気になる論文コーナー

眼球の調節に伴う収差の加齢による変化

Age-Related Changes in Ocular Aberrations with Accommodation [H. Radhakrishnan and W. N. Charman: J. Vision, 7, No. 7 (2007) 1-21]

眼球光学系における波面収差は,網膜における結像特性を大きく左 右する.特に水晶体においては,焦点調節に伴う形状と位置の変化に より, 収差は調節状態に依存して変化する。一方, 調節機能は加齢に 伴い徐々に低下する.本論文では、被験者の年齢の違いが調節に伴う 収差の変化に与える影響を検討している。実験ではある距離に呈示さ れた視票(スネル文字 'E')を被験者に固視させ、眼球光学系の収差、 調節の状態および瞳孔径を測定した。収差等の測定にはシャック・ハ ルトマン波面測定器を用い、ツェルニケの収差係数から各種の収差量 を算出した。視票は0[D] (無限遠相当)から4[D] (25 cm 前方)ま でを0.5 [D] で等間隔に分割した位置に呈示された。17~56 歳まで の被験者 47 名に対して測定を行い、特に球面収差について考察した。 無調節時(0[D])における球面収差は、年齢とともに正の方向に増 加することが示された。加齢に伴い水晶体の光軸方向の屈折率分布が 均質に近づくことが知られており,若齢者では水晶体の形状による正 の球面収差を軸方向の屈折率分布が収差補正しているが、高齢者では この補正が行われないため正の球面収差が直接現れることを示唆して いる.次に、調節に伴う球面収差は、40歳以上の被験者では調節量

に伴い正の値のまま増加する傾向を示したが,40歳未満の被験者で は正の値から負の値へと変化する傾向がみられた.また40歳未満の 被験者においては,若齢であるほど収差が正から負へ移行する調節量 が小さいことが示された.調節に伴う水晶体の形状変化は正の球面収 差を与える.若齢者では調節によって軸方向の屈折率分布の影響も変 化し,過度な収差補正が行われて負の球面収差を示すようになるが, 高齢者ではこの収差補正が行われずに正の球面収差を与えたままにな っていると考えられる.これらの結果から,眼球光学系の球面収差 は,水晶体の形状変化よりも水晶体内部の軸方向の屈折率分布の変化 によって,大きく影響を受けることが明らかになった.(図11,表5, 文献 80)

本論文は眼球光学系における収差を光学的な測定で評価しており, 加齢に伴う眼球の光学的な特性変化を知る上で有用である。しかし人 間が認識する像の良し悪しは,網膜上の像の良し悪しだけでは決定さ れないため,像を認識するレベルにおける収差の影響を合わせて検討 することで,よりプラクティカルな知見が得られると思われる.

(山口 秀樹)

省吾)

同系色の主成分を用いた表面反射率推定

Surface Reflectance Estimation Using the Principal Components of Similar Colors [O. S. Kwon, C. H. Lee, K. H. Park and Y. H. Ha: J. Imaging Sci. Technol., **51**, No. 2 (2007) 166–174]

カメラセンサー応答のモデル式は,環境光と物体の表面反射率,そ してカメラ感度によって記述される.仮に物体の表面反射率が既知で あれば,さまざまな視環境における物体の表現が可能である.それゆ え表面反射率推定は広く注目を集めている.表面反射率推定の従来手 法としては,主成分分析法がよく知られている.主成分分析法では, いくつかの主成分とその係数による線形和にて表面反射率を表現する が,主成分数により推定精度に制限があり,正確に推定できない場合 がある.本論文では,同系色ごとに抽出した主成分に基づいて表面反 射率推定を行う手法を提案している.提案手法ではまず Munsell 色 票から1485 サンプルを Macbeth ColorChecker24 パッチを代表色と するサブカテゴリに分類する.つぎに Lloyd のアルゴリズムを繰り 返し適用し,L*a*b*空間に一様に分布させた.その後に入力色ご とに異なる主成分を利用することで表面反射率推定を行い,推定精度 の向上を実現している.(図11,表3,文献23)

本論文ではカラーパッチのテストデータのみを用いて検証を行って

いるが,さまざまな物体への適用が可能であり,ディジタルアーカイ ブ等への応用も十分に期待できる.今後の応用研究に注目したい.



強く集光した落射顕微鏡による光導波路のサブミクロンの空間分解能で高感度な屈折率の測定

Tightly Focused Epimicroscope Technique for Submicrometer-Resolved Highly Sensitive Refractive Index Measurement of an Optical Waveguide

[Y. Youk and D.-Y. Kim: Appl. Opt., 46, No. 15 (2007) 2949-2953]

共焦点顕微鏡系を用いることにより,試料表面での反射率分布の測 定から屈折率分布を得ることが可能であるが、レーザーの不安定さや 試料表面の不完全さによる感度低下が問題となっている。著者らは2 つの受光器を用いた共焦点顕微鏡系による、低雑音で高感度な屈折率 測定法を提案している。光源には発光ダイオードを用い、一方の受光 器では従来の共焦点顕微鏡系と同様にピンホールを介して信号を取得 し、測定光のビームウエストが試料面に一致するように調整する。こ れにより測定光が試料面に垂直に入射するようになる。もう一方の受 光器では、試料表面の反射率を測定し、垂直入射における反射率と屈 折率の関係を示すフレネルの式より屈折率を得る。著者らはマルチモ ード光ファイバーの端面の一次元屈折率プロファイル測定を行い、 9×10⁻⁵の精度を得た。このときの面方向の空間分解能は 800 nm で あった。また、コアをドープしたフォトニック結晶光ファイバー端面 の二次元屈折率プロファイルの測定を行い、従来の共焦点顕微鏡系の 測定結果にみられる雑音の低減に成功した。(図 5, 文献 15) 共焦点顕微鏡系の改善により高精度な屈折率測定が可能で,同時に 形状計測もできる可能性があり非常に興味深い. 複屈折の測定や導波 路以外の測定対象など,さまざまな応用が期待できる.(似内 映之)



光科学及び光技術調査委員会

確率論的幾何学モアレに基づく画像暗号化アルゴリズムとその応用

Improved Algorithm for Image Encryption Based on Stochastic Geometric Moiré and Its Application [M. Ragulskis, A. Aleksa and L. Saunoriene: Opt. Commun., **273** (2007) 370-378]

本論文では、モアレを利用した暗号化と復号アルゴリズムが提案さ れている。モアレ計測における格子変形量の算出アルゴリズムを復号 演算に応用することで、2つの利点が実現される。その1はモアレ発 生に用いられる格子パターンの自由度の増加である。本論文では自然 画像を鍵に用いた暗号化を実証している。その2は復号結果の画質向 上であり、復号結果から格子パターンが除かれるだけでなく、多階調 画像の復号が実現できることである。提案手法において、暗号化は秘 密画像の画素値に基づいて格子パターンを空間的に位相シフトするこ とで、復号は局所的な相関演算により実現される。論文では、正弦波 格子による一次元モデルを用いた暗号化および復号演算の基本原理が 詳細に記述された後、変調の振幅を調整するパラメーターを導入した 暗号の一般化とアルゴリズムが明解に示されている。最後に鍵として 自然画像を用いた 256 階調画像の暗号化が示された。(図9、文献19) 本手法は、自然画像を鍵にして読み出すステガノグラフィーに利用 できる。また、光学的な暗号化と復号化により得られた低解像度の結 果に対して,電子計算機処理を併用することで高解像度多階調の復号 結果が得られ,光・電子ハイブリッド型の暗号スキームの構成が期待 できる.光計測の手法を暗号アルゴリズムに応用するアプローチの点 でも興味深い. (山本 裕紹)



ナノ金属粒子の不透明性を利用した DNA 検出 CMOS イメージセンサー

A CMOS Image Sensor Utilizing Opacity of Nanometallic Particles for DNA Detection [Y. Wang, C. Xu, J. Li, J. He and M. Chan: IEEE Trans. Electron Devices, 54, No. 6 (2007) 1549–1554]

DNA チップは遺伝子診断において重要なツールとなっている。-般的には、蛍光標識した DNA サンプルをガラス基板上に配置した多 種の相補的プローブ DNA とハイブリダイゼーションし、紫外光を照 射することで蛍光の有無から特定の DNA 配列の存在を検出する.著 者らは、蛍光標識の経時劣化の影響を受けず、より小型で高感度な DNA 検出装置の実現を目指して、CMOS イメージセンサー上でナノ 金属粒子標識により不透明性から DNA を検出する方法を開発した. 0.5 µm CMOS プロセスにより作製した専用の 64×64 画素 CMOS イ メージセンサー表面(二酸化シリコン)を MPTS (mercaptopropyltrimethoxysilane) で修飾し, 既知のプローブ DNA をアレイ状に配 置する.このDNA チップと、末尾に特殊な配列を付加したサンプル DNA をハイブリダイゼーションする。その後、末尾の特殊配列と結 合する 10 nm の金ナノ粒子と反応させ、銀増強法によりナノ金属粒 子のサイズを増幅する. これにより, DNA 配列が一致した部分は光 を遮り、不透明性が高くなる。一方、DNA 配列が不一致のプローブ 部は透過率が高い。そのため、特殊な紫外光源や波長フィルターを用 いることなく、ハロゲン光源や通常の室内光を用いても、DNA 配列

を検出できる. 10 pM というきわめて濃度の薄い DNA サンプルに ついて 1 塩基の違いを検出可能であることを,実験により示している (図 11,文献 12)

本論文で用いている CMOS イメージセンサーは技術的に特に新し いところはないが、興味深い DNA 検出原理と組み合わせることで検 出感度の向上に成功している。今後、センサー自身の独創性も追究し てもらいたい. (香川 景一郎)



表面プラズモン共鳴による Ag コートした無秩序化 ZnO 薄膜からの紫外レーザー発振増強

Enhancement of Ultraviolet Lasing from Ag-Coated Highly Disordered ZnO Films by Surface-Plasmon Resonance [A. P. Abiyasa, S. F. Yu, S. P. Lau, E. S. P. Leong and H. Y. Yang: Appl. Phys. Lett., **90**, No. 23 (2007) 231106]

ZnO はエキシトン結合エネルギーが大きいため、高発光効率の紫 外レーザーの材料として期待されている。著者らは ZnO を光励起に よりレーザー発振させる技術として,従来,結晶粒界をレーザー共振 器とする方法を検討してきた。この方法ではまず、石英基板上に ZnO 薄膜(膜厚は 120 nm もしくは 200 nm)を室温で堆積する. そ の後,空気中で900℃,2時間アニールすることにより,ZnOの結晶 化を促進させ結晶粒を発生させる(筆者らは無秩序化と呼んでいる)。 結晶粒の大きさは初期のZnO膜厚により制御でき,膜厚が120 nm の場合は約50 nm, 膜厚が200 nm の場合は約150 nm である。結晶 粒はレーザー共振器として機能する(共振器端面は結晶粒界).この 試料を YAG レーザー(波長 355 nm)により光励起すると、約 380 nmの波長でレーザー発振する。この技術の課題である発光効率の向 上のために、著者らは本論文において表面プラズモンを用いることを 検討した. 試料として,上記方法で結晶化させた ZnO 薄膜上に Ag 薄膜(膜厚 20~60 nm)を堆積し、表面プラズモン発生に必要な表面 凹凸構造をAg薄膜に形成した。検討の結果,ZnOのレーザー発振

の発光効率を向上させることに成功した。著者らは,発光効率向上の 表面凹凸依存性の結果から,発光効率の向上は表面プラズモンによる 光閉じ込め効果の向上によるものと考察している.(図4,文献6)

レーザー共振器や表面プラズモン構造をすべて自己組織的に(微細 加工プロセスなしに)形成している点が興味深い。今後の発展を期待 したい。 (折田 賢児)

