

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：17701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24657061

研究課題名(和文)蛾類の「利き翅」の生物学的特性

研究課題名(英文)Biological traits of the dominant wings for moths

研究代表者

坂巻 祥孝 (Sakamaki, Yositaka)

鹿児島大学・農学部・准教授

研究者番号：20315401

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円、(間接経費) 420,000円

研究成果の概要(和文)：翅を畳んだ静止時に上になる側の翅を「利き翅」と定義し、蛾の翅の利き翅を未展翅標本から調べた結果、種によって利き翅のあるものないものが認められた。これらのうち、左前翅が利き翅と思われたチャノコカクモンハマキを飼育して、2年目に実験した結果、飛翔後静止姿勢に入ったときには、どの個体も必ず決まった側の前翅を上にしており、利き翅の存在が示されたが、左右の比率は同腹由来兄弟内で1:1であった。さらに前翅と後翅の利き翅の関係を見たところ一致する個体が80%であった。一致しなかった20%の個体については翅の痛みが認められたことから、天敵に襲われるなどの事故の場合に左右逆の翅を閉じることがあると考えられた。

研究成果の概要(英文)：I defined the dominant wings in moths as upper side of wing when it is at rest, and folds wing over its back. In first year, I found the wild moths included some right wing dominant species, some left ones, and non-dominant wing species. In second year I focused on a left wing dominant species, *Adoxophyes honmai*, of rearing strain. First moth individuals flew and landed, then I checked which side of forewing was folded into upper position. Consequently each individual set one regular side of forewing into upper position, other side into lower. While the dominant forewing between full-sib offspring was randomly different each other, as the ratio was 1:1 (left:right). Moreover, I examined side-dominancy between fore- and hindwing in each specimen. That was well-correlated between them, but only 20% of them had inconsistent side dominancy between wings. Thus, such inconsistency of dominant wings may be caused by some accident, for example attacked by natural enemies and so on.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生物多様性・分類

キーワード：分類形質 利き翅 左右非対称性

1. 研究開始当初の背景

鱗翅目の中でも蝶類やシャクガ科などの成虫は静止姿勢で左右の翅を背面に垂直に立てて、両翅をぴたりと合わせて止まるため、どちらも同様に露出しており、左右の翅に差はないと考えられる。一方で多くの蛾類は静止姿勢で翅を体の背面に畳んだ状態となる。蛾類成虫は蝶類などと異なり、危険から逃避する場合と交配相手を探す場合、そして、産卵場所に移動する場合程度しか飛翔しない。日頃はその翅の斑紋の隠蔽効果にたよって、静止状態を保って寄主植物上などで、じっとしている。したがって、蛾類にとって成虫の時間のほとんどはその静止状態で過ごすことになり、翅を畳んだ静止状態での隠蔽効果が蛾類成虫の生存率・繁殖率を左右するものと考えられる。

左右の翅を背面に畳む蛾の斑紋は多くの場合、胸部背面の斑紋と翅の斑紋をつないで、一つの模様を形成するようにデザインされている。このとき、左右の前翅を多かれ少なかれ重ねて静止する。蛾類の翅は従来、左右対称と思われがちであるが、展翅される前の静止状態の蛾類の翅は、左右の翅が上下に重なっており、非対称である。また、左右対称に見える展翅標本の斑紋でもつぶさに観察すると微細な非対称性が確認できる。本研究では蛾類は生きているときには決して展翅された標本のような格好をしないと考え、むしろ翅を閉じた静止状態での、蛾の翅の機能に着目した。蛾類の静止状態では、まず左右の前翅は多かれ少なかれ重なり合う部分がある。左右の翅が重なり合って初めて機能する蛾の翅の性質があると期待できる。

1990年代から2000年代初頭にかけて、生物は正中線を境に左右対称であることがベストであるという仮定の下、発育時のストレスとなるような遺伝因子の評価として非対称性の揺らぎ (Fluctuating Asymmetry : FA

と略す) を測定し、いくつかの進化モデルにあてはめるような研究が流行し、多くの昆虫を材料に FA の研究が展開されてきた。しかし、本研究では、蛾類は本来左右対称ではなく、わずかな非対称がベストであると仮定している。したがって、本研究では、方向性のある (directional な) 非対称性の測定・記述を行うことになる。

蛾の翅が左右非対称であるという前提で研究がおこなわれた例は極めて少なく、蛾類ではヒトリガ、ヤガ、ヤマユガなどを材料に、捕食者を脅かす後翅の目玉模様、方向性のある非対称性が報告されている (Forsman and Merilaita, 2003) のみと思われる。しかし、この前例においても隠蔽的に働く前翅は、左右対称な物と仮定して取り扱われている。

2. 研究の目的

左右の翅を背面に畳む蛾において上になる翅を「利き翅」と定義して、まずはじめに着目すべきは、「左右どちらの翅が上になって重なるか」である。このことを記述するために私は蛾類の静止状態で上になる翅を「利き翅」と定義する。そして、この利き翅が個体ごと、血縁集団ごと、個体群ごと、種ごと、上位分類群ごとに決まっているのかを調べる。また利き翅の違いが、翅の形態学的な左右非対称性や、斑紋の非対称性、また、生存率にどのように影響するかを調査してゆく。

3. 研究の方法

本研究では近年発展している形態測定学的手法を交えて、

- 1) 静止姿勢で上になる利き翅は右が多いか、左が多いか？それは、個体、個体群、種、属、科などの分類群ごとに決まっているのか？
- 2) 利き翅は、大きいか小さいか、厚みは異なるか？
- 3) 利き翅は、形態測定学的なシェイプが異

なるか？

4) 利き翅は、翅脈相に差があるか？

5) 利き翅は、利き翅の下に隠れる翅の斑紋は、利き翅のものと完全に一致するのか？

6) 利き翅をその反対の翅と入れ替えて静止姿勢を取らせた場合、隠蔽効果が減少するか？

7) 翅の斑紋の有無と「利き翅」の大きさやシェイプに相関関係があるのか？

などを調べて、蛾の「利き翅」と左右非対称性の生物学的意義を検討する。

4. 研究成果

研究1年目は野外で採集したサンプルにおける利き翅を種ごとに調査した。博物館などの所蔵標本は展翅されているものが多いが、未展翅のものをできるだけ集め、さらに自ら各地で採集した標本も展翅せずに乾燥標本とした。未展翅で翅の左右のどちらが上かが分かる標本は28種集めた。それらのうち、10個体以上の未展翅、展翅標本の両者がそろっているものは約20種。その多くが未展翅(静止時の状態)で種ごとに上になる翅が右か左かに偏っていた(左上:チャノコカクモンハマキ *Adoxophyes honmai*、トビモンコハマキ *Neocalyptis congruentana*、右上:ウスコカクモンハマキ *Adoxophyes dubia*、ミツボシキバガ科の一種 *Autosticha* sp.)

ただし、右上と左上が等しい頻度で混ざる種もあった(サクラキバガ亜科の一種 *Anacamptis blattariella*、リンゴコカクモンハマキ *Adoxophyes orana*)。

標本写真撮影後、左右の翅斑紋をパソコン上で重ね合わせる作業をする中で、キバガ上科、ハマキガ科の前翅の後縁部で左右変異が多いことが分かった。また、左右変異がしやすい部分は静止時に左右の翅が重なり合う部分であることも分かった。ただし、キバガ科のヒメキマダラキバガ *Monochroa cleodoroides* およびウスアトベリキバガ *Hypatima spathota* などでは重なり合う部

分の周辺にも斑紋の左右変異が認められた。これらの傾向から見出されると予測されるパターンの探索に力を入れる。ただし、例外的であるが、前翅が左右で重なり合わないホソガ科でも、前翅後縁部の斑紋が左右非対称な種が2種(*Acrocercops* spp.)が認められた。

この左右の変異が遺伝的に決定しているものか、あるいは発生過程で可塑的に生じるものか、あるいは成虫になってからわずかに鱗片が脱落して生じるものかは現段階では不明である。

2年目には前年の野生成虫の未展翅標本調査から、左前翅が上(利き翅が左)の個体が多かったチャノコカクモンハマキの飼育個体を材料に、1) 利き翅の個体内変異、2) 家族内変異、3) 前翅と後翅の利き翅の関係、4) 斑紋の左右非対称性を調査した。その結果、個体内変異では飛翔状態から着地し、静止状態に入る際に上になる前翅が右か左かは、通常決まっているが、同一個体でもまれに左右が入れ替わってしまうことがあることが分かった。一方、家族内変異を調べたところ雌親の利き翅にかかわらず、次世代の利き翅の左右の比率は1:1からずれてはいなかった。したがって、利き翅に遺伝的背景があるかは不明であり、かつ前年度に成虫で確認された、本種の利き翅の左への偏りは、サンプリングエラーであろうと考えられた。前後翅の利き翅の関係は、調査個体の80%で左右が一致していたが、20%では、前翅と後翅の利き翅が左右逆であった。このように前後翅で利き翅が逆転している個体の多くが翅の閉じ方あるいは鱗片の脱落に「異常」があったことから、前後翅の利き翅は通常同じ側で互いにリンクしているが、急いで静止姿勢をとる必要がある場合や標本化するために毒瓶に詰められた場合などには、前翅の閉じ方が逆転することがあるものと思われた。翅の斑紋の左右非対称性については前翅の特定の斑紋の端を仮ランドマークとして前翅基部からそ

れぞれの仮ランドマークまでの距離の変異を調べたところ、ほぼすべての個体で右翅と左翅の間にわずかに変異(非対称性)があることが分かったが、この変異は前述の利き翅とは相関関係はなく、また、どの斑紋の仮ランドマークであるかによる非対称性の程度にも差はなく、いずれの斑紋変異も非対称性の揺らぎ(Fluctuating Asymmetry)の範囲を出ることなく、ゴキブリやカメムシの前翅のような方向性のある非対称性は検出できなかった。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

坂巻 祥孝 (SAKAMAKI, Yositaka)

鹿児島大学・農学部・准教授

研究者番号：20315401