

令和 6 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を用いた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（4 年間）

(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 6 年度 22 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	8	5
	その他研究発表	36	16
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	2	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

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カリフォルニア大学サンディエゴ校 (UCSD・アメリカ) と共に行った。

1-1. fNIRS/fMRIによる機能マッピング (産総研・量研)

複数の非ヒト霊長類のDTIならびに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。

産総研：複数の非ヒト霊長類の麻酔下安静時の脳領野間の構造的結合を解析した研究成果を論文発表した。

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、高次視覚領野と複数のトップダウン関連候補領野との結合解析を行い、トップダウン情報に関連する領域として前頭眼窩皮質を同定し、論文発表した。

1-2. 微小電極アレイによる脳情報記録 (産総研)

複数の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が開発する、脳型ニューラルネットワーク開発を支援し、必要なデータ提供と解析支援を行った。また、計測した神経データと脳型ニューラルネットワークとの情報表現比較を行い、研究成果を学会発表した。

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)

扁桃体をDREADDsに変調した際の、下側頭葉の神経活動へのフィードバック効果の影響をECoG記録により検討する研究を実施した。

確立した薬理遺伝学的手法 (DREADDsやPSAM/PSEM法) を同時に用いた多重操作の実用性についてfMRIを用いて検証し、成果を学会で報告した。

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)

量研・産総研と協議し、産総研で薬理遺伝学的手法によるフィードフォワードまたはフィードバック効果について実験するため、1頭のマカクザルのトップダウン情報に関連する領域にDREADDを発現させるための方法論の検証を行った。

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)

パーシステントホモロジーの計算アルゴリズムとソフトウェアパッケージの改良を進め、オープンソースで公開している。パーシステントホモロジーによる画像からの大域的位相特徴を抽出し、ニューラルネットワークの学習に導入する手法の有効性を検証した。

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)

公開脳情報データを利用した、ノイズ耐性のある位相データ解析を実施し、視覚情報に関連した脳情報表現の位相的特徴を明らかにした。同研究成果を論文発表した。この他、情報表現のマルチモーダルな違いを検討し、論文発表を行った。

(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)

引き続き、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、複数の非ヒト霊長類の fMRI データを利用した高次視覚領野や複数のトップダウン関連候補領野からの機能結合解析を行い、トップダウン情報に関連する領域の同定を行う。

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、UCSD と連携して、データ提供と解析に協力し、脳型ニューラルネットワークの開発を実施する。

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フォワード効果の検証 (量研)

産総研と量研機構で協議し、産総研で薬理学的手法によるフィードフォワードまたはフィードバック効果について実験するため、非ヒト霊長類のトップダウン情報に関連する領域に DREADD を発現させる。

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

3-2. 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)

脳情報データベース、産総研によって取得された非ヒト霊長類の神経データについて、機械学習技術ならびに位相データ解析技術を活用した解析を産総研と連携して行う。特に、既存の神経データのユークリッド空間への埋め込み・アラインメント手法を、双極空間に拡張することで、脳情報に内在する階層性や方向性を捉える手法を開発して、計測データの解析を行う。

(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)