

オオムラサキの雌雄判別について～視覚的な要素に着目して～

北海道札幌南高等学校 科学部

2年 岡田夏実

1 はじめに

オオムラサキはタテハチョウ科の大型のチョウで、日本の国蝶であり、準絶滅危惧種にも指定されている。本校科学部では、学校林へのオオムラサキの放蝶を目標に、幼虫の餌となるエゾエノキの植林や樹木調査などの様々な活動を行っている。オオムラサキを飼育する中で、その生態、特に交尾行動に興味を持った。オオムラサキの交尾行動を観察すると、雄が雌に近づいていき交尾を行う様子が見られ、オオムラサキの雄がどのように雌を見分けているのかという疑問を持った。そこで今回は、視覚的な要素に着目し、オオムラサキの雌雄の判別についての研究を行った。

2 オオムラサキの鱗粉の調査

2.1 目的

オオムラサキの翅の模様は図1に示したように雌雄で対照的である。これを構成しているのは翅の表面を覆う鱗粉である。そこで鱗粉の観察を行った。



図1 オオムラサキ
(左が雌、右が雄)

2.2 鱗粉について

鱗粉は大変小さいため、肉眼では粉状に見える。鱗粉の機能については明らかではないが、撥水や体温調節といった機能があるとされている。

2.3 鱗粉の種類

オオムラサキの鱗粉を、光学顕微鏡や走査型電子顕微鏡(以下 SEM)を用いて観察した。

2.3.1 光学顕微鏡による観察

光学顕微鏡を用いて、鱗粉を翅の部位ごとに観察した(図2)。

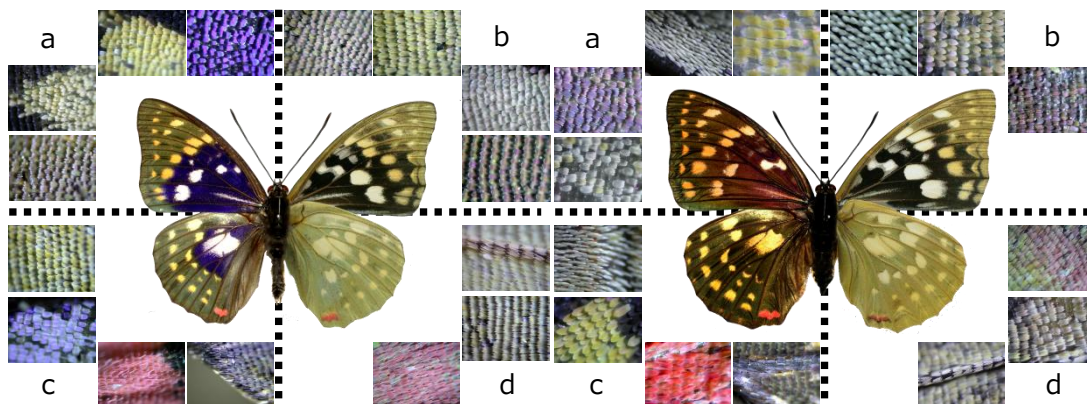


図2 オオムラサキの鱗粉(左が雄、右が雌)

a は前翅表面、b は前翅裏面、c は後翅表面、d は後翅裏面の鱗粉を示している

オオムラサキがもつ鱗粉には、翅の部位によって違いがあり、色や形状は様々であることがわかる。



図 3a 黒色の鱗粉
(雄の前翅)



図 3b 赤色の鱗粉
(雄の後翅)

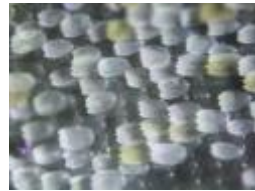


図 3c 白色の鱗粉
(雌の前翅)

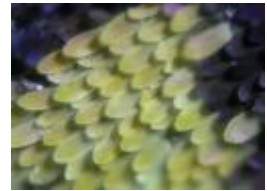


図 3d 黄色の鱗粉
(雌の後翅)

図 3 にはその一例を示した。例えば、先端の形に着目すると、丸いものや切れ込みのあるもの、尖ったものなどが見られる。また、鱗粉は粉状ではなく薄い板のような形状であり、瓦のように規則的に並んでいることが確認できる。

オオムラサキには構造色^{※1}をもつ鱗粉がある。例えば、雄の青色の鱗粉には構造色があり、その発色が鮮やかなだけでなく光沢のある様子が観察できる(図 4)。

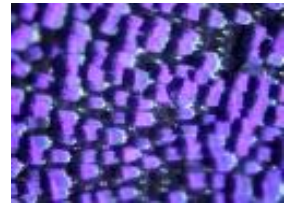


図 4 構造色のある鱗粉

※1 構造色とは、微細な構造による物理的な発色であり、身近な例としては CD の裏面の虹色やシャボン玉の表面に見られる虹色などが挙げられる。

2.3.2 SEM による観察

SEM を用いて鱗粉をさらに詳しく観察すると、鱗粉表面には細かな凹凸による規則的な模様が見られる。このことから、鱗粉は平らな一枚の板ではないことがうかがえる。また、偶然発見した鱗粉の破損部から内部構造の一部が観察できた(図 5)。

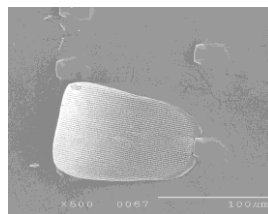


図 5a 破損した鱗粉

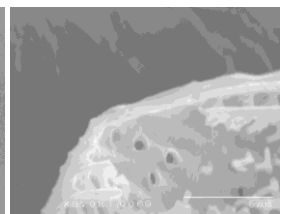


図 5b 破損部の拡大図

2.4 鱗粉の構造の調査

破損した鱗粉から内部構造が確認できたため、鱗粉の構造に着目して調査を進めた。

2.4.1 調査方法

意図的に鱗粉を切断し、その断面から構造の観察を試みた。具体的な観察方法は次の通りである。

オオムラサキの翅を各部位に分けて切断し、パラフィン包埋後に回転式マイクロトームを用いて 20 μ m 幅に切断、脱パラフィン処理をした。これによって得られた鱗粉の切片を SEM によって観察、撮影した(図 6)。

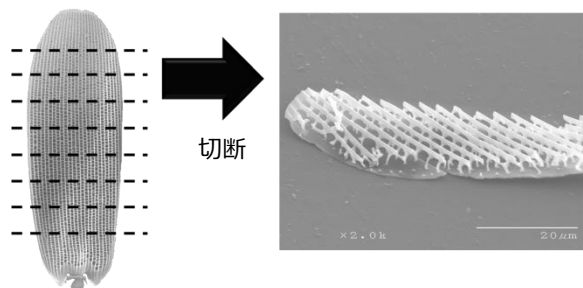


図 6 鱗粉の横断面の観察

2.4.2 結果及び考察

鱗粉を表側から観察すると網目状の様が見られるが、断面を観察すると鱗粉は単純な網目構造ではないことがわかる(図 7)。鱗粉は薄い板状の部分の上に梯子状の部分が重なって構成されており、梯子状の部分が規則的に並ぶなど立体的で複雑な構造をしている。図 8 は鱗粉を裏面から見たもので、縁には小さな丸い窪みが幾つも見られる。

このように、鱗粉は微小な複数の部分の組み合わせで構成されていることがわかる。

また、一部が破損した鱗粉では、図 5 同様に梯子状の部分のみが剥がれ落ちたものがみられた(図 9)。よって、板状の部分と梯子状の部分の接合は比較的弱いと考えられる。

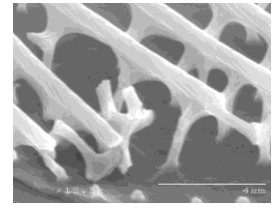


図 7 鱗粉の断面図

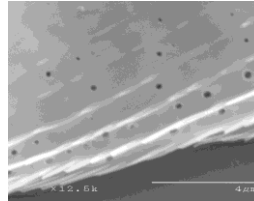


図 8 鱗粉の裏面

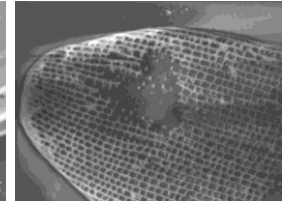


図 9 破損した鱗粉

2.5 鱗粉の種類と構造の関係

オオムラサキのもつ様々な鱗粉について、鱗粉の種類と構造の関係について調査した。その際、構造色の有無にも着目して調査を進めた。

2.5.1 調査方法

各種鱗粉について、SEM を用いて観察し、撮影した約 200 枚の画像を元に特徴を比較した。

2.5.2 結果及び考察

・構造色をもたない鱗粉

図 10a は雄の黒色の鱗粉である。

図 10b は図 10a と同種の別の鱗粉を、角度を変えて高倍率で観察したものであり、図 7 と同様に、板状の部分と梯子状の部分が重なった構造が観察できる。

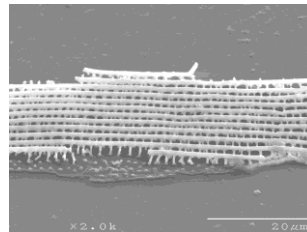


図 10a 雄の黒色の鱗粉
構造色なし(2000 倍)

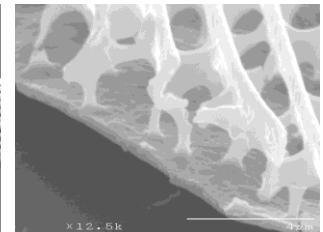


図 10b 図 10a と同種の鱗粉
拡大図(12500 倍)

図 11 は雌の同色の鱗粉、図 12 は雄の色の違う鱗粉であるが構造に差異は見られない。構造色を持たない鱗粉の構造は、雌雄や鱗粉の色によらずほぼ同じであると考えられる。

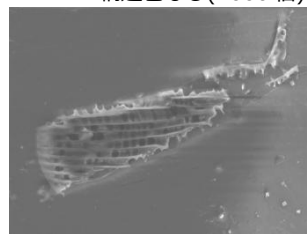


図 11 雌の黒色の鱗粉
構造色なし(2000 倍)

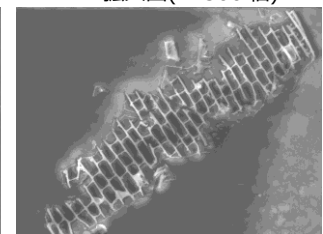


図 12 雄の黄色の鱗粉
構造色なし(2000 倍)

・構造色をもつ鱗粉

構造色をもつ鱗粉も、構造色をもたない鱗粉同様に梯子状の構造が見られる。

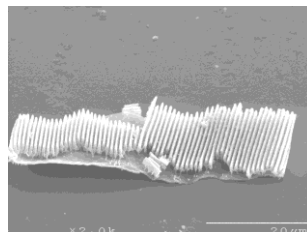


図 13a 雄の青色の鱗粉
構造色あり(2000 倍)

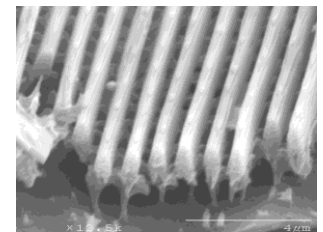


図 13b 図 13a と同種の鱗粉
拡大図(12500 倍)

しかし、その間隔は構造色をもたない鱗粉よりも遙かに狭く、全体的に細かな構造をしており、この微細な構造が構造色を作り出していると考えられる。

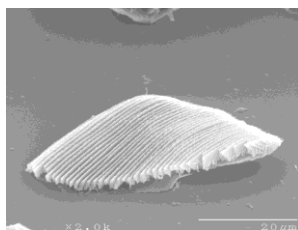


図 14a 雄の白色の鱗粉
構造色あり(2000倍)

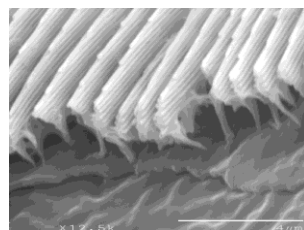


図 14b 図 14a と同種の鱗粉
拡大図(12500倍)

図 13 は青色、図 14 は白色の鱗粉である。断面の角度に多少の違いはあるものの、構造に差異があること

が確認できる。よって、構造色の鱗粉については色による構造の差異があると考えられる。

鱗粉の断面の観察の結果、構造色のない鱗粉は雌雄や鱗粉の色によらず一定の構造をしているのに対し、構造色のある鱗粉は特徴的な構造をしており、鱗粉の色による構造の差異もあることがわかった。

3 オオムラサキの紫外線撮影による調査

3.1 目的

チョウの認識する光の波長は人間とは異なっており、チョウ自身の目を見たチョウの姿は我々がしているものとは異なると考えられる。チョウの目を見たオオムラサキの姿がどのようなものであるか調査するため、オオムラサキの紫外線撮影を行って観察した。

3.2 光の波長とその認識について

一般に、チョウが認識する光の波長の範囲は、人間よりも広い。図 15 のように可視光線^{※2}だけでなく、紫外線

光の波長(nm)
人間 : 可視色

チョウ: 可視色+紫外色

図 15 認識出来る光の波長



までも認識出来るとされている。人間は可視色^{※3}だけで物を見ているが、チョウは紫外色^{※4}も含めて物を見ているということになる。

※2 人間が認識出来る範囲の光を「可視光線」と呼んでいる。「可視色」についても同様である。

※3 可視光線による色のこと。

※4 紫外線による色のこと。紫外色は人間には認識できないため、具体的にどのような色であるかはわからない。

3.3 紫外色と雌雄の判別について

チョウには交尾時の雌雄の判別に紫外色を用いるものがある。例えばモンシロチョウは雌雄どちらも白色のチョウであるが、紫外線撮影を行って観察してみると、雌雄で明らかな差異が見られる。モンシロチョウはこの差異を利用して雌雄を判別するとされている。このように、紫外色を用いて雌雄を判別する種があることから、オオムラサキが紫外色によって雌雄を判別している可能性も視野に入れて調査を行った。

3.4 調査方法

試料にはオオムラサキの個体(雌雄)を用いた他、これと比較するため、モンシロチョウと同じシロチョウ科であるスジグロシロチョウの個体(雌雄)を使用した。これらのチョウを予め展翅し、暗室中で紫外線を当て^{※5}、フィルタ(FUJIFILM BPB-42)^{※6}を取り付けたデジタルカメラで撮影した。

※5 紫外線以外の光を遮断するために暗室中で調査を行った。

※6 このフィルタを取り付けることにより、可視光の大部分を遮断することができる。

3.5 結果及び考察

スジグロシロチョウはモンシロチョウ同様、雌雄どちらも白色のチョウであり、雌雄による色合いの違いはほぼ見られない。しかし、紫外線撮影を行って観察すると、図16bのように、雄は全体的に暗く、雌は明るく写る。その差異は、自然光のもとで撮影したスジグロシロチョウ(図16a)と比較すると明らかである。よって、スジグロシロチョウはモンシロチョウ同様、紫外色における雌雄の差異があることがわかる。

オオムラサキの紫外線写真(図17b)でも、雌雄で翅の模様に見られる。しかしこれは、自然光下での翅の模様(図17a)を反映したものに過ぎず、紫外色による差異とはいえない。また、スジグロシロチョウのような、明暗による雌雄の違いも見られない。よって、オオムラサキでは紫外色による雌雄の差異はないことがわかる。

したがって、オオムラサキは交尾時の雌雄の判別に紫外色を利用していないと考えられる。



図 16a 自然光下のスジグロシロチョウ (左が雄、右が雌)



図 16b スジグロシロチョウの紫外線写真 (左が雄、右が雌)



図 17a 自然光下のオオムラサキ (左が雄、右が雌)

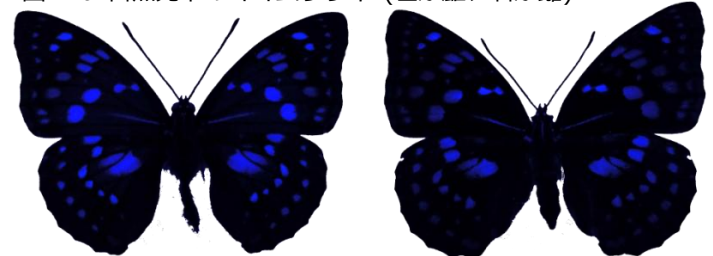


図 17a オオムラサキの紫外線写真 (左が雄、右が雌)

4 研究結果

今回の研究の結果から、オオムラサキの交尾時の雌雄の判別では紫外色ではなく可視色が重要であると考えられる。オオムラサキは可視色でも雌雄の差異が見られ、構造色のある鱗粉など目立つ部分も多い。このように可視色による差異だけでも十分なため、紫外色を利用せずに雌雄を判別している可能性が高い。

また、構造色のある鱗粉では微細で特徴的な構造が確認された。この鱗粉の発色は、雌雄の判別ばかりでなく、他のチョウとの識別でも重要な役割を果たしていると考えられる。

5 今後の課題

今回の研究では、鱗粉の観察や紫外線撮影を行い、オオムラサキの交尾時の雌雄の判別について、視覚的要素に着目して調査を行った。しかし、雌雄の判別には視覚以外の要素も関連していると考えられる。従って、交尾時期のオオムラサキを用いて、様々な視点から研究を進めていきたいと考えている。

6 謝辞

本研究のためご指導頂きました、酪農学園大学の佐々木均教授、佐藤元昭教授、北海道野幌高等学校の SEM の借用に際して快諾頂きました黒田治先生にこの場をお借りしてお礼申し上げます。ありがとうございました。

7 参考文献

- ・木下修一 モルフォチョウの碧い輝き 光と色の不思議に迫る 化学同人
- ・本田計一 村上忠幸 ワンダフル・バタフライ 不思議にみちたその世界 化学同人
- ・本田計一 加藤義臣 チョウの生物学 東京大学出版会
- ・milsil 第2巻第4号 『光と色を利用する昆虫たち』 国立科学博物館
- ・木下修一 モルフォチョウの構造色
- ・木下修一 構造色の仕組み I.光の基本的な性質
- ・吉岡伸也 木下修一 モルフォ発色基板の試作
- ・吉岡伸也 蝶の翅の構造色:鱗粉の微細構造、湾曲、重なるの光学効果
- ・吉岡伸也 生物の持つナノ構造と発色の仕組み
- ・吉田昭広 鱗翅目昆虫(チョウ・ガ)のハネの微細構造と光の反射
- ・針山孝彦 倉知正 弘中満太郎 堀口弘子 小宮義璋 高久康春
The Layer of Epicuticle Produces a Wide Range of Colour Variation in Coleoptera
構造色をつくる甲虫の翅
- ・鷲野谷秀夫 デジタルカメラによる紫外線撮影法の開発