

平成 12 年 12 月 20 日

電子・情報工学専攻	
申請者氏名	Khairi Yusuf

紹介教官氏名	三宅 哲夫
--------	-------

論 文 要 旨(博士)

論文題目	Study on Image Based Measurement of 3D Shape of Specular Surface (鏡面の 3 次元形状の画像計測に関する研究)
------	---

(要旨 1,200字程度)

鏡面へ入射する光は、入射角度と等しい角度で反射する。工業製品の原材料として広く用いられている金属、プラスチック、ガラスなどの物体表面での光の反射は、強い鏡面反射成分を持つことを特徴としている。

今日までに、物体の 3 次元形状を接触あるいは非接触で計測する手法が開発されてきた。接触計測法としてよく知られている 3 次元座標測定器は、高精度である半面、測定に多くの時間を要する。また、対象が高温であるとか接触による傷が問題となる場合は不向きである。

一方、三角測量法、モアレ法、陰影からの形状復元法などの光学的手段による非接触法が提案されているが、これらの方法はいずれも拡散反射面を計測対象としているため、鏡面への適用が難しい。鏡面を対象とした研究もいくつか報告されているが、対象形状に制約があるとか計測精度が十分でないなどの点で実用段階には至っていない。また、参照光源と受光器を空間に配置する従来の能動型画像計測法では、計測に広い空間が必要となる上、薄板ガラスなどを計測する場合の裏面反射の影響が避けられなかった。

そこで本研究では、鏡面の 3 次元形状の実用的な計測手法を確立するために、新しい能動型画像計測法を開発した。本手法では、参照光源と受光器を近接した位置に配置し、参照光源の鏡面への入射方向、反射方向および計測点での鏡面の法線方向を一致させることで法線を取得する。この法線計測には、空間で任意の位置と姿勢をとることができる 5 自由度カメラを用いる。参照光源である LED (Light Emitting Diode) はカメラ光軸上に取り付けられており、鏡面による LED の反射像を画像中心でとらえるとき、カメラ光軸方向は面の法線方向と一致する。この計測方法によれば、広い空間は必要とせず、裏面反射の影響も低減できる。鏡面の 3 次元形状は取得した法線データを基に再構成する。

本研究で提案した計測原理を検証するために、5 自由度カメラシステムの制御アルゴリズムと曲面の形状再構成アルゴリズムを構築した。カメラシステムの制御アルゴリズムは、対象鏡面の曲率が一定かほぼ一定である場合と、曲率が変化する場合には異なり、前者では、LED の虚像が表面からほぼ一定の深さに形成されることから、カメラ-鏡面間距離が一定となるようにカメラの移動制御を行う。後者では、LED の虚像の位置が変化する上、像が一点に結像しないため、像の明るさが最大となるようにカメラの位置を制御する。また、法線計測間隔は、前者では一定とし、後者では対象面の局所的な曲率に応じて変化させる。以上のアルゴリズムを、数値シミュレーションおよび実験により評価した。

実験は、曲率が一定ないしほぼ一定の平面鏡、鋼球、凹面鏡、CRT パネル、自動車用窓ガラス、および曲率が一定でない 2 種類の凸曲面を対象として行った。数値シミュレーションの結果、いずれの再構成形状の誤差も十分小さいことが確かめられた。実験で得た法線データは、装置構成に伴う機械的な誤差を含むと考えられ、そのデータを基にした再構成計算の結果、再構成形状には誤差が生じたものの、高精度で形状計測が行えることが示された。

今後、産業界において種々の鏡面の 3 次元形状計測に寄与するものと期待できる。