

平成 27 年度 委託研究開発成果報告書【公開版】

1. 研究開発課題名と研究開発代表者名

事業名	脳科学研究戦略推進プログラム	
研究開発課題名	BMI を用いた運動・コミュニケーション機能の代替	
機関名	国立大学法人大阪大学	
研究開発 担当者	所属 役職	大学院医学系研究科 教授
	氏名	吉峰 俊樹

2. 研究開発成果の内容

① 脳信号からの効率的脳情報抽出方法の開発

平成 26 年度に引き続き非拘束下・長時間・高サンプリング周波数での皮質脳波計測・解析を行い、脳信号からの脳情報抽出法の開発を行った。臨床研究では治療目的で硬膜下電極や深部電極等の頭蓋内電極を留置した脳神経外科患者を対象として頭蓋内脳波を計測・解析し、脳律動や位相情報の抽出を行った。てんかん発作時に β 帯域の位相と high γ 帯域の振幅が増強することを明らかにした。NINS と連携して 1 名のてんかん患者で、皮質脳活動と体性感覚野 (S1) への電気刺激を行い、電気刺激により人工的な知覚を指と舌に誘発できることを証明した。動物実験では国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT)、大学共同利用機関法人自然科学研究機構 (NINS) と連携してサル等の実験動物にて頭蓋内脳波計測を行った。サルの感覚運動野に高密度脳表電極を留置し、臨床研究用に開発中の体内埋込装置のモジュールを用いて、体性感覚誘発皮質電位を正確に計測できることを示した。

平成 27 年度は脳信号からの情報抽出の高速化・効率化にも取り組み、2 週間にわたる長時間脳波計測データを 468 次元から 2 次元まで次元圧縮した状態でも、 γ 帯域が複数のクラスタに分離できることを示した。

② リアルタイムデコーディングの精緻化とインテリジェントロボット制御とのハイブリッド化

手、肘、肩まで含んだ上肢全体のデコーディングと制御を達成するため、手の運動を識別的デコーディングで推定し、手関節位置の 3 次元位置を定量的デコーディングで推定する、ハイブリッドデコーディング法のシステム設計を行った。手の運動の識別的デコーディングにはサポートベクターマシン (SVM) とガウス過程回帰 (GPR) を組みあわせたデコーディングを用い、手関節位置の 3 次元位置の推定に東京工業大学 小池グループとの連携で開発した **sparse linear regression** 法を用いたデコーディングを用いる。さらにこのハイブリッドデコーディングシステムと、電気通信大学が開発を進めている義手ロボットのインテリジェント制御とのハイブリッド化のシステム設計を行った (ダブルハイブリッド BMI システム)。

国立大学法人電気通信大学神作グループと連携して、神作らが開発してきた照明点灯消灯等の環境制御装置を低侵襲 BMI 用に改良し、皮質脳波で制御するシステムを構築した。

③ 脳磁図を用いた非侵襲脳機能評価

術前にあらかじめ皮質脳波 BMI に望ましい脳機能を誘導する方法の確立にむけて、健常者や麻痺患者を対象として、臨床用リアルタイム脳磁計を用いて運動の企図を検知し、視覚フィードバックによるインタラクティブな制御により、複数の運動パターンを実現できる BMI 義手を開発した。麻痺患者 10 名に対して同システムを適用して術前トレーニング法としての有用性を評価し、皮質活動を修飾できることを明らかにした。

皮質脳波 BMI の術前脳機能評価法の確立にむけて、筋萎縮性側索硬化症の患者の MEG データを用いて、脳律動や位相情報の変調を調べるとともに、デコーディング性能と神経生理学的指標を比較して評価指標を探索した。完全四肢麻痺の ALS 患者を対象として脳磁図で計測した運動企図時の脳律動を beamformer 法で解析し、低周波帯域の脳律動が評価指標として有望と考えられた。デコーディング性能は磁界強度が評価指標としてよいという結果が得られた。

④ 128ch ワイヤレス体内埋込装置臨床モデルの開発

平成 29 年度までに 128ch ワイヤレス体内埋込装置臨床モデルの性能を臨床研究で利用できるレベルにするため、平成 27 年度は NICT と連携して、詳細仕様を決定した。ケーシングはサファイヤ窓を用いた湾曲形状とした。

平成 26 年度に引き続き、装置改良に継続的に取り組み、臨床モデルを一次試作し、試作した埋込装置の基本的な計測性能の評価を行った。集積化アンプチップは 32ch として大面積化することにより高周波帯域のノイズを改善すると同時に、3 次元実装等により実装基板をさらに小型化した。

また NICT と連携してサルへの長期埋込を開始するとともに、BMI の性能評価をおこない、手指の SEP が高精度でデコーディングできることを明らかにした。

⑤ 患者支援と適応に関わる研究

大阪難病医療情報センターと協力し、ALS 患者 18 名を対象に、患者の意思伝達の状況と患者側が用いる BMI 装置に必要な機能を詳細に調査し、この結果にもとづいて BMI を患者に適用するにあたっての適応基準を検討した。その結果、患者のコミュニケーションへの満足度は介護者よりもやや高いが、ネットなどの利用頻度はまだ低く社会的交流は不十分であることが明らかとなった。また身体機能を利用した意思表示方法が困難になると、意思伝達効率が低下しやすく、BMI 臨床研究の対象としてはこのレベルの患者がもっともよい適応となると考えられた。さらに、FAB の一部を用いた認知機能検査は客観的な評価スクリーニングとして人工呼吸器装着患者にも簡便に施行できることが示された。

⑥ プロジェクトの総合的推進

プロジェクト全体の連携を密としつつ円滑に運営していくため、運営委員会を計 2 回(4/23、12/24)を開催するとともに、技術検討会を計 31 回(埋込装置 23 回、解読制御 5 回、患者調査 3 回)開催し、参画各機関との連携・調整にあたった。

分科会、成果報告会での P S、P O の助言を反映してプロジェクトを進捗させた。また、知財戦略の一環として BMI 関連の知財調査としてパテントマッピングを行った。またハーバード大学、ブラウン大学を訪問・見学して Hochberg、Borton らと面談し、患者適応について意見を聞く等の国際交流を行った。

さらにプロジェクトで得られた成果を、脳プロ公開シンポジウム、NHK BS プレミアム「やわらか

脳！脳の秘密」、文部科学省検定中学校理科教科書、千葉県立現代産業科学館での展示等で国民に広く公表して啓蒙するとともに、米国神経科学会、脳神経外科学会総会、神経治療学会等の数多くの学会にて発表し、今後の展開に資した。