

解説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 97 [3], 73–76 (2024)

一小特集 東北からはじまる色材研究のフロンティアー

実験と計算で探るクサカゲロウの翅の反射防止性能

吉田一也^{*,†}

^{*}山形大学学術研究院（大学院理工学研究科担当） 山形県米沢市城南4-3-16（〒992-8510）

[†] Corresponding Author, E-mail: k-yoshida@yz.yamagata-u.ac.jp

（2023年11月30日受付，2023年12月17日受理）

要 旨

トンボなどの透明な翅（はね）の表面には、微細な構造が存在し、それは光の反射防止性などの多くの機能を備えている。クサカゲロウの翅においても類似の微細な構造が存在し、それはさまざまな機能をもっていると予想されている。しかし、クサカゲロウの翅の光学特性については、ほとんど研究されてこなかった。本稿では、クサカゲロウの翅の表面構造とそれに関連する光学特性についての研究を紹介する。とくに、透過率測定の結果と時間領域差分（FDTD）法の結果を中心に紹介する。本稿で紹介する研究成果はおもに基礎的な動機により行われ、得られたものであるが、広く色材研究に貢献することを期待したい。

キーワード：クサカゲロウの翅，光学特性，時間領域差分（FDTD）法，分光学的手法

1. はじめに

クサカゲロウ目の虫（ここではクサカゲロウと呼ぶ）は日本では広く生息しており、身近な存在である。成虫の緑色の体からは美しい透明な翅が生えている。透明な翅には翅脈があり、翅を支えている。トンボやセミなどの類似の翅には、電子顕微鏡で観察しなければ確認できないような小さな表面突起構造が存在しており、その表面構造の研究は広く行われている。現在までに、光の反射防止性を示すことが明らかになっている。このような光の反射を抑える微細構造は、蛾の目に由来して一般的に「モスアイ構造」と呼ばれている。以上のような研究が進んでいる中、クサカゲロウの翅の光学特性においては、トンボやセミと似た翅であるにもかかわらず、ほとんど研究されてこなかった。

本稿では、クサカゲロウの翅の光学的特性における研究成果を紹介する。具体的には、翅の表面を走査型電子顕微鏡（SEM）で観察し、分光学的手法により実験的研究を行った例と、時間領域差分（FDTD）法と呼ばれる計算手法を活用し、考察を深めた例である^{1,2)}。本稿がこれからの色材研究に大きく貢献することを期待したい。

2. 表面微細構造と反射防止性

サンプルとなるクサカゲロウは、著者が以前に在籍していた青山学院大学の相模原キャンパスで採取した。実験にはその翅のみを用いた。実際のクサカゲロウの写真は、アメリカ化学会から刊行されているLangmuir誌に掲載された論文が、化学工学会東北支部News Letterを参照していただきたい^{1,3)}。図-1は表面構造を取り除いていない翅（図上左）と取り除いた翅（図上右）の写真である。それぞれに対応するSEM観察から得た画像も合わせて示している。翅の表面構造は油脂系分子の混合物であり、有機溶媒に可溶である。そのため、クロロホルムに浸すことで容易に表面構造を取り除くことが可能である。左側の表面構造がある場合は、わずかに青く見える程度で、肉眼で反射光をはっきりと確認することは難しい。一方で右側の表面構造が取り除かれた翅の場合、黄色い反射光が確認できる。この違いは、図下に示した表面構造の有無に起因している。図左下に示すような表面構造の存在がSEM観察により確認され、しかもそれが翅の反射特性に影響を与えていることが明らかとなった。

この結果を受け、さらに深い情報を得るため、翅における光の透過率測定を行った。その結果を図-2に示す。白抜きの青丸で示されているのが「表面構造あり」の場合、赤三角で示されているのが「表面構造なし」の場合の透過率スペクトルである。可視光のうち500–750 nmの波長領域では、「表面構造なし」の透過率が低くなった。これは、表面構造がない場合、翅は基盤部分のみが残され、薄膜干渉を引き起こし、反射光強度が上昇したためと考えられる。反射光強度が上昇すると、透過光強度は低下する。薄膜干渉による発色の条件は、光が垂直に入射する場合、

$$2nd = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda \dots\dots\dots(1)$$



【氏名】 よしだ かずなり
 【現職】 山形大学学術研究院（大学院理工学研究科担当）助教
 【趣味】 旅行、散歩など
 【経歴】 2015年3月青山学院大学大学院理工学研究科博士後期課程修了、博士（理学）取得。同年4月招聘研究員。同年6月東北大学未来科学技術共同研究センター助手。2016年4月東京大学大学院医学系研究科学術支援専門職員。同年10月山形大学大学院理工学研究科研究支援者。2019年4月より現職。

【図表について】電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai-char/ja/