

論文内容の要旨

博士論文題目 円筒鏡を用いた物体の全周形状計測

氏 名 浦 西 友 樹

本論文は、単純なシステム構成で物体の全周形状を計測するため、カメラと円筒鏡を用いたステレオ視による形状計測システムを提案している。まず、内部が鏡面となっている円筒に物体を入れ、カメラで物体を上から撮影することで、簡便に多視点画像が得られ、ステレオ視の原理に基づいて物体の全周形状を計測できるシステムを試作した。つぎに、レンズの歪みや位置ずれなどが存在しない理想的な画像をシミュレーションによって作成し提案システムの計測精度を検証することにより、提案システムが物体の全周形状を一回の撮影で計測できること、また、カメラから直接観測できない部分に関しても、円筒鏡内部で反射してカメラに入射した像同士によるステレオ視により、形状を計測できることを確認した。さらに、実物体の形状計測を試み、実物体の全周形状も一枚の画像により計測できることを実証し、ステレオ視を用いて物体の全周形状を計測するためには歪みのある撮影画像から対応点の組を探索する方法を比較するなど実用化時に必要な問題点についても考察している。本論文は以下の7章からなる。

第1章では研究のモチベーションや論文の構成が紹介され、第2章では物体の三次元全周形状計測にかかわる先行研究について記述している。第3章では提案する三次元形状計測システムの構成を説明し、第4章では提案システムで用いるステレオ計測のための対応点探索アルゴリズムについて詳述している。第5章では提案システムを用いた物体の三次元形状計測実験を実施し、第6章では実験結果に対し考察を行い、本研究に対する問題点を整理している。最後に、第7章では本研究で得られた成果の要約と本研究が当該分野の発展に貢献するポイントなどを総括している。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、近年、急速に普及が進んでいるインターネット上の電子ショップの商品展示や歴史的文化財などのデジタルアーカイブ化などの三次元立体感の提示が重要な物体の形状を簡便に計測するための画像情報計測システムに関する基盤研究である。現在、インターネット上などで閲覧できる三次元モデルは、工業製品のサンプルや製品の設計図などをもとにモデリング用のソフトウェアなどを用いて作成されていることから、専門的な知識や多大な労力を要する。また、物体の実際の形状を直接計測してモデル化しないので、考古遺物のデジタル保存など実物体に忠実にモデル化して保存することが求められる用途には適していない。従来、物体の三次元形状を計測してモデル化するための手法は、物体に対し能動的に働きかけて形状を計測する手法と、物体を撮影したカメラ画像から受動的に形状を得る手法に大別される。前者の代表的な手法として、レーザ光の往復時間をもとに物体と計測機器の距離を計算する **Time-of-Flight** (飛行時間) 法、レーザ光とカメラにより三角測量を行い物体の奥行きを計測するアクティブステレオ法、カメラから見た投影パターンの形状の変化をもとに物体の形状を計測するパターン光投影法などが挙げられ、高精細なモデルを得られる利点をもつが、動く物体の全周形状を計測することは困難であった。一方、後者の代表的な手法として、物体を複数の視点から撮影した多視点画像から対応点を探索する三角測量の原理に基づくステレオ法があるが、正しい対応点を探索するために、画像中の対応点が各視点で変化しないことが求められることから、多視点画像の撮影には非常に煩雑な操作が必要となる。これら問題を解決するために、既に、カメラ1台と多数の鏡を用いて、一回の撮影で多視点画像を得る反射屈折ステレオ視系が提案されている。しかし、反射屈折ステレオ視系で物体の全周形状を一度に計測するには、通常ステレオ視と同様に、物体を取り囲むように配置した鏡の位置を正確に把握する必要があるなど問題点が多い。

本論文は、内部が鏡面となっている円筒に物体を入れ、カメラで物体を上から撮影することで、簡便に多視点画像が得られ、ステレオ視の原理に基づいて物体の全周形状を計測できる手法を提案することにより問題を解決し、動いている物体の形状が簡便に計測できるという実証的なシステム開発に貢献した。本論文の成果は以下の3点に要約される。

1. カメラと円筒鏡という安価な構成が可能な単純なシステム構成であること、
2. 機器の配置や調整などエンドユーザによる前処理が不要で、民生用のデジタルカメラやイメージスキャナと同様の単純な操作手順であることから、エンドユーザも簡便に扱える全周形状計測システムとしての利用が可能であること、
3. 一枚の画像から物体の全周形状を計測できるため、動きのある物体の全周形状も計測できること、

以上述べたように、本論文は簡便に物体の三次元全周形状が計測および記録できる機器を開発し、より多くの情報を保存および共有できることによる新たなサービスの出現に直結する画像処理の基盤研究である。これらの研究成果は、学会論文誌 1 件、査読付国際学会 4 件として公表され、学術面での貢献が大であることを認めることができる。また、本研究は、インターネットマーケットの商品表示や歴史的文化財のデジタルアーカイブなど科学技術の発展と社会的ニーズに応える基盤技術の開発につながる研究としての貢献も大きいことを示している。

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。