

城跡とその周辺地形の 3 次元構造可視化手法の開発

新垣 結梨[†] 赤嶺 有平[†] 根路銘 もえ子[‡]
琉球大学工学部[†] 沖縄国際大学経済学部[‡]

1. はじめに

沖縄本島には、「グスク」と呼ばれる城跡が点在しており，そのいくつかは世界遺産として登録されるなど歴史的・文化的価値が高く評価されている．これらの建造物は，独立して構築・存在したわけではなく，立地場所の周辺環境，歴史的背景，位置等深い関係があり，それらを明確に提示することができれば，文化的な価値向上だけでなく，観光資源としての価値の向上も見込めると考えられる．

本研究では，写真測量を用いることで安価に 3 次元モデルを作成するシステムと，国土地理院の標高モデル及び衛星画像と組み合わせることで地形と建造物をシームレスに可視化する手法の開発を行なった．また，これらを用いて歴史的建造物と周辺地形の構造を立体的に可視化する Web アプリケーションを構築した．

2. 提案システム

史跡（大部分は石積みの城壁）の空間的配置を明らかにするために，写真測量から得られる史跡の正確な 3 次元モデルと，衛星写真及び標高モデルに基づく周辺地形をシームレスに結合して可視化する(図 1, 2)．

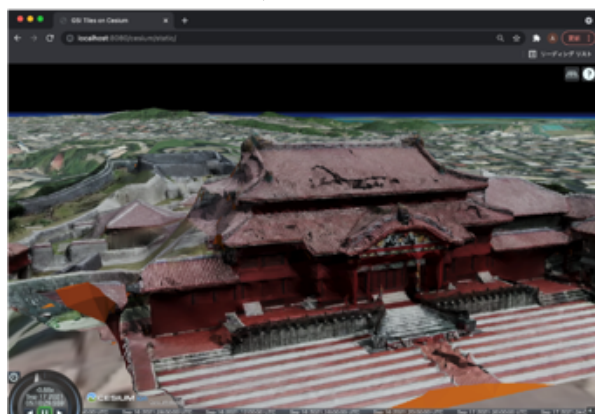


図 1. 提案システムによる史跡の表示例

Visualization of three-dimensional structure for ruins and its surrounding topography

[†] Faculty of Engineering, University of the Ryukyus

[‡] College of Economics and Environmental Policy, Okinawa International University



図 2. 提案システムによる史跡の位置と古道の表示イメージ

さらに，史跡間の結びつきを示唆する情報として古道を重畳表示する(図 2)．

2. 1 ソフトウェア構成

提案システムは，オープンソースソフトウェア及び独自開発したソフトウェアの組み合わせにより構成される．提案システムの構成を図 3 に示す．

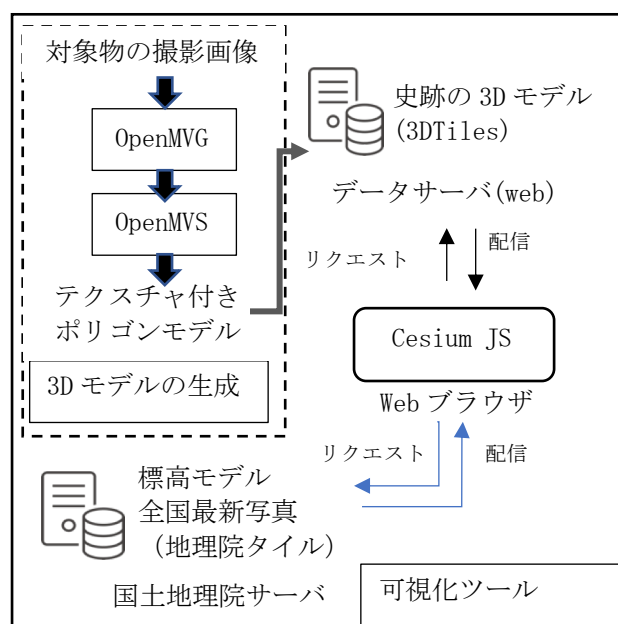


図 3 ソフトウェアの構成

3. 史跡の3次元モデルの生成

グスクは、その大部分が石積みの城壁で占められており、その輪郭は曲線を描いていることが特徴である。したがって、通常の測量により正確な形状を把握することは難しく、また、モデリングツールによる3次元モデルの作成はコストがかかる作業となる。提案システムでは、写真測量を用いることでこのプロセスを半自動化する。具体的な作業は以下のとおりである。

1. 史跡内のあらゆる箇所をあらゆる角度から撮影（本作業は、360度カメラを併用することで効率化できる）
2. OpenMVG[1]の利用
 - 疎な点群データを生成
3. OpenMVS[2]の利用
 - 密な点群データの生成
 - テクスチャの生成
 - ポリゴンモデルの生成

得られたモデルの例を図4、5に示す。



図4 古道の写真測量結果



図5 中城城跡の写真測量結果

写真測量には、ドローンによる撮影を行うことが多いが新型コロナウイルス感染拡大による行動制限の影響と文化財破損のリスク回避のため、今回は利用していない。また、古道や城跡は森林に覆われていることも多く、空撮では測

量できない場所も複数あった。図4の古道は上空が樹木に覆われているため空撮では得られない測量成果となっている。

3. 1 撮影方法の工夫

写真測量の精度を高めるには、オーバーラップ率（複数の写真に同一箇所が撮影されている割合）を考慮して撮影を行う必要がある。また、歩行中に撮影すると手ブレによるボケが発生し特徴点が得られない画像となる。これを回避するために、

(a) 360カメラの利用

(b) カメラスタビライザの利用

を行った。360カメラにより動画を撮影することで画像中の大部分がオーバーラップするためモデルが途切れるリスクを大幅に低減できる。さらに、カメラスタビライザを用いて動画を撮影し、ブレの少ないフレームを自動抽出することで、通常通りの歩行による撮影でも問題なく写真測量に適した画像を得ることができる。城跡は、面積が広い上に多数存在するため撮影条件の緩和は重要な課題である。

4. 3次元モデルの可視化

Cesium[3]の一部であるCesium.jsを利用して史跡及び地形を可視化するソフトウェアを開発した。Cesiumは、地理情報を立体的に可視化するためのツール群である。Javascriptで構築されているため一般的なWebブラウザが動く環境であれば、OSやデバイスを問わず利用可能である。

4. おわりに

本研究では、史跡の3次元モデルと国土地理院標高モデル等をシームレスに結合することで、城跡とその周辺地形3次元構造を可視化するソフトウェアの開発を行なった。提案手法では、必要な3次元モデルをオープンソースソフトウェアを用いた写真測量等により半自動生成するプロセスを構築することでコンテンツ生成コストを大幅に低減できる。

謝辞

本研究はJSPS科研費JP19K01145の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Moulon Pierre, Monasse Pascal and Marlet Renaud. Adaptive Structure from Motion with a contrario model estimation. ACCV 2012.
- [2] Andrew V. Goldberg, Sagi Hed, Haim Kaplan, Robert E. Tarjan, and Renato F. Werneck. Maximum flows by incremental breadth-first search. In Proceedings of the 19th European conference on Algorithms, ESA'11, pages 457-468, 2011
- [3] Cesium, <https://cesium.com>