

平成26年度「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」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

株式会社国際電気通信基礎技術研究所、平成25年度から平成29年度(5年間)、総額799百万円(平成25年度176百万円)

2. 研究開発の目標

現在利用されている4種類の代表的な非侵襲脳活動計測法EEG・MEG・fMRI・NIRSの様々な実験条件における測定データを予測するための“ヒト脳機能データ推定システム”を開発する。実験結果予測や実験結果統合を行うためのプラットフォームとして活用することにより、ブレイン・マシン・インタフェース研究の飛躍的な進展に寄与することを目指す。

3. 研究開発の成果概要

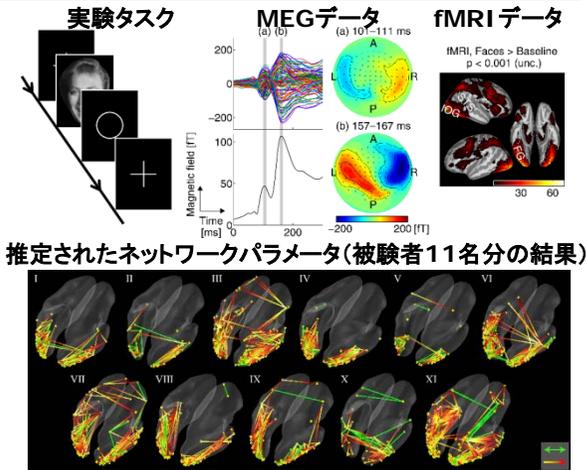
研究開発目標

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。

研究開発成果

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。

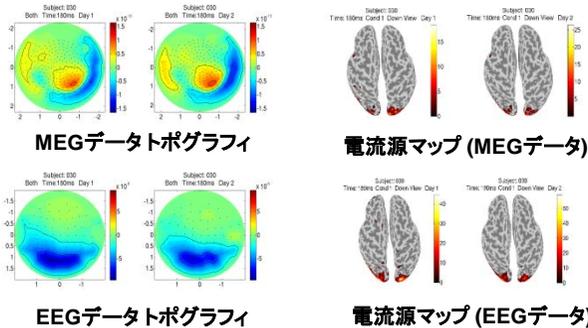
課題1 入力モデルと脳モデルの高度化



- 画像からの3次元形状推定
- 様々な視覚刺激を表現する脳内圧縮表現の推定
- 自発脳活動データから時空間パターンを推定するアルゴリズムの有効性検証
- 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

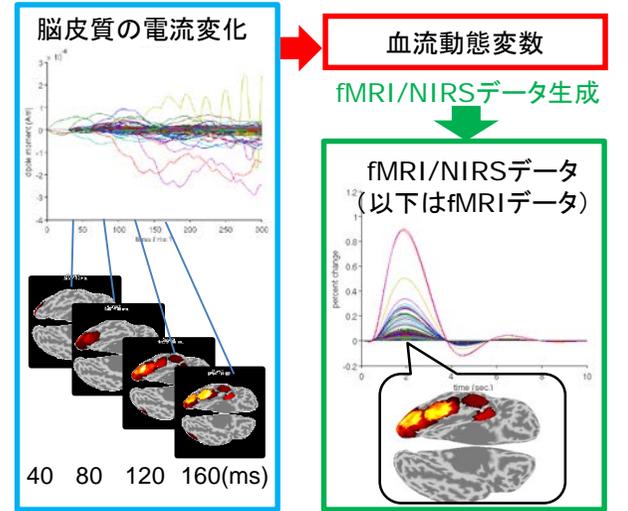
課題2 環境・ユーザの影響を評価できるヒト脳機能データ推定システム

異なる日に行った同一実験(MEG+EEG)の計測結果と電流源推定結果(運動視覚課題)



- 脳刺激を用いたネットワークダイナミクスの調節
- 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収集とデータ解析
- 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提案

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

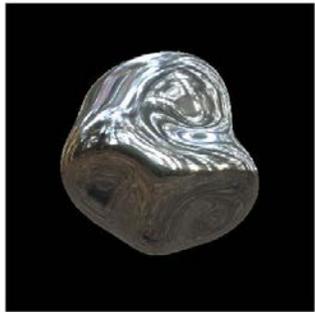


- 神経血流応答モデルのための血流動態パラメータ推定法の実験データによる検証
- ヒト脳機能データ推定システム:fMRI・NIRSデータ生成モジュールの実装

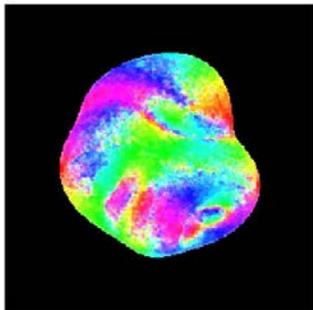
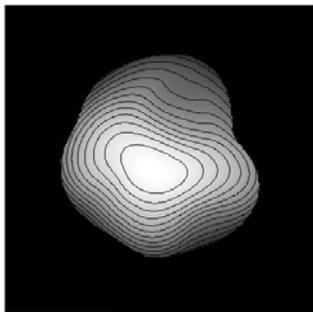
課題1-1 画像からの3次元形状推定

- 画像を刺激とした入力刺激の次元圧縮を行うため、ヒトの視覚処理と似た画像処理を行うことで、どのような情報が抽出可能であるかを調査した。
- ヒトの一次視覚野で行われているような方位情報抽出をフィルタ処理により行った。
- その方位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。

鏡面反射のある
物体の画像



抽出された方位情報を用いて
推定された3次元形状

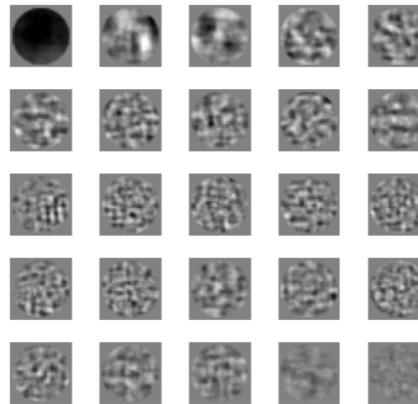


フィルタ処理により
抽出した方位情報
(方位を色で表示)

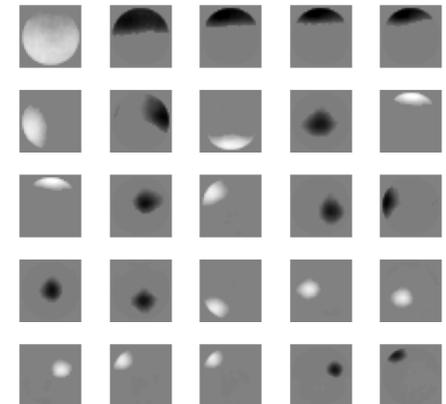
課題1-2 様々な視覚刺激を表現する脳内 圧縮表現の推定

- 視覚刺激の脳内圧縮表現を調べるため、自然画像とそれを見ているときの視覚野の脳活動から画像の基底を推定するアルゴリズムを開発した。
- ベイズ正準相関分析モデルを拡張し、視覚刺激と一次視覚野の脳活動の間の共通変数が高次統計量を持つことができるモデルを作成した。それにより様々な空間周波数からなる画像基底を推定することができた。
- 一次視覚野だけでなく高次視覚野からの情報伝達を考慮したモデルを考案した。それにより空間的に局在して画像基底を推定することができた。

様々な空間周波数からなる基底



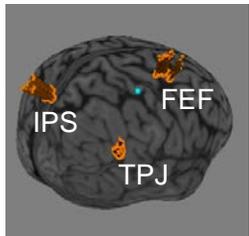
空間的に局在した基底



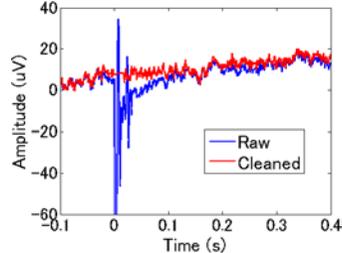
課題2-1 脳刺激を用いた ネットワークダイナミクスの調節

- 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かどうかを調べるために、TMS-EEG実験を開始した。
- 代表的な二つの安静状態ネットワーク(デフォルトモード、背側注意)の各ノード(TPJ、FEF、IPS)にTMS刺激を与え、EEGを計測した。
- 得られたEEGデータにはTMSに由来するアーチファクトが混入していたため、アーチファクトを除去する方法を検討した。
- EEGデータの時間周波数解析から、各ネットワーク固有の周波数が存在することが示唆された。

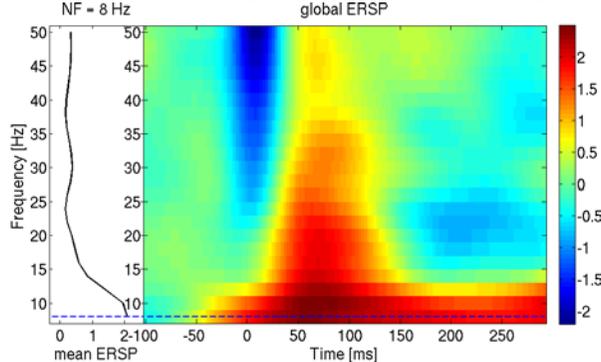
TMS 刺激部位



TMS アーチファクトの除去



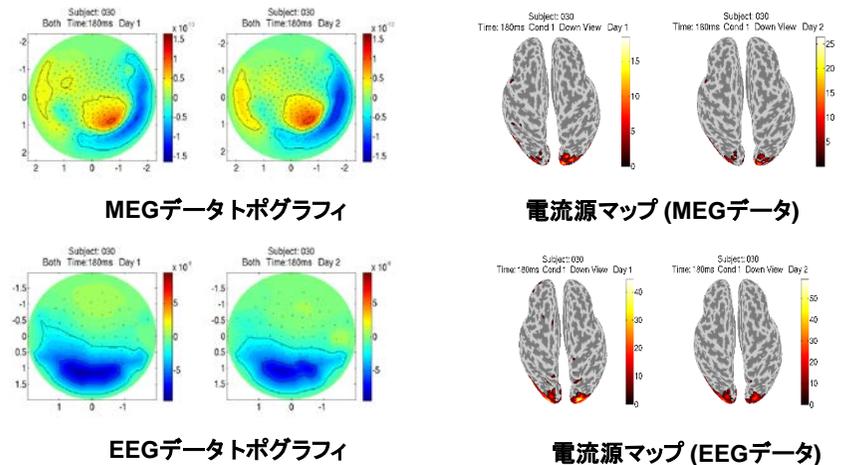
EEGの時間周波数解析 (IPS刺激時)



課題2-1 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収集とデータ解析

- 脳ダイナミクスプラットフォームの作成と検証のための脳構造情報として10人分のT1-MRI・d-MRIを測定し総計40人のデータベースを作成した。
- 検証用の単純刺激課題としてコントラストの高いリング状の模様で放射方向に拡大縮小する動画刺激でfMRI実験とEEG+MEG実験を行い21人のデータセットを作成した。
- ダイナミクスモデルの構築のためのMEGとEEGデータの前処理を確立した。
- 同じ脳計測実験を異なる日に行い、MEGおよびEEGデータの再現性と電流源推定結果の再現性を確認したところ、高い再現性を持つことを確認した。

異なる日に行った同一実験(MEG+EEG)の計測結果と電流源推定結果 (運動視知覚課題)

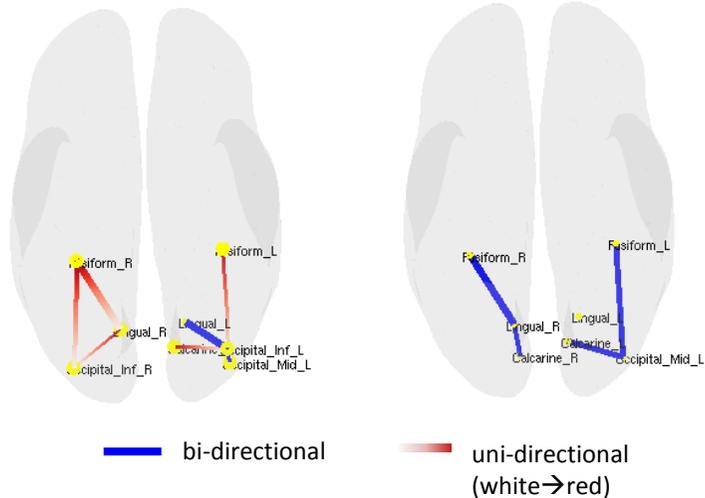


課題2-2 平均被験者のネットワークダイナミクスモデルを構築するためのアルゴリズム提案

- 複数の被験者間で共通したネットワークダイナミクスモデルに関する知見を得るため、ネットワークダイナミクスモデルのグループ解析のための情報圧縮アルゴリズムを提案した。
- 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考案し、シミュレーションデータによる検証を行った。
- 情報伝達パラメータの平均値を求める平均化法では、設定した真の情報伝達パラメータが同定できなかったのに対して、高解像度の情報伝達パラメータの情報を保持する射影方向を求める射影法では、設定したものと一致する結果になることを確認した。

平均化法

射影法



縮約したネットワークダイナミクスモデル (シミュレーションデータ)

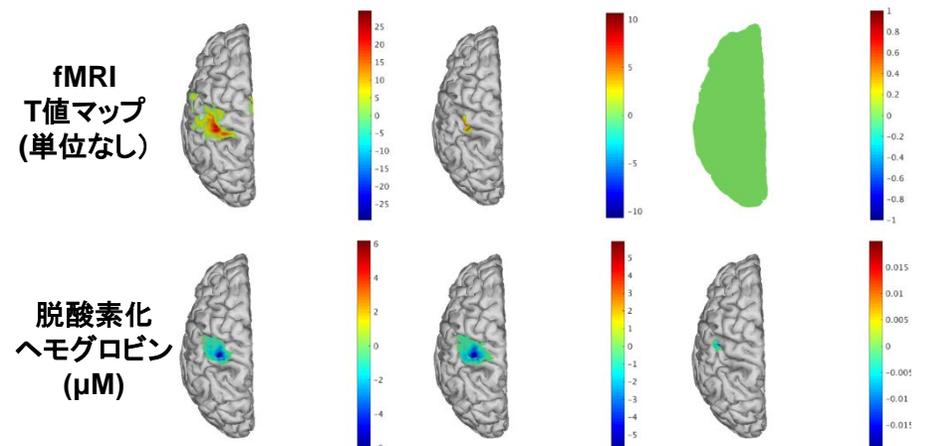
課題3 神経血流応答モデルのための血流動態パラメータ推定法の実験データによる検証

- ヒト脳機能データ推定システムにおいて近赤外分光計測の結果をシミュレートするために、脳皮質におけるヘモグロビン変化の時空間パターンや絶対値を見積もることが必要となる。
- そのための方法として階層ベイズ光拡散トモグラフィ法を提案し、シミュレーションデータによる検証を行った昨年度に引き続き、本年度は、実験データを用いた提案手法の精度検証を行った。
- 手運動・指運動・運動無の3つの課題条件時の脳活動を近赤外分光装置とfMRI装置で異なる日に計測し、fMRIで計測したヘモグロビン変化パターンを真値とみなして、近赤外計測データから推定した脳内ヘモグロビン変化量の精度評価を行った。
- 結果、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ほとんどないことが正しく推定された。

手運動

指運動

運動無



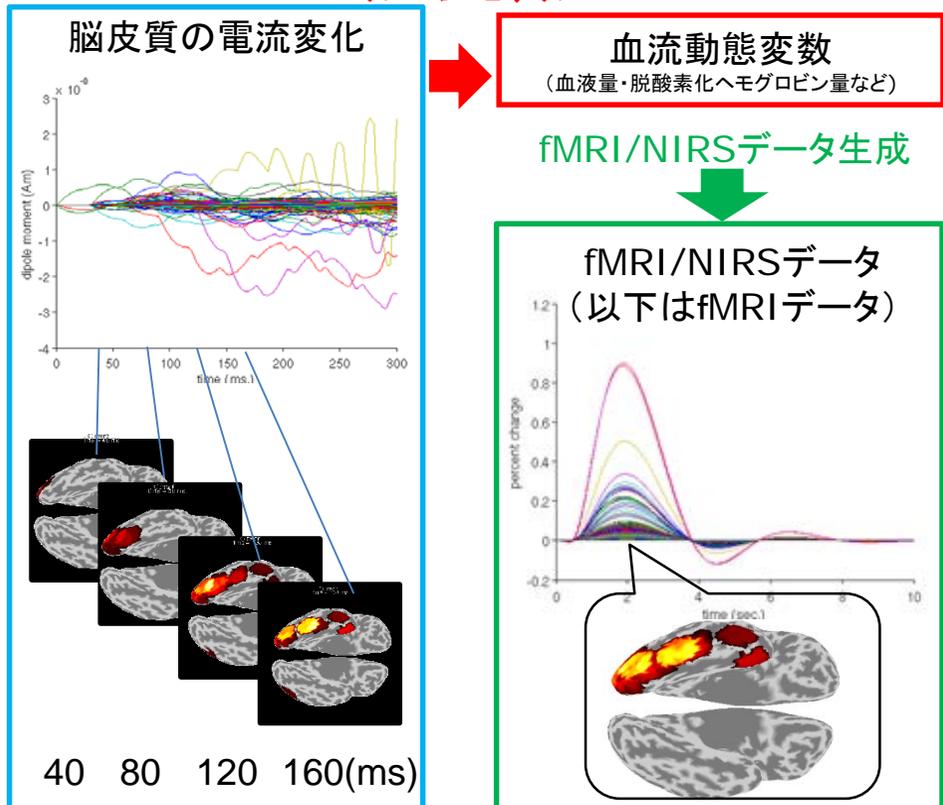
脳内脱酸素化ヘモグロビン変化量とfMRI計測結果

平成26年度「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」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

課題3 ヒト脳機能データ推定システム： fMRI・NIRSデータ生成モジュールの実装

- 被験者の脳皮質の電流変化から、血流動態変数(脳血液量・脱酸素化ヘモグロビン量)を求めるバルーンモデルを実装した。
- 血流動態変数から、fMRIデータ(BOLD信号)およびNIRSデータ(酸化ヘモグロビン・脱酸素化ヘモグロビン)をシミュレータ上で生成できることを確認した。

バルーンモデル



4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と()内の当該年度件数です。

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	標準化提案
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	1 (1)	0 (0)	6 (4)	40 (25)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

5. 研究成果発表等について

(1) 自然科学研究機構新分野創成センターシンポジウム「大規模脳神経回路機能マップのその先」にて講演

自然科学研究機構新分野創成センターが主催したシンポジウム「大規模脳神経回路機能マップのその先」において、神経科学の専門家や一般の人や向けて当委託研究の紹介を行い、研究内容を広く周知した。

(2) 第37回日本神経科学大会 シンポジウム「Achievements and Agendas of Connectmics Analysis」にて講演

第37回日本神経科学大会シンポジウム「Achievements and Agendas of Connectmics Analysis」にて、神経科学の専門家に向けて当委託研究の紹介を行い、研究内容を広く周知した。

(3) 第11回都医学研国際シンポジウム「Advances in Biomedical Optical Imaging」にて講演

東京都医学総合研究所が主催した第11回都医学研国際シンポジウム「Advances in Biomedical Optical Imaging」において、日本および欧米の生体光計測の研究者に向けて当委託研究の紹介を行い、研究内容を広く周知した。

(4) 2015年度計量生物学会年会特別セッション「脳画像の統計解析と臨床応用」にて講演

2015年度計量生物学会年会特別セッション「脳画像の統計解析と臨床応用」において、応用統計の専門家に向けて当委託研究の紹介を行い、研究内容を広く周知した。