

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	シングルキャプチャによる照度差ステレオ法の開発
Title(English)	Development of single capture photometric stereo methods
著者(和文)	小澤圭右
Author(English)	keisuke ozawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10922号, 授与年月日:2018年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:佐藤 いまり,山口 雅浩,熊澤 逸夫,金子 寛彦,小尾 高史
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10922号, Conferred date:2018/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		小澤 圭右	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	佐藤 いまり	特任教授	審査員	小尾 高史	准教授
	審査員	山口 雅浩	教授			
		熊澤 逸夫	教授			
		金子 寛彦	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Development of single capture photometric stereo methods (シングルキャプチャによる照度差ステレオ法の開発)」と題し、英文 5 章から構成されている。

第 1 章「Introduction (序論)」では、本論文の背景として、2 次元画像から 3 次元形状を推定する技術が様々な実応用において重要さを増しており、なかでも照度差ステレオ法は高解像度の 3 次元形状を復元できる手法として有望であるが、動的物体への適用のためには 1 回の撮影で取得した画像からの 3 次元形状復元 (シングルキャプチャ) が必要とされていると述べている。特に、多色の物体においてシングルキャプチャにより復元する手法は確立していないことを課題として指摘している。その上で、本論文の目的は、未知の色付き拡散反射面に対する単一の分光画像またはカラー画像から各点で反射スペクトルまたは色を決定し、同時に法線ベクトル場を推定する手法を開発することであると述べている。

第 2 章「Basics of Photometric stereo (照度差ステレオ法の基礎)」では、まず、物体の表面幾何構造と光線伝搬に基づいて照度差ステレオ法の理論を提示するとともに、既存研究を概観し、技術動向を紹介している。次に、本論文の主題であるカラー照度差ステレオ法の原理を整理し、その中で、多色物体に対するカラー照度差ステレオ法の適用が照度差ステレオ法の実用化に向けて重要な課題であることを指摘している。多色物体に対する課題と困難さとして、表面各点での反射率及び法線ベクトルの同時推定が劣決定問題であることを示し、本論文ではその問題を克服する 2 通りのシングルキャプチャ照度差ステレオ法を提案すると述べている。

第 3 章「Hyperspectral photometric stereo for a single capture (単一ハイパースペクトル画像による照度差ステレオ法)」では、単一のハイパースペクトル画像から表面各点で反射スペクトルと法線ベクトル場を同時推定する手法を提案している。この手法では、一般的な物体の分光反射率の隣接波長間の相関が強く十分滑らかな波長の関数として表せることを利用するために、波長分解能の高い分光画像を取得できるハイパースペクトルカメラを用いている。提案手法では、反射スペクトルを広い波長域で直接測定しつつ、一部の狭い波長域での反射率を補間推定し、同時にその狭い波長域において複数の陰影画像を取得している。そして、この方式で多色物体に対してシングルキャプチャによる照度差ステレオ法を可能とする光源のスペクトルとその配置方法を考察している。さらに、シミュレーション及び実物体を用いた実験により手法の精度と有効性を検証している。

第 4 章「Single color image photometric stereo for multi-colored surfaces (多色表面に対する単一カラー画像照度差ステレオ法)」では、多色物体に対して単一のカラー画像から色領域分割及び法線ベクトル場推定を行う方法を提案している。色と法線ベクトル場の各点での算出は劣決定問題であるが、本手法では、同一色領域における大局的な法線ベクトル場を用いれば、その色と法線ベクトル場の決定に十分な情報が得られることを利用してこの問題を解決している。具体的には、物体表面が可算個の色で塗り分けられていて、連結・非連結を問わず同一色領域の表面形状が十分に曲がっていることを仮定すれば、反射率の大きさ分布から表面色と表面領域を決定できることを理論的に明らかにしている。そして、既存研究との関連性を示しつつ、従来手法では困難であった同一色領域の同定方法のアルゴリズムを提示している。また、シミュレーション及び実物体を用いた実験により手法の精度と有効性を検証するとともに、既存手法との比較を行い、本手法が有効な対象物体の条件についても考察している。

第5章「General consideration (総合考察)」では、3章及び4章で提案した2通りの手法を踏まえ、動的物体のカラー照度差ステレオ法の実応用に対して残された課題と、分光画像を用いた発展的な手法の一般論を述べている。そこでは、第3章で利用したスペクトル情報と第4章で利用した法線ベクトル場の大局的な情報について整理し、スペクトルまたは色及び法線ベクトル場を決定するために十分なバンド数と光源設計を考察し、将来的な改善の可能性を明らかにしている。

以上を要するに、本論文は、動的物体に対する照度差ステレオ法の実現に向けた課題である多色物体へのシングルキャプチャ手法の適用に関して、ハイパースペクトル画像及び適切な光源設計に基づく方法と、カラー画像上の法線ベクトル場の大局的な情報を利用した手法により、これが可能であることを理論的かつ実験的に示したものであり、工学上ならびに工業上において寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分に価値あるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。