

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆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
- ◆受託者：国立研究開発法人産業技術総合研究所、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
- ◆研究開発期間：令和4年度～令和7年度（4年間）
- ◆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）

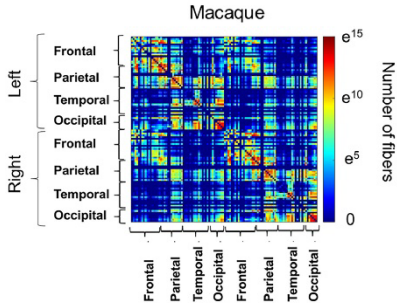
2. 研究開発の目標

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Brain Machine Interface技術の実現に貢献する。

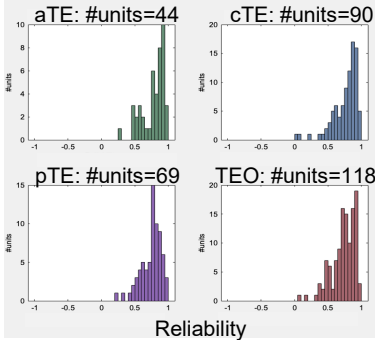
3. 研究開発の成果

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
複数の非ヒト霊長類の麻酔下安静時のDTI計測により、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。
- 1-2 微小電極アレイによる脳情報記録
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。
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。



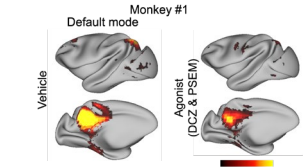
非ヒト霊長類の脳領野間の構造的結合の解析結果(Ouchi et al., Neuroimage, 2024)



同時記録した数百規模のユニット活動の信頼性評価

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



アゴニストDCZ/uPSEM投与による神経活動(DMN活動)の抑制

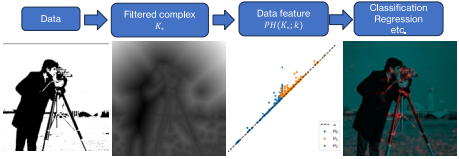
抑制性DREADDsとPSAMの2種の薬理学的ツールを1頭のサルに同時に使い、サル大脳皮質2領域を、独立・同時に抑制操作した場合の神経活動変容をfMRIを用いて検証した。

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)
1頭のサ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。

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

3次元ボクセルデータに対して、パーシステントホモロジーと呼ばれるトポロジー特徴量の計算を高速化し、オープンソースのソフトウェアパッケージとして公開している。



3-2 脳情報データに対する位相データ解析の適用
公開脳情報データを用いて、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。

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
0 (0)	0 (0)	8 (5)	36 (16)	0 (0)	2 (0)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 日米連携による脳情報通信研究推進のため月例ミーティングをオンラインで実施
アメリカ側の研究プロジェクトメンバー(5名)と日本側のメンバー(3名)が神経データの解析や脳型ニューラルネットワークモデルの開発について議論し、研究進捗を報告している。

(2) 国内外の学会における研究成果発表、国際学術雑誌論文発表
国内の視覚研究者が集う日本視覚学会2025年冬季大会において、脳内における視覚情報処理に関する研究成果を発表した。また、マルチモーダル型ニューラルネットワークを用いた視覚認知研究の成果は、国際論文誌で発表した他、プレスリリースを行った。薬理学的手法に関する研究成果についても国際論文誌で発表した。開発した位相データ解析アルゴリズムを適用したデータ処理の成果に基づき、国際ワークショップで招待講演を行った。

5. 今後の研究開発計画

- 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。
- 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、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。
- 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や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参画機関が連携して行う。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。

6. 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)