

気になる論文コーナー

長期にわたるプリズム順応の反復が慢性期の半側空間無視患者の患側視野での刺激の検出を永続的に改善する

Repetitive Long-Term Prism Adaptation Permanently Improves the Detection of Contralesional Visual Stimuli in a Patient with Chronic Neglect

[T. C. W. Nijboer, G. M. Nys, M. J. van der Smagt, S. van der Stigchel and H. C. Dijkerman: Cortex, 47, No. 6 (2011) 734-740]

脳血管障害により大脳半球に損傷が生じると、多くの患者において、損傷している半球とは反対側の視野にある物体を無視する症状が現れる。この症状は半側空間無視とよばれ、リハビリテーションの阻害因子となることが報告されている。半側空間無視を改善する手法として、プリズム順応を用いる方法が提案されている。この手法では、視覚情報が健全な視野の方向に偏移して見えるプリズム眼鏡を患者に装着させ、その上で、視覚情報に対する指さしによる到達運動を行わせる。これを繰り返し、プリズム眼鏡への順応を行うと、脳内の視覚空間マップが修正され、無視の症状が改善される。いくつかの先行研究において、プリズム順応による無視の改善メカニズムとして、順応に伴う眼球運動制御の変化が示唆されているものの、改善メカニズムはいまだ明らかではない。本論文では、左半側空間無視の症状を呈する慢性期（発症より70か月）の患者に、毎日短時間のプリズム順応下での到達運動課題を3か月にわたって行わせ、その効果を2年間に

わたって検討した。先行研究で用いられてきた検査のほかに、眼球運動が厳密に制限される視野検査を行うことで、眼球運動以外のメカニズムが半側空間無視の改善に関与している可能性についても併せて検討した。結果は、慢性期の患者においても、すべての検査で無視されている空間での成績が顕著に改善し、その効果が2年間にわたって持続することを示した。視野検査においても成績が改善したことから、プリズム順応による半側空間無視の改善メカニズムには、眼球運動以外のメカニズムも関与していることが示唆された。(図3, 文献27)

プリズム眼鏡を用いた簡単な課題によって、慢性期の患者においても非常に長期間にわたって半側空間無視を改善できることを示したのみならず、その改善メカニズムにアプローチしている点で興味深い。今後、プリズム順応による改善メカニズムが明らかになることで、より効率的に症状を改善する手法が開発されることに期待したい。(瀬谷 安弘)

空間スペクトルモデリングとマルチスペクトルイメージングにおける横色収差の補償

Spatio-Spectral Modeling and Compensation of Transversal Chromatic Aberrations in Multispectral Imaging

[J. Klein, J. Brauers and T. Aach: J. Imag. Sci. Technol., 55, No. 6 (2011) 060502]

光学的画像システムでは、レンズの屈折率の波長依存性が色収差を引き起こし、物点からの電磁放射はセンサー上で虹のように分散することはよく知られている。しかし、これらの収差は現在までRGBのように比較的広帯域の波長域でのみ計測やモデル化がなされ、これら色チャンネルの収差の関係は考慮されていなかった。そこで本論文では、マルチスペクトルイメージングにおける複数の狭帯域色チャンネルにおける色収差の計測を行い、収差のモデル化とその補償について検討した。なお、本論文では光源の前に狭帯域フィルターを設置するマルチスペクトルイメージング方式を採用しており、物体とセンサー間の光路に狭帯域フィルターを設置することで生じる収差については無視できる。また収差は横色収差に限定している。まずチェッカーパターンを用いて7つの狭波長帯域で横収差の計測を行い、色チャンネル

間で数ピクセル程度の色収差を測定した。つぎに実測データに基づく色収差モデル化のために、アフィンモデルやその他のモデルを使用し、これらのモデルと波長依存性のパラメーターを分析した。その結果、波長に関する三次多項式によってパラメーターを近似できることを確認した。さらに、既存のモデルへ波長依存性を組み込むことで、波長ならびに画像中の位置の両方の関数として相対的な横色収差を計算し、校正座標を使用することでパラメーターの最適化を行った。最後に提案モデルによる収差補償を行い、各波長帯域にてサブピクセル精度で横色収差画像の補償を実現した。(図16, 表3, 文献35)

対象の詳細な情報を取得するためにマルチバンドイメージングに注目が集まっているが、狭帯域でのイメージングのため収差の問題が顕在化しやすい。今後の進展に期待したい。(西 省吾)

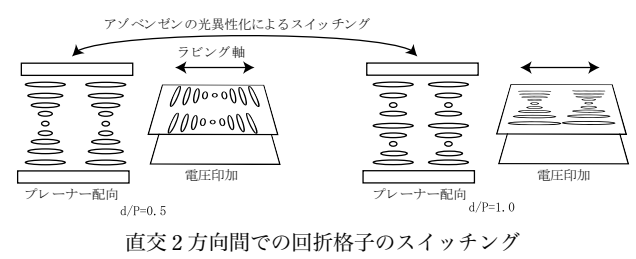
コレステリック液晶回折格子の方向スイッチングとビーム操作

Direction Switching and Beam Steering of Cholesteric Liquid Crystal Gratings

[H. C. Jau, T. H. Lin, Y. Y. Chen, C. W. Chen, J. H. Liu and A. Y. G. Fuh: Appl. Phys. Lett., 100, No. 13 (2012) 131909]

コレステリック液晶 (CLC) は液晶分子が自己組織的に螺旋構造を形成するため、作製の容易な回折格子として応用が期待されている。平面配向処理を施した CLC 素子では、電圧無印加時には螺旋軸が基板に垂直なプレーナー配向であり、電圧を印加すると螺旋軸が基板に平行になり、素子は回折格子としての機能を示す。さらに電圧を上げると、すべての液晶分子が基板に垂直な配向に遷移し、螺旋構造が消失する。電圧印加時に形成される螺旋軸方向は、プレーナー配向状態における素子中央部の液晶分子の方向で決定づけられる。素子厚  $d$  と螺旋ピッチ  $P$  の比  $d/P$  が 0.5 の状態ではラビング方向に垂直な回折格子、1.0 の状態では平行な回折格子が形成される。著者らは、アゾベンゼン誘導体を混合した CLC において、アゾベンゼンの光異性化による螺旋ピッチ制御と電圧による回折格子の再形成を組み合わせ、直交した2方向間での回折格子のスイッチングを実現した。また、回折格子形成状態での印加電圧変化およびアゾベンゼンの光異性化による螺旋ピッチ制御でビームの回折角度を操作させることができた。(図4, 文献21)

回折格子の方向スイッチングにアゾベンゼンの光異性化を利用していることから、パターンニングされた書き込み光を用いることにより、二値の情報を直交二方向の格子情報として記録する素子など光情報処理における応用も期待される。(中山 敬三)



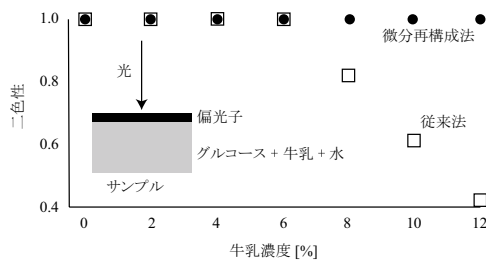
ミュラー行列微分再構成の実験確認

Experimental Validation of Mueller Matrix Differential Decomposition

[N. Ortega-Quijano, B. Haj-Ibrahim, E. Garcia-Caurel, J. L. Arce-Diego and E. Ossikovski: Opt. Express, 20, No. 2 (2012) 1151-1163]

ミュラー行列は、物質がもつすべての偏光特性を表現することができる4×4の行列である。しかし、複数の偏光特性が混在するような物質では、各偏光特性を求めるためにミュラー行列を再構成する必要がある。これまでに種々の再構成法が報告されている。著者らは、物質の微小な領域のミュラー行列を求めてから積分することで、物質全体のミュラー行列を取得する微分再構成法を提案している。本提案は、これまで理論的な提案のみで、実験的には検証されていなかった。そこで、偏光消滅物質である牛乳に旋光性物質であるグルコースを溶解させた溶液と偏光子とを組み合わせたサンプルを5種類用意し、実際に偏光測定により得られたミュラー行列を微分再構成することで各偏光特性を算出し精度検証を試みた。また、他の再構成法との比較も行っている。その結果、微分再構成は、いずれのサンプルも正しく測定できることがわかった。また、他の再構成法を用いると、偏光子を組み合わせたサンプルでは正しく測定できたが、偏光子を組み込んだサンプルでは正しい値を得ることができなかった。(図9, 文献28)

簡単なサンプルを用いて微分再構成と他の手法を実験的に比較し、解析結果に差異が生じている点が興味深い。しかしながら、サンプルが旋光性物質と偏光子に限定されているので、追加実験や、実験結果の差異の理論的説明が待たれる。(水谷 康弘)



微分再構成法と従来法との測定結果の差異

散乱媒質を介した超短光パルスの集光と圧縮

Focusing and Compression of Ultrashort Pulses through Scattering Media

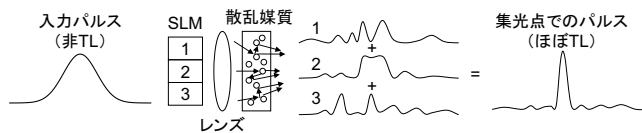
[O. Katz, E. Small, Y. Bromberg and Y. Silberberg: Nat. Photon., 5, No. 6 (2011) 372-377]

散乱体を経由して光を回折限界まで集光するための波面補正技術は、顕微鏡や望遠鏡の性能向上に有効である。一方、超短光パルスを集光する場合は、散乱体により光パルスの時間波形がスペckル状になるため、その補正も必要と考えられていた。著者らは、波面補正だけで空間的集光と時間波形補正を両立できることを実証した。実験では、時間幅100 fsの超短光パルスに対し、二次元空間光変調器(SLM)による波面制御を施した後、対物レンズを用いて蛍光試料に集光した。また、レンズと溶液の間に厚さ60 μmの散乱体を配置した。試料の二光子励起蛍光を最大化するようにSLMを最適化したところ、蛍光強度が約800倍増強された。また、あらかじめ群速度分散を与えて時間幅を715 fsまで伸長させた後に集光した場合、光パルスが集光点において370 fsまで圧縮されることも確認された。このような空間的・時間的集光が可能な理由は、図に示すように説明できる。SLMの各変調素子を経由した光パルスは、素子ごとに異なったス

ペックル波形をもって集光点に到達する。SLMがこれらの位相関係を最適化することで、集光点での時間波形も制御できるのである。(図5, 文献45)

本論文では波面補正を、時間的スペckル波形を基底とする線形系の最適化問題としてとらえており、その発想が興味深い。

(小関 泰之)



空間的・時間的集光の模式図。TL: フーリエ変換限界

非輻射プラズモンモードを用いたナノ粒子鎖上の電磁エネルギー輸送

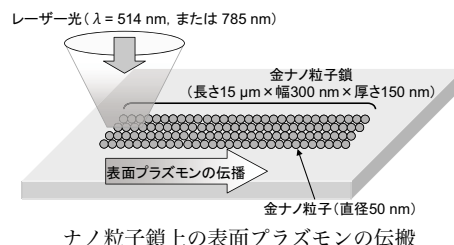
Electromagnetic Energy Transport in Nanoparticle Chains via Dark Plasmon Modes

[D. Solis, Jr., B. Willingham, S. L. Nauert, L. S. Slaughter, J. Olson, P. Swanglap, A. Paul, W. Chang and S. Link: Nano Lett., 12 (2012) 1349-1353]

超小型光学デバイスの実現に向け、金属ナノ粒子を用いた表面プラズモン導波路の研究が進められている。この導波路は、ナノ粒子の輻射ロスによりプラズモン伝搬長が短いことが課題である。そこで著者らは、非輻射プラズモンモードを用いて伝搬長を増大させることを試みた。まず、レジストに形成した溝に直径50 nmの金ナノ粒子を堆積することにより、長さ15 μm×幅300 nm×厚さ150 nmのナノ粒子鎖(金ナノ粒子の集合体)を作製し、さらに蛍光体を塗布した。このナノ粒子鎖の一端にレーザー光を照射すると、表面プラズモンに伴う近接場光が発生し、ナノ粒子鎖上の蛍光体を退色させる。レーザー光照射前後のナノ粒子鎖の蛍光像から、蛍光体が退色した領域を特定し、プラズモン伝搬長を測定した。その結果、照射レーザー光の波長が単一金ナノ粒子の輻射プラズモンモードを励起する514 nmの場合、ほとんどプラズモンの伝搬が認められなかったのに対し、金ナノ粒子鎖の非輻射プラズモンモードを励起する785 nmの場合、これまで確認された伝搬長の約10倍に相当する4.2 μmのプラズモン伝搬長を確認した。この波長依存性は計算結果とも一致しており、非輻射モードの

利用がプラズモンの長距離伝搬に有効であることが実証された。(図4, 文献48)

モード制御がプラズモン伝搬長の増大に不可欠であることを示しただけでなく、低コスト化を意識したボトムアップ的な作製手法を取り入れているのが興味深い。今後、実用的な伝搬長をもつ導波路の開発が期待される。(三原 尚士)



ナノ粒子鎖上の表面プラズモンの伝搬