



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

2022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



研究開発プロジェクト概要

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、心の状態遷移を脳ダイナミクスの観点から解明、その応用を行います。大規模調査と小集団への詳細な調査を組み合わせた心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います。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します。

https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal9/91_imamizu.html

課題推進者一覧

課題推進者	所属	役職
今水 寛	株式会社国際電気通信基礎技術研究所 認知機構研究所	所長
川脇（田中） 沙織	株式会社国際電気通信基礎技術研究所 数理知能研究室	室長
中村 元	株式会社 KDDI 総合研究所	代表取締役所長
酒井 雄希	株式会社 Xnef	副社長・最高医療責任者
浅井 智久	株式会社国際電気通信基礎技術研究所 認知神経科学研究室	主任
川鍋 一晃	株式会社国際電気通信基礎技術研究所 動的脳イメージング研究室	室長
蓑輪 顕量	東京大学 大学院人文社会系研究科	教授
川島 一朔	株式会社国際電気通信基礎技術研究所 数理知能研究室	研究員

1. 当該年度における研究開発プロジェクトの実施概要

個人の特性に応じたニューロフィードバック・瞑想介入を行うための方針を決定し、研究開発の基盤を構築した。研究開発項目 1(データ駆動モデル化)では、人の個性をタイプ分けするための「軽重ミックスデータベース」の基本的なデザインを策定するとともに、個性をデータ駆動でタイプ分けするためのモデルの概略を策定した。インターネット・スマホによる大規模調査では、データ収集方法・質問項目・経験サンプリングの内容を策定するとともに予備調査を開始し、次年度からデータを収集する体制を構築した。研究開発項目 2(ニューロフィードバック)では、脳の状態遷移を可視化してフィードバックするためのニューロフィードバックシステムのデザインを策定した。また、脳の状態遷移を定量化するための生成モデルとデータ駆動モデルの概要を策定した。研究開発項目 3(社会実装)では、瞑想アプリの基本的なデザインに関して瞑想の基本原則・仏教が伝えた修学の伝統を踏まえるなどの視点から整理し、研究開発課題2(瞑想アプリによる大規模介入実験)に提供し、瞑想アプリの暫定的な仕様を作成した。また、大規模な瞑想介入実験で使用するアプリケーションの基本的なデザイン(仕様書の叩き台)を策定した。

(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、他者への慈しみを育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」の作成に着手した。具体的には、「軽」の部分を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た。「重」の部分を構成する脳画像データベースの内容を策定した。また「軽」の部分に関しては予備調査を開始した。

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システムに関しては、従来は4つとされていた脳波の状態数を8つに増やした上で、50Hz のフィードバック更新速度を実現した。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、先行研究から3～6つのモデルを選び、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て、扱える次元数、表現力の高さ、状態遷移の定量化、などの観点から比較検討を進めた。

瞑想アプリの開発 仏教文献に関する知識から、瞑想アプリにおける訓練プロセスの大枠を策定した。また、個性に応じた瞑想の選択を行うために、煩惱と人間のタイプ、タイプごとに行うべき初歩の瞑想を分類して、アプリを制作するグループに提供した。制作グループは、この知見も活かして、数百人規模で瞑想の介入実験を行うためのアプリの開発を進め

るため、今年度は教育学の専門家、有資格の瞑想指導者、瞑想指導に詳しい医師、アプリを介した心理介入に詳しい研究者など、多様な意見を聴取・集約する作業に取り組んだ。

(3) プロジェクトマネジメントの実施状況

リサーチコーディネーターとリサーチアドミニストレーターを選出した。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る。リサーチアドミニストレーターは、運営会議・課題推進者会議の運営、アウトリーチ活動の補佐、評価対策などの業務にあたる。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た。運営会議は主に slack などのコミュニケーションツールを用いて迅速な連絡ができるようにし、必要に応じて対面・オンラインの会議を開いた。課題推進者とリサーチアドミニストレーター、リサーチコーディネーターで構成される課題推進者会議を設置し、研究の進捗状況を共有した。オンライン・コミュニケーションツールを用いて、PM と課題推進者、および課題推進者間で迅速な意志疎通ができるようにした。対面・オンラインで報告会を開き、進捗状況を把握するとともに、研究方針に関する活発な議論を行った。

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

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、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するとともに、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、次年度からデータ収集を開始できるように決定した。モデルを構築するのに必要なデータ構造になっているか、モデル構築のプランとデータベースの基本構造に整合性を確認した。課題 2 と協働し、倫理審査申請・承認を得た上で、予備調査を実施した。

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

課題 3 と協働し、脳データのプロトコルの策定について国際的なスタンダードとなっている米国 Human Connectome Project の多施設疾患研究用プロトコルを採用した。該当プロトコルの画像データの前処理パイプラインを実施できる環境について構築を完了した。

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:次年度以降の軽重ミックスデータベース構築のための大規模調査の実施にむけた予備調査を行い、研究開発課題 1 で構築するモデルのプランとの整合性を確認した。他研究課題推進者らと協議を行い、実施期間、被験者セグメント、質問紙項目、取得する日常行動データ(経路サンプリング・行動データ)の種類など、実験デザインの設計を行った。データ収集アプリを作成し、倫理審査申請・承認を得た上で、予備調査を実施

し、5年後までに目標数を達成する見込みの妥当性を確認した。

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:「重」の脳画像データベースの内容を検討した。脳画像データ収集においては撮像する脳画像の種類・撮像パラメータが肝要であるが、オープンデータの質・撮像時間などを参照し、検討を行った。また、前処理方法に関しても日進月歩で様々な手法が提案されている。これに関しても情報収集を行い、妥当な手法の選択を行った。また、各項目の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、モデル構築の面からデータベースの構造を決定した。策定したデータ収集方法・撮像する脳画像の種類・撮像パラメータが、研究開発課題1で構築するモデルのプランと整合性があり、モデルを構築するのに十分なデータを含んでいること、疾患を層別化した方法(Hierarchical supervised/unsupervised learning)で、健常者を層別化するのに十分なデータを含んでいることを確認した。

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 脳の状態遷移の可視化

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、極性間の状態遷移を表現するために、極性付き8状態(ABCD±)のテンプレート数に増やすことを行った。

② 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状態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、10Hz 以上で状態遷移を検出するための内部処理の高速化を完了した。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検証する準備が完了した。脳の状態遷移を可視化するのに必要な情報をオンラインで取得できる仕様になっていることを確認した。

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:

① 生成モデルの基本的構成要素となる神経集団モデルに関する研究の文献調査により、モデルの数学的複雑さ、ダイナミクスとしての表現能力、生物学的解釈性、マルチ時間スケールの説明可能性(先行研究の有無)の観点から、6 種類の候補モデルの特徴付けを行った。計算時間やパラメータ最適化の実現可能性を重視し、Wilson cowan モデルを中

心に開発を進めることに決めた。

② データ駆動モデルについては、研究開発課題1で開発している脳状態可視化システムへの接続可能性と、脳の状態遷移の定量化という観点で、3つのモデル(pairwise maximum entropy model (pMEM)、hidden Markov model (HMM)、(modified) k-means clustering) の特徴をそれぞれ比較検討し、pMEM を本課題で採用することにした。また、システム同定アプローチによるデータ同化研究の概要を定めた。

以上の策定の過程で、生成モデルとデータ駆動モデルを組み合わせで、脳における非線形ダイナミクスのアトラクター間の遷移を定量化できる仕様になっていること、②データ同化・拡張法が許容される時間内で実行できる仕様になっていることを確認した。

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:

① 瞑想アプリへの仕様提案と改善

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で、瞑想アプリ開発のための仕様の提案およびアプリと連動した瞑想リテラシーを向上させるための情報蓄積の作業を実施した。これらの知見を、研究開発課題2の川島氏に提供した。

② 瞑想方法の選択基準検討の実施

瞑想の大切な要素は sati、すなわち注意を振り向けて十分に把握することと推定されるので、これが明確に伝わるかどうかを基準とする。また、基礎的修行を積んでいる熟練者に、被験者を引き受けていただくために、その被験者にふさわしい方のリストの作成を行った。

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:

① アプリ仕様策定

大規模介入実験で使用するスマートフォンアプリについて、そのアプリ仕様の策定を進めた。本プロジェクト内外の者数名にヒアリングを行い、アプリ仕様について要望やアイデアを収集した。挙げられた要望・アイデアをもとにアプリフローチャートを作成し、詳細な仕様案としてまとめた。これに対して課題推進者らによる評価を行い、プロジェクト全体の要件を満たすことを確認した。具体的には、①1回につき数百人規模の実験に耐える仕様になっているか、②介入前後の効果を測定可能なものとなっているか、③介入内容を個人の特性に応じて選択できるものになっているか、を確認した。さらに、画面デザイン案の作成を行った。

② 介入コンテンツ作成

アプリに実装する介入コンテンツの雛形を作成することに着手した。マインドフルネスに基づいた介入の一般的なプログラムをもとに指導内容の仮台本を作成し、これをもとに仮音源を作成した。また、専門のナレーターの選定準備を進めた。

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

プロジェクト発足時の PM 支援体制チームには、リサーチコーディネーターとリサーチアドミニストレーターを一名ずつ置いた。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り、リサーチアドミニストレーターは、運営会議・課題推進者会議の運営、アウトリーチ活動の補佐、評価対策などの業務にあたった。Slack を導入し、プロジェクト従事者間での重要事項等の迅速な連絡および活発な議論ができるように整備した。また対面・オンラインの会議を開催し、進捗状況を把握するとともに、研究方針に関する活発な議論を行った。リサーチアドミニストレーターの退職に伴い、組織を再編し、複数の PI やプロジェクト従事者で構成されるリサーチアドミニストレーターチームを編成した。今後はこのチームが中心となり、リサーチ・アドミニストレーターの役割を担う。

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、課題推進者の袁輪頤量が、9月27日から10月4日までインドのダラムサーラ、ビールに赴き、チベット仏教(金剛乗仏教=密教)における瞑想熟練者の実態を調査し、キーパーソンであるゾンサル・ケンツェ・リンポチェ師と面会し、来年度以降、熟練者研究において共同することに関して同意を得ることができた。10月13日には、心理学および神経科学分野で世界的にご活躍のスタンフォード大学 Brian Knutson 教授を招聘し、講演していただいた。また、11月29日には、ダライ・ラマ主治医の一人であり、瞑想の科学的な研究にも従事してきた Barry Kerzin 氏を招いて講演会を開催し、プロジェクト従事者に向けて集中的に講義を行い、瞑想についての理解が深まった。

ELSI に関しては、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。今年度は、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方策を決定した。1月23日には、同アトリエにおいて課題推進者会議を実施し、PMや課題推進者がアトリエ内を見学し、成果展示方法の具体的なアイデアについて検討を行った。

(3) 広報、アウトリーチ

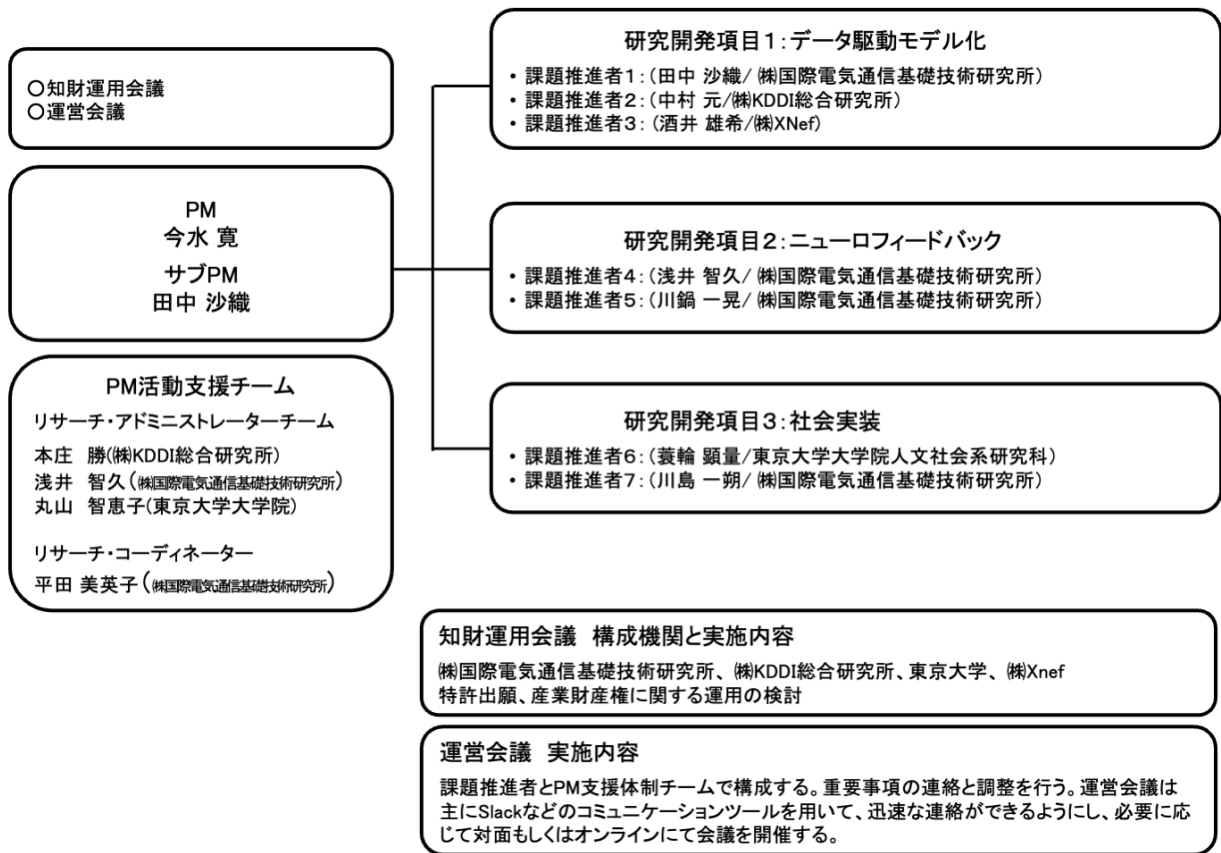
リサーチアドミニストレーターを中心に、ホームページの制作を行い、プロジェクトのロゴを策定して、2月にウェブサイトを公開した(<https://bicr.atr.jp/MS9/>)。

アウトリーチ活動としては、課題推進者(蓑輪顕量)とPM(今水寛)が、東京大学五月祭における講演会「マインドフルネスを切る～仏教学と脳科学からの研究最前線」(2022年5月14日東京大学本郷キャンパス-オンライン・ハイブリッド)に登壇し、研究紹介と対談を行った。また、今水PMが「次世代脳」プロジェクト 冬のシンポジウム 2022(12/14 オンライン開催)、日本マインドフルネス学会第9回大会(3/5 オンライン開催)にて招待講演を行い、本プロジェクトにおける取り組みをアピールした。

(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	3	0	3
口頭発表	0	0	0
ポスター発表	0	0	0
合計	3	0	3

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

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
0	0	0

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
2