

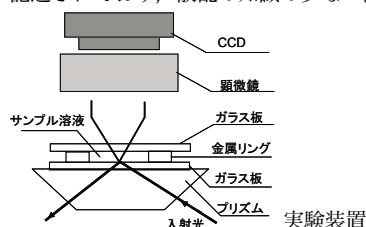
球状誘電体粒子による P 偏光エバネセント波の散乱

Scattering of P-Polarized Evanescent Waves by a Spherical Dielectric Particle
[R. S. Ayyagari and S. Nair: J. Opt. Soc. Am. B, 26, No. 11 (2009) 2054-2058]

サブミクロン領域の光学画像観測は、顕微鏡の解像限界を乗り越え行われている最近の研究テーマである。光学系の分解能はレイリー基準によりその光学系の開口径で決まる。その限界を超えるために取り入れたのが近接場、いわゆるエバネセント波の利用である。そこで、粒子によるエバネセント波の散乱が問題になっている。エバネセント波の散乱を定量的に解析するためのさまざまな方法が報告されている。著者らはデバイポテンシャルから散乱係数を導くことで、誘電体粒子によるエバネセント波の散乱を解析する方法を提案した。入射光の入射角と波長、球状粒子の半径、媒質の屈折率をパラメーターとする散乱係数を計算し、その係数を用いて異なる直径をもつ粒子によるエバネセント波の散乱分布のシミュレーションを行った。本理論の有効性を証明するために、著者らは図で示す実験装置を用いて散乱計測実験を行った。屈折率が1.36の食塩水に P 偏光の光を入射し、その溶液に含まれている屈折率1.57のポリスチレンによるエバネセント波の

散乱光強度を測定し、その実験結果と理論計算の比較を行い、本理論の有効性を示した。(図5, 文献12)

誘電体粒子によるエバネセント波の散乱問題に関するさまざまな解析方法の中の一手法であるが、論文の概要部分での研究の目的への誘導、シミュレーション、実験およびまとめまでの流れがわかりやすく記述されており、散乱の知識の少ない読者にも大いに参考になる論文である。(金 蓮花)



ディジタルホログラムの柔軟かつ適応的な変形による三次元像の再構成における焦点深度の制御

Controlling Depth of Focus in 3D Image Reconstructions by Flexible and Adaptive Deformation of Digital Holograms
[P. Ferraro, M. Paturzo, P. Memmolo and A. Finizio: Opt. Lett., 34, No. 18 (2009) 2787-2789]

光学顕微鏡を用いて凹凸の大きな物体に対して視野の全領域においてフォーカスの一致した画像 (extended focus image: EFI) を得るためには、対物レンズと物体との距離を走査して撮影を繰り返す必要がある。ディジタルホログラフィーは物体の三次元情報を1ショットで取り込み、計算機内でフォーカシングを調整できるため、動きを有する物体のEFI撮影に適している。しかしながら、EFIを取得するためには、計算コストの高い回折計算を繰り返す必要がある。そこで著者らは、ホログラムの再生時に局所的にフォーカス位置を変化させることで、1度の伝搬計算によりEFIを取得する方法を示した。

通常、ホログラムの再生には次式で表されるフレネル変換が用いられる。

$$b(x, y, d) = \frac{1}{i\lambda d} e^{ikd} \iint h(\xi, \eta) e^{ikd[(x-\xi)^2/2d^2 + (y-\eta)^2/2d^2]} d\xi d\eta$$

ここで、 $h(\xi, \eta)$ はホログラムの複素振幅、 d は伝搬距離である。ここで、元のホログラムを縦横に α 倍した新しいホログラム $h'(\xi', \eta')$

$= h(\alpha\xi, \alpha\eta)$ を考える。すると、新しいホログラムのフレネル変換は $b'(x, y, d) = b(\alpha\xi, \alpha\eta, \alpha^2 d)$ となる。つまり、ホログラムの拡大縮小により、フレネル変換後のフォーカス位置が α^2 に比例して変化する。実験によって、 α の変化によるフォーカス位置の変動を示し、局所的な拡大縮小により部分的にフォーカス位置を変化させることができることを示している。また、横方向にのみ $\xi' = \xi + \beta\xi^2$ で表される変換を行うことで、傾斜したサンプルに対し、一度の再生計算によりEFIを取得できることを示した。(図4, 文献21)

本論文は、ディジタルホログラフィーにおいてホログラムに簡単な画像変換を適用した際に、再生像にどのような影響が出るかを端的に示している。再生像ではなくホログラム自身を加工するという発想が面白く、より複雑な変形を施した際にどのような結果が得られるのか気になるところである。なお、著者らは参考文献17において、別の手法による傾斜したサンプルのEFI取得法について示しているので、そちらもぜひ参照されたい。(田北 啓洋)

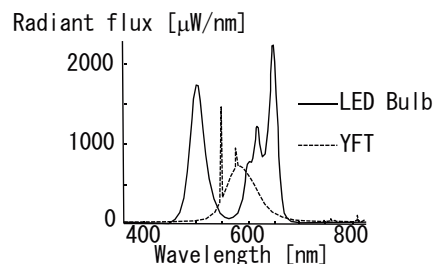
フォトリソグラフィー環境における代替照明としてのLED

Light Emitting Diodes as an Alternative Ambient Illumination Source in Photolithography Environment
[D. Corell, H. Ou, C. Dam-Hansen, P. M. Petersen and D. Friis: Opt. Express, 17, No. 20 (2009) 17293-17302]

フォトリソグラフィー環境では、レジストの感光を防ぐため照明にYFT (yellow fluorescent light tubes) が広く用いられ、イエロールームとも呼ばれている。著者らはLEDのデザインの柔軟性やエネルギー効率の高さに注目するとともに、YFTに比べ作業への負担が少なく演色性の改善が期待できる照明としてLED Bulbを提案した。LED Bulbは青色を除く4色のLEDで構成し、現行のレジストのうち最大感度波長が440 nm以下のものに対して使用可能とした。分光測色法によるYFTとLED Bulbの比較では、いずれも一般的な照明に比べ演色評価数は低い値となったものの、均等色度図 (u, v) ではLED Bulb (0.2342, 0.3504)、YFT (0.2687, 0.3724) となり、LED Bulbが黒体軌跡にわずかに近い値を示した。一方、GretagMacbeth ColorCheckerを用いた視感比較では、黄色のフィルム越しのように見えるYFTに対して、LED Bulbでは白色光に近い色を再現できた。また、このLED Bulbをレジストに168時間照射しても影響がないことを確認している。(図11, 表2, 文献23)

一般的な照明の代替としても注目されるLEDだが、演色性の点では

従来光源に比べ不利な分光特性である。一方で、LED Bulbの分光特性を生かした新しい応用として著者らが加えて挙げる光線過敏症対策などの特殊環境用照明では期待されるところが大きい。(海老澤瑞枝)



LED Bulb と YFT tube のスペクトル分布

照明光推定は色恒常性の基礎をもたらしうるのか？

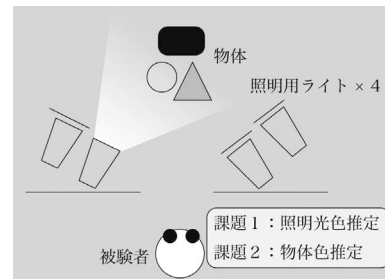
Can Illumination Estimates Provide the Basis for Color Constancy?

[J. J. M. Granzier, E. Brenner and J. B. J. Smeets: J. Vision, 9, No. 3:18 (2009) 1-11]

物体に照射する照明のスペクトル分布が変化しても、通常われわれは物体の色が変化したとは知覚しない。これが色恒常性と呼ばれる現象である。視覚系が色恒常性を達成するおもな方略として、(1) 照明光変化の影響をあまり受けない色情報（色コントラストなど）を用いる、(2) 照明光の色度を推定し、物体色知覚において照明光の影響を補正する、という2種類が考えられる。本論文では、視覚系の照明光推定精度により色恒常性成立度合いの説明が可能かどうかを、心理物理実験により検討している。結果として、視覚シーンからそこに照射する照明光色を判断する場合、その判断は難しく正確ではなかった。一方で、異なる照明光シーン内における物体色判断は容易に精度よく行うことが可能であった。これらの結果から、色恒常性は推定された照明光色に基づくのではなく、照明の影響を受けにくい色情報に基づいていると結論づけている。(図8、文献40)

色恒常性メカニズムに関する研究では、色恒常性が照明光推定に基づいていると仮定されている場合が多い。本論文の結果は、その色恒

常性メカニズムの基本的方略に関する仮定に疑問を投げかけるものである。今後、本研究をきっかけにして、色恒常性メカニズムに関する研究がさらに発展することを期待したい。(永井 岳大)



心理物理実験環境の模式図

表面傾きと反射率操作によるコントラスト、恒常性、および知覚される明度

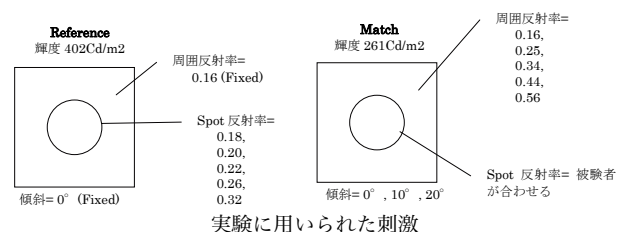
Contrast, Constancy, and Measurements of Perceived Lightness under Parametric Manipulation of Surface Slant and Surface Reflectance

[S. R. Allred and D. H. Brainard: J. Opt. Soc. Am. A, 26, No. 5 (2009) 949-961]

多くのシーンで、局所的なコントラストは表面反射率を推定する手掛かりになっているが、必ずしも局所的なコントラストだけが手掛かりではない。ほかの手掛かりを評価するため、表面の傾斜と（注目領域の）周囲の反射率の知覚明度への影響を実験により調べた。参照領域とマッチング領域は各々モドリアンパターンで囲まれた正方領域中央にスポット領域をもち、被験者は参照スポットの反射率変化に対してマッチングスポット上の見かけの反射率を一致させる。参照/マッチングで傾斜や周囲反射率が等しく、照射輝度のみ異なる場合、絶対輝度より知覚明度を一致させる傾向がみられた。また、マッチング領域表面に傾斜をつけた場合も輝度ではなく明度恒常性が高い。すなわち、局所的なコントラストが手掛かりとなる条件では明度恒常性が高い。一方、周囲反射率を変化させ、局所的なコントラストが手掛かりとならない条件では、明度恒常と局所的なコントラストマッチングの中間の結果となった。(図11、文献48)

人が画像やシーンを見ると、白色基準や明度をどのように把握して見ているかの理解は、Retinex理論のようにハイダイナミックレンジ画像の再現など画像処理技術改善の助けとなることが期待される。

(兼松えりか)



実験に用いられた刺激

後方散乱光の時分割計測による散乱媒質のCTイメージング

CT Imaging of Diffuse Medium by Time-Resolved Measurement of Backscattered Light

[T. Namita, Y. Kato and K. Shimizu: Appl. Opt., 48, No. 10 (2009) D208-D217]

散乱が強い生体組織の内部構造を観察するために用いられる手法の多くは、生体の断面全体にわたる吸収率の分布を得ることができるが、生体を透過する光の検出を必要とするため、適用できる生体が限られる。実用的な応用では、しばしば全体的な断面図ではなく、表面付近の構造が観察できれば十分な場面が多く存在する。透過光からではなく、後方散乱光を解析する散乱光トポグラフィーがいくつか提案されているが、三次元物体をボクセル（二次元画像での画素、ピクセルにあたる）の集合体に分割し、すべてのボクセルに対する逆散乱問題を解くという方針に基づいているため、計算時間が膨大なものとなっている。著者らは逆散乱問題を一次元の問題に単純化し、さらに深さ方向の吸収率の分布を一括で計算するのではなく、表面付近の吸収率から順次求めていく手法を提案した。実験では、マウスの背中を想定して作成された固体模型、豚肉、および鶏の胸肉に対して、計測と解析を行った。固体模型はエポキシ樹脂に白粘土と黒インクを混ぜたもので作られ、内部にマウスの腎臓を想定した吸収率の高い部分を

含んでいる。吸収率はインクの混合率で制御している。豚肉と鳥の胸肉を用いた実験では、黒い寒天を肉の中に埋め込んだ。解析の結果、得られた断面像はぼやけてはいるが、固体模型中の高吸収率な部位や黒い寒天の存在と概形が検出できている。(図15、文献32)

計測対象となっている物体を構成する媒質について、散乱係数等が既知であることを要するという制限はあるものの、散乱の奥に隠された構造を推定できる散乱光トポグラフィーは面白い。(和田 篤)