

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料
〔平成31年度（2019年度）研究進捗評価用〕

平成28年度採択分
平成31年3月20日現在

集合行動の認知・神経・生態学的基盤の解明

Understanding cognitive, neural and ecological bases of human collective behavior



課題番号：16H06324

亀田 達也 (KAMEDA, TATSUYA)

東京大学・大学院人文社会系研究科・教授

研究の概要

局所的な社会現象が増幅し、社会全体に亘る予想外の影響を及ぼす集合行動のしくみについて理解することは喫緊の課題である。本研究は、近年、生物学と情報科学で注目を集めている群れ行動に関する知見を参考に、社会科学研究者と、動物行動学・脳科学・数理生物学などの自然科学研究者が連携し、人間の集合行動を支える認知・神経・生態学的基盤について解明する。

研究分野：社会心理学、認知科学、進化生物学、神経科学

キーワード：集合知、情報カスケード、同期、計算論的アルゴリズム

1. 研究開始当初の背景

局所的な現象が増幅し予想外の全体的効果をもたらす集合行動について、その生起メカニズムを実験社会科学・認知神経科学の先端技術を用いて経験的に検討し理論的に明らかにすることは、21世紀の社会科学にとって極めて重要である。心理学、社会心理学、社会学における集合行動の科学的研究が1960年代以来停滞しているなか、現在の集合行動に関する研究は、主に経済学、情報科学（計算社会科学）、生物学の3つの領域で活発に展開されている。

2. 研究の目的

直接的な相互作用場面、および、インターネットに代表される間接的な相互作用場面における人間の集合行動のしくみと人間社会における広範な「集合知」の成立条件を、動物の群れ行動について生物学が明らかにしつつある最新の知見と照応しながら、理論モデルの構築、大規模行動実験、神経・生理実験を軸に明らかにする。

3. 研究の方法

個体の振る舞いを計算（アルゴリズム）として理解するというメタ理論を採ることにより、系統的には遠い動物種間でも、集合・群れ行動を原理レベルで比較すること、つまり社会科学と生物科学の有意義な連携・相互協力を構築することが可能になる。本研究では以下の4つのプロジェクトを展開する。

- 1) 群れやコロニーといったマクロなレベルでの種間行動比較実験
- 2) 人間の集合行動に関する行動経済学的・社会心理学的実験
- 3) 行動や認知反応の同期を支える神経・生理基盤についてのモデルベースの実験
- 4) 同期現象や集合知現象についての理論分析（数理モデルとシミュレーション）

4. これまでの成果

I 種間比較実験

環境変化に対して集団がどのくらい可塑的に対応できるかという実験パラダイムをカラスのコロニーに拡張した。カラスの群れは、つがい、若者グループといった非血縁の個体たちが繰り返し交流する離合集散社会を作る。こうした生活形式はヒト集団とも共通し、生態学的様態と集合知の関係を包括的に理解する上で、カラスを種間比較に加えることは重要な戦略的意味をもつ。

実験では、大型屋外ケージにカラス10羽の群れを導入し、3ヶ月間の日常観察による個体間交渉データをもとに優劣順位の安定的形成をまず確認した。その上でケージ内に餌量の異なる4つの餌場を設け、餌場の餌量を逆転させる環境変化を導入し、個体の採餌への影響を調べたところ、平均的な餌獲得量は上位個体ほど多いものの、環境変化によって獲得餌量を大幅に一時増加させたのは下位個体

であった。この結果は、集団採餌から疎外されやすい下位個体が新たな餌場の発見者として機能し、枯渇した既知餌場から新規餌場にコロニーが移るための時間を短縮するという“イノベーション”のダイナミクスを示唆している。

II 人を対象とする認知・行動実験

インターネットを用いた大規模集団実験を実施した。699人の参加者が時間的に変動する不確実環境下で行動選択をした。参加者の行動選択を階層ベイズモデルにより解析した結果、①人々は集団サイズや課題の不確実性に応じて個人としての学習戦略を調整すること、②個人レベルでの学習戦略の調整が集団のマクロ・パフォーマンスに大きく影響することが明らかになった。

また、現代社会において特徴的な情報のカスケード (information cascade) 現象についても検討を進めた。フランス国立科学研究センターの研究者と行った大型実験 (日本人180名、フランス人186名の参加者) から、①課題の複雑さに応じて人々は他者への同調率を変化させること、②そうした調整がマクロレベルではエラーよりも正解の連鎖を生み出す場合が多いこと、③このパターンは国民性に関するステレオタイプ (“同調的な日本人、独立的なフランス人”) を超えて日仏両国で同様に認められること、が明らかになった。

III 人を対象とする神経・生理実験

集合現象の基礎となる行動・認知・情動の同期化 (synchronization) と同調 (conformity) について、視線・瞳孔変化や末梢自律神経活動の計測、fMRI による脳活動計測を中心に検討を進めた。単純な物理課題 (ドット数の推定) における人々の認知過程を数理的にモデル化し、相互作用が実際に認知レベルでの収束をもたらすことを厳密に実証した。さらに、そうした認知的収束には、左右の側頭・頭頂接合部 (TPJ) が関与することを、モデルベースの脳活動解析により明らかにした。他者との社会的相互作用場面における TPJ の機能と分化については、社会的分配、リスク決定、戦略的ゲーム場面でも、モデルベースの fMRI 実験により明らかにした。

さらに痛みに関する生理反応、表情の表出、摂食行動についても二者間での同期が生じることを、時系列データの数理的解析により厳密に証明した。

IV 数理モデルとコンピュータ・シミュレーションによる理論的解析

個体の集合的な相互作用がもたらす正・負の帰結について、エージェントベースモデルや進化ゲームを用いて次の点を明らかにした: (i) 多個体の相互交渉の結果として協力は促進される、(ii) 多個体間の社会学習 (例えば情動伝染等による同調) は大集団では進化し

にくい。(iii) 参照相手を過去の実績に基づいて動的に変化させる場合、集合知の精度は期待値としては大幅に改善するが、分散が大きくなる負のカスケードを引き起こす。さらに、多数派同調の度合いを進化変数としたシミュレーションモデルを構築した。

5. 今後の計画

I~IV のプロジェクトをさらに推進する。慶應義塾大学に新設されたカラス屋外飼育実験ケージを用いた種間比較研究、および、明治学院大学に新設された集団実験設備を用いた大型集団実験を展開する。また、フランス国立科学研究センター (CNRS) の研究者とのコラボレーションに加え、University of Georgia の研究グループとも共同研究の可能性を探るなど、国際共同研究を加速する。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

Kim, H., Toyokawa, W., & Kameda, T. (2019).

How do we decide when (not) to free-ride? Risk tolerance predicts behavioral plasticity in cooperation. *Evolution and Human Behavior*, 40, 55-64.

Toyokawa, W., Whalen, A., & Laland, K. N. (2019). Social learning strategies regulate the wisdom and madness of interactive crowds. *Nature Human Behaviour*, 3, 183-193.

Ito, I. M., Ohtsuki, H., & Sasaki, A. (2018). Emergence of opinion leaders in reference networks. *PLoS ONE*, 13, e0193983

Ogawa, A., Ueshima, A., Inukai, K., & Kameda, T. (2018). Deciding for others as a neutral party recruits risk-neutral perspective-taking: Model-based behavioral and fMRI experiments. *Scientific Reports*, 8, 12857.

Jayles, B., Kim, H., Escobedo, R., Ceza, S., Blanchet, A., Kameda, T., Sire, C., & Theraulaz, G. (2017). How social information can improve estimation accuracy in human groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 114, 12620-12625. など 52 篇

[受賞] 2018年北海道大学大塚賞 (金恵璘)、2017年日本社会心理学会出版賞 (亀田達也)、2017年大阪大学賞 (犬飼佳吾) など13件

7. ホームページ等

<https://sites.google.com/view/16h06324/home>

<http://www.tatsuyakameda.com>

[https://resou.osaka-](https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/feature/2018/7mqip)

[u.ac.jp/ja/feature/2018/7mqip](https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/feature/2018/7mqip)