

オサムシの体サイズ進化はミミズ次第

～捕食者の多様化をもたらす餌の多様性～

ポイント

- ・ミミズ類の体サイズが系統間で異なり、その系統構成が地理的に大きく異なることを発見。
- ・オサムシの体サイズが、餌であるミミズのサイズに依存して進化していることを実証。
- ・生物進化における生物多様性の重要性を提唱。

概要

北海道大学北方生物圏フィールド科学センターの奥崎 穰研究員と京都大学大学院理学研究科の曾田貞滋教授の研究グループは、九州のミミズの種類（系統）が地域ごとに大きく異なっており、特に北西部の島では体サイズの大きいミミズが多く生息していることを明らかにしました。さらに、それらの島ではミミズを餌にする甲虫ヒメオサムシが大型化していることを発見しました。

ヒメオサムシは西日本の森林に広く生息する昆虫で、その幼虫はミミズだけを食べて成長します。幼虫はミミズに噛みつき、ミミズが暴れるのを止めてから食べ始めますが、小さい幼虫は大きなミミズに噛みついて食べることができません。そのため、大きいミミズが多い環境では大きい幼虫、すなわち大きい卵を産むことができる大きい成虫がより多くの子孫を残し、その体サイズが子孫に遺伝するという適応進化によってヒメオサムシが大型化したと考えられます。

本研究により、ある生物の系統構成の変化が、それと関わる生物に適応進化を促すことが示されました。適応進化による生物多様化の証拠は、ミミズのように多様性の全貌が明らかになっていない生物から今後さらに発見されるかもしれません。

なお、本研究成果は、フィリピン時間 2018 年 5 月 10 日（木）公開の Ecology Letters 誌に掲載されました。



九州北西部におけるミミズ（フトミミズ科）と
その捕食者ヒメオサムシ（孵化直後の幼虫とメス成虫）の体サイズ変異

【背景】

同種の動物が地理的に異なる体サイズとなることは珍しくありません。しかし、その地理的変異を生物学者が適応進化、すなわち自然淘汰（環境と変異の対応から生じる子孫数の個体差）によって説明できた研究事例は多くありません。その理由としては、（１）自然淘汰の原因（変異と対応する環境要因）が未発見であること、そして（２）進化方向の異なる自然淘汰が同時に働いていることが挙げられます。

オサムシ科オオオサムシ亜属の小型種ヒメオサムシは西日本に広く分布し、分布域の大部分で大型の近縁種オオオサムシと共存しています。この２種の体サイズは生息地の気温が高いほど大きくなりやすく、一定の体サイズ差を維持します。またオオオサムシ亜属のオスは異種のメスにも交尾行動を示しますが、種間の体サイズ差が大きい場合は雄交尾器が雌交尾器に届かず、無駄な種間交尾が自ずと制限されます。２種間の体サイズ差はそれぞれの種が独立に気温適応しただけでなく、このような無駄な種間交尾を妨げる工夫として維持されている可能性があります。

一方、九州の離島や半島ではヒメオサムシは単独で分布し、それらの集団の一部は気温から予想されるよりも大型化します。オオオサムシ亜属の幼虫はミミズ（フトミミズ科）のみを餌とします。ミミズは幼虫よりも大きいため、オオオサムシとの種間交尾が起こらない離島や半島の環境では、ミミズの体サイズの地域差がヒメオサムシの体サイズ変異の原因である可能性があります。またミミズの種数は多く、体サイズも種間で大きく異なります。ヒメオサムシ幼虫の餌サイズは、ミミズの群集構成によって決まっている可能性もあります。

そこで本研究は、ミミズの群集構成の地理的変化とオオオサムシの在不在がヒメオサムシの体サイズ進化に与える影響を明らかにすることを目的としました。

【研究手法】

九州 40 地点の落葉層からフトミミズ科を採集し、体サイズ（体重）測定と DNA バーコーディング（ミトコンドリア DNA の COI 遺伝子領域の塩基配列解読）を行い、各地点のミミズ群集の体サイズ構成と系統構成を調べました。また、ヒメオサムシの体サイズ変異が幼虫期の捕食成功と成虫期のオオオサムシとの種間交尾に与える影響を行動実験から評価しました。最後に年平均気温、ミミズ群集の体重中央値、オオオサムシの在不在がヒメオサムシの成虫体長に与える影響を一般化線型モデルと呼ばれる手法で分析しました。

【研究成果】

ミミズ群集の系統構成は地域によって大きく異なっており、九州北西部の離島では大型系統のミミズが多く生息していました（図 1）。ヒメオサムシ幼虫の捕食成功率は、幼虫の体重増加で増加し、ミミズの体重増加で減少しました。同じ場所に生息するヒメオサムシ幼虫とミミズ群集の体重をこの予測式に当てはめたところ、１齢幼虫（孵化直後の幼虫）はミミズが大きい地域で捕食を失敗しやすいことが示されました。餌サイズが大きい環境では大きい１齢幼虫、ひいては大きい卵を産む大きいメス成虫が適応的であると考えられます。

またヒメオサムシとオオオサムシの間での交尾行動は２種間の体長差が小さくなるほど、すなわちヒメオサムシが大きいときほど進行しました（図 2）。同じ場所に生息する２種の体長をこの予測式に当てはめたところ、野外でオスが異種メスに対して交尾行動を示したとしても、雄交尾器が雌交尾器に届かず、交尾には至らないことが示されました。２種が共存する地域では、種間交尾のコスト（時間、エネルギー、生殖細胞の無駄）を抑えることができる小さいヒメオサムシ成虫が適応的であると

考えられます。

そしてヒメオサムシはミミズの大型系統が多く生息する地域で大型化しており、この大型化はオオオサムシ不在下で顕著でした（図 3）。

【今後への期待】

動物の体サイズは複数の種間相互作用に関わり、時として進化方向が対立する（今回の研究では体が大きくなるほど幼虫の捕食成功率が高くなる一方、種間交尾のコストが高まる）自然淘汰に晒されます。体サイズの適応進化メカニズムはそうした自然淘汰のバランス，すなわち群集構成が大きく異なる環境で調査を行うことで解明できるでしょう。また DNA バーコーディングにより，ミミズには形態から予想されるよりも遙かに高い系統的多様性があることが明らかとなりました。生物の多様化プロセスを理解するためには，分類学的研究が進んでいない生物群集の地域固有性についての更なる研究が待たれます。

【謝辞】

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金（課題番号 21418, 253158, 23370011, 26251044）及び公益財団法人日本科学協会の笹川科学研究助成（課題番号 28-505）の援助のもとに行われました。

論文情報

論文名	Predator size divergence depends on community context（群集構成に依存した捕食者の体サイズ分化）
著者名	奥崎 穰 ¹ ，曾田貞滋 ² （ ¹ 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター， ² 京都大学大学院理学研究科）
雑誌名	Ecology Letters（生態学・進化生物学の国際専門誌）
D O I	10.1111/ele.12976
公表日	フィリピン時間 2018 年 5 月 10 日（木）（オンライン公開）

お問い合わせ先

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター 研究員 奥崎 穰（おくざきゆたか）
T E L 0144-33-2171 F A X 0144-33-2172 メール yutaka@fsc.hokudai.ac.jp
U R L <https://www.hokudaiforest.jp/>

配信元

北海道大学総務企画部広報課（〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目）
T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

【参考図】

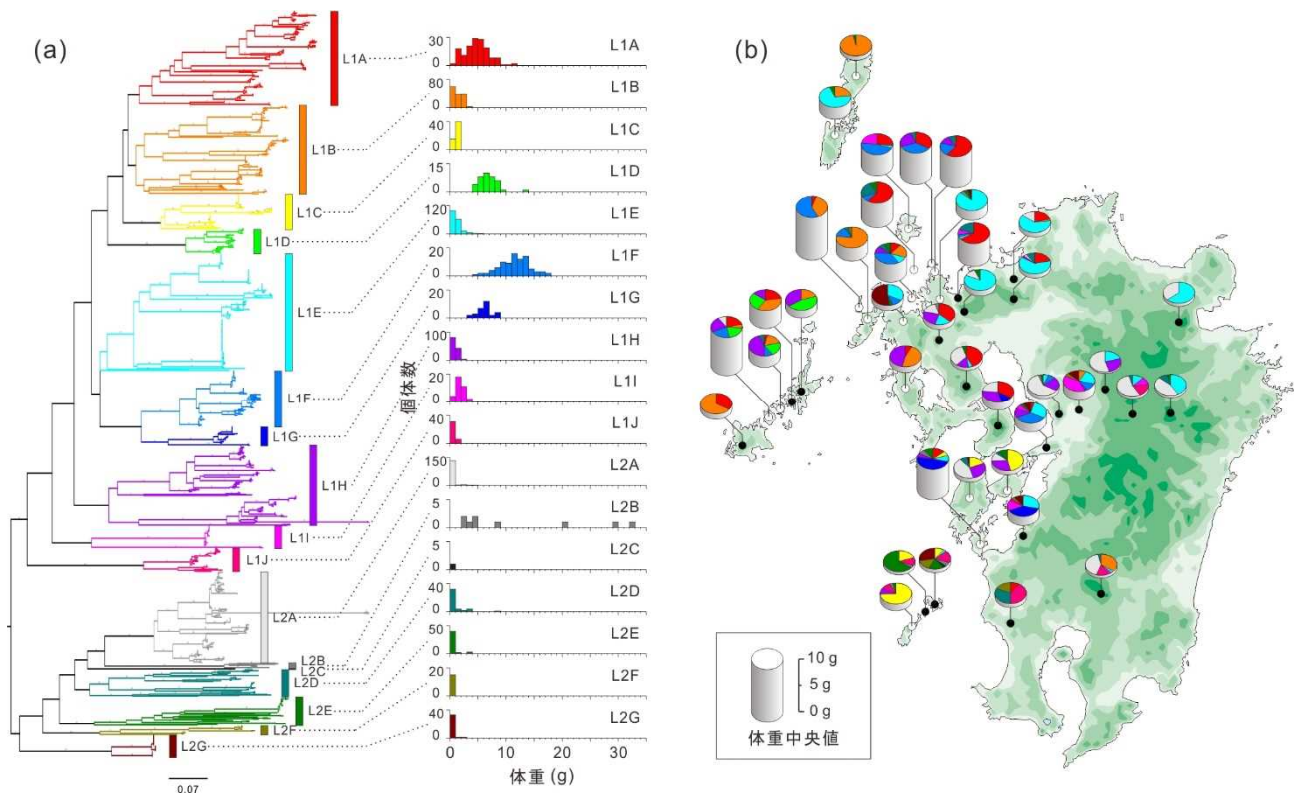


図1. ミミズの系統的多様性。

(a) 九州産フトミミズ科の COI 遺伝子系統樹と各系統の体重頻度分布。

(b) フトミミズ群集の系統構成（円グラフ）と体重中央値（円柱）。

色は系統を表しており、(a)と(b)で対応している。L1A（赤）、L1D（緑）、L1F（青）、L1G（濃青）のように体重の重い（体サイズの大きい）系統が、九州北西部の離島に多く生息していることが読み取れる。

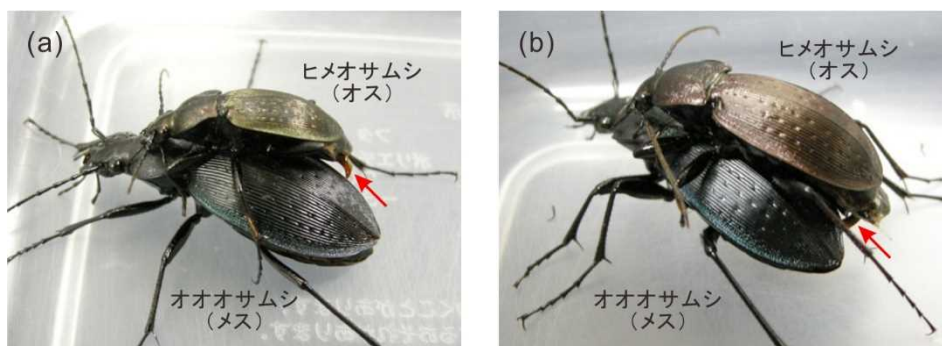


図2. ヒメオサムシとオオオサムシの種間交尾。

(a) ヒメオサムシが小さいとき、雄交尾器（矢印）は雌交尾器に届かない。

(b) ヒメオサムシが大きいとき、雄交尾器は雌交尾器に届く。

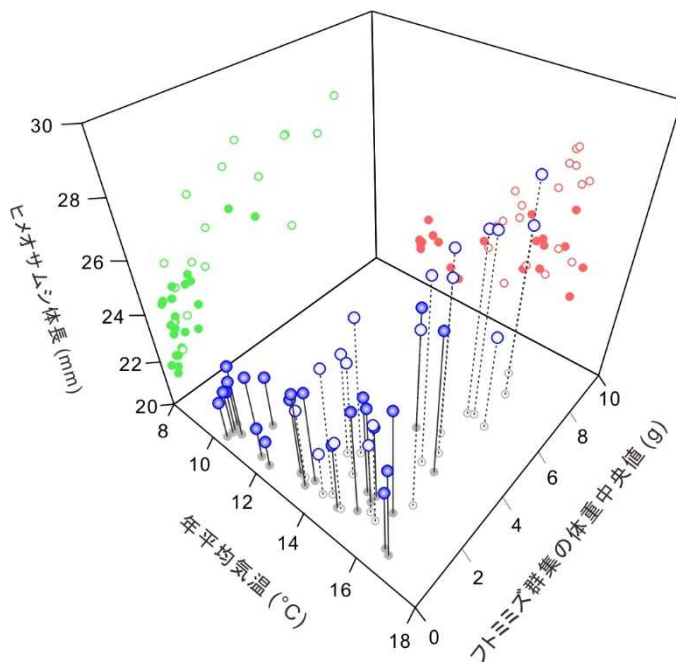


図3．生息地の気温（年平均気温），餌サイズ（フトミズ群集の体重中央値），近縁種の有無（オオオサムシと共存：塗りつぶし，単独分布：白抜き）がヒメオサムシの体長（雌雄の中間値）に与える影響。

緑，赤，灰の点は，それぞれ「フトミズ群集の体重中央値－ヒメオサムシ体長」，「年平均気温－ヒメオサムシ体長」，「年平均気温－フトミズ群集の体重中央値」面にデータを投影したもの。緑の点を見ると，フトミズの体重が大きいほどヒメオサムシの体長が長いこと，特にオオオサムシと共存していない白抜きの点にその傾向が顕著なことがわかる。