

N-006

遺物の形状計測のための点群の解析及び支援手法

Analysis Methods of Point Clouds and Support System for Measurement of Relics

松本 道和[†] 井村 誠孝[†] 安室 喜弘[†] 眞鍋 佳嗣[†] 千原 國宏[†]

Michikazu Matsumoto Masataka Imura Yoshihiro Yasumuro Yoshitsugu Manabe Kunihiro Chihara

1. はじめに

近年、三次元形状計測技術の進歩により、物体の形状を高精度に計測できるようになってきた。形状計測技術は考古学の分野においても、遺物・遺跡のデジタル保存を始め、コンピュータグラフィックスを用いた可視化、分類・比較、修復などに応用されている [1][2]。考古学分野への応用には、遺物に忠実なデジタルデータを得ることのできる計測が必要となる。しかし、対象物体の形状を考慮せずに計測をした場合、計測機器の特性と対象物体の形状の相性によっては、計測された形状モデルの正確性にばらつきが生じることがある。計測段階では正確性の低い部位の発見は難しく、取りこぼしの少ない計測結果を得るためには、計測回数を増やすことになり、多大な時間がかかるという問題がある。本研究では、取りこぼしが少なく、時間効率のよい三次元形状計測を行うために、計測結果の点群を解析し、解析結果に基づいて、再計測時に適切な計測機器の位置・姿勢を教示することで形状計測の支援を行うシステムを提案する。

2. 提案する計測支援

レーザービームなどを走査することによって対象物体の表面形状を得る光学スキャナを用いた計測方法は、対象物体に直接接触することなく高密度の点群として表面形状を得ることができるため、考古学遺物の計測に用いられることが多い。

計測対象が大きい場合や物体の全周囲の形状を獲得する場合には、スキャナの位置や向きを変えながら複数回に分けて計測を行う必要がある。また、それぞれの計測においても、対象物体の形状によっては表面が隠蔽されてしまい、計測されない箇所が生じることがある。このように、計測対象に対してスキャナを動かしながら計測を重ねる作業においては、同じ箇所を必要以上に重複して計測することや、計測されないままの箇所が容易に生じる可能性が高い。しかも、計測したはずの領域においても形状モデルの正確性が低い場合や、部分的に欠落している場合もある。したがって、計測作業中に、計測済み形状モデルの状況を確認し、次に計測する箇所をスケジューリングする技術が望まれる。芳賀ら [3] は、スキャナの位置と姿勢をモニタしながら、逐次プロジェクトによってすでに計測を終えた部位を直接対象物体表面に示すシステムを提案しているが、形状モデルの正確性は考慮していない。

本研究では、計測された形状モデルの正確性を評価し、再計測が必要な部位と再計測の際に計測機器の適切な位置・方向を教示することによって、計測作業を支援するシステムを提案する。

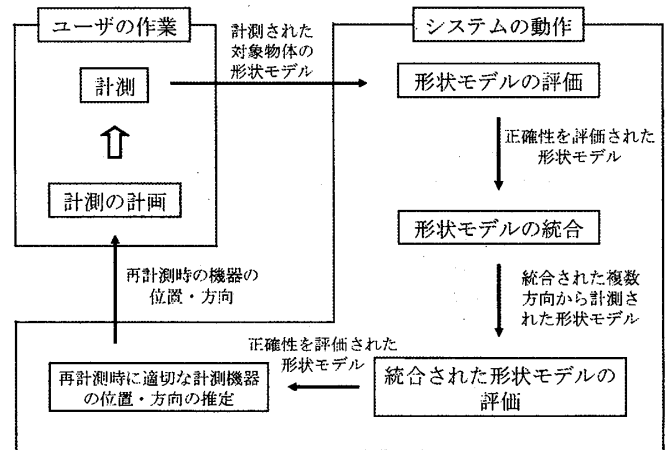


図 1: 提案する支援システムを用いた計測作業

3. 処理手順

計測された形状モデルの正確性を点密度を用いて評価する。点密度が著しく低い領域を再計測すべき部位(以下、再計測候補部位)とする。再計測候補部の周囲の点群情報により、再計測時に適切な機器の位置・方向を推定し、教示する。

本稿では、複数の形状モデルを統合した後の点群に対して処理を行うのではなく、1回の計測で得られる各距離画像データにおいて、形状モデルの正確性が十分であるかどうかを判断する手法について述べる。

3.1 注目点とその近傍の設定

光学式三次元スキャナは、スキャンラインに沿って形状の計測を行うため、計測時の三次元スキャナの画像平面に投影された計測点群は、格子状の規則的な配列をなす。この配列を利用して、全ての計測点に対する近傍点群を選出する。

3.2 マスクの設定

注目点と最近傍点、それ以外の1近傍点の3点を組とする三角形を構成しその法線をベクトル積により求める。近傍点の数点に対し同様の処理を行い、法線ベクトルを各々求める。それらの平均を注目点の法線とする。求めた法線をもとに接平面を定めその上に円形のマスクを設定する。

3.3 点密度の計算

計測点群の各点における接平面に近傍点群を投影し、マスク内に投影された点の個数を点密度とする。

3.4 点密度による評価

高い点密度をもつ点が密集している領域は形状モデルの正確性が高く、逆に点密度の低い点が集中している領域は

[†]奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology



図 2: 実物体



図 4: 再計測方向 (矢印) と再計測部位の拡大図



図 3: 点密度による形状モデルの評価例



図 5: 再計測結果とその拡大図

再計測候補部位と考えられる。点密度の高低に応じて点の色を変えてレンダリングすることで、計測済み形状モデルの状況確認を促す。

3.5 再計測の指示

散在する再計測候補部位の各々に対し、含まれる点群の平均法線方向を求め、再計測時の三次元スキャナの適切な方向とする。再計測候補部位の中心に向けて、平均法線方向から再計測するよう指示をする。

4. 実験

本手法の有効性を確かめるため、ミノルタ製三次元デジタルカメラの VIVID700 を用いて図 2 の実物体 (縦横共に 15cm 程度) を計測し、計測された形状モデルの正確性を点密度を用いて評価した。点密度の高低を各点の色の濃淡に対応させてレンダリングを行った。色の濃い点は点密度が高い点であり、これらが密集している領域では形状モデルの正確性が高いとする。色が薄い点は点密度が低い点であり、これらが集中している領域を再計測候補部位とする。形状モデルに対する正確性の評価結果を図 3 に示す。図 3 において、点密度を求める際に用いるマスクの大きさを直径 6mm とし、点密度の閾値は、色の濃い領域から順に 11 点以上、10 点から 8 点、7 点以下 (再計測が必要) とした。

次に、散在する再計測候補部位の中から特に図 4 において四角で囲まれている領域に注目し、再計測時の三次元スキャナの適切な方向を推定した。その結果を図 4 左の矢印で指示した。また、注目領域を拡大したものが図 4 の右である。指示に従って再計測した結果を図 5 左に、注目領域の拡大図を図 5 右に示した。

5. 考察

本実験で用いた計測機器の VIVID700 はレーザービームを走査することによって対象物体の表面形状を得る光学スキャナである。これらの機器は、レーザービームの光軸と対象物体表面の法線が平行だと計測点群の点密度が高く、

垂直に近づくにつれて計測される点密度が低くなるという特性を持つ。また、対象物体表面の凹凸が激しい部位においては、様々な方向からの計測が必要となる。本実験の結果である点密度による形状モデルの評価例では、形状モデルの正確性が劣った部位の発見が容易であり、点密度は形状モデルの正確性を評価する基準として有用といえる。また再計測方向の指示に従って計測した結果、形状モデルの正確性が向上したため、提案手法を用いて再計測時に適切な計測機器の方向の指示ができることが確認できた。

6. おわりに

本稿では、取りこぼしの少なく、時間効率のよい計測を行うための支援システムを提案した。点密度を判断基準として用いることで、形状モデルの正確性による領域の区分ができ、再計測時に適切な計測機器の方向を推定できることを確認した。今後は、複数の計測結果を統合する位置合わせ方法と、その際の形状モデルの正確性の判断基準を検討する。また、計測機器と対象物体の位置関係を把握し、再計測時の計測機器の位置・方向を明確に表示する予定である。

謝辞 本研究の一部は、科学技術振興機構 (JST) の戦略的基礎研究推進事業 (CREST) 「高度メディア社会の生活情報技術」プログラムの支援によるものである。

参考文献

- [1] 佐藤, 塚本, 遺物・遺構の三次元計測と認識, 電子情報通信学会会誌, Vol.56, No.4, pp.554-557 (2002)
- [2] 金谷, 安川, 眞鍋, 千原, 遺跡・遺物のデジタルアーカイブのための形状サーフェスモデル生成法, 日本情報考古学会誌, Vol.9, No.1, pp.1-12 (2003)
- [3] 芳賀, 佐藤, 全周形状計測のためのハンドプロジェクタ型 MR 支援システム, 日本バーチャルリアリティ学会第 8 回年次大会, pp.537-538 (2003)