



脳内情報表現の解読と数理基盤技術の開発

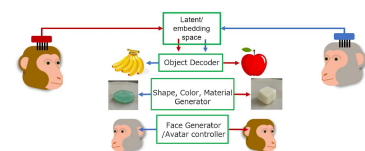
産業技術総合研究所・人間情報インタラクション研究部門・主任研究員 林 隆介

産研

本研究開発課題では、発話や四肢機能等に重度の身体的・精神的障害を抱える人が、侵襲的な脳情報計測により、それ以外の方法では実現が難しい意思伝達と運動補助を行うためのIoB要素技術を開発しています。目指すのは、複数モダリティでの意思伝達を可能にするマルチモーダルBMIを利用した多彩なコミュニケーションと、CA操作による、人間機能の拡張技術の実現です。コア技術として、脳と脳の間で直接意思疎通する技術(X-Communication)の実現に向けた、新規AI開発と数理理論の構築ならびに、その実験的検証に取り組みました。情報量の多い「神経細胞レベルの電気活動信号」からなる大規模データと、マルチモーダル/生成AIを活用した脳情報解読技術の開発において進展がありました。このほか、マルチモーダルな脳機能活動信号の解析を、サルーヒト横断的に実施し、概念・質感・感情・感性などの情報を脳と脳、脳とAI間で伝達するためのBMI要素技術開発に成果がありました。

言葉では伝えきれない「質感・感性・感情」を脳情報で伝える技術開発研究

- 物体のカテゴリだけでなく、色、テクスチャ、形、材質を伝える。
 - 感情をCAを介して伝える。
 - 将来的には、芸術的インプレッション、イメージーションなど感性を伝える基盤技術開発をめざす。
- ミドルウェア開発
- AI/数理基盤技術の開発
 - MS内オープンソース神経データデータベース構築
 - X-Communicationの動物実験によるPoF



高次視覚野神経情報に基づく画像復号化技術

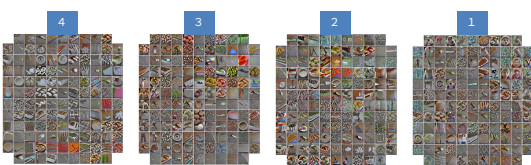
非ヒト霊長類(マカクサル)から神経細胞レベルの活動電位を大規模に同時計測するシステム構築を進めてきました。これまでに2頭の実験動物に、512chからなる慢性記録電極を、物体認識処理を担う高次視覚野に埋め込み、長期間にわたり数百~1千個規模の神経細胞群の電気的活動を、覚醒下で同時記録することに成功しました。高次視覚野の慢性記録としては世界でも最大規模のデータ記録を実現しています。これまでに、静止画像(数万枚)ならびに、27時間分の動画観察中の神経活動を記録し、IoB開発のためのデータ基盤を確立しました。

画像一言語の共通情報表現を学習したマルチモーダルAIの基盤モデル(CLIP)を活用し、脳と基盤AIとの間の相互の情報変換を教師あり学習(データ間で「対応表」がある学習)する情報処理アーキテクチャを開発しました。開発システムを画像生成AIに組み込むことで、わずか500msの間の脳情報に基づき、実験動物が見ていた画像を高精度に再構成することが可能になりました。見ていた画像の色、テクスチャ、形、カテゴリを忠実に再構成することができます。また、電極一つ一つから記録される神経データとAIの情報表現との対応を解くことで、電極間隔(400μm)の空間解像度と高い時間解像度(1ms)で脳機能マップを可視化することも可能になりました。

世界最大規模の非ヒト霊長類・高次視覚野の慢性神経活動記録システム



電極間隔(400μm)の空間解像度で機能マップの可視化に成功



奇数段: 提示画像→
偶数段: 再構成画像→

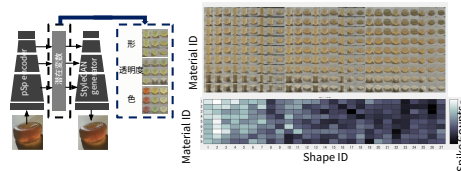
色、テクスチャ、
形、カテゴリ
の高精度解読に成功



(Fei, ..., Nakada, ..., Hayashi, arXiv 2025)

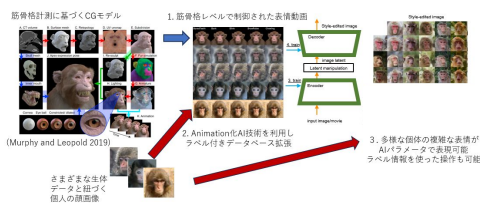
神経情報に基づく物体の半透明感の解読

言葉で伝えることが難しい情報として、物体の形や材質感が挙げられます。特に物体の透明不透明感は、われわれの認知の仕方自体が未解明です。さまざまな光透過度をもつ物体画像データを学習した生成AIを用いて、異なる形と透明度をもつ画像を体系的に生成し、神経記録を行うことで、形と半透明感の違いによって変化する神経応答を世界にさきかけて計測することに成功しました。そして、神経データをAIに学習させることで、透明感のヒト評定値を予測することに成功しました(Nakada, Nakamura, Hayashi, 2024)。



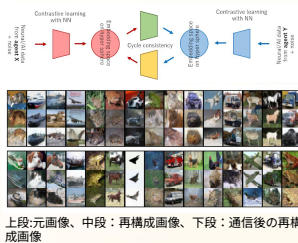
生成AIを利用したCA開発

画像生成AIを使って精緻なサルアバターを作成し、高速カメラで撮影した表情をリアルタイムでアバターに反映するシステムを構築しました。研究成果は、国際学術雑誌に投稿中です(Igaue, ..., Hayashi, under review)。現在、脳から記録した感情・表情情報に基づくアバター制御の研究を進めています。



異システム間の情報変換技術

脳と脳、脳とAIのように異なるシステム間で情報通信を行う場合、情報表現を「翻訳」する必要があります。金井PMと共同で、脳情報の「対応表」がなくても、互いの「翻訳」ができる脳情報通信技術を開発しました。検証計算機実験では、伝達された情報だけから、画像を高精度に再構成できることを示しました(Nakamura, ..., Kanai, Hayashi, 2024; 特許出願番号: 2022-152153)。



今後の展望

非ヒト霊長類から記録した脳・神経情報を用いたX-Communicationによる人間機能の拡張研究をさらに加速させます。言葉で伝えきれない物体の質感、感性や感情を伝える技術を実現するため、マルチモーダル/生成AIを活用したIoB研究を推進すると共に、脳の情報処理を精緻にモデル化したデジタル脳の構築により、脳情報の解読精度を高める研究を進めます。また、アバター操作が引き起こす認知や脳機能の変化の検証、脳内のネットワーク活動を制御する手法にも取り組み、IoBiに展開したいと考えています。



林 隆介
主任研究員

仲田穂子
産総研特別研究員

穴倉基文
産総研特別研究員

中村大樹
旧メンバー

清川宏暁
旧メンバー