

令和 5 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（36 か月）

(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 5 年度 23 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	3	3
	その他研究発表	20	15
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	2	2
	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 DTI ならびに fMRI 撮像を実施し、脳領野間の構造的/機能的結合を解析した。また、fUS を実験動物に適用し、領野間の機能的結合解析を実施した。

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、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た。

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、必要なデータ提供を行った。

この他、マルチモーダルなニューラルネットワークを元に、視覚認知機能との対応を検討し、学会発表ならびに論文発表を行った。

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 法と PSAM/PSEM 法を同時に用いた多重操作の実用性を1頭の非ヒト霊長類において検証した。抑制性 DREADDs である hM4Di と、抑制性 PSAM である PSAM4-GlyR をそれぞれデフォルトモードネットワークのノードである、PCC と DLPFC に発現させ、2種類のアゴニスト投与により抑制効果が見られることを確認した。

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、産総研で薬理学的手法によるフィードフォワード効果について実験するための環境整備を実施し、実験計画を立てた。

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)

3次元画像に対するパーシステントホモロジーの効率的な計算ソフトウェアの開発を継続している。また、3次元画像に対して、そのトポロジー情報を抽出する新しいフィルトレーションを定義して、論文発表を行った。

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)

公開脳情報データを利用した、位相データ解析の実施し、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、解析手法の有用性が検証された。研究成果の学会発表を行った。

(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、脳領野間の機能的結合が強い領域を特定し、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、脳型ニューラルネットワークを対象として、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)を同時に用いた多重操作の実用性検証を行う。

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する。

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)

脳情報データをグラフ上の信号に変換し、低いパーシステンスを除去するように信号を処理する手法を開発することで、ノイズ耐性のある前処理を確立する。

脳情報データベース、産総研によって取得された神経情報データについて、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連携して行う。

(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)