

他者のためのリスクを伴う意思決定におけるマキシミンの配慮の研究

ーマウスラボとfMRIによる検討ー

上島淳史^a 小川昭利^b 犬飼佳吾^c 亀田達也^d

要約

近年、人間が他者福利を配慮することが示されているが、他者のためのリスク下の決定でどの観点を特に配慮するかは十分に分かっていない。本研究では、自他それぞれのためのギャンブル課題における行動、情報探索、脳活動を明らかにした。行動解析から、自他どちらのための決定でも、最悪の結果への配慮（マキシミンの配慮）が存在することが分かった。ただし、情報探索過程では、自己のための決定でより強いマキシミンの配慮が示された。さらに、視点取得と関わりとされる右側頭頭頂接合部の活動が、自己のための決定でマキシミンの要素と関係する一方で、他者のための決定では平均的な結果（期待値的要素）と関係した。決定の正当性が問われる他者のための決定では、他者が平均的に得る利益が決定に至るまでの心的過程で配慮される可能性が示唆された。

JEL 分類番号： D03, D80

キーワード：他者のためのリスクを伴う意思決定、マキシミンの配慮、fMRI、情報探索過程

^a 東京大学大学院人文社会系研究科 ueshima73@gmail.com

^b 順天堂大学医学部, 玉川大学脳科学研究所, 理化学研究所脳科学総合研究センター
a-ogawa@juntendo.ac.jp

^c 大阪大学社会経済研究所 inukai@iser.osaka-u.ac.jp

^d 東京大学大学院人文社会系研究科 tkameda@1.u-tokyo.ac.jp

1. イントロダクション

日常生活から政治決定に至るまで、他者の福利に影響する決定は広く社会に存在する。これらの他者のための決定の多くは、結果が確定的でなく、分散を持つ点でリスクを伴う意思決定である。本研究では、人々が自己利益の最大化を目指して行うリスクを伴う決定（自己のための決定）で配慮する観点と、他者利益に関わるリスクの意思決定を中立（第三者）の立場で代行する決定（他者のための決定）で配慮する観pointsの異同を、認知・神経科学的手法を用いた実験で検討した。

近年、行動経済学や社会心理学を中心に人間が他者の福利に関心を持つことが示されている。例えば、一般サンプルを用いた大規模研究において、匿名の他者との経済ゲーム（独裁者ゲームや囚人のジレンマゲーム）で一貫して非協力的な行動を示す参加者（ホモエコノミカス）は少数であることが示されている（Yamagishi et al., 2014）。また、他者のための学習課題（prosocial learning task）を用いた研究では、自己の利益が無関係な学習課題であっても、他者の福利を向上させるために強化学習が生じることが示されている（Sul et al., 2015）。

経済ゲームや他者のための学習と同様に、他者のためのリスクを伴う決定においても、人々が他者の福利を配慮することが考えられる。しかしながら、自他それぞれのためのリスクを伴う決定を比較した研究では、自他どちらのための決定においてリスク志向的（回避的）になるかについて、行動指標のレベルで一貫した結果が得られておらず（Beisswanger et al., 2003; Fernandez-Duque and Wifall, 2007; Jung et al., 2013）、人々が他者のための決定でどのような観点を配慮するかについては十分に理解が進んでいない。

近年の研究では、人々が自己利益のためのギャンブル課題と匿名他者に対しての資源分配課題の両方で、起こりうる最悪の結果や最不遇の他者の福利を特に配慮することが示されている（Kameda et al., 2016）。そこで本研究では、マキシミスの配慮という観点を軸に他者のための決定を考察した。その際、選択行動に加えて、選択に至るまでの情報探索過程や選択時の脳活動を計測することで、行動・認知・神経それぞれの指標において計測されるマキシミスの配慮の自他間での異同を検証した。

2. 方法

2.1. 実験概要

本研究は2つの実験から構成される。

1つめの実験ではマウスラボ（Payne et al., 1993）を用いて意思決定に至るまでの情報探索過程を計測した。2つめの実験では、機能的磁気共鳴画像法（functional magnetic resonance imaging ; fMRI）を用いて、意思決定時の脳活動を計測した。

両実験において、参加者は2つのくじから1つを選ぶ課題を行なった。2つのくじは、それぞれ低中高の3つの額から構成されていた(図1)。選んだ方のくじの3つの額のうちどれか1つが等確率で当たることを事前に説明した。条件には、くじ引きの結果を自分が受け取る条件(自己条件)と、参加者が顔も名前も知らない別実験の参加者が受け取る条件(他者条件)を設けた。参加者は自己条件と他者条件のそれぞれで36回のくじ選択課題を行った。

	低	中	高
□	200	500	800
□	400	500	600

図1:2つのくじの一例。上のくじを選んだ場合、200円、500円、800円のどれかが等確率で当たる。

実験終了後に各条件からランダムに1回の決定が抽出され、自分と他者それぞれの受け取る金額を決めるためにくじ引きを行うことを事前に伝えた。課題の提示には psychopy (Peirce, 2007)を用いた。

2.2. 実験内容

2.2.1 マウスラボ実験

北海道大学の学生60人(男性34人、女性26人;M-19.2, SD=0.80)を対象として実験を行った。

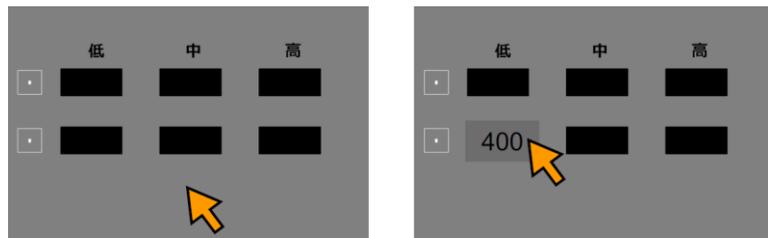


図2:マウスラボ。マスクのうえにカーソルを乗せると、金額が顕示される(右)。離れると再びマスクされる(左)。

くじ選択に至るまでの情報探索過程をマウスラボで

計測した (Payne et al., 1993)。これは図2に示すようにマウスカーソルを黒色のマスクに乗せると金額が顕示され、移動すると再びマスクされる仕組みである。参加者は30秒の間に2つのくじのうちのどちらかを選ぶことを求められた。30秒の間は自由にマウスカーソルを操作して金額を探索できるが、30秒以内に選択できなかった場合は、最終報酬から50円がマイナスされ、次の回に進むことが事前に伝えられた。

なお、自己条件と他者条件の順番はカウンターバランスした。金額の順序(低中高あるいは高中低)は6回に1回逆順とした。参加者は参加報酬(show-up fee)200円に加えて、自己条件のくじ引きで得た額(低中高のいずれかの額)を獲得した。

2.2.2 fMRI 実験

神経・精神疾患の病歴のない北海道大学の学生25人(右利き;男性15人、女性10人;M-19.2, SD=1.06)を対象として実験を行った。全参加者は正常な視力または正常値に補正

した視力を有していた。画像取得には 3T scanner Prisma (Siemens Medical Systems, Erlangen, Germany)を用い、解析は SPM8(Wellcome Department of Cognitive Neurology, University College London)で行った。

参加者が2つのくじから1つを選ぶ課題を遂行する際の脳活動を計測した。くじを構成する金額はマウスラボ実験と同一であった。自己条件、他者条件に加えて、2つの選択肢のうち、低中高の数値の平均が高いものを選ぶ課題を設けた(計算条件)。この計算条件は、参加者がどの程度マキシミンの配慮を有しているかを検証する際にベースラインとして用いるために設けた。各条件で36回の決定を行った。スキャンは3回に分けて行った。各スキャンでそれぞれの条件が12回ずつ含まれていた。各条件は4回ずつ交互に呈示された。各条件の順番は参加者間でカウンターバランスした。金額の順序(低中高あるいは高中低)は6回に1回逆順とした。

まずどの条件(自己・他者・計算のいずれか)であるかが1秒間呈示され、続いて十字(固視点)が2~6秒間呈示された。その後、選択肢が5秒間呈示された。参加者は手元のボタンを押すことで出来るだけ早く選択することを求められたが、ボタンを押した後も5秒が経過するまでは選択肢が呈示されていた。

課題終了後、右側頭頭頂接合部(right temporoparietal junction: RTPJ)の領域を参加者ごとに機能的に特定するために、参加者が視点取得を必要とする課題を行う際の脳活動を計測した(Dodell-Feder et al., 2011; 小川・横山・亀田, 2017)。

参加者は参加報酬(show-up fee)4000円に加えて、自己条件のくじ引きで当たった額を報酬として得た。

2.3 効用モデル

リスクを伴う決定について、本研究と同一のギャンブル課題を用いた先行研究(Kameda et al., 2016)では、複数の効用モデルを参加者の意思決定行動にフィッティングし、最低額と平均額のトレードオフモデルが最も赤池情報量規準(AIC)の点で優れていることを示した。この準マキシミンモデル(quasi maximin model; Charness and Rabin, 2002)では下記のように、パラメータ α によって最低額と平均額のそれぞれへ重みづける程度(マキシミンの配慮の程度)が表される。参加者*i*の効用関数は

$$U_i(x) = \alpha_i \cdot \min[\pi_1, \pi_2, \pi_3] + (1 - \alpha_i) \cdot \overline{(\pi_1 + \pi_2 + \pi_3)} \quad (1)$$

として表すことができる。 $\min[\pi_1, \pi_2, \pi_3]$ は選択肢の低額を表し、 $\overline{(\pi_1 + \pi_2 + \pi_3)}$ は選択肢

の低中高の平均額を表す。選択確率はソフトマックス関数を用いて推定した。準ニュートン法 (BFGS 法) を用いて、自他それぞれのための決定におけるマキシミンの配慮の程度 α を参加者ごとに推定した。

3. 結果

3.1. 行動解析

まず、参加者がリスク下の決定においてどの程度マキシミンの配慮 (α) を有していたかを確認した。fMRI 実験の計算条件での選択から算出した α を基準として、自己条件、他者条件において算出された α と比較した。ウィルコクソン検定の結果、マウスラボ実験の自己条件、他者条件で算出した α が計算条件の α よりも有意に高く (自己条件, $z = 2.78$, $P < .01$; 他者条件, $z = 3.22$, $P < .01$), fMRI 実験の自己・他者条件それぞれの α も、有意に計算条件の α よりも高かった (自己条件, $z = 2.03$, $P < .05$; 他者条件, $z = 2.26$, $P < .05$)。ここから、自他それぞれのためのリスク下の決定で、マキシミンの配慮が存在したことが示された。

次に、マキシミンの配慮が、自他それぞれのためのリスク下の決定で異なる可能性を検証した。自己条件と他者条件における α を比較したところ、マウスラボ実験 (対応のある t 検定, $t(59) = 0.51$, $p = .61$), fMRI 実験 ($t(24) = -1.16$, $p = .26$) ともに有意差はなかった。

選択肢の決定ではマキシミンの配慮の点で自他間に有意な差が見られなかった。次に、決定までのプロセスにおいて示されるマキシミンの配慮が、自他それぞれのための決定で異なる可能性を検証した。

3.2. 情報探索過程の解析

人々が不確実性下で資源分配について合意形成する場合に、まず許容できる最悪の結果 (最低の利得) について議論し、そのうえで期待値について議論することを示した研究が存在する (Frohlich and Oppenheimer, 1992)。

本研究のギャンブル課題においても、マキシミンの配慮が、特に情報探索の初期に示される可能性を考えた。マウスラボ実験の自他それぞれのための決定において、各トライアルで参加者が低・中・高の額のうちのどの額を初めに探索したかを解析した。従属変数に探索された額 (低/中/高)、独立変数に条件 (自己/他者) と低中高の並び順 (低中高/高中低; 統制変数) を投入して、多項ロジスティック回帰を行った (ランダム切片として個人を投入した)。その結果、他者条件よりも自己条件において低額から探索する傾向が示された (95% ベイズ確信区間 [0.01, 0.34])。

自己のための決定では、意思決定の初期段階でマキシミンの配慮が示されることが明ら

かになった。このことは、自己のための決定を行うプロセスでは、マキシミ的な心的過程がより強く働いていることを示唆する。次に、このような情報探索パターンが、脳活動パターンに反映されている可能性を考え、自他それぞれのための決定における脳活動を検討した。

3.3. 脳活動データの解析

本研究と同一のタスクを用いた先行研究では、他者の視点や“将来の自己の視点”を取ることに関わるとされる、右側頭頭頂接合部 (right temporoparietal junction; RTPJ) を関心領域として脳活動の解析を行っている (Kameda et al., 2016)。解析の結果、自己のためのリスク下の決定において、選択枝の低額の差分の絶対値 (Δmin) と RTPJ が相関することを明らかにし、心的過程でのマキシミ的な配慮を示した。本研究においても、情報探索過程で示されたマキシミ的な配慮が、脳活動に現れている可能性を検証するため、同様の解析を行った。

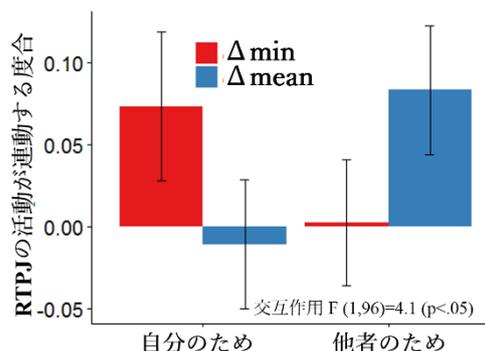


図3：RTPJの活動が課題パラメーター (Δmin , Δmean) と連動する割合。

先行研究に従い、自他それぞれのための決定において、RTPJの活動が Δmin と相関する割合、さらに、平均額の差分の絶対値 (Δmean) と連動する割合を算出した (パラメトリックモジュレーション解析; 図3)。分析の結果、RTPJの活動は自己のための決定では Δmin に連動し、他者のための決定では Δmean に連動していた (交互作用 $F(1,96)=4.1, p<.05$)。

脳活動解析と情報探索過程の解析から、自己のための決定ではマキシミ的な配慮が決定までの心的過程で中心となっていた可能性が示唆された。対照的に、他者のための決定では、他者が平均的に獲得する金額が心的過程において配慮されていたことが考えられる。

4. 考察

本研究では、自他それぞれのためのリスクを伴う意思決定における、マキシミ的な配慮の異同を検討した。選択行動のレベルでは自他両方の決定にマキシミ的な配慮が示され、自他間で有意な差は見られなかった。しかしながら、自己のための決定では、他者のための決定よりも強いマキシミ的な配慮が、情報探索過程とRTPJの活動パターンに示された。また、他者のための決定では平均的な利得に対する脳活動パターンが示された。

これまでの行動指標を用いた研究では、自他どちらのための決定においてよりリスク志向的 (回避的) になるかについて、一貫した結果が得られていなかった (Jung et al., 2013)。

本研究では、複数の指標を計測することで、マキシミンの配慮の自他差が、決定に至るまでの情報探索過程や脳活動に現れていることを明らかにした。

本研究の結果が示唆するように、情報探索過程や脳活動における自他差が、行動レベルでの自他差を予測するとは言えない。そのため、本研究から得られた知見が、実社会で人間行動を予測するにあたって、どの程度の応用可能性を持つのかについては今後の更なる検討が必要である。しかしながら、行動指標に加えて、認知・神経科学的な指標を計測することは、自他それぞれのための決定がどの程度共通するメカニズムに支えられているのかを検討することを可能にする。このように、複数の指標を用いて自他それぞれのための意思決定の異同を詳細に検討することは、他者のための決定をはじめとする、複雑な社会的意思決定における効用計算のメカニズムを理解するうえで重要であると考えられる。

引用文献

- Beisswanger, A. H., Stone, E. R., Hupp, J. M., and Allgaier, L., 2003. Risk taking in relationships: Differences in deciding for oneself versus for a friend. *Basic and Applied Social Psychology* 25, 121–135.
- Charness, G., and Rabin, M., 2002. Understanding social preferences with simple tests. *The Quarterly Journal of Economics* 117, 817-869.
- Dodell-Feder, D., Koster-Hale, J., Bedny, M., and Saxe, R., 2011. fMRI item analysis in a theory of mind task. *NeuroImage* 55, 705–712.
- Fernandez-Duque, D., and Wifall, T., 2007. Actor/observer asymmetry in risky decisionmaking. *Judgment and Decision Making* 2, 1–8.
- Frohlich, N., and Oppenheimer, J. A., 1992. *Choosing Justice*. Univ California Press, Berkeley, CA..
- Jung, D., Sul, S., and Kim, H., 2013. Dissociable neural processes underlying risky decisions for self versus other. *Frontiers in Neuroscience*, doi: 10.3389/fnins.2013.00015.
- Kameda, T., Inukai, K., Higuchi, S., Ogawa, A., Kim, H., Matsuda, T., and Sakagami, M., 2016. Rawlsian maximin rule operates as a common cognitive anchor in distributive justice and risky decisions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113, 11817-11822.
- 小川昭利, 横山諒一, 亀田達也, 2017. 日本語版 ToM Localizer for fMRI の開発. *心理学研究* 88.
- Payne, J. W., Bettman, J. R., and Johnson, E. J., 1993. *The Adaptive Decision Maker*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Peirce, J. W., 2007. PsychoPy - Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods* 162, 8-13.
- Sul, S., Tobler, P. N., Hein, G., Leiberg, S., Jung, D., Fehr, E., and Kim, H., 2015. Spatial gradient in value representation along the medial prefrontal cortex reflects individual differences in prosociality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112, 7851-7856.
- Yamagishi, T., Li, Y., Takagishi, H., Matsumoto, Y., and Kiyonari, T., 2014. In search of homo economicus. *Psychological Science* 25, 1699–1711.