

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007-2008

課題番号：19340119

研究課題名（和文） 自然界の構造発色機構の解明と再現実験

研究課題名（英文） Elucidation and reproduction of structural colorations in nature

研究代表者

木下 修一 (KINOSHITA SHUICHI)

大阪大学・大学院生命機能研究科・教授

研究者番号：10112004

研究成果の概要：

構造色は、自然界の巧みなナノ構造と光との複雑な相互作用の結果生じる発色現象である。これまで、モルフォチョウをはじめとした多くの生物の構造色が調べられてきたが、この現象を物理学的な見地から検討することは稀であった。今回は、電子顕微鏡を用いた構造決定、光学特性の測定、物理モデルの構築、電磁場シミュレーションの方法を行い、光とナノ構造間のフォトニクス相互作用、発色と視覚・認知との関係の一端を明らかにすることができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	10,100,000	3,030,000	13,130,000
2008年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
年度			
年度			
年度			
総計	13,800,000	4,140,000	17,940,000

研究分野：光物理学

科研費の分科・細目：物理学・生物物理・化学物理

キーワード：構造色、フォトニック結晶、ナノ材料、昆虫

1. 研究開始当初の背景

クジャク、モルフォチョウ、ネオンテトラなど自然界には驚くほどの輝きを示す生物がいる。この輝くような色は、光吸収が関係した色素や顔料などの「普通の色」とは異なり、ミクロなナノ構造と光が複雑に絡み合っ

てつくられる構造による発色、すなわち、「構造色」である。構造色研究の歴史はフックやニュートンにまで遡るが、本格的な研究がなされたのは20世紀初頭のレイリー卿の研究からである。彼は、完成したばかりの電磁気学を用い、双晶や鳥、蝶など自然界にある多くの構造色の仕組みを解析し、光の干渉が原因であると主

張した。一方、マイケルソンは分光学的手法を用いて反射特性を精密に測定し、それが、色素を含んだ物質の表面反射と似ていることを報告した。この「構造色説」と「表面色説」は、当時の学界を二分する大論争になった。

その後、1930年代になって電子顕微鏡が発明されると、構造色を創出するさまざまな微細構造が明らかになり、光の干渉に基づいた「構造色説」が一般的に信じられるようになった。20世紀終わりになると、塗装、自動車、繊維、化粧品など、視覚に関連した多くの産業界から、構造発色に対する要請が高まり、物理学的・生物学的研究が再開されたが、自

然界の構造色は単純な干渉効果によるものではなく、フォトニクス技術の先取りともいえる、ナノ構造と光とが絡み合って生じる複雑な物理現象であることが次第に明らかになってきたのである。

我々は最近、中南米に生息するモルフォチョウの輝くような青色（モルフォブルー）の原因を光物理学的に調べ、その原因の一端を明らかにすることができた。モルフォチョウの翅（はね）は多くの鱗粉で覆われているが、その鱗粉1枚1枚に柵構造とよばれる微細なナノ構造が存在する。柵と柵との間隔は200 nmで、隣り合う柵構造は約700 nm離れている。モルフォブルーの本質が、この規則的な柵構造による干渉効果と、幅が約300 nm、長さ約2 μm の柵による異方的な回折効果、さらには、柵構造の高さが不規則に分布することで回折格子の効果を打ち消す非干渉性、この三つの効果を組み合わせた点にあることを明らかにした。すなわち、規則構造と不規則構造の絶妙のバランスが、強い青色の光を効果的に広い角度で拡散させていたのである。この機構は、ドライエッチングと電子ビーム加工を用いた再現実験でも確かめられることができた。さらに、モルフォチョウの翅には、青を強調するために補色を吸収する色素を加え、逆に色素を抜くことで効果的に白を表現している種類もあり、色素との巧みな協調がなされていることも明らかになった。また、翅に2種類ある鱗粉の一方に、波長選択的で異方的な拡散板の役割を持たせ、この鱗粉を上重ねることで翅の質感を変化させるなど、モルフォチョウの翅の中には、マイクロからマクロまでの広い階層で、光と構造との相互作用が織りなす、驚くほど多くのフォトニクス技術が隠されていることが分かってきた。同様な研究は、クジャクやタマムシなどでも行われ、その結果、自然界の構造色を表現するキーワードとして、「規則性と不規則性の協調」が最も重要なポイントであることが分かってきた。

2. 研究の目的

本研究では、これまでのモルフォチョウなどの構造色研究で培った方法論と成果を発展させ、更に多くのフォトニクス技術を蝶の鱗粉や鳥の羽根に探求していった。そのために、電子顕微鏡を用いた厳密な構造決定、精密な光学特性の測定、物理モデルの構築、電磁場シミュレーションなどの方法を行い、構造発色の仕組みを明らかにするとともに、構造発色の再現実験を行うことにより確かめ、更にこれまでの研究成果を合わせて、自然界の構造色の一般原理を求めることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 試料

本研究では、チョウや甲虫などの昆虫、鳥、魚など、多くの系を試みた。その中の主なものは、昆虫では鱗翅目（モルフォチョウ16種、ニシキオオツバメガ、メガネトリバネアゲハ、マエモンジャコウアゲハ）、鞘翅目（ヤマトタマムシ）、クモではアオオビハエトリ、鳥ではハチドリ、ハト、カワセミ、ハシブトガラスなど、魚はネオンテトラである。ここでは、特に、その仕組みが明らかになったモルフォチョウ、ニシキオオツバメガ、ハト、ヤマトタマムシについて詳述する。

(2) 顕微鏡観察

チョウの鱗粉の微細構造は光学顕微鏡観察の他、電子顕微鏡で詳細に観察した。電子顕微鏡は、大阪大学医学研究科共同利用実験施設にある走査型電子顕微鏡および透過型電子顕微鏡を用いた。走査型電子顕微鏡では、鱗粉はそのままの状態か、液体窒素中で破砕しその断面を観察した。透過型電子顕微鏡の試料は、エポキシ樹脂などに包埋して、超薄切片にして観察した。

(3) 光学測定

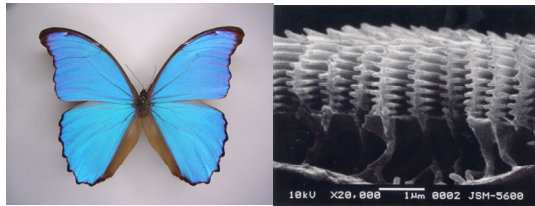
構造色研究では、反射スペクトルと同時に光の入射や反射の方向依存性など、方向性や偏光状態に多くの情報が含まれる。そこで、 -90° ~ $+90^{\circ}$ 度の半平面上で、波長を変えながら入射角と検出角を変化させて反射率を測定する装置を製作した。この装置を用いて、入射角一定で検出角だけを変化させた時の振る舞いを示す検出器掃引測定、入射角と検出角を共に固定して試料だけを回転する試料回転測定、入射角と検出角が常に正反射条件を満足するように変化させる $\theta - 2\theta$ 測定、さらに、2つの角度を半平面上全体で掃引する $\theta - \phi$ 測定を行い、どのような測定法が構造色の本質を明らかにするのに最も適当であるか検討した。

また、光学顕微鏡上に光ファイバーを配置し、顕微鏡下で特定の部位だけの反射及び透過スペクトルを測定する装置の構築も行った。これらに加えて、従来まで用いてきた積分球を用いた赤外から紫外領域にわたる広い波長領域での分光光度計による測定、および、単一鱗粉分光装置などを用いて総合的に構造発色の光学特性の測定を行った。

(4) NS-FDTD法による電磁場計算

FDTD法（有限差分時間領域法）は電磁場解析の一手法であり、光の散乱や回折などのシミュレーションにしばしば応用されてきた有効な計算手段である。しかし、この方法では計算空間内のグリッドサイズが大きいと誤差が大きくなり、また、小さくすると膨大な時間を要するなどの問題があった。

一般に構造発色するチョウの微細構造のような不規則性を伴った構造の計算には、高い精度の計算方法が不可欠である。そこで、本研究ではFDTD法の高精度版NS-FDTD法（非標準有限差分時間領域法）を用いて、複雑な微細構造による光学特性を調べた。NS-FDTD法は基本的に単波長シミュレーションなので、可視光の各波長でシミュレーションを繰り返す必要があるが、より大きなグリッドサイズを使うため、結果的に計算時間は短くて済み、このような複雑な系の計算には最適であった。



モルフォチョウとその鱗粉の断面

4. 研究成果

上記に示した、さまざまな系での測定や解析を行ったが、ここではそのうち4つの系について詳述することにする。

(1) モルフォチョウ

中南米に生息するモルフォチョウ（上図左）はその強烈な青色のため、すでに19世紀後半には科学者間で注目されていた蝶である。この蝶の鱗粉に独特の柵構造があることは、1942年の電子顕微鏡観察で明らかになり、何段にも重なった柵（上図右）が多層膜干渉を起こしているものとして解析された。1999年になって、英国のブクシク博士により単一鱗粉での光学特性が測られ、また、2002年には我々のグループにより、規則的な柵構造以外にそれらが不規則に並んでいる効果が重要であることが示され、モルフォチョウは自然界のフォトニクス研究の代表的な研究対象になってきた。

モルフォチョウをいろいろな光学測定法で調べてみると、試料回転測定で測定した場合にもっとも顕著にその特徴が表れることが分かった。この配置では後方散乱方向に光が反射される場合、特にその特徴がよく表れる。モルフォチョウの特徴はまさに青色の光を後方に反射する点にある。後方散乱を引き起こす微細構造は独特の柵構造にあるが、特に、柵が左右互い違いについていることが分かった（上図右）。左右互い違いの柵があると、左右の柵と柵を結んだ斜めになった柵構造を仮想的に考えることができ、その構造が後方散乱に寄与していると考えられる。この考えは、NS-FDTD法による電磁場計算でも確かめることができた。NS-FDTD法による計算からは、さらに、柵構造が林立することにより、極端に斜め方向からの入射や反射が強く制限さ

れ、そのことが互い違いの柵をつくることによる角度やスペクトルの広がり拡大を抑え、青色を薄れさせる、特に短波長成分の反射を抑えていることも示唆された。

このようにモルフォチョウの構造発色には、単なる多層膜ではなく後方への反射を増強する仕組みがあることは非常に興味深い。同様に後方に光を散乱させる現象は他のチョウや鳥でも見出され、波長非特異的な反射を起こす正反射方向を避けて、発色を際立たせようとする自然界の知恵の一つだと考えられる。

(2) ハトの首の二色性

身近にいるハトの首をみると、紫色と緑色の二色で彩られていることが分かる。通常の干渉現象では、見る角度により色が順次変化していくのが普通であるが、見る角度を変えてもこの二つの色の間を突然に色が変わることが見られるのは一見奇妙な現象である。そこで、本研究では、この二色性の仕組みを調べてみた。

首の部分の羽根の中の小羽枝と呼ばれる部分が発色に寄与しているが、この部分を電子顕微鏡で観察してみると、ランダムになったメラニン顆粒の他には均一な膜が見られるだけである。従って、この現象は薄膜干渉により起きていると考えられる。実際、光学測定からは、薄膜干渉に相当する、繰り返しピークを与えるような反射スペクトルを得ることができた。奇妙な点は、膜の厚さが600nm前後とかなり厚いことである。この厚さだと可視光領域に2つの反射ピークを与えることができる。紫と緑の二色性はまさにこの2つの反射ピークに関係しているのである。この2つのピークがそれぞれ人の視覚の青と赤の部分に一致すると、人は紫を感じ、スペクトルがシフトすると今度は緑だけが感じるようになるからである。その中間ではすべての色が感じられ灰色になるのである。つまり、ハトの羽根は視覚の感度分布を含めた構造色を生み出しているといえる。同様の二色性は4原色をもつ鳥でも期待されるので、ハトは首の部分が虹色に変化するより、むしろ二色で急激に色変化を起こす効果を期待しているのではないかと思われる。

(3) ニシキオオツバメガ

マダガスカルに生息するニシキオオツバメガという蛾は、翅の裏表ともさまざまな色で彩られている。この部分を顕微鏡で拡大すると、鱗粉が長軸方向に大きく湾曲していることが分かった。さらに、電子顕微鏡で調べてみると、湾曲する鱗粉に沿って多層膜が発達していることが分かる。このような湾曲があると、湾曲の頂部に当たった光は多層膜に対して垂直に入射するためもと来た方向に

反射され戻っていくが、側面に当たった光は横方向に反射され、隣の鱗粉の側面にあたりやはり入射方向と逆方向に戻っていく。このときは、多層膜に対して斜めに入射するので、干渉条件が異なり短波長の光が主に反射される。眼にはこの2つの異なる色を持つ光が重なり合い、色混合を起こすのである。この蛾は多層膜の間隔をいろいろと変化させ、色混合を使って、光の波長だけでは決まらないさまざまな色を作り出しているのである。

(4) ヤマトタマムシ

ヤマトタマムシは玉虫厨子などにも使われ我々になじみの深い構造色昆虫である。鞘翅と呼ばれる硬い翅の下部には20層余りの多層膜が作られている。ヤマトタマムシの色はこの多層膜干渉によっている。この多層膜はメラニンの層によるとされているが、比較的小さい屈折率差と虚数部を持つ層が繰り返していることが特徴である。そこで、このような組み合わせが玉虫色を作り出すかどうかを調べるため、異なった屈折率をもつ2種類の無機物を混合し、小さい屈折率差をもつ物質を作り出し、多層膜蒸着することによって、実際に玉虫色を再現することができた。

(5) まとめ

構造発色には、微細な構造と光との複雑な相互作用が特に重要であるが、単に規則的な構造だけではなく、不規則性も光の拡散性を増すという意味で重要な役割を果たしている。さらに今回の研究から、そのような相互作用に加え、見る側の視覚や色認識する脳の認知機能も重要な役割を果たすことが分かってきた。また、自然界では発色効果を着実に受け手に認識させるため、波長非特異的に反射する正反射方向を避け、後方散乱方向に反射する仕組みを持っている種も多いことが分かった。今後、このような点に着目しながら、自然界の構造色の原理について議論していければと思っている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 21 件)

- ①木下修一、“昆虫による色情報の生成と利用”、情報処理 Vol. 50, 15-21 (2009)。
- ②M. A. Giraldo, S. Yoshioka, D. G. Stavenga, "Far field scattering pattern of differently structured butterfly scales", J. Comp. Physiol. A194, 201-207 (2008)。
- ③S. Yoshioka, T. Nakano, Y. Nozue and S. Kinoshita, "Coloration using higher order optical interference in the wing pattern of the

Madagascan sunset moth", J. R. Soc. Interface 5, 457-464 (2008)。

- ④S. Kinoshita, S. Yoshioka and J. Miyazaki, "Physics of structural colors", Rep. Prog. Phys. 71, 076401-1-30 (2008)。
- ⑤M. Kambe, S. Kinoshita, Y. Ueda, A. Yamada, H. Saigusa, M. Ohmi and M. Haruna, "in vivo imaging of developing wings in butterfly pupa by using optical coherence tomography", J. Korean Phys. Soc. 53, 1290-1294 (2008)。
- ⑥E. Nakamura, S. Yoshioka and S. Kinoshita, "Structural color of rock dove's neck feather", J. Phys. Soc. Jpn. 77, 124801-1-12 (2008)。
- ⑦吉岡伸也、“視覚効果を利用したハトの構造色”、OplusE No. 2, 145-148 (2008)。
- ⑧木下修一、“総論”、OplusE No. 2, 142-144 (2008)。
- ⑨木下修一、“モルフォチョウの色の仕組みを探る一回折格子なのか多層膜干渉なのか”、RikaTan Vol. 2, No. 6, 27-29 (2008)。
- ⑩吉岡伸也、“蝶の翅の構造色：鱗粉の微細構造、湾曲、重なり光学効果”、比較生理生化学 Vol. 25, No. 3, 86-95 (2008)。
- ⑪木下修一、“モルフォ蝶のナノ構造が織りなす美の世界”、月刊マテリアルインテグレーション Vol. 21, No. 08, 1-8 (2008)。
- ⑫S. Yoshioka, E. Nakamura and S. Kinoshita, "Origin of two-color iridescence in rock dove's feather", J. Phys. Soc. Jpn. 76, 013801-1-4 (2007)。
- ⑬S. Yoshioka and S. Kinoshita, "Polarization-sensitive color mixing in the wing of the Madagascan sunset moth", Optics Express 15, 2691-2701 (2007)。
- ⑭木下修一、“蝶の羽根にみるナノ構造”、光アライアンス、特集「ナノ構造がつくる色」、Vol. 18, No. 1, 1-4 (2007)。
- ⑮吉岡伸也、“鳥の羽根の構造色とその分類～美しい色に隠された巧妙な仕組み”、バードリサーチニュース、vol.4, No.2, 2-3 (2007)。
- ⑯木下修一、“総説：自然界を彩る構造色とその仕組み”、液晶学会誌 Vol. 11, 108-119 (2007)。
- ⑰木下修一、“ハトの首はなぜ緑と紫だけなのか”、理科通信 サイエンスネット第29号 p.2-5 (2007)。
- ⑱木下修一、“鱗粉の微細構造と色”、日本の科学者 Vol. 42, 610-613 (2007)。
- ⑲吉岡伸也、“輝く羽 — 構造色の仕組みと分類”、「野鳥」 No. 715 (2007)。
- ⑳吉岡伸也、“どうしてカラスは真っ黒に？ — 光と色の深い関係”、「野鳥」 No. 715 (2007)。
- ㉑木下修一、“自然界を彩る構造色とディスプレイ”、月刊「ディスプレイ」、Vol. 13, No. 12, pp. 1-5 (2007)。

〔学会発表〕(計 18 件)

- ①吉岡伸也、M.A.Girald、D.G.Stavenga、木下修一、「楕円鏡を用いたモルフォチョウの反射パターン測定」、2009年3月27-30日 日本物理学会第64回年次大会 (立教大学池袋キャンパス)。
- ②木下修一、朱 棟、神戸亮、蔡東生、「モルフォチョウの微細構造のモデリング」、2009年3月27-30日 日本物理学会第64回年次大会 (立教大学池袋キャンパス)。
- ③木下修一、神戸亮、朱棟、蔡東生、「モルフォチョウの構造色研究の現状」、2008年12月13日 日本鱗翅学会近畿支部第137回例会・日本昆虫学会近畿支部大会合同大会 (兵庫県立人と自然の博物館)。
- ④木下修一、神戸亮、「モルフォチョウの構造色の種多様性」、2008年12月13日 日本鱗翅学会近畿支部第137回例会・日本昆虫学会近畿支部大会合同大会 (兵庫県立人と自然の博物館)。
- ⑤吉岡伸也、針山孝彦、木下修一、「タマムシの構造色：多層膜干渉の特徴」、2008年11月15日 第9回構造色シンポジウム 応用の視点から見た構造色：社会との関わりを考える～化粧品・繊維・塗料・センサ・レーザーから、生物に至る眼差し～ (阪大コンベンションセンター)。
- ⑥神戸亮、木下修一、「モルフォ蝶の特異な反射特性の評価」、「タマムシの構造色：多層膜干渉の特徴」、2008年11月15日 第9回構造色シンポジウム 応用の視点から見た構造色：社会との関わりを考える～化粧品・繊維・塗料・センサ・レーザーから、生物に至る眼差し～ (阪大コンベンションセンター)。
- ⑦吉岡伸也、針山孝彦、木下修一、「タマムシの構造色の仕組み」、2008年9月20-23日 日本物理学会秋季大会 (岩手大上田キャンパス)。
- ⑧木下修一、朱 棟、神戸亮、蔡東生、「NS-FDTD法によるモルフォチョウのモデリング」、2008年9月20-23日 日本物理学会秋季大会 (岩手大上田キャンパス)。
- ⑨神戸亮、木下修一、「モルフォ蝶の構造色～反射パターンの種多様性～」、2008年9月20-23日 日本物理学会秋季大会 (岩手大上田キャンパス)。
- ⑩木下修一、藤村嘉彦、増田健作、「構造色における規則・不規則構造の光学応答」、2008年3月22-26日 日本物理学会第63回年次大会 (近畿大学本部キャンパス)。
- ⑪Shinya Yoshioka, Eri Nakamura and Shuichi Kinoshita, "Iridescence of rock dove's neck feather", 2008年2月6-9日 Iridescence: More than Meets the Eye (Arizona State University, USA).
- ⑫M. A. Girald, S. Yoshioka and D. Stavenga,

- "Far field scattering pattern of differently structured single butterfly scales", 2008年2月6-9日 Iridescence: More than Meets the Eye (Arizona State University, USA).
- ⑬中村衣利、吉岡伸也、中谷康弘、木下修一、「ハチドリ羽の羽根の構造色」2007年9月21-24日 日本物理学会第62回年次大会 (北海道大学札幌キャンパス)。
 - ⑭中村衣利、吉岡伸也、木下修一、「ハトの羽根の構造色—二色性をもつ色変化の物理的条件」、2007年9月21-24日 日本物理学会第62回年次大会 (北海道大学札幌キャンパス)。
 - ⑮増田 健作、山田尚史、木下修一、「光散乱の角度分布測定によるコロイド溶液中のミクロ秩序の検出」2007年9月20-22日 第60回コロイドおよび界面化学討論会 (信州大学理学部)
 - ⑯荒川真子、神戸亮、吉岡伸也、木下修一、「ハエトリグモの毛の微細構造と光学特性」、2007年9月20-22日 日本動物学会 第78回弘前大会 (弘前大学文京町キャンパス)。
 - ⑰Makoto Kambe, Yoshihiro Ueda, Masato Ohmi, Masamitsu Haruna and Shuichi Kinoshita, "Observation of Developing Butterfly Wing using Optical Coherence Tomography", 2007年8月21-24日, The 10th Asia Pacific Physics Conference (APPC10) (Phohang, Korea).
 - ⑱荒川真子、木下修一、「アオオビハエトリの毛の内部微細構造」2007年8月25-26日 日本蜘蛛学会 (九州東海大学農学部)。

〔図書〕(計 4 件)

- ①S. Kinoshita, "Structural Colors in the Realm of Nature", pp. 1-352 (World Scientific Publishing, Shingapore, Oct. 2008).
- ②木下修一、「昆虫の構造色」、「昆虫に学ぶ新世代ナノマテリアル」、pp. 110-128 NTS (2008)。
- ③吉岡伸也、「鮮やかな色(構造色)の仕組み」、「昆虫ミメティクス—昆虫の設計に学ぶ—」、pp. 86-93, NTS (2008)。
- ④木下修一、「チョウの鱗粉の構造色」、「昆虫ミメティクス—昆虫の設計に学ぶ—」、pp. 624-630, NTS (2008)。

〔その他〕

- 招待講演 (計 17 件)
- ①吉岡伸也、「生物のナノフォトニクス構造」、第4回非線形テクノサイエンス講演会、2009年3月6日 (阪大基礎工)。
 - ②木下修一、「自然界の構造色の仕組みを探る」、関西ペイント、2009年2月4日 (平塚)。
 - ③木下修一、「自然界の構造色の仕組みを探る」、宇都宮大第10回オプティクス教育セミナー、2008年12月16日 (宇都宮大農学共通教育研究棟)。

- ④木下修一、「分子世界への旅立ち」、SAP2008 (サタデー・アフタヌーン・フィジックス)、2008年11月15日(阪大基礎工シグマホール)。
- ⑤吉岡伸也、「蝶の翅・鳥の羽：構造色の物理学と生物学」、知と行動シンポジウム、2008年11月7日(箕面山荘)。
- ⑥木下修一、「自然界の構造色の仕組みを探る」、高知工科大学、2008年10月16日(高知)。
- ⑦木下修一、「自然界の構造色の原理と質感の表現」、フォトンクス先端融合、2008年10月6日(阪大)。
- ⑧木下修一、「モルフォ蝶とナノテクが織りなす美の世界—ナノ構造デバイスへの展開」、NPO IMAGINEセミナー「世界と共に発展するための中核技術—美と技の創造物」、2008年4月17日(大阪科学技術センター)。
- ⑨木下修一、「現代科学が挑むモルフォチョウの謎」、広島国泰寺高校、2007年12月19日(広島国泰寺高校)。
- ⑩木下修一、「光と構造の織りなす色：チョウやガの構造発色」、生命誌研究館、2007年11月30日(生命誌研究館)。
- ⑪木下修一、「タマムシはなぜ光るのか」、滋賀県立虎姫高校、2007年11月17日(虎姫高校)。
- ⑫木下修一、「ナノ構造がつくる色—構造色とは」、第8回構造色シンポジウム、2007年10月27日(東邦大)。
- ⑬吉岡伸也、「生物の構造色：光の干渉+ α による発色の仕組み」、第78回日本動物学会、2007年9月20-22日(弘前大学)。
- ⑭木下修一、「ナノ構造がつくる色」、広島城北高校、2007年7月15日(大阪大学)。
- ⑮木下修一、「昆虫の構造発色の仕組み」、東北大学「昆虫ミメティクスとナノマテリアル」シンポジウム 2007年6月20-21日(東北大学片平キャンパスさくらホール)。
- ⑯木下修一、「構造色の仕組みの解明と構造色の再現」、高分子同友会勉強会、2007年5月10日(大阪薬業年金会館)。
- ⑰吉岡伸也、「美しいチョウやガの輝きと色の仕組み」、日本化学会東海支部 若手研究者フォーラム：ナノワールドを操る、2007年4月20日(名古屋大学東山キャンパス)。

○新聞・雑誌・テレビ等報道(計10件)

- ①「虹色生むミクロの凹凸 モルフォチョウの輝きの謎」、読売新聞夕刊、2009年2月21日。
- ②「世界まる見え」、日本テレビ、2008年11月17日放映。
- ③Sony ExploraScience ハイビジョンコンテンツ「世界一美しいモルフォチョウの色の謎」、ソニー科学館、2008年9月より放映。
- ④「未来をひらく昆虫テクノロジー (3)

タマムシたちの色と輝きのひみつ」、サイエンスチャンネル、2008年5月9日。

- ⑤「遊歩道 昆虫パワーに学ぶ 青い輝きに魅せられて」、静岡新聞、2008年2月17日
- ⑥「きらめく羽の謎 光を駆使、鱗粉の多彩な機能」、赤旗、2008年2月17日。
- ⑦「ダーウィンが来た! 生きもの新伝説『ハチになりたかった鳥』」、NHK総合2007年7月22日(日)19:30-19:59放送。
- ⑧「E!気分 モルフォチョウの不思議な色」、テレビ福島 2007年7月15日(日)放送。
- ⑨「ひょうごクローズアップ 光画 もう一つの風景 7. タマムシ」、神戸新聞 2007年7月12日(木)。
- ⑩「二色に輝くハトの首の羽根の秘密 JPSJの最近の注目論文から」、物理学会誌 Vol. 62, No. 4, 278-279 (2007)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木下 修一 (KINOSHITA SHUICHI)
大阪大学・大学院生命機能研究科・教授
研究者番号：10112004

(2) 研究分担者

吉岡 伸也 (YOSHIOKA SHINYA)
大阪大学・大学院生命機能研究科・助教
研究者番号：90324863