文論文35件)、その他の学術発表193件(内、英文発表46件)と、その成果を広く研究者コミュニティに発信。また、公開実証実験2件、報道発表4件、報道掲載数44件等、広く一般に向けた積極的な成果発信も実施。

学術論文では、分野を代表する学術雑誌であるNeuroImage誌に3報(Morioka, et al., 2014; Morishige, et al., 2014; Morioka, et al., 2015)掲載。国際会議では、3rd International Winter Conference on Brain-Computer Interfaceでの招待講演等が行われた。なお、2012年11月の公開実証実験の成果は、同日夜及び翌朝のNHKニュース等の映像配信(合計5件)、2014年12月の公開実証実験の成果は、翌朝のNHKニュース等の映像配信(合計5件)及び多数のメディアを通じて広く報じられた。

「リファレンス脳活動データベース」は、我が国で初めて公開されたマルチモーダル脳活動データベースの一つであり、公開後には少なくとも5件(Fuchigami, et al., 2018; Nishimoto, et al., 2020; 等)の学術論文の掲載につながる等、基礎研究の発展に寄与するとともに、情報通信研究機構(NICT)の脳情報通信融合研究センター(CiNet)における基礎的・基盤的な研究に貢献。

<その他の特記事項に係る履行状況>(研究開発終了後も行うべきものについて)

基本計画書「6. その他」に記載された条件に基づき、本課題で開発を進めたネットワーク型BMIによるサービスが社会で実用化される際に生ずることが想定される問題点及びその解決法に関して調査研究を進め、特に、技術開発において順守すべき倫理指針について、関連法令等の動向を踏まえつつ、有識者からなる委員会での意見を集約し、「ネットワーク型BMIの基礎研究に関する倫理指針」として取りまとめられた。

7. 政策へのフィードバック

<国家プロジェクトとしての妥当性、プロジェクト設定の妥当性>

1. (2)の政策的位置付けに明記した各種政府戦略等の決定を踏まえ、総務省において「計測装置の小型化、計測データをネットワークを通じて解析装置に送信、適切な応答時間で利用者の意図を推定する手法の確立」を担うこととされたことも受けて本研究開発が実施されたところであるが、基礎的な要素が強く、終了後の様々な波及効果も認められることから、国家プロジェクトとして妥当であったと考えられる。

<プロジェクトの企画立案、実施支援、成果展開への取組み等に関する今後の政策へのフィードバック>

本研究開発の成果は、政府において脳情報通信分野を重要領域として設定する政策検討の過程にも大きく寄与したと考えられる。

NICTの第三期中長期目標(平成23～27年度)においては、脳情報通信に関する項目は重点研究の1つとして言及される程度の限定的な位置付けであった。その後、情報通信審議会「新たな情報通信技術戦略の在り方」第一次中間答申(平成27年7月)において「脳情報通信」が重要分野として示され、本中間答申を踏まえて策定されたNICTの第四期中長期目標(平成28～令和2年度)では「脳情報通信」が重点領域として重要な位置を占め、現在のCiNetでの活発な研究活動へとつながっているが、本中間答申の検討過程においては、本研究開発で得られた知見が多分に活用された。

本研究開発の開始当時には、脳情報通信は非常にチャレンジングな研究分野であったが、本研究開発等によってその可能性・重要性が示されたことが大きな要因の一つとなり、フロンティア領域の創成という政策的な貢献につながったものと考えられる。また、「リファレンス脳活動データベース」をはじめとする本研究開発で得られた知見は、2013年3月よりスタートしたCiNetの研究活動にも大きく寄与したものと考えられる。

なお、平成27年度情報通信白書には、本研究開発が先端的な取組の具体例として掲載された(下図)。

本研究開発の成果は、その後のNICTの脳情報通信研究や内閣府のImPACTプロジェクト等へとつながり、携帯型BMIの実装を目指した研究開発等に展開した点も評価できるが、脳情報通信は重要なテーマであることから、今後も視野の広い政策的視点に立ち、引き続き基礎的な研究をサポートしていくことが必要。

図7

ブレイン・マシン・インターフェースによる生活機器操作の実験



(出典) 株式会社国際電気通信基礎技術研究所提供資料