

多視点画像を用いたアンティークミシンの3次元モデル生成

高橋翔^{†‡} 清水郁子[†][†]東京農工大学大学院工学府

1 はじめに

博物館等に収蔵されている立体資料をデジタルアーカイブする際には3次元形状データを取得するが、アンティークミシンは光沢が強く黒い部分が多いため、3次元形状が直接得られるレンジセンサ等を用いて計測すること困難である。そこで本研究では多方向からカメラで撮影した画像を用い、Structure from Motion(SfM) [1]と視体積交差法 [2] を合わせて用いることで3次元モデリングの精度の向上を行う。SfMは画像間での特徴点の対応関係をもとに3次元形状を復元すると同時にカメラの撮影位置などのカメラパラメータも復元できるが、模様のない部分の形状が得られない。視体積交差法はシルエット画像とカメラパラメータをもとに3次元形状を復元する手法であり、SfMで復元したカメラパラメータを用いて輪郭部分の形状を得ることができる。視体積交差法の3次元モデルをSfMの3次元モデルに合わせて変形させることで互いの手法では復元が困難な部分の形状復元を行う。

2 SfMを用いた3次元形状の復元

SfM [1] は多方向からカメラで撮影した画像をもとに画像間の特徴点の対応関係から3次元形状とカメラの姿勢情報を復元する方法である。処理の流れは以下のようなになる。

- (1) 特徴点の抽出とマッチング
- (2) カメラパラメータの推定
- (3) 3次元位置の推定とバンドル調整

(1) ではAKAZE(Accelated KAZE Feature) [4] を利用して画像から特徴点を抽出し、画像間で特徴点のマッチングを行って、画像感の対応を求める。(2) では特徴点の対応関係を用いて8点アルゴリズム [5] でカメラ座標系におけるカメラの位置と姿勢を推定する。(3) では特徴点の対応関係とカメラパラメータを用いて各対応点の3次元位置を推定し、最後にこれまでに用いたすべての画像の対応点を利用してすべての対応点の3次元位置とカメラパラメータを更新する。(1)~(3)までの処理を画像が1枚ずつ追加しながら繰り返すことで3次元形状の復元する。

3 視体積交差法を用いた3次元形状の復元

視体積交差法 [2] はカメラパラメータが既知であるカメラにより撮像された対象物体のシルエット画像を用いて対象物体の3次元形状を復元する方法である。処理の流れは以下のようなになる。

- (1) 撮影画像からシルエット画像を生成
- (2) シルエット画像に各ボクセルを投影
- (3) 投影点が対象物体に含まれていないボクセルの削除

(1) では画像の2値化により撮影画像から対象物体を抽出する。(2) では撮影領域にボクセルを等間隔で配置し、各ボクセルをカメラパラメータを用いてシルエット画像に投影する。(3) では投影点がシルエット画像の対象物体領域に含まれていないボクセルを削除する。(1)~(3)を各撮影画像ごとに行い、最終的に残ったボクセルが各画像の視体積の積集合 (Visual Hull) となる。本論文では3次元モデルの変形を行うため、Visual Hullの内部の点群を取り除く。

4 視体積交差法の3次元モデルの変形

SfMでは画像間の特徴点の対応関係で3次元モデリングするため、特徴量が少ない部分の復元ができず、視体積交差法では各シルエット画像の輪郭情報で3次元モデリングするため、画像から輪郭にならない対象物体の凹みは復元できない。そこで視体積交差法の3次元モデルをSfMの3次元モデルに合わせて図1のような変形を行うことで、SfMでは復元できなかった特徴量の少ない部分を視体積交差法の形状を用い、視体積交差法では復元できなかった凹みや平面の形状をSfMの形状を用いて改善する。

視体積交差法の3次元モデルを構成する各点とSfMの3次元モデルを構成する各点のユークリッド距離を求め、一定の範囲内にSfMの点群がない場合はSfMの欠損部分として視体積交差法の形状をそのまま用いる。変形範囲 R 内にSfMの点群がある場合は範囲内の点群の座標の平均値を求め、その座標に視体積交差法の点を変形を行う。このままではSfMと視体積交差法の復元されている形状が似ている部分に対しても変形が行われてしまうため、範囲 r 内にSfMの点がある場合も変形を行わないよう変形範囲に下限を設ける。

3D model generation of antique sewing machine using Multi-view images

Sho Takahashi^{†‡} Ikuko Shimizu[†]

[†]Graduate School of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, 184-8588, Tokyo, Japan

[‡]s169322z@st.go.tuat.ac.jp

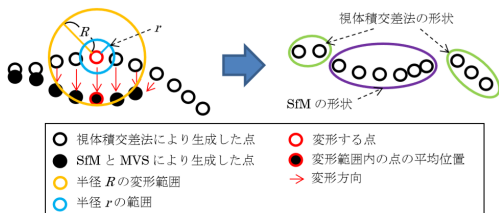


図 1: 3次元モデルの変形方法

5 撮影画像を用いたマッピング処理

視体積交差法の3次元モデルは色が復元されていないため、詳細な形状が確認できない。そこでSfMで推定したカメラパラメータと撮影画像を用いて色の復元を行う。撮影画像は対象物体の周囲から撮影されていることを仮定しており、3次元モデルの各点を一番近いカメラで撮影された画像に投影し、投影点の色をその点の色とする。

6 結果

実験では図2のようなアンティークミシン画像40枚を用いた。SfMでは図3のような結果が得られた。模様部分は復元できているが、黒一色の部分はうまく復元できていないことがわかる。一方で、シルエット画像(図4)を40枚生成し、SfMで推定したカメラパラメータを用いて視体積交差法を行った結果は図5のような結果が得られた。針やプーリーなど細かい部分もある程度復元できているのが分かる。しかし、詳細を調べると、ベッドが膨らみ、プーリーの繋ぎ目部分の凹みが復元できていない。ベッドやプーリーの繋ぎ部分はその輪郭が残るように真横から撮影できれば復元可能だが、全ての部品を輪郭になるような視点から撮影するのは困難である。

図3のSfMの3次元モデルに合わせて図5の視体積交差法の3次元モデルを変形した結果を示す。下限を設けずに変形を行った結果が図6、提案手法(下限付きの変形)により得られた結果が図7である。下限を設けずに変形すると、変形の必要のない部分に対しても変形されてしまい、アームが縮んでしまっていることがわかる。一方で、提案手法では下限を付けて変形を行っており、ベッド、プーリーの繋ぎ目部分の膨らみが和らぎ、アームの縮みも軽減された。しかし、ベッドの縁の模様がある部分の膨らみが取れていないのがわかる。

7 まとめ

本論文ではSfMによって復元した3次元モデルに合わせて視体積交差法によって復元された3次元モデルを変形させることで、SfMでは特徴量が少なく復元できなかった部分を視体積交差法の3次元モデルで補い、視体積交差法でうまく復元できなかったベッドの平面やプーリーの膨らみが改善された。しかし、ベッドの模様のない部分では変形後の点の密度が低くなり、隙間



図 2: 撮影画像

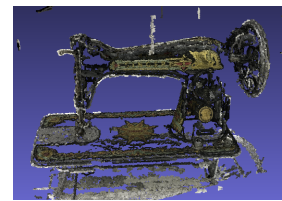


図 3: SfM の結果

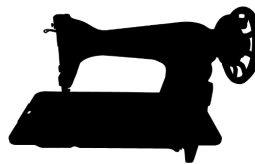


図 4: シルエット画像



図 5: 視体積交差法の結果



図 6: 下限なし変形により得られた3次元モデル



図 7: 提案手法の結果(下限付き変形)



ができてしまった。また、カメラの位置情報だけでは3次元モデルの凹凸が激しく、複雑な部分のマッピングがうまくいかなかった。今後は問題を解決する変形方法とマッピング方法の再検討する必要がある。

参考文献

- [1] N.Snavely, et al., "Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D", The ACM Special Interest Group on Computer GRAPHics and Interactive Techniques, Vol. 25, No. 3, pp. 835-846, 2006.
- [2] 他, "平面間透視投影を用いた並列視体積交差法", 情報処理学会論文誌: Vol.42, No. SIG6, pp. 33-43, 2001.
- [3] D. G. Lowe, "Object Recognition from Local Scale-Invariant Features", Proc. of IEEE International Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp. 1150-1157, 1999.
- [4] P. F. Alcantarilla et al., "Fast Explicit Diffusion for Accelerated Features in Nonlinear Scale Spaces", Proc. of British Machine Vision Conference (BMVC), 2013.
- [5] R. I. Hartley, "In Defense of the Eight-Point Algorithm", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 97, No. 6, pp. 580-593, 1997.