



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

終了報告書

AIoTによる普遍的感情状態空間の構築と

こころの好不調検知技術の開発

中村 亨

大阪大学 大学院基礎工学研究科



1. 研究開発プロジェクトの実施概要

(1) 研究開発プロジェクトの概要

本研究開発プロジェクトでは、IoT (Internet of Things) 計測と AI (Artificial Intelligence) 技術の融合 (AIoT=AI×IoT) により、主観報告によらない動物種を超えた客観的かつ普遍的な感情状態空間の構築を目指す。具体的には、日常生活下 (フィジカル空間) での感情状態・変化に伴うヒト/動物モデル (ヒト疾患・病態モデルマウスなど) の複数生体情報等のセンシングデータに基づき、クラウド (サイバー空間) 上で、その瞬間の感情状態を高精度かつ実時間で推定可能な生体情報—感情状態マッピング技術を AI 等の機械学習/深層学習を援用し確立する。動物状態推定モデルとヒト状態推定モデルとの融合・可換性の検証等を通じて、サイバー空間上での動物種を超えた感情の普遍的表現「感情状態空間」の構築を行う。さらには、空間内での状態遷移動態に基づき、ヒトの心身の不調や変調、あるいは幸福やウェルビーイングといった活力ある状態 (好調) を検知・把握する技術の確立を目指す。具体的には、下記の研究開発項目を実施する。

研究開発項目1: AIoT によるヒト感情状態空間の構築 (令和4年度～令和6年度)

概要: ウェアラブルデバイス等の IoT 機器で取得する日常生活下での様々な感情と複数生体信号 (音声、連続身体活動量、心拍数、呼吸数等や計測時状況) を用いて、日内の感情状態とその変化を客観的に推定する AIoT を開発する。

研究開発項目2: 普遍的感情状態空間の構築 (令和4年度～令和6年度)

概要: 動物種を超えた普遍的感情状態空間の構築を目指す。疾患モデルマウスや感情応答を誘発する刺激条件下、あるいは薬剤投与等による変調を加えた状態での生体信号を計測し、ヒト計測データとの併用により、生物学的妥当性を有する普遍的感情状態推定器を構築する。

研究開発項目3: こころの好不調検知技術の確立 (令和5年度～令和6年度)

概要: 感情状態空間上での感情遷移や生体情報の動特性の解析に基づき、こころの好不調を検知・把握する技術を開発する。

(2) 研究開発プロジェクトの実施概要

令和6年度の各研究開発項目の実際概要を記載する。

研究開発項目1 (AIoT によるヒト感情状態空間の構築): 令和6年度は、日本語音声コーパス (声優100名による9種類の感情状態を模擬した合計6,800件の音声データ) を用いて、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) と自己注意機構を統合した音声感情推定モデルを構築し、感情推定の精度、多言語データへの適用可能性、および感情間の幾何学的関係性について検討した。また、患者の音声データを用いて、不安や抑うつなど6種類の感情・症状を推定可能なモデルを開発し、予備結果ではあるが、一致相関係数において0.451～0.554の性能を達成した。さらに、健常者を対象として身体活動および音声データ

から感情を推定するモデルを構築し、その成果を学術論文として公表するとともに、患者群(主に失感情症を含む心身症や精神疾患患者)の IoT 計測データを活用した内的状態推定モデルの開発にも着手した。これらの成果は、生体信号に基づいてリアルワールド環境下で複数の感情状態を推定する技術として、国際的に優位性を持つものである。また、「さりげないセンシング」や動物用デバイスを統合した IoT クラウドシステムも完成し、現在はその実証と社会実装に向けた拡張段階へと移行している。

研究開発項目2(普遍的感情状態空間の構築)： 令和 6 年度は、ヒト感情状態空間の構築およびその臨床医学的妥当性の検証を目的として、気分障害患者 11 名、不安症患者 3 名、失感情症群 28 名の計 42 名から 4 週間の追加データを取得した。これにより、当初予定していた 2 週間調査期間に換算すると、合計 104 名相当のデータ量を確保することができた。また、患者およびマウスの生体データ取得を進め、生体リズム変調の視点から解析に着手した。動物データ取得の遅延を補うため、既存のマウス啼鳴データを用いた解析を実施し、音声データを介した不安感情の種間普遍性に関する知見を得た。加えて、自閉症モデルマウスの啼鳴データ分類に関するチャレンジ課題を INTERSPEECH 2025 に提案し採択され、現在国際的な共同解析が進められている。一方、社会的敗北ストレスモデルにおいて取得した体温および活動量のデータ解析も開始している。

研究開発項目3(こころの好不調検知技術の確立)： 日常的なプレゼンティーズムと心身状態の関連要因を明らかにし、その成果を学術論文として報告した。この知見は、労働生産性向上のための具体的な介入対象の同定に寄与するものである。また、IoT クラウドシステムを活用した勤労者の睡眠脆弱性検知技術を開発し、モバイル技術による個人適合型介入を実施した結果、睡眠状態の改善を世界で初めて実証した。さらに、約 2 か月間のフィールド調査を通じて、就労者 158 名より計約 34,800 件(約 8,400 日分)の問診およびウェアラブル計測データを取得・解析し、不調状態への遷移を予測可能な指標を特定した。

(3) プロジェクトマネジメントの実施概要

本研究開発プロジェクトではサブ PM を配置し、PM を支援する体制を構築した。また、課題推進者らを含むプロジェクト運営委員会を立ち上げ、定期(年 4 回)・不定期での会議開催やサイトビジット等により適宜、情報共有・進捗管理を行ってきた。広報・アウトリーチでは、関連学会でのオーガナイズドセッション・シンポジウムの開催や産学官からなるコンソーシアでの活動紹介、会員企業との PoC の実施、研究成果に関するプレスリリースの発出等(本年度は、デジタルヘルスによる睡眠介入と日々のプレゼンティーズムに関するプレスリリースを行い各メディアで紹介)、本プロジェクトの活動・成果を広く周知する活動に加え、関連企業・団体等を巻き込んだ開発技術の社会実装を見据えた活動を積極的に行ってきた。一方、他プロジェクトとの連携として、MS9 内でのプロジェクト間・課題間連携に加え(今水 PJ、橋田 PJ)、未病検知という観点で類似性を有する MS2 との目標間連携等を PM として統括してきた。

2. 研究開発プロジェクトの実施内容

(1) 研究開発項目1: AIoTによるヒト感情状態空間の構築

研究開発課題1a: 多次元生体情報による感情推定技術の開発と臨床医学的妥当性評価

実施内容: 令和6年度は、感情状態空間の議論を深めるため、日本語音声コーパス(声優100名が9種の感情を模擬した6,800件のデータ)を用いた音声感情推定モデルを開発し、音声による感情推モデルの構築および多言語感情での汎用性の確認を行うとともに、感情間の幾何学的関係性を検討した。また患者音声データから、不安や抑うつなど6感情・症状を推定可能なモデルを構築した(予備結果:一致相関係数で0.451~0.554)。

課題推進者: 中村亨(大阪大学)

研究開発課題1b: 多次元生体情報による感情推定技術の開発と臨床医学的妥当性評価

実施内容: 令和6年度は、健常人を対象に取得されたデータセットを用いて、身体活動・音声データから対応する感情状態を予測するAIモデルを構築し、その知見を論文として公表した。同時に、患者集団(失感情症を中心とする心身症、精神疾患)から得られたIoT計測データ(音声・問診データ)を用いて予備的分析を行い、患者の内的状態(状態楽観性など)に関する予測モデルの構築に着手した。

課題推進者: 山本義春(東京大学)

研究開発課題2: 疾患患者を対象とした生体信号・感情計測

実施内容: 令和6年度は、昨年度に引き続き「ヒト感情状態空間」の構築およびその臨床医学的妥当性を検証するため、患者データの追加取得を実施した。今年度は気分障害患者11名、不安症患者3名、失感情症群28名の計42名を対象に、4週間の計測を行った。これにより、当初計画(2週間調査)換算で、気分障害患者26名相当、不安症患者10名相当、失感情症群68名相当、合計104名分に相当するデータ量を確保した。

課題推進者: 吉内一浩(東京大学)

研究開発課題3a: Translational IoTクラウドシステムの開発

実施内容: 本年度、マウス用デバイスの有効性を検証するため、自由行動下での長時間(数時間)覚醒状態計測を実施し、その実用性を確認した。さらに、橋田プロジェクトの分散管理機能との連携体制を構築し、その動作検証を行った。

課題推進者: 中村亨(大阪大学)

研究開発課題3b: Translational IoTクラウドシステムの開発

実施内容: 本年度、マウス用デバイスについては、中村らのグループとの協力により、プロトタイプの開発を完了した。これまで開発・改良を重ねてきたクラウドシステムを活用した、勤労者を対象とした大規模なサンプリング調査を実施した。

課題推進者: 山本義春(東京大学)

(2) 研究開発項目2: 普遍的感情状態空間の構築

研究開発課題1a: 普遍的感情状態推定技術の開発

実施内容: 令和6年度後半、患者とマウスのデータ取得がすすみ、生体リズムの変調という視点からそれらの解析に取り掛かった。

課題推進者: 中村亨(大阪大学)

研究開発課題1b: 普遍的感情状態推定技術の開発

実施内容: 動物のデータ取得が計画通り完了しなかったため、代替として既存のマウス啼鳴データを用いた解析を実施した。その結果、不安様感情に関しては、音声データを介して種を超えた普遍性の存在を示唆する知見を得た。また、内匠グループとの共同で、INTERSPEECH 2025 チャレンジ企画に自閉症モデルマウスの啼鳴データ分類に関する課題を提案・採択され、現在国際的な解析が進行中である。

課題推進者: 山本義春(東京大学)

研究開発課題2: 動物を対象とした生体信号・感情状態計測

実施内容: 社会的敗北ストレス(Social Defeat Stress: SDS)モデルのうつ発症過程を含む長期連続生体信号計測を完了した。また、マウス用ウェアラブルデバイスに関しても試行錯誤を経て、実用レベルまで技術的課題を克服した。

課題推進者: 内匠透(神戸大学)

(3) 研究開発項目3: こころの好不調検知技術の確立

研究開発課題1a: 感情遷移動態解析による好不調検知

実施内容: 令和6年度後半に患者およびマウスのデータ取得が進展し、その解析を開始した。一方、データ取得が行えない期間を利用して、日常的なプレゼンティーズムと関連する心身状態の要因を明らかにする研究を進め、その成果を論文として取りまとめた。

課題推進者: 中村亨(大阪大学)

研究開発課題1b: 感情遷移動態解析による好不調検知

実施内容: IoTクラウドシステムを用いた勤労者の睡眠を対象とした不調(脆弱性)検知技術、介入による好不調制御を実現した。また、約2か月間にわたるフィールド調査を実施し、就労者158名から計約34,800件(約8,400日分)の問診およびウェアラブル計測データを取得した。問診データの予備解析では、不調状態への遷移と関連する指標として、気分や心身症状の相関係数の上昇やサンプリング分散の増大といった特徴量を確認した。

課題推進者: 山本義春(東京大学)

3. 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

本研究開発プロジェクトでは、SPMを配置し、PMを支援し、かつ課題推進者へも含めプロジェクト全体について第三者的立場から意見・評価可能な体制をとっている。また、課題推進者のみならず、研究に関わる学生・研究者が参加可能な定期的な運営委員会を開催し、情報共有を行ってきた。

進捗状況の把握

例年同様、定期的にPM、SPM、課題推進者などから成る運営会議を開始し、進捗状況について報告を受け、その都度、方向性について相談をおこなった。また、プロジェクト間連携として、適宜、関係者との打合せを行った。

研究開発プロジェクトの展開

本研究開発プロジェクトの特徴は、各 PI グループが密接に連携し、プロジェクト全体として成果を挙げる体制を構築している点にある。例えば、中村 PI と山本 PI のグループでは、感情推定モデルの開発に際して、それぞれの成果を定期的に共有することで、推定精度の高いモデル構築を推進している。また、Translational IoT クラウドシステムの開発においても、山本 PI、内匠 PI、中村 PI が緊密に協力し、ヒト用システムのみならず動物用デバイスの共同開発を行ってきた。さらに、吉内 PI、中村 PI、山本 PI はヒトを対象とした調査の実施にあたり、計測システムやノウハウを共有し、プロジェクト全体として円滑なデータ取得が可能となる体制を整備した。データ取得が遅延した際には、既存データの解析に切り替えることで成果を出してきた。実際に2件のプレスリリースへと結びつけた。

また国際連携として、音声認識・音声解析の分野において国際的に高い評価を得ている Björn W. Schuller 教授(インペリアル・カレッジ・ロンドン)との共同研究および人的交流を積極的に推進した。さらに、既存データ(ASD マウスの鳴き声)を活用した国際会議におけるコンペティションを実施するなど、新規性のある取り組みも進めた。

ムーンショット目標2 合原プロジェクトとは、未病状態に関する数理モデルの構築・解析やデータ解析手法の確立について、現在、技術的な連携を含めて部分的な協業を行ってきた。

(2) 研究成果の展開

開発技術の市場ニーズ調査・ビジネス化を念頭に、調査会社の協力を得て、主に職域における類似・競合技術および既存ビジネスなどに関する市場調査を実施した。プロジェクト内および関連コンソーシアム[ヘルスケア AIoT コンソーシアム;産学官民の約100団体が参加。PMは、PoC部会の座長を務める]への参画企業間で情報を共有することで社会実装への取組を開始した。実際、生体情報に基づく感情LLM(Large Language Models)の開発やサービス化について、幾つかの企業と検討を進めている。

(3) 広報、アウトリーチ

関連学会[日本生体医工学会大会(2023年5月19日、名古屋)、日本心身医学会総会

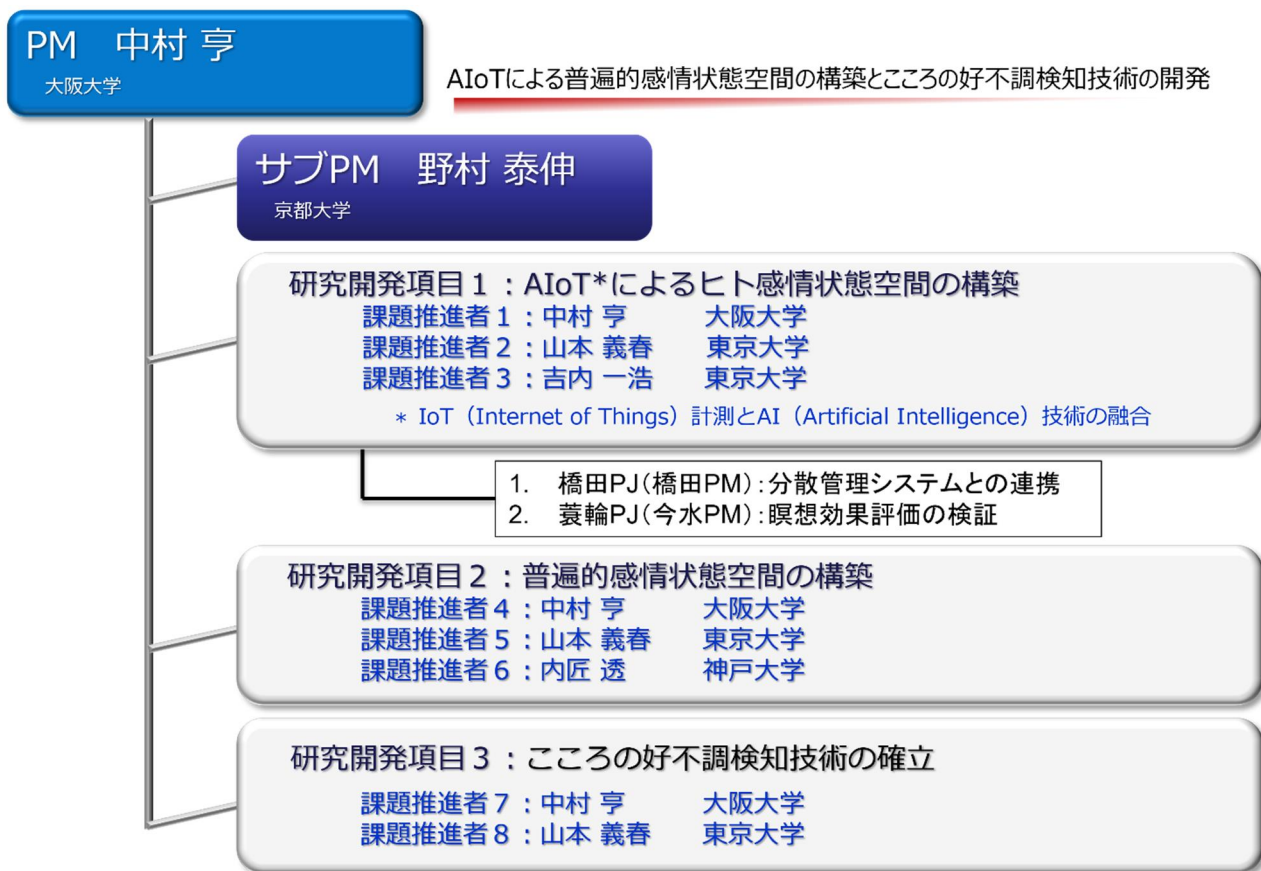
(2024年6月29日、東京)]において、本プロジェクトに関するオーガナイズドセッション・シンポジウムを開催し、本プロジェクトの活動・成果を関連分野研究者へ広く周知した。また、企業等との将来的な連携や開発技術の社会実装を見据え、PM らが運営に関わるコンソーシアの年次公開シンポジウムにおいて、プロジェクトの紹介を行った。また、職域における勤労者の睡眠改善介入、日々のプレゼンティーズムに及ぼす心身の要因同定に関するプレリリースを行い、その結果、多数のメディアで取り上げられた。

(4) データマネジメントに関する取り組み

日常生活下で取得された音声、身体活動、心拍データに、被験者自身の感情ラベル(他者によるアノテーションではなく、その場の状況も含む本人による多面的な感情評価)が付与されたデータは、affective computing 分野の発展にも国際的な価値がある。実際、外部研究者からのデータ共有・公開に関する問合せがあり、また内部関係者からも国際的なコンペティションへのデータ提供等の意見があった。しかしながら、専門家も含めた様々な意見を総合したところ、調査実施時の同意文書等の文面の曖昧さから、一般的な2次利用・公開には制限があった。そのため関係者と調整し、本年度実施した追加調査では、二次利用を前提とした同意を取得した。本データについては一定期間後に公開予定である。

一方、内匠が有すると共同で、神経学的に不安様状態が亢進したマウス(自閉症ヒト型モデルマウス)と野生型マウスの母仔分離時の超音波啼鳴データを分類出来るかという問題について、8月にRotterdamで開催される音声発話信号解析の主要学会であるINTERSPEECH 2025のチャレンジ企画に応募し、受諾された。現在では海外の複数の研究室で解析が進められている。本データ同様、SDSマウスのデータについても一定期間後の公開を想定している。

4. 研究開発プロジェクト推進体制図



知財運用会議 構成機関と実施内容

懸案事項が発生した際に PM、SPM、当該者による会議を実施。必要に応じて専門家（各大学/JST の知財関連など）に相談し、参加を依頼する。

運営会議 実施内容

PM、SPM、課題推進者から成る運営会議を年 4 回（3 月、6 月、9 月、12 月）開催。各 PI グループからの進捗報告、今後の計画等について報告・議論。

5. 研究開発プロジェクト成果

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	4	0	4
口頭発表	1	1	2
ポスター発表	0	0	0
合計	5	1	6

原著論文数(※proceedings を含む)			
	国内	国際	総数
件数	0	4	4
(うち、査読有)	0	4	4

その他著作物数(総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	0	1	1
書籍	0	0	0
その他	0	0	0
合計	0	1	1

受賞件数		
国内	国際	総数
0	0	0

プレスリリース件数
2

報道件数
0

ワークショップ等、アウトリーチ件数
1