

## 気になる論文コーナー

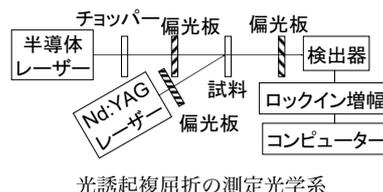
### 金ナノ粒子によるメチルオレンジの二光子吸収と光誘起複屈折の増強効果

Enhancement of Two-Photon Absorption and Photoinduced Birefringence in Methyl Orange by Au Nanoparticles  
[J. Zhang, T. He, C. Wang, X. Zhang and Y. Zeng: Opt. Laser Technol., 43, No. 5 (2011) 974-977]

アゾベンゼン基を有する物質は、強い非線形光学特性と光誘起複屈折をもち、光記録や光スイッチ、光通信の分野で注目されている。これらの特性はおもに化学的な合成により制御されてきたが、近年、金属ナノ粒子の表面プラズモン共鳴 (SPR) を利用した局所増強場による有機分子の光学特性の制御が報告されている。本研究では、アゾベンゼン基を有する低分子のメチルオレンジ (MO) の二光子吸収と光誘起複屈折について、金ナノ粒子の SPR 増強効果を調べている。二光子吸収係数は、フェムト秒レーザー (波長 800 nm, パルス幅 100 fs, 繰り返し周波数 82 MHz) を用いた Z スキャン法で測定している。また、光誘起複屈折は、Nd:YAG レーザー (波長 532 nm, 連続光) をポンプ光として、クロスニコル条件の偏光板 2 枚の間に試料をセットし、低パワーの半導体レーザー (波長 650 nm) のプローブ光をポンプ光との偏光角 45 度の条件で照射し、透過光を検出している。その結果、金ナノ粒子コロイド中の MO 水溶液の二光子吸収断面積は、MO 水溶液のみと比較し、42 倍の 6300 GM と算出している。また、金ナノ粒子を添加した MO/polyvinylpyrrolidone (PVP) 薄膜の光誘起複屈折は、MO/PVP 薄膜のみと比較し、2.6 倍の  $\Delta n = 0.7 \times 10^{-2}$  と算出している。さらに、光誘起複屈折のポンプ光強度依存性も調べている。こ

れらの結果から、金ナノ粒子を添加した MO の二光子吸収係数や光誘起複屈折の増大は、SPR 効果によるものと考えられ、偏光ホログラム記録材料として期待される。(図 5, 文献 18)

本研究は、非線形光学材料として注目されているアゾベンゼン骨格を有する分子について、金属ナノ粒子の SPR による電場の局所増強場を利用して低分子でも光学特性を向上できることを実験的に示している点で興味深い。今後、金属ナノ粒子のサイズや形状、配列などを制御した基板を用いることにより、さらなる局所増強場効果による高効率な非線形光学材料の開発が期待される。(鈴木 基嗣)



光誘起複屈折の測定光学系

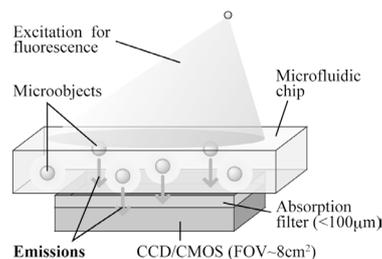
### コンプレッシブデコーディングに基づくレンズレス広域蛍光イメージング

Lensless Wide-Field Fluorescent Imaging on a Chip Using Compressive Decoding of Sparse Objects  
[A. F. Coskun, I. Sencan, T.-W. Su and A. Ozcan: Opt. Exp., 18, No. 10 (2010) 10510-10523]

近年、コンプレストセンシングの応用システムに関する研究が、理論・実験の両面からさかんに進められている。著者らは、コンプレストセンシングの概念に基づいた独自の画像再構成アルゴリズムにより、レンズレス (省スペース)、広域撮像 ( $>8 \text{ cm}^2$ ) および高分解能 ( $\sim 10 \mu\text{m}$ ) を実現する「レンズレス蛍光イメージングシステム」を提案している。本論文ではマイクロ流路中に点在する微小蛍光球を撮像対象とし、それらの点像分布関数をもとにした観測基底を撮像面上の画素ごとに定義することで、ワンショットでの撮像画像からの再構成を可能にしている。検証実験の結果、単層および多層の対象構造に対する画像再構成が、高分解能で実現可能であることが示された。また、提案アルゴリズムの有用性についても、既存のアルゴリズムとの性能比較をもとに定量的に示されている (図 8, 文献 31)

一般にマイクロ流路上におけるモニタリングではリアルタイム処理が要求されており、本論文で示されている 0.1 min オーダーの処理時間はいまだ実用レベルとはいえない。しかしながら、この点に関して

は計算機能力の向上に伴う直接的な性能向上が見込まれる。均等な形状やサイズ、単一の光学応答を示す蛍光球のような対象物のみならず、より多様な撮像対象に対する対応技術の開発も含め、早期の実用化に向けたさらなる発展が期待される。(堅 直也)



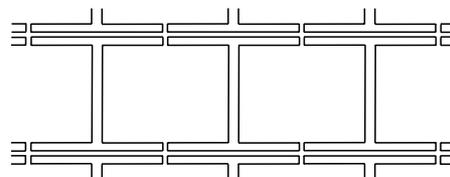
試作されたレンズレス蛍光イメージングシステムの構成

### 異常に高い屈折率をもつテラヘルツ・メタマテリアル

A Terahertz Metamaterial with Unnaturally High Refractive Index  
[M. Choi, S. H. Lee, Y. Kim, S. B. Kang, J. Shin, M. H. Kwak, K.-Y. Kang, Y.-H. Lee, N. Park and B. Min: Nature, 470 (2011) 369-374]

メタマテリアルとは、自然界にはない性質を示す人工物質のことであり、特に電磁波に対して負の屈折率をもった物質がさかんに研究されている。一方、高い正の屈折率をもつ物質は、高分解能をもつイメージングやリソグラフィなどへの応用の観点から興味もたれる。本論文で、著者らはテラヘルツ周波数の広帯域で異常に高い屈折率を示すメタマテリアルを報告している。屈折率は誘電率と透磁率の積で与えられる。誘電率を高めるために、ポリマー中にサブ波長スケールの金属キャパシターを微細加工技術で整列させた。一方、入射した電磁波は、金属構造中に誘起される電流ループによる反磁場のために、磁場が媒質内部に入ることができない。そこで金属構造を細く加工することで、電流ループを遮断し、透磁率の減少を抑制した。こうして共鳴周波数において屈折率が 38.6 に達し、低周波数極限においても 20 を超えるメタマテリアルが実現された。(図 4, 文献 30)

本論文のキャパシター配置では屈折率の偏光依存性が大きい。補足情報にあるように、キャパシターを六方格子型や窓型に配置することによって偏光依存性を消すこともできる。今後はさらに微細加工技術を駆逐することで、赤外・可視光領域において高屈折率をもつメタマテリアルの実現に期待もたれる。(佐藤 琢哉)



I 字の形をした金属構造を整列したメタマテリアル

### 全光学式動画暗号化手法

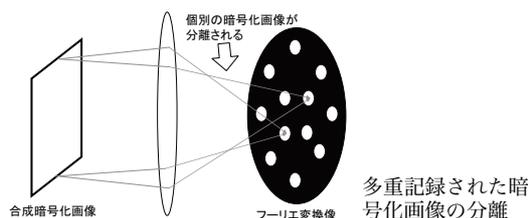
#### All-Optical Encrypted Movie

[F. Mosso, J. F. Barrera, M. Tebaldi, N. Bolognini and R. Torroba: Opt. Exp., 19, No. 6 (2011) 5706-5712]

これまでに画像を光学的に暗号化する手法は数多く提案されているが、本論文ではこのような光学的暗号化画像を多重記録することで、大容量の暗号化情報を高密度に記録する手法について検討している。暗号化画像を多重記録した場合、正しい復号鍵を用いた場合でも、読み出した復号化画像の重なりやクロストークによるノイズが生じるため、復号化画像を良好な画質で読み出すためには何かしらの工夫が必要になる。本論文では、グレーティング形状のフィルターを利用した光学的暗号化画像の多重記録手法、および多重化された画像の分離手法を提案している。具体的には、多重記録する複数の暗号化画像に対し、暗号化画像ごとの向きやピッチを変化させたグレーティング形状のフィルターを乗算し、これらフィルタリングされた暗号化画像を合成記録する。この合成暗号化画像から再生される光学画像は、乗算したグレーティングのピッチや向きに応じて回折され、個別の暗号化画像ごとに異なる向きに進んでいく。この分離された個別暗号化画像のフーリエ変換像をマスキング処理することによって、所望の像のみを抽出することで、復号化画像の重なりを回避することができる。また本論文では、動画の各フレームを個別に暗号化し、これらをひと

つの画像として多重記録および再生するシミュレーションを行っており、ある程度のノイズは発生するものの、比較的良好な復号化画像が得られることを確認している。(図6, 文献8)

光学的暗号化手法は、ホログラフィックメモリーに記録するデータなど、大容量データを超高速に暗号化・復号化する手法として有効であると考えられるが、暗号化画像を多重記録する際の方式については、まだ確立した技術はない。本論文で提案している手法は、多重化および分離の処理をすべて光学的に行うことが可能であり、超高速大容量の暗号化・復号化には適した手法であるといえる。(鈴木 裕之)



### 二値マスクを用いた計算機再構成インテグラルイメージングによる部分的に遮蔽された像平面の再構成画質改善

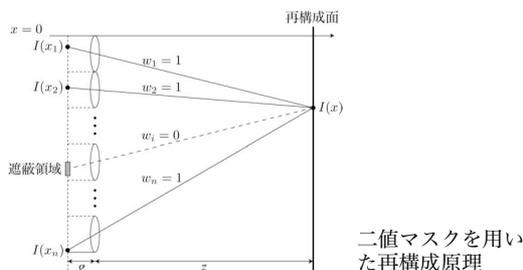
#### Image Quality Enhancement of Computational Integral Imaging Reconstruction for Partially Occluded Objects Using Binary Weighting Mask on Occlusion Areas

[J.-J. Lee, B.-G. Lee and H. Yoo: Appl. Opt., 50, No. 13 (2011) 1889-1893]

部分的に遮蔽された三次元物体の認識において、計算機再構成インテグラルイメージングは有効な手法である。本論文では、遮蔽物の影響を最小にするため、二値マスクを用いた再構成手法を提案している。二次元レンズアレイを前面に配置したイメージセンサーにより、要素画像アレイを取得する。遮蔽領域を推定するため、要素画像アレイをサブイメージアレイに変換する。この変換は、すべての要素画像の同じ位置の画素の集合を1つのサブイメージとすることで生成する。隣接する2つのサブイメージの対応点探索を行い、深度マップを作成する。この深度マップから遮蔽領域を推定する。遮蔽領域の推定処理をすべてのサブイメージに対して行い、サブイメージアレイを要素画像アレイに逆変換し二値マスクとする。二値マスクを適用した要素画像アレイの各画素を、設定した再構成面へ逆投影することで画像を再構成する。すなわち、遮蔽領域と推定された画素の情報を無視して逆投影することで、遮蔽物体が取り除かれた再構成画像が生成される。計算機実験において、従来の再構成手法よりも良好な結果が得ら

れている。(図7, 文献13)

提案手法は、遮蔽領域の推定のために、要素画像アレイをサブイメージアレイに変換することで、異なるパラメータの光学系により取得した要素画像アレイを等価的に生成している点が興味深く、さらなる応用展開が期待される。(生源寺 類)



### 高速実時間画像認識のための時間領域アナログパターン相関器

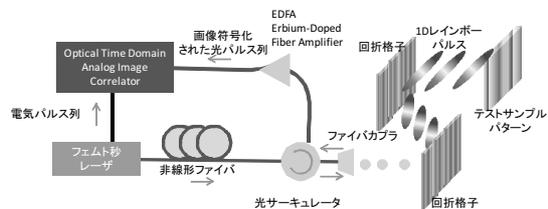
#### Optical Time-Domain Analog Pattern Correlator for High-Speed Real-Time Image Recognition

[S. H. Kim, K. Goda, A. Fard and B. Jalali: Opt. Lett., 36, No. 2 (2011) 220-222]

従来の1000倍以上高速である36.7 MHz (27.2 ns) の相関速度で画像相関を行うことの可能な光学的時間領域アナログ画像相関 (optical time-domain analog image correlator; OTAIC) が提案された。従来の光相関器で利用されているデジタルミラーデバイスや液晶空間光変調器など、時間ボトルネックになる光学デバイスを用いずに構成されている。これは著者らの提案している逐次時間エンコード増幅イメージング/顕微鏡 (serial time-encoded amplified imaging/microscopy; STEAM) 技術により、空間領域ではなく時間領域で画像認識を行える。STEAMプラットフォーム上のOTAICは図に示す通り1590 nmのモードロックレーザーや1100 line/mmの回折光学素子対、ファイバー型マッハ・ツェンダー振幅変調器などで構成されている。OTAICでは位相同期回路周波数シンセサイザーにより生成された参照パターンと、画像符号化された光パルス列を、マッハ・ツェンダー振幅変調器より相関する。固定されたテストバーコード 1001011001 に対して、

1024のリファレンスパターンをランダムに生成して相関演算を行った結果、一致しているときはピークが、一致していない場合は弱い信号となることが実証された。(図4, 文献12)

著者らの提案するフローサイトメーターへの応用等の実現に向けた、きわめて有効な光相関技術である。(渡邊恵理子)



OTAICが組み込まれたSTEAM