

採択番号 : 20901
研究開発課題名 : BMI オープンイノベーションのための脳活動マルチモーダル計測データの解析とその応用技術の研究開発
副題 : Ready-to-Use 非侵襲高パフォーマンス BMI のためのキャップ型脳波-脳磁図同時計測法と脳モデルと人工知能を用いたデータ生成技術の開発

(1) 研究開発の目的

本研究開発では、NICT 自ら研究が進めている低侵襲・非侵襲 BMI を促進するために、新しい非侵襲脳計測技術の確立、皮質脳波と頭皮脳波を繋ぐ脳信号解析アルゴリズムの開発、そして脳情報解読アルゴリズムの高度化を行うことにより、皮質脳波 BMI の臨床応用の基礎技術となり得る Ready-to-Use の非侵襲高パフォーマンス BMI の実現を目指す。具体的には、以下の4つの研究開発項目を実施することにより、目標を達成する。

【研究開発項目 1-1】キャップ型脳波-脳磁図同時計測法の研究開発

【研究開発項目 1-2】皮質脳活動推定法の研究開発

【研究開発項目 2-1】脳モデルと人工知能を用いたデータ生成技術

【研究開発項目 3-1】BMI オープンイノベーションのためのデータとプログラム公開

同時計測・脳活動推定法により、計測・解析の両段階において利用可能な脳情報量を増やす。脳モデルと人工知能技術を融合したデータ生成技術により脳情報解読アルゴリズムを高度化する。これらの要素技術を組み合わせることにより、Ready-to-use 非侵襲高パフォーマンス BMI の実現を目指す。さらに、アルゴリズムを実装したソースコード・データを一般公開することにより、BMI オープンイノベーションの先駆けとなる。

(2) 研究開発期間

平成 30 年度から令和 4 年度 (5 年間)

(3) 実施機関

株式会社国際電気通信基礎技術研究所 <代表研究者>

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 250 百万円 (令和 2 年度 50 百万円)

※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 : 皮質脳波推定技術の研究開発

1-1. キャップ型脳波-脳磁図同時計測法の研究開発

1-2. 皮質脳活動推定法の研究開発

研究開発項目 2 : 神経活動データ生成技術に基づく革新的デコーディング技術の研究開発

2-1. 脳モデルと人工知能を用いたデータ生成技術の研究開発

研究開発項目 3 : オープンイノベーション推進のためのオープンデータ化・オープンソース化

3-1. BMI オープンイノベーションのためのデータとプログラム公開

株式会社国際電気通信基礎技術研究所が単独で担当している。

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	9	3
	その他研究発表	15	2
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	1	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1：皮質脳波推定技術の研究開発

1-1. キャップ型脳波-脳磁図同時計測法の研究開発

光ポンピングマグネトメータ (Optically-pumped magnetometer : OPM) を利用したキャップ型脳波-脳磁図同時計測を実現するために、以下のように装置開発および実験環境整備をおこなった。また、開始当初は全くの想定外だった新型コロナ感染症の流行への対策を実験環境に組み入れ感染症対策をルーティン化した。

- 独自に開発した残留磁場キャンセリングコイルを利用して OPM の起動実験を繰り返した。キャンセリングコイルの制御には正確な磁場モニター (fluxgate 磁力計) によるモニタリング制御で安定した起動に成功させファントムの磁場波形測定でセンサ特性を検証した。
- ヒトを対象とした測定システムを想定してセンサ位置測定法・実験セッティング・収録システムの開発を行った。
- OPM センサは起動条件なども含め SQUID 型 MEG システムの延長線上での開発には想定しえない困難や違いあることが判明してきた。弊社の MEG システムの稼働停止にともない OPM に特化した実験室と磁場シールドルームへの改良を行った。
- ヒトを対象とした測定実験を開始して残留磁場キャンセリングコイル内でキャップ型 OPM によるヒト脳磁場測定の検証を行った。

1-2. 皮質脳活動推定法の研究開発

光ポンピング磁力計 (OPM) で計測された MEG データから皮質脳活動が推定できるように VBMEG を拡張した。拡張 VBMEG とシミュレーションデータを用いて、OPM の脳活動推定精度を、従来型 SQUID と比較した。結果、OPM は SQUID よりもセンサ数が少なかったにも関わらず、位置誤差 5 mm 以内で推定可能領域が SQUID よりも広いことを確認した。

研究開発項目 2：神経活動データ生成技術に基づく革新的デコーディング技術の研究開発

2-1. 脳モデルと人工知能を用いたデータ生成技術の研究開発

脳波-脳磁図同時計測法、皮質脳活動推定法およびデータ生成技術、3つの要素技術の有効性を検証するために、Ready-to-Use な BMI 実験を想定したオフライン評価系を構築し、精度評価を行った。評価系として、脳情報解読のデイ間汎化性能を評価する解析デザインを構築した。精度評価には、ベースライン手法として脳波計測・線形サポートベクターマシン、提案手法として計測手法を脳波・脳磁図同時計測データに解析手法を先進的な手法である階層ベイズ電流源推定アルゴリズム、さらに脳ダイナミクスモデルを用いたデータ生成技術を採用した。結果従来法に比べて提案手法の脳情報解読成績が 12.3%改善することを確認した。また、詳細な要因分析を行った結果、以下のことが分かった。

- 計測・電流源推定法・データ生成技術、3つの要素をすべて合わせて 12.3%のゲイン
- 脳波を脳磁図に変えることにより + 4.5%

- 電流源推定を用いて視覚野の電流を使うことにより + 4.3%
- データ生成技術と3層ニューラルネットワークを使うことにより +3.5%
- テストデータを試行平均(9 試行) とることにより SN 比が改善した場合、+28.5%
- 一方、脳波+脳磁図は脳磁図に比べて、ほんの少しだけ(1%未満)成績が高かったが大きな差はなく、期待した脳波と脳磁図のシナジー効果は観測されなかった。

研究開発項目3：オープンイノベーション推進のためのオープンデータ化・オープンソース化

3-1. BMI オープンイノベーションのためのデータとプログラム公開

光ポンピング磁力計・SQUID型脳磁計・脳波計のデータ公開用ウェブサイトを構築し、被験者5名分の運動・聴覚・体性感覚・安静時の4種類のSQUID型脳磁計-脳波計データを公開した (<https://vbmegatr.jp/nictitaku209/>)。

(8) 今後の研究開発計画

今年度までに開発してきた要素技術の有効性を BMI 実験系で検証する。キャップ型脳波-脳磁図同時計測および皮質脳活動推定法をリアルタイム化し、データ生成による脳情報解読アルゴリズムを組みこんだBMI 実験系を構築することを最終目標とする。

2021年度は、リアルタイム計測・解析のためのシステム構築を行う。また、OPMのヒト実験を繰り返しながら、経験やノウハウを蓄積しつつ、BMI 実験に起こり得る問題点の洗い出しを行う。