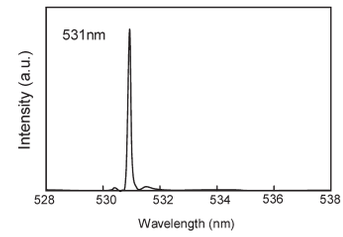
気になる論文コーナー

半極性 $\{20\bar{2}1\}$ 自立 GaN 基板を用いた InGaN 系レーザーダイオードの 531 nm 緑色発振

531 nm Green Lasing of InGaN Based Laser Diodes on Semi-Polar $\{20\bar{2}1\}$ Free-Standing GaN Substrates
[Y. Enya, Y. Yoshizumi, T. Kyono, K. Akita, M. Ueno, M. Adachi, T. Sumitomo, S. Tokuyama, T. Ikegami, K. Katayama and T. Nakamura: Appl. Phys. Express, **2**, No. 8 (2009) 082101]

携帯型プロジェクター用の光源として，小型の InGaN 系緑色レーザーの開発が進んでいる．従来の波長変換素子を用いた光源よりも，小型・堅牢・高効率な光源が実現できるため盛んに研究されている．このような InGaN 系材料においては，極性 {0001} 面 GaN 基板を用いて結晶成長した場合，材料特有の内部分極の影響により発光効率が低下するという問題があった．そのため，内部分極の影響が少ない無極性 $\{10\bar{1}0\}$ 面基板や半極性 $\{11\bar{2}2\}$ 面基板を用いた検討がなされてきた．また，長波長化に必要な In 組成比の高い高品質な InGaN 結晶は，結晶成長が非常に困難であるため，これらの基板を用いても波長 500 nm 以上の緑色レーザー発振は実現されていなかった．本論文では従来と異なる GaN 基板の半極性 $\{20\bar{2}1\}$ 面に注目し，この基板上に転位がなく界面の急峻性の高い緑色用 InGaN 量子井戸を形成することに成功した．さらにこの量子井戸を用いた FP レーザーを作製し，室温パルス駆動において波長 531 nm での純緑色レーザー発振に成功した．このとき閾値電流密度は 15.4 kA/cm² であり，発振波長 520 nm のレーザーでは閾値電流密度 8.2 kA/cm² で最大出力 28 mW のパルス発振が得られた．(図 4，文献 19)

本論文では結晶面方位を変えることで高品質な InGaN 結晶を開発し，世界で初めて純緑色半導体レーザーの室温パルス発振に成功した．今後，小型レーザープロジェクターやレーザーテレビなどの応用製品への展開が期待できる．　(上向井正裕・山中一彦)



半極性 $\{20\bar{2}1\}$ GaN 面を利用した緑色レーザーのパルス駆動での発振スペクトル

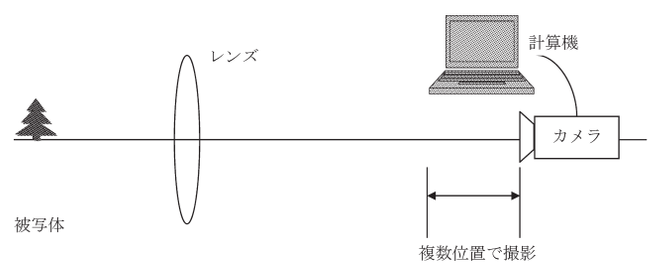
デフォーカス画像からの鮮明な合焦画像の回復

Sharp-Focus Image Restoration from Defocused Images
[A. N. Simonov and M. C. Rombach: Opt. Lett., **34**, No. 14 (2009) 2111-2113]

ディジタル画像処理による画像回復は，以前から注目を集めている分野である．この中の非反復的な演算で画像を改質する手法（例えばデコンボリューション等）は，計算機で扱いやすく実装も簡単である．しかし，この手法では，合焦すべき画像のデフォーカス量を反復的な手法（最尤推定法等）で求める必要があり，精度と時間がトレードオフとなる問題があった．著者らは，それぞれの間のデフォーカス量が既知である任意の枚数の画像から，非反復的な処理によりデフォーカス量を求める手法を提案している．この手法では，画像をある母関数で解析し，精度のよいデフォーカス量の近似式を得た．その結果，512×512 の大きさのぼけ画像 2 枚から再生された画像は，シミュレーションで生成した合焦画像とほぼ一致した．しかも，この処理に必要な時間はたった 100 ms だった．(図 2，文献 9)

レンズの種類を選ばない合焦画像回復処理がリアルタイムに近い速度で達成できたことは大変興味深い．今後の動向を見守りたい．

(山下　敏行)



提案システム概略

生体発光イメージングの深さ分解能に関する解析

Analysis of the Depth Resolution Limit of Luminescence Diffuse Optical Imaging
[M. Boffety, M. Allain, A. Sentenac, M. Massonneau and R. Carminati: Opt. Lett., **33**, No. 20 (2008) 2290-2292]

マウスなどの小動物を対象に，遺伝子改変などによってターゲットとする細胞や生体分子を光らせて *in vivo* で観察する手法が，基礎医学や創薬分野で広く使われはじめている．著者らは，この *in vivo* 発光イメージングをマウス頭部に適用した場合を想定し，生体内の発光深さに対する検出光量と限界分解能を数値解析の観点から検討した．

検討した頭部モデルは，皮膚・頭蓋骨・脳脊髄液・灰白質および白質の 5 層構造とし（表参照），モンテカルロシミュレーションを用いて検出光量を計算した．一方，限界分解能は深さ変化に対する検出光量の変化と光子雑音限界から見積もるとともに，均一層モデルとの比較を行った．この結果著者らは，5 層モデルによる結果は均一層と大きく異なっており，頭蓋骨を通した脳のイメージには多層モデルでの解析が必要であると報告している．(図 3，表 1，文献 21)

こうした解析手法は，ヒトの脳機能計測を対象とした近赤外生体分光で培われてきた方法であるが，小動物 *in vivo* 発光イメージングに適用して深さ分解能を議論している点で興味深い．今後，近年応用が広がっている *in vivo* 蛍光観察にも適用して，励起照射点数と断層画像の空間分解能との関係に関する検討が行われることを期待したい．

(小田　一郎)

マウス頭部モデルに用いた光学定数

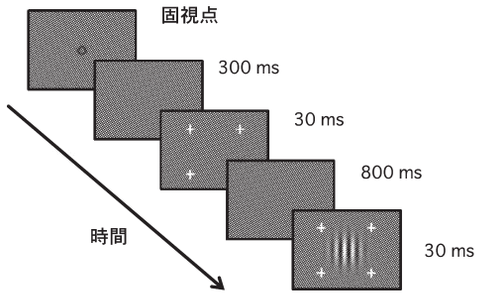
#	組織	屈折率 n	非等方散乱パラメーター g	散乱係数 μ_s (mm^{-1})	吸収係数 μ_a (mm^{-1})	厚さ (mm)
1	皮　膚	1.38	0.9	1.7	0.025	0.2
2	頭蓋骨	1.38	0.9	20	0.025	0.25
3	脳脊髄液	1.38	0.9	～0	～0	0.05
4	灰白質	1.38	0.9	20	0.030	2
5	白　質	1.38	0.9	60	0.030	4

アクション型テレビゲームがコントラスト感度関数へ与える影響

Enhancing the Contrast Sensitivity Function through Action Video Game Training
[R. Li, U. Polat, W. Makous and D. Bavelier: Nat. Neurosci., **12**, No. 5 (2009) 549-551]

人間の視覚系の特性を表す代表的なもののひとつとして，コントラスト感度関数がある．これはどれだけの細かさの物を，どれだけの濃淡の程度まで見分けることができるかを表すものである．コントラスト感度は，眼球光学系の透過特性だけで決定されるものではなく，網膜以降の神経系の伝達特性によっても影響を受ける．本論文では，アクション型テレビゲームを用いて訓練することで，神経系の伝達特性を変化させ，コントラスト感度関数に与える影響を検討している．コントラスト感度の測定は，図に示すように 800 ms の均一背景画像の前後どちらかのフレームにガボールパッチが呈示され，どちらのフレームにパッチが呈示されたかを二者択一で被験者に回答させる手法を用いた．被験者はアクション型ゲームで訓練するグループと，非アクション型ゲームで訓練するグループにわけられ，どちらのグループも 9 週間で 50 時間以上の訓練を課された．訓練前後のコントラスト感度を比較すると，非アクション型ゲームで訓練したグループでは有意な差はみられなかったが，アクション型ゲームで訓練したグループにおいては有意に上昇している結果を得た．(図 2，文献 15)

訓練に用いた刺激以外に対してもコントラスト感度が上昇するという報告例は少なく，本論文の結果は興味深い．今後は訓練の方法について，より詳細な検討が行われることを期待する．　(山口　秀樹)



コントラスト感度の測定方法

マルチスペクトルフィルターホイールカメラ：幾何的歪みモデルと補正アルゴリズム

Multispectral Filter-Wheel Cameras: Geometric Distortion Model and Compensation Algorithms
[J. Brauers, N. Schulte and T. Aach: IEEE Trans. Image Process., **17**, No. 12 (2008) 2368-2380]

近年，マルチスペクトルイメージングが注目されている．これは，色の識別能力の向上や精密な色再現が可能である等が理由に挙げられる．それゆえ，産業における高品質での色検査や，美術絵画の画像化，医療での高い色忠実性等への応用が期待されている．マルチスペクトル画像取得に用いられるシステムにはいくつかの種類があるが，その中で 6 つまたはそれ以上の光学的バンドパスフィルターとフィルターホイールで構成されるシステムがある．このシステムでは所望の帯域情報を取得可能であるが，光学フィルターの異なる厚みや屈折率，そして各フィルターは光軸に対しそれぞれ異なる角度で傾いているため，同一平面内への完全な調整が必要となり，その結果，幾何的歪みが各スペクトルチャネルで生じる．そこで本論文では，幾何的歪みのモデル化とその補正手法を提案した．モデル化においては色収差についても詳細に解析を行い，アフィン変換行列で幾何的歪みをモデル化した．つぎに，このモデルに基づいて 2 種類の補正アルゴリズムを適用した．1 つは領域ベースのアプローチである．この手法では画像を重複なく小領域に分割し，マッチングにより各領域の変位ベクトルを計算する．もう 1 つは大域的な補正アプローチである．これは画像を小領域に分割するのではなく，画像全体に対して補正を行うアプローチである．モデルパラメーターは，各チャネルの画像間の類似度を繰り返し探索アルゴリズムにより算出した．どちらの補正アルゴリズムも，補正前画像に表れた虹色のにじみを完全に消去できた．(図 20，表 1，文献 41)

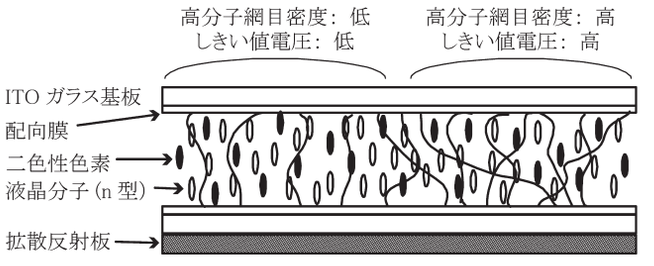
本論文では，光学的フィルターを使用する際に考慮せねばならない幾何的歪みをモデル化し，その補正手法を示した点が大変興味深い．光学フィルターを利用したマルチバンドカメラシステムは種類が豊富であるため，より一般化されたモデル化と補正法が今後も望まれる．
(西　　省吾)

特性の異なる色素添加液晶ゲルを用いた偏光子不要な 3 段階スイッチ

A Polarizer-Free Three Step Switch Using Distinct Dye-Doped Liquid Crystal Gels
[Y. H. Lin and C. M. Yang: Appl. Phys. Lett., **94**, No. 14 (2009) 143504]

著者らは先行研究で，色素添加液晶ゲルを用いた偏光子不要のフレキシブルな素子を発表している．本論文では，高分子網目密度が異なる 2 種類の領域を有する色素添加液晶ゲル素子を提案している．高分子網目密度が低い領域 (LDPN: low density of polymer networks) では，網目中に存在する負の誘電率異方性の液晶分子は低い印加電圧で再配向 (基板に垂直→平行) を始め，それに伴い二色性色素も吸収軸が基板に平行になり透過光の一部が吸収され暗くなる．このときに，吸収軸が基板に平行な面内ではランダムになるため，偏光依存がなく，偏光子を必要としない．一方，高分子網目密度が高い領域 (HDPN: high density of polymer networks) の応答は，より高い印加電圧を必要とする．すなわち，印加電圧を変化させることにより，素子全体が透明状態→ LDPN 領域のみ暗状態→ LDPN および HDPN 領域が暗状態の 3 段階のスイッチングが実現できる．また，LDPN 領域と HDPN 領域の作製は光重合で行う．その際にフォトマスクを用いて LDPN 領域と HDPN 領域のパターニングが行えるため，電極のパターニングなしで情報の表示が可能となる．(図 4，文献 18)

本論文では，素子作製にはガラス基板が用いられているため，液晶ゲルを用いる利点のひとつであるフレキシブル化に関するデータはない．今後は，プラスチック基板を用いたフレキシブル素子における研究が望まれる．
(中山　敬三)



作製した反射型色素添加液晶素子の断面図