

審査の結果の要旨

氏 名 阪野 貴彦

本論文は「ACQUISITION AND RECTIFICATION OF SHAPE DATA OBTAINED BY A MOVING RANGE SENSOR (移動型レンジセンサによる形状取得とその復元)」と題し、計測中に運動するレンジセンサを用いて大規模物体の形状を取得するシステムと、その形状データを復元する手法についてまとめたものであり、9章で構成されている。

第1章では、移動型レンジセンサである本システムの目的と、レンジセンサが計測中に移動することによって発生する問題を述べている。本システムは大規模物体の形状を効率的に計測するために開発されたものであるが、レンジセンサは本来計測中は固定して設置されるべきものであり、計測時に運動させると形状データが歪んでしまうという問題が発生する。そこで、本研究では、移動型レンジセンサによる歪んだ形状データの復元手法の開発をおこなう。

第2章では、計測時間中に移動することを前提として開発した計測システムについて述べる。本システムでは、レーザー光線によって定点計測をおこなう測距機をコア部分とし、2種類の鏡を回転させることで、ラスタスキャン順に有効画角内を計測している。また、センサの運動パラメータを推定するためのビデオカメラと、レンジセンサ - ビデオカメラ間の同期がとれるようなシステムを組み込んでいる。

第3章では、運動パラメータの初期推定法として利用した透視投影下での因子分解法について述べる。この手法は画像特徴点を各画像について追跡することによって、特徴点の3次元位置と各画像でのカメラの位置・姿勢を推定する手法であり、実際のカメラモデルである透視投影モデル下で解くことにより、精度の良い初期推定をおこなうことができる。また、本研究で用いた特徴点の抽出手法についても述べる。本章の最後には、本手法によって画像列の特徴点のみから3次元形状を推定した実験結果についても示す。

第4章では、前章の初期推定を受けて、運動パラメータの高精度化をおこなう。ここでは、3つの制約を課すことによって設定されるコスト関数を最小化することでパラメータの高精度化をおこなっている。3つの制約とは、特徴点のトラッキング（実際に得られる画像中の特徴点と各パラメータを用いて再構成される特徴点が一致する）、センサの滑らかな運動（気球の運動は滑らかであり浮遊経路に特異点が存在しない）、歪んだ形状データから得られる瞬間的な局所座標値に関する制約（レンジセンサがラスタスキャンしていることで、各特徴点がスキャンされた瞬間での局所座標値がわかる）であり、これらの定式化をおこなう。

第5章では、本システムにおけるカメラ - レンジセンサ間のキャリブレーションに関する問題を取り扱う。キャリブレーションは通常、計測の前後に参照物体を用いておこなわれるが、本研究では大規模物体を取り扱うため、参照物体も巨大であることが望ましい。そこで、本システムを地上に固定して計測したレンジデータを参照物体としてキャリブレーションをおこなう。ところが、3次元参照物体からのキャリブレーションではノイズによる精度の問題が顕著になることから、本章の前半では3次元参照物体を用いた頑強なカメラパラメータの推定法を提案する。後半では、キャリブレーションをおこなっていない未校正なビデオカメラであっても、内部パラメータが既知である場合は、前章までで述べた手法が適用できることを示す。この手法によって、カメラとレンジセンサのキャリブレーションを事後的におこなうことが可能であることを示す。

第6章では、画像列を用いない形状復元手法について述べる。この手法では、センサが滑らかに運動していることを前提にし、各運動パラメータの時間遷移を時間による多項式で近似する。さらに、地上等に固定された他のレンジセンサの形状データをもとに、多項式近似された運動パラメータを組み込んだ拡張型 ICP 法によって位置合わせをおこなう。この手法は画像列を用いないため、前章で述べたキャリブレーションの問題は全て回避される。また、他のセンサによる形状データが必要になるが、本システムは、もともと、地上から計測できない部位を補完的に計測することを目的としているため、現実的な設定条件であると考えられる。

第7章では、これまでに述べた手法に対しての定量的な評価をおこなう。CG モデルによる既知モデルを、コンピュータ上で擬似計測・データ収集し復元をおこなう。そこで、数値的な評価を与えることで、本論文に述べた手法の有効性を示す。

第8章では、われわれがおこなっている大規模文化遺産のデジタルコンテンツ化であるデジタルバイヨンプロジェクトにおいて、実際に本手法を適用し、その実験結果を示す。ここでは、以上に述べられた手法を研究室外のフィールドにおいて、現実に適用しているようすを示す。

第9章においては、本論文のまとめと将来の課題について述べる。

以上これを要するに、本論文では、計測中に運動する計測システムと、そのために発生する歪んだ形状データの復元手法に関する取り組みがなされており、画像列を用いたセンサの動き推定に基づいた形状復元手法と、他のレンジセンサから得られた形状データをもとにした形状復元手法を提案している。本研究で移動型レンジセンサを用いた新しい計測システムを確立しており、電子情報学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。