

目標9 研究開発プロジェクト

# 「脳指標の個人間比較に基づく福祉と主体性の最大化」

Newsletter

01

プロジェクト概要

さまざまな政策の評価は、主に費用便益分析のような金銭ベースの手法によってなされていて、人びとの主観的な「幸せ」は科学的な基礎をもって考慮されてはいないという現状があります。本研究開発プロジェクトは、それぞれの政策によって実現される人びとの「幸せ」を科学的に集約可能にすることで、さまざまな政策が真に人びとの「幸せ」の増大に繋がる社会を実現しようというものです。特に、少子高齢化や過疎化への対応として国内外で多くの試みがなされているスマートシティの一丁目1番地とも言われるモビリティ政策の評価に、人びとの「幸せ」の度合いが用いられるようになる未来の社会像を想い描いています。人びとの「幸せ」については、古今東西の哲学者が繰り返し議論してきましたが、本プロジェクトでは、著明な規範経済学者であるアマルティア・セン教授の提案する“福祉” (Well-being) と“主体性” (Agency) に注目します。

時代に即した“福祉”と“主体性”を、社会科学的アプローチにより特定するとともに、仮想現実 (VR) 技術を活用して人びとの主観的な“喜び”と“志”とに反映させます。そして、最先端の神経科学や計算科学のアプローチを駆逐することで脳活動から、“喜び”と“志”を個人間比較可能な、したがって社会的に集約可能な形で読み取る技術を開発します。この技術により、スマートシティのモビリティをどのような形で実現すれば、そこに生活する多様な人びとそれぞれがどのくらいの“喜び”と“志”を見出すことができるかを正確に予測・集約することができるようになるはずですし、モビリティ革命に関連するさまざまな産業の発展を促す波及効果も期待されます。



プロジェクトマネージャー(PM)  
松元 健二  
玉川大学 脳科学研究所 教授



## ロゴマークについて

5つ研究開発項目が連携・融合することで本プロジェクトを推進する様を、5色のグラデーションによる一筆書きで描いた脳とハートで表しています。脳が生み出す心(ハート)の中の街のイラストは、仮想的な未来社会による「幸せ」の体験を表しています。その「幸せ」が現実になるのは、本プロジェクトで特定する“福祉”と“主体性”を最大限に実現した社会が人びとを守っている状態であることを、脳をカバーするように配置したWell-being & Agencyの文字で表現しています。

## CONTENTS

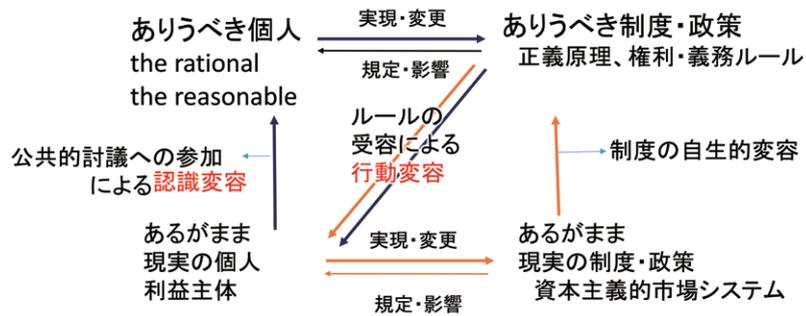
- 01 プロジェクト概要
- 02 研究開発課題 1-1・1-2 紹介
- 03 研究開発課題 2-1・3-1 紹介
- 04 研究開発課題 3-2・3-3 紹介
- 05 研究開発課題 4-1・FOCUS
- 06 研究開発課題 4-2・5-1 紹介

## 1-1

### ■ 規範経済学手法による福祉と主体性関連ワード絞り込み

詩人エミリー・ディキンソンほど、外出の喜びを広く深く捉えた人はいなかった。「歓喜とは出て行くこと / 内陸の魂が大海へと、/ 家々を過ぎ——岬を過ぎ—— / 永遠の中へと深く——」。実際には彼女は、雪深い地で家から一歩も出ることなく半生を過ごしたという。本研究課題の目的は、個人々の＜出入り自由な＞ケイパビリティを捉えることにある。個人のケイパビリティは、本人が選ぶことのできる福祉(well-being)の束と、主体的に選ぶことを妨げられない自由から構成される。はたして、人は地域において、施設において、組織において、どれだけ出入り自由であり得るのだろうか。いつでも外に出かけられる、いつでも家に戻って来られる、安心して出入りできるケイパビリティを享受しているのだろうか。個人間での相互性ケイパビリティ、都市全体のシティ・ケイパビリティの測定方法の開発をも試みたい。

ロールズ正義理論とセン経済学の接続



研究課題推進者(PI)  
後藤 玲子  
帝京大学 経済学部 教授

## 1-2

### ■ 計算社会科学手法による福祉と主体性の主要軸の特定

福祉と主体性の概念は規範経済学において精緻に理論化されてきた概念であると同時に、人々が自己評価や道徳的評価に日常的に用いる概念でもある。そのため、理論的に提案された概念は、現実社会での用法と照合して、再検討される必要がある。現実社会での人々の福祉や主体性についての考え方を知らるためには、従来社会科学で用いられてきたサーベイに加えて、計算社会科学の方法により、大規模テキストを分析することが有効である。言葉の用いられ方には人々の意識的な考えはもちろん、必ずしも意識されない考え方や思考法が反映されている。これらは人々の実践や行為と深く結びついている。そこで本プロジェクトでは、国会図書館の全文データや SNS データなどに対して大規模テキスト分析を用いることで、現実社会の人々の生きた考え方や、思考様式、ひいては行為や実践を捉えることを目指す。また、ヴィネット型テキスト実験により、福祉や主体性のいかなる構成要素が人々の道徳的評価を導き、さらには行為を促すのかについて因果的メカニズムの解明をも試みる。



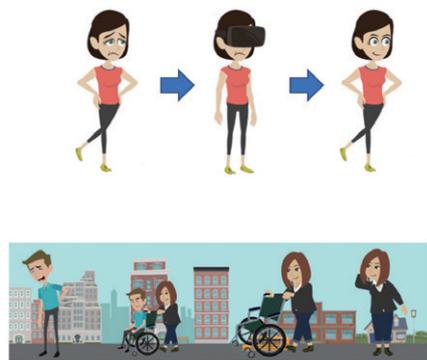
研究課題推進者(PI)  
瀧川 裕貴  
東京大学 大学院  
人文社会系研究科 准教授

## 2-1

## ■福祉と主体性の仮想体験による喜びと志の発見支援

人は自らの意志で主体的に行動を決定し、社会活動を行う中で喜びを感じる。主体性、自らの志、意志決定、喜びの間に存在する強い相互関係がポジティブなループとなることで、より良い社会活動を生み出す源泉となる一方で、一つの要素が欠けることで全体が崩れて行くことも容易に起こりえる。本研究項目では、福祉と主体性の観点から個人の主観的な喜びや志を最大化するための方策として、バーチャルリアリティ(VR)技術を活用した仮想体験の創出システムの実現を目指す。モビリティ体験における志と喜びの相互関係のモデリング、個人の福祉・主体性に結びつくような喜び・志を発見するための数理的方法論の確立、個人の体験の最適化からグループ全体の体験の最適化を議論する枠組みの構築などの研究課題を通じて、AIシステムによるサービスに依存するのではなく、自らの意志で主体的に社会活動を営む喜びの支援システムを実現する。

また、スマートシティを社会実装する際のウェルビーイング向上方策をシステム工学的に議論する土壌の形成や、脳科学の知見との融合による人の主観の推定技術の確立などの応用を目指す。



研究課題推進者(PI)  
**稲邑 哲也**  
国立情報学研究所  
情報学原理研究系  
准教授

## ヒト脳指標による喜びと志の個人間比較技術開発

## 3-1

## ■ヒトMRIによる喜びと志の脳指標取得と個人間比較

私たちの住む社会を自由で公正なものにしていくためには、各政策の集団・社会レベルでの「良さ」を測る必要がある。しかしこのような指標は、異なる人びとのウェルビーイングを比較する方法がないと、うまく作れないことが知られている(アローの不可能性定理)。また、行動データのみに基づく古典的な手法では、ウェルビーイングの個人間での比較はできないとされている。

本研究では、多様な生理指標やfMRIによる脳計測、最新の機械学習によるデータ解析を組み合わせ、ウェルビーイングを個人間比較可能なかたちで測定する手法を提案する。人文・社会科学における既存のウェルビーイング研究とのつながりを強く意識することで、規範的に意義のある自然科学的手法の構築を試みたい。

個人間比較可能なウェルビーイングの指標は、幅広いシチュエーションでの利用が見込まれる。本プロジェクトでは特に、哲学者、社会学者、工学者、神経科学者の連携により、スマートシティにおけるモビリティ政策の評価への応用を目標としている。

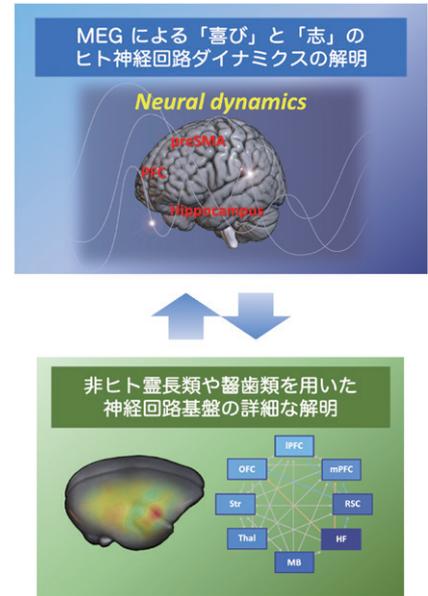


研究課題推進者(PI)  
**松森 嘉織好**  
玉川大学 脳科学研究所  
特別研究員

## 3-2

## ■ ヒトMEGによる喜びと志の神経回路ダイナミクス

MEG (magnetoencephalography) は、神経細胞活動に伴って発生する磁界（磁場）の強さそのものを頭皮上から非侵襲的に計測する手法である。近年は脳深部を含む広範な脳領域からの信号計測が可能となっており、「喜び」・「志」の個人間比較に有用である。本研究課題では、MEGを用いてヒトの「喜び」・「志」の脳指標生成の脳回路ダイナミクスを高時間分解能で調べる。ヒトにおける「喜び」と「志」の脳指標が生成される神経回路システムを、ヒトMRIおよびヒト神経細胞活動計測による研究課題と連携することにより解明する。そして「喜び」と「志」の神経回路システムの詳細な動作メカニズムを、非ヒト霊長類や齧歯類を用いる研究課題と連携することにより因果性を担保しながら解明する。さらに、人文・社会科学分野の成果に基づく「喜び」と「志」の発見を支援するモビリティ仮想体験システムを他の研究課題と共同で開発する。これを用いて、脳活動から定量化した「喜び」と「志」の集約に基づく政策指標の妥当性を、自然科学的に基礎付ける。多様な人々を含むコミュニティにおいて「喜び」と「志」の脳指標の集約を実現するため、気分障害患者やギフテッドの特徴を有する人々（発達障害グレーゾーン）も対象とする。

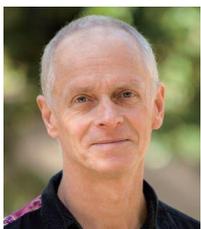


研究課題推進者(PI)  
**松元 まどか**  
国立精神・神経医療  
研究センター  
精神保健研究所 室長

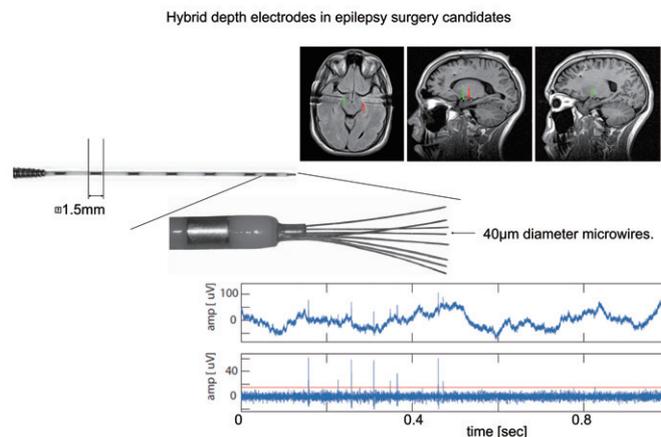
## 3-3

■ 2023年度開始予定  
「メカニズムデザインおよびヒト神経細胞活動による喜びと志の計測」

喜びや志に関わると考えられる前頭葉や側頭葉のさまざまな脳領域に電極が埋め込まれたてんかん患者から神経細胞活動を記録・解析し、各脳領域に喜び・志の脳指標生成に関わるどのような情報がどこまで分解されて表現されているかを明らかにする。得られる結果を研究開発課題3-1および3-2に提供し、喜び・志の脳指標の精緻化、関連する脳回路ダイナミクスのメカニズム解明に資する。さらに研究開発項目4で得られる霊長類の脳における効用表現と比較することにより、ヒトの喜び・志に特異なメカニズムの有無を検討する。



研究課題推進者(PI)  
**Ralph Adolphs**  
California Institute of  
Technology  
Bren Professor  
of Psychology,  
Neuroscience, and  
Biology



## 4-1

## ■ 効用の神経活動表現と報酬の主観的価値の神経活動表現の照合

ヒトの価値観・主体性は、脳の活動から生まれる。この仕組みを理解し、多様なヒトの主観を客観的に評価し、集約するためには、個体の主観を表現する詳細な脳の仕組みを明らかにすることが大切である。しかし、ヒトの脳を用いてそれらの主観を生み出す詳細な仕組みを明らかにする事は簡単ではない。そこで、ヒトに最も近い実験動物のマカクザルを用いることで、ヒトの非侵襲脳機能イメージングでは測定不可能な神経細胞活動を測定し、ヒトにおける効用の脳指標およびその個体間比較の妥当性を検証する。測定された神経細胞活動から個体の主観を再現する技術(デコーディングと呼ばれる)を用いるとともに、「ヒト脳指標による喜びと志の個人間比較技術開発」で得られた所見と比較検討を行う。このヒトとサルの種間比較を積極的に進めることで、ヒトに備わった多様な主観を客観的に評価するための科学的な枠組みを構築し、多様な価値観を評価するための生物学的な証拠を見つける。



研究課題推進者(PI)

山田 洋

筑波大学 医学医療系  
准教授

## FOCUS

## 神経細胞の活動から個人の価値判断を予測する ～プロスペクト理論が脳で実現される仕組みをサルで説明～

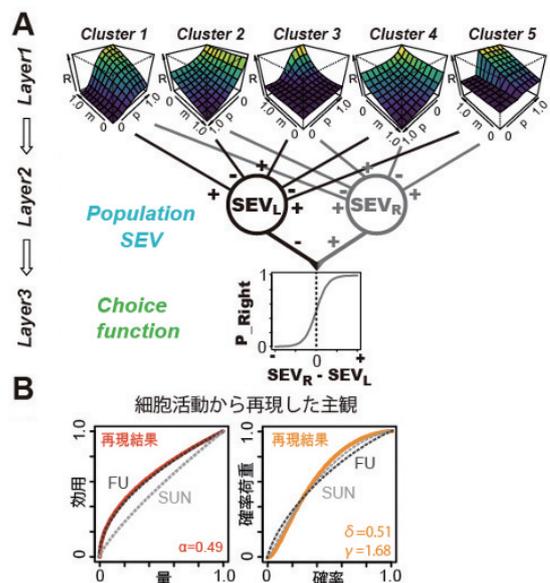


研究代表者

山田 洋 准教授 筑波大学 医学医療系      坪 泰宏 准教授 立命館大学 情報理工学部

伝統的な経済学では、ヒトは合理的な判断に基づき行動することを前提に理論が組み立てられています。しかし、実際のヒトの行動はそうではありません。例えば、宝くじの1等の当選確率は極めて低いのに、当たるかもしれないと思ってつい買ってしまいがちです。また、1万円持っていて2万円を得るのも、100万円を持っていて2万円を得るのも、利得は同じ2万円ですが、1万円から2万円増えた方が大きな価値があるように感じます。このように、主観的な感じ方は客観値からずれることが多いのです。ヒトが完全に合理的でなく、不合理であると行動経済学で言われる所以です。

経済行動に関するこうしたヒトの主観的な価値観を普遍的に説明するのが、経済学のプロスペクト理論です。ノーベル経済学賞を受賞したこの理論は、ヒトの価値判断行動を良く説明する理論ですが、合理的とは言えない主観が、脳の神経細胞の活動からどのように生まれるのかについては、全く分かっていませんでした。このようなヒトの主観に関わる価値観が生まれる脳の仕組みをサルを用いて調べたのが今回の研究です。本研究の成果により、脳の神経細胞の活動を測定することにより、個人の感じる主観を客観的に測定・評価することが可能となりました。



## 4-2

## ■報酬の主観的価値の神経活動表現の霊長類—齧歯類間比較と個体間比較

報酬とは、それを獲得したり消費したりすることで、私たちが充足を感じることでできるもの全般を指す。それは行動の生起頻度に変化をもたらし、適応的な行動が成立するための基礎となるだけでなく、喜びなどの快情動と結びつくことで、われわれの幸福を構成する中核をなすものである。報酬は外的刺激のもつ客観的な特性だけでは決まらず、動物の内部状態(ヒトの場合には価値観も含む)に大きく左右される主観的なものである。本研究開発課題では、ヒトと近縁性の高いマカクザルを用い、価値低減操作や神経回路操作といった手法を駆使しながら、複数の脳領域から多数の神経細胞活動を同時計測・解析することで、階層的に処理される報酬の主観的価値の精細な神経表現を明らかにすることを目指す。そして、そこで得られた知見を、ヒトを対象とした他の研究開発課題に提供し、報酬の主観的価値と効用の神経システム表現の照合に資する。また、げっ歯類を対象とした研究開発項目5により得られる、神経システムにおける報酬の主観的価値表現の結果とも比較することで、報酬価値表現の種間における共通点と相違点について検討する。



研究課題推進者(PI)

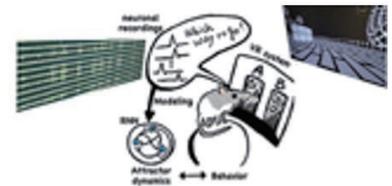
小口 峰樹

玉川大学 脳科学研究所  
特任准教授

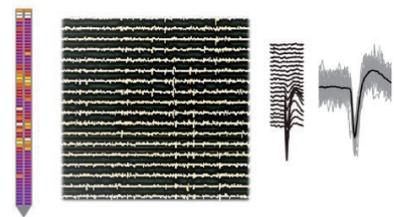
## 5-1

## ■神経細胞活動の網羅的計測による報酬の主観的価値表現の神経システム解明

げっ歯類に報酬を条件づけし、複数の皮質領野及び皮質下脳領域から多数の神経活動を同時計測・解析することで、脳の全体的なシステムとしての報酬の価値表現を明らかにする。多数個体にシステマティックな報酬の制限を加え、報酬に対する主観的価値を変化させることで、報酬の神経活動表現の個体内変化を確認し、また、主観的価値と相関する神経活動を抽出し、その個体間比較の妥当性を検証する。また、これらの神経活動の光遺伝学的な操作によって主観的価値を操作することで、主観的価値の個体間比較に因果性を持たせる。得られた報酬の主観的価値表現についての所見を研究開発項目4に提供し、報酬の主観的価値の神経システム表現の種間比較の検討に資する。実験及び解析についての技術面でも共通するところの多い研究開発項目4と緊密な連携体制を取る。また、報酬に対する欲求、主体感に関しては、研究開発項目3とタイアップし、ヒトとげっ歯類で比較可能な仮想空間での課題を確立、課題実行時の神経活動を詳細に記録することを目指す。本研究開発課題の狙いは、本研究開発プロジェクトに通底する脳システムメカニズムを統計的・因果的に裏打ちすることである。



ラットVRを利用した行動課題



Neuropixelsによる神経活動記録



研究課題推進者(PI)

田中 康裕

玉川大学 脳科学研究所  
准教授