

カタツムリにおける特殊な移動性と活動性の進化

—天敵から走って逃げる／昼夜問わず活動するカタツムリを発見—

概要

北海道にほぼ固有の陸産貝類（カタツムリ）であるエゾマイマイは、殻を振り回して天敵であるオサムシ類を撃退するという珍しい行動を取ることが知られています（Morii et al., 2016^{*1}）。本研究では新たに、天敵を模した外部からの刺激に応じて、エゾマイマイが歩行速度を1.2~1.3倍ほど上昇させることが明らかになりました。具体的には平均して1.05 mm/秒ほどから1.27~1.35 mm/秒ほどに速度が上がり、**捕食者に襲われた時に逸早く安全な場所に到達するためにカタツムリなりに“走って逃げている”**と考えられます。カタツムリは通常、殻の中に引っ込んで難を逃れるのが一般的で、“走って逃げる”というのは、初めての報告と思われま

す。もう一点、エゾマイマイは昼夜問わず活発に活動する“周日行性”の日周性を持つことが明らかとなりました。**カタツムリは一般に夜行性のものが多いとされており、明確な日周性を示さずいつでも活発に活動するエゾマイマイのような種は、世界的にも知られていません。**一方で、エゾマイマイに最も近縁な種で、同じく北海道に固有のヒメマイマイは、外部からの刺激に対して殻に引っ込んでやり過ごし、日周性についても夜間のみ活動する夜行性であるという、カタツムリとしてはごく普通の行動を取ることが示され、近縁種間にも拘わらず複数の行動形質に極端な違いがあることが明らかとなりました。本研究の結果は、殻を振る／引っ込む、活動性が高い／低いといった、動物の個性^{*2}に関係する複数の形質間に、強い相関があることを示すものであり、今まさに種分化の過程にある近縁種間に行動シンドローム^{*3}の存在を示唆するものです。

本研究は、京都大学白眉センター／京都大学大学院理学研究科の森井悠太特定助教、北海道札幌啓成高等学校の植木玲一教諭（当時、現・北海道有朋高等学校教諭）と同校科学部の総勢6名の生徒らによる共著論文として、2023年10月31日にオランダの国際学術誌「*Behaviour*」にオンライン掲載されました。



図1. 研究対象としたエゾマイマイ。撮影：森井悠太（京都大学・特定助教）。

1. 背景

我々ヒトには個性があります。しかし、ヒト以外の動物にも個性があるということが科学的に認められるようになったのは、比較的最近のことです（以下、動物の個性²⁾）。動物の個性は近年では、個体群⁴⁾や生態系⁵⁾など様々な階層に対して波及効果を与えることが明らかになってきており、動物行動学の分野で盛んに研究が行われています。特に、**複数のカテゴリーに跨がる動物の個性が相関するという現象は行動シンドローム³⁾と呼ばれ、動物行動学の分野で注目を集めています。**例えば、捕食者に対する行動（大胆／内気）と同種内における資源をめぐる競争（攻撃的／受動的）との間には相関があることが一般に認められており、同種内の競争に強い攻撃的な個体は、捕食者のいるリスクの高い環境でも大胆な行動を取りやすく捕食されやすい傾向にあり、このようなトレードオフによって様々な個性が維持されていると考えられています。しかし、同種内ではなく近縁種間について種間の関係や差異を動物の個性に関連させて議論した研究は多くありません。

本研究では、北海道に生息する近縁な陸産貝類（カタツムリ）であるエゾマイマイ *Karafutohelix (Ezohelix) gainesi* とヒメマイマイ *Karafutohelix (Ainohelix) editha* の二種を対象に、複数の軸に跨がる行動形質を観察し、近縁種間に行動シンドロームが存在することを示唆しました（図 1）。**特にエゾマイマイについては、2016年に発表された先行研究により、天敵であるオサムシ類から攻撃を受けた際に、殻を振り回して迎撃するという世界的にも知られていなかった対捕食者行動を示すことが知られており、動物の個性の枠組みに照らせば外敵に対して大胆な行動をする種であると捉えることができます**（Morii et al., 2016¹⁾）。もう一方のヒメマイマイについては殻に引っ込んで捕食者をやり過ごすというカタツムリとしては一般的な行動を示し、内気な種であると考えられます。しかしながら、対捕食者行動以外の行動形質については両種で調べられておらず、対捕食者行動とその他の行動形質との行動シンドロームの有無については未知のままです。

2. 研究手法・成果

カタツムリの移動能力や探索性／活動性に着眼した2つの実験を行いました。まず、アクリルを組み合わせで作成した独自の装置を用いた**室内実験によりエゾマイマイとヒメマイマイそれぞれの移動速度を計測**しました（図 2, 3）。特にエゾマイマイについては、外部からの刺激に対して殻を振り回すという特有の行動を示すことが知られていたため、刺激の前後で移動速度が変化するかどうかも併せて調べました。結果として、ヒメマイマイよりもエゾマイマイの方が1.2~1.4倍ほど通常時の移動速度が速いということがわかりました。エゾマイマイはさらに、天敵からの攻撃を模した外部刺激により、移動速度を1.2~1.3倍ほど上昇させることが明らかになりました。すなわち、**エゾマイマイは捕食者に襲われると殻を振り回すと同時に“走って逃げる”という世界的にも知られていない対捕食者行動を取る**ことが示されました。ただし、エゾマイマイの通常時の平均速度が1.05 mm/秒に対し、刺激後の平均速度が1.27~1.35 mm/秒に上昇する程度であるため、実際に野外でどれほどの効果を発揮するのかは本研究からは推定できていません。

次に、ポピンとミシン糸、竹串などを用いて作成した簡便な装置により、**エゾマイマイとヒメマイマイの野外における探索性と活動性を比較**しました。ミシン糸の端を各カタツムリの殻に貼り付け、ポピンに巻いて竹串に通し地面に突き刺すと、カタツムリの移動に伴ってポピンから糸が出され、カタツムリの這った軌跡を大まかになぞることができるという仕組みです。両種の各10個体ずつに糸を付けて5m間隔で林床に設置し、ポピンから出された糸の長さを6時間ごと、つまり早朝06:00／正午12:00／夕方18:00／深夜24:00の4回／日に分けて、5日間に渡って測り取りました（図 4）。各観察時にカタツムリが頭を出していたかどうかを同時に記録し、エゾマイマイとヒメマイマイの日周性も併せて調べました。結果として、1) エゾマイマイはヒメマイマイより4つのどの時間帯においても長く移動し多く活動すること、2) ヒメマイマイは典型的な

夜行性の種であるのに対し、エゾマイマイは昼夜問わず同程度の移動性と活動性を示す“周日行性”の種であること、の2点が明らかとなりました。カタツムリは一般に夜行性の種類が多いとされており、昼夜問わず活動し明確な日周性を持たないエゾマイマイのような種類は、世界的にも初めての発見となります。

前半で示された“走って逃げる”というエゾマイマイの行動は、動物の個性に照らせば“殻を振る”行動と同じく、捕食者に対して大胆であると見なすことができます。他方、後半の結果は、エゾマイマイの方がヒメマイマイよりも探索性と活動性が高いことを示しています。より大胆な個体がより高い探索性と活動性を示すという相関関係は多くの生物で示されており、典型的な行動シンドロームのひとつとして知られています。すなわち、対捕食者行動と探索性、活動性のそれぞれに明確な種間差があり、個性間の明確な相関が見られたという本研究の結果は、エゾマイマイとヒメマイマイの種間に跨がる行動シンドロームの存在を示唆しています。

3. 波及効果、今後の予定

新しい種がどのように誕生するのかという“種分化”の問題は、チャールズ・ダーウィンの時代から謎の中の謎と呼ばれ進化生物学最大の課題として君臨し続けています。本研究で扱ったエゾマイマイとヒメマイマイの種分化はオサムシ類によってもたらされたかと筆者（本論文の筆頭著者）は考えていますが、動物の個性という考え方を取り入れることによって、よりシンプルにカタツムリ二種の種分化を説明できる可能性があります。すなわち、本研究で扱った二種のカタツムリとオサムシ類の系が、上述の“捕食者による被食者の多様化仮説”に輪をかけて未開の領域である“動物の個性と種分化との関係”にまで議論を拡張できる可能性を秘めていることを本研究の成果は示していると考え、今後のさらなる研究を画策しています。

4. 研究プロジェクトについて

植木玲一教諭と科学部の高校生徒らが当時所属していた北海道札幌啓成高校は、文部科学省のスーパーサイエンスハイスクール（SSH）に指定されており、本研究の一部はSSHにかかる予算より支援を受けています。

<用語解説>

*¹ **Morii et al., 2016** : 筆頭著者が過去に発表した論文。Morii, Prozorova and Chiba, 2016, Parallel evolution of passive and active defence in land snails, Scientific Reports, 6:35600, DOI: 10.1038/srep35600。本研究にも登場するエゾマイマイが、殻を振り回して天敵であるオサムシ類を撃退することを報告した。国内外の多くのメディアで紹介され、動画も数多く出回っている（例えば、ナショナルジオグラフィック；Snail hits predator with its shell, <https://www.youtube.com/watch?v=sgMnEDmx2sg>）。

*² **動物の個性** : 場所や時間を変えても一貫して現れる、各個体の行動・生理形質の傾向のこと。動物行動学では、1. 大胆さ（大胆／内気）、2. 探索性（探索／停滞）、3. 活動性（活発／不活発）、4. 攻撃性（攻撃的／消極的）、5. 社会性（社会的／非社会的）の5つの軸が用いられることが多い。

*³ **行動シンドローム** : 動物の個性における複数の軸に跨って、特定の個性どうしが頻繁に相関する現象。例えば、proactive-reactive syndrome（既存の訳語はないが、ここでは“能動-受動シンドローム”と呼ぶ）と呼ばれる行動シンドロームは、大胆-探索-活発-攻撃的な個性と、内気-停滞-不活発-受動的な個性が、個体の持つ個性の組み合わせとして一般に見られる現象を指し、実際に様々な動物で報告されている。

*4 **個体群**：ある空間内における互いに繁殖可能な同一種の個体の集まり。

*5 **生態系**：生物と無生物との相互作用を含む、ある一定の区域における系。森林生態系、海洋生態系、河川生態系など、環境に応じて呼び分けることが多い。

<研究者のコメント>

前半の室内実験については、本論文の最終著者である北海道札幌啓成高等学校の植木玲一教諭（当時、現・北海道有朋高等学校教諭）と同校科学部の総勢8名の生徒らが貴重な放課後の時間を割いて行ってくださいました。8名の生徒のうち特に貢献の大きかった6名については、本論文の第2～7著者として名を連ねています。

後半の野外実験については、筆頭著者が一人で行いました。5日間に渡って森に入り、一人用のテントを張って生活しながら、早朝・正午・夕方・深夜の1日に4回、合計20個体ものカタツムリの観察を行うという実験は一人で行うには過酷にすぎ、最後の方は目覚ましに叩き起こされる度に今が昼なのか夜なのかかわからず、終いには筆者自身の日周性がめちゃくちゃになってしまうほどでした。前半・後半のいずれの実験も、子供の夏休みの自由研究でもできるようなアナログなものですが、予想以上に面白い結果を得ることができたと思います（森井悠太）。

<論文タイトルと著者>

タイトル：The divergence of mobility and activity associated with anti-predator adaptations in land snails
（陸産貝類の対捕食者適応に伴う移動性と活動性の多様化）

著者：Yuta MORII*, Ryota KIMURA, Rion SATO, Nana SHIOBARA, Honoka MAEDA, Kaede NAKAGAWA,
Ririka ITO and Reiichi UEKI

掲載誌：*Behaviour* DOI：10.1163/1568539X-bja10249

< 参考図表 >



図 1. 研究対象としたエゾマイマイ。撮影：森井悠太（京都大学・特定助教）。



図 2, 3. 室内における実験の様子。左：植木玲一・教諭（当時・北海道札幌啓成高等学校、現・北海道有朋高等学校）。撮影：植木玲一（当時・北海道札幌啓成高等学校・教諭）。



図 4. 屋外における実験の様子。撮影：森井悠太（京都大学・特定助教）。