

Title	斜面形状の画像計測に関する研究
Author(s)	汪, 増福
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38237
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	汪 增 福
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 3 6 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 4 年 6 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科 物理系専攻
学 位 論 文 名	斜面形状の画像計測に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 井 口 征 士 (副査) 教 授 辻 三 郎 教 授 谷 内 田 正 彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は著者が大阪大学基礎工学研究科博士課程に入学して以来、3年にわたり鏡面反射特性を有する物体表面の形状復元に関して行った研究の成果をまとめたものである。研究の目的は、数理的な手法を用いて、2次元の観測画像からそこに映っている鏡面反射特性を有する物体表面の3次元形状を復元する理論の確立を目指すことである。

本論文では、以下に示す諸復元手法について提案した。

まず、2台のカメラからなるステレオ視を利用する鏡面形状の復元手法を述べた。この手法は理想的な結像の拘束条件と鏡面における反射の法則を併用し、鏡面上の局所的な領域を理想的な結像面で近似することで鏡面の形状復元を行う。これより、局所的に理想的な結像面で近似できる鏡面の形状復元が可能となった。

そして、単眼観測画像から対象鏡面の形状を復元する手法について述べた。復元手法は鏡面上既知点が存在する場合と存在しない場合の二つのケースに分かれている。鏡面上既知点が存在する場合、滑らかさの拘束条件を利用したSR法 (reconstruction method based on Smoothness Restriction) と理想的な結像の拘束条件を利用したIR法 (reconstruction method based on Ideal image formation Restriction) をそれぞれ提案した。また、仮説統合処理を導入し、SR法とIR法を統合した復元手法HU法 (reconstruction method on Hypothesis Unification) をも提案した。これにより、単眼観測画像からでも対象鏡面の形状復元はできるようになった。また、鏡面上既知点が存在しない場合、近傍処理あるいは仮説検定を行うことにより、対象鏡面の形状を推定する方法について論じた。

最後に、複数の単眼観測画像から得られた結果を融合することで、正確な形状を得る手法を述べた。

上記の諸手法は従来の能動的な手法を用いて特殊な照明を利用したものと異なり、原理的には既知なる周囲環境の情報を利用するのが特徴である。提案した手法を検証するために、実験的なシステムを構築し、方法の有効性を確認した。本研究では既知環境として、空間コード化光をスクリーンに投影した参照パターンを利用しているが、周囲の物体の位置情報が既知の場合、これを参照点とすれば、同様な手法で鏡面物体の3次元情報を抽出することが可能になる。すなわち、アクティブセンシングではなく、通常環境下で計測できるパッシブセンシングの一種とも考えられる。

従来の鏡面に関する復元理論と比べて、ここで提案した理論はシステムの構築に関する制約条件が少なく、原理上環境の3次元情報とカメラの観測像から対象鏡面の形状を推定できる。また、提案した各手法は鏡面の形状計測の目的だけでなく、鏡面物体を含めた環境の理解の目的にも応用できる。

論文審査の結果の要旨

従来の画像処理は、表面が拡散反射特性をもつ物体を対象としていた。鏡のように正反射成分のみからなる鏡面物体については、正反射特性を利用した目視検査や照度差ステレオ法のように面の傾きから形状復元を行う方法が2, 3発表されているが、直接的に鏡面形状の再構成を取り扱った研究はない。ここでは、周囲環境の3次元情報を既知として、鏡面に写った像とその像に対応する周囲参照点との対応関係から、鏡面の形状を計測する方法を提案し、実験的にその有効性を検証している。鏡に写った環境を観察して鏡面を推定するプロセスとしては、離散的な特徴から形状の復元のできることを望まれるが、本論文では広がりのある参照光源を前提に計算しているため、レンジファインダで用いる空間コード化パターンを周囲の壁に投影するシステムで実証を行っている。

提案している方法は、以下の2つである。

まず第1は、鏡面に写る周囲環境の像の3次元位置を求めるために、二眼視ステレオ画像法を適用する。既知なる参照点の鏡像の位置を求めるために、2台のカメラでステレオ系を構成する。対象が空間コード化画像であるため、2枚の画像の間での対応付けの問題は生じない。こうして求めた鏡像と参照点の位置に対して、視線の拘束とスネルの反射法則を適用することにより、鏡面の位置および法線ベクトルを求める。この方法は平面鏡の場合は自明であるが、ここでは対象を曲面に拡張するため、鏡面の滑らかさの仮定と鏡面の結像の特性を考慮している。鏡像を観測している時、視線を変化させても鏡像の3次元位置が変化しない結像を、本論文では理想的結像と呼んでいるが、局所領域に限定すると、多くの一般的な曲面は理想的結像面の一部と見做される。この性質を利用して鏡面の位置と局所形状を求め、それを統合することにより、曲面形状全体を復元している。

上に述べた方法は2台のカメラを用いた2眼視法である。第2の提案は、1台のカメラによる単眼視法を利用した鏡面形状の復元である。基礎的には、この方法は鏡面上に3次元位置が既知なる領域が存在していることを前提にしており、既知点からの外挿問題である。このような外挿問題では、唯一手掛かりになるのは表面の滑らかさの仮定である。ここでも滑らかさの仮定を用いているが、上で述べた理想的結像面の仮定を併用して誤差の累積を避けている。すなわち、滑らかさの仮定は鏡面が局所的に平面で近似されることに基づいているのに対し、理想的結像面の仮定は局所的に楕円面または双曲面の一部であるとの仮定に基づいており、まったく独立したアプローチである。したがってこの二つの結論の一致性を検証することにより、鏡面形状の計測の信頼性を高めることができる。

本論文では、以上二つの提案を実システムを構成することにより、実験的に検証し、その有効性を示している。よって本論文は、画像処理、パターン計測の発展に寄与するところが大きく、博士（工学）の論文として価値あるものと認める。