

スカイモデルに基づく屋外照度差ステレオの高精度化

猪瀬健二^{1,a)} 清水翔太^{4,b)} 川上玲^{2,c)} 向川康博^{2,d)} 池内克史^{3,e)}

1. はじめに

近年、建物や構造物、または街全体といった巨大な対象物体の三次元形状情報を取得することへの需要が高まっている。物体の三次元モデルを取得する方法として、レーザーレンジセンサが産業界で広く使われており、また、多視点ステレオなどの写真測量による復元手法の研究も盛んである。しかしながら、これらの手法は 3 次元点を高精度に計測できるようになっている一方で、計測時のノイズやメッシュ統合などの後処理によって法線情報の精度が落ちてしまう。

一方で法線が直接計測できる手法として照度差ステレオが提案されている。照度差ステレオは、異なる照明下で撮影された画像の陰影変化を手掛かりに物体表面の法線分布を高精度に推定する手法である [6]。照度差ステレオはこれまで様々な手法が提案されているが、照明環境の制御の困難さから、多くの手法は屋外環境への適用が難しく、屋外環境への適用は現在も注目されている研究である。

そこで、本論文では屋外における照度差ステレオの精度向上のために天空光を考慮した手法を提案する。天空光の影響をスカイモデル [4] を用いて正確に表現することによって、照度差ステレオを適用する際に誤差を引き起こしてしまう環境光（天空光）成分を分離し、太陽光成分のみを用いて、より精度の高い法線推定を可能にする。さらに本手法では、デプスを用いた 2 光源照度差ステレオ [7] を拡張した。これを用いることによって多視点ステレオで得られた初期デプスから初期法線を取得すれば、太陽光線情報が黄道上にしかサンプリングできないような 1 日の撮影データのみから照度差ステレオによる法線推定が可能と

なる。

2. 提案手法

我々の手法は、スカイモデルを用いて正確に天空光成分を復元し、それが物体に与える影響を除去することで正確な法線を求める。また、2 光源照度差ステレオを拡張することで、同日に屋外で撮影された画像列から照度差ステレオを行う。図 1 は本手法の概要図であり、以下のフローで実行される。

step1 初期法線推定（多視点ステレオ）

step2 太陽光と天空光成分の復元

step3 直線軌道光源を用いた照度差ステレオ

step4 step.2 と step.3 の繰り返し

step1 では、複数視点から撮影された画像列を入力として、初期の法線マップを取得する。初期法線は多視点ステレオ法によって得られる形状情報からメッシュを生成し、そのメッシュの面情報から計算する。実験では、Snavely ら [5] が提案したバンドルアジャストメント、古川ら [1] が提案した Patch based multi-view stereo (PMVS) による多視点ステレオ、Poisson Surface Reconstruction (PSR) [3] によるメッシュ生成手法をそれぞれ用いた。**step2** では、**step1** で得られた初期法線とスカイモデルを用いて太陽光成分と天空光成分を生成する。太陽光成分と天空光成分の和における太陽光成分の占める割合を係数として求め、照度差ステレオに用いる撮影画像列に対して係数倍することにより天空光成分の除去を行う。スカイモデルのパラメータ推定には、魚眼画像を用いる。**step3** では、**step2** で得られる画像列を入力として照度差ステレオを行う。入力画像列から選ばれる 2 枚の画像の組み合わせごとに、Zhang ら [7] の手法によって法線の解候補を求める。これらの解候補を用いて、肥後ら [2] の RANSAC 手法により法線を算出する。

3. 実験

提案手法の効果を確認するため、鎌倉大仏（図 2）に対して本手法を適用した。カメラについては、多視点ステレオと照度差ステレオに関しては Canon 5D Mark2、スカイモデルのパラメータ推定に用いる天球画像の撮影に関しては

¹ 東京大学大学院 学際情報学府, 〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

² 大阪大学 産業科学研究所, 〒 567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1

³ 東京大学大学院 情報学環, 〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

⁴ 東京大学大学院 情報理工学系研究科, 〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

a) inoken@cvtl.iis.u-tokyo.ac.jp

b) shimizu@cvtl.iis.u-tokyo.ac.jp

c) rei@am.sanken.osaka-u.ac.jp

d) mukaigaw@am.sanken.osaka-u.ac.jp

e) ki@cvtl.iis.u-tokyo.ac.jp

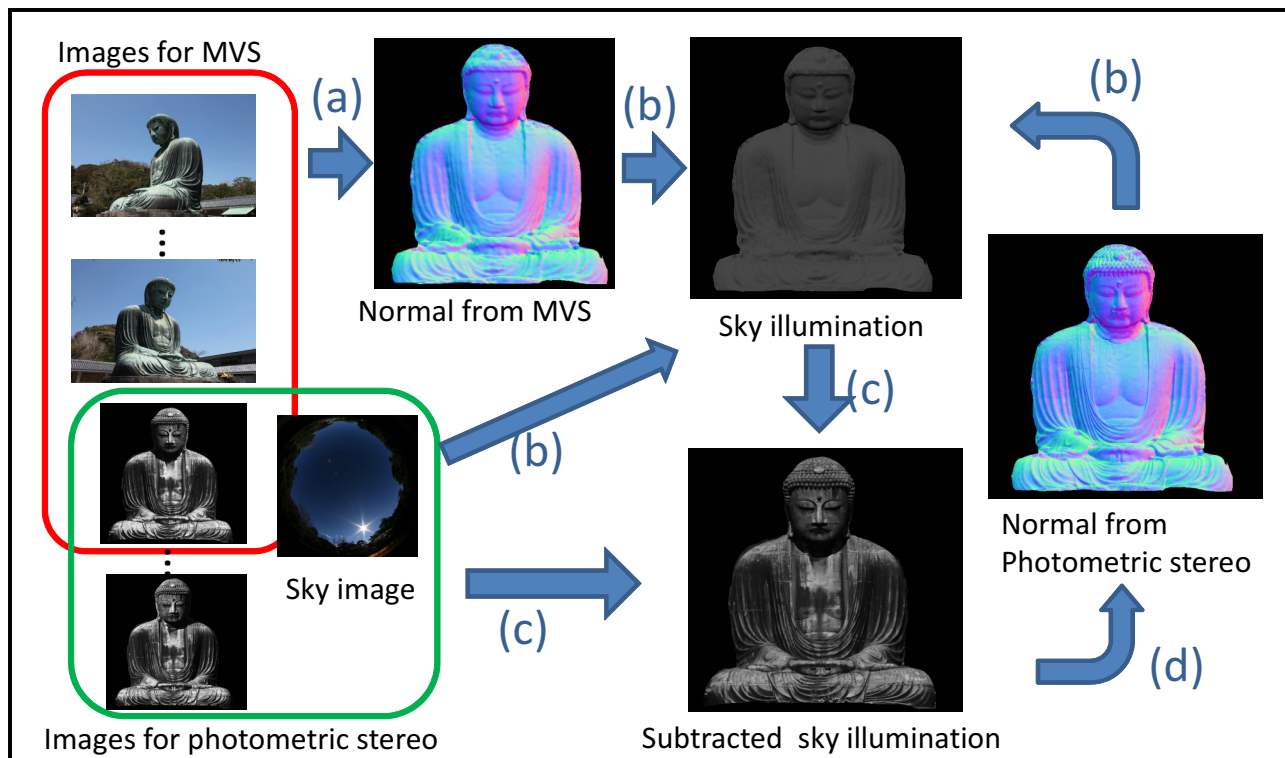


図 1 提案手法の概要図。入力画像は照度差ステレオのための時系列画像と多視点ステレオのための複数視点画像とスカイモデル推定のための魚眼画像となる。



図 2 実験対象：鎌倉大仏。

魚眼レンズを取り付けた Canon Eos Kiss を使用した。多視点ステレオによる初期形状復元には、24 枚の画像を用いた。また、照度差ステレオには 64 枚の画像を用いた。図 3 に復元された法線マップを示す。図 3 より提案手法が多視点ステレオによって得られる法線マップよりも高精細であることが確認できた。

謝辞 本研究は最先端・次世代研究開発支援プログラムにより助成されたものです。

参考文献

- [1] Furukawa, Y. and Ponce, J.: Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis, *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 32, No. 8, pp. 1362–1376 (2010).
- [2] Higo, T., Miyazaki, D. and Ikeuchi, K.: Multi-View Photometric Stereo using Rough Shape Data, *MIRU* (2008).
- [3] Kazhdan, M., Bolitho, M. and Hoppe, H.: Poisson surface reconstruction, *Proceedings of the fourth Eurographics symposium on Geometry processing*, SGP '06, Aire-

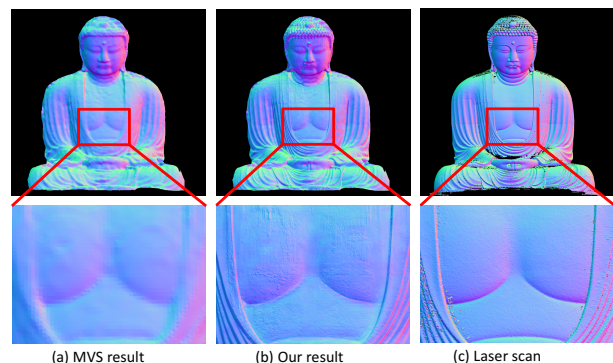


図 3 復元された鎌倉大仏の法線マップ。提案手法 (b) は多視点ステレオ (a) よりも高精細に形状が復元されている。

- la-Ville, Switzerland, Switzerland, Eurographics Association, pp. 61–70 (2006).
- [4] Preetham, A. J., Shirley, P. and Smits, B.: A practical analytic model for daylight, *Proceedings of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, SIGGRAPH '99, New York, NY, USA, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., pp. 91–100 (1999).
- [5] Snavely, N., Seitz, S. M. and Szeliski, R.: Photo tourism: Exploring photo collections in 3D, *SIGGRAPH Conference Proceedings*, New York, NY, USA, ACM Press, pp. 835–846 (2006).
- [6] Woodham, R. J.: Photometric method for determining surface orientation from multiple images, *Optical Engineering*, Vol. 19, No. 1, pp. 139–144 (1980).
- [7] Zhang, Q., Ye, M., Yang, R., Matsushita, Y., Wilburn, B. and Yu, H.: Edge-preserving photometric stereo via depth fusion, *CVPR*, pp. 2472–2479 (2012).