

気になる論文コーナー

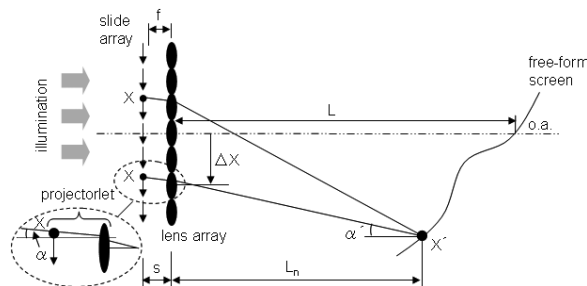
自由曲面形状のスクリーンに投影可能なマイクロアレイプロジェクター

Microoptical Array Projectors for Free-Form Screen Applications

[M. Sieler, S. Fischer, P. Schreiber, P. Dannberg and A. Brauer: Opt. Express, 21, No. 23 (2013) 28702-28709]

単一の開口をもつ光学系において、自由曲面形状のスクリーンに鮮鋭な画像を投影する方法は、大きく分けて2つある。1つ目は、自由曲面形状の光学素子を用いる方法であり、2つ目は、焦点深度の広い光学素子を用いる方法である。前者の場合、光量を確保できるが、非軸対称な光学素子の加工は難しく、コストアップを招く。後者の場合、光学系を簡素化できるが、開口が狭くなるため、光量が低下する。このように、単一の開口をもつ光学系では、光学系の簡素化と光量の確保が難しい。そのような課題に対して、著者らは、簡易な構成でありながら、高い光量と広い焦点深度をもつ光学系を提案した。投影光学系には、焦点距離2 mm、口径790 μm (F ナンバー2.5)のマイクロレンズを149個、アレイ状に配列したものをを用いた。表面積11 \times 11 mm^2 、奥行き3 mmと非常にコンパクトである。著者らは、二次元画像を三次元投影するための計算アルゴリズムを開発し、投影光学系の設計に応用した。シミュレーションと試作による測定結果から、自由曲面形状のスクリーンに鮮鋭な画像を投影できることを示した。(図10, 文献8)

従来技術の課題を克服するだけでなく、付加価値のある設計ができている点が素晴らしい。今後どのようなアプリケーションと結び付くか興味深い。(中山 裕俊)



マイクロアレイプロジェクターの投影原理図

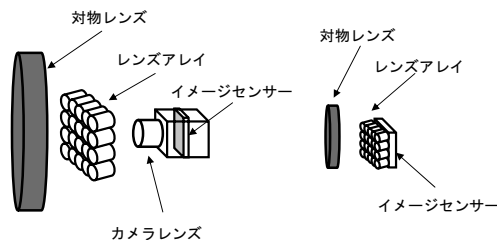
レンズアレイとイメージセンサーを近接配置した3D画像撮影装置

Integral Three-Dimensional Image Capture Equipment with Closely Positioned Lens Array and Image Sensor

[J. Arai, T. Yamashita, M. Miura, H. Hiura, N. Okaichi, F. Okano and R. Funatsu: Opt. Lett., 38, No. 12 (2013) 2044-2046]

インテグラルフोटोगラフィーは特別な光源や3D眼鏡を使用することなくどのような位置からも3D画像を観察することを可能とする技術であるが、従来の撮影装置ではイメージセンサーよりも大きなレンズアレイが使用されていた。そのため撮影装置が大きくなり、センサー前方に配置されたカメラレンズ起因の解像力低下やディストーションなどで、生成される3D画像の劣化が生じてしまっていた。そこで著者らは、GRINレンズで構成されるレンズアレイをイメージセンサーに近接して配置する構造とすることで、従来構造と比較し解像力が約2倍で小型の3D画像撮影装置を開発した。レンズアレイをGRINレンズで構成した場合、イメージセンサーとレンズアレイの間に空間があると、個々のGRINレンズを透過した画像にオーバーラップが生じ、3D画像生成時に画像劣化が生じることとなる。そのため、イメージセンサーとレンズアレイをほぼ当接して配置することで上記問題を解決している。実際に実験で得られた3D画像では、上下左右20°の範囲で最適な運動視差を得ることができている。(図10, 表3, 文献6)

3D映像を視聴する場合、特殊な機材を必要としないで視聴でき、かつ視聴者の位置に依存しない撮影装置の開発は重要であり、装置の小型化の要求も今後加速していくと思われる。本研究が将来の3D画像装置の普及に寄与することを期待したい。(佐野 永悟)



撮影装置の比較

蛍光寿命測定を用いた血痕の経過時間推定法

Dating Bloodstains with Fluorescence Lifetime Measurements

[K. Guo, S. Achilefu and M. Y. Berezin: Chem. Eur. J., 18, No. 5 (2012) 1303-1305]

鑑識分野においては古くから、血痕がいつ付着したかを推定する時間決定が重要な役割を担っている。これまでに、原子間力顕微鏡や分光分析などを用いた血痕の時間決定に関する研究が報告されているものの、実際のサンプルでは課題が多く残されている。そこで、著者らは血液の蛍光寿命に基づく血痕の経過時間推定の新しい手法を試みている。

本論文では、シャーレに採取したイヌの血液をサンプルとして用いている。この血液を室温で放置し、ある時間経過した後、血液を剥ぎ取り、リン酸緩衝生理食塩水に溶かし、蛍光寿命を測定している。波長295 nmのサブナノ秒のパルス化したLEDを励起光として、時間相関単一光子計数法を用いて波長350 nmの蛍光寿命を測定している。

その結果、新鮮な血液は、蛍光寿命が約4.0 nsであるのに対し、2か月後の血痕では約2.5 nsと速くなった。この蛍光寿命の変化は、血痕の経過時間に対して線形ではなく、経過時間が最初の150時間では

急激な変化を示し、300時間でほぼ一定となっていた。また、この蛍光寿命の変化を2成分の指数関数モデルで近似したところ、早い成分が9.7時間、遅い成分が116時間であった。本実験で観測している蛍光は、血液中のたんぱく質の中で主要な蛍光体であるトリプトファンによるものと帰属されている。そして、トリプトファンは、血液中のたんぱく質の95%以上を構成するアルブミンや γ -グロブリンに含まれている。したがって、血液の時間経過とともにアルブミンや γ -グロブリンの酵素分解が起こり、これらの形態変化がトリプトファンの蛍光寿命に影響を及ぼしていると考えられている。(図3, 文献15)

本研究は、血痕の経過時間推定に蛍光寿命測定を利用するという新しいアプローチとして非常に興味深い。今後、測定機器の小型化はもとより、血痕の詳細な蛍光現象のメカニズム解明と現場を想定した模擬サンプルでの実証実験が期待される。(鈴木 基嗣)

波長 1310 nm でのマルチモード入射による 25 Gb/s 300 m マルチモードファイバー伝送

300 m Transmission over Multimode Fiber at 25 Gb/s Using a Multimode Launch at 1310 nm

[X. Chen, S. R. Bickham, J. E. Hurley, H.-F. Liu, O. I. Dosunmu and M.-J. Li: Opt. Express, 21, No. 23 (2013) 28968-28973]

データセンターなどにおける短距離通信において、MMF (multimode fiber) の使用に注目が集まっている。その狙いは、MMF の大きなコア径を利用して光源とファイバーとの接続精度に対する要求を緩和し、光トランシーバーの実装コストを抑えることにある。MMF を使った通信規格として、波長 850 nm の VCSEL (vertical cavity surface emitting laser) と OM4 MMF を用いた、4×25 Gb/s、100 m という規格が現在草稿されているが、この規格では 10 Gb/s 伝送で要求される 550 m に届かない。MMF での伝送距離を伸ばすために単一モードやそれに準じる VCSEL を使用する方法もあるが、その信頼性に疑問がある。そこで著者らは、波長 1310 nm の VCSEL とその波長に最適化された MMF を使って、25 Gb/s の信号を 300 m 伝送する方法を提案している。波長 1310 nm を使用して MMF の損失と波長分散

を波長 850 nm のそれらよりも小さくし、さらにコアの周囲にクラッドよりも低い屈折率をもつ部分を挿入してモード間の遅延差を低減している。製作された MMF の伝達関数を多モード入射で評価した結果、3 dB 帯域は 17.5 GHz であり、帯域-長さ積は 5.25 GHz.km に相当した。また、1 km の MMF における DMD (differential modal dispersion) は十分小さかった。この MMF で 25 Gb/s の信号を 300 m 伝送したときのアイパターンに劣化は認められず、パワーペナルティは 10^{-12} のビットエラーレートで 1.8 dB だった。(図 7, 表 1, 文献 16)

長距離光ファイバー通信とは違った視点のシステム最適化で、興味深い試みだと感じた。最近の国際会議 (ECOC 2013, PD4.F.4.) では、さらに距離を伸ばして 820 m を報告している。(鈴木恵治郎)

ヒトの目を模した小型調整可能な撮像システム

Miniaturized Tunable Imaging System Inspired by the Human Eye

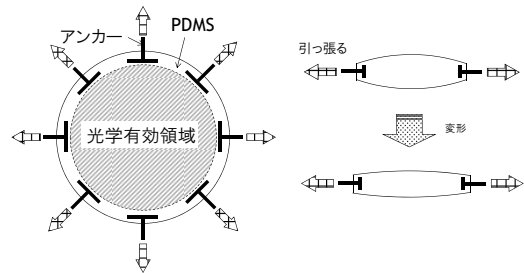
[S. Schuhladen, S. Petsch, P. Liebraut, P. Müller and H. Zappe: Opt. Lett., 38, No. 20 (2013) 3991-3994]

携帯電話搭載のカメラなど小型のカメラが高性能化する中、これら小型撮像システムへのズーム機構の搭載、AF 化、自動絞りの搭載などの多機能化が求められている。しかし、これらの機能を機械的なシステムで構築すると、システム全体の小型化が困難になる。著者らは PDMS (ポリジメチルシロキサン) ゲルを用いた可変焦点レンズと、エレクトロウェットング方式による可変絞りと CCD 素子を搭載した小型撮像システムを提案している。このシステムは機械的な調整機構を一切搭載しておらず、人間の目のシステムを模した構造となっている。論文の中では試作した撮像システムの評価を行っており、可変焦点レンズの焦点距離が 5% 変化した場合の波面収差の変動 (PV) が $\lambda/10$ 以下であったなど、高い性能をもっていることが確認された。ただし、絞りのカバーガラスでフレアが発生するなどしており、反射防止膜の設置などに課題があることも示されている。(図 6, 文献 20)

ゲルによる可変焦点レンズ、液体を用いた絞りなど、機械的な動きを一切排除しているため、小型化に期待できる撮像系である。将来超

小型のズーム搭載カメラなどに展開できるものとして注目したい。

(山本 亮)



ゲルレンズ構造。レンズはゲルで構成されており、ゲルにアンカー A を引っ張ることでゲル全体の形状が変化し、焦点距離を可変にしている

複数スポットへのフェムト秒レーザー同時照射によるガラス内部形状制御

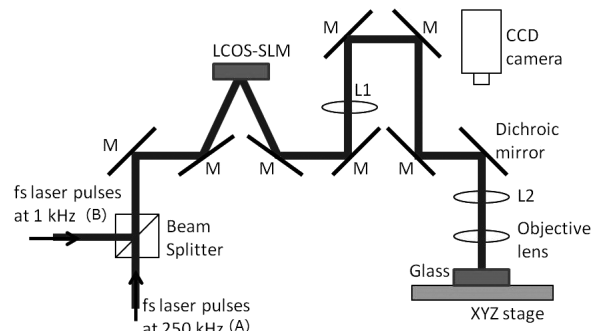
Shape Control of Elemental Distributions Inside a Glass by Simultaneous Femtosecond Laser Irradiation at Multiple Spots

[M. Sakakura, T. Kurita, M. Shimizu, K. Yoshimura, Y. Shimotsuma, N. Fukuda, K. Hirao and K. Miura: Opt. Lett., 38, No. 23 (2013) 4939-4942]

ガラス内部へのフェムト秒レーザー照射により三次元構造を構築し光学素子に応用する研究は、さかんに行われている。一般的に、レーザー照射によってガラス内部に形成される基本構造の断面形状は、入射するレーザー光の光軸に対称な円形形状となる。本論文では、ガラス内部にフェムト秒レーザーの集光スポットを複数形成することで、ガラス内部に形成される基本構造の形状を制御することに成功した。実験では、波長 800 nm、パルス幅 80 fs、繰り返し周波数 250 kHz のレーザー光 (A) と、空間変調素子によって変調された波長 800 nm、パルス幅 120 fs、繰り返し周波数 1 kHz のレーザー光 (B) を、 $NA = 0.55$ の対物レンズを用いてガラス内部に集光照射した。空間変調素子によって B の光のみを変調しており、A の集光スポットの周囲に B の集光スポットを 4 点形成した。結果、A, B それぞれの照射時間を制御することで、断面が四角形状の構造がガラス内部に形成された。このような形状は、レーザー照射によって熔融されたガラスの拡散長と相関があることが数値解析により示された。さらに、空間変調素子のパターンによって B の集光スポット数を制御することで、さまざまな形状が形成可能なことも示された。(図 5, 文献 22)

医療やバイオ化学等のさまざまな分野の分析用チップの作製手法と

して、フェムト秒レーザーの集光照射プロセスが応用されることを期待する。(高田 健治)



実験光学系