

### 眼の焦点深度の他覚的測定と自覚的測定による違いと調節動揺との関係

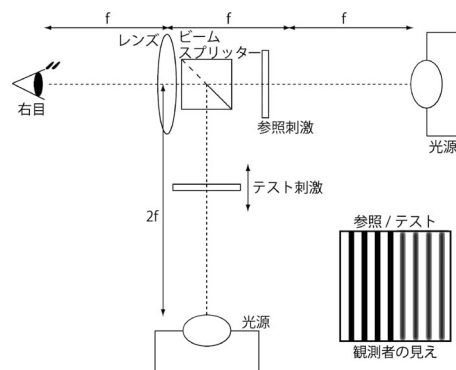
Objective Depth-of-Focus is Different from Subjective Depth-of-Focus and Correlated with Accommodation Microfluctuations  
 [P. Yao, H. Lin, J. Huang, R. Chu and B. Jiang: Vis. Res., 50, No. 13 (2010) 1266-1273]

眼の網膜における像のぼけ情報は、焦点調節をするためのフィードバック情報として重要な役割を果たす。一方で、眼球光学系はある程度の焦点深度をもっており、多少の焦点位置のずれに対してぼけを知覚しない。一見トレードオフに思える関係は、焦点調節をコントロールする視覚システムと像を認識する視覚システムとは異なり、それぞれのシステムでの焦点深度が異なることと説明できる。本論文では、前者の焦点深度を屈折力計を用いた他覚的測定で、後者の焦点深度を像のぼけが知覚できる範囲を探す自覚的測定で計測し、両者の関係を検討した。また、焦点調節に関係しているとされている調節動揺（知覚されない調節の微小なゆらぎ）と他覚的に計測された焦点深度との関係を調べた。すべての被験者において、他覚的な焦点深度は自覚的な焦点深度よりも小さい値を示した。しかし両者の間には系統的な相関はみられなかったことから、2つの視覚システムが個別に機能していると推定できる。また他覚的な焦点深度と調節動揺の大きさには相関がみられたことから、焦点調節コントロールのシステムにおいて他覚的な焦点深度が重要な役割を果たしていると述べている。（図8、文献70）

本論文で用いている焦点深度の他覚的測定法は、統計学的な推定を

用いておりユニークである。また、いまだに不明な点が多い調節動揺と焦点調節の関係にも言及しており、今後の進展が期待される。

（山口 秀樹）



焦点深度測定的光学系（自覚的計測）

### 色計測と分光的再現の精度に対するトレーニングセットの標本数の影響

Influence of the Number of Samples of the Training Set on Accuracy of Color Measurement and Spectral Reconstruction  
 [M. d. Lasarte, M. Arjona, M. Vilaseca and J. Pujol: J. Imag. Sci. Technol., 54, No. 3 (2010) 030501]

近年、市販の標準的なデジタル画像システムが色計測のために広く利用されている。取得した画像から高い色忠実性を実現するためには、画像システムの測色的特徴を知ることが必要不可欠である。従来は画像システムの分光感度特性を計測することで色解析に利用していたが、画像システムのデジタル出力から三刺激値、または反射率スペクトルとの直接的な関係を変換行列として、トレーニングにより求める手法が存在する。この手法は従来手法に比べ簡便であるが、トレーニングセットに関する検証が十分なされていない。本論文では、色計測や分光的再現における精度と、トレーニングセットの色標本数ならびにトレーニングセットそのものとの関連性について検証を行った。画像システムとしては、取得チャネル数が3チャネルの測色構成と7チャネルの分光構成の2つのシステムを構築した。トレーニングセットの色標本の選択基準としては、LAB表色系における  $a^*$  と  $b^*$  の

それぞれの色差が一定値以上あればトレーニングセットの色標本として採用する。またトレーニングセットの構築方法としては、初期色標本を固定した後に規定数に達するまで選択基準に従って色標本を選別する方法と、5つの初期色標本をランダムに決定した後に同様に色標本を選別する方法の2通りで検証した。各画像システム構成に2通りの選択基準により作成したトレーニングセットを用いて、最小かつ/または十分な色標本数を解析した結果、測色構成では110個以上、分光構成では120個以上の色標本があれば良好な結果が得られた。（図10、表5、文献26）

デジタルアーカイブをはじめ、高い色忠実性が要求されるアプリケーションの需要が高まりつつある。今後の進展に期待したい。

（西 省吾）

### 色素添加液晶素子に基づく直線偏光回転子

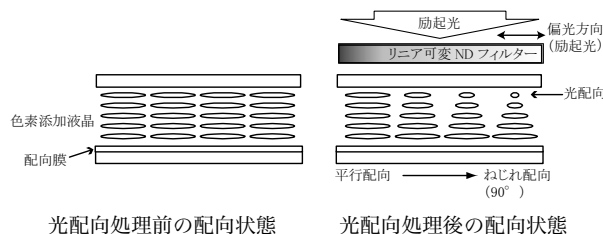
Linear Polarization Rotators Based on Dye-Doped Liquid Crystal Cells

[C.-Y. Huang, H.-Y. Tsai, Y.-H. Wang, C.-M. Huang, K.-Y. Lo and C.-R. Lee: Appl. Phys. Lett., 96, No. 19 (2010) 191103]

液晶は機械的ラビング処理や光配向により容易に複屈折性を制御できることから、偏光変換素子への応用研究がなされている。本論文では、片側のガラス基板表面のみラビング処理を施した色素添加液晶素子とリニア可変中性濃度フィルター（linear variable neutral density filter; LVNDF）を用いて直線偏光回転子を作製した。励起光の照射前は、片側基板に施したラビング処理により、素子全体は平行配向を示す。しかし、LVNDFを通して無配向処理基板側に直線偏光の励起光を照射すると、その照射強度に依存して  $0^\circ$  から  $90^\circ$  までの連続的な範囲で液晶分子の光配向が生じる。この配向変化は、光照射により再配向した色素分子の基板表面への吸着に起因するため、励起光の照射を停止した後も維持し続ける。上記プロセスで作製した素子は、素子上の位置に依存して平行配向からねじれ配向へと徐々に変化する。すなわち、この素子は、入射光の照射位置に依存して偏光面の回転角が決定する偏光回転子として機能する。ラビング処理を用いて作製した直線偏光回転子と比較すると、この素子は大きなねじれ領域（5.6 mm）

と高コントラスト（ $\sim 1000:1$ ）を示す。（図5、文献10）

1つの素子内に複数の配向状態を形成するには、一般的に異なる条件でのラビング処理を複数回行うなど手順が複雑になるが、本論文では一度の光照射で実現しており、製造コスト的に有利であろう。今後は実用化に向けて、光配向で形成したねじれ構造の安定性などの研究が望まれる。（中山 敬三）



光配向処理前の配向状態

光配向処理後の配向状態

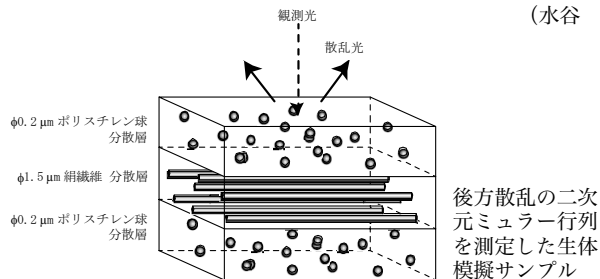
円筒状散乱体からの後方散乱光の二次元ミュラー行列

Two-Dimensional Backscattering Mueller Matrix of Sphere-Cylinder Scattering Medium  
[H. He, N. Zeng, W. Li, T. Yun, R. Liao, Y. He and H. Ma: Opt. Lett., 35, No. 14 (2010) 2323-2325]

近年、全偏光特性を表現できるミュラー行列を散乱計測に応用する手法が研究されている。最近、ポリスチレン球と絹繊維が水中に分散した物体からの後方散乱の二次元ミュラー行列計測結果と、モンテカルロ法により散乱状態を計算した結果が一致したという報告があった。著者らは測定サンプルとして、 $\phi 1.5 \mu\text{m}$  の絹繊維分散層を  $\phi 0.2 \mu\text{m}$  のポリスチレン球分散層で挟み込んだ三層構成を用いた。これは異方性のある生体組織を模擬したものである。測定光学系は、一對の偏光子および一對の四分の一波長板を用いた二重回転位相子型ミュラー行列偏光計を後方散乱を測定するために、反射型で構成している。また、測定には CCD カメラを用いて空間的に二次元イメージングしている。サンプルのミュラー行列を測定したところ、行列を構成している 16 成分のすべての要素において、計測値と計算値がよい一致を示している。また、測定サンプルに異方性がある場合に特徴的な光強度分布が現れる 4 成分について、対称性に着目した説明がなされている。また著者らは、球状体と繊維体が完全に混在した生体試料を作

製することが難しいことから、本論文で用いた測定サンプルを模擬生体試料として利用できるということも述べている。(図 3, 文献 10)  
散乱光のミュラー行列をミュラー行列再構成のような偏光解析手法と組み合わせることで、例えば分散層の厚さを解析するなど、形状と組み合わせた、より詳細な測定試料の解析が期待できる。

(水谷 康弘)



高速な三次元変位計測のための三次元デジタル画像相関技術

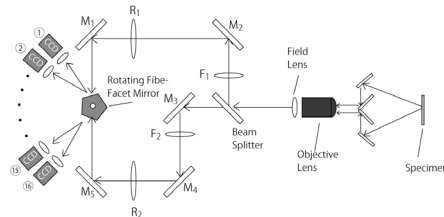
Three-Dimensional Digital Image Correlation Technique Using Single High-Speed Camera for Measuring Large Out-of-Plane Displacements at High Framing Rates

[M. Pankow, B. Justusson and A. M. Waas: Appl. Opt., 49, No. 17 (2010) 3418-3426]

高速カメラを用いた全視野型変位計測のための、三次元デジタル画像相関技術が報告されている。画像の相関演算を用いた変位計測は、測定対象の歪みを画像化するために有効な技術として知られている。この計測法の課題として、三次元の変位計測を高速現象に適用することがあげられる。三次元変位を計測するための相関演算では、ステレオ画像が必要になる。著者らは、単一の高速カメラでステレオ画像を取得できる装置を作製している。図に示すように、カメラレンズと測定対象との間に複数の反射鏡を、単一の撮像素子にステレオ画像が結像するように設置する。撮像素子より取得されるデータは 2 枚の画像に分割され、市販の三次元相関演算ソフトウェアを用いることにより、三次元変位が解析される。静的および動的な検証実験の比較により、作製した装置により高速現象の変位を計測できることが確認されている。また、衝撃波管を用いた実験により、有限要素法による解析と整合性のよい測定結果を得ている。この実験において、約 60,000 frame/s の時間分解能を実現している。(表 4, 図 11, 文献 21)

多眼撮像を用いた三次元位置情報取得は、本論文で述べられた応用以外に、センシングや立体再生等さまざまな用途が考えられる。その際、撮像素子間の同期が問題となる。位置合わせや画質を考慮する必要もあるものの、本論文で提案されるような同期を必要としない実装は有用であると考えられる。

(仁田 功一)



画像相関演算を用いる三次元変位計測の取得系 (M: mirror, F: focus lens, R: relay lens)

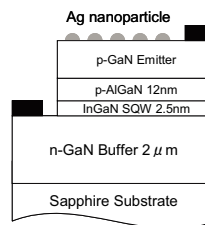
GaN/InGaN/GaN 量子井戸太陽電池におけるプラズモンナノ粒子による光電流増幅

Plasmonic Nanoparticle Enhanced Photocurrent in GaN/InGaN/GaN Quantum Well Solar Cells  
[I. M. Pryce, D. D. Koleske, A. J. Fischer and H. A. Atwater: Appl. Phys. Lett., 96, No. 15 (2010) 153501]

$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  のバンドギャップは 0.7 eV から 3.4 eV まで変化し、太陽光スペクトルのほとんどをカバーすることができるため、高効率太陽電池を実現する材料として期待されている。著者らはさらなる高効率化を実現するため、プラズモンナノ粒子に着目し、InGaN 量子井戸太陽電池デバイスの表面に Ag ナノ粒子層を形成することで光電流の増幅を確認した。サンプル構造は、サファイア基板上に n-GaN バッファ層、InGaN 単一量子井戸、p-GaN エミッターを積層したもので、Ag ナノ粒子はポラス陽極酸化 Al マスク法 (porus anodic aluminum oxide masking technique) により作製した。Ag ナノ粒子層の粒子径と粒子間隔はそれぞれ 100 nm と 200 nm 程度であり、GaN エミッター膜厚 50 nm および 200 nm のデバイスにおいて、いずれも光電流の増加を確認した。この増加量は、金属/GaN 表面のバンド曲がりによる空乏化を考慮した計算結果とよく一致した。また、このモデルを用いた GaN エミッター層膜厚の検討を行い、最適膜厚 65 nm を導き出した。(図 4, 文献 16)

プラズモン構造を用いた受光素子は、効率の向上、高速化などの機能向上が期待されている。本文献においては Ag ナノ粒子を用いることでの高効率化を実現したが、プラズモンとしての効果を十分に確認できていない。今後、異なる構造での評価などによるプラズモン効果の検証を期待したい。

(山中 一彦)



Ag ナノ粒子 InGaN 量子井戸太陽電池構造