

## 論文内容の要旨

博士論文題目

Shape Model Construction from Multi-View Range Images

(多視点距離画像からの形状モデルの生成)

氏名 増田 健

(論文内容の要旨)

現実世界の3次元物体を対象とした形状モデルの自動生成は、コンピュータビジョンにおける物体モデル獲得や複合現実感における自由視点画像生成のための基本技術であり、多視点での3次元計測、多視点データの位置合わせ、位置合わせされた複数データからの単一幾何モデル生成の3つのプロセスから成る。本研究では、多視点距離データの位置合わせと複数データからの単一幾何モデル生成の問題を扱っており、具体的なアルゴリズムを提案し、シミュレーションデータと実データを用いた実験結果を示している。本論文は以下の8章から構成されている。

まず第1章では、3次元形状モデル生成の要素技術を整理するとともに従来研究を概観し、本研究の位置付けと目的について述べている。

第2章では、2つの距離データ間の位置合わせの問題を扱っており、2つのデータで対応しない部分を外れ値と見なし、ロバスト統計手法を用いて剛体変換パラメータを頑健に推定する拡張ICPアルゴリズムを提案している。

第3章では、前章で提案したアルゴリズムの逐次適用により多視点距離データ系列の位置あわせと外れ値を考慮したデータ統合の枠組を提案している。

第4章では、多視点距離データの同時位置合わせとデータ統合を統一的に扱うための符号付き距離場の定義を示している。

第5章では、複数距離データ間の位置関係に関する事前知識なしに粗い位置合わせを実現するために、局所不変量として距離データのLog-Polar表現を導入し、距離データ間の対応付けアルゴリズムを提案している。

第6章では、前章の提案手法で得られる粗い位置合わせ結果を初期状態として、詳細な位置合わせと形状データ統合を同時に実現する方法を提案している。具体的には、形状表現に符号付き距離場を用い、形状の位置合わせと統合を収束するまで繰り返す枠組である。

第7章では、符号付き距離場に対する局所2次曲面当てはめによって形状モデルの欠損領域を補間する形状修復手法を提案している。

最後に第8章では、本研究の成果を総括するとともに、3次元形状モデル生成に係る課題について議論している。

(論文審査結果の要旨)

本論文では、現実世界の3次元物体を対象とした形状モデルの自動生成の問題を、多地点での非接触3次元計測、多視点距離データの位置合わせ、複数形状データの統合による単一幾何モデル生成に整理し、多視点距離データの位置合わせと複数データからの単一幾何モデル生成の2つ課題を解決する具体的なアルゴリズムを提案し、シミュレーションデータと実データを用いた実験を通して提案手法の有効性を検証している。本論文の成果は以下の2点に要約される。

1. 多視点距離データの位置合わせにおいては、計測センサの特性や対象物体の表面材質等に起因した計測データにおける誤差やデータ欠損の存在に加えて、計測位置が異なることによりデータ間で対応関係が成り立たない部分が存在するという問題を克服する必要がある。本論文では、これらを外れ値と看做して、ロバスト統計の手法を援用することによって2つのデータ間の剛体変換パラメータを頑健に推定する手法を提案し、さらに、複数距離データの逐次対応付けに拡張することによって複数距離データ全体の位置合わせを実現する枠組を示した。提案手法はシミュレーションデータと実データを用いた実験を通して有効性を検証している。

2. 2つの距離データ間の対応付けを繰り返す逐次位置合わせの枠組は、多数の地点からの計測を必要とする大型物体や屋外環境を対象とした場合には、原理的に、位置合わせの誤差が蓄積するという問題がある。本論文では、この問題を解決するために、距離データの局所 Log-Polar 表現を用いた粗い位置合わせと符号付き距離場の一致による詳細な位置合わせから成る、複数距離データの同時位置合わせ法を提案している。また、形状表現に符号付き距離場を用いることによって位置合わせと形状データの統合を統一的に扱うことを可能にした。さらに、符号付き距離場の局所2次曲面近似によって欠損データの修復も可能であることを示した。これら一連の手法は、シミュレーションデータと複数の距離画像データセットを用いた実験を通して有効性を確認している。

以上述べたように、本論文では、実物体の3次元モデル生成を目的として、外れ値の存在に対して頑健な複数距離データの位置合わせ・統合手法を提案し、実験を通して、有効性を検証している。本研究は、コンピュータビジョンと複合現実感の分野において、学術、実用の両面での貢献を認めることができる。本論文の主要部分の内容は、既に学会論文誌に4編の論文が掲載され、うち1編は論文賞を受賞している。また、査読つき国際会議においても多数の発表が行われている。

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。