

Title	Image-based Acquisition of Photorealistic Representation for Real Objects
Author(s)	沈, 黎
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46660
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	沈 黎
博士の専攻分野の名称	博 士 (情報科学)
学位記番号	第 20485 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 情報科学研究科情報システム工学専攻
学位論文名	Image-based Acquisition of Photorealistic Representation for Real (実画像からの写実的な物体表現の取得に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 竹村 治雄 (副査) 教授 尾上 孝雄 教授 中前 幸治 教授 八木 康史 助教授 清川 清

論文内容の要旨

The central problem in computer graphics is creating photorealistic images. In order to synthesis realistic images, physically-based rendering algorithms require accurate input models for geometry, reflective properties and illumination. The realism of the outcome depends largely on the quality of the scene description passed to the rendering algorithm. The limiting factor in photo-realistic image synthesis today is not the rendering techniques but rather modeling the input to the algorithms. Studies on inverse rendering show that realistic rendering attributes can be measured from real photographs. This dissertation focus on the acquiring the apparent for real objects in the frame inverse rendering. Real-world objects are usually composed of different materials, and have complex textures. Recovering spatially vary BRDF requires a dense set of images. In this dissertation, spatial varying BRDF recovery is investigated under controlled lighting conditions and general distant lighting conditions.

Real-world objects are usually composed of different materials, and have complex textures. Recovering spatially vary BRDF requires a dense set of images. In this dissertation, spatial varying BRDF recovery is investigated under controlled lighting conditions and general distant lighting conditions. We propose a set of methods and algorithms to address the ill-conditioned problem of spatial reflectance recovery using very sparse images. We demonstrate that the high-frequency varying diffuse term can be removed by using a small set of images since the diffuse reflection field is a low-dimensional linear subspace. Under controlled lighting, we propose an efficient algorithm to recover both the shape and the spatial reflectance of an object from four single-light images. A complete object model is recovered which can be used to render the object realistically under novel scenes. And we developed an efficient algorithm to recover a high-quality spatially varying BRDFs under arbitrary distant-illumination using a very sparse image set (6~10). The recovered spatially varying BRDF models can be used to create realistic renderings of the object.

論文審査の結果の要旨

本論文は複数の実画像から様々な材質における物体表面の「見え」を獲得する手法に関するものである。通常、物体の見えを再構築するためには、物体表面の反射特性を忠実に推定する必要がある。従来、この目的を達成するための手法は数多く存在し、コンピュータグラフィックスやコンピュータビジョンの分野では「インバースレンダリング」と呼ばれ、重要な課題となっている。インバースレンダリングは画像から物体表面の反射特性、形状、光源状況を復元することができる手法であり、中でも物体の反射特性を推定することについては様々なアプローチが存在する。しかしながら、主な手法は単一の物体材質を対象とすることや、制御された照明条件下での物体の計測といったように制約が多く、実用的な利用に関しては発展途上の分野であるといえる。これらの制約は、物体の反射特性が「拡散反射」成分と「鏡面反射」成分の2つの複雑な反射成分から成っていることに起因する。

拡散反射は物体の形状と光源の向きで決定される因子であり、物体表面では全方向に均一に反射する特性を持っている。一方、鏡面反射は物体の形状、カメラの方向、光源の方向に依存する特性を持ち、ある特定の方向でしか観測できない性質を持っている。これらの成分は複雑な非線形関数となっており、この関数に観測データをフィッティングする必要があるため、推定手法に制約がない場合は大量の画像が必要となることや、不良設定問題となることが問題である。

以上を踏まえ、本論文では任意照明条件下で複雑な物体の反射特性を効率的に推定する手法の確立を目指しており、3つの手法が提案されている。それぞれの手法は上記の問題点を解決しており、これまで従来法では少ない撮影枚数では不良問題となっていた部分を効率的に計算することで高速かつ忠実に物体の反射特性の推定が行えている。以下ではそれぞれの手法の特徴について述べる。

まず、第1の手法として、点光源下での4枚の画像からの物体の反射特性の推定について述べる。この手法では、インバースレンダリングの1つの手法であるフォトメトリックステレオ法に着目し、4枚という少ない画像から物体の形状と反射特性を推定している。一部、物体計測時の制約はあるものの、従来法に比べ大幅に計測枚数を減らした状態での物体の形状と反射特性が推定できる点が評価できる。

次に、第2の手法は第1の手法の制約であった点を解消している。具体的には、第1の手法では、4枚の画像中の同じ位置の点に対して、鏡面反射成分が1枚は含まれない場合があるという仮定を必要としていた。そこで、その仮定を解消するために、拡散反射成分が低周波領域で緩やかに変化しているという特性に着目し、拡散反射成分を線形計算で効率的に取り除く手法を提案している。この手法により、計測時の制約なく物体の反射特性の推定が可能となっている。4枚の画像のみから両反射成分と物体形状を推定した手法はなく、新規性の高い手法である。

第3の手法は、これまでの第1、2の手法と大きく異なっている点として、複雑な照明環境での物体の反射特性の推定が挙げられる。通常、複雑な照明条件下での物体の見えは物体の反射特性と照明環境の複雑な畳み込み積分によって計算される。そのため、第1、2のような各反射成分の分離手法は利用することが困難であり、これまでどの従来法でも大量の計測画像を必要としていた。本論文では環境の照明条件が、球面調和関数の少ない基底関数で表現可能であることに着目し、これまでの分析から物体の拡散反射成分は9次元空間で近似できることから、10枚程度の画像を用いて第1、2の手法と同様に鏡面反射成分を直接抽出することに成功している。また、複数の材質が混在した物体に対しても、鏡面反射特性がある方向でしか変化しないという特性を利用して同じ材質の部分に対してクラスタ手法で分離を行っている。これにより、任意複雑光源下において、複数の材質の反射特性を推定することができる。この手法は複雑照明条件下での効率的な反射特性の推定を行っているという点で非常に優れた手法であり、新規性、有用性が高いと考えられる。

以上を踏まえ、本論文はコンピュータグラフィックス、コンピュータビジョンの分野において多大な貢献があると考えられ、その結果情報科学における本分野の発展に寄与するところが大きいと判断する。よって、博士(情報科学)の学位論文として価値のあるものと認める。