

研究開発項目

1. データ駆動モデル化

2023年度までの進捗状況

1. 概要

データ駆動で個性のタイプ分けをするモデルを構築するために、その構築の基礎となる「軽重ミックスデータベース」(図1)の構築を開始した。具体的には、「軽」の部分構成するアンケート・質問項目、スマホによる日常行動計測において、調査する項目を策定し、1回目の大規模調査を実施した。「重」の部分構成する脳画像データの計測実験を実施した。

2. これまでの主な成果

研究開発課題1：データ駆動によるモデル構築

(1)「軽重ミックスデータベース」の基本的なデザインの策定

インターネット・スマホを用いた大規模調査で収集する項目について、研究開発課題3と協働し様々な精神症状の軸で健常者のサブタイプの同定に成功している実績をもとに9種類の臨床評価尺度を策定し、研究開発課題2および社会実装チームとの協働で安らぎと活力に関する質問紙を決定した。予備調査を経て最終仕様を策定し、倫理承認後、1回目の大規模調査および行動計測実験を実施した。

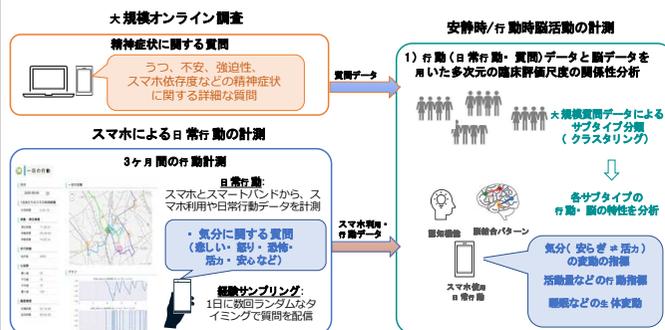


図1: 軽重ミックスデータベースの概要

(2) 安らぎと活力に関する個性のタイプ分けを行うモデルをデータ駆動で構築

「重い」データである脳画像(MRI)データについて、課題3と協働して撮像プロトコルの策定を行い、構造画像(T1強調画像、T2強調画像、拡散強調画像)および機能画像(安静時)と補正のためのfieldmap画像を26名から収集した。また同時に、「軽い」データと「重い」データの中間に位置づけられる、認知機能を測定する行動バッテリーや、意思決定の個人特性を調べるための行動課題を実施した。撮像したMRIデータは、構築したデータベースシステム(XNAT)へ格納した。

研究開発課題2：インターネット・スマホを用いた大規模調査

研究開発課題2・3および研究開発項目3(社会実装T)の2課題と共同して策定を行ない、オンラインアンケートならびに行動計測実験の予備調査を2,068名に実施した。さらにアンケート調査回答者より行動計測実験対象者130名を選定し、行動計測調査を実施した。予備調査を経て最終仕様を策定し、1回目の大規模調査および行動計測実験として7,044名を対象に本調査を、また301名を対象に行動計測および経験サンプリング実験を実施した(図2)。

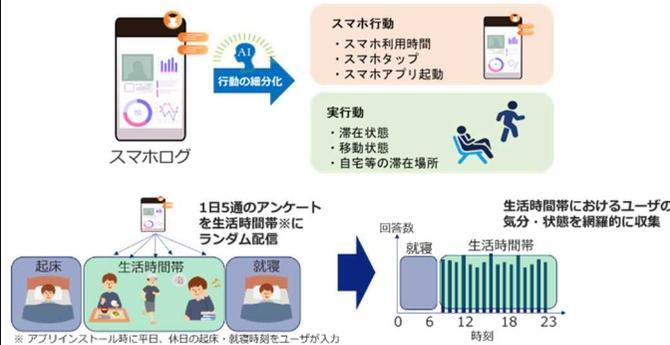


図2: スマートフォンを用いた行動計測と経験サンプリング

研究開発課題3：データ駆動型解析の最適化

構築したデータベースシステムへ格納したデータにアクセスし、統一的な前処理を実施できるパイプラインのdockerを構築した。この解析コードを使用し、オープンデータ・新規取得データの解析を行い、体動成分の影響を除去できていることを確認した。また、脳画像からのタイプ分けアルゴリズムの候補として開発した Hierarchical supervised /unsupervised learning を用いてサブタイプ分けを行った。うつ病の判別に有用であった機能的結合を用いてサブタイプ分けを行った結果、安らぎ・活力と関連する特性(人生の満足度)や認知機能(注意機能)などにおいて、サブタイプ間での有意差を同定することができた。また、このサブタイプ間差は、体動アーチファクトによるものではなく、最適な機能的結合本数に特異的なものでもなかった。

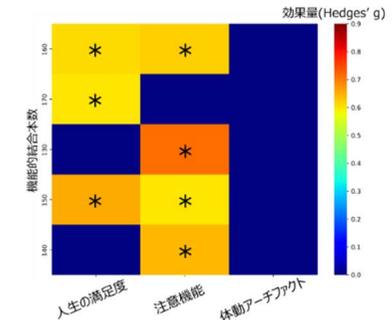


図3: 機能的結合本数とうつ病と関連する特性におけるサブタイプ間差の関係性

3. 今後の展開

2回目の大規模調査を実施し、アンケート・行動計測データ・脳画像・認知課題を格納した「軽重ミックスデータベース」を完成させる。構築したデータベース内で安定した個人特性のタイプを見出す。

研究開発項目

2. ニューロフィードバック

2023年度までの進捗状況

1. 概要

本課題では、仏教を含む東洋の人間観と人工知能的な脳科学を総合知として捉え直すことで、こころの状態遷移を自ら観察できる機械と共生する新しい社会を目指した技術開発を行っています(図1)。そのためには、こころの状態遷移を十分に捉えることのできる時間解像度の高い可視化装置を開発します。さらに、参加者さんのニューロフィードバック学習に利用することで、外界に左右されぬ躍動性と安定性のバランスを脳ネットワークとして獲得することを目指します。

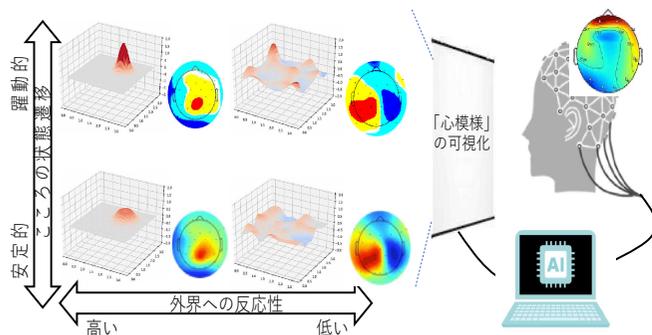


図1：本研究開発課題の概要図

2. これまでの主な成果

脳の状態遷移の定量化

脳波 (EEG) マイクロステートとは、近年再注目されている脳波の解析手法であり、事前にテンプレートと呼ばれる EEG の共通状態を抽出しておくことで、脳の状態遷移はこのテンプレート間の遷移として粗視化されます。従来の4つの極性を無視したテンプレート ABCD から、極性間の状

態遷移を反映した極性付き10状態(ABCDE±)に表現力を高めることを行いました(図2左)。このモデルによって、若年者と高齢者を区別できることが分かりました(図2右、青：若年優位、赤：高齢優位)。

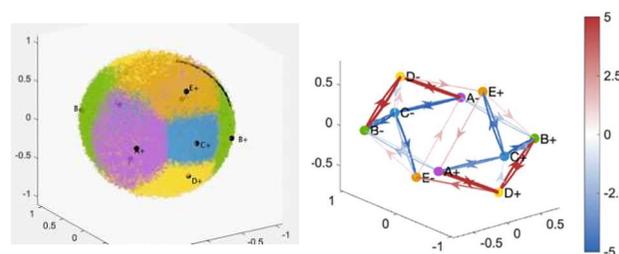


図2：極性を考慮した10状態テンプレート(左)と若年-高齢者の弁別(右)

フィードバック技術開発

EEG マイクロステートのような脳状態を事前に定義しておくことで、リアルタイム性を追求したフィードバック学習を可能にします(図3)。脳状態の瞬時的な10状態間の遷移を捉えるために、ニューロフィードバックシステムの高時間解像度化を実現しました。また、そのシステムの効果検証のため、実験参加者がトレーニングを開始しました。

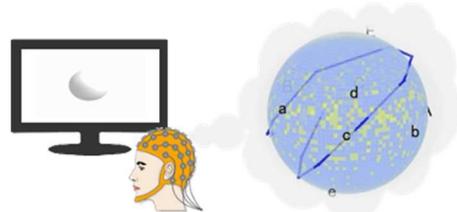


図3：瞬時的遷移を拾うニューロフィードバックシステム

脳の状態遷移を機械学習で解明

脳活動をシミュレートする Wilson cowan 型の生成モデル、および、脳活動データのアトラクター解析用の、pMEM (pairwise maximum entropy model) ベースのデータ駆動モデルを実装し、動作検証を行なっています(図4)。後者について、生成モデルとの連携がとりやすく、アトラクターの神経科学的解釈が可能な、電流源推定を組み合わせた手法を中心に検討をさらに進めます。

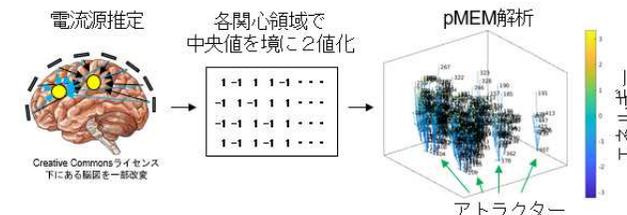


図4：EEG電流源推定を入力にしたpMEM解析

3. 今後の展開

今年度までの成果により、「極性付きの10状態間の遷移検出」を行う実装を行い、フィードバック訓練での強化対象とする特定の遷移を定義できるようにしました。その結果、既存のシステムよりも大幅にダイナミクスの表現力(空間パタンの分解能および時間分解能)が向上しました。また、機械学習によるアトラクター間遷移を定量化する検討も並行して進めていますので、その知見を今後のニューロフィードバックトレーニングへ統合することも想定されます。一方で、若年-高齢を弁別するような特定のバイオマーカーが示唆されたとしても、それがトレーニングで強化できるかどうかは別の問題です。そのため、状態遷移の各成分に対する学習可能性をまず検証する必要があります。これらの知見を組み合わせることで、こころの安寧を実現するようなニューロフィードバックの実装を行い、最終的には、一般社会への還元的な成果を目指していきます。

研究開発項目

3. 社会実装

2023年度までの進捗状況

1. 概要

仏教文献の調査を進め、スマホアプリを用いて社会実装するため、瞑想内容の大枠を策定しました。また、仏典で言及される煩惱から見た人間のタイプ分けと、タイプごとに行うべき初歩的な瞑想を整理しました。これは、個性に応じた瞑想の選択を行うために必要な工程です。並行して、アプリの開発作業も進めました。アプリには、仏教文献調査から策定された内容を忠実に訓練において再現することが求められます。また、数百人規模の介入実験に耐える仕様が重要です。これらの要件を満たすアプリの作成を開始しました。さらに、最終的に複数作成予定の瞑想訓練プログラムのうち一つ目を完成させ、また実験デザインを策定して予備実験を実施しました。

2. これまでの主な成果

研究開発課題1：仏教文献調査と瞑想デザイン

(1) 瞑想アプリのナレーション等のコンテンツ作成

瞑想アプリでは、第一に心の自動思考（＝拡張性）の抑制を目的に、「気づき」を基礎として重視し、同時に「慈しみ」の涵養を目指す21日間のコース瞑想を提供します（図1）。本瞑想アプリの特徴である、人のタイプに応じた瞑想コースの4種類（貪り、怒り、愚かさ、偏りなし）を作成し、伝統的な瞑想実践を踏まえた内容、順序、構成において作成しました。また、全期間を通して慈しみを養うための瞑想実践を取り入れました。さらには、東洋の人間観における多様な瞑想、目的別の瞑想も提供し、「孤独／不安」、



図1 実装する瞑想訓練の大枠

「前向き」等の研究開発目標の実現を目指しました。加えて、これらの瞑想アプリの内容と東洋瞑想アーカイブとを連動させるための具体的な仕様について策定しました。

さらに、アプリでの瞑想実践の効果を実証し、信頼性を向上させるために、生体情報・DBM（デジタルバイオマーカー）を利用した検証方法を検討し、予備実験を実施しました（山本義春PI（東大教育学部教授）との連携。下記参照）。仏教文献では顔の表情や他者への言葉遣い等に関する記述が多数確認されます。そこで顔の表情、声色、インタビューの回答内容を対象とした新たな分析方法を持つ、ライプニッツ・レジリエンス研究所（ドイツ）のKalisch教授及びPuhlmann博士との共同研究の在り方の協議を進めました。

(2) コンテンツ作成に必要な瞑想リテラシーのアーカイブ作成

瞑想の向上と実践への動機付けによりアプリでの実践の持続的効果の促進を目指すため、伝統的な瞑想実践に関する情報とそれに基づく解説、現代の科学的な瞑想研究の知見や考察などの情報を整理し、提供の準備を開始しました（図2）。

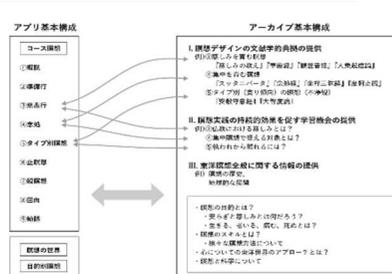


図2 瞑想アプリと東洋瞑想アーカイブの対応関係

研究開発課題2 スマホアプリによる大規模介入実験

(1) アプリ開発

大規模瞑想介入実験で用いるアプリについて、仕様をまとめ、開発が開始されました。アプリには、仏教文献調査から策定された訓練内容を忠実に再現することが求められます。また、数百人規模の介入実験に耐える仕様であることが必要となります。これらの要件を満たすため、瞑想実践のスケジュール機能、アンケートによる調査機能、介入

プログラムを手軽にアップロードする機能など、さまざまな工夫がアプリには取り入れられる計画です。

(2) 瞑想訓練内容の雛形作成

アプリには最終的に、多種の瞑想訓練プログラムが実装される予定です。これまでに、それらプログラムのうち一件を完成させました。この介入プログラムは、Mindfulness-based Interventionと呼ばれる近年の瞑想介入パッケージに基づいたものです。早期に瞑想訓練の雛形といえる介入プログラムを作成することで、今後の瞑想訓練やアプリ開発を円滑化することが狙いです。また、本プロジェクトで新規に開発される瞑想プログラムと効果を比較することが可能となります。

(3) 実験デザインの策定

介入研究を行うための実験デザインを策定しました。使用する指標や測定タイミングなどの詳細な手法を決めました。これらの決定内容をもとに、東京大学倫理委員会の審査を受け、実施の承認を得ました。

(4) 予備実験の実施

目標9における異なるプロジェクトの課題推進者である山本義春PI（東大教育学部教授）と連携し、予備実験を実施しました。3日間の瞑想研修への参加者を対象として実施し、使用予定の指標や実験デザインについて、所感や問題点を確認することができました。ごく限られた介入実践ではありましたが、不安感などの指標に関して、想定以上の効果が観察されました。

3. 今後の展開

瞑想の系統整理のため、文献調査を引き続き行います。また、仏教文献の調査に基づいた瞑想訓練の完成に向けて、具体的な瞑想指導ナレーションの作成に取り組んでいきます。並行してアプリの開発を進め、大規模介入研究へ着手します。さらに本年6月の瞑想リトリート（千葉）を契機に、ライプニッツ・レジリエンス研究所のKalisch教授及びPuhlmann博士との共同研究を開始します。