

大物体の三次元形状推定におけるフォトメトリックステレオ法

菊地悠李† 田村仁†

日本工業大学工学研究科機械システム工学専攻†

1. はじめに

実際の物体を三次元形状復元するためには 3D スキャナが用いられる。3D スキャナは近年、手ごろな価格で入手可能となったが、それでも広範な層にとっては依然としてハードルが高い。そこで本研究では、より手軽に三次元形状復元を行う手法を検討する。そこで本研究ではできるだけ安易に三次元形状復元を行う手法を検討する。

三次元形状復元を行う手法としては大きく 2 つあり、局所的な形状復元方法として photometric Stereo 法というのがある。これは、固定したカメラを使用し、三次元形状復元したい対象の物体に光源を当て、その光源方向を変化させた画像を複数枚取得し、その光源方向の情報をもとに対象物体の表面法線を推測し、対象物体のノーマルマップを取得するというものである。しかしこの手法だけでは奥行きがないため、3D モデル化できない。もう一つ、大域的な形状復元方法としてデプス画像を利用したものがある。これは機械学習によってデプス画像を生成し、その画像の特徴量によって奥行きを再現するものである。この手法では奥行きがあるため 3D モデルとして復元することができるが大域的な情報しか持っていないため、局所的な再現性に問題がある。そのため

Photometric Stereo 法とデプスマップを使用した方法を組み合わせることで復元する 3D モデルをより詳細にする手法を提案する。

2. 関連研究

本研究では Photometric Stereo 法とデプスマップを用いた三次元形状復元を行う。

Photometric Stereo 法には多様な手法が存在し、例えば非キャリブレーションライトを使用するもの(2)や、カラーライトを使用するもの(3)などがある。しかし、Photometric Stereo 法全般に言えることだが、光源方向の限定や暗室などの環境が必要になる。今回はこれらの制約を克服している SDM-UniPS(1)を選択した。次にデプスマップ生成のために、画像一枚からデプスマップを生成できる MIDaS(5)を選択した。

3. 実験方法

対象物体に対して光源方向を変えながら 10 枚の画像を撮影し、1 枚のマスク画像を加えて SDM-UniPS の入力画像とし、ノーマルマップを出力する。

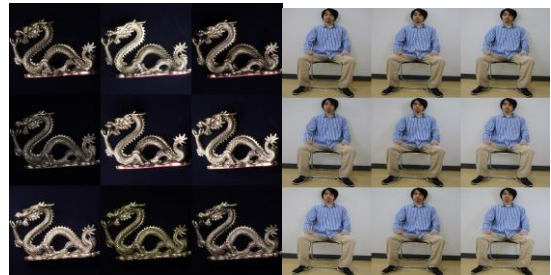


図 1 SDM-UniPS における入力画像

また、撮影した 10 枚のうちの 1 枚を MIDaS で処理し、デプス画像を生成する。このデプス画像を用いて Blender で三次元形状復元を行う。実際に三次元形状復元を行い、デプス画像による復元とノーマルマップを適用した 3D モデルの再現性を確認する。対象物体としては、人間や小物を用い、MIDaS の動作確認として形状が単純なものも出力する。



図 2 MIDaS による出力画像

実際に三次元形状復元を行うことでデプス画像における三次元形状復元と三次元形状復元にノーマルマップを適用した際の 3D モデルの再現性を確認し、現在のデプス画像出力とノーマルマップの実用性を確かめる。対象物体はノーマルマップの実用性の確認で、人間、小物を MIDaS の動作の確認として形状が単純なものに加え人間、小物とする。



図 3 単純な形状を持つ物体

4. 結果

人物や小物に対する SDM-UniPS のノーマルマ

†Photometric Stereo Method for 3D Shape Estimation of Large Objects

†Yuri Kikuchi

†Hitoshi Tamura,

†Nippon Institute of Technology Department of Faculty of Advanced Engineering Department of Robotics

ップ出力結果を図 4 に示す。

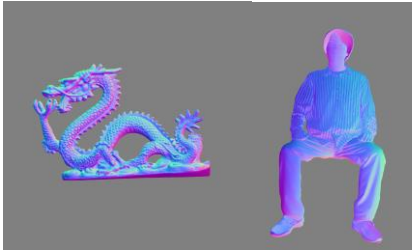


図 4 SDM-UniPS の出力結果

SDM-UniPS による出力は細部まで詳細に再現されている。次に、MIDaS によるデプス画像出力を用いた三次元形状復元の結果を図 5 に示す。

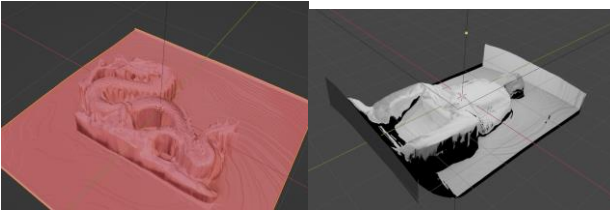


図 5 MIDaS での出力結果をもとにした三次元形状復元
小物の出力は安定しているが、人物では膝や首がつぶれて再現できていない。さらに、ノーマルマップを適用した 3D モデルの結果を図 6 に示す。

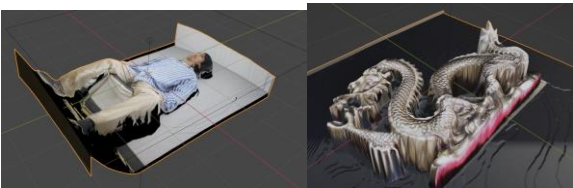


図 6 ノーマルマップを適用した 3D モデル

細かいしわや鱗が再現されていることがわかる。次に MIDaS の動作確認として、単純な形状を持つ物体で出力を行った結果を図 7 に示す。

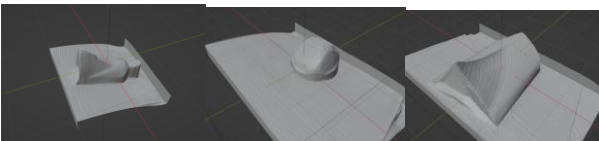


図 7 MIDaS の動作確認

今回完全な正面からの撮影ではなく、斜めからの撮影を行った、ボール以外の物体はカメラに近いほど過度に大きい値が出力されているのが三次元形状復元によってわかる。三次元形状復元の結果では凹型の構造になることはなかったため、三次元形状復元の傾向としては誤った結果を出力していないように見える。

5. 考察

SDM-UniPS の出力精度は高く、ノーマルマップの適用において十分であるが、図 5 の結果から MIDaS の出力は不十分であることが分かる。特に人物の首や膝の再現がうまくいかない。これは背

景を含めてデプス画像を生成する都合上、人間の奥行きを再現する幅が狭くなり、細部の再現が難しいためである。また、膝がカメラに近すぎる場合に再現がうまくいかないことが考えられる。小物に関しては比較的再現できているが、細部はつぶれて一部飛び出して再現されている。正面からの撮影が再現性を向上させると思われる。

図 7 では単純な形状を持つ物体の再現を行ったが、カメラに近い部分ほど物体が大きく再現されている。これはカメラのレンズのゆがみの影響を受けている可能性がある。ボトル状物体の場合、さほどカメラに近くないにもかかわらず大きくゆがんで再現されている。このことから、MIDaS はカメラのレンズによって影響を受け、また、斜めからの撮影では再現がうまくいかないことが分かった。人物など大きな物体の再現では背景の分、奥行き情報が不足し、のっぺりとした形状になってしまった。

今後は、これらの結果を踏まえ、デプス画像の出力を改善するために、複数枚の画像を入力してデプス画像を生成する出力機の作成を検討する。

6. 終わりに

本研究では SDM-UniPS と MIDaS を用いて三次元形状復元を行った。SDM-UniPS によるノーマルマップの出力は安定していたが、MIDaS によるデプス画像の出力は人物の膝や首の表現に難があり、単純な形状の物体では斜めからの撮影に弱いことが分かった。これらの結果を踏まえ、今後は複数枚の画像を入力してデプス画像を生成する出力機の制作を検討していく。

参考文献

- (1) Satoshi Ikehata: Scalable, Detailed and Mask-Free Universal Photometric Stereo. In CVPR, 2023
- (2) Guanying Chen, Kai Han, Boxin Shi, Yasuyuki Matsushita, and Kwan-Yee K Wong, "Self-calibrating deep photometric stereo networks," in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2019, pp. 8739–8747.
- (3) Phillip Isola, Jun-Yan Zhu, Tinghui Zhou, Alexei A. Efros. : Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks. In CVPR, 2018
- (4) René Ranftl, Katrin Lasinger, David Hafner, Konrad Schindler, Vladlen Koltun; "Towards Robust Monocular Depth Estimation: Mixing Datasets for Zero-shot Cross-dataset Transfer" Computer Vision and Pattern Recognition, August 2020