

修士学位論文要約（平成29年3月）

# 多視点マルチバンド画像からの3次元復元と色再現に関する研究

伊藤 秀哉

指導教員：青木 孝文

## 3D Reconstruction and Color Reproduction from Multi-View and Multi-Band Images

Shuya Ito

Supervisor: Takafumi AOKI

Accurate rendering of a target object is required for digital archiving. This paper proposes a 3D reconstruction method with color reproduction from multi-band and multi-view images. The proposed method consists of 5 steps: (i) feature tracking, (ii) sparse 3D reconstruction, (iii) mesh generation, (iv) dense 3D reconstruction and (v) color reproduction. We create multi-band and multi-view image datasets for quantitative performance evaluation. Through a set of experiments using our datasets, we demonstrate that our proposed method exhibits efficient performance of reconstructing a high-quality 3D model from multi-band and multi-view images.

### 1. はじめに

近年，文化資源の保護・保全などを目的として，文化財をデジタルデータで保存するデジタルアーカイビングが博物館，研究機関などで進められている。特に，人形などの立体物は，その形状および色を正確に計測する必要がある。3次元形状は，多視点画像を用いることで推定可能である。色情報は，複数の波長帯域で撮影されたマルチバンド画像を用いることで推定可能である<sup>1)</sup>。計測対象の形状は多視点画像を用いて復元することができ，計測対象の色はマルチバンド画像を用いて再現することができる。多視点画像もマルチバンド画像もカメラで撮影できるため，複数視点からマルチバンド画像を撮影することで，計測対象の形状と色を同時に求めることが可能である。本論文では，複数視点からマルチバンド画像を撮影することで，対象物体の3次元形状と色を同時に求める手法を提案する。多視点画像を用いた3次元復元では，高精度に画像対応付け手法が必要である。本論文では，位相限定相関法 (Phase-Only Correlation: POC) を用いた3次元復元手法<sup>2)</sup>とマルチバンド画像のためのPOC<sup>3)</sup>とを組み合わせることで，高精度な3次元復元を行う。立体物の色再現では，複数視点で撮影された画像から，色再現に適切な画像を選択する必要がある。本論文では，復元された3次元形状を利用することで，物体の局所的な形状を考慮した色再現を行う。作成したデータセットを用いた精度評価実験を通して，提案手法が高精度に対象物体の形状および色を推定できることを示す。

### 2. 多視点マルチバンド画像からの3次元復元と色再現

提案手法は，(i) 画像シーケンスのトラッキング，(ii) 疎な3次元復元，(iii) メッシュモデルの生成，(iv) 密な3次元復元，(v) 色再現の5つの処理で構成される。まず，画像シーケンスの先頭から順番に特徴点の検出と追跡を行う。特徴点の対応付けにはマルチバンド画像のためのPOC<sup>3)</sup>を用いる。次に，SfM (Structure from Motion) を用いてカメラ運動を推定するとともに，疎な3次元点群を復元する。そして，疎な3次元点群から物体の大まかな3次元メッシュモデルを生成する。生成した3次元メッシュモデルをもとに，基線長やオクルージョンを考慮した画像ペアを選択する。選択した画像間でマルチバンド画像のためのPOC<sup>3)</sup>により密な対応付けを行うことで，物体全体を高精度，かつ，密に3次元復元する。色再現では，ステップ(iii)で生成された大まかな3次元メッシュモデルを利用することで，物体の形状を考慮した色再現を行う。各メッシュに対してオクルージョンがなく，なるべく正対するような画像を選択する。復元した3次元点群を選択した画像上に再投影し，各波長の画像の投影点の輝度値から色再現を行う。

### 3. 性能評価

提案手法の有効性を確認するために，多視点マルチバンド画像を撮影し，データセットを作成した。本実験では，照射する照明の中心波長を450, 490, 530, 570, 610, 650, 690, 730nmに変えて，8バンドの画像を360視点分撮影した。精度評価のために，レーザスキャナで計測した対象物体の3次元メッシュモデルを真値とした。従来手法との比較を

表 1 復元誤差の RMS [mm]

	(A) 従来手法	(B) 提案手法
Doll 1	1.53	1.30
Doll 2	1.74	1.32

表 2 分光反射率の推定誤差の RMS: (i) 選択画像, (ii) 選択画像 +50°, (iii) 選択画像 -50°

	(i)	(ii)	(iii)
Doll 1	0.03	0.12	0.19
Doll 2	0.09	0.18	0.12

行うために、白色光源下で RGB 画像を同様に撮影した。撮影は図 1 に示す人形を対象とした。本論文では、従来手法として、山尾らの手法<sup>2)</sup>を用いる。従来手法では、撮影した RGB 画像を用いて復元を行い、提案手法では、撮影したマルチバンド画像を用いて復元を行う。復元精度の評価では、復元点から最も近い真値の点までの距離を復元誤差として用いた。図 2 に、復元された点群と誤差マップを示す。表 1 に復元結果から求めた誤差の Root Mean Square (RMS) [mm] を示す。表 1 より、山尾らの手法と提案手法を比較すると、提案手法の方が高精度な復元ができていることがわかる。これは、マルチバンド画像のための POC を用いることで、特徴点の追跡や密な復元の精度が向上したためである。次に、提案手法による色再現に用いる画像選択の有効性を確認するために、分光反射率の推定精度の評価を行う。提案手法で選択したマルチバンド画像、選択画像から  $\pm 50^\circ$  の画像の 3 パターンの画像を用いて、分光反射率を推定する。分光放射計 SR-3 (TOPCON) により計測した分光反射率を真値として用いる。図 3 に、比較を行った人形の部位を示す。推定した分光反射率と真値との誤差の RMS を表 2 の示す。表 2 から、提案手法により選択した画像を用いることで、高精度に分光反射率が推定できていることが確認できる。図 4 に提案手法で復元された 3 次元点群を示す。

#### 4. まとめ

本論文では、多視点マルチバンド画像を用いた 3 次元復元および色再現手法を提案した。実際に撮影した多視点マルチバンド画像を用いた性能評価実験を通して、提案手法が高精度な 3 次元復元および色再現が可能であることを示した。

#### 文献

- 1) M. Tsuchida et al., "Stereo one-shot six-band camera system for accurate color reproduction," *J. Electronic Imaging*, Vol. 23, No. 3, pp. 033025-1-033025-12, Sept. 2013.

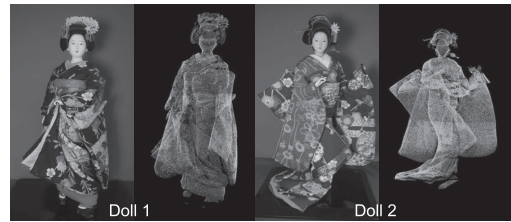


図 1 撮影対象：(a)Doll 1, (b)Doll 2

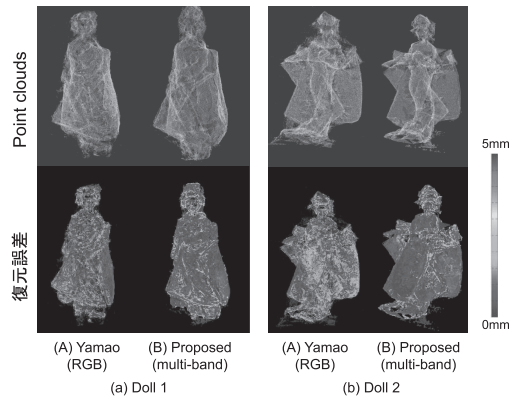


図 2 復元された 3 次元点群（上段）と誤差マップ（下段）

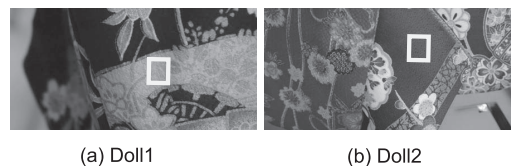


図 3 分光反射率の計測部位（白枠内）：(a) Doll 1, (b) Doll 2

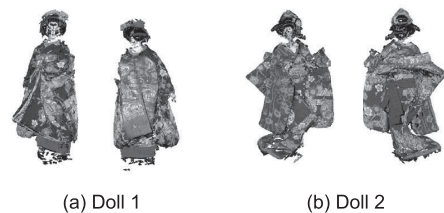


図 4 提案手法で復元された 3 次元点群

- 2) 山尾ほか, “動画像からの高精度・高密度な 3 次元点群の復元に関する検討,” 情報処理学会 CVIM 研究会, Vol. 187, No. 17, pp. 1-8, May 2013.
- 3) M. Tsuchida et al., “Efficient POC-based correspondence detection method for multi-channel images,” *Proc. Color and Imaging Conf.*, pp. 113-118, 2014.