

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 11 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26440228

研究課題名(和文) 集団的最適選択を可能にする根本原理の解明

研究課題名(英文) Response threshold variance as a basis of collective rationality.

研究代表者

長谷川 英祐 (Hasegawa, Eisuke)

北海道大学・農学研究院・准教授

研究者番号：40301874

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：社会性昆虫の集団的意思決定の合理性は、各個体の選択肢の価値に比例した反応により達成されるとされてきた。しかし、各個体が反応閾値を境にしたOn/Off型の二値的反応しかできない場合でも、集団的意思決定者の各個体の反応閾値に分散があれば、より価値の高い物を多数決で選ぶことができる。シワクシケアリで働きアリのしょ糖液濃度に対する閾値を測定し、濃度の異なる2つの選択肢を与えたところ、動員の影響を無視できる最初の15分で、両選択肢を訪れた個体数に差はないが、6コロニー全てで高濃度の選択肢により多くの個体が反応した。この結果により、閾値反応の分散だけで、最適選択が可能になることが示された。

研究成果の概要(英文)：Quality-graded responses are thought to need for rational collective decisions in social insects. however, I find that when there is a variance in response thresholds among units, a collective decision-maker can achieve rational choice by a majority decision because the option with highest quality always collect the largest number of "On" responses. We test this hypothesis using an ant, *Myrmica kotokui*, and confirmed that they can select the better option in a binary choice. My result showed that response threshold variance is a basis of collective rationality in collective decision-makers including social insects.

研究分野：進化生物学

キーワード：集団的意思決定 反応閾値分散

1. 研究開始当初の背景

集合性動物の合理的集団的意思決定には、選択肢の質に比例した行動反応が必須だと考えられていた。例えば、ミツバチの分巢では、新しい巣を探索に行ったハチが、分報軍に戻ってきて踊るダンスの強さと長さが、見つけた巣場所候補の質と比例している。このため、質の良い巣箱にはより多くの巣仲間が動員され、最終的に最も良い候補が選ばれる。アリの巣の引っ越しにおいても同様な、質の良い候補に対するより強い動員が見られる。しかし、代表的な集合的意思決定器官である脳を構成する神経細胞は、ある閾値を境に On/Off の二値的反応しか返すことができないと考えられている。しかし、脳は高度に合理的な意思決定をする。従って、二値的反応しかできない素子の集団でも、選択肢の質の順位付けが可能になる機構があるはずであり、本研究はそれを明らかにすることを目的とした。

2. 研究の目的

1930年代に、視細胞が光の強弱を識別するメカニズムが考察されており、この考えを集団的意思決定に導入することにより、Yes/No の二値的反応しかできない素子集団でも、各選択肢を評価する素子集団の反応閾値に分散があると、評価する選択肢の質が、評価素子群の閾値分布の範囲内に存在する限り、閾値分布の形に関わらず、質の高い選択肢が必ず多数の反応を得るので、質に比例した反応を必要とせず、得た反応の多数決により、最適選択が可能になるはずである。この機構を用いて合理的集団意思決定が可能であることを示し、アリがエサ資源としてのしょ糖溶液の

濃度に閾値反応をすることを示し、アリが、良い選択肢を選ぶのに選択肢の実際にこの機構を使っていることを示し、閾値分散 (= 個性) の新たな適応的意義について検討することを目的とした。

3. 研究の方法

シワクシケアリ 6 コロニーで、3.5% と 4.0% の 2 つのショ糖液濃度に対する閾値を測定し、2 つの濃度よりも閾値が低い低閾値集団、2 つの濃度の間に閾値がある中閾値集団、2 つの濃度よりも閾値が高い高閾値集団の 3 群に分け、質に応じた動員の効果を排除するため、通常のえさ場ではない場所にエサ皿をおき、動員が不可能な 15 分という短い時間で、それぞれの濃度に何匹が訪れ、何匹が反応したかを測定し、質に比例した反応なしでも合理的意思決定が可能かどうかテストした。

4. 研究成果

両選択肢を訪れた個体数には有意差がなかったが、6 コロニー全てが、資源価値の高い選択肢に多数が反応し、合理的意思決定を行えた。また、低閾値集団と高閾値集団は、りょうせんたくしにはんのうするか図に差がなく、多数形成に貢献していなかった。両価値の中間に閾値のある中閾値集団のみが、有意に高い割合で 4.0% 似反応していたので、このグループだけが多数形成に貢献していた。6/6 は有意なので、各コロニーは閾値分散のみで、よりよい資源を好むことが明らかとなり、合理的集合意思決定における閾値分散仮説は支持された。

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)

〔雑誌論文〕(計7件)

T. Yamamoto, E. Hasegawa (2017) Response threshold variances as a basis of collective rationality. Royal Society Open Science 4:170097.

J. Ito, Y. Ohkubo, E. Hasegawa (2017) Morph-specific weapon-correlated traits in a male dimorphic stag beetle *Prosopocolius inclinatus*, (Coleoptera: Lucanidae). Annals of Entomological Society of America. saw096:1-5.

S. Imai, K. Kobayashi, Y. Ohkubo, N. Yagi, E. Hasegawa (2016) Difference in evolutionary patterns of strongly or weakly selected characters among ant populations. Scientific Reports 6:39451.

S. Watanabe, T. Murakami, J. Yoshimura, E. Hasegawa (2016) Color polymorphism in an aphid is maintained by attended ants. Science Advances 2:e16000606.

T. Kutsuki, E. Hasegawa (2016) Female preference for both behavior and morphology of males in the Japanese newt, *Cynops purrhodaster*. Journal of Ethology. 34:334-337.

T. Yoshikawa, Y. Ohkubo, K. Karino, E. Hasegawa (2016) male guppies change courtship behaviour in response to their

own quality relative to that of a rival male. Animal Behaviour. 118:33-37.

E. Hasegawa, Y. Ishii, K. Tada, K. Kobayashi, J. Yoshimura (2016) Lazy workers are necessary for long-term sustainability in insect societies. Scientific Reports. 6:20846.

〔学会発表〕(計2件)

渡邊紗織、長谷川英祐「アリはアブラムシの色多型を維持しているか」第34回日本動物行動学会。東京海洋大学。

渡邊紗織、長谷川英祐「私のために争わないで もうこれ以上」第35回日本動物行動学会。新潟大学。

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 件)

名称：

(4)研究協力者

発明者：

()

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

長谷川英祐 (HASEGAWA, Eisuke)

北海道大学大学院・農学研究院・准教授

研究者番号：40301874

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：