

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 9 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2013～2017

課題番号：25118004

研究課題名(和文) ヒト社会における共感性

研究課題名(英文) Empathetic systems in human societies

研究代表者

亀田 達也(Kameda, Tatsuya)

東京大学・大学院人文社会系研究科(文学部)・教授

研究者番号：20214554

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 60,600,000円

研究成果の概要(和文)：1) 社会的相互作用場面における共感の認知・神経機構の作用様態の解明：競争的相互作用で相手の行動を予測するための戦略モデル形成に係わるRTPJが、分配における最不遇への共感とも関与すること、内集団に対する情動的共感が外集団への援助行為においては非効率な結果をもたらすことを明らかにした。

2) 共感性を通じたヒトの社会的ニッチ構築の解明：被験者に多様な実験ゲームをバッテリーとして課し、協力行動を通底する共通行動次元を抽出した。DLPFC容量が戦略行動の個人差と相関すること、テストステロンが集団秩序の維持に係わること、オキシトシン受容体遺伝子OXTR rs53576が信頼行動に係わること明らかにした。

研究成果の概要(英文)：1) Investigation of neuro-cognitive bases of empathy underlying social interaction: Through a series of experiments with humans and computational models, we have shown that human empathy is a multi-facet system composed of emotional and cognitive subsystems. We showed that: (a) RTPJ, recruited in strategic planning in competitive games, is also engaged when people consider welfare of the most unfortunate others in social distribution; and (b) warm empathy, which is recruited in helping unfortunate ingroup members, produces external inefficiency when helping outgroup members.

2) Investigation of social-niche construction using empathy: By assigning various experimental games as a battery, we have identified core dimensions underlying human cooperation. We showed that: (a) cortical thickness of DLPFC is related to individual differences in strategic behaviors in games; (b) Testosterone is related to maintenance of social orders in groups; and (c) OXTR rs53576 is related to human trust.

研究分野：社会心理学

キーワード：共感性 実験ゲーム 高次共感 情動 社会内分泌 fMRI 注意過程 計算論モデル

1. 研究開始当初の背景

(1) 原初的共感は、群れ生活を営む動物が同種他個体の反応をモニターし自らも引き受けることで、捕食者の出現などの環境変化に直ちに反応できるように身体的に準備するといった適応的意義をもつ。同時に、他個体の摂食行動や食物に対する身体反応を自らも引き受けることは、有益な食物への接近行動と有害な食物への忌避行動を素早く学習するために有効である。事実、近年の社会神経科学は、ヒトが他者の苦痛を観察した際に、自らの痛みをコードするのと同じの神経回路が賦活されることを明らかにしている。こうした個体間における痛みの転移、警戒や恐怖などの伝搬といった情動伝染現象は、霊長類はもちろん、集団生活を営む動物種に広く共通に見いだされる原初的な共感と言える。しかし、原初的共感と、人間に特有とされる認知を介した高次共感との関係は明らかにされていない。

(2) 申請者らはこれまでヒト間で情動伝染が生じるための社会生態学的な文脈について、行動・生理実験とゲーム理論によるモデル化を組み合わせることで検討してきた。たとえば、二者間で喜び、怒り、悲しみといった感情表情が転移する表情模倣現象は、必ずしもこれまで主張されてきたように自動的に起きる不随意的反応ではなく、相互作用相手の感情状態を正確に認知・推論しなければならない社会的文脈において特に生じやすいことを明らかにした。また、他者の苦痛を自ら生理的に引き受ける痛みの伝染についても、無条件に起きるものではなく、相手の置かれた社会的状況の正確な理解が重要な鍵を握ることを、末梢系生理反応の同期化を指標として解明した。こうした知見はいずれも、従来、自動的・不随意的反応とされてきた情動伝染現象が、ヒトにおいては、認知的な制御を強く受けていることを示しているが、そのメカニズムについてはまだ十分に明らかではない。

2. 研究の目的

本研究では、こうした知見を出発点に、実験ゲームを中心とする行動実験と脳機能画像計測・生理反応計測を戦略的に組み合わせることで、ヒト社会に特徴的な互惠・公平性・集団協調と共感性の関係について解明する。以下の2つを中心に検討を行う。

(1) 社会的相互作用場面における共感の認知・神経機構の作用様態の解明：共感性を生み出す認知・神経機構の中に見られるヒトとヒト以外の動物の共通性と相違点を明らかにするための行動実験と脳機能画像計測を進める。これらの検討では、これまで行ってきた「痛みパラダイム」を継続すると共に、新たに自分と相手の相互依存関係の構造をゲーム理論の枠組みを援用して定式化する。

(2) 共感性を通じたヒトの社会的ニッチ構築の解明：ヒトは共感性を強力かつ柔軟な形で適応的道具として利用することで、他の動物種とは異なる多様な社会的ニッチを構築している。こうしたヒトの高度の共感性と社会的ニッチ構築との関係を明らかにするための実験ゲーム研究を進める。同一の被験者に対し、上述のゲームに加え、信頼ゲーム、独裁者ゲーム、社会的ジレンマゲームなどの多様な実験ゲームをテストバッテリーとして課すことで、共感性や協力行動を通底する共通の行動次元を抽出する。同時に Voxel based morphometry による被験者の脳灰白質構造の計測や、テストステロン、オキシトシンなどの内分泌物質の測定、遺伝子型の解析を通じて、行動レベルでの共感性・協力傾向の個人差との関係を検討し、社会的階層や職業などの個人の置かれた社会的ニッチと共感性の関わりを明らかにする。

3. 研究の方法

(1) では、ヒトが相手に対して示す共感性が社会的相互依存構造の違いに応じてどのように変化するのか、eye tracker を用いた視線計測やMouselabを用いた情報探索行動の計測、血流変化や皮膚電位変化などの自律神経系反応の計測により検討し、得られた結果を他の動物種と比較する。また課題遂行中の脳活動を fMRI により計測することで、各種の共感と相関する脳部位・脳回路を特定し、これらの脳部位の賦活水準が行動選択における個人差とどのように連動するのかについても併せて解明する。

(2) では、多様な実験ゲームを同一の被験者にテストバッテリーとして課すことで、

共感性や協力行動を通底する共通の行動次元を抽出する。被験者の脳灰白質構造の計測、テストステロン、オキシトシンなどの内分泌物質の測定、これらの受容体に関わる遺伝子型の解析を通じて、上記の共感性・協力行動の個人差との関係を検討する。

4. 研究成果

(1) 分配正義を支える共感性システムの解明

John Rawls の正義論を支える「無知のヴェール」や Maximin 原理などの規範理論的な概念群が、人々の実際の分配判断においても重要な役割を果たすことを、一連の行動・認知・脳科学実験により明らかにした。Rawls は、「無知のヴェール」という人工的な仕掛けを設けることで、分配の正義の問題を「不確実性のもとでどのように意思決定を行うのか」という問題の枠組みに変換している。本研究は、富の供給に係る生態学的な側面に着目し、社会的分配に関する意思決定と不確実性のもとでの意思決定という状況は、いずれもリスクヘッジが重要になるという点で、人々の心の中で機能的につながっているのではないかという可能性を考えた。Quasi-Maximin Model (Charness & Rabin, 2002) と呼ばれる経済学の効用モデルを援用し、この命題を検討した。このモデルでは、人々の選択肢に対する価値(効用)判断は、選択結果の総和(total)と最低(minimum)という2つの要素のバランスによって決まると仮定する。実験の結果、Maximin 的な思考は、ギャンブルと社会的分配という2つの場面で共通して、強い自発的アンカーとして作用することが明らかになった。最終的な選択自体は、功利主義的な選択から、Rawls 的な(最低を重視する)選択まで、人々の間で多様だったものの、最不遇・最悪の状態には、全参加者共通して最大の注意・関心が向けられていた。また、そうした「最不遇状態への自発的関心」は、参加者に共通して、右側頭頭頂接合部 (RTPJ) との神経相関を持っていた(図1)。この脳部位は、認知的共感性や視点取得との関係が指摘されている脳部位であり、利他性を支える神経基盤である可能性が示唆されている。以上の結果は、リスクのもとでの意思決定でも社会的分配でも共通して、人々は「不遇な状態の可能性」にま

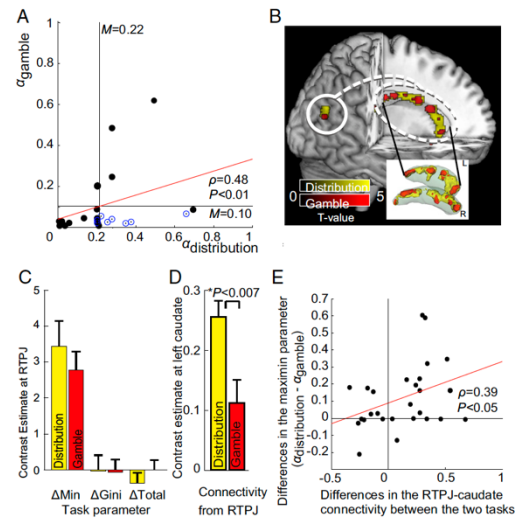


図1. 分配正義の神経基盤

ず身を置いてしまうことを意味し、Rawls の思考実験と整合する。この研究は、2016年の米国科学アカデミー紀要(PNAS)に公刊され、Rawlsの規範的理論に世界で初めて脳科学的・行動科学的な基礎を与えた研究としてコメントが付けられ、朝日新聞、中日新聞、東京新聞などのメディアにも取り上げられるなど国内外で反響を呼んだ。

(2) 「今ここ」を超える認知的共感性の機能

近年、向社会行動、つまり、コストをかけて他者の福利を向上させる行為は、情動やヒューリスティックのような自動的基盤を持つとする研究結果が数多く報告されている(Rand et al., 2012; Yamagishi et al., 2015)。進化的にも、こうした心的特性は、ヒトが内集団という長期的な互惠関係が存在する環境で進化してきたことを背景に獲得されたと考えられる(Greene, 2013; 亀田, 2017)。しかし、こうした情動的共感、とくに外集団への援助において負の外部性をもつ可能性がある。例えば、2017年に発生した熊本地震では、全国からただちに多くの支援が集まったが、個人が支援物資を送るためにマイカーで駆けつけて交通網が渋滞し、善意にも拘わらず被災地の迷惑になってしまうボランティアを指して「モンスターボランティア」という言葉まで登場した。そこで、本研究では、援助行動の効率性を厳密に定義できる実験パラダイムを開発し、情動的共感が援助行動の効率性を阻害する可能性を実証的に検討した。実験の結果、被災

地への援助場面では実際に非効率性（負の外部性）が発生しやすいこと、またそうした傾向は情動的共感の高い被験者ほど顕著であることが確認された。

(3) AVP が攻撃傾向に及ぼす影響の検討

ヴァソプレシン (AVP) はペプチドホルモンの一種であり、抗利尿作用・血圧上昇の機能をもつ。この作用は系統的に古い生物から保存されており、尿による情報伝達→縄張りのマーキング→侵入者への攻撃という外適応のプロセスを経て、ヒトにおいて外集団への攻撃傾向に影響する可能性がある。この可能性を検討するために、ヴァソプレシンをスプレーにより経鼻投与し、実験ゲームにおける攻撃傾向への影響を調べた。実験の結果、AVP の経鼻投与は、男・女、個人・ペアの別を問わず、外集団に対する先制攻撃傾向を上昇させることが明らかになった。

(4) 実験ゲームを用いたヒト協力行動の検討

多様な実験ゲームを同一の被験者にテストバッテリーと課し、協力行動を通底する共通行動次元を抽出した。実験の結果、経済学が想定するようなホモエコノミクスは被験者全体の 7%程度に留まり、ほとんどの被験者は集団場面で協力すること、またこれらの協力傾向の違いは、IQ や社会経済的地位などと連動することが明らかになった (Yamagishi et al., 2015, *Psych Sci*)。

(5) オキシトシン受容体遺伝子と信頼行動

オキシトシン受容体遺伝子 (OXTR)rs53576 が、男性の信頼行動と関係すること、また、この関係は他者一般に対する信頼感が媒介することが明らかになった。一方、女性では、rs53576 の多型による一般的信頼感の違いは認められなかった。

(6) 規範維持とテストステロン

スポーツチームを対象に、集団規範の維持に拘わる罰や攻撃行動に寄与すると考えられるテストステロンの秩序維持に果たす役割を実験的に検討した。実験ゲームを用いた検討の結果、学年が上がるほど支配的な意思決定が見られ、またその傾向にはテストステロンが関与していることが明らかになった (Inouye et al, 2017, *Sci Rep*)。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (下記を含む合計 41 件：すべて査読有)

- ① Inoue Y, Takahashi T, Burriss R, Arai S, Hasegawa T, Yamagishi T, *Kiyonari T. (2017). Testosterone promotes either dominance or submissiveness in the Ultimatum Game depending on players' social rank. *Sci Rep*. (2017) 7:5335. doi:10.1038/s41598-017-05603-7.
- ② Jayles B, Kim H, Escobedo R, Cezera S, Blanchet A, Kameda T, Sire C, *Theraulaz G. How social information can improve estimation accuracy in human groups. *Proc Natl Acad Sci*. (2017)114:12620-12625. doi: 10.1073/pnas.1703695114.
- ③ Tindale RS, *Kameda T. Group decision-making from an evolutionary/adaptationist perspective. *Group Process Interg*. (2017)20:669-680. doi: 10.1177/1368430217708863.
- ④ Toyokawa W, Saito Y, *Kameda T. Individual differences in learning behaviours in humans: Asocial exploration tendency does not predict reliance on social learning. *Evol Hum Behav*. (2017)38:325-333. doi: 10.1016/j.evolhumbehav.2016.11.001.
- ⑤ *Wu J, Balliet D, Tybur JM, Arai S, Van Lange PAM, Yamagishi T. Life history strategy and human cooperation in economic games. *Evol. Hum. Behav.* (2017)38:496-505. doi:10.1016/j.evolhumbehav.2017.03.002.
- ⑥ Fermin ASR, Sakagami M., Kiyonari T, Li Y, Matsumoto Y, *Yamagishi T. Representation of economic preferences in the structure and function of the amygdala and prefrontal cortex. *Sci Rep*. (2016)6:20982. doi: 10.1038/srep20982.
- ⑦ *Kameda T, Inukai K, Higuchi S, Ogawa A, Kim H, Matsuda T, Sakagami M. Rawlsian maximin rule operates as a common cognitive anchor in distributive justice and risky decisions. *Proc Natl Acad Sci*. (2016)113:11817-11822. doi: 10.1073/pnas.1602641113.

- ⑧Matsumoto Y, *Yamagishi T, Li Y, Kiyonari T. Prosocial behavior increases with age across five economic games. *PLoS ONE*. (2016)11: e0158671. doi:10.1371/journal.pone.0158671.
- ⑨Murata A, Saito H, Schug J, Ogawa K, *Kameda T. Spontaneous facial mimicry is enhanced by the goal of inferring emotional states: Evidence for moderation of “automatic” mimicry by higher cognitive processes. *PLoS ONE*. (2016)11: e0153128. doi: 10.1371/journal.pone.0153128.
- ⑩*Yamagishi T, Takagishi H, Fermin ASR, Kanai R, Li Y, Matsumoto Y. (2016). Cortical thickness of the dorsolateral prefrontal cortex predicts strategic choices in economic games. *Proc Natl Acad Sci*. (2016)113:5582-5587. doi:10.1073/pnas.1523940113.
- ⑪*Yamagishi T, Li Y, Matsumoto Y, Kiyonari T. Moral bargain hunters purchase moral righteousness when it is cheap: Within-individual effect of stake size in economic games. *Sci Rep*. (2016)6: 27824. DOI:10.1038/srep27824.
- ⑫Nishina K, Takagishi H, Inoue-Murayama M, Takahashi H, *Yamagishi T. Polymorphism of the oxytocin receptor gene modulates behavioral and attitudinal trust among men but not women. *PLoS ONE*. (2015) 10: e0137089. doi:10.1371/journal.pone.0137089.
- ⑬Toyokawa W, Kim H, *Kameda T. Human collective intelligence under dual exploration-exploitation dilemmas. *PLoS ONE*. (2014)9: e95789. doi:10.1371/journal.pone.0095789.
- ⑭*Yamagishi T, Li Y, Takahashi H, Matsumoto Y, Kiyonari T. In Search of Homo economicus. *Psych Sci*. (2014)25:1699-1711. doi:10.1177/0956797614538065.

[学会発表] (下記を含む計143件：下記は主要な招待講演の一部)

- ① 亀田達也 (2018). モラルの起源を考える – 実験社会科学からの問い. 招待講演(キーノート). 第22回進化経済学会大会. 2018年3月30日. 九州大学箱崎キャンパス.
- ② Kameda, T. (2018). Adaptive/neural bases of distributive justice: Does “ought” have empirical grounds in “be”? Invited talk. The 18th Winter

Workshop in Rusutsu: Mechanism of Brain and Mind. January 10, 2018.

- ③ Kameda, T. (2017). Herd behavior: Its biological and social underpinnings. Invited talk. Langfeld Conference: From micro-level cognitive phenomena to large-scale social dynamics. Princeton University, May 12-13.
- ④ Kameda, T. (2017). Herd behavior: Its biological and social underpinnings. Invited talk. Langfeld Conference: From micro-level cognitive phenomena to large-scale social dynamics. Princeton University, May 12-13.
- ⑤ Kameda, T. (2016). Herd behavior: Its behavioral, psychological, and neural underpinnings. Colloquium Talk. Centre de Recherches sur la Cognition Animale Université Paul Sabatier, Toulouse, France, September 8, 2016.
- ⑥ Kameda, T. (2016). Groups as adaptive devices: Free-rider problems, the wisdom of crowds, and evolutionary games. Colloquium Talk. Toulouse School of Economics, Toulouse, France, September 9, 2016.
- ⑦ Kameda, T. (2016). Ecological, cognitive and neural basis of distributive justice. Keynote speech. Workshop on “(self-)regulation of selfish behavioral tendencies – perspectives from Japan and Germany.” University of Heidelberg, Heidelberg, Germany, May 11-13, 2016.
- ⑧ Kameda, T. (2015). Exploitative strategies: Consequences for individual behavior, social structure, and design of institutions. Invited talk. The Ernst Strüngman Forum: Evolutionary and economic strategies for benefitting from other agents’ investments. University of Frankfurt, Frankfurt, Germany, November 1-6, 2015.
- ⑨ Kameda, T. (2014). Rawls in our minds: Exploring cognitive foundations of distributive justice. Cross-cultural perspectives on moral psychology. Korea University, Seoul, Korea, March 20-22, 2014.

[図書・分担執筆] (下記を含む計 14 件)

- ① 亀田達也 (著) (2017). 『モラルの起源—実験社会科学からの問い』岩波新書 (208

ページ) .

- ②King, A., Kosfeld, M., Dall, S.R.X., Greiner, B., Kameda, T., Khalmetski, K., Leininger, W., Wedkind, C., & Winterhalder, B. (2017). Exploitative strategies: Consequences for individual behavior, social structure, and design of institutions. In L-A. Giraldeau, P. Hebb & M. Kosfeld (Eds.), *Investors and exploiters in ecology and economics* (pp.205-214). Cambridge, MA: MIT Press.
- ③Kameda, T., Inukai, K., Wisdom, T., & Toyokawa, W. (2015). Herd behavior: Its psychological and neural underpinnings. In S. Grundmann, F. Moeslein & K. Riesenhuber (Eds.), *Contract governance* (pp. 61-71). Oxford, UK: Oxford University Press.
- ④亀田達也・金恵璘 (2015). 集団の生産性とただ乗り問題: 「生産と寄生のジレンマ」からの再考 (亀田達也 (編著) 「"社会の決まり" はどのように決まるか」フロンティア実験社会科学, 第6巻, pp. 175-19, 勁草書房)
- ⑤村田藍子・亀田達也 (2015). 「集団行動と情動」, 渡邊正孝・船橋新太郎 編 『情動と意思決定』 (pp. 132-163.) 朝倉書店.
- ⑥Kameda, T., & Hastie, R. (2015). Herd behavior: Its biological, neural, cognitive and social underpinnings. In R. Scott & S. Kosslyn (Eds.), *Emerging trends in the social and behavioral sciences*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons. DOI: 10.1002/9781118900772. etrds0157.
- ⑦亀田達也 (編著) (2015). 『"社会の決まり" はどのように決まるか』 (フロンティア実験社会科学, 第6巻). 勁草書房 (197 ページ).
- ⑧Kameda, T., Van Vugt, M., & Tindale, S. (2014). Groups. In V. Zeigler-Hill, L.L.M. Welling, & T.K. Shackelford (Eds.), *Evolutionary perspectives on social psychology* (pp. 243-253). New York: Springer.
- ⑨亀田達也 (2014). 「『分配の正義』の認知的・社会的基盤を探る」山岸俊男・亀田達也 (編著) 『社会のなかの共存』 (岩波講座 コミュニケーションの認知科学 第4巻,

pp.97-120) 岩波書店.

- ⑩山岸俊男・亀田達也 (編著) (2014). 『社会のなかの共存』 (岩波講座 コミュニケーションの認知科学 第4巻) 岩波書店 (230 ページ).
- ⑪山岸俊男・亀田達也 (2014). 「秩序問題とコーディネーション問題」山岸俊男・亀田達也 (編著) 『社会のなかの共存』 (岩波講座 コミュニケーションの認知科学 第4巻, pp.1-10) 岩波書店.
- ⑫Van Vugt, M., & Kameda, T. (2013). Evolution and groups. In J.M. Levine (Ed.), *Group processes* (pp.297-322). New York: Psychology Press.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

亀田 達也 (KAMEDA, Tatsuya)
東京大学・大学院人文社会系研究科・教授
研究者番号: 20214554

(2) 研究分担者

山岸 俊男 (YAMAGISHI, Toshio)
一橋大学・大学院国際企業戦略研究科・特任教授
研究者番号: 80158089

清成 透子 (KIYONARI, Tohko)
青山学院大学・社会情報学部・准教授
研究者番号: 60555176

(3) 連携研究者

樋口さとみ (HIGUCHI, Satomi)
岩手医科大学・医学部・助教
研究者番号: 70418515