

光プローブで昆虫の翅を生体光学的に評価

昆虫の翅や甲皮の自然のフォトニックマイクロ構造やナノ構造は、回折、蛍光、反射防止から偏光などの多くの異なる光学効果で光を変える。このような生体光学構造は、2つのグループに分けられ、主に反射するもの、それに主として透過するものである。

蝶や甲虫の翅の効果は、前者のグループであり、よく知られている。このほど、インド化学教育研究所(IISER; パンジャブ州モハリ)のグループが、ハエ、

ハチ、トンボ(図参照)に見られる透過的フォトニック構造を調査する簡素でリアルタイム性、非侵襲性を有し、ダメージを与えないレーザーベースの技術を開発した。この技術は、実験に適した定量的回折に基づいたモデルも含んでいる。

CWまたはフェムト秒パルス光

その技術では、コリメートされたレーザービームを、x、y、z方向に動かすこと

ができる翅に透過させ、得られた光パターンをデジタルカメラで撮り分析する。ビームのミリメートルスポットサイズは、ロングレンジの対称情報をとれる長さがあるが、翅に沿ってスキャンする程度に小さいので、例えば翅の片端から他端までの回折プロファイルで回転を見ることができる。

興味深いのは、連続波(CW)またはフェムト秒パルスレーザーを光源として使用することだ。CW波長は、532nmまたは632nm(緑または赤)、一方フェムト秒レーザーの広いスペクトル範囲は800nm域になる。

フェムト秒レーザーを光源の1つとして使用する理由について、研究グループの一人、プラモッド・クマール氏は、フェムト秒レーザーは、空間的にコヒーレントであるが、外見上白色光と似た光を生成し、広帯域IR光を受けた回折パターンの構造安定性を際立たせる、と説明している。研究グループは、短パルスとフォトニック構造とのコヒーレントなインタラクションをナノメートルからマイクロメートル長のスケールで調べたかった。

「われわれは、(翅の)構造的構成における光学コヒーレンスと空間相関性の役割を広い領域と狭い領域で調べたい」と同氏は言う。「昆虫の翅表面には、微小構造構成で多様な対称性がある。広い範囲の規則性は、われわれの場合では回折の展開に重要な役割を果たしている。われわれのレーザービームのスポットサイズは約2~3mmであり、これは非常に多くの微小構造を広い範囲で十分カバーできる」。対照的に、従来の高倍率イメージング技術では精密な局所構造情報は得られるが、長

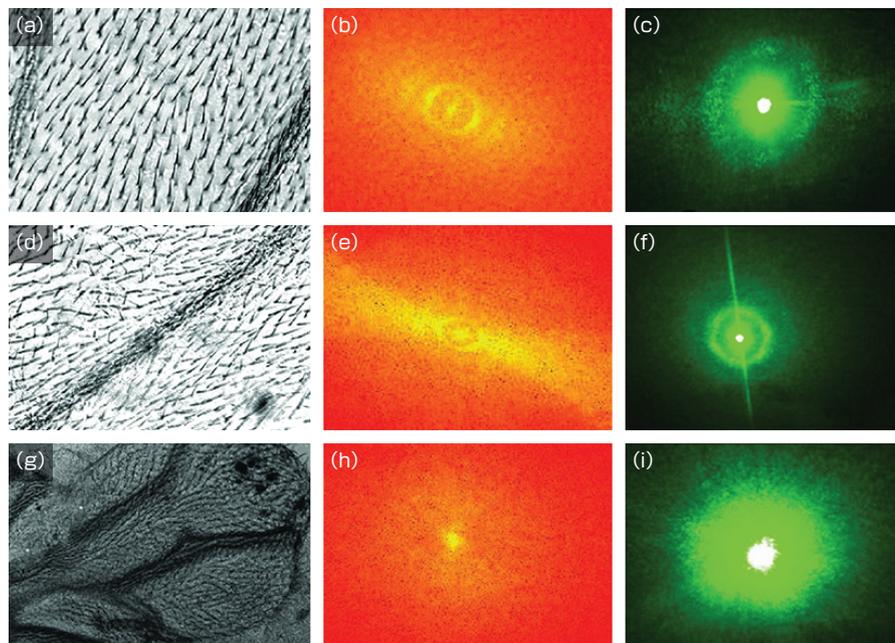


図1 雨ハエの透明な翅は、多様なスケール長の広い範囲でフォトニック構造を特徴としている(上)。ハエの翅の透過的な遠視野回折パターン捉えて、走査型電子顕微鏡(SEM; 右)で撮った小スケールの画像と比較する。(a), (d), (g)は、野生の突然変異していない翅のSEM画像、それぞれCyo翅の突然変異、vg(痕跡翅)突然変異を示している(2つの異なる突然変異、縮れ毛と小さな太く短い発育不全の翅を生み出す)。(b), (e), (h)は、対応するSEM画像の高速フーリエ変換(FFT)。(c), (f), (i)は、対応する突然変異の光学的回折パターンで、緑色レーザーを使って撮った。(提供: プラモッド・クマール氏)

困りの情報は得られない。常に非常に小さな走査範囲しか利用できないからだ。

「全体の情報を得るために翅の表面全体をスキャンしたいなら、何千回も何千回もスキャンしなければならない。われわれの技術では、一度で広い範囲の構造的構成情報が得られる。回折パターンを $-90^{\circ}\sim+90^{\circ}$ 回転で観察した。これは翅表面におけるマイクロ構造の角度方向に相当する。われわれは、微細構造におけるナノスケールの摩擦と粘着特性を計測した⁽²⁾。

アプリケーション

昆虫の研究での利用に加えて、この技術はバイオフォトンクス構造の光学的应用についての可能性評価にも利用

できる。そのような構造は、機械的、熱的、光学的安定性に問題がある生物高分子で構成されていることから、光学アプリケーションにおけるそのような構造の直接利用は限られているが、バイオミーム的な応用では興味深いテンプレートになる、とクマル氏は言う。

「昆虫の翅からのゼロ次回折パターンは入射光の帯域に依存する。このような効果は、超短レーザーパルスの自己相関幅を測るツールとして利用できる。また、計測が非常に難しく重要な問題でもある、個々のパルスのコヒーレンス特性評価にも利用できる」と同氏

は語っている。

最新の研究では、微小構造からの散乱光を調べるためのフーリエ変換光散乱法を用いて1枚翅の微小構造に的を絞っている。「単一の微小構造はブレード回折格子として機能する。その形状、サイズ、方向が光のコヒーレント相互作用に重要な役割を果たす」とクマル氏は言う。「すでに、翅の表面全体の微小構造組織に関して様々に回転させて調べ、回転回折パターンによってその痕跡が明らかになった。こんどは単一の微小構造散乱を評価する」と同氏は話している。(John Wallace)

参考文献

- (1) P. Kumar et al., Laser Phys. Lett. (2015); doi:10.1088/1612-2011/12/2/025901.
- (2) A. Arora et al., Appl. Phys. Lett. (2014); http://dx.doi.org/10.1063/1.4865202.

LFWJ

NECSEL × USHIO

コンパクトな可視光半導体レーザー

デジタルシネマ業界において、高画質・高輝度化を牽引、多数の実績を持つレーザー光源で培った技術を応用し、赤、緑、青のレーザーからモジュール、ファイバ光源までをフルラインアップ。照明用、検査用などの光源として、お客様の多様な要望・目的に応じてご提案が可能です。

高出力

低価格

NECSEL® GREEN

波長 525~555nm / 出力 3W



NECSEL® BLUE

波長 440~470nm / 出力 8W



NECSEL® RED

波長 635~660nm / 出力 8W



White NovaLum Laser

波長 465~640nm / 出力 250 or 700lm



InterOpto2015 に出展します

ブース No : I-304

ウシオ電機株式会社 光源事業部 固体営業部

Tel. 03-3242-5612 Fax. 03-3242-2700 mail: laser@ushio.co.jp
http://www.ushio.co.jp/products/list/lamp/lamp_20.html