

## 審査の結果の要旨

氏 名 小林 由枝

コンピュータビジョンやコンピュータグラフィクス分野において、実物体のモデルを計算機内に取り込むことは、これらがゲームや映画のコンテンツ作成あるいは文化財のデジタル保存といった有望な応用分野をもつため、重要な課題となりつつある。実物体は散乱、吸収、回折、屈折、干渉といった様々な現象が観測される。散乱、吸収現象に関しては、比較的古くから研究され、利用できる手法も確立されつつある。一方、いまだに難問として残っている対象として、薄膜物体に観測される干渉色があげられる。薄膜物体は一般の反射が物体内部の色素との干渉による吸収現象により観測色が発生するのに対し、薄膜各層での光の干渉により色が観測される。本論文はこの分野に果敢に挑戦し薄膜の見えを再現するためのパラメータの取得法の確立を試みたもので、「**Shape and Optical Parameters Determination of Thin Film Objects** (薄膜物体の形状と光学パラメータの推定に関する研究)」と題され、英語で記され、本文 6 章と付録 2 章よりなっている。

第 1 章は「**Introduction** (序論)」であり、研究の背景や目的ならびに構造色の特徴について述べ、既存のモデリング手法、構造色のレンダリング手法、光学分野における光学パラメータの推定手法についての紹介をおこなっている。

第 2 章は、「**Refractive Index and Film Thickness Estimation of Planar Objects** (平面物体の屈折率、膜厚推定)」と題されている。従来、光学分野では膜厚の推定手法が提案されてきた。しかし、これらの手法は、対象を切り取りサンプルとして、特殊な機器内に設置することで測定が行えるというポイントベースの手法であり、非破壊で面全体での膜厚のばらつきの推定といった工業部品の検査といった応用には不向きであった。また、屈折率も既知であると仮定しているものも多い。これらの課題点を解決するため、まず薄膜干渉反射率の極大値を取る波長から屈折率求め、これに基づき膜厚を推定する手法の提案をしている。この手法を平面領域に適用し、膜厚のばらつきが求められることも示している。

第 3 章は、「**Shape, Refractive Index, and Film Thickness Estimation of Non-Planar Objects Using Hyper-Spectral Images** (非平面薄膜物体の形状、屈折率、膜厚推定)」と題されている。薄膜干渉による色変化は物体の三次元形状にも深く関係している。本章では薄膜干渉反射率の極大値が下地の屈折率と入射角にのみ依存することを利用し、屈折率は一定として、入射角を推定する。入射角は、法線の天頂角に対応する。次に、薄膜干渉反射率

の極大値が単調増加することから、特性曲線を用いて各点での法線の方位角を推定する。これらより物体各点での法線方向が決定できる。最後に第 2 章で述べた手法を用いて屈折率、膜厚の推定を行っている。

第 4 章は、「Measurement Equipment for Thin Film Objects with Non-Planar Surfaces (非平面薄膜物体の計測装置)」と題されている。本章では、薄膜物体の反射率を計測する装置の提案をしている。薄膜物体は入射角と反射角が等しくなる場合にのみ反射率が観測される。その特徴を利用し、全方向から光源を照射することで一度に反射率の計測を行うことを可能としている。

第 5 章は、「Shape and Film Thickness Estimation of Non-Planar Objects by RGB images (RGB 画像を用いた非平面薄膜物体の形状、膜厚の推定)」と題されている。第 4 章で提案された計測装置には 2 つの課題点がある。まず、使用しているハイパースペクトルカメラが高価である点である。次に、対象の前に偏光板を設置する必要があり、セットアップが複雑になるという点である。これらの課題を解決するため、本章では安価なデジタルスチルカメラを用いた計測装置の提案を行っている。また、偏光解析と薄膜物体の反射率が単調増加する特性を用いて形状の推定を行い、観察される色変化から膜厚の推定を行う手法の提案している。

第 6 章は、「Conclusions (結論)」で、本論文の各章のまとめと議論、本論文の寄与、ならびに本論文から得られる知見を踏まえた今後の課題と展望について述べている。

付録 A は、「Reflectance Model of Thin Film (薄膜の反射モデル)」と題され、光学分野で提案されてきた、薄膜の反射メカニズムをまとめて、利用しやすい反射モデルを導出している。

付録 B は、「Polarization (偏光)」と題され、偏光についての基本的な技術解説を行っている。

以上これを要するに、近年盛んになってきた実物体を用いた見えのモデル化分野において、薄膜物体に注目し、平面薄膜領域の屈折率並びに膜厚の分布を反射スペクトル情報を用いて推定する方法、曲面薄膜物体の各点での法線方向と屈折率並びに膜厚を反射スペクトル情報を用いて推定する方法、これらの推定手法を実際に適用するための装置の提案、さらには、反射スペクトル情報ではなく反射 RGB 情報を用いてこれらのパラメータを簡便に推定する手法、などを提案したもので情報理工学上貢献するところが少なくない。

よって論文は、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。