

審査の結果の要旨

氏 名 付 瑩

本論文は「Spectral Modeling of Reflective-Fluorescent Scenes」（反射と蛍光を含むシーンの分光特性モデリング）と題し、反射と蛍光を含むシーンの分光特性を記述する3つの要素である分光反射率、蛍光の励起スペクトルおよび発光スペクトルを少数の観測のみから推定する技術を提案し、さらに蛍光の特性を活用することにより従来の反射光解析では困難とされていた処理が実現できることを示したものであり、英文で記され全体で5章により構成される。

第1章「Introduction」（はじめに）では、最初に自然物と人工物の別なく、我々の身の回りの物体の多くが反射成分に加えて蛍光成分も有するということを踏まえ、反射と蛍光の両方の分光特性を正確にモデリングすることの重要性について述べている。さらに、ある分光放射輝度分布を持つ光源下において観察される反射光と蛍光の強度を表現するモデルについて説明した上で、反射光との対比にもとづき蛍光が持つ特徴的な性質について紹介している。

第2章「Separating Reflective and Fluorescent Components Using High Frequency Illumination in the Spectral Domain」（波長領域の高周波光源を用いた反射成分と蛍光成分の分離）では、位相を反転させた2つの高周波光源下で撮影された2枚の分光画像のみから分光反射率、蛍光励起スペクトルおよび発光スペクトルを求める手法を提案している。通常の反射成分と異なり、蛍光では入射光の波長と観察される発光成分の波長が異なるため、その分光特性をモデリングするためには入射光と反射光の波長のすべての組み合わせについて非常に多数の観測が必要となるという問題が存在した。これに対し、蛍光の励起スペクトルは一般に滑らかな分布を持つため、位相を反転させた2つの高周波状の分光放射輝度分布を持つ光源の下では蛍光が変化しないという点に着目し、2枚の分光画像のみから反射と蛍光を精度良く分離し、それぞれの分光特性をモデリングすることを他に先駆けて実現した。

第3章「Reflectance and Fluorescence Spectral Recovery via Actively Lit RGB Images」（異なる照明下で撮影されたRGBカラー画像を用いた反射と蛍光の分光特性モデリング）では、第2章で提案した手法が高周波状の分光放射輝度分布を持つ光源を生成する特殊な光源装置と分光画像を撮影する分光カメラを必要とするのに対し、ごく一般的なカメラにより撮影された複数のRGBカラー画像のみから分光反射率、蛍光励起ス

ペクトルならびに発光スペクトルを推定可能な手法を提案している。ここでは、任意の分光反射率分布を少数の線形規定で近似することにより未知数を削減した上で、蛍光の発光スペクトルが照明に依存せず、その色相が一定となることを手掛かりに、異なる照明光下で撮影されたRGB画像のみから、シーンの分光反射率と蛍光発光の色相を安定に求めることに成功している。最後に、さまざまな蛍光物質の励起スペクトルと発光スペクトルのデータベースをもとに、得られた蛍光発光の色相からその励起スペクトルと発光スペクトルを推定している。この手法は、一般的な照明とRGBカメラのみを用いて蛍光と反射を含むシーンの分光モデリングを実現しているという点で他に例を見ないのである。

第4章「Interreflection Removal Using Fluorescence」（蛍光を用いた相互反射の除去）では、蛍光の照明光よりも長波長側にシフトして観測されるという性質を利用してカラー画像を反射成分と蛍光発光成分に分けた上で、それらを用いて一次反射成分（直接成分）と二次反射成分（相互反射成分）とに分離する手法を新たに考案し、その有効性を実験により検証している。これまで困難であるとされていた単一カラー画像から直接成分と相互反射成分の分離を、通常の反射とは異なる蛍光の特性を活用することにより実現したものであり、蛍光を積極的に活用するというアプローチにより、従来の反射光解析の限界を超えることができる可能性を示した点で大きな意義を持つ。

第5章「Conclusions」（まとめ）では、本論文における主たる成果をまとめるとともに、今後の課題と展望について述べている。

以上これを要するに、本論文は、反射と蛍光の両方を含むシーンを対象に、従来必要とされてきた観測よりも大幅に少ない観測のみを用いて分光反射率、蛍光の励起スペクトルならびに発光スペクトルのモデリングを実現し、さらに蛍光の特性を活用することにより従来の反射光解析では困難とされていた処理が可能となることを示したものであり、電子情報学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。