

実験社会科学



ExpSS21

実験が切り開く21世紀の社会科学

ワーキングペーパー

ExpSS-J-1

親切な脳といじわるな脳
－親切行動といじわる行動の心理的過程と神経的基盤－

二本杉剛

大阪大学経済学研究科・日本学術振興会

西條辰義

大阪大学サステナビリティサイエンス研究機構・大阪大学社会経済研究所・
CASSEL at UCLA・東京工業品取引所市場構造研究所

2008年5月

特定領域研究

親切的な脳といじわるな脳

- 親切行動といじわる行動の心理的過程と神経的基盤¹ -

二本杉剛¹・西條辰義²

経済学では、ヒトは自己の金銭的利得を最大にする合理性を備えており、いつでも合理的に行動すると仮定している。ところが、被験者を実際に用いて経済実験をすると、合理性では説明できない行動を観察している。例えば、自分の利得は多少減らしても相手の利得を大幅に増やす親切行動や、自分の利得を多少減らしても相手の利得を大幅に減らすいじわる行動である²。では、被験者はなぜ親切行動やいじわる行動をするのであろうか？合理性では説明できないヒトらしいともいえる行動と脳の関連について、近年、脳科学研究者と経済学研究者が共同研究を始め、いくつかのことがわかってきたので、筆者らの研究を踏まえながら紹介したい。

1. いじわる行動と親切行動 - 公共財供給実験（行動実験）から

経済学では、公共財供給における自発的寄与メカニズム（互いにお金を出し合って公共財を供給するメカニズム）に関する実験研究がたくさんある。公共財とは、お金を支払わなくとも使うことができ、また、ある人が使っていても他の人が使える財のことである。例えば、NHKのテレビ番組サービスが公共財である。NHKの受信料を支払わなかったとしても、別の人が番組を見ていたとしても、NHKの番組を見ることはできる。それゆえに、公共財には「ただ乗り」問題が発生する。「ただ乗り」とは、この例の場合だと、他の人に受信料を支払わせて、自分は支払わずに、番組サービスを受けるということである。また、地球の温度も公共財であるため、他の国に温室効果ガスを削減させておいて、自分たちは削減しないというただ乗り問題が発生する。

Saijo ら^{3,4}は、公共財供給実験において、いじわる行動にはただ乗りす

¹大阪大学経済学研究科・日本学術振興会

²大阪大学サステイナビリティサイエンス研究機構・大阪大学社会経済研究所・CASSEL at UCLA・東京工業品取引所市場構造研究所

る被験者へ対する懲罰的な効果があり、それゆえに協力を促すことを示唆している。つまり、被験者は協力を崩してただ乗りしよう（自分だけ得しよう）とすると、いじわる行動により自分の利得が大幅に減らされるため協力せざるを得なかったのである⁵。また、このようないじわる行動は、アメリカ人や中国人と比較すると日本人において多く観察される行動であることもわかっている⁶。

その一方で、Andreoni⁷は、相手がただ乗りすることを理解していたとしても、ヒトには親切心のようなものがあるため協力的に行動することを示唆している。

2．経済的意思決定と脳活動

2．1 感情と合理性

近年では、機能的磁気共鳴画像法（functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI）やポジトロン断層撮影法（Positron Emission Tomography: PET）を用いて脳活動を計測することで、行動の源泉を明らかにする試みが始まっている。このような研究分野はニューロエコノミクスと呼ばれている。経済実験では、被験者をラボラトリに集め、被験者の行動データを取得している。この方法では、被験者の経済的意思決定の結果を観察することは可能であるが、意思決定のプロセスを観察することは困難である。もちろん、アンケート等により、事後的に被験者にその意思決定プロセスでどのように考えていたのかを記入させることは可能である。ただし、あくまでも事後的なアンケートとなるため、自分の行動と意思決定プロセスを合理化して回答する可能性があり、本当の意味での意思決定プロセスをみることは難しい。また、ヒトは無意識に意思決定をすることもあるが、アンケートでは意識に上ったことを記入するため、無意識な意思決定については捕捉できない。こうした点を補う意味で、ニューロエコノミクスのアプローチは有用な手段である。

では、経済的意思決定はどのような脳領域と関係しているのだろうか？ 経済的意思決定は感情と合理性に関係する脳領域が相互に絡み合う形で達成されているという研究がある。例えば、Sanfey ら⁸は、最後通牒ゲームを用いて、感情と合理性が経済的意思決定に影響を及ぼし得ることを示し

ている。最後通牒ゲームは、提案者と応答者の2人がお金を分け合うゲームである。ゲーム開始時に提案者はいくらかのお金を持っており、お金の配分について応答者に提案する。応答者はその案を受諾するかもしれないし拒否することができ、受諾した場合には提案者の提示した案にしたがってお金を配分する。一方、応答者が提案者の案を拒否すれば両者の得られる金額は共にゼロになる。

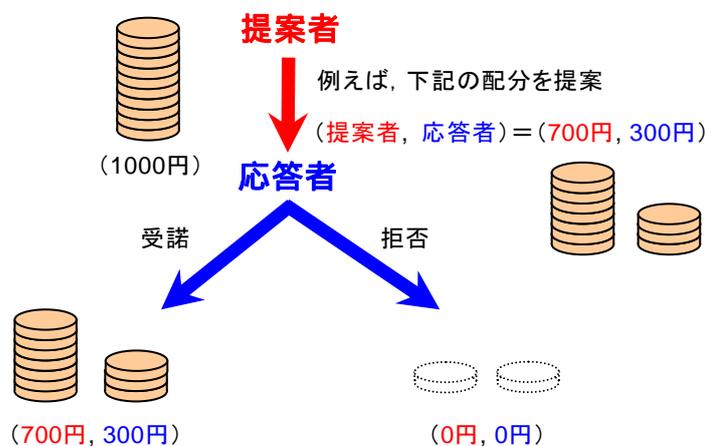


図1 最後通牒ゲーム

配分提案を受け入れれば応答者は提案額を受け取ることができる。一方、受け入れを拒否すればお金を全く受け取れない。

このゲームにおいて、応答者が提案者の配分案を見たときの脳活動を計測すると、不公平な提案を拒否する場合には、右島皮質前部 (right anterior insula) の活動が右背外側前頭前野 (right dorsolateral prefrontal cortex) の活動よりも強いことが観察された。これまでの脳機能画像研究から、背外側前頭前野は外界からの情報を参照して自身の行動を調整する情報処理を行っており、最後通牒ゲームにおける合理性 (自己の利得最大化) に関与していると考えられる。一方、島皮質前部は嫌悪感に関与していると考えられており、最後通牒ゲームにおける不公平に対する感情 (嫌悪感) と関連が示唆されている。これらのことから、不公平な提案を断る際、配分の不公平さに対する嫌悪感 (島皮質前部) が合理性 (背外側前頭前野) を上回ったために、受け取りを拒否したと考えられる。

また de Quervain ら⁹の PET を用いた研究によれば、自分の利得を犠牲にして非協力的な相手を処罰（コストのかかる処罰）するときには、報酬や快楽に関与する尾状核（caudate nucleus）に加え、高次の認知的機能に関わる腹内側前頭前野（ventromedial prefrontal cortex）と内側眼窩前頭野（medial orbitofrontal cortex）にも有意な活動が観察されている。これらのことから、コストのかかる処罰の場合には、被験者は処罰による満足感と処罰による金銭の損失を天秤にかけながら経済的意思決定をしていたと結論付けている。

これらの研究から、自分の利得は多少減少しても相手の利得を大幅に増やす親切行動や、自分の利得を多少減らしても相手の利得を大幅に減らすいじわる行動も、何かしらの感情や自己の金銭的利得を最大にする合理性に関わる脳領域が相互に絡み合う形で意思決定が行われている可能性がある。次に、親切にされたときに活動する脳領域といじわるにされたときに活動する脳領域について、筆者らの研究を紹介する。

2.2 親切・いじわるの脳内機構

1 回の実験は、面識のない 4 名の被験者を対象とした。4 名のうち、くじ引きによって選ばれた 1 名のみ MRI を用いた脳機能測定を行った。残りの 3 名は MRI 装置の外から実験に参加する。MRI 装置の外の被験者 3 名はあらかじめ実験者により「自己利得を最大にする被験者（X）」、「いじわるにする被験者（Y）」、「親切にする被験者（Z）」の 3 タイプの役割がそれぞれ与えられ、実験者によりその役割に見合った選択をするようにコントロールされている。ただし、MRI 装置の中に入る被験者はそれを知らない。

被験者 X、Y、Z のうちからいずれか 1 名と MRI 装置の中に入った被験者を組み合わせて、2 人で利得表を用いた簡単な経済的意思決定ゲームを繰り返し行った。なお、この実験では、実験中に獲得したポイントに応じて報酬が支払われることを被験者にあらかじめ伝えてある。

実験は先に示した被験者（X）と組となって課題を行う利得最大ラウンドを 4 回、被験者（Y）と組となるいじわるラウンドを 2 回、被験者（Z）と組となる親切ラウンドを 2 回、計 8 ラウンドから構成されていた（表 1）

10. ひとつのラウンドには、MRI 装置の外の被験者が選択をして、MRI 装置の中の被験者がそれを見ている課題が 6 回連続あり、その後、MRI 装置の中の被験者が選択をする課題が 6 回連続あった。

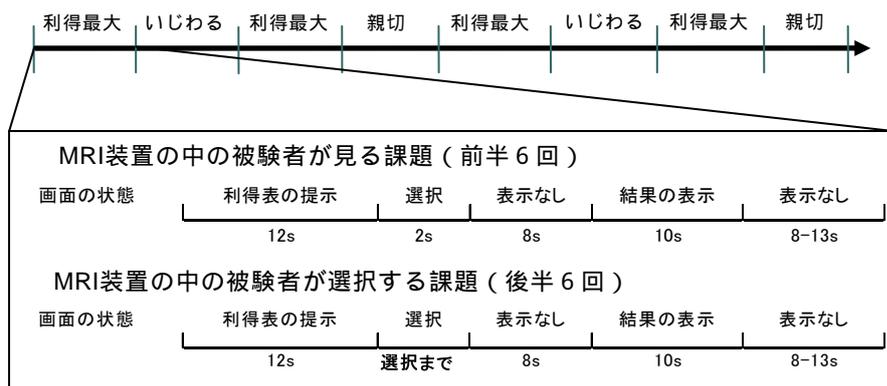


表 1 実験タイムラインの一例

前半 6 回：利得表が 12 秒間提示され、MRI 装置の外の被験者が選択を決定するために 2 秒間のうちにボタンを押す。画面が 8 秒間暗転した後、選択結果が 10 秒間提示され、再び 8 秒間～13 秒間暗転する。

後半 6 回：利得表が 12 秒間提示され、MRI 装置の中の被験者が選択を決定するためにボタンを押す。画面が 8 秒間暗転した後、選択結果が 10 秒間提示され、再び 8 秒間～13 秒間暗転する。

2.3 利得最大ラウンド

利得最大ラウンドでは MRI 装置の中の被験者と自己利得を最大にする外の被験者 (X) が組となり、表 2 のような利得表を用いて意思決定を行う (数値は 100 単位刻みでいくつか変化するが基本的な形式・特徴は例示したものと変わらない)。なお、被験者 (X) は経済学が想定する合理的なヒトである。

	A	B
fMRIの中の被験者	6000	6000
fMRIの外の被験者 (X)	6100	6000

表 2 利得最大ラウンドで用いた利得表の一例

この表 2 は MRI 装置の外の被験者 (X) が選択する課題のときに用い

た表の一例である。利得最大ラウンドでは、外の被験者（X）が A を選択すると中の被験者に 6000 ポイントが、外の被験者（X）に 6100 ポイントが手に入ることになる。それに対して、B を選択すると中の被験者に 6000 ポイントが、外の被験者（X）に 6000 ポイントが手に入ることになる。

このような利得表を用いて、前半 6 回は、被験者（X）が選択する課題を行う。次に、後半 6 回は、表 2 の中と外の被験者の数値を逆転させた利得表を用いて MRI 装置の中の被験者が選択する課題を行う。合計 12 回の課題が 1 つの利得最大ラウンドである。

このラウンドの特徴は、外の被験者（X）が A もしくは B のどちらを選ぼうとも、中の被験者が獲得するポイントには影響を与えることが出来ない点である。つまり、利得最大ラウンドでは相手の利得に影響を与えない、または相手から影響を受けない環境（相互関係なし）であるため、自己の利得のみを考えればよい。

なお、自己利得を最大にする被験者（X）は必ず自己利得がより高くなる選択肢（表 2 の場合は A）を 6 回連続選ぶように指示されている。以下、いじわるラウンド、親切ラウンドも数値以外のラウンドの構成は同じである。

3.4 いじわるラウンド

いじわるラウンドでは MRI 装置の中の被験者といじわるをする外の被験者（Y）が組となり、表 3 のような利得表を用いて意思決定をする。

	A	B
fMRIの中の被験者	2300	6100
fMRIの外の被験者（Y）	6000	6100

表 3 いじわるラウンドで用いた利得表の一例

いじわるラウンドの特徴は、外の被験者（Y）が A を選択すると B を選択したときに比べて自己の利得が少しだけ減少するが、MRI 装置の中の被験者の利得を大幅に減らすこと（いじわる行動）ができる点である。いじわるラウンドでは相手の利得に影響を与える、または相手から影響を受け

る環境（相互関係あり）であるため、いじわる行動にともなう感情が経済的意思決定に影響を与えられられる。

2.5 親切ラウンド

親切ラウンドでは MRI 装置の中の被験者と親切にする外の被験者（Z）が組となり、表 4 のような利得表を用いて意思決定をする。

	A	B
fMRIの中の被験者	9300	6100
fMRIの外の被験者（Z）	6000	6100

表 4 親切ラウンドで用いた利得表の一例

親切ラウンドの特徴は、外の被験者（Z）が A を選択すると B を選択したときに比べて自己の利得が少しだけ減少するが、MRI 装置の中の被験者の利得を大幅に増やすこと（親切行動）ができる点である。親切ラウンドでは相手の利得に影響を与える、または相手から影響を受ける環境（相互関係あり）であるため、親切行動にともなう感情が経済的意思決定に影響を与えられられる。

3. 親切・いじわるされた脳領域

3.1 親切にされたときの脳活動領域

親切行動やいじわる行動は社会の中で観察される行動である。社会的行動がその効果を持つためには、相手はその行動の意図を認知する必要がある。そこで、ヒトが親切行動やいじわる行動をどのように認知しているのかを明らかにするために、MRI 装置の中に入った被験者が相手の選択結果を見ているときの脳活動を分析した¹¹。なお、相手の経済的意思決定の結果を見ているときの脳活動に関する研究は数多くはない¹²。図 1 は、相手の利得最大化行動の結果を見ているときよりも相手の親切行動の結果を見ているときに有意に強い活動があった領域を示したものである。

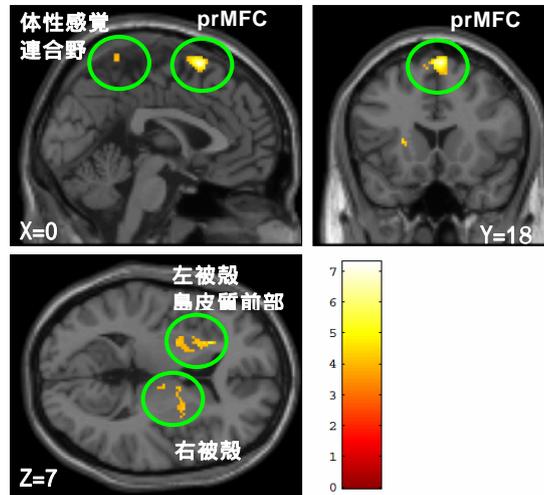


図1 利得最大化行動の結果を見ているときに比べて親切行動の結果を見ているときに有意に強い活動があった脳領域の地図

今回の分析で最も活動の強かった領域は、Amodio ら¹³を参照すると、吻内側前頭皮質の後部領域 (The more posterior region of the rostral medial frontal cortex: prMFC) に位置する。Amodio ら、Ridderinkhof ら¹⁴によると、この領域について確認されている機能は概ね2つある。1つは、行動のモニタリング（観察）機能である。行動をモニタリングする機能は、特にコンフリクトやエラーに反応するためには大変重要な機能である。もう1つの機能は、意思決定と関係すると言われている。報告されている prMFC の機能をまとめると、自分が将来より良い行動をするためには自分の将来の行動価値を継続的にアップデートする必要があるため、コンフリクトやエラー等の奇妙（予想外）な反応に対するモニタリングをしていると考えられている。今回の実験デザインは、6回連続で親切にされた後に、自分が親切にするかどうかを選択する課題であるため、実験に参加した被験者は、自分が将来より良い行動をするために、自分の将来の行動価値を継続的にアップデートしていたと解釈できる。また、親切にされるとは予想していなかったが、予想外に親切にされたために、その行動の意図を奇妙に感じ、どのような意味なのか理解しようとしていたのかもしれない。

島皮質前部や線条体（被殻）については、経済的意思決定においてよく

観察される領域である。Satpute ら¹⁵によると、線条体（被殻）は報酬の評価や予測をするような課題を行うときに活動することが確認されている。また、Sanfey⁸によると、島皮質前部は肉体的・精神的な嫌悪感と関係すると言われている。これらのことを加味すると、今回の実験では、結果画面を見たときの脳活動を測定しているため、手に入れた報酬を評価して満足していたと考えられる。また、相手に理由のない親切をされているため不自然に伴う嫌悪感に近い感情があったと考えられる。

3.2 いじわるにされたときの脳活動領域

いじわるにされたときの脳活動領域について、先行研究から、尾状核、島皮質前部や前頭前野に活動があると予想していたが、今回の筆者らの研究では、いじわる行動を見ているときに活動する脳領域と、相手の利得最大化行動を見ているときに活動する脳領域には有意な差はみられなかった。

相手が利得最大化行動を選択したときには、被験者は相手の選択結果に対して特に不自然な意図を感じることがなく、当然の結果として認識していたはずである。その一方で、いじわる行動を見ているときには、相手のいじわるな意図が認識できるはずである。それにも関わらず、差がないということは、推測ではあるが、この実験では課題の最初に利得表を12秒間見せているため、その時点でいじわるされることを予想できていたため、いじわるされることを自然な行動と認識していた可能性がある。

4. まとめ

親切行動を見ているとき、prMFC では将来より良い行動ができるように親切行動の価値評価やモニタリングをしており、左前島皮質では不自然さに伴う感情を感じており、線条体（被殻）において、報酬に満足感を抱いていた可能性が示唆される。今回の研究から、被験者は、親切行動を不自然な行為と捉えている可能性があることがわかった。タダより怖いものはないという感じであろうか。

前述したように、ヒトは協力行動をやむを得ずしているのであれば、親切行動を見たときに、その行動の意図が認知できずに、不自然さを感じるのとは当然であろう。また、親切行動が不自然な行動と認知されている可能

性は、ヒトの本質には親切心があるわけではないのかもしれない。マキャベリの知性仮説（ヒトは複雑な社会生活環境へ適応するために脳と知性を進化させたという仮説）に基づけば、ヒトは生き残るために、いじわるを身につけてきた可能性がある。そうであればむしろ、ヒトの本質にはいじわるがあるのかもしれないが、この点については、引き続き多角的に研究に取り組む必要がある。

これまでの経済学では、社会を分析するために必要となるヒトの評価の構造・回路や意思決定をブラックボックスとしてしまい、科学的に研究がなされないまま社会を分析してきた。ヒトの本質に迫り、ヒトの経済行動をより適切に表現することが可能となれば、より良い社会制度を設計することが可能となる。そのためにも、様々な分野の研究者がヒトの行動について協働して研究することが重要である。

¹ 本研究は、赤井研樹（日本学術振興会）、加藤誠（情報通信研究機構）、田中靖人（情報通信研究機構）、山川敬史（大阪大学社会経済研究所）、若山琢磨（首都大学東京）との共同研究である。また、独立行政法人情報通信研究機構未来 ICT 研究センターの fMRI 装置を利用し、糸井誠司氏（情報通信研究機構）に多大なるサポートを受けたことに感謝をしたい。

² ヒト以外でもいじわるの行動をする生物が確認されている。例えば、大腸菌の中には、自ら労力を用いて毒素を周囲にまき散らし、自己の存続を目指すいじわるの行動をするものがいるという。Iwasa, Y., Nakamaru, M. and Levin, S. A.: Allelopathy of Bacteria in a Lattice Population: Competition between Colicin-Sensitive and Colicin-Producing Strains. *Evolutionary Ecology* 12: 785-802, 1998を参照されたい。

³ Cason, T., Saijo, T., and Yamato, T.: Voluntary Participation and Spite in Public Good Provision Experiments: An International Comparison. *Experimental Economics* 5: 133-153 2002.

⁴ Cason, T., Saijo, T., Yamato, T. et al.: Non-Excludable Public Good Experiments. *Games and Economic Behavior* Vol. 49: 81-102, 2004.

⁵ これらの行動実験については、西條辰義: 日本人はいじわるがお好き?! 西條辰義, 伊佐正, 川人光男 監修, 「脳を活かす」研究会編, プレイン・デコーディング - 脳情報を読む -, オーム社, 東京, 2007, pp.96-118 にまとめがある。そちらを参照されたい。

⁶ 日本人とアメリカ人の行動比較については、脚注 3 の論文を参照されたい。日本人と中国人の行動比較については、Saijo, T., Shen, J., Qin, X. et al.: The Spite Dilemma Revisited: Comparison between Chinese and Japanese. OSIPP Discussion Paper DP-2007-E-004, 2007 を参照されたい。

⁷ Andreoni, J.: Cooperation in Public Goods Experiments: Kindness or Confusion? *American Economic Review*. 85(4): 891-904, 1995.

⁸ Sanfey, A. G., Rilling, J. K., Aronson, J. A. et al.: The Neural Basis of Economic Decision-Making in the Ultimatum Game. *Science* 300: 1755-1758, 2003.

⁹ de Quervain, D., Fischbacher, U., Treyer, V. et al.: The Neural Basis of Altruistic Punishment. *Science* 305: 1254-1258, 2004.

¹⁰ 全ての被験者は4ラウンドが終了した時点でMRI装置から出て5分程度の休憩をし、その後残りの4ラウンドを再開している。

¹¹ 統計解析については、詳細な説明は割愛する。簡単に説明すると、SPM5を用いて通常の前処理を行い、各被験者の脳活動強度を9つの従属変数による一般線形モデルを用いて推定した。集団解析は変量効果モデルを用いた。有意水準を $p < 0.001$ (多重比較補正なし) とし、110 voxels 以上の cluster を掲載している。本章での解析はすべて同じ手法である。

¹² 心の理論研究においては、漫画やストーリーを用いており、相手の経済的意思決定の意図を読む研究は数多くない。

¹³ Amodio, D. M., and Frith, C.D.: Meeting of minds: the medial prefrontal cortex and social cognition. *Nat. Rev. Neurosci.* 7: 268–277, 2006.

¹⁴ Ridderinkhof, K. R., Ullsperger, M., Crone, E. A. et al.: The role of the medial frontal cortex in cognitive control. *Science* 306: 443–447, 2004.

¹⁵ Satpute, A. B., and Lieberman, M. D.: Integrating automatic and controlled processes neurocognitive models of social cognition. *Brain Res.* 1079: 86–97, 2006.