

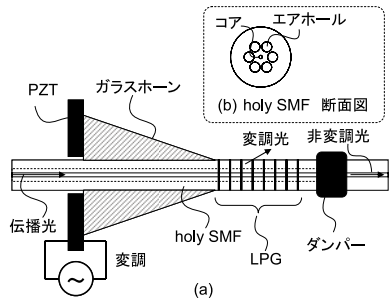
気になる論文コーナー

広帯域変調が可能なシングルモードファイバー AOTF

Ultrawidely Tunable Single-Mode Fiber Acousto-Optic Filter
 [S. D. Lim, K. J. Park, S. Eom, J. Jeong, B. Y. Kim and S. B. Lee: Opt. Lett., 36, No. 7 (2011) 1101-1103]

シングルモードファイバー (SMF) を用いた音響光学チューナブルフィルター (以下 SMF-AOTF) は、低消費電力、高速変調という特徴から、光通信等への応用として興味もたれている。SMF AOTF は、圧電素子 (PZT) 駆動超音波振動子、ガラスホーン、超音波ダンパー、SMF で構成される (図 a)。PZT 超音波振動子で発生した超音波はガラスホーンを介して SMF に微小屈曲を引き起こす。この微小屈曲によって SMF 内部に屈折率の粗密構造が発生して、長周期回折格子 (LPG) として機能する。また、超音波振動子への印加電圧の周波数に応じて、特定波長の光を選択的に減衰させることができる。著者が提案する SMF AOTF では、コアを中心として 6 個のエアホールを有する holy SMF が採用されている (図 b)、このエアホールにより、クラッド内の高次モードのモードインデックス差を通常の SMF を用いる場合と比較して 1 桁以上大きくすることが可能であり、この結果コアとクラッドのモード間のビート長が長くなるため、広い波長範囲 (300 nm) での変調が可能となっている (図 6、文献 19)。

空間系を介さず光ファイバー内のモード結合で広帯域な可変フィルターを実現できる点が大変興味深い。減衰率や 3 dB バンド幅の狭帯域化等のフィルター特性が改善されれば、実利用も十分期待できる。
 (雙木 満)



シングルモードファイバー (SMF) を用いた音響光学チューナブルフィルターの断面図

干渉ベース光学的画像暗号化手法におけるジグソー変換によるシルエット除去と単一空間光変調器による復号

Optical Image Encryption Using a Jigsaw Transform for Silhouette Removal in Interference-Based Methods and Decryption with a Single Spatial Light Modulator
 [P. Kumar, J. Joseph and K. Singh: Appl. Opt., 50, No. 13 (2011) 1805-1811]

2 枚の位相限定マスク (POM) により変調された光を干渉させることで復号が可能で、光学的画像暗号化手法が提案されている。提案手法では、POM を解析的に設計できるため計算コストを軽減できる利点がある。しかしながら、どちらか一方の POM を用いて、入力画像の部分的な情報 (画像のシルエット) が認識できてしまう問題がある。この問題を回避するために、本論文では POM に対してジグソー変換を適用する。ジグソー変換は、入力画像を複数のブロックに分割し、暗号鍵に基づきランダムに並べ替えることで、視覚的に認識困難なパターンへ変換する。暗号鍵を用いて逆ジグソー変換を行うことで復号が可能である。本論文では、ブロックの形状、大きさを変えて評価を行い、適切なブロックサイズを設定することで、個々の POM から画像のシルエットの露見を回避できることを確認している。さらに、実装における厳密なアライメントの必要性を回避するため、フーリエ変換の線形性を利用した復号手法を提案している。単一の空間光

変調器を用いた光学実験を行い、提案手法の妥当性を示している。
 (図 12、文献 34)

提案手法では、ジグソー変換というシンプルな処理を追加することで、従来手法の欠点を克服している。画像の冗長性を制御する手法として、画像のマッチングなど暗号化以外への適用も可能ではないかと考えられる。



ジグソー変換の例

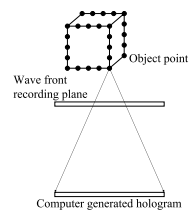
ルックアップテーブルと波面記録平面法を用いた三次元ディスプレイ用計算機フレネルホログラムの高速計算アルゴリズム

Rapid Calculation Algorithm of Fresnel Computer-Generated-Hologram Using Look-Up Table and Wavefront-Recording Plane Methods for Three-Dimensional Display
 [T. Shimobaba, H. Nakayama, N. Masuda and T. Ito: Opt. Exp., 18, No. 19 (2010) 19504-19509]

三次元ディスプレイの実現手段として、計算機ホログラムが期待されている。液晶表示装置が高解像度化したことにより、その実現可能性は高まっているといえるが、その反面ホログラムを算出するための計算時間が問題になってくる。ルックアップテーブル (LUT) 法は点光源からホログラムに到達した光の波面情報を、点光源とホログラム間の距離ごとにあらかじめ計算して LUT に保存しておき、ホログラムを計算する際には LUT を参照することで計算時間を抑制する手法である。この手法は LUT を保持するためのメモリー容量が膨大になるという欠点がある。一方、波面記録平面 (WRP) 法は、物体に近接する平面上の光の波動分布を計算し、その仮想平面のフレネルホログラムを算出するという手法であるが、物体から仮想平面へ伝播する光の拡散が十分小さいと仮定できるため、計算範囲を小さくできる。本論文では、LUT 法と WRP 法を組み合わせ、さらに計算に GPU (graphic

processing unit) を用いることにより、3 万点の点光源からなる物体の計算機ホログラムを秒間 10 フレームの速度で算出することに成功している。(図 2、文献 18)

本論文で提案されている手法は単純ながら、非常に有効な計算手法である。また、著者らは GPU で回折計算などの波動光学に必要ないくつかの計算を行うためのライブラリーを公開しており、提案手法や公開ライブラリーを活用したさらなる発展を期待したい。



ホログラム計算の概念図

(和田 篤)

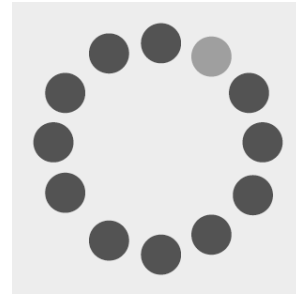
色名, 色カテゴリー, 色に基づく視覚探索: 色知覚はいつもカテゴリカルであるとは限らない

Color Names, Color Categories, and Color-Cued Visual Search: Sometimes, Color Perception is Not Categorical
[A. M. Brown, D. T. Lindsey and K. M. Guckes: J. Vision, 11, No. 12(2) (2011) 1-21]

カテゴリカル知覚が言語を介しその他知覚に影響するというサピア=ウォーフの仮説は, 色と色名の関係性から調べられることが多い. サピア=ウォーフの仮説によれば, 緑色ターゲットを探索する状況では, 緑色妨害刺激中の探索よりも青色妨害刺激中の探索のほうが, 異なる色名の妨害刺激からの探索となり探索時間が短いと予測される. 過去の研究ではこの予測が支持され, さらにその効果が言語野の影響を受けやすい右視野に限定されると報告されてきた. 本研究では知覚的に統制された青・緑色名境界付近の色刺激と視覚探索課題を採用し, この問題を再検討した. その結果, 色名の効果やその左右視野の違いはみられず, さらに色探索時間は色差や光受容器(錐体)感度のモデルで説明可能であった. このことは, 色名に基づく色カテゴリーが必ずしも色知覚と対応するわけではないことを示している. (図17, 文献30)

本研究は, 色カテゴリーの影響を調べる際, 低次色メカニズムの影響を統制する必要性を改めて示すものである. この研究をベースと

し, 色カテゴリーの役割という興味深い疑問点の解明が進むことを期待する. (永井 岳大)



実験刺激 (各円は実際は青・緑に近い色)

協力現象による自然放出における光子統計

Photon Statistics in the Cooperative Spontaneous Emission
[V. V. Temnov and U. Woggon: Opt. Exp., 17, No. 7 (2009) 5774-5782]

光を介したコヒーレントな相関によって複数二準位系の分極が揃うことで起こる, 一種の協力現象である自然放出-超放射あるいは超蛍光-は, 1954年にR. H. Dickeにより予言された. 超放射では二準位系の数(N)の増大とともに反比例して発光寿命が短くなるため, N が十分大きければ発光の時間波形により明確に測定できるが, $N < 10$ の場合には時間波形による区別が困難になる. その問題を解決すべく, 著者らは弱結合の場合に共振器内の $N (< 10)$ 二準位系から超放射により放出される光子の二次相関関数 $g^{(2)}(t)$ について注目した. ここで弱結合の場合とは, 共振器モードの光子と二準位系との結合の強さが, 共振器モードの光子の外部への損失率よりも小さい場合をいう. また $g^{(2)}(t)$ は, 1つの光子が観測されてから時間 t が経過後に, もう1つの光子が観測される頻度を表している. $g^{(2)}(t) = 1$ では光子を時間的に一様に観測できるのに対して, $g^{(2)}(0) > 1$ では1つの光子の近傍にもう1つの光子を見いだしやすくbunching(集群)しているとよばれ, 逆に $g^{(2)}(0) < 1$ では1つの光子の近傍に光子を見いだ

しにくくantibunching(反集群)しているとよばれる. 著者らは, 全量子論的手法により, $N < 10$ の場合に放出される光子がbunchingしており, 特に $N = 2$ の場合に $g^{(2)}(0)$ が最大となることを理論計算により明らかにした. また, $N = 2$ におけるbunchingの起源が, コヒーレントな相関によって形成される非放射状態および超放射状態を介した励起-発光過程にあることも解明した. さらに, 複数の共鳴準位をもつ系においてそれぞれの共鳴エネルギーに対応した離調エネルギーで $g^{(2)}(0)$ が増大することを利用した新しい分光法, photon bunching spectroscopyを提唱した. (図5, 文献27)

従来までの超放射の研究は時間波形の変化による議論がほとんどであったが, 今後は, 著者らが議論している光子統計等のツールを利用して, 超放射現象における光および物質系の状態を精査する研究が進展することが期待される. (石川 陽)

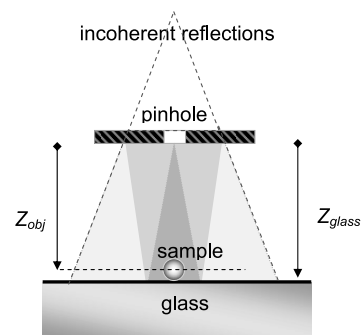
高分解能レンズレスインラインホログラフィック顕微鏡

High Resolution (NA=0.8) in Lensless In-Line Holographic Microscopy with Glass Sample Carriers
[M. Kanka, R. Riesenberger, P. Petruck and C. Graulig: Opt. Lett., 36, No. 18 (2011) 3651-3653]

レンズレスDIHM (digital in-line holographic microscopy)の基本的光学系は, 光源, ピンホール, イメージセンサーのみのシンプルな構成であり, また昨今では高分解能も進んでいる. これまでのDIHMに関する研究では, ピンホール位置の最適化と時分割データの取得によって, NA 0.7相当の高分解能化を実現した結果がある. しかしこの方法では被検体が静止している必要があり, 汎用的な顕微鏡とはならない. 著者らは, 静止被検体以外でも観察が可能であり, かつ高分解能なDIHMを実現するために, これまで著者らが検討してきたDIHMのデータ再構築手法に加え, 光源のコヒーレント長 $l_{coh} < Z_{obj} < 2Z_{glass}$ (Z_{obj} : ピンホールと被検体との距離, Z_{glass} : ピンホールと被検体用基板との距離)に設定し, ピンホールと被検体と基板との位置を最適化することにより観測データのノイズを低減する光学系を構築した. この装置において長さ816 nmビーズを観測することに成功し, NA 0.8相当の分解能が得られたことを報告している. (図3, 文献15)

レンズレスDIHMはシンプルな構成であるため, 高分解能の技術

が確立されてくれば, 安価で可搬性のある高分解顕微鏡観察装置として新たな市場を開拓できるものと期待される. (長井 史生)



レンズレスDIHMの構成