

令和 4 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 22301
 研究開発課題名 国際共同研究プログラムに基づく日米連携による脳情報通信研究（第 5 回）
 副 題 霊長類視覚システムにおける動的なトポロジー表現のモデル化

(1) 研究開発の目的

近年、脳情報を利用してコンピュータや各種デバイス进行操作する brain-machine interfaces (BMI) の開発が進んでいる。視覚情報を脳情報から精度高く解読できれば、コミュニケーションを含めた多様な社会参加を促進する技術として BMI が利用可能になる。本研究では、より脳の視覚情報処理に近いニューラルネットワーク＝脳型ニューラルネットワークの開発を通して、基礎的神経科学を推進することにより、生体の脳と親和性が高いモデルとしてシームレスで精度の高い BMI 技術の実現に貢献する。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 7 年度（36 か月間）

(3) 受託者

- 国立研究開発法人産業技術総合研究所 <代表研究者>
- 国立大学法人九州大学
- 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

(4) 研究開発予算（契約額）

令和 4 年度から令和 7 年度までの総額 69 百万円（令和 4 年度 15 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 脳機能計測に基づく脳型ニューラルネットワークの開発
 1-1. fNIRS/fMRI による機能マッピング（産総研・量研）
 1-2. 微小電極アレイによる脳情報記録（産総研）
- 研究開発項目 2 薬理学的手法に基づく脳型ニューラルネットワークの開発
 2-1. 薬理学的手法によるフィードバック効果の検証（量研）
 2-2. 薬理学的手法によるフィードフォワード効果の検証（量研・産総研）
- 研究開発項目 3 脳情報研究のための位相データ解析手法の開発
 3-1. 位相幾何学に基づく位相データ解析手法ならびにニューラルネットワーク学習手法の開発（九州大）
 3-2. 脳情報データに対する位相データ解析の適用（九州大・産総研・量研）

(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	0	0
	その他研究発表	5	5
	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	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1 脳機能計測に基づく脳型ニューラルネットワークの開発

本研究開始に向けた研究環境構築を行った。

また、非ヒト霊長類を実験対象として、fNIRS/fMRIによる機能マッピングと微小電極アレイによる神経活動記録実験を実施し、脳型ニューラルネットワークの開発を行った。

1-1. fNIRS/fMRIによる機能マッピング（産総研・量研）

産総研：当該研究開始に向けた研究環境構築を行った。

また、非ヒト霊長類を実験対象として、fNIRSによる機能マッピング研究を実施した。

量研：複数の非ヒト霊長類のfMRIによる大域的な神経活動実験を実施し、領野間結合の同定を行った。具体的には2頭の非ヒト霊長類の麻酔下安静時fMRI撮像を実施し、デフォルトモードネットワークのノードであるPCCとDLPFC間の機能結合を同定した。

1-2. 微小電極アレイによる脳情報記録（産総研）

本研究開始に向けた研究環境構築を行った。

また、非ヒト霊長類を実験対象として、微小電極を用いた神経応答記録を実施した。

UCSDと協力して、脳型ニューラルネットワークのアーキテクチャを議論し、実装に向けた準備を進めた。

研究開発項目2 薬理学的手法に基づく脳型ニューラルネットワークの開発

2-1. 薬理学的手法によるフィードバック効果の検証（量研）

薬理遺伝学的手法（DREADDsやPSAM/PSEM法）を用いた神経活動操作技術の利用可能性を検証した。具体的には興奮性DREADDsであるhM3Dq並びに興奮性のチャンネルPSAM4-5HT3を発現するウイルスベクターを非ヒト霊長類の脳に注入し、開発したPETイメージング技術で画像化するとともに、アゴニスト投与により神経活動が賦活する様子をPETならびにfMRIで検証することに成功した。

2-2. 薬理学的手法によるフィードフォワード効果の検証（量研・産総研）

令和6年度からの目標設定

研究開発項目3 脳情報研究のための位相データ解析手法の開発

3-1. 位相幾何学に基づく位相データ解析手法ならびにニューラルネットワーク学習手法の開発（九州大）

画像・ボリュームデータの位相特徴量を抽出する為、パーシステントホモロジーの効率的な計算アルゴリズムの実装を行った。また、脳情報データに位相データ解析を適用する為、ネットワークのトポロジー特徴量に関する既存研究のサーベイと考察を行った。

3-2. 脳情報データに対する位相データ解析の適用（九州大・産総研・量研）

令和5年度からの目標設定

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目1 脳機能計測に基づく脳型ニューラルネットワークの開発

1-1. fNIRS/fMRIによる機能マッピング（産総研・量研）

今後は確立した手法をもとに、fNIRS/fMRI等による大域的な神経活動データから高次視覚領野の機能マッピングを進めるとともに、高次視覚領野と機能的結合が高い領域を特定し、最終的にこの部位の抑制による視覚領野へのフィードバックを操作し、視覚情報表現の変

容を見る実験系の確立を目指す。

1-2. 微小電極アレイによる脳情報記録（産総研）

非ヒト霊長類の高次視覚野から微小電極を用いた視覚刺激に対する神経応答記録を引き続き実施する。また、他タイプの脳型ニューラルネットワークとして、従来型のニューラルネットワークの他、マルチモーダル型のニューラルネットワークなども比較対象として、視覚情報表現の解析ならびに神経応答データとの類似性検証を進める。

研究開発項目2 薬理学的手法に基づく脳型ニューラルネットワークの開発

2-1. 薬理学的手法によるフィードバック効果の検証（量研）

今後は確立した薬理遺伝学的手法（DREADDs や PSAM/PSEM 法）をベースに抑制性の操作を行いその影響を評価する。

研究開発項目3 脳情報研究のための位相データ解析手法の開発

3-1. 位相幾何学に基づく位相データ解析手法ならびにニューラルネットワーク学習手法の開発（九州大）

ニューラルネットワークの学習を可能とする為、効率的で可微分な位相特徴量計算方法の開発を行う。また、計測で取得される脳情報データの適切な前処理・解析パイプラインの検討を行う。

3-2. 脳情報データに対する位相データ解析の適用（九州大・産総研・量研）

公開脳情報データを利用した、位相データ解析の実施と解析手法の有用性検証を行う。

(9) 外国の実施機関

カリフォルニア大学サンディエゴ校（アメリカ）〈代表研究者〉