

Title	Optical Properties of Morpho Butterfly Wings Studied by Angle-Resolved Reflection Measurements
Author(s)	神戸, 亮
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49330
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	神 戸 亮 ^{かん べ まこと}
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 23087 号
学位授与年月日	平成21年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 生命機能研究科生命機能専攻
学位論文名	Optical Properties of <i>Morpho</i> Butterfly Wings Studied by Angle-Resolved Reflection Measurements (角度分解反射測定によるモルフォチョウの翅の光学特性に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 木下 修一 (副査) 教授 河村 悟 教授 難波 啓一 教授 井上 康志

論文内容の要旨

中南米に棲息するモルフォチョウはその鮮やかな青色光沢が特徴的であり、その発色機構は100年以上も昔から研究対象とされてきた。電子顕微鏡観察により、発色の起源は翅表面の鱗粉の数10～数100nm周期の微細構造にあることが明らかにされて以来、構造色の代表例としてその詳細なメカニズムが光学測定や数値計算などのアプローチで研究されてきた。しかしながら、これまでの光学測定においては、垂直入射条件のサンプルの周りで検出器を回転させる“検出器回転測定”がもっぱら採用され、他の測定法はほとんど用いられてこなかったため、本質的な反射特性を的確に捉えてきたとは言いきれない。そこで今回はモルフォチョウについて、4タイプの角度分解反射測定(検出器回転測定、試料回転測定、 $\theta-2\theta$ スキャン測定、そして全角度反射測定)を行い、本質的な反射特性を捉える適切な測定方法を明らかにした。次いで、この的確な測定方法により7亜属16種のモルフォチョウの反射特性を測定し、比較・分類した。

その結果、特定の波長と反射面における、あらゆる入射検出条件の反射を測定する全角度反射測定が非常に有用であることが分かった。この方法は対象物の正反射特性と後方散乱特性を一目で把握することができる。また、試料回転測定は後方散乱を捉えることに、 $\theta-2\theta$ スキャン測定は正反射特性を捉えることに特化していることが示された。一方、従来頻りに採用されてきた検出器回転測定は正反射、後方散乱どちらにも特化した測定ではないため反射特性の本質を捉え切れないことが分かった。この全角度反射測定でモルフォチョウの反射特性を評価した結果、とりわけ入射方向に戻っていく後方散乱が強いという、これまで知られていなかった意外な事実が明らかになった。さらに、後方散乱を的確に捉える試料回転測定により16種のモルフォチョウを実際に測定した結果、その光学特性は大

きく2タイプに分類できることも分かった。一方は、上層鱗と下層鱗の光学特性がほぼ同一であり、明瞭な2方向の後方散乱によって特徴付けられていた。解析の結果、この特徴は鱗粉の筋構造（リッジ）の両サイドに発達した柵状構造がほぼ左右で互い違いであることに起因していることが明らかになった。すなわちモルフォチョウの強い光沢はこの互い違い柵構造による後方散乱が原因であるといえる。もう一方のタイプは上層鱗と下層鱗が異なる光学的機能を持っていた。この上層鱗自身も鱗粉の基板構造の薄膜干渉により構造色に寄与しているが、入射方向に戻っていく後方散乱を顕著にする効果も有していることが分かった。

論文審査の結果の要旨

申請者は本研究で、構造色という微細構造によって起こる物理的な色を的確に測定する手法を比較・検証し、試料として用いたモルフォ蝶の光学特性の本質を明らかにするとともにその起源の解明を試みた。その結果、微細構造の関係した複雑な光学特性を解明するには、入射角と反射角を網羅的に測定する方法（全角度反射測定）が最も有用であることを明らかにした。この方法により、モルフォ蝶は斜め2方向の後方散乱が最も顕著であるという新たな事実を明らかにし、この強い後方散乱がモルフォ蝶独特の金属光沢を与えていると結論づけた。この後方散乱はリッジと呼ばれる鱗粉の筋状構造が左右に発達する互い違いの柵構造をもっていることに起因していることを、数値計算や解析的手法で証明した。

このように構造色の的確な測定方法を明らかにし、モルフォ蝶の持つ後方散乱という特異な光学特性とその機構を明らかにしたことは、今後の構造色の研究や応用分野での発展に大いに寄与するものと考えられる。よって学位に値するものと認める。