



ムーンショット目標 9

2050年までに、こころの安らぎや活力を増大することで、
精神的に豊かで躍動的な社会を実現

実施状況報告書

2023 年度版

東洋の人間観と脳情報学で実現する

安らぎと慈しみの境地

今水 寛

国際電気通信基礎技術研究所

認知機構研究所

 **MOONSHOT**
RESEARCH & DEVELOPMENT PROGRAM



1. 当該年度における研究開発プロジェクトの実施概要

昨年に策定した基本方針に従い、研究開発を着実に進めた。研究開発項目1(データ駆動モデル化)では、個性のタイプ分けに必要なデータベースで取得する質問・指標に関して具体的な心理指標・臨床評価尺度を策定し最終仕様を決定、大規模アンケート調査、行動計測、fMRI データ収集を開始した。研究開発項目2(ニューロフィードバック)では、ニューロフィードバックの基礎となる脳状態の可視化技術の基盤を構築し、プロトタイプシステムの効果検証実験を開始した。また、生成モデルとデータ駆動モデルのそれぞれについて、ニューロフィードバックシステムに組み込むことを前提とした、シミュレーションや動作検証を実施した。研究開発項目3(社会実装)では、瞑想アプリの開発に関して、仕様書を完成させた。これに基づき、アプリで使うナレーションの作成を開始した。また、アプリの基本となる仏教知識のアーカイブの作成を開始した。

(1) 研究開発プロジェクトの概要

仏教に代表される東洋の人間観と脳科学の知見にもとづき、こころの状態遷移を脳ダイナミクスの観点から解明、その応用を行う。大規模調査と小集団への詳細な調査を組み合わせたこころの状態に関する個性のモデル化、脳ダイナミクスの遷移をリアルタイムで推定し、可視化する技術の開発、それらに裏打ちされた瞑想法の開発と社会実装を行う。これらを通して、自分自身と向き合うことで、安らぎと活力を増大し、他者への慈しみを持てる社会を実現する。

(2) 研究開発プロジェクトの実施状況

個性に応じた瞑想とニューロフィードバックを行うための基盤を構築した。

データベース構築 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」の本格的な収集を開始した。具体的には、「軽」の部分を作成するアンケート・質問項目、スマホによる日常行動計測を実施した。「重」の部分を作成する脳画像の収集を開始した。

ニューロフィードバック 脳の状態遷移を自らの意志で制御するため、状態遷移を可視化・フィードバックするシステムの開発と、状態遷移を推定するモデルの開発を進めている。ニューロフィードバックで使用する脳の状態数に関して、安定して抽出できる状態数およびパタンの検討、遷移行列の定義の比較と妥当性の検証を行った。また、プロトタイプシステムを実装し、ダイナミクスを十分に表現する時間解像度を策定するとともに、システムを使った効果検証実験を開始した。状態遷移を推定する「生成モデル」と「データ駆動モデル」のそれぞれについて、シミュレーションによる動作検証を行い、ニューロフィードバックシステムに組み込むことを前提とした、パラメータの最適化を行った。

瞑想アプリの開発 既存の瞑想アプリへの徹底的な調査を実施するとともに、仏教文献の中から瞑想に関する記述を取り出し整理することを継続しつつ、瞑想アプリ開発のためのナレーションの作成及び瞑想アーカイブとの連動の方法などの検討作業を実施した。制作グループは、この知見も活かして、本プロジェクト完遂に必要な要件を満たす仕様書は完成し、最終確認が完了した。さらに、介入コンテンツのうち一つを作成し、実験デザインの策定を行なった。また、予備実験を実施した。

(3) プロジェクトマネジメントの実施状況

プログラム・マネージャー(PM)支援体制チームを構成した。リサーチコーディネーターは、

PM の行う事務作業や予算配分の補助、知財管理、課題推進者間での連携促進などの業務にあたった。アウトリーチ活動としてホームページ作成し、これを公開した。運営会議は、Slack と互換性のある Mattermost で迅速な連絡・活発な議論を行っている。課題推進者会議を実施して、各課題推進者が研究計画を発表、白熱した議論を展開するとともに、今後の方針、ELSI の問題について話し合った。5月には、麻綿原妙法生寺にて蓑輪 PI の指導のもと、8泊9日の瞑想研修を行い、実体験を踏まえながら、個性に応じた瞑想の開発について議論した。8月25日には課題推進者会議に合わせて、ELSI 講習会を行った。ムーンショット目標1を始めとして、さまざまなプロジェクトで ELSI 担当をしている、KDDI 総合研究所・村上陽亮氏に講演をしていただいた。課題推進者から多くの議論・質問があり、今後の方針を考える上で貴重な機会となった。以上のような活動において、プロジェクト内での円滑な連絡と議論、国内・国外の動向について活発な情報共有を行った。

2. 当該年度の研究開発プロジェクトの実施内容

(1) 研究開発項目1: データ駆動モデル化

研究開発課題1: データ駆動によるモデル構築

当該年度実施内容:

(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

前年度、「軽い」データである個人特性に関する質問項目について、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を選定し、行動計測調査を実施した。

(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 と協働し策定した脳データのプロトコルを用いて 26 名に対して fMRI 実験と、認知機能を測定する行動バッテリー、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。また、それらのデータを構築したデータベースシステム(XNAT)へ格納した。

課題推進者: 田中沙織(株式会社国際電気通信基礎技術研究所)

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

当該年度実施内容: 軽重ミックスデータベースの構築完了に向け、10,000 名分の大規模調査を令和6年度末までに完了する計画としている。本大規模調査は、3 期に分けて実施をする計画としており、2023 年度は前年度の予備調査で得られた知見を踏まえ、3 期のうちの第1期、及び第 2 期分、合わせて 6,800 名分の大規模調査を実施した。社会実装チームの課題推進者と連携し、スマホ瞑想アプリの開発を実施している。社会実装チームによるスマホ瞑想アプリの仕様策定に協力した。また、当該仕様に基づき、ソフトウェア開発を行った。令和 5 年度末時点で基盤となる機能モジュールを実装したプロトタイプ版を試作した。

課題推進者: 中村 元(株式会社 KDDI 総合研究所)

研究開発課題3: データ駆動型解析の最適化

当該年度実施内容: ①に関しては、研究開発課題 1 と協調しデータベースで取得する質

問・指標に関して具体的な心理指標・臨床評価尺度を策定し最終仕様を決定、データ収集を実施した。②に関しては、具体的な解析コード作成とオープンデータである Human Connectome Project データを対象とした検証を進めた。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。

課題推進者:酒井 雄希(株式会社 XNef)

(2) 研究開発項目2:ニューロフィードバック

研究開発課題1:脳状態のリアルタイム可視化

当該年度実施内容:

- ① EEG マイクロステートとは、近年再注目されている脳波ダイナミクスの解析手法であり、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る。従来は4つの極性を無視したテンプレート ABCD で状態遷移ネットワークを構成させることが多かったが、モデルの表現力を高めるために、極性付き 10 状態(ABCDE±)のテンプレート数に増やすことを行った。この極性付き 10 状態モデルで、若年—高齢者を分けるバイオマーカーとして機能することを報告した(Kashihara S., Asai T., Imamizu H., bioRxiv, 2024)。
- ② 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状態遷移の検出とそのフィードバック学習が可能になる。脳状態の瞬時的な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再設計を行い、フィードバックの高時間解像度化を実現した(50Hz)。さらに、上記の成果を取り入れた遷移の回転成分を検出するシステムへのアップデートを完了し、そのシステムを実際に使って実験参加者がトレーニングを行い学習が成立するかの検証実験を開始した。

課題推進者:浅井 智久(株式会社国際電気通信基礎技術研究所)

研究開発課題2 脳の状態遷移を機械学習で解明

当該年度実施内容:

生成モデルの動作検証に関しては、昨年度、選定した神経集団ダイナミクスモデルである Wilson cowan モデルを拡散 MRI から計算した構造結合に従い繋いだ Wilson cowan network モデルの実装を行い、モデルパラメータが、生成する脳活動に与える影響について調査した。データ駆動モデルの動作検証に関しては、昨年度、複数の候補から選定した pairwise maximum entropy model (pMEM)に基づくデータ駆動モデルを実装し、EEG の 3 種類の入力(電極選択、独立成分分析、電流源推定)それぞれで動作検証した。生成モデルとのデータ拡張・データ同化、および研究開発課題 1 で開発している脳状態可視化システムとの接続の観点から、電流源推定を有力な入力候補として選定した。

課題推進者:川鍋 一晃(株式会社国際電気通信基礎技術研究所)

(3) 研究開発項目3:社会実装

研究開発課題1: 仏教文献調査と瞑想デザイン

当該年度実施内容:

瞑想アプリの基本的なコース瞑想の全体像とナレーションを策定することにあつた。さらに研究開発課題2と共同しつつ、提供の方法などを検討するなど、研究開発に取り組んだ。

(1) 瞑想アプリで使用する瞑想ガイダンスのナレーションの策定

既存の瞑想アプリへの徹底的な調査を実施するとともに、仏教文献の中から瞑想に関する記述を取り出し整理することを継続しつつ、瞑想アプリ開発のためのナレーションの作成及び瞑想アーカイブとの連動の方法などの検討作業を実施した。

(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提供開始

上座部仏教の伝えたパーリ語文献および大乘仏教の伝えた梵語文献・漢語文献・蔵語文献を対象に、瞑想のナレーション作成に必要な文献を探し出し、関連する文章を蓄積するとともに、瞑想に関するリテラシーを高めるためのアーカイブの基本仕様の策定作業を進めた。

課題推進者: 蓑輪 顕量(国立大学法人東京大学大学院人文社会系研究科)

研究開発課題2: スマホアプリによる大規模介入実験

当該年度実施内容:

アプリ仕様策定に関しては、当該年度マイルストーンの要件を満たすアプリの仕様書を完成させた。また、アプリの外見のデザインについて策定を進めた。瞑想介入のコンテンツ作成をすすめた。具体的には、台本管理方法を確立し、今後のコンテンツ作成作業の効率化を図った。作成予定であったコンテンツのうち一つについて、本音源の収録を完了した。瞑想の大規模介入実験のデザイン策定し、倫理委員会の承認を受けるとともに、MS9 中村プロジェクトの課題推進者である山本義春 PI と連携し、予備実験を実施した。

課題推進者: 川島 一朔(株式会社国際電気通信基礎技術研究所)

3. 当該年度のプロジェクトマネジメント実施内容

(1) 研究開発プロジェクトのガバナンス

進捗状況の把握

リサーチアドミニストレーターの退職に伴い、PM 支援チームを再構成した。課題推進者とPM 支援体制チームで構成される運営会議を組織し、重要事項の連絡と調整を行っている。プロジェクト運営会議・課題推進者会議では Slack と互換性のある Mattermost で迅速な連絡・活発な議論が行われている。プロジェクト運営に関する課題推進者会議を2回実施し、研究の進捗状況の把握、PI 間での情報共有を行っている。実施規約の改定に関する知財会議、年次評価に向けた報告会など、対面・オンラインを交えて活発に行っている。国際連携に関しては、ライプニッツ研究所の担当者と情報交換を進めている。広報活動として、プロジェクトのホームページを制作し公開した。以上のような活動において、プロジェクト内での円滑な連絡と議論、国内・国外の動向について活発な情報共有を行った。

研究開発プロジェクトの展開

それぞれの研究開発項目は、プロジェクトの異なる側面を担当し、全体として「安らぎと

活力の増大」という目標に向けて研究を推進している。目標の達成には、緊密な連携・連絡が必要不可欠であり、Slack や Zoom を活用して、それを可能にする体制を整備した。運営会議および課題推進者会議では、互いの研究進捗状況を把握し、議論を重ね、進展の加速に努めた。また、それぞれの研究開発項目において遅延が起こらないよう、PM や他の課題推進者が、問題が生じればその解決に向けて具体的な提案を行うなど、相互に補い合える環境である。根本的な問題が生じた場合には、プロジェクト全体の大幅な方向転換や再構築、それに伴う課題推進者の交替(公募を含む)を実施することを視野にいれ、研究開発を進める。国際連携としては、課題推進者の袁輪顕量が、ライブニッツ研究所を訪問して、今後の共同研究やデータ収集に関する打合せを行った。

ELSI に関しては、主に課題推進者向けに、ELSI 講習会を開催した。ムーンショット目標 1 を始めとして、さまざまなプロジェクトで ELSI 担当をしている、KDDI 総合研究所・村上陽亮氏に講演をしていただいた。ELSI とは何かという入門の話に始まり、本プロジェクトに特有な問題(こころの状態遷移に介入することへの懸念/新たなマジョリティ・マイノリティ創出の懸念/新たな格差を生み出す懸念)に即して、意見交換を行った。課題推進者からも多くの議論・質問があり、今後の方針を考える上で貴重な機会となった。来年度に実施する予定の市民講座で、ニューロフィードバックできること、できないことを正確に伝える方針を策定した。データ駆動による個性のタイプ分けについては、新たなマジョリティ・マイノリティを作り出さないように、タイプ分けの各段階でチェックする方針を決めるとともに、研究の基本方針をダイバーシティとインクルージョンを促進するための基礎研究と位置付けることを、プロジェクト内で共有した。仏教瞑想を出発点とするが、仏教に限らず、さまざまな宗教における瞑想との比較を行う方針を策定した。

(2) 研究成果の展開

本プロジェクトでは、データ駆動による人の個性のタイプ分け、脳の状態遷移の推定、脳ダイナミクスの可視化装置など、多くの知財が生じる予定であるため、PM、代表機関の知財担当者、リサーチアドミニストレーター間で、実施契約書の内容について、議論を行った。これらの研究開発課題の進展状況を把握し、時期を得た知財出願を促すことに努める。関連する技術動向については、PM とリサーチアドミニストレーター/RA チームが国内・国際学会などで継続的に調査し、課題推進者にも、技術動向について有益な情報があれば、プロジェクト内で共有する。研究成果を産業界に展開するための基盤として、東京・虎ノ門の KDDI 総合研究所・リサーチアトリエを利用するための準備を進めた。

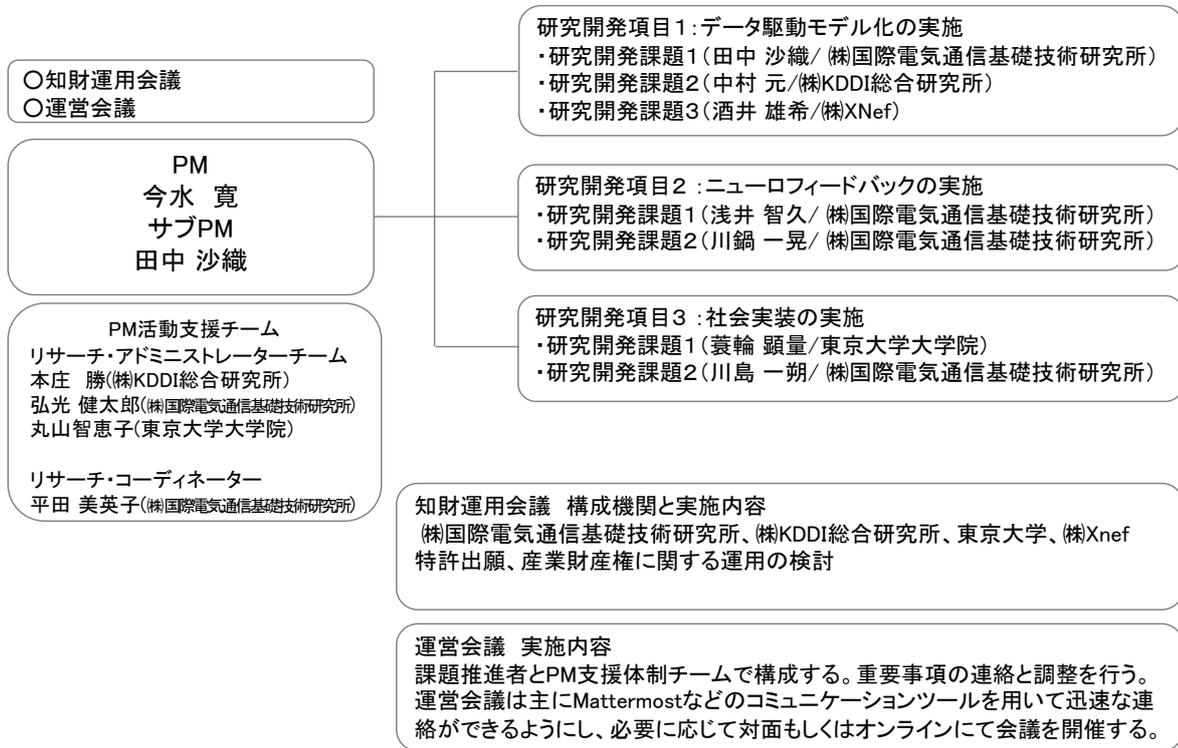
(3) 広報、アウトリーチ

リサーチアドミニストレーターを中心に、ウェブサイトを開発(<https://bicr.atr.jp/MS9/>)している。このサイトでプロジェクトの活動状況について随時発信している。次年度に行う市民公開講座に関して、市民公開講座を実施する予定で、会議の手配やポスターの準備を進めた。メインゲストとして為末大氏に登壇を依頼して、快諾された。公開講座ではプロジェクトの成果を解りやすく伝えるとともに、瞑想に限らず、こころの状態遷移の可視化、自らがいたいこころの状態になることの意味、ELSI 対応について広くアピールすることを計画している。

(4) データマネジメントに関する取り組み

軽重ミックスデータベースを構成するデータ(1万人規模の質問調査・スマホによる数百人規模での活動データ・経験サンプリングデータ、数十人規模の脳画像データ)は、論文による成果発表と特許出願の進捗状況を見ながら、最終的にはデータ公開による社会還元・オープンサイエンスへの貢献を目指す。このため、取得したデータは匿名化を行うとともに、データを取得する段階において、データの非制限公開について協力者や被験者に説明を行い、書面で同意(または非同意)を得る。ニューロフィードバック実験、瞑想の大規模介入実験のデータについても同様の扱いとする。今年度は、データのデータベースへの格納方法、前処理方法、運用方法の面からデータベースの構造を決定した。脳画像データベースプラットフォームシステム(XNAT)を構築する環境整備を完了した。

4. 当該年度の研究開発プロジェクト推進体制図



5. 当該年度の成果データ集計

知的財産権件数				
	特許		その他産業財産権	
	国内	国際(PCT 含む)	国内	国際
未登録件数	0	0	0	0
登録件数	0	0	0	0
合計(出願件数)	0	0	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	6	3	9
口頭発表	0	6	6
ポスター発表	5	2	7
合計	11	11	22

原著論文数(※proceedings を含む)			
	国内	国際	総数
件数	0	3	3
(うち、査読有)	0	2	2

その他著作物数(総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	0	0	0
書籍	0	0	0
その他	0	0	0
合計	0	0	0

受賞件数		
国内	国際	総数
2	0	2

プレスリリース件数
0

報道件数
0

ワークショップ等、アウトリーチ件数
3