

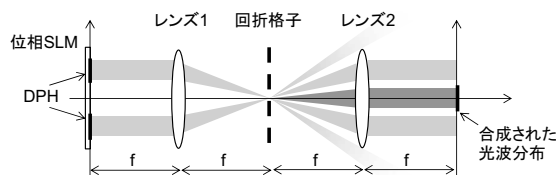
空間光位相変調器と回折格子を用いた二重位相計算機合成ホログラムの最適な合成

Optimal Synthesis of Double-Phase Computer Generated Holograms Using a Phase-Only Spatial Light Modulator with Grating Filter [H. Song, G. Sung, S. Choi, K. Won, H-S. Lee and H. Kim: Opt. Express, 20, No. 28 (2012) 29844-29853]

2つの位相変調された光波を合成することで任意の光波面を生成する二重位相ホログラム (DPH) は、2枚の空間光位相変調器をタンデムに配置する方法が一般的だが、変調器間の光波伝搬の影響やアライメント誤差を伴いやすく実用化が難しい。著者らは実用的な DPH の再生光学系として、1枚の空間光位相変調器と4f光学系、回折格子を用いる手法を提案している。DPH 上で位相変調された2つの光波は図中のレンズ1を通して回折格子に到達し、透過光と高次回折光成分に分けられる。2つの光波の一次回折光の伝搬方向が一致するように格子間隔を決定することで、レンズ2後側焦平面上に任意な光波分布を実現できる。論文では、レンズ群を球面レンズとシリンドリカルレンズ、回折格子の透過率分布を二値と正弦関数とした場合のそれぞれで、アライメント誤差を考慮した像再生を数値解析している。回折効率と将来のアレイ化による画面拡大を想定し、シリンドリカルレンズと二値の回折格子の組み合わせが妥当であると結論づけている。

(図4, 文献11)

実用性を重視したシンプルな構成による DPH 再生系として興味深い。今回の数値解析を踏まえたアライメントの最適化やレンズなしの再生系の実現、光学系のアレイ化による大画面化への展開が期待できる。(涌波 光喜)



1枚の空間光位相変調器と回折格子を用いた DPH 再生光学系

円筒状に偏光した多焦点配列による並列多光子顕微鏡

Parallel Multiphoton Microscopy with Cylindrically Polarized Multifocal Arrays [M. Gu, H. Lin and X. Li: Opt. Lett, 38, No. 18 (2013) 3627-3630]

ラジアルビームやアジマスビームを含む円筒状の偏光分布を有するビームは、その集光点において特異な偏光特性を示すため、光学顕微鏡、光マニピュレーション、光メモリー、プラズモニク素子、およびレーザー加工に応用されている。特に多光子顕微鏡における円筒状偏光ビームは、脂質分子の秩序や金ナノロッドの三次元配向のイメージングに利用されている。その金ナノロッドは、偏光感受性を有する材料であり、生体に対して透過を示す近赤外の波長域において表面プラズモン共鳴を励起し、強い吸収特性を示すため、生物分野における光熱がん治療に用いられている。これまで、多光子顕微鏡におけるイメージングの高フレームレート化や光利用効率の改善のために、マイクロレンズアレイやビームスプリッターおよび回折光学素子を用いて、多焦点ビームを生成する方法が提案されたが、円筒状の偏光分布を有する多焦点ビームの生成には不向きであった。本論文では、空間光変調素子 (SLM) と偏光変換器を用いて、円筒状の偏光分布を有する多焦点ビームの任意・可変な生成を可能にしている。また、その多焦点ビームを、高開口数の対物レンズを用いて金ナノロッドに集光照射し、ナノロッドの高スループットな配向イメージングを達成した。実験光学系は、おもにフェムト秒レーザー光源と SLM、および液

晶で構成される偏光変換機から成る。パルス幅 100 fs、繰り返し 80 MHz、および中心波長 800 nm のフェムト秒レーザーを SLM に照射し、位相変調により多焦点ビームを生成する。その多焦点ビームの偏光を直線偏光から円筒状偏光分布に変換するために、偏光変換器を用いる。その後、高開口数 (NA = 1.4) の対物レンズで試料に集光照射される。多光子励起による試料からの蛍光を観察するために、増感 CCD イメージセンサーを用いる。実験では、多焦点のラジアルビームやアジマスビームを用いて、ポリビニルアルコール (PVA) フィルムに分散された金ナノロッドの高スループットな配向イメージングが行われた。金ナノロッドは、ロッドの長軸方向に沿った偏光を有する波長 790 nm の光照射で表面プラズモン共鳴を励起し、二光子吸収による蛍光発光を示すため、蛍光強度パターンからナノロッドの配向が決定された。(図4, 文献22)

本論文の手法をもとに、論文中の参考文献8で示される Z 偏光 (光軸方向の偏光を有する) ビームの制御を組み合わせると、任意の三次元配向を有する複数の金ナノロッドを同時選択的に励起できるため、各分野へのさらなる応用が期待される。(長谷川智士)

光エレクトロニクスに基づくリザーバーコンピューティングシステムの実装

Optoelectronic Reservoir Computing

[Y. Paquot, F. Duport, A. Smerieri, J. Dambre, B. Schrauwen, M. Haelterman and S. Massar: Sci. Rep., 2, No. 287 (2012) 1-6]

リザーバーコンピューティング (RC) とは次世代の情報処理形態のパラダイムとして近年注目を集めている概念であり、生体内における情報処理の仕組みにヒントを得たその基本構成は、単純な入出力機構と回帰型の動的ネットワーク構造 (リザーバー) から成る。その本質は時系列情報に対する重み付きの逐次記憶機能にあり、音声認識や株値予測といった時系列に変調される情報の処理に適していることが数的に示されている。本論文においては、元来多数のノード間を繋ぐ複雑なネットワーク構造から成るリザーバーを1本の遅延帰還系で置き換えることで、既存の光エレクトロニクスによる比較的簡易な実装方式を可能にしている。また、実際にその処理性能の優位性についても実験的に評価している。

本論文ではデモンストレーションとして、マッハ・ツェンダー型変調器とファイバー遅延線から成るリザーバー機構を用いて、矩形波と正弦波とのランダムな組み合わせ入力に対する信号識別を実証している。入力信号は任意波発生器が生成する正弦波の位相情報として符

号化され、変調器はその正弦波に応じて変調された光信号を出力する。その光信号は随時外部に取り出されるとともに遅延線を伝搬し、さらなる入力信号と結合した後リザーバーへとフィードバックされる。時系列に取り出される光信号はある重みをもって復号され、その重みは入力信号に対する平均二重誤差が最小になるよう随時“学習”される点が重要である。信号識別実験の評価結果として、ワード誤り率において隠れマルコフモデルを用いた既存の方式が示す0.55%を上回る0.4%という結果を実験的に得ることに成功している。さらに、ノイズや受信エラーを想定した各評価指標においてもそれぞれ相応の結果が得られたことも、併せて報告されている。(図4, 文献32)

本論文において採用されている光学的遅延帰還系の導入はこの後の関連研究においても盛んに用いられている方策であり、RCの有用性に関する実証的研究の進展を加速し得るベンチマーク的な内容であると評価できる。(堅 直也)

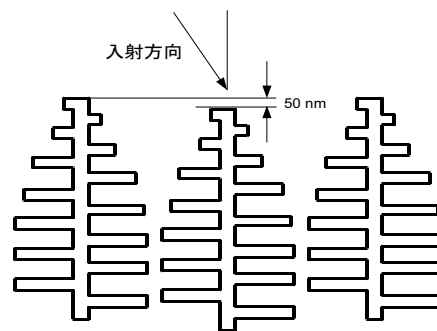
モルフォチョウの羽における構造的発色の理論および実験による解析

Theoretical and Experimental Analysis of the Structural Pattern Responsible for the Iridescence of Morpho Butterflies
[R. H. Siddique, S. Diewald, J. Leuthold and H. Hölscher: Opt. Express, 21, No. 12 (2013) 14351-14361]

モルフォチョウの羽は、波長よりも短いツリー型の微細構造により青色に発色することが知られている。このような生物の有する発色機構を模倣することにより、産業への応用が試みられている。これまでも電子顕微鏡により観測された微細構造の外形から、多層薄膜やシンプルなツリー型の格子構造の仮定の下で解析や製作が行われてきた。しかしながら、これらの格子構造においては反射スペクトルの得られる視野角が狭いため、広角化が望まれている。著者らは、広帯域な反射スペクトルを有するモルフォチョウの微細構造に近付けるために、ツリー型格子に高さ方向の位置ずれを含めた設計と製作を行っている。屈折率1.5のツリー型格子は枝の幅65 nm、長さ29~318 nmであり、おのおのの枝構造は互いに75 nmの位置ずれを与えている。さらに各ツリー型格子の外形は高さ方向にも互いに50 nmの位置ずれが与えられている。設計したツリー型格子を電子ビーム描画装置にて製作したところ、反射角度0~25度までの反射率のピーク値の波長変化は従来の75 nmに対し45 nmと改善された。(図6, 文献34)

視野角を広げるために、形状の外形だけでなく各格子の位置ずれも

重要であることは興味深い。生産性を含めた産業応用への活発化を期待したい。(岡野 正登)



モルフォチョウの羽を模した格子構造

輪郭順応

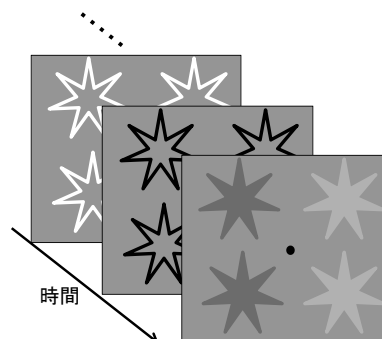
Contour Adaptation

[S. Anstis: J. Vis., 13, No. 2: 25 (2013) 1-14]

グレー背景上に連続的に白黒反転(フリッカー)する視覚刺激が提示された後に、同じ形態を有する背景よりも少し明るい(または暗い)グレー刺激が提示されると、刺激の明暗差に対する感度(コントラスト感度)が顕著に低下し、その刺激が一時的に消失する(コントラスト順応)。本論文では、このコントラスト順応と同様な効果が、ターゲット刺激の輪郭部のフリッカー刺激に対する順応により生じることを報告している。論文は定性的な観察と心理物理実験より構成され、それぞれにおいて、グレー背景上にそれよりも少し明るい(または暗い)星や顔刺激などの形態を有するグレーのターゲットが提示された。ターゲットの提示に先行して、ターゲットの輪郭部のフリッカー刺激が提示された。結果、輪郭への順応により、その後提示されるターゲットが一時的に消失すること、主観的輪郭ではこの効果が生じないこと、両眼間でこの効果が転移しないこと、有彩色ターゲットではこの効果が生じないことを明らかにした。(図3, 動画10, 文献41)

コントラスト順応はよく知られた現象ではあるが、同じ効果が輪郭部のみへの順応で生じることを示している点で興味深い。本論文の結

果は、人の面の知覚や明るさの知覚などにおけるエッジの重要性を示唆しており、発展が期待される。(瀬谷 安弘)



実験で用いた刺激の例

アームチェア型カーボンナノチューブの色のユニークな由来

Unique Origin of Colors of Armchair Carbon Nanotubes

[E. H. Haroz, J. G. Duque, B. Y. Lu, P. Nikolaev, S. Arepalli, R. H. Hauge, S. K. Doorn and J. Kono: J. Am. Chem. Soc., 134 (2012) 4461-4464]

フラーレン、グラフェンの発見にノーベル賞が与えられ、近年ますますナノカーボン材料の応用研究と物性の理解が進んでいる。中でもカーボンナノチューブは、1991年に飯島澄男博士によって発表されてから、電気特性、光学特性、力学特性、熱特性などさまざまな物性においてきわめて特異な性質をもつことが明らかにされた。近年では単層カーボンナノチューブを、カイラリティーとよばれる幾何学的な構造指数によって厳密に分離する研究が進んでいる。きわめて興味深いことは、カイラリティー分離によって、真っ黒な粉であったカーボンナノチューブが、赤、青、黄、緑、オレンジとカラフルな色を示すことである。本論文は、単層カーボンナノチューブの中でもアームチェア型とよばれる高い電気伝導性を示す金属性カーボンナノチューブだけを抽出し、直径の違いと色の関係を吸収スペクトルの測定で評

価した。さらにそこから、アームチェア型カーボンナノチューブの呈する色が金属特有のプラズモニックな性質からもたらされるのか、あるいは半導体性ナノチューブと同様、エキシトン励起によるものからもたらされるのかを議論している。(図3, 表1, 文献18)

ナノ材料はとても美しい色を呈するものが多い。金属ナノ粒子は局所プラズモン共鳴により、サイズや形状に依存してカラフルな色を示す。半導体ナノ粒子もまた、サイズにより量子的なバンドギャップが変化し、色が変化する。カーボンナノチューブは、カイラリティーによって半導体にも金属にもなり、特異な電子状態をもつ。カイラリティー分離は現在もまだ容易ではないが、この技術が進むことによって、黒い墨だった炭素材料がカラフルな光学材料として注目されることを想像すると胸が躍る。(庄司 暁)