

モルフォチョウの青色後方反射の起源

モルフォチョウは中南米に生息する蝶で、その光沢のある強烈な青色から、100年以上も前から科学者の注目の的であった。レイリー卿やマイケルソンをはじめとした物理学者や多くの生物学者がその青色の謎を解き明かそうと努力をしてきたが、その仕組みが分かってきたのは電子顕微鏡が発明されて間もない1942年のことであった。電子顕微鏡でその翅（はね）を調べてみると驚くような微細構造が見えたのである。

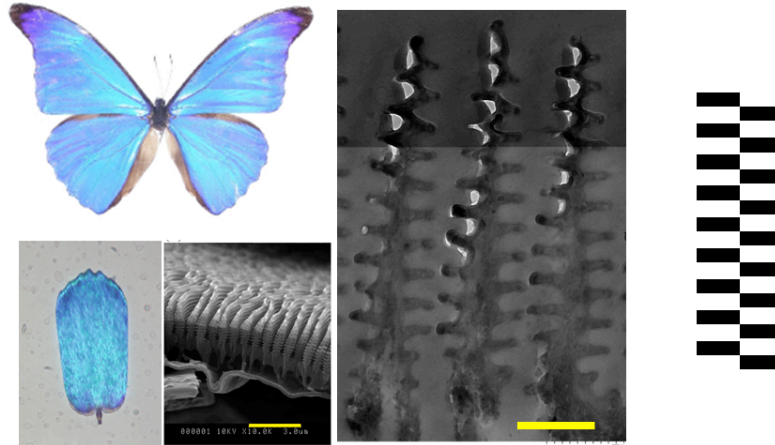


図1. モルフォチョウとその鱗粉の微細構造。右のモデルのように柱の両側に柵が互い違いに付いている。

蝶の翅には無数の鱗粉が付いている。鱗粉は発色や撥水機能を持ちながら、飛翔道具である翅が付いているので、可能な限り薄く軽量でなければならない。そのため、蝶は鱗粉を巧みな透かし彫りにしてその条件を満足させている。鱗粉の上部にはリッジと呼ばれる多くの筋が付いているが、モルフォチョウはそのリッジに図1に示すような巧みなナノ構造を作り上げたのである。この構造は柵構造と呼ばれ、リッジに沿って左右に張り出している。これまで、この柵構造が規則正しく並んでいることから、青色発色の起源は多層膜干渉が原因であるといわれてきた。最近では、モルフォチョウの構造や発色機構をまねた工業製品が作られ、実際、繊維や塗料など多くの分野で活躍している。

最近、大阪大学大学院生命機能研究科の研究グループはモルフォチョウの翅が青い光を後方に強く反射することに気づき、精密な反射の角度変化測定と電磁場計算の結果から、柵が互い違いについていると、効率よく後方反射することを初めて明らかにした。この成果は、日本物理学会が発行する英文誌 *Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)* の2011年5月号に掲載された。

この論文の最大の特徴は、多層膜であれば光は正反射する方向に強く反射されるはずだが、実は後方反射することを見出した点にある。しかも、その原因がリッジが付いている柵が左右互い違いについていることによるものなのである。柵が互い違いについていることは、もう50年も前から生物学者の間では知られていた。しかし、それが反射に重要な役割を果たし、モルフォチョウの青色発色のカギになっていたのである。この効果は、直感的には、互い違いになった柵を仮想的につないだ斜めの多層膜をイメージすると分かりやすい。右下がり

左下がりの斜めの多層膜により、光は斜め方向に入射したときにもっとも効率よく後方反射するようになるのである。しかし、実際に電磁場計算をしてみると、柵の幅があまりにも狭く、斜めの多層膜というよりは縦に並んだ構造による回折格子の効果も強く表れていることが分かった。生物では時として、このように一見中途半端に見える構造を作っているが、こうすることで青色を反射させるだけでなく、光の反射方向を十分に広げることができ、生存競争に役立っているのだろう。

後ろ向けに光を反射するとどんな良いことがあるのだろうか。膜などの微細構造による反射は、通常、正反射方向に強く反射する性質を持っている。このため、新品の黒い礼服を着ても、正反射方向から見ると白っぽく見えることはよく経験することである。後ろ方向に反射することで、こうした波長によらない正反射光を防いで、その色をくっきりと見せることができるようになるのである。自然界ではモルフォチョウに限らず、1つの構造で多くの機能を発揮させようとするので、その意味ではどれも完璧な性能を持ってはいない。しかし、たとえ弱い発色であっても、この後ろ向け反射機構をプラスすることで、くっきりと色を付け、見るものに強く印象付けることができるのである。自然が長い進化の歴史で作り上げた巧みな反射機構を、モルフォチョウに見ることができたのである。

論文掲載誌 J. Phys. Soc. Jpn. J. Phys. Soc. Jpn. **80** (2011) No.5, p. 054801

電子版 <http://jpsj.ipap.jp/link?JPSJ/80/054801> (5月10日公開)

<情報提供：木下 修一（大阪大学大学院生命機能研究科）

朱 棟（大阪大学大学院生命機能研究科）>