

平成 28 年度 委託研究開発成果報告書

I. 基本情報

- 事業名 : (日本語) 脳科学研究戦略推進プログラム
(英語) Strategic Research Program for Brain Sciences
- 研究開発課題名 : (日本語) 柔軟な意思決定の基盤となる神経回路に関するヒトと非ヒト科霊長類を用いた統合的研究
(英語) Integrative studies on neural circuit basis of flexible decision making in humans and nonhuman primates
- 研究開発担当者 所属 役職 氏名 : (日本語) 国立大学法人京都大学 大学院医学研究科 教授 伊佐 正
(英語) Kyoto University, Graduate School of Medicine, Professor, Tadashi Isa
- 実施期間 : 平成 28 年 11 月 1 日 ~ 平成 29 年 3 月 31 日
- 分担研究 開発課題名 : (日本語) ヒトを対象とした柔軟な意思決定に関わる神経回路の理解と操作
(英語) Elucidation and modulation of neural circuits for flexible decision-making in human
- 分担研究 開発課題名 : (日本語) 二個体行動計測によるコミュニケーション行動の解析指標の開発とその神経表象のモデル化
(英語) Development of a method for evaluating the face-to-face communication through simultaneous measurements of two individuals and modelling of their neural representation
- 研究開発分担者 所属 役職 氏名 : (日本語) 自然科学研究機構生理学研究所 教授 定藤規弘
(英語) National Institute for Physiological Sciences, National Institutes of Natural Sciences, Professor, Norihiro Sadato
- 分担研究 開発課題名 : (日本語) 二個体行動計測法の開発
(英語) Development of a method for simultaneous measuring behaviors from two individuals

研究開発分担者 (日本語) 学校法人玉川学園 玉川大学 脳科学研究所 特任准教授 高橋 宗良
所属 役職 氏名: (英語) Tamagawa University, Brain Science Institute, Adjunct Associate Professor,
Muneyoshi Takahashi

II. 成果の概要 (総括研究報告)

【日本語】

高橋英彦准教授 (京都大学 大学院医学研究科)、神谷之康教授 (京都大学 大学院情報学研究科)、定藤規弘教授 (生理学研究所)、高橋宗良特任准教授 (玉川大学) らのグループとともに、柔軟な意思決定、特に (1) ゴールが次々と変わるような新しい環境で探索的に利益を得ていく意思決定の脳内過程や、(2) ハイリスク (エフォート) ハイリターンか、それともローリスク (エフォート) ローリターンをとるか、報酬と罰のバランスをどのように選択するのかという意思決定の基盤となる脳内過程、(3) ヒトの社会的相互作用中の意思決定の脳内過程の解明を目指し、実験課題の作成・実験環境の整備を行い予備実験を開始した。また、意思決定の状態 (モード) を脳活動からデコーディングする準備として、行動データをもとに意思決定の状態を定量的な評価方法をこれまでの実験で取得したサル行動データを用い開発した。

(1) ゴールが次々と変わるような新しい環境で探索的に利益を得ていく意思決定の脳内過程

新しい環境で探索的に利益を得ていく意思決定について、伊佐 G が過去に取得してきたサルの行動データを用い神谷 G が予備解析を行った。神谷 G では探索・搾取のモードを脳活動から解読 (デコーディング) することを予定している。2016 年度はそのための準備として、行動データから意思決定のモードを定量的に評価する方法を開発した。複数の強化学習モデルを行動データにあてはめ検証し、また、行動選択の搾取度合いを反映するパラメータの抽出を行った。

(2) ハイリスク・ハイリターンかローリスク・ローリターンのどちらをとるか、報酬と罰のバランスをどのように選択するのかという意思決定の基盤となる脳内過程

霊長類を対象とした研究では選択課題を作成し予備的行動実験データを取得した。また、本プロジェクト以前から着手していたヒトのみを対象にした fMRI 研究で、ギャンブル依存症患者ではハイリスク・ハイリターンとローリスク・ローリターンの戦略を切り替えが不得手で、その神経基盤を明らかにした。この課題を参考に伊佐 G・高橋 G でサルとヒトでコンセプトを同じにした認知・行動課題の作成を行った。

(3) ヒトの社会的相互作用中の意思決定の脳内過程

二者が対面して協調的な行動を取った際に起こる不随意的な体動の同期変化を計測する行動実験手法を確立し、予備実験により協調行動後の同期の上昇を確認した。また、被験者の向社会性の個人差を把握するために、質問紙とゲーム課題によって社会的価値志向性などを測定する PC プログラムを作成し、予備実験参加者からデータを取得した。そして、fMRI 脳波 2 個体同時計測の実施準備として、MRI 装置内で利用できる脳波装置を設置し、MRI との同時計測に向けた最適化を行った。課題を最小にした見つめ合い状態における 2 個体間の相互作用に関連する領域を、fMRI を用いた 2 個体同時計測により描出した。超高磁場 (7 テスラ MRI) を用いた高精度拡散強調画像取得のための multi-shot EPI sequence

を導入した。撮像時間短縮と高信号取得を目指して高速撮像ソフト（マルチバンド法）を導入し、最適化を行った。BOLD 信号を高精度で捉えるための multi-echo 法との組み合わせを検討した。

また、拠点長として PS, PO と連携し 2017 年 1 月 13 日(金)にキックオフ会議(第一回分科会)を開催した。本会議ではグループ全体の達成目標について共有し、研究代表の先生方にそれぞれ未発表データを発表いただき課題内容・現状の把握に努めた。

【英語】

In this research program, we focus on neural mechanism for three types of flexible decision making; (1) decision making for exploring the benefits, when they faced a new environment or their goal changes frequently, (2) decision making for taking high-risk/high-return or low-risk/low-return choices, or how to balance the choice between reward and punishment, and (3) decision making in social interaction. We completed preparation for experiments and started preliminary experiments for elucidating the neural mechanism of these decision making strategy. As a preparation for decoding analysis, using behavioral data from monkeys that had been acquired in previous experiments, we developed a method to quantitatively define/characterize the state (mode) of decision making based on behavioral data. These experiments were conducted together with Dr. Hidehiko Takahashi (Graduate School of Medicine, Kyoto University), Dr. Yukiyasu Kamitani (Graduate School of Informatics, Kyoto University), Dr. Norihiro Sadato (NIPS) and Dr. Muneyoshi Takahashi (Tamagawa University).

(1) Decision making for exploring the benefits, when the subjects faced a new environment or their goal changes frequently

Using behavioral data that had been acquired for previous experiments in Dr. Isa's group, Dr. Kamitani's group performed preliminary analysis. To quantitatively define the state (mode) of decision making based on behavioral data, they fitted several models of decision making and extracted parameters that are useful for characterizing how exploratory/exploitative individual choices in the task are.

(2) Decision making for taking high-risk/high-return or low-risk/low-return choices, or how to balance the choice between reward and punishment

We started preliminary experiments with macaque monkeys. Regarding human study, by developing a novel gambling task, we demonstrated that gambling disorders patients had difficulty in modulating their risk attitude depending on situations and its neural basis. Modifying this gambling task, we aimed to develop a behavioral task which can be comparable between human and macaques.

(3) Decision making in social interaction

We established a behavioral method to examine an increase of unconscious body-movement synchrony after the face-to-face cooperative behavior, and confirmed it successfully by pilot experiments. Also, we implemented several computer programs to measure individual difference of the participants' prosociality by multiple questionnaires and games, widely used in social psychology. We collected some preliminary data from those who joined the pilot experiments above. Furthermore, we introduced and the optimized the MR-compatible EEG machines for the hyper-scanning fMRI / EEG. We conducted hyper-scanning fMRI (3TMRI) with the task of mutual gaze. Using 7TMRI,

we introduced multi-shot EPI sequence for obtaining high resolution diffusion weighted images. Furthermore, multiband method was optimized to reduce the acquisition time and better contrast to noise ratio. We also evaluated the benefit of the combination with the multi-echo technique.

As a director, we organized a kick-off meeting on January 13, 2017 (Fri) in cooperation with PS and PO. At the meeting, we shared overall aim of the program, and unpublished data of each research group, and tried to grasp the contents of the research targets and the current situation.

III. 成果の外部への発表

(1) 学会誌・雑誌等における論文一覧（国際誌 1件）

1. Fujimoto A, Tsurumi K, Kawada R, Murao T, Takeuchi H, Murai T, Takahashi H. Deficit of state-dependent risk attitude modulation in gambling disorder. *Transl Psychiatry*. 2017 7(4), e1085

(2) 学会・シンポジウム等における口頭・ポスター発表
なし

(3) 「国民との科学・技術対話社会」に対する取り組み
なし

(4) 特許出願
なし