

教授 日和 悟

- ・同志社大学大学院生命医科学研究科医工学・医情報学専攻 教授
- ・同志社大学 AI×ヒューマニティ研究センター センター長



主な研究領域と内容

- ・脳機能計測と情報処理に基づくヒトの認知機能のメカニズムの解明(脳情報学)
- ・脳活動をはじめとする生体情報に基づいたヒトにやさしいシステムの開発(神経人間工学)
- ・医用画像診断や創薬のための人工知能・機械学習技術の開発(生体・医用情報処理)

活動プロジェクト

同志社大学大学院生命医科学研究科(同志社大学生命医科学部医情報学科)ヒューマンインフォマティクス研究室は、同研究科の教授 廣安知之と日和 悟が主宰する研究室です。当研究室では、ヒトのwell-beingを促進することをミッションとして、(1)脳機能計測と情報処理に基づくヒト認知機能の分析(脳情報学)、(2)脳活動・生体情報に基づくヒトにやさしいシステムの開発(神経人間工学)、そして(3)医用画像診断や創薬のための情報処理(生体・医用情報処理)に取り組んでいます。我々の強みは、進化的計算を始めとする計算知能・機械学習に関するノウハウと、fMRI(機能的磁気共鳴画像法)やfNIRS(機能的近赤外分光法)を利用した非侵襲脳機能計測技術にあります。国内の医療機関や、自動車部品メーカーとの共同研究の実績もあり、社会実装も見据えた研究開発を行っています。以下、代表的な3つの研究プロジェクトの事例を紹介します。

1. 脳活動パターンに基づく漫然運転度の予測

漫然運転(注意散漫な運転)は交通事故の主要な要因の一つであり、その早期検出が安全運転支援において重要です。本研究では、fNIRSを用いてドライバの脳活動を計測し、運転中の脳活動パターンを解析することで、注意散漫を事前に検出する手法を開発しました。実験では、参加者が一人乗りの電気自動車を運転し、その際の脳血流変化と運転行動データを取得しました。その結果、前頭前野と頭頂葉の脳活動同期がブレーキ反応時間の遅延と強く関連することがわかり、脳活動パターンを用いた漫然運転予測の可能性を示唆しました。今後は、汎化性能の向上や、リアルタイム推定技術の開発が課題です。本研究の優位性は、多チャンネルNIRSにより脳の広範囲の活動を実車環境で計測した世界的にも例を見ない事例であること(多く研究は前頭部のみでの計測)、機械学習に基づいてブレーキ反応を予測できる技術を提案した点にあります。本研究成果はOgihara et al. (2022) [1]に掲載されています。

2. ドライビング・プレジャーと脳活動パターンの関係の分析

若者の車離れや自動運転技術の普及により、運転を「楽しい」と感じる機会が減りつつあります。本研究では、道路形状が運転の楽しさ=ドライビング・プレジャーに与える影響を脳活動計測により分析しました。シミュレーション環境で異なるカーブ頻度と曲率半径を設定し、ドライバが各セクションを走行した際の脳活動を解析しました。解析には、特徴的な脳活動状態をデータ駆動的に抽出する「エネルギー地形解析」を用いました。その結果、急カーブ・高頻度条件では他の条件とは異なる脳活動状態が観察され、右前頭前野の活性が特徴的であることがわかりました。今後は、運転中のドライビング・プレジャーの高低と脳状態の遷移ダイナミクスの関係を分析する予定です。2024年度には新たなシミュレータ装置を導入しましたので、より実車環境に近い実験が可能です。今はまだ基礎研究段階ですが、運転環境がドライバの脳活動にどのような作用を及ぼすかに迫る画期的な研究であり、ドライバが「運転したい」と感じられるような道路や車両の開発への貢献が期待できます。本研究成果は第22回ITSシンポジウム2024にて発表しており、ベストポスター賞をいただきました[2]。

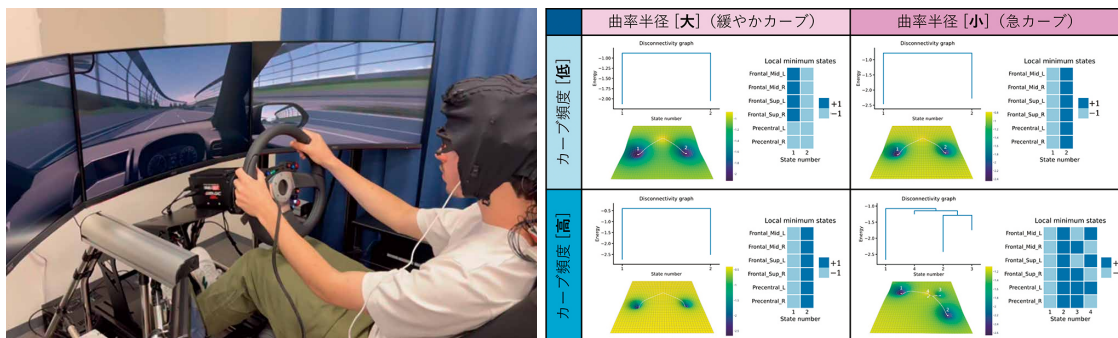


図1 実験環境 (左) およびエネルギー地形解析により得られた活動パターン (右)。各枠内のマス目上のパターンが6つの脳領域の活性・非活性を表す。急カーブ・高頻度条件でのみ発生する脳活動パターンが存在することがわかる。

3. 生成モデルによる脳データのデータ拡張

近年は機械学習モデルを脳データに適用し、予測や分類を行うことが一般的になりつつあります。機械学習モデルの訓練には十分なサンプルサイズが必要であり、脳データにおいて十分な性能を発揮するには数百サンプル以上必要であるとの報告もあります。脳データの収集は高コストかつ時間を要するため、データ不足が大きな課題です。本研究では、Task-guided GAN II とよばれる生成モデルによるデータ拡張手法を開発し、脳データにおける回帰モデリングの精度向上を試みました。その結果、適切な割合で合成データをモデル訓練に組み込むことで、従来よりも高い精度で脳と認知機能の関係を推定できることがわかりました。一方で、過度なデータ拡張はモデルの過学習を引き起こし、予測精度を低下させることも確認されました。特にドライバの脳活動計測のような環境構築が煩雑な実験では、十分なサンプルサイズの確保が困難です。本研究は汎用的なデータ拡張ツールですので、ドライバ脳活動計測にご興味がある研究者の皆様にもご活用いただけると考えております。本研究の詳細はプレプリント [3] を御覧ください。

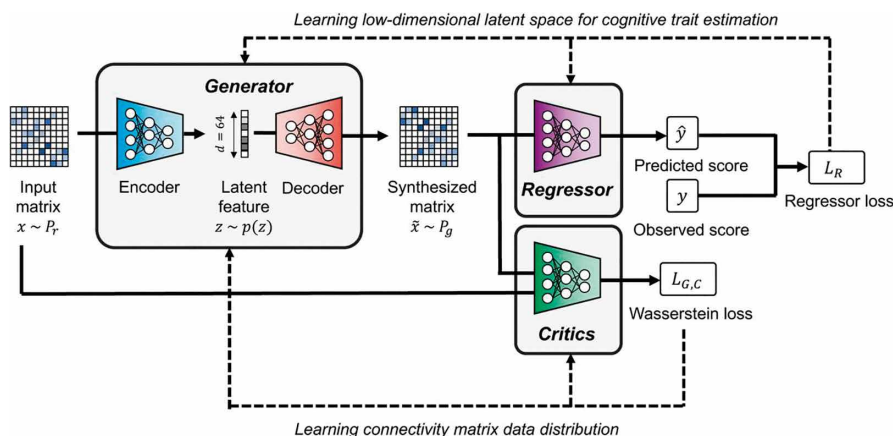


図2 開発したデータ拡張のための生成モデル：Task-guided GAN II のアーキテクチャ。利用するデータの目的 (この例は回帰モデリング) に合わせたTask-guided branchを有する点が特徴。

<参考文献>

- [1] T. Ogiwara, K. Tanioka, T. Hiroyasu and S. Hiwa*, "Predicting the Degree of Distracted Driving Based on fNIRS Functional Connectivity: A Pilot Study," *Frontiers in Neuroergonomics*, Volume 3, Article 864938, doi: 10.3389/fnrgo.2022.864938 (Jul 2022).
- [2] 日和 悟, 田中 佑弥, 磯嶋 真生, 谷岡健資, 廣安知之, "ドライバ脳活動データに対するエネルギー地形解析の有効性の検証," 第22回 ITSシンポジウム2024 (https://www.its-jp.org/katsudou/its_symposium/22nd2024/program2/) (2024年12月).
- [3] T. Yamamoto, T. Sugiura, T. Hiroyasu and S. Hiwa*, "Task-guided Generative Adversarial Networks for Synthesizing and Augmenting Structural Connectivity Matrices for Connectivity-Based Prediction," *bioRxiv*, 2024.02.13.580039; doi: 10.1101/2024.02.13.580039 (Feb 2024, revised in Feb 2025).

連絡先 〒610-0394 京都府京田辺市多々羅都谷1-3
同志社大学生命医科学研究科医工学・情報学専攻 ヒューマンインフォマティクス研究室
e-mail: shiwa@mail.doshisha.ac.jp / URL: <https://is.doshisha.ac.jp/misl/>