

位相限定相関法に基づく動画像からの高精度3次元復元とその性能評価

山尾 創輔†

酒井 修二†

伊藤 康一†

青木 孝文†

†東北大学 大学院情報科学研究科

1 はじめに

3次元復元は、物体の3次元形状を計算機上で復元する技術である[1]。特に、多視点画像からの3次元復元は、複数の視点から撮影するだけで3次元情報を得られるため、広範囲な応用に利用できる[2]。一方で、詳細な3次元形状を復元するためには、多くの視点から撮影された画像が必要となり、ユーザの負担が大きい。動画像を用いることで容易に大量の連続画像を撮影することができるが、画像変形やオクルージョンの影響を抑えて3次元復元をするためには、3次元復元に用いる画像を適切に選択する必要がある。このような3次元復元に適した画像の選択は、画像を撮影したカメラの位置と復元対象の形状に依存する。従来の多視点画像からの3次元復元手法[2]では、物体形状を考慮した画像の選択を行っていないため、動画像を入力しても高精度に3次元復元を行うことができない。これに対して、本稿では、動画像から3次元復元に最適な画像を選択し、高精度に3次元復元を行う手法を提案する。提案手法では、カメラ位置の推定と同時に、対象物体の大まかな3次元形状を復元し、その形状に基づいて、詳細な3次元復元のためのフレームを選択する。そして、位相限定相関法(Phase-Only Correlation: POC)に基づく対応付け手法[3]を用いて、高精度かつ密な3次元点群を復元する。本稿では、手持ちのカメラで撮影した動画像を用いた実験を行い、提案手法の有効性を示す。

2 位相限定相関法に基づく動画像からの高精度3次元復元

提案手法は、図1に示すように、(i)動画像のトラッキング、(ii)疎な3次元復元、(iii)三角形メッシュモデルの生成、(iv)密な3次元復元の4つの処理で構成される[4]。動画像のトラッキングでは、POCに基づく対応付け手法を用いて、画像から検出された特徴点を追跡する。疎な3次元復元においては、5点アルゴリズム[5]とKneipらの手法[6]により、カメラ位置の推定と疎な3次元点群の復元を行う。三角形メッシュモデル

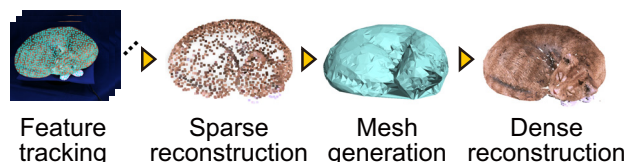


図1: 提案手法の処理フロー

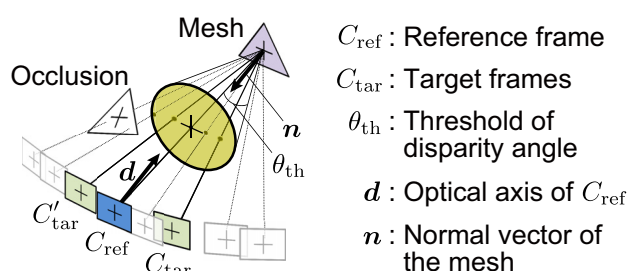


図2: ステレオマッチングに用いるフレームの選択

の生成においては、疎な3次元点群をドロネー四面体分割し、グラフカットにより物体の粗い三角形メッシュモデルを生成する。密な3次元復元においては、図2のように、各三角形メッシュごとに、画像マッチングに適したフレームを選択し、密な3次元点群を復元する。以下では、(iv)の詳細について説明する。まず、オクルージョンがないフレームの中で、メッシュと正対するフレームを選択し、 C_{ref} とする。次に、 C_{ref} との視差角が閾値以下で、かつ、最大となるフレームを選択し、 C_{tar} とする。また、 C_{ref} を中心として C_{tar} と対称に位置するフレームを選択し、 C'_{tar} とする。そして、 C_{ref} と C_{tar} 、および、 C_{ref} と C'_{tar} のそれぞれについて、画像間における局所的な変形を補正し、POCを用いて密な画像マッチングを行う。最後に、 C_{tar} と C'_{tar} の間の密な対応点に対して三角測量の原理に基づいて3次元復元する。以上の処理を全ての三角形メッシュについて行うことで、物体の詳細な3次元形状を復元する。

3 性能評価実験

性能評価実験を通して提案手法の有効性を実証する。本稿では、従来手法として、Visual SfM [7]によるカメラ位置の推定と、PMVS2 [2]による密な3次元点群

High-accuracy 3D Reconstruction Based on POC from Video Sequences and Its Performance Evaluation
†Sosuke YAMAO †Shuji SAKAI †Koichi ITO †Takafumi AOKI
†Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

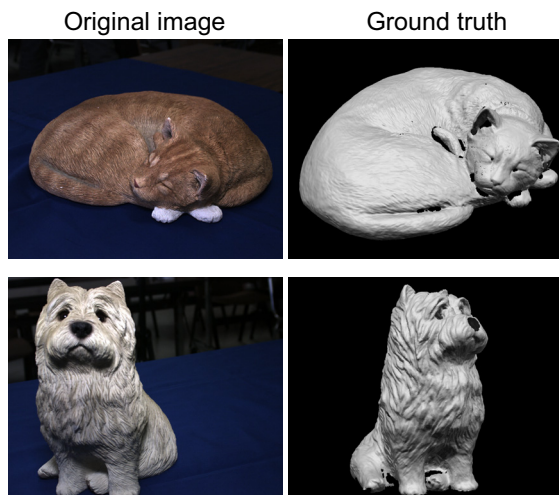


図 3: 動画像の例 (1 列目) と真値の 3 次元メッシュモデル (2 列目)

の復元を用いる。実験では、図 3 に示すように、猫の置物 (W30cm × D30cm × H10cm) と犬の置物 (W20cm × D15cm × H20cm) を手持ちのカメラで撮影した動画像を用いる。Point Grey Research 社製のカメラ Flea 3 (FL3-U3-13E4C-C) および SPACECOM 社製のレンズ JHF12M-MP を使う。各フレームは、1,280 × 1,024 画素のカラー画像である。フレーム数は、いずれも 400 フレームである。コニカミノルタ社の 3 次元スキャナ VIVID910 を用いて計測した 3 次元メッシュモデル (図 3) を真値として、復元した 3 次元点群を ICP (Iterative Closest Point) で位置合わせをしたときの誤差を復元誤差とする。

従来手法および提案手法の 3 次元復元結果、誤差マップ、3 次元復元誤差の RMS (Root Mean Square)、3 次元復元点数を図 4 に示す。ただし、従来手法の 3 次元復元結果における外れ点がおおよそ 3mm 以上であることを考慮して、3 次元復元誤差の範囲を 0mm から 3mm とする。実験結果より、提案手法を用いることで、従来手法よりも高精度、かつ、密な 3 次元点群を復元できることが確認できる。

4 まとめ

本稿では、位相限定相関法に基づく動画像からの高精度 3 次元復元手法を提案し、その性能評価を行った。提案手法を用いることで、従来よりも高精度な 3 次元復元が可能であることを示した。

参考文献

[1] R. Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer-Verlag New York Inc., 2010.

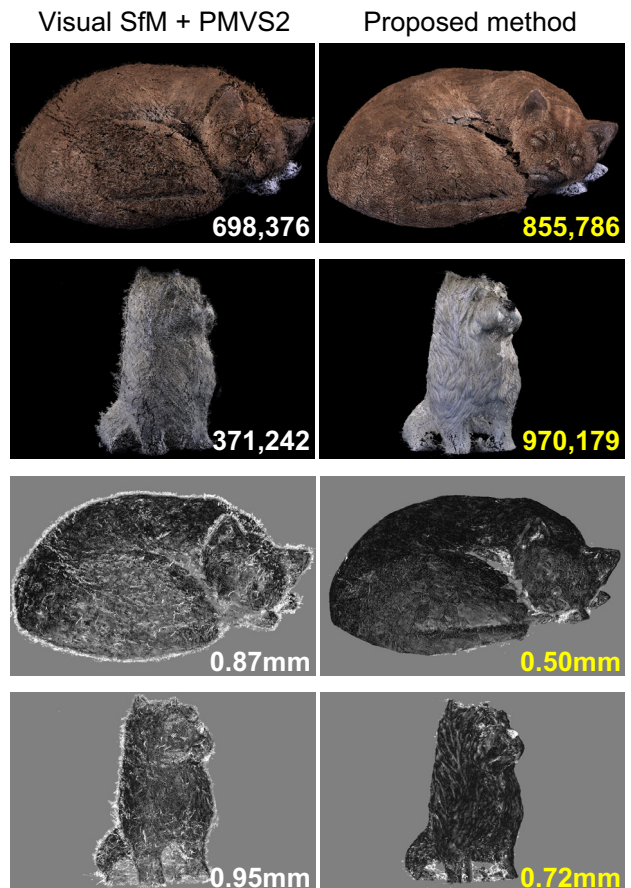


図 4: 従来手法 (1 列目) と提案手法 (2 列目) の 3 次元復元結果 (1-2 行目の数値は 3 次元復元点数) と誤差マップ (3-4 行目の数値は 3 次元復元誤差の RMS: 黒 (0 mm) ~ 白 (3 mm))

[2] Y. Furukawa and J. Ponce, “Accurate, dense, and robust multiview stereopsis,” IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.32, no.8, pp.1362–1376, Aug. 2010.

[3] K. Takita, M.A. Muquit, T. Aoki, and T. Higuchi, “A sub-pixel correspondence search for computer vision applications,” IEICE Trans. Fundamentals, vol.E87-A, no.8, pp.1913–1923, Aug. 2004.

[4] 山尾創輔, 酒井修二, 伊藤康一, 青木孝文, “ステレオマッチングに最適な動画像のフレーム選択に基づく 3 次元復元手法の検討,” 映像情報メディア学会技術報告, vol.37, no.36, pp.19–22, Aug. 2013.

[5] D. Nistér, “An efficient solution to the five-point relative pose problem,” IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.26, no.6, pp.756–770, Oct. 2004.

[6] L. Kneip, D. Scaramuzza, and R. Siegwart, “A novel parametrization of the perspective-three-point problem for a direct computation of absolute camera position and orientation,” Proc. Int’l Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp.2969–2976, Jun. 2011.

[7] C. Wu, “VisualSfM: A Visual Structure from Motion System,” <http://homes.cs.washington.edu/~ccwu/vsfm/>.