



0n/0ff 反応だけで合理的な集合意志決定ができることを発見

研究成果のポイント

- ・ 刺激に対する 0n/0ff の閾値反応だけで、合理的な集合的意思決定が可能なことを発見。
- ・ アリはこの二値的の反応だけで、一番質の良い選択肢を選ぶことができることを解明。
- ・ 脳の意志決定を含む、集合的意思決定全般への応用が期待される。

研究成果の概要

アリやハチは個体の評価能力は低いにもかかわらず、集団としては様々な局面で、最も良い選択肢を選ぶことができます。そのためには、個体が選択肢の質に比例した強さの反応を返すことが必要だと考えられてきました。今回、長谷川准教授らの研究グループは、刺激の大きさに対して、その大きさに比例した反応ではなく、ある刺激値（閾値）を境に 0n/0ff の二値的な閾値反応しかできない個体の集合でも、閾値にバラツキ（分散）があるときには、合理的な集合意志決定が可能になることを発見し、アリの集団がそのメカニズムを使って、より良い選択肢を多数決で選べることを示しました。

論文発表の概要

研究論文名：Response threshold variance as a basis of collective rationality.（正しい集団的意思決定の基盤としての個体の個性）

著者：山本達紘（北海道大学大学院農学院生物生態体系）、長谷川英祐（北海道大学大学院農学研究
院生物生態体系）

公表雑誌：Royal Society Open Science（英国王立協会のオープン電子雑誌）

公表日：日本時間（現地時間）2017年4月12日（水）午前8時1分（英国時間 2017年4月12日
（水）午前0時1分）

研究成果の概要

(背景)

生物は様々な局面で正しい選択をしないと生き延びることができません。アリやハチは、個体の選択肢の質の評価能力は低いですが、集団（コロニー）としては、複数の選択肢から最も良い物を選ぶことが分かっています（集合的意思決定の合理性）。このためには、それぞれの個体が選択肢の質に比例した強さの反応を返すことが条件だとされてきました。例えば、ミツバチはより質の良い巣箱に対して、より強く長いダンスを踊り、質の低い巣箱に対してはあまり強いダンスを踊らないため、質の良い巣箱へより多くの働きバチが動員され、その数がある数を超えるとコロニー全体が多数決で選ばれた巣箱へ移動する、という意志決定をします。代表的な集合的意思決定器官である脳では、構成単位である神経細胞は、刺激が一定以上の大きさになると一定の電位を出し、それ以下では全く反応しないという、刺激に対して二値的な閾値反応（On/Off 反応）しか返すことができません。しかし、脳は合理的な意思決定をします。研究グループは、On/Off 反応しかできない個体の集団が、閾値のバラツキ（分散）を持つときには、刺激が大きい方の選択肢にのみ反応する個体が常に存在することで、選択肢の相対的価値を比較することが可能であることに基づき、On/Off 反応だけで合理的意思決定ができる機構を示しました。また、アリのコロニーがその機構だけを使って、より良い選択肢を選べることを示しました。

(研究手法)

アリやハチのワーカー（働きアリ・働きバチ）には、刺激に対する閾値に関して、個体間でバラツキ（個性）があることが知られていました。集団内で閾値分散があるときに、質の異なる2つの選択肢があると、質の高い選択肢にのみ反応する個体の存在によって、必然的に質の高い選択肢により多くの個体がOn反応を返すので、多数決を使えば必ず良い方の選択肢を選ぶことができます。そこで、シワクシケアリの6コロニーで、3.5%と4.0%のしょ糖液に対するワーカー（働きアリ）の閾値を測り、どちらが多くの個体の反応を獲得するかを調べました。3日おきの3回の閾値測定で、ほとんどのワーカーは一貫した反応を示し、閾値が3.5%より低いLOW（両方にON反応を示す）、閾値が3.5%~4.0%の間にあるMID（3.5%にはOff反応、4.0%にはOn反応）、どちらにもOff反応になるHIGHの3グループに分かれました。この状況で、両選択肢をえさ場において、どちらが多くの個体の反応を獲得するか調べました。

(研究成果)

3.5%と4.0%のしょ糖液をえさ場において、15分後にどちらに多くの個体が反応しているかを調べたところ、両選択肢を訪れた個体数には差はありませんでしたが、6コロニー全てで4.0%のしょ糖液に多くの個体が反応しました。このとき、LOWとHIGHのグループは、どちらにもOnかOffの反応しかしないため、多数形成には貢献せず、MIDグループの個体の意志決定が全体の意思決定を実質的に決めていました。選択肢の質が閾値の分布の範囲内にある限り、どのような価値の間でも必ず同じことが起こるので、この機構だけで、選択肢がいくつあっても、最も良い物を選べることが明らかになりました。今までアリやハチでは、合理的集合意思決定のためには選択肢の質に比例した動員行動が必要だとされてきましたが、15分の実験時間では、1個体も動員行動を示さなかったため、従来の仮説のみでは結果を説明できず、良い選択肢を選ぶのに、質に比例した反応は必ずしも必要ないことが示されました。

(今後への期待)

この機構は、構成要素である神経細胞が On/Off 反応しかできないと考えられている脳の合理的意思決定を説明できます。また、脳がこの機構を使っているという仮定は、従来の脳の意志決定に関する知見とも整合的です。脳だけでなく、コンピュータ群や群ロボットなど、個々の要素が高度な判断ができない集団で、集団内に閾値分散を持たせるだけで、合理的意思決定が可能になるため、様々な分野での応用が期待されます。また、生物になぜ個性が必要なのか（多様性）という、生物学の大きな課題に答えを与える可能性が考えられます。

お問い合わせ先

所属・職・氏名：北海道大学大学院農学研究院 准教授 長谷川 英祐（はせがわ えいすけ）

TEL：011-706-3690 FAX：011-706-2494 E-mail：ehase@res.agr.hokudai.ac.jp

ホームページ：<http://www.agr.hokudai.ac.jp/ecosys/ecology/aml.htm>