



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

2025 年度版

感覚刺激による

互惠的利他性変容技術の開発

天野 薫

東京大学 大学院情報理工学系研究科



【目 次】

感覚刺激による互恵的利他性変容技術の開発	1
PM：天野薫（東京大学 教授）	
視聴覚刺激による互恵的利他性基盤（意欲）の変調	3
課題推進者：西村幸男（東京都医学総合研究所 脳機能再建プロジェクト プロジェクトリーダー）	
視聴覚刺激による互恵的利他性の変調	5
課題推進者：中井智也（株式会社アラヤ 研究開発部 チーフリサーチャー）	
tFUS による心理状態変調の因果的検証	7
課題推進者：春野雅彦（国立研究開発法人情報通信研究機構 室長）	
汎化刺激設計に基づく社会実装	9
課題推進者：天野薫（東京大学 教授）	
ELSI 体制の確立	11
課題推進者：西堤優（情報通信研究機構 主任研究員）	

2025 年度研究開発プロジェクト実施報告書

【ムーンショット型研究開発事業・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・感覚刺激による互惠的利他性変容技術の開発】

PM：

【天野薫】（【東京大学】 【教授】）

1. 研究進捗状況と成果

2025 年度は、感覚刺激によって互惠的利他性に関わる心理状態を変容させるための研究基盤として、行動課題設計、脳活動予測モデル、介入実験、ELSI 体制の整備を並行して進めた。行動面では、相手の過去行動、将来の返報可能性、自己利益と相手利益の葛藤を組み込んだ「互惠的利他課題」の設計を進め、報酬構造、教示、フィードバック、行動指標を整理した。これにより、一方向的な利他選択ではなく、相互作用履歴に基づく協力・返報行動を評価するための実験プロトコルの基盤を整えた。

脳計測・解析面では、標準的情動喚起写真を反復呈示した fMRI データを用い、感情価・覚醒度の特徴量から脳活動を予測するエンコーディングモデルを構築した。2 名分の有効データを解析した結果、側坐核・尾状核を含む皮質下領域で 0.08～0.09 程度の予測精度が得られ、視聴覚刺激と報酬・動機づけ・社会的意思決定に関わる脳深部活動を結びつける解析基盤の実現可能性を確認した。また、個人的エピソードに関連する情動喚起動画では、腹側中脳活動や心拍・瞳孔反応の上昇が認められ、より強い主観的体験を伴う刺激設計の有効性が示唆された。

介入面では、収束超音波刺激を用いた脳活動モジュレーションの実施体制を整え、扁桃体や島皮質など社会行動に関わる脳領域を対象とした検証を進めた。その結果、情動表情検出や文脈に応じた金銭的不平等知覚に関わる行動指標を変調できる可能性が得られた。さらに、心理状態変容技術に特有の ELSI への対応方針を整理し、MS9 全体 ELSI WG との連携および社会的受容性に関する検討を開始した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

目標達成に最も寄与する成果は、互惠的利他性の評価系と、感覚刺激から脳深部活動を予測・変調する研究基盤を同時に具体化したことである。互惠的利他課題により、返報期待や相手の行動履歴を踏まえた意思決定を定量化する見通しを得た。加えて、情動特徴量に基づくエンコーディングモデルで脳深部領域における 0.08～0.09 程度の予測精度を確認し、個人化情動刺激や tFUS による意欲・情動ネットワークの調整可能性も示された。これらは、刺激設計、脳活動予測、行動評価、因果的介入を接続する次年度以降の中核基盤となる。

2) 代表的な論文

該当なし。

3) 代表的な特許

該当なし

2025 年度実施状況報告書（成果）

【ムーンショット型研究開発事業・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・感覚刺激による互惠的利他性変容技術の開発】

【視聴覚刺激による互惠的利他性基盤（意欲）の変調】

課題推進者：

【西村幸男】（【東京都医学総合研究所 脳機能再建プロジェクト】 【プロジェクトリーダー】）

1. 研究進捗状況と成果

(1) 意欲中枢の脳活動を予測するエンコーディングモデル構築

報酬系を最大限賦活する視聴覚刺激を生成するためには、視聴覚入力から報酬系の活動量を予測するエンコーディングモデルを構築する必要がある。本年度は、倫理委員会の承認を経て、実際のデータ取得を開始した。まず、標準的情動喚起刺激(OASIS・NAPS・NAPS-ERO)を見る際の全脳活動を、3名の健常男性を対象にfMRIを用いて計測した。刺激は快・中立・不快と評定される計1000枚を選出し、それぞれ3回ずつ提示(延べ3000枚)し、過去に見たことがあるか否かを判断してもらった。GLMsingleによって単一刺激に対するBOLD信号変化を推定したところ、視覚野では再現性のある活動が認められる一方、標的領域である側坐核や腹側中脳といった深部脳領域の賦活は限定的であり再現性も低かった。より強い主観的体験を引き起こすため、男性1名を対象に、個人的に高揚する動画刺激(私生活でのスポーツ場面)と高揚しない動画刺激を見せ、全脳活動・心拍数変化・瞳孔変化を同時記録した。個人的に高揚する動画を見ている際の腹側中脳活動・心拍数・瞳孔は、高揚しない動画を見る際よりも有意に高かった。これらの結果は、十分な高揚感を惹起できるような感覚刺激であれば、意欲中枢を賦活させることができることを示唆しており、本研究課題の実現可能性を支持する。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

個人的エピソードに関連する情動喚起刺激によって、心拍数や瞳孔径といった自律神経応答だけでなく、意欲中枢である腹側中脳を賦活させることができることを示した。「感覚刺激による意欲制御」という本研究プロジェクトの目的が、実現可能であることを示唆する重要な成果であると考えている。

2) 代表的な論文

特になし。

3) 代表的な特許

特になし。

2025 年度実施状況報告書（成果）

【ムーンショット型研究開発事業・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・感覚刺激による互惠的利他性変容技術の開発】

【視聴覚刺激による互惠的利他性の変調】

課題推進者：

【中井智也】（【株式会社アラヤ 研究開発部】 【チーフリサーチャー】）

1. 研究進捗状況と成果

本研究課題の目的は、視聴覚刺激によって他者への共感や協力行動、すなわち互恵的利他性に関わる心理状態を変化させる手法を確立することである。プロジェクト初年度である 2025 年度は、次年度以降の本格的な fMRI 実験およびエンコーディングモデル構築に向けた研究環境整備を中心に実施した。

まず、本研究計画に関する実験手続きを東京大学の倫理審査委員会に申請し、承認を得た。申請にあたっては、「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」および日本神経科学会「ヒト脳機能の非侵襲的研究」の倫理問題等に関する指針に基づき、fMRI 実験に関わる安全性、刺激内容の倫理的妥当性、研究参加者への説明・同意手続き、脳画像データの取扱いについて整理した。また、研究参加者への説明文書、同意書、実験手順書等の関連書類を準備した。これにより、次年度以降に fMRI 実験を実施するための倫理的・実務的準備が整った。

解析面では、既存の fMRI データを用いて、互恵的利他性に関連する脳深部領域におけるエンコーディングモデルのプロトタイプ構築を進めた。当該データは、1000 枚の情動喚起写真を各 3 回提示する fMRI 実験を 5 日間にわたって実施したものであり、2 名分のデータを解析した。BIDS (Brain Imaging Data Structure) に準拠したデータフォーマットを整備し、fMRIPrep による前処理を実施した。これにより、次年度以降に取得する fMRI データにも適用可能な解析パイプラインの基盤を整えた。

さらに、視覚刺激に付随する感情価 (valence) および覚醒度 (arousal) の 2 次元特徴量を用いて、L2 正則化付き線形回帰による脳活動予測モデルを構築した。モデル構築に用いていない独立データに対して予測精度を評価し、CIT168 atlas および Harvard-Oxford atlas を用いて皮質下領域ごとの平均予測精度を算出した。その結果、両半球の側坐核および尾状核において比較的高い予測精度が得られた ($r = 0.06 \sim 0.09$)。一方で、大脳皮質領域ではより高い予測精度が得られたことから、皮質下領域の活動予測には特徴量設計や ROI 設定の高度化が重要であることが示唆された。

現在、同じデータを用いて、人工ニューラルネットワークから抽出した視覚特徴量に基づくエンコーディングモデルの構築を進めている。これにより、次年度以降に開発する最適視聴覚刺激生成システムの実装に接続することを目指している。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

2025 年度は、既存 fMRI データを用いた予備解析により、視聴覚刺激に付随する情動特徴量から、互恵的利他性に関連する皮質下領域の活動を一定程度予測できることを確認した。特に、側坐核および尾状核において比較的高い予測精度が得られたことから、視聴覚刺激と報酬・動機づけ・社会的意思決定に関わる脳領域の活動を結びつけるエンコーディングモデル構築の実現可能性が示された。本成果は、次年度以降に開発する最適視聴覚刺激生成システムの基盤となるものである。

2) 代表的な論文

本年度は論文を発表していない。

3) 代表的な特許

本年度は特許を出願していない。

2025 年度実施状況報告書（成果）

【ムーンショット型研究開発事業・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・感覚刺激による互惠的利他性変容技術の開発】

【tFUS による心理状態変調の因果的検証】

課題推進者：

【春野 雅彦】（【国立研究開発法人情報通信研究機構】 【室長】）

1. 研究進捗状況と成果

本年度は収束超音波刺激を用いた脳活動モジュレーションをヒトおよび動物で実施するためのセットアップを確立し、利他行動をはじめとする社会行動に広く関与することが示唆される扁桃体や島皮質の刺激実験を行った。その結果、顔の情動表情の評価課題や文脈に応じた金銭的不平等知覚課題における行動パフォーマンスをモジュレート可能であることを示唆する結果を得た。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

ヒトの恐怖、幸福、中立の3種類の情動表情の写真を提示し、1秒以内にどの表情であったかを答える課題を用いてfMRIと収束超音波刺激を併用する実験を実施した。fMRIを撮像しながら情動表情検出課題を実施し、個人ごとにメタ解析から関与が示されている扁桃体中心核近辺の活動ピークを特定した。刺激群の被験者はこのピーク座標をターゲットに収束超音波刺激を、コントロール群の被験者は近傍の白質刺激を行った。次に両群の被験者に再度fMRIを撮像しながら情動表情検出課題を行わせた。その結果、刺激群ではコントロール群と比較して恐怖と幸福の情動表情検出の成績が低下した。また、この時、刺激群における中心核の活動が上昇し、中心核と島皮質の機能結合は低下していた。これらの結果は扁桃体中心核の収束超音波刺激により情動表情検出課題の成績をモジュレートできることを示唆し、今後の認知神経科学における因果性の証明における有効なツールとなりえることを示している。

2) 代表的な論文

特になし。

3) 代表的な特許

特になし。

2025 年度実施状況報告書（成果）

【ムーンショット型研究開発事業・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・感覚刺激による互惠的利他性変容技術の開発】

【汎化刺激設計に基づく社会実装】

課題推進者：

【天野薫】（【東京大学】 【教授】）

1. 研究進捗状況と成果

2025 年度は、社会的相互作用における互惠性と利他性を定量的に評価するための「互惠的利他課題」の設計を主な成果として進めた。課題では、他者への配分や協力選択が将来の相手からの反応・報酬に影響する構造を設定し、一方向的な利他行動だけでなく、相互の選択履歴を踏まえた利他的判断を観察できるよう検討した。具体的には、試行構造、参加者への教示、報酬・フィードバック条件、統制条件、行動指標、解析方針を整理し、実施時に取得すべき意思決定ログ等の項目を検討した。

また、課題が測定しようとする行動概念を明確化し、互惠性、利他性、期待形成、相手の行動に対する反応性を区別して評価できる設計案を作成した。現時点では最終版として固定せず、研究目的との整合性、参加者への分かりやすさ、取得データの解釈可能性、倫理面・公開可能性の観点から改訂を継続している。これにより、今後の実施と妥当性検証に向けた基盤を整備した。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

目標達成に最も寄与する成果は、互惠的利他性を実験的に扱うための課題設計を具体化したことである。従来の単発的な利他的選択では捉えにくい、相手の過去の行動や将来の応答を踏まえた意思決定を評価対象とし、協力・非協力の選択、報酬配分、フィードバック、反復試行を組み合わせた設計案を整理した。これにより、互惠的利他行動の成立条件や個人差を検討するための実験プロトコル作成に向けた見通しが得られた。

2) 代表的な論文

該当なし。2025 年度は課題設計段階の成果が中心であり、本成果に直接対応する代表的な査読付き論文は未公表である。今後、課題の妥当性検証および取得データの解析結果を整理したうえで、論文化を検討する。

3) 代表的な特許

該当なし。2025 年度時点で、本成果に直接対応する公開可能な代表的特許はない。

2025 年度実施状況報告書（成果）

【ムーンショット型研究開発事業・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・感覚刺激による互惠的利他性変容技術の開発】

【ELSI 体制の確立】

課題推進者：

【西堤 優】（【情報通信研究機構】 【主任研究員】）

1. 研究進捗状況と成果

本年度は、本プロジェクトの研究開発とムーンショット目標 9 全体 ELSI ガイドラインとの整合性を確認するとともに、心理状態変容技術に特有の ELSI への対応方針について整理を行った。また、持続的に運用可能なリスクマネジメント体制の構築を目的として、MS9 全体 ELSI ワーキンググループ (WG) のメンバーとして活動を開始し、参加委員との連携体制を整備した。さらに、WG における議論内容や助言を本プロジェクトへ適宜フィードバックし、研究開発および将来的な社会実装の双方に反映させるための体制構築を進めた。

さらに、本プロジェクトが目指す、心的状態変容技術の開発および社会実装に関する倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) を分析・検討するため、2026 年 3 月に開催された Persuasive Technology 2026 に参加し、新技術に対する社会的受容性について倫理的観点から考察を行うとともに、様々な研究開発者やその ELSI に携わる研究者らと意見交換を行った。

2. 代表的な成果事例

1) 目標達成に最も寄与する成果

Yu NISHITSUTSUMI, “Technology Acceptance and Autonomy: How Should We Understand Technologies That Transform the Mind?”, The 1st International Workshop on Trust and Blame in Social Agents, Persuasive Technology 2026, Hakodate (Japan), 03/2026. (招待あり)

本発表では、新技術が社会に受容される過程について、哲学的・倫理的観点から検討した。特に、技術の受容と自由 (自律性) との関係に着目し、技術が、判断や意思決定、感情や動機づけに及ぼす影響を整理した。そのうえで、今後開発・社会実装が進むと考えられる「心のあり方」そのものを変容させる技術について、従来の技術受容論とは異なる倫理的・社会的課題を有することを明らかにし、その適切な評価に必要な論点を提示した。本成果は、本研究が目指す新技術の社会実装に向けた ELSI 上の課題整理に先立ち、技術受容や自律性、心理的影響といった主要な論点を整理するものであり、その点で本研究の推進に寄与するものである。

2) 代表的な論文

なし。

3) 代表的な特許

なし。