

長い冬に適応したカブトムシ ～北に住むカブトムシほど素早く成長する～

発表のポイント

- ・カブトムシの幼虫は、北方に生息する集団ほど素早く成長する能力があることを発見した
- ・北方集団の幼虫は、より多くの餌を食べ、さらに、食べた餌をより効率よく体重へ変換することで、素早い成長を実現していた
- ・冬が長い高緯度地域では、幼虫が成長に使える時間が限られているため、素早く成長する能力が進化したと考えられる

概要

山口大学理学部（大学院創成科学研究科）の小島渉助教のグループは、国立台湾師範大学の林仲平教授と共同で、カブトムシの幼虫の成長速度が、緯度によって変化することを発見しました。

研究グループは、北海道から台湾にかけての14地域のカブトムシを同一の条件で飼育し、成長パターンを解析しました。その結果、緯度が上がるにつれ、成長速度も大きくなることが分かりました。冬が長い高緯度地域では、幼虫が成長に使える時間が限られているため、早く成長するという性質が有利となると考えられます。さらに、高緯度地域の幼虫は、単位時間あたりにより多くの餌を食べ、食べた餌をより効率よく体重へと変換できることが分かりました。本研究は、昆虫の季節適応とそのメカニズムを理解するうえで重要な発見です。

この成果は、英国の生態学専門誌 *Functional Ecology* に掲載されました。

発表内容

カブトムシは日本人にとってなじみの深い昆虫であり、幼虫を成虫まで育て上げた経験のある方も多いでしょう。夏の終わりに孵化した幼虫は腐葉土や堆肥を食べて成長し、翌年の初夏に蛹になり、7月頃に成虫へと羽化します（図1）。幼虫の成長はとても早く、孵化した幼虫は2回の脱皮を経て、2～3か月の間に1000倍近い体重へと成長します。一方で、沖縄や台湾などの南方のカブトムシは、本州のものと同じ環境で飼育したときに、最終的な体重はそれほど変わらないものの、成長速度がずっと遅いことに私たちは気付きました。そこで、幼虫の成長速度は緯度と関係しているのではないかと予想し、実験室内で調べることにしました。



図 1. カブトムシの一生

青森から台湾にかけての 12 地域から成虫を採集し、卵を得ました (図 2. A)。孵化した幼虫を、25°C の環境で同じ餌を使って個別飼育し、5~10 日おきに体重を測りました (図 2. B)。このように共通の環境で飼育することで、集団間の遺伝的な違いだけを拾い上げることができます。幼虫が蛹になるまで体重の計測を続け、それぞれの個体の成長曲線から、成長速度を算出しました。その結果、緯度と幼虫の成長速度の間には図のような強い正の相関がみられました (図 3. A)。図 3. B から、高緯度地域の個体ほど、成長曲線の立ち上がりの傾きが大きいことが分かります。つまり、予想したとおり、北方に生息するカブトムシほど素早く成長することが示されました。

A

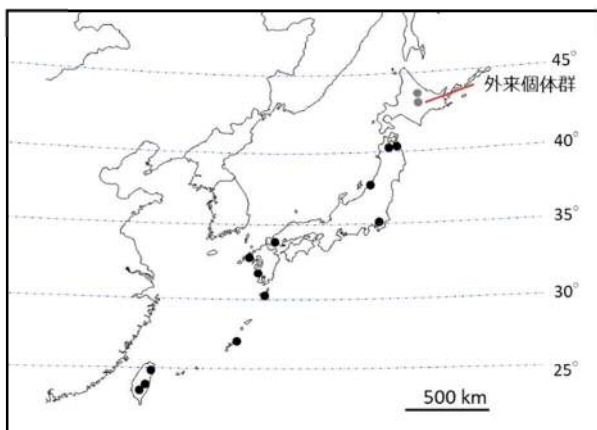


図 2. (A) 実験に用いた集団の由来。黒は在来の集団、灰色は外来の集団を示す。

B



図 2. (B) 室内で 1000 匹近い幼虫を共通の環境で個別飼育し (左)、定期的に体重を測った (右)。

なぜ北に住むカブトムシは素早く成長するのでしょうか。これは、冬の長さが関係していると考えられます。たとえば北日本では冬の間半年近く地面は雪に覆われ、幼虫は成長することができません。このような地域では、冬が訪れる前にできるだけ大きくなり、厳しい寒さを乗り越える準備をする必要があります。一方、沖縄や台湾では冬でも気温が高く、成長に使うことのできる時間がたっぷりあります。急いで成長することには生理的なコストを伴う可能性が高く、これらの温暖な地域ではゆっくりと成長するように進化したのだと考えられます。

さらに、私たちは北海道のカブトムシの成長速度も調べてみました。北海道のカブトムシは、自然に分布していたものではなく、50年以上前に本州から移入されたものです。彼らの成長速度は採集地の緯度から予想されるよりもずっと小さいことが分かりました（図3. A）。つまり、北海道のカブトムシは、その厳しい気候に適応しているわけではないと考えられます。

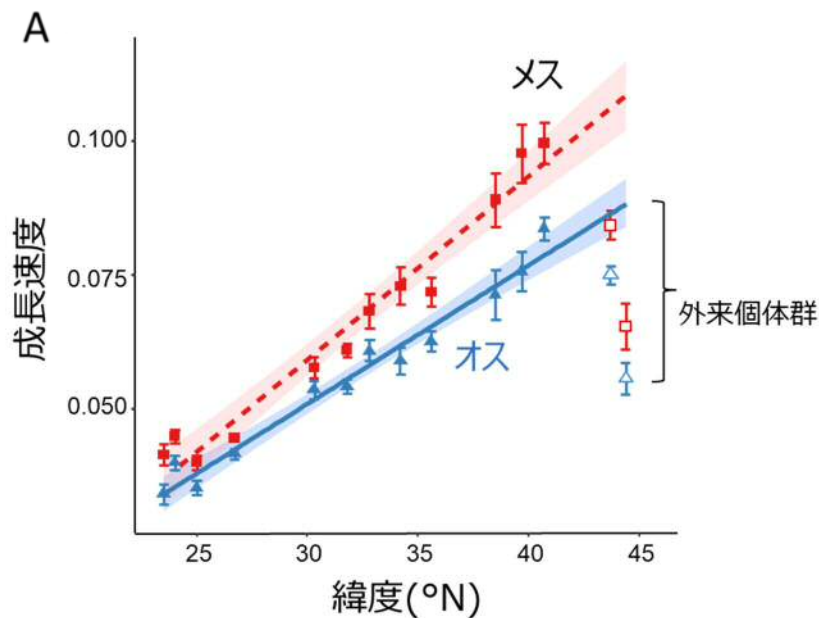


図3.(A)
緯度と成長速度の間には強い正の相関があるが、北海道の2集団は、回帰直線から大きく下へ外れている。

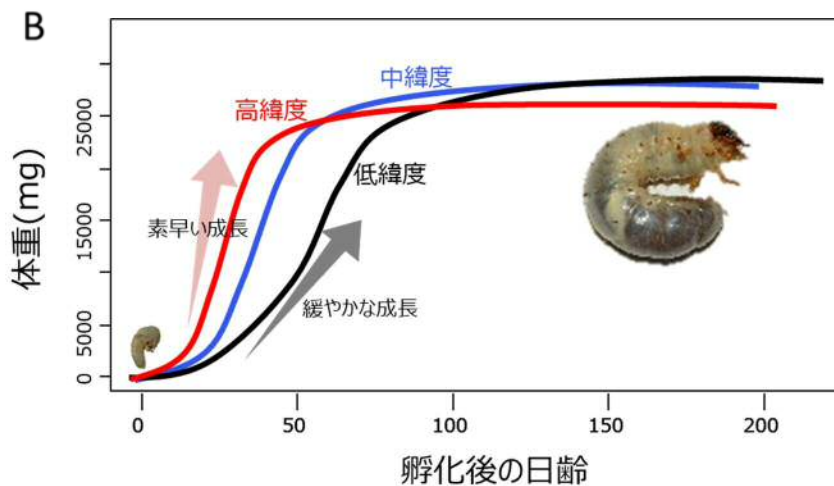


図3.(B)
高緯度、中緯度、低緯度の典型的な個体(オス)の成長軌跡。高緯度地域の幼虫は孵化後約1か月の間に急速に成長する。

では、どのような仕組みで高緯度地域のカブトムシは素早く成長するのでしょうか。理論的には、①多くの餌を食べるから、あるいは②食べた餌を効率よく体重へと変換するから、という2つのどちらか、あるいは両方の理由によるはずです。これらを区別するために、高緯度地域、中緯度地域、低緯度地域の3集団の幼虫を用い、成長期の5日間で食べた餌の量と、食べた餌のうち成長に利用された餌の量（変換効率）を、厳密にコントロールした条件下で計測しました。その結果、高緯度と中緯度の集団での成長速度の違いは、食べた餌の量のみで説明されました。一方で、中緯度と低緯度の集団での成長速度の違いは、食べた餌の量と変換効率の両方で説明できることが分かりました（図4）。つまり、単位時間当たりの摂食量は北方集団ほど大きくなるのに対し、変換効率は緯度にしたがって増加するものの、中緯度で飽和していました。変換効率を上げることには、生理的なコストや制約が存在する可能性が高く、それが変換効率の上限を決めていると考えられます。今後は、集団間で変換効率の違いをもたらす詳細な生理的メカニズムの解明を進めていきます。

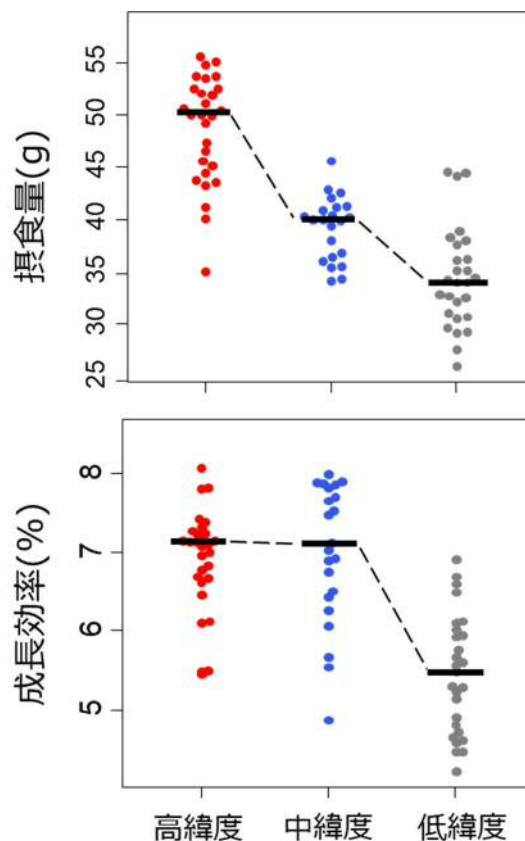


図4. 3 齢幼虫初期の5日間の摂食量（上）と成長効率（下）。黒いバーは中央値を示す。摂食量は緯度が下がるとともに減少する。一方、成長効率は高緯度から中緯度にかけては変化せず、中緯度から低緯度にかけて減少する。

本研究の意義

東北のカブトムシも九州のカブトムシも見た目や大きさはまったくと言っていいほど変わりませんが、それぞれの土地でうまく生活するための遺伝的な性質を持っていることが今回の研究から分かりました。カブトムシは身近な昆虫ですが、このような成長速度の地域変異は知られていませんでした。また、昆虫全体を見ても、緯度と成長速度の関係はいくつかの種で報告されているものの、本研究のように多くの集団を用いた比較はほとんど行われておらず、成長速度の変異をもたらすメカニズムについても不明でした。本研究により、昆虫の季節適応とそのメカニズムを理解するうえで重要な知見が得られました。

謝辞

本研究は JSPS 科学研究費 17H06901 の助成を受けたものです。

掲載誌情報

掲載誌：Functional Ecology

タイトル：Latitudinal cline of larval growth rate and its proximate mechanisms in a rhinoceros beetle
(カブトムシにおける成長速度の緯度ラインとその至近的メカニズム)

著者：Wataru Kojima, Tatsunori Nakakura, Ayumi Fukuda, Chung-Ping Lin, Masahiro Harada, Yuki Hashimoto, Aika Kawachi, Shiho Suhama, Ryo Yamamoto

DOI: 10.1111/1365-2435.13572

Link: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2435.13572>

論文掲載日：2020 年 5 月 11 日