

平成30年6月28日現在

機関番号：26402

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K21301

研究課題名(和文)複合的な公平性判断における機会の平等と結果の平等の脳内表現

研究課題名(英文) Neural representations of equal opportunity and equal outcome during fairness decisions

研究代表者

青木 隆太 (Aoki, Ryuta)

高知工科大学・フューチャー・デザイン研究所・講師

研究者番号：50751103

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、「機会の平等」と「結果の平等」という2種類の社会的平等を考慮に入れた複合的な公平性判断がどのような脳内メカニズムによって実装されているかを機能的磁気共鳴画像法(fMRI)を用いて明らかにすることであった。大学生40名から取得したfMRIデータを「表象類似度解析」と呼ばれる手法で解析したところ、島皮質前部および前頭前野腹内側部において、「機会の平等」の有無の文脈の違いに応じて脳内表象の強さが変化することが見出された。この結果は、これらの脳領域が「機会の平等」と「結果の平等」の両者をふまえた公平性判断に重要な役割を果たすことを示唆している。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to investigate how the human brain instantiates multi-dimensional fairness decisions by taking both "equal opportunity" and "equal outcome" into account. We used functional magnetic resonance imaging (fMRI) and obtained data from forty undergraduate students. Using representational similarity analysis (RSA) of the fMRI data, we found that the neural encoding strengths in the anterior insula and ventromedial prefrontal cortex were modulated in a context-dependent manner (i.e., equal- vs. unequal-opportunity contexts). This result suggests that these two brain regions play a key role in fairness decisions where both equal opportunity and equal outcome matter.

研究分野：社会神経科学

キーワード：fMRI 神経経済学

1. 研究開始当初の背景

社会的な動物である我々ヒトは、他者との平等に極めて敏感である。平等・不平等に関連するヒトの行動や感情は、inequality aversion として心理学や経済学で研究されてきた(Adams, 1965; Fehr & Schmidt, 1999)。脳機能イメージング研究の分野では、社会的平等の処理に関わる脳部位が過去約 10 年にわたり盛んに調べられている (Sanfey et al., 2003 Science; Tricomi et al., 2010 Nature)。しかし、従来の研究では“結果の平等”しか扱われておらず、実社会においてこれと同様に重要視されている“機会の平等”の神経基盤については未解明であった。これは“機会”という要素を“結果”と区別して実験的に操作するのが困難であったためと考えられる。

2. 研究の目的

政治的意思決定や法的意思決定など現実社会の様々な状況で正義や公平性を適切に判断するためには、「機会の平等」と「結果の平等」の二種類の社会的平等を考慮する必要がある。本研究は、「不確実状況下での公平性判断」という理論経済学の枠組みを用いることで、「機会の平等」と「結果の平等」をそれぞれ独立に定義し、「機会の平等」を考慮に入れた複合的な公平性判断がヒトの脳内でどのように実装されているかを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) を用いて、大学生 40 名を対象とした脳機能イメージング実験を実施した。脳機能画像の撮影には高い時間解像度 (repetition time = 720 ms) を実現可能なマルチバント EPI 法を使用した。また、実験参加者に「他者の金銭的損得を考慮したうえで社会的な意思決定をおこなう」という本実験の本質を十分把握してもらうために、fMRI 実験に先立って複数の参加者を集団実験室に招き、他者との実際の金銭的やり取りをとまなう行動経済学的実験を実施した (図 1)。

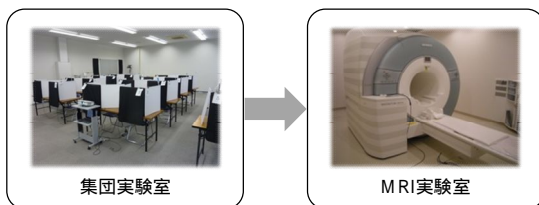


図 1 実験の流れ。参加者は 10-12 名のグループで集団社会実験に参加し、後日 1 名ずつ個別に fMRI 実験に参加した。

fMRI 実験で使用した課題は、「機会の平等」に関する経済学理論をもとに独自に開発したもので、「機会の平等」がある条件とない条件を文脈として操作し、それぞれの条件における「結果の平等」に対する選好の度合いに差があるかを定量的に測定することができるというものであった。

行動データの解析は、効用関数モデルに基づき個人々の社会的選好を推定することによっておこなった。fMRI データの解析には、多ボクセルパターン解析法 (multivoxel pattern analysis) の一種である表象類似度解析 (representational similarity analysis) を使用した。

4. 研究成果

行動データを解析した結果、「機会の平等」がある条件下では、金銭分配の結果の平等性 (equality) が多少低くとも、分配の効率性 (efficiency) が高いことをより好ましいと判断するという傾向が見られた (図 2)。

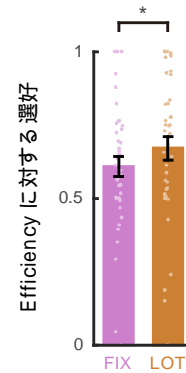
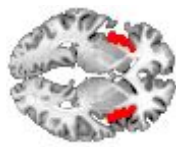


図 2 行動データ解析の結果。「機会の平等」がある条件 (“LOT”) では、「機会の平等」がない条件 (“FIX”) と比べて、分配の効率性 (efficiency) に対する選好の度合いが高かった。* $P < 0.05$, Wilcoxon signed-rank test.

また、表象類似度解析を用いた fMRI データの解析により、島皮質前部および前頭前野腹内側部と呼ばれる二つの脳領域において、「機会の平等」の有無の文脈の違いに応じて分配の効率性の脳内表象の強さ (encoding strength) が変化することが示された (図 3)。

これらの解析結果から、「機会の平等」がある条件では「機会の平等」がない条件に比べて、平等性よりも効率性が相対的に優先されることが示された。この研究成果を国内外の学会で発表し、神経科学分野における世界最大の学会である北米神経科学大会では口頭演題として採択された。



島皮質前部

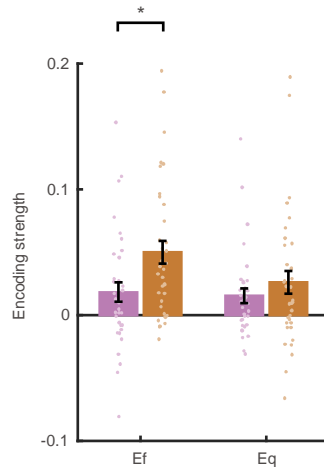


図3 表象類似度解析の結果。本図では島皮質前部における結果を示す。「機会の平等」がある条件(“LOT”)では、「機会の平等」がない条件(“FIX”)と比べて、分配の効率性(“Ef”)に対する脳内表象の強さ(encoding strength)が高まっていた。一方、分配の平等性(“Eq”)の脳内表象の強さには条件間で差がなかった。 $*P < 0.05$, Wilcoxon signed-rank test.

さらに、表象類似度解析を用いて前頭前野腹内側部における脳活動パターンを詳細に分析したところ、「経済的価値(意思決定の効用)」と「規範的価値(社会的平等)」が前頭前野腹内側部において別々の情報としてコードされていることを見出した(図4)。この所見は独立したサンプル(健常大学生28名分)から取得したfMRIデータでも再現され、前頭前野腹内側部における価値情報の表現様式に関する近年の議論に新たな示唆を与えるものと期待される。

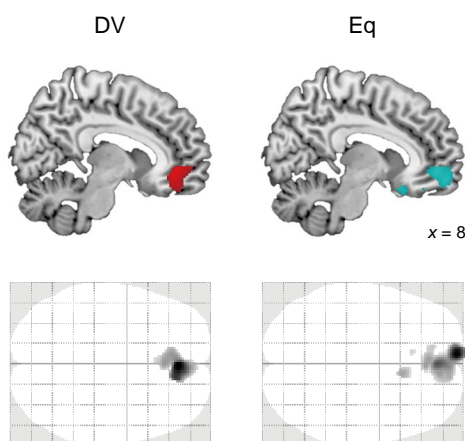


図4 前頭前野腹内側部における表象類似度解析の結果。意思決定の効用(decision value, “DV”)と社会的平等(equality, “Eq”)が個別の情報としてコードされていることがわかった(maps are thresholded at $P < 0.001$, uncorrected)。

2年間の研究計画の総括として、1) マルチバンドEPI法による高時間解像度でのfMRIデータ取得、2) 表象類似度に着目した多ボクセルパターン解析法の適用、3) 集団社会実験とfMRI実験の組み合わせによる実験経済学と脳機能イメージングのフォーマルな形での融合、という3点を達成し、社会的意思決定の神経基盤に関する極めて新奇性の高い学術成果を得ることができたといえる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計6件)

1. 青木隆太, ニューロ・フューチャー・デザインの展望, 第一回フューチャー・デザイン・ワークショップ, 2018年.
2. 青木隆太, 今井泰祐, 鈴木真介, 出馬圭世, 蓬田幸人, 飯島和樹, Ralph Adolphs, Colin F. Camerer, 中原潔, 松元健二, 手続き的公正の神経基盤: representational similarity analysisによる検討, ヒト脳イメージング研究会, 2017年.
3. Aoki R, Imai T, Suzuki S, Izuma K, Yomogida Y, Iijima K, Adolphs R, Camerer CF, Nakahara K, Matsumoto K, Neuro-representational accounts for process-dependent fairness decisions, 日本神経科学大会, 2017年.
4. Aoki R, Imai T, Suzuki S, Izuma K, Yomogida Y, Iijima K, Adolphs R, Camerer CF, Nakahara K, Matsumoto K, Neuro-representational accounts for process-dependent fairness decisions, The 47th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, 2017年.
5. Aoki R, Taghizadeh-Sarabi M, Keerativittayayut R, Nakahara K, Measuring reward-related brain activations with multiband EPI, 日本神経科学大会, 2016年.
6. Taghizadeh-Sarabi M, Keerativittayayut R, Nakahara K, Aoki R, Feasibility of multiband EPI for detection of brain activation in the reward system, The 46th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, 2016年.

[図書](計1件)

1. Murayama K, Izuma K, Aoki R, Matsumoto K, “Your Choice” Motivates You in the Brain: The Emergence of Autonomy

Neuroscience, Recent Developments in
Neuroscience Research on Human
Motivation , pp.95-125, 2016.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

青木 隆太 (Aoki, Ryuta)

高知工科大学・フューチャー・デザイン研
究所・講師

研究者番号 : 50751103