

論文内容の要旨

博士論文題目

近接光源を対象とした照明環境の推定に関する研究

氏名 青砥 隆仁

(論文内容の要旨)

照明環境の推定は、画像から物体の形状や反射特性を推定するインバースレンダリングおよび光学的整合性を保った実写とCGの合成や実物体の仮想化等に必要不可欠であり、コンピュータビジョンや拡張現実感・複合現実感の分野において重要な課題の一つとなっている。従来の研究では、光源が十分遠方にあるという前提で様々な照明環境の推定手法が提案されており、その多くは単一の放射輝度および光源の方向を推定している。しかし、近接光源を対象とした場合には、照明の非等方な放射輝度分布や物体の位置によって変化する光源からの距離と入射方向の影響を考慮する必要がある。このため、シーンにおける照明環境を忠実に再現しようとする、照明の放射輝度分布と光源の位置の両方を推定する必要が生じる。この課題を解決するために、本論文では、近接光源を対象として、照明の非等方な放射輝度分布を推定する手法と照明内部に存在する光源の位置を推定する手法を提案している。本論文は以下の6章から構成されている。

まず第1章では、本研究の背景として当該分野を概観するとともに、本研究の位置づけと方針について述べている。

第2章では、放射輝度分布の推定と光源位置の推定について従来研究を概観し、本研究の当該分野への主たる貢献を明確にしている。

第3章では、照明環境下での観測輝度情報を光線強度情報に分離することによる近接光源の非等方な放射輝度分布の推定手法を提案し、シミュレーション環境下と実環境下での実験結果を報告している。

第4章では、光源の位置推定問題に対して、中空透明球体上の鏡面反射光を用いて三角測量の原理に基づき近接光源位置を推定する手法を提案し、シミュレーション環境下と実環境下での実験結果を報告している。

第5章では、本研究の成果の具体的な応用例として照度差ステレオ(Photometric Stereo)を取り上げ、シミュレーション環境と実環境において、提案した近接光源位置推定法により得られた情報に基づく物体の3次元形状復元結果を示している。

最後に第6章では、本研究を総括するとともに、今後の展望について述べている。

(論文審査結果の要旨)

本論文では、コンピュータビジョン分野における画像から物体の3次元形状や表面反射特性を推定するインバースレンダリングおよび拡張現実感・複合現実感分野における光学的整合性を保った実写とCGの合成や実物体の仮想化等において必要となる照明環境の推定法を提案している。本研究の特徴は、従来研究の多くで前提としていた光源が十分遠方に存在するという仮定から脱却し、近接光源を対象として放射輝度分布と光源位置を推定する手法を提案しているところにある。また、研究スタイルとしては、具体的なアルゴリズムの提案に加えて、シミュレーション環境下と実環境下での実験を通して提案手法の機能実証と推定精度評価を行っているところに特徴がある。本論文の主要な成果は以下の2点に要約される。

1. 近接光源を対象として、参照物体上で観測される輝度情報を光線強度情報に分離することで非等方な放射輝度分布を推定するインバースライティングに基づく手法を提案している。インバースライティング問題は一般に不良設定問題になり易いことが知られているが、提案手法では、放射輝度分布に関する事前知識として視体積制約と光線強度に対する非負値制約を導入することによってこの問題を解決している。これによって、提案手法は比較的少数の入力画像から非等方な放射輝度分布を安定に推定できるという特長を持っている。シミュレーション環境下と実環境下での実験を通して、提案手法の機能実証と精度評価を行っている。

2. 照明内部に存在する光源の位置を推定するために、参照物体として球体内部が中空の透明物体である中空透明球体を用いる手法を提案している。提案手法では、中空透明球体の内部と外部で反射した二種類の反射光がカメラで観測されることを利用して、単一の参照物体のみで三角測量の原理に基づいて光源位置を推定可能である。シミュレーション環境下と実環境下での実験を通して提案手法の機能実証と精度評価を行うとともに、具体的な応用として、近接光源下での照度差ステレオを取り上げ、提案した近接光源位置推定法により得られた情報に基づく物体の3次元形状復元結果を示している。

以上述べたように、本論文では、近接光源を対象とした照明環境の推定法を提案し、実験を通して手法の有効性を検証するとともに、具体的な応用の可能性を示している。本研究は、コンピュータビジョン分野および拡張現実感・複合現実感分野において、学術面での貢献を認めることができる。本論文の主要部分に相当する内容については、学術論文誌に論文が掲載されるとともに、国際会議等においても公表されている。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。