

令和 5 年 5 月 10 日現在

機関番号：32620

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K07807

研究課題名（和文）社会的選好に基づく意思決定への他者視点取得の影響：fMRI・rTMSによる検証

研究課題名（英文）Influence of taking other's perspective on decision-making based on social preferences: fMRI/rTMS verification

研究代表者

小川 昭利 (Ogawa, Akitoshi)

順天堂大学・医学部・准教授

研究者番号：30374565

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、他者の視点取得に関わる右側頭頭頂接合部（RTPJ）の活動・機能的結合を機能的磁気共鳴画像法（fMRI）と繰り返し経頭蓋磁気刺激法（rTMS）により計測・制御して、意思決定における社会的選好の影響の認知・神経基盤を明らかにすることを目指した。最後通牒ゲームを用いたfMRI-rTMS実験を行い、モデルベースのデータ解析を行った。その結果、RTPJが分配の諾否に影響するCounterfactual evaluationに関与することを因果的に示した。以上の成果をCerebral Cortex誌に発刊した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、右側頭頭頂接合部が他者の視点を取得することに関わるのみならず、分配内容の反実的評価（可能性はあったが実際には実施されなかった分配の評価）に関わることを機能的磁気共鳴画像法と繰り返し経頭蓋磁気刺激法により明らかにした。このことは、社会的意思決定における右側頭頭頂接合部の役割が、これまでの研究より分かっていた以上に広いことを示している。また、本研究の結果は他者の視点を取得することが広く社会的意思決定に影響することを示唆している。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to measure and control the activity and functional connectivity of the right temporoparietal junction (RTPJ) involved in the acquisition of others' viewpoints by functional magnetic resonance imaging (fMRI) and repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) to investigate the cognitive and neural basis of the influence of social preferences in decision making. We conducted an fMRI-rTMS experiment using Ultimatum Game and conducted model-based data analysis. The results showed causally that the RTPJ is involved in the counterfactual evaluation that influences the acceptance or rejection of the distribution in the game. These results were published in Cerebral Cortex.

研究分野：認知神経科学

キーワード：意思決定 機能的磁気共鳴画像法 経頭蓋磁気刺激法

## 1. 研究開始当初の背景

意思決定を支持する社会的選好 (e.g. 不平等嫌悪) は、他者との関係の中で調節されるのではなく、個人が保持している行動の社会的規範であると考えられてきた。その神経基盤として、右背外側前頭前野・内側前頭前野が関係していると考えられている (Sanfey et al. 2003, *Science*)。しかしながら、人は社会的規範のみで判断を行っているわけではない。最近に参加した研究は、他者の道徳的特性が社会的選好のひとつである不平等嫌悪に関わる社会的意思決定に影響を与えることを明らかにした (Nakatani, Ogawa et al. 2017, *Scientific Reports*)。さらに、他者の意図や心的状態も社会的選好に基づく意思決定に影響するものと考えられる。これまでの研究から明らかになっている背外側前頭前野 (DLPFC) に加えて、他者の心的状態の推定に関わる右側頭頂接合部 (RTPJ) と、社会的選好や様々な情報を主観的価値に統合して意思決定をサポートする内側前頭前野 (MPFC)・腹側線条体 (VS) が、その神経基盤として想定される。本研究ではとくに、RTPJ の活動が DLPFC と MPFC/VS のネットワークによる社会的選好に基づく意思決定に影響していると仮説を立てて、そのメカニズムを明らかにする。

## 2. 研究の目的

本研究は、社会的選好に基づく意思決定において、他者の視点取得が与える影響とその脳内メカニズムを明らかにすることを目的とする。そのため、社会的選好のひとつである不平等嫌悪をよく調べることのできる最後通牒ゲームを用いて、機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) と繰り返し経頭蓋磁気刺激法 (rTMS) を組み合わせた実験を行う。rTMS として、40 秒で 600 回の刺激を行う連続シタバースト刺激 (cTBS) を用いる。この rTMS により刺激脳部位を刺激後約 10~50 分抑制できる (Huang et al. 2005, *Neuron*)。下記概略図に示すように、rTMS による刺激脳部位の抑制の有無と fMRI による脳活動・機能的結合を組み合わせて、脳内ネットワークのダイナミクスに迫る。

## 3. 研究の方法

本研究の扱う社会的意思決定では、そのメカニズムとしてフェアとシュミットによる下の計算モデルを適用する (Fehr and Schmidt 1999, *Quarterly Journal of Economics*)。

$$U(x,y) = x - \alpha \times \max(y - x, 0) - \beta \times \max(x - y, 0)$$

ただし、 $x$  は最後通牒ゲームにおける自分の取り分、 $y$  は相手の取り分、 $U$  は自分の効用関数、 $\alpha$  は自分が不利な不平等嫌悪の程度、 $\beta$  は自分が有利な不平等嫌悪の程度を表す。実験中の行動データから個人ごとに  $\alpha$  と  $\beta$  を推定することができる。本研究では、自分が不利な場合のみを対象とする。さらに、分配の提案者が 2 つの分配オプションから選択を行うものとし、実際に提案された分配オプションと選ばれなかった分配オプションの差額を新たな評価 Counterfactual evaluation として導入し、以下の計算モデルを立てた。

$$U(x,y,x') = x - \alpha \times \max(y - x, 0) - \gamma \times \max(x' - x, 0)$$

ただし、 $x'$  は選ばれなかった分配オプションの自分の取り分を表す。本研究では、この  $\gamma$  が他者の視点取得によって変化するのではないかと考えた。

他者の視点取得に関わる RTPJ の特性を考慮すると、他者の意図性がある (Counterfactual evaluation が大きい) 場合は、ない場合に比べて、RTPJ の影響が大きいものと考えられる。そこで fMRI により課題遂行時と安静時の脳活動を測定・比較し、RTPJ の脳活動・機能的結合の関わりを調べる。行動データから  $\alpha$  と  $\gamma$  を推定して、脳活動・機能的結合との関係を明らかにする。そして、rTMS により RTPJ の活動を抑制したときの行動・脳活動から、RTPJ の意思決定への関与を調べる。

## 4. 研究成果

本研究の課題の最後通牒ゲームでは、分配の提案者が 2 つの分配オプションから選択を行い、応答者がそれを受諾するか拒否するかを決める。拒否すれば二者とも分配を受け取れない設定とした。実際に提案された分配の方が選ばれなかった分配より不公平な場合、その不公平さの評価 Counterfactual evaluation が被験者の分配諾否に影響を与えると考えられる。MRI と TMS のいずれの実験においても、実験被験者は応答者として参加した。本研究ではまず、fMRI 実験を実施して、Counterfactual evaluation が分配諾否に影響を与えることを確認して、Counterfactual evaluation に関わる脳部位をモデルベース解析により調べた。予測した通り、Counterfactual evaluation に関わる脳活動のピークが RTPJ で観測された。また、分配の評価は右縁上回が関わっていることが示され、RTPJ と右縁上回に機能的結合が有ることが示された。後続の TMS 実験では、RTPJ の脳活動ピーク位置に cTBS を実施し、RTPJ の活動を抑制した上で最後通牒ゲーム課題を行った。その結果、Counterfactual evaluation の分配諾否への影響が減少した。以上の結果は、我々が分配を受け入れるかどうかは、分配金額や Counterfactual evaluation など複数のプロセスに依存しており、RTPJ が Counterfactual evaluation に因果的に寄与することを示している。

以上のように、本研究では、他者の視点取得に関わる右側頭頭頂接合部 (RTPJ) の活動・機能的結合を機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) と繰り返し経頭蓋磁気刺激法 (rTMS) により計測・制御して、意思決定における社会的選好の影響の認知・神経基盤を明らかにすることを目指した。最後通牒ゲームを用いた fMRI-rTMS 実験を行い、モデルベースのデータ解析を行った。その結果、RTPJ が分配の諾否に影響する Counterfactual evaluation に関与することを因果的に示した。以上の成果を *Cerebral Cortex* 誌に発表した (Ogawa et al. 2023, *Cerebral Cortex*)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Ogawa Akitoshi, Asano Saki, Osada Takahiro, Tanaka Masaki, Tochigi Reia, Kamagata Koji, Aoki Shigeki, Konishi Seiki	4. 巻 33
2. 論文標題 Role of right temporoparietal junction for counterfactual evaluation of partner's decision in ultimatum game	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex	6. 最初と最後の頁 2947 ~ 2957
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/cercor/bhac252	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ogawa Akitoshi, Kameda Tatsuya, Nakatani Hironori	4. 巻 515
2. 論文標題 Neural Basis of Social Influence of Observing Other's Perception in Dot-Number Estimation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroscience.2023.01.035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ogawa Akitoshi, Osada Takahiro, Tanaka Masaki, Suda Akimitsu, Nakajima Koji, Oka Satoshi, Kamagata Koji, Aoki Shigeki, Oshima Yasushi, Tanaka Sakae, Hattori Nobutaka, Konishi Seiki	4. 巻 264
2. 論文標題 Hypothalamic interaction with reward-related regions during subjective evaluation of foods	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 NeuroImage	6. 最初と最後の頁 119744 ~ 119744
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroimage.2022.119744	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakajima Koji, Osada Takahiro, Ogawa Akitoshi, Tanaka Masaki, Oka Satoshi, Kamagata Koji, Aoki Shigeki, Oshima Yasushi, Tanaka Sakae, Konishi Seiki	4. 巻 40
2. 論文標題 A causal role of anterior prefrontal-putamen circuit for response inhibition revealed by transcranial ultrasound stimulation in humans	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cell Reports	6. 最初と最後の頁 111197 ~ 111197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.celrep.2022.111197	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ogawa Akitoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Time varying measures of cerebral network centrality correlate with visual saliency during movie watching	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Brain and Behavior	6. 最初と最後の頁 e2334
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/brb3.2334	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Osada Takahiro, Ogawa Akitoshi, Suda Akimitsu, Nakajima Koji, Tanaka Masaki, Oka Satoshi, Kamagata Koji, Aoki Shigeki, Oshima Yasushi, Tanaka Sakae, Hattori Nobutaka, Konishi Seiki	4. 巻 36
2. 論文標題 Parallel cognitive processing streams in human prefrontal cortex: Parsing areal-level brain network for response inhibition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cell Reports	6. 最初と最後の頁 109732
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.celrep.2021.109732	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小谷 侑輝、齋藤 美松、金 恵?、小川 昭利、上島 淳史、亀田 達也	4. 巻 37
2. 論文標題 分配の正義とリスク下の意思決定：効用モデルと瞳孔反応による検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 社会心理学研究	6. 最初と最後の頁 26-35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14966/jssp.1914	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小川 昭利、田中 政輝	4. 巻 29
2. 論文標題 脳機能イメージングの計算論モデルとしての深層学習	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 63-73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11225/cs.2021.060	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ogawa Akitoshi, Osada Takahiro, Tanaka Masaki, Kamagata Koji, Aoki Shigeki, Konishi Seiki	4. 巻 221
2. 論文標題 Connectivity-based localization of human hypothalamic nuclei in functional images of standard voxel size	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 NeuroImage	6. 最初と最後の頁 117205 ~ 117205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroimage.2020.117205	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Suda Akimitsu, Osada Takahiro, Ogawa Akitoshi, Tanaka Masaki, Kamagata Koji, Aoki Shigeki, Hattori Nobutaka, Konishi Seiki	4. 巻 30
2. 論文標題 Functional Organization for Response Inhibition in the Right Inferior Frontal Cortex of Individual Human Brains	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex	6. 最初と最後の頁 6325 ~ 6335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/cercor/bhaa188	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Masaki, Osada Takahiro, Ogawa Akitoshi, Kamagata Koji, Aoki Shigeki, Konishi Seiki	4. 巻 14
2. 論文標題 Dissociable Networks of the Lateral/Medial Mammillary Body in the Human Brain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2020.00228	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Uta Fujimoto, Akitoshi Ogawa, Takahiro Osada, Masaki Tanaka, Akimitsu Suda, Nobutaka Hattori, Koji Kamagata, Shigeki Aoki, Seiki Konishi	4. 巻 433
2. 論文標題 Network centrality reveals dissociable brain activity during response inhibition in human right ventral part of inferior frontal cortex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience Research	6. 最初と最後の頁 163-173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroscience.2020.03.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akitoshi Ogawa, Tatsuya Kameda	4. 巻 14
2. 論文標題 Dissociable roles of left and right temporoparietal junction in strategic competitive interaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Social Cognitive and Affective Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1037-1048
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/scan/nsz082	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Saki Asano, Akitoshi Ogawa, Reia Tochigi, Masaki Tanaka, Takahiro Osada, Koji Kamagata, Shigeki Aoki, Seiki Konishi
2. 発表標題 Neural correlates for other's equity concern modulating response to distribution in ultimatum game
3. 学会等名 The 28th Annual Meeting of Organization of Human Brain Mapping (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akitoshi Ogawa, Takahiro Osada, Masaki Tanaka, Akimitsu Suda, Koji Nakajima, Satoshi Oka, Koji Kamagata, Shigeki Aoki, Yasushi Oshima, Sakae Tanaka, Nobutaka Hattori, Seiki Konishi
2. 発表標題 Subjective food evaluation recruits hypothalamic interactions with reward-related regions
3. 学会等名 Neuroscience 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akitoshi Ogawa, Saki Asano, Takahiro Osada, Masaki Tanaka, Reia Tochigi, Koji Kamagata, Shigeki Aoki, Seiki Konishi
2. 発表標題 Counterfactual evaluation of partner's decision in ultimatum game recruits right TPJ
3. 学会等名 第6回ヒト脳イメージング研究会
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 Saki Asano, Akitoshi Ogawa, Reia Tochigi, Masaki Tanaka, Takahiro Osada, Koji Kamagata, Shigeki Aoki, Seiki Konishi
2 . 発表標題 Neural correlates for other ' s equity concern modulating response to distribution in ultimatum game
3 . 学会等名 NEURO2022
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Akitoshi Ogawa, Takahiro Osada, Masaki Tanaka, Koji Kamagata, Shigeki Aoki, Seiki Konishi
2 . 発表標題 Localization of hypothalamic nuclei using resting-state functional connectivity in standard voxels
3 . 学会等名 The 27th Annual Meeting of Organization of Human Brain Mapping ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Yukiko Ogura, Kiri Kuroda, Akitoshi Ogawa, Tomoya Tamei, Kazushi Ikeda, Tatsuya Kameda
2 . 発表標題 Behavioral and neuro-cognitive bases for formation of a shared reality through social interaction
3 . 学会等名 The 27th Annual Meeting of Organization of Human Brain Mapping ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Akitoshi Ogawa, Takahiro Osada, Masaki Tanaka, Koji Kamagata, Shigeki Aoki, Seiki Konishi
2 . 発表標題 Identifying likely locations of hypothalamic nuclei based on resting-state functional connectivity in standard voxel resolution
3 . 学会等名 44th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4 . 発表年 2021年



1. 発表者名 Masaki Tanaka, Takahiro Osada, Akitoshi Ogawa, Shuyan Han, Koji Kamagata, Shigeki Aoki, Seiki Konishi
2. 発表標題 Brain networks of the human Mammillary body revealed by functional and diffusion MRI
3. 学会等名 44th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akitoshi Ogawa, Tatsuya Kameda
2. 発表標題 Use of machine-learning agent in social neuroscience: A case of functional magnetic resonance imaging experiment
3. 学会等名 International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akitoshi Ogawa, Uta Fujimoto, Takahiro Osada, Masaki Tanaka, Akimitsu Suda, Nobutaka Hattori, Koji Kamagata, Shigeki Aoki, Seiki Konishi
2. 発表標題 Network centrality dissociates brain regions in right ventral inferior frontal cortex activated for response inhibition
3. 学会等名 The 26th Annual Meeting of Organization of Human Brain Mapping (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akitoshi Ogawa
2. 発表標題 Parcel-based eigenvector centrality reveals configuration of cerebral network during movie-watching
3. 学会等名 The 26th Annual Meeting of Organization of Human Brain Mapping (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川昭利, 亀田達也, 中谷裕教
2. 発表標題 他者の数知覚の観察による潜在的影響の神経相関
3. 学会等名 第37回日本認知科学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Uta Fujimoto, Akitoshi Ogawa, Takahiro Osada, Masaki Tanaka, Akimitsu suda, Nobutaka Hattori, Koji Kamagata, Shigeki Aoki, Seiki Konishi
2. 発表標題 Dissociated brain regions for response inhibition in right ventral inferior frontal cortex using network centrality analysis
3. 学会等名 The 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Rieko Okada, Minoru Kurahasi, Akitoshi Ogawa
2. 発表標題 Strengthened connectivity between left STG and IFG facilitates phoneme acquisition in second language
3. 学会等名 The 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akitoshi Ogawa
2. 発表標題 Parcel-based eigenvector centrality reveals profile of cerebral network during movie-watching
3. 学会等名 The 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akitoshi Ogawa, Tatsuya Kameda
2. 発表標題 Others' inferences about one's own beliefs: Distinct roles of TPJ in competitive strategic decisions
3. 学会等名 OHBM2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	須田 晃充  (Suda Akimitsu)  (20906599)	順天堂大学・医学部・非常勤助教    (32620)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------