

蝶の翅にある鱗粉の光学機能

松原 志保¹ 吉本 聖宗¹ 西山英治¹ ○松田 豊稔¹ 中村 隆² 伊藤 日出男³
(¹熊本電波高専 ²釧路高専 ³産業技術総合研究所)

1. はじめに

金属光沢の青色の翅で有名な南米産のモルフォ蝶については、古くからその発色のメカニズムやその光学機能が調べられている。¹このモルフォ蝶翅に関する研究は、その殆どが青色の翅について研究されてきた。ところが、モルフォ蝶の一種であるCypris Morpho（以下Cypris）の翅には図1の に示すように白色部分が存在する。本稿では、この白色と青色の部位についてその構造や反射（透過）スペクトル特性を調べ、それぞれの発色のメカニズムについて考察する。



図1 Cypris の全体図及び鱗粉の拡大写真(450倍)

2. 翅の表面及び断面構造

図1の に示す Cypris の翅をデジタルマイクロスコープ（以下DMS）で拡大観察すると、その表側には、図1の に示すように規則正しく配列した鱗粉が存在する。この図は、青と白の部位の境界部分を観察したものであり、翅の青は鱗粉の一つ一つが青く、また白も同様に鱗粉のそれぞれが白く発色していることが分かる。これらの鱗粉は基盤と呼ばれる透明の薄膜にソケットで一枚毎に繋がれている。図1の の右下は青及び白の数枚の鱗粉を剥がした部位であり、基盤とその上のソケットが観察される。また、翅を裏側から観察すると後述するように、翅の裏側にも鱗粉が規則的に配置されている。この裏側の鱗粉は茶褐色の薄い色をしており、メラニン色素が含まれている。

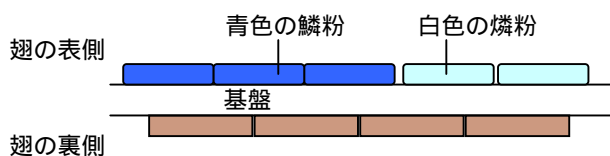


図2 Cypris Morpho の翅の断面構造

以上の観察結果から、Cypris の翅の断面構造を図2のように仮定する。つまり、基盤の表側に青と白の鱗粉が配置され、裏側には茶褐色の鱗粉が並んでいる。

2. 青と白の鱗粉の発色メカニズム

青と白の鱗粉の構造及びその反射（透過）スペクトル特性を求め、青と白の発色のメカニズムを調べよう。

表1の は青の鱗粉の配列であり、 はその中の一つの鱗粉の表側と裏側を観察したものである。青の鱗粉の表は青であるが、裏側はメラニン色素の褐色である。一方、白の鱗粉 の表側と裏側を に示すが、表は白っぽい青であり、裏は薄い褐色に見える。さらに、青と白の鱗粉をSEMにより観察すると、 と に示されるように両者ともに同じ微細構造をしていることが分かる。次に、表2の と には、翅の裏側の鱗粉を剥がして、青と白の鱗粉を反射光及び透過光により観察した結果を示す。

以上の結果から、青と白に見える鱗粉は、図3に示すような構造であると考えられる。青の鱗粉はクチクラと呼ばれる透明の材料で構成され、表1の に示す微細構造がその表側に形成され、基盤側にはメラニン色素がある。一方、白く見える鱗粉は微細構造は青と同じであるが、基盤側のメラニン色素が少ない。その結果、白色光が青の鱗粉に入射すると、微細構造により青の光が反射され、その透過光（青の補色の黄色）は基盤側のメラニン色素で吸収される。一方、白の鱗粉では、微細構造で青の光が反射されるが、その透過光（黄色）は鱗粉と基盤との境界で反射されるので、青と黄色を加えた白に近い色が見える。このことは、図4に示す青と白の鱗粉の反射または透過スペクトル特性から実験的に実証される。

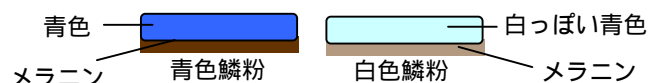


図3 青と白の鱗粉の構成

参考文献 1

H.Ghiradella, ;Optonics News10,1999,pp.46-48.

表 1 青と白の鱗粉の比較

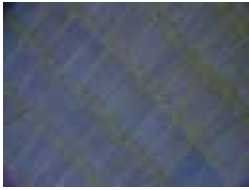
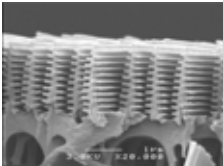
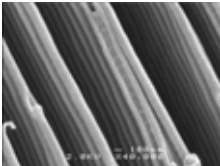
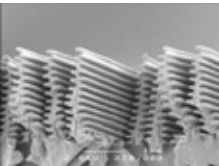
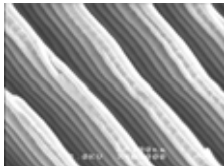
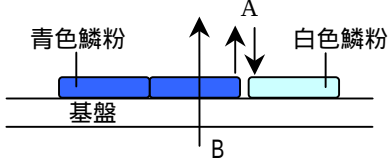
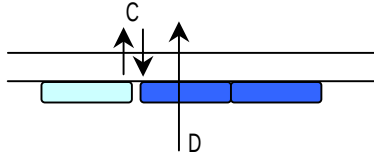
	青	白
鱗粉配列のデジタルマイクロスコープによる観察（倍率 450 倍）	 青く見える鱗粉(200 μm $\times$ 100 μm)が、規則正しく並んでいる。	 白く見える鱗粉もサイズは青の鱗粉と同様。こちらの鱗粉も規則正しく並んでいる。
鱗粉 1 枚のデジタルマイクロスコープによる観察（倍率 1000 倍）	表側 裏側   青の鱗粉の裏側はメラニン色素による褐色である。	表側 裏側   白の鱗粉の表側は白っぽい青色，裏側は青と異なりメラニン色素が少ない。
SEM による鱗粉の表面にある微細構造の観察	断面（20000 倍） 表面（40000 倍）   lamella が積層された ridge が 650nm 間隔で周期的に配置されている。	断面（20000 倍） 表面（40000 倍）   鱗粉にある微細構造は，青のそれと殆ど同じである。

表 2 青と白の鱗粉の反射及び透過観察

翅を表が上向きになるようにして置き，A（反射測定），B（透過測定）を行う。  A B  	翅を裏が上向きになるようにして置き，C（反射測定），D（透過測定）を行う。  C D  
--	--

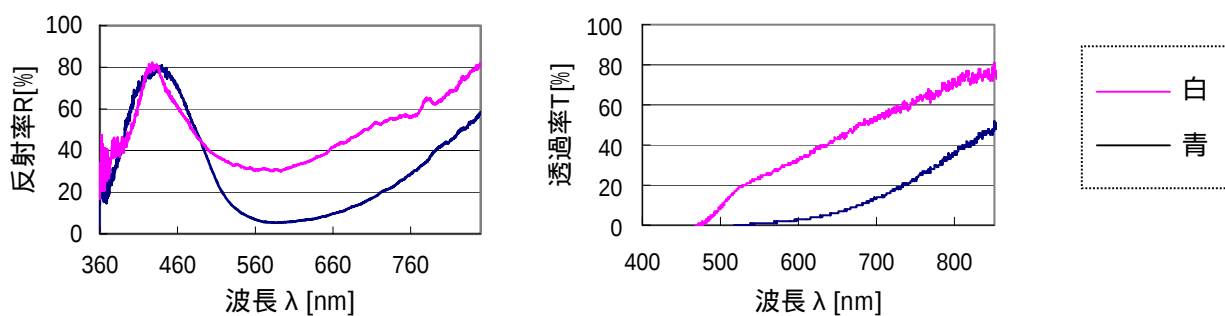


図 4 青と白の鱗粉の反射（透過）スペクトル特性