

三次元形状復元とプロジェクションマッピングを組み合わせた 多視点画像撮影支援方式

夏 雪¹ 宍戸 英彦² 松井 敏也³ 北原 格²

筑波大学 大学院エンパワーメント情報学プログラム¹

筑波大学 計算科学研究センター² 筑波大学 芸術系³

1. はじめに

画像情報に基づく三次元情報推定や三次元映像提示などの三次元映像メディア技術の利活用が進んでいる。例えば、遺跡の保存を目的とした活動では、ドローンやモバイルカメラで撮影した画像からの三次元計測や拡張現実を用いた模型展示などの実用事例が報告されている[1]。

遺跡を観測する場合、三次元モデルを取得いは LiDAR スキャナなどの三次元センサがよく用いられている。遺跡全体を高精度に計測可能というメリットがあるが、スキャン装置の導入コストが高いため観測対象が限定されることや、観測頻度が低くなることと言った課題が存在する。保存活動が必要な遺跡は世界各地に数多く存在すること、損壊を発見するためには頻繁な計測が求められることから、我々は、より簡易に計測可能な多視点画像に着目し、それらに SfM (Structure from Motion) を適用することで復元される三次元形状を用いて、遺跡保存活動に資する映像メディア技術の実現に向けた研究に取り組んでいる[2]。

SfM の課題は、一回の撮影で取得可能な範囲がカメラの画角によって制限されるため、大規模物体のスキャン時には、多数回の撮影が必要になることである。また、取得画像枚数が多くても、撮影地点が特定箇所に集中すると全体形状の復元が困難となることや、撮影者が必ずしも三次元画像処理や遺跡保存に詳しくないことにも注意する必要がある。

本稿では、図 1 に示すように、遺跡の三次元模型に撮影した画像群をプロジェクションマッピングすることにより、多視点画像の撮影を支援し、効率的な SfM 処理を実現する方法について述べる。遺跡の模型は、事前撮影した遺跡の多視点画像から復元した三次元形状を 3D プリンタで出力する。撮影画像群をプロジェクションマッピングすることにより、撮影が不十分な領域や、保護活動のために詳細な観察(撮影)が必要な領域の把握を支援する。

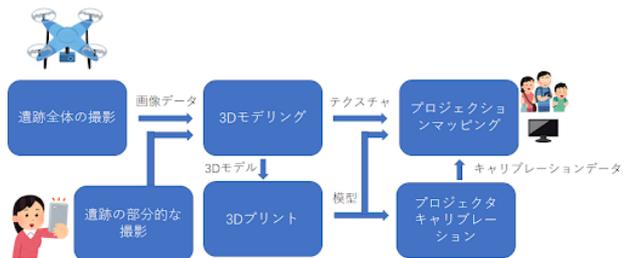


図 1: SfM とプロジェクションマッピングによる撮影支援方式

2. 三次元形状復元とプロジェクションマッピング

2.1. 遺跡模型の生成

被写体の文化的な特徴を損なわず、かつ、全体を網羅的に撮影するためにドローンを用いて多視点画像を撮影する。撮影した多視点画像に SfM を適用して獲得した三次元情報を 3D プリンタで出力し遺跡の模型を生成する。模型にモデルオーバーコート処理を施すことで、プロジェクションマッピングの視認性を高める。

2.2. 模型へのプロジェクションマッピング

任意三次元形状を対象としたプロジェクションマッピング方式 [3] を用いて、前節で生成した模型へのプロジェクションマッピングを実現する。図 2 に示す構造パターン[4]を投影対象(模型)に投影しながら、モバイルカメラで模型を撮影することで、プロジェクタと模型との三次元的な位置関係を推定する。

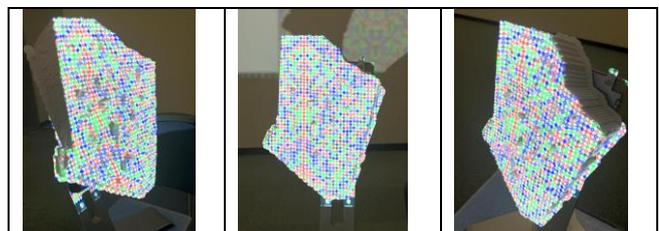


図 2: 模型に構造パターンを投影している様子

2.3. 撮影画像のキャリブレーション

遺跡の保存活動に携わる参加者が撮影した顔図と遺跡模型の位置関係を推定する。模型生成時に SfM に入力した多視点画像群に新たに撮影した画像を加え再度 SfM 処理を実施することにより、その画像を撮影したカメラのカメラパラメータを推定する。

2.4. 撮影画像の模型への投影

VR 空間構築用プラットフォーム内に、2.1 で生成した模型モデルを配置し、2.2 で推定したパラメータを参照して仮想カメラを、2.3 で推定したパラメータを用いて仮想プロジェクタを設置する。新たに撮影した画像を仮想プロジェクタから模型モデルに投影し、その結果を仮想カメラで撮影することにより、プロジェクションマッピングのような投影画像を生成する。図3に投影画像を提案システムでプロジェクションマッピングした結果を示す。



図3：模型への撮影画像の投影結果

3. 実証実験

3.1 多視点画像撮影実験と三次元形状復元

静岡県静岡市駿府城公園において撮影実験を実施した。模型生成用の多視点画像は小型ドローン (DJI 社製 Mavic Mini) を用いて 1920 画素×1080 画素の画素を撮影した。図4に示すように撮影エリアを六つに分けて撮影した。ここでは四回目の撮影エリアの結果を示す。



図4：駿府城における撮影実験

三次元形状復元処理は SfM ソフトウェア Pix4D を使用した。模型は FLASHFORGE 社製の 3D プリンタ Guider2 PLA1 で出力した。生成した駿府城の模型を図5に示す。



図5：駿府城のモデル

3.2 プロジェクションマッピング

生成された遺跡のモデルに構造パターンを投影しプロジェクタのキャリブレーションを行う。プロジェクタは EPSON 社製 EB-2142W (解像度：1280 画素×800 画素) を使用した。VR 空間構築用プラットフォームとして Unity を用いて投影画像を生成し、3.1 で生成した三次元模型にプロジェクションマッピングした結果の例を図6に示す。

提案手法によって遺跡の模型上に新たに撮影した画像が正確に投影されていることが確認できる。未撮影領域が直感的に確認できるなど、多視点撮影作業の支援への貢献が期待できる。プロジェクションマッピングを用いて、追加撮影が必要な領域を AR 提示で指示することも可能である。



Fig. 6 プロジェクションマッピングの結果

4. おわりに

遺跡の三次元模型に撮影した画像群をプロジェクションマッピングすることにより、多視点画像の撮影を支援し、効率的な三次元写真計測を実現する方法を提案した。静岡市駿府城で実施した実証実験を通じて提案手法の有効性を確認した。本研究は JST CREST (JPMJCR16E3) の助成によるものである。

参考文献

- [1] Remondino, F. (2011). Heritage recording and 3D modeling with photogrammetry and 3D scanning. *Remote Sensing*, 3(6), 1104–1138.
- [2] Hidehiko Shishido, Emi Kawasaki, Youhei Kawamura, Toshiya Matsui, and Itaru Kitahara. 2020. Accurate Overlapping Method of Ultra-Long Interval Time-Lapse Images for World Heritage Site Investigation. *J. Comput. Cult. Herit.* 13, 2, Article 10 (June 2020), 18 pages.
- [3] C. Xie, H. Shishido, Y. Kameda and I. Kitahara, "A Projector Calibration Method Using a Mobile Camera for Projection Mapping System," 2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct), Beijing, China, 2019, pp. 261-262, doi: 10.1109/ISMAR-Adjunct.2019.00-33.
- [4] Haibo Lin, Lei Nie, and Zhan Song, "A single-shot structured light means by encoding both color and geometrical features," *Pattern Recognition*, vol. 54, pp. 178-189, 2016.