

平成 26 年度研究開発成果概要書

課題名 : 脳活動推定技術高度化のための測定結果推定システムに向けたモデリング手法の研究開発
採択番号 : 173
個別課題名 :
副題 : 脳機能ネットワークダイナミクスプラットフォームの構築

(1) 研究開発の目的

脳研究への高まる社会的ニーズに応えるためにも、頑強で汎用性の高いブレイン・マシン・インタフェース技術の開発が望まれる。現在抱えるブレイン・マシン・インタフェースの脳情報抽出器（デコーダ）の脆弱性の問題の根本原因は、利用者やタスクに完全にカスタマイズするために一つの実験の限られた少量データ（情報）からデコーダを作成している点にあると考えられる。異なるタスクや異なる被験者、異なる脳計測のデータを有効に利用することができれば、この問題は解決される。そのためには、メタな視点からタスク間の構造や被験者間の構造を抽出し、その構造を各タスク・各被験者に適応する方法が必要となる。

本研究では、一つの実験を超えた複数タスクや複数被験者からなる大規模データから“構造（規則性）”を抽出する研究、“構造”を場面場面に適応させる方法の研究、複数計測データを統合する研究を行うことによって、頑強で汎用性の高いブレイン・マシン・インタフェース技術の開発に貢献することを目指す。特に、脳機能ネットワークダイナミクスモデルという生理学的知見に基づいた“構造”の上に、“ヒト脳機能データ推定システム”を構築することを目指す。ネットワークダイナミクスモデルに脳機能データ（EEG/MEG/fMRI/NIRS）、脳解剖データ（MRI や拡散 MRI）、環境情報（刺激や課題）など複数の情報を集約する方法、各タスク・各被験者に適応させる方法の研究を行うことによって、タスク汎化性や被験者汎化性を持ったヒト脳機能データ推定システムを構築することを目的とする。個々のデータを集約するプラットフォームを構築することによって、基礎神経科学の知見統合に寄与する。

(2) 研究開発期間

平成 25 年度から平成 29 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

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 799 百万円（平成 26 年度 174 百万円）

※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

課題 1：入力パラメータの圧縮と脳モデルの高度化

1-1：入力パラメータの圧縮

1-2：脳モデルの高度化.

課題 2：環境・ユーザの影響を評価できるヒト脳機能データ推定システムの開発

2-1：様々な刺激環境に対する脳活動モデルの構築とこれに基づく

ヒト脳機能データ推定システムの開発.

2-2：ユーザ(個人)の相違を考慮した脳モデルの構築とこれに基づく

ヒト脳機能データ推定システムの開発

課題 3：推定システムが出力する脳活動テストデータの妥当性の検証.

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) これまで得られた成果（特許出願や論文発表等）

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	1	1
	外国出願		
外部発表	研究論文	6	4
	その他研究発表	40	25
	プレスリリース・報道		
	展示会		
	標準化提案		

(7) 具体的な実施内容と成果

以下、研究開発全体の目標と実施内容を要約した後に、各課題について実施内容・成果を記述する。

- 研究開発全体

目標：脳内活動をシミュレートするための脳ダイナミクスプラットフォームおよび EEG/MEG/fMRI/NIRS の代表的な4つの脳機能計測データを生成するヒト脳機能データ推定システムとともに要素技術の開発を行う。前年度開発した要素技術については、実験データによる検証を完了する。

実施内容：課題 1 ではモデル化のための情報抽出アルゴリズムの開発とダイナミクス推定法の実験データによる検証、課題 2 ではデータ推定システム開発・検証のための

実験データの追加収集・予備データ解析、課題3では推定システムのfMRI/NIRSデータ生成モジュールを作成した。

- **課題 1-1 入力パラメータの圧縮**

- 1-1(1) **画像からの3次元形状推定**

- 実施内容:** ヒトの視覚処理と似た処理を行うことで、様々な種類の物体の画像から、その3次元形状を抽出するためのアルゴリズムを導出した。

- 成果:** フィルタ処理により画像から方位情報を抽出し、その情報をアルゴリズムにより加工することで、鏡面反射のある物体の画像からその3次元形状情報を取り出すことができることを示した。

- 1-1(2) **様々な視覚刺激を表現する脳内圧縮表現の推定**

- 実施内容:** 正準相関分析またはそれに準ずる統計モデルをもとに、様々な視覚刺激から脳活動を予測できるモデルを考案、脳活動データに適用し、モデルの妥当性を検証した。

- 成果:** ベイズ正準相関分析モデルを拡張した統計モデルを考案し、様々な空間周波数からなる圧縮表現と空間的に局在した圧縮表現を推定した。

- **課題 1-2 脳モデルの高度化**

- 1-2(1) **自発脳活動から時空間パターンを抽出する手法の実データへの適用**

- 実施内容:** 自発脳活動データから時空間パターンを抽出する手法を実データへ適用し、提案手法が実データから意味のある特徴を抽出することが可能かを検証した。

- 成果:** レスト中のfMRIデータから、デフォルトモードネットワークに対応する時空間パターンが推定された。

- 1-2(2) **ネットワークパラメータ推定アルゴリズムの実験データによる検証**

- 実施内容:** 前年度までに導出・実装したネットワークパラメータ推定アルゴリズムを実験データに対して適用し、生理学的知見と合致する推定結果が得られるかどうかを検証した。

- 成果:** ネットワークパラメータ推定アルゴリズムを顔視覚刺激実験データに適用し、生理学的知見と合致する結果が推定されることを確認した。

- **課題 2-1 様々な刺激環境に対する脳活動モデルの構築とこれに基づくヒト脳機能データ推定システムの開発**

- 2-1(1) **脳刺激を用いたネットワークダイナミクスの調節**

実施内容：脳刺激（経頭蓋電気・磁気刺激）により安静時の皮質内ネットワークダイナミクスを調節できるかどうかを脳波・脳磁図計測により検証する目的の準備段階として、TMS-EEG 実験を行った。

成果：TMS-EEG 実験により、安静時の皮質内ネットワークに固有の周波数が存在することを示唆するデータが得られた。

2-1 (2) 単純刺激に対するネットワークダイナミクスモデル構築のためのデータ解析

実施内容：視覚刺激を与えた時の MEG/fMRI データ収集を行い、MEG/fMRI/dMRI データからネットワークダイナミクスモデルを構築するための予備データ解析を行った。

成果：視覚刺激による fMRI 実験 4 人及び MEG-EEG 実験 16 人を行い総数 21 人のデータベースを作成した。また解析のベースとなる T1 画像と dMRI 画像データを 10 人追加し 40 人の基礎データを蓄積した。同時計測をした MEG データと EEG データの前処理法を確立し、計測データと電流源推定の再現性を確認した。

- **課題 2-2 ユーザ(個人)の相違を考慮した脳モデルの構築とこれに基づくヒト脳機能データ推定システムの開発**

2-2(1) 平均被験者のネットワークダイナミクスモデルを構築するためのアルゴリズムの提案

実施内容：平均被験者のネットワークダイナミクスモデルを構築するために、平均被験者の解剖構造モデルの構築法やネットワークパラメータの設定法について検討した。

成果：高解像の個人脳ネットワークダイナミクスモデルを、解剖学的分割情報が得られている低解像度の標準脳ネットワークダイナミクスモデルに縮約する方法を提案し、シミュレーションデータによる検証を行ったところ、射影法によって高解像度の情報を保持したネットワークモデルを構築できることを確認した。

- **課題 3 推定システムが出力する脳活動テストデータの妥当性の検証**

3 (1) ヒト脳機能データ生成システム：fMRI・NIRS データ生成モジュールの実装

実施内容：前年度に作成した脳機能データ生成システムをもとに、fMRI および NIRS データを生成するモジュールを追加・実装した。

成果：被験者の脳皮質の電流変化から、血液量・脱酸素化ヘモグロビン量の変化を求めるバルーンモデルを実装し、fMRI および NIRS データをシミュレータ上で生成できることを確認した。

3 (2) 神経血流応答モデルのための血流動態パラメータ推定法の実験データによる検証

実施内容: NIRS 計測から脳皮質上の血流動態を表す酸素化ヘモグロビン濃度や脱酸素化ヘモグロビン濃度を推定する方法の実験データによる検証を行った。

成果: fMRI 計測結果と比較したところ、手運動・指運動に関しては、10 ミリ以内の位置誤差、0.4~0.6 の空間パターンの相関値で推定可能であり、運動無条件でも活動変化がないことが正しく推定された。