

蝶の翅の輝く色 構造色による発色の仕組み

Brilliant colors of butterfly wings : mechanisms of the structural color

吉岡伸也、木下修一（大阪大学 生命機能研究科）

みなさんは、キラキラと輝く色の虫をつかまえたことがあるでしょうか？例えば、緑色が綺麗なタマムシ、それからトンボの仲間にも胴体が金属のように色づいた種類があります。このような色は構造色と呼ばれ、通常の色とは全く異なる仕組みで発色しています。普通の色は、色素分子と呼ばれる化学物質が、特定の色の光を吸収し、残った光が私達に見える色になります。一方の構造色では、ナノスケールの構造体が内部に存在し、その構造が出したい色の光を積極的に反射することで着色します。化学物質ではなく、物体の形がその色の源であることが、構造色と呼ばれる所以です。構造色には、光の反射率が高い、角度によって色が変わってキラキラと見える、ツヤを持つ場合がある、など多くの際立った特徴があります。そのような色は、人間の視覚に良く目立つので、繊維、印刷、化粧品、塗装、装飾など、多岐にわたる産業分野でさかんに研究が行われています。

自然界を見渡すと、構造色は昆虫だけでなく、鳥や魚、貝・クラゲ、ヘビやミミズにまでも見られ、非常に幅広く分布しています。（何故か哺乳類では、構造色は見つかっていないようです。）それらの生物が持つ美しい色は、古くから科学者達の興味をひきつけてきました。力学や光学の研究で有名なニュートンも、その著書の中で、クジャクの羽根の色について記述しています。しかし、複雑なナノ構造体が、光とどのように相互作用して着色するのは、近年のフォトニック結晶に関する研究の進歩もあって、ようやく分かってきたところなのです。今回の発表では、蝶の翅（はね）が持つ構造色の仕組みについて、青く輝くモルフォチョウを中心に紹介します。

蝶の翅の上には、鱗粉（りんぷん）と呼ばれる小さな粉が、びっしりと屋根瓦のように並んでいます。その大きさは、縦横 $0.2 \times 0.1 \mu\text{m}^2$ くらいしかないで、肉眼では粉のようにしか見えません。しかし、一枚一枚の鱗粉が一つの色をもち、そのモザイクパターンとして翅全体の模様を作り上げています。例えば、白いストライプ模様を持つ青いモルフォチョウ（例えば、キブリスモルフォ、*Morpho cypris*）の場合には青と白の二種類の鱗粉が、帯を形成するように並んでいます（左下図）。

それでは、青い鱗粉は、どのような微細構造を持ち、青色を反射させているのでしょうか。それを電子顕微鏡で観察したのが右下の写真です。鱗粉の断面には、ひだを持った棚のような突起物がびっしりと並んでいることがわかります。実は、何重にも重なったひだ構造が、光の干渉と呼ばれる現象を引き起こすこと、そして青色の光を反射させるのに丁度良いサイズを持っていることがわかっています。

それでは、もう一方の白い鱗粉はどのような構造をもっているのでしょうか？実は、観察の結果、白い鱗粉は、青い鱗粉と非常に良く似た構造をもっていることがわかりました。おっと、これは新たな謎です。構造が同じだとすると、白い鱗粉と青い鱗粉は一体何が違うのでしょうか。その謎を解明すべく、いろいろと調べるうちに、この蝶がどうやってストライプを白く見せているのか、その巧妙な工夫が分かってきました。

