

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：38001

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K01145

研究課題名（和文）屋外歴史的建造物の時空間的關係を可視化するデジタル表現手法の開発

研究課題名（英文）Development of a digital representation method to visualize the spatial relationship of historical sites

研究代表者

根路銘 もえ子（NEROME, Moeko）

沖縄国際大学・経済学部・准教授

研究者番号：60369197

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、沖縄県の史跡を対象として、史跡の3次元表示および史跡間の地理的關係を可視化するWebアプリケーションの開発を目的としている。史跡の3次元モデル生成は写真測量に基づき行った。さらに可視化ツールとして、一般的なWebブラウザ上で動作するアプリを開発した。本システムはオープンソースソフトウェアをベースに構築しているため、ローコストな運用が可能である。

研究成果として、3次元モデル化した城跡を周辺地形と結合して立体的に描画し、さらに資料に基づいた古道も統合的に示すことができた。各史跡・古道間の空間的位置關係を明示することによって、築城や道路整備の歴史的背景への理解支援の役割を果たせると考える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

沖縄県に存在するグスクは、各々が独立して構築・存在したわけではなく、立地場所の周辺環境、歴史的背景、位置關係等深い關係があるとされている。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。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop a web application to visualize historical sites and topography around them in three dimensions in Okinawa. The 3D models of the sites were generated based on photogrammetry. In addition, we developed a web application that can be used on any OS and any device that runs with a common web browser as a tool to visualize historical sites and their surrounding topography in three dimensions. The system is based on open source software and can be operated at low cost.

As a result of our research, we were able to combine the 3D modeled castle ruins with the surrounding topography, and also show ancient roads on the application.

研究分野：観光情報システム

キーワード：三次元再構成 写真測量 拡張現実 展示手法

### 1. 研究開始当初の背景

沖縄県内には、琉球王朝時代またはそれ以前に構築されたグスク（城）と呼ばれる史跡が多数点在する。グスクは、琉球石灰岩を積み上げてできた曲線状の城壁が特徴的であり、その文化的価値が認められ大規模なグスクは世界遺産に登録されている。現状では、その外観のみに焦点があてられており、それぞれの史跡または所在自治体において個別に情報発信が行われている。しかし、各々のグスクが独立して構築・存在したわけではなく、立地場所の周辺環境、歴史的背景、位置関係等深い関係があり、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。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、史跡等の屋外歴史的建造物の立体的な構造と周辺地形を含む地理的位置環境及び時間情報、さらには史跡間の地理的位置関係を立体的に可視化し、かつ史跡内に点在する文化財を3次元地理情報と結びつけて公開するシステムの構築である。さらに、低コストで実現可能な立体構造の計測ツールを開発し、簡単な操作で施設内の文化財の3次元位置及び資料を入力可能とするインタフェースを提案する。

### 3. 研究の方法

本研究では史跡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Webアプリケーションを構築している。

提案システムは、オープンソースソフトウェアおよ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(図1)。

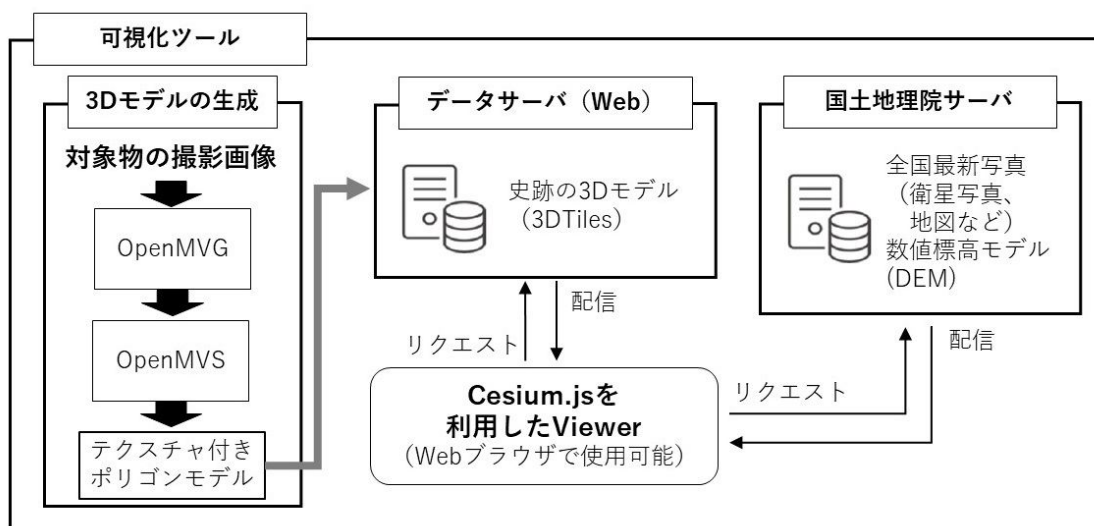


図1. 提案システム構成

提案可視化ツールは、3Dモデル生成部分とCesium.jsを利用したViewerで構成される。

#### (1) 史跡の3Dモデルの生成

本研究の対象であるグスクは、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、通常の測量により細部の詳細な形状を計測することは難しく、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。本研究では、写真測量を用いることでこのプロセスを半自動化する。3Dモデル生成の具体的な作業は以下の通りである。

1. 史跡のあらゆる箇所をあらゆる角度から撮影
2. OpenMVGの利用
  - ・疎な点群データを生成
3. OpenMVS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

## (2) Viewer の開発

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の 3 次元構造を可視化するソフトウェアを開発した。史跡および地形を可視化する Viewer は、Cesium の一部である Cesium.js を利用して開発した。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。地形に関する情報は国土地理院が提供している数値標高モデルを利用している。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. 研究成果

### (1) 史跡の 3D モデル生成

本研究では、ドローンによる撮影も実施する予定であったが、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、撮影を実現できなかった。そこで、地上写真測量によって、複数の城跡および古道の一部を 3D モデル化した。

図 2 は、末吉参詣道の一部の古道 3D モデルである。さらに、図 3 には、中城城跡の城跡 3D モデルを示す。また、比較のために、図 4、図 5 に Google Earth の 3D 画像を示す。



図 2. 3D モデル化した末吉宮参詣道の一部



図 3. 3D モデル化した中城城跡の一部

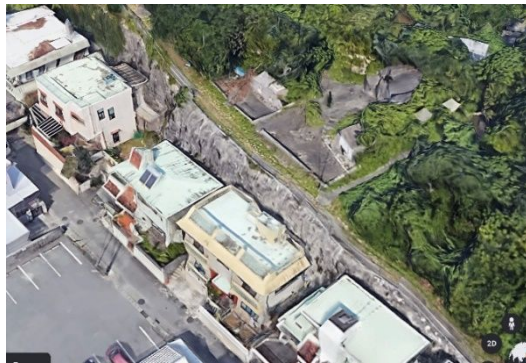


図 4. 末吉宮参詣道の 3D 表示画像  
(引用：Google Earth により表示)

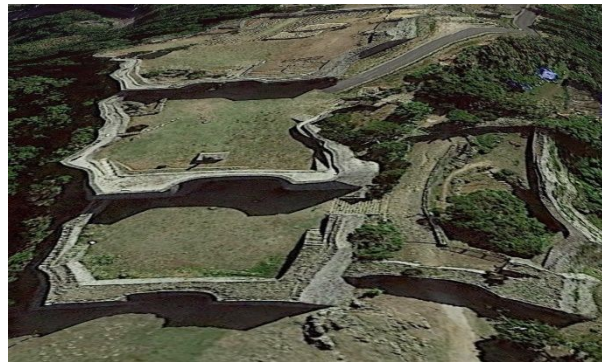


図 5. 中城城跡の 3D 表示画像  
(引用：Google Earth により表示)

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る。特に、末吉宮参詣道は木々に覆われた箇所が多い古道である。そのため、図 4 の Google Earth の 3D 表示が緑に覆われ石畳が不鮮明であるのに対し、本手法で 3D モデル化した図 2 では、石畳がはっきりと再現されている。このように、上空が樹木に覆われて空撮が難しい場所では、地上撮影による写真測量を行わざるを得ないといえる。

図 3 は、図 2 の古道と同様、地上歩行撮影による 3D モデル化の結果である。図 5 の Google Earth の 3D 表示では地上の起伏はある程度再現されているものの城壁の立体形状は再現されていない。一方、モデル化した図 3 では、城壁のような建造物の高さ等も含め、立体的に再現されているといえる (Google Earth は、場所によっては建造物の立体形状も再現されている)。

## (2) Viewer 表示

図 6 は、生成した 3D モデルの中城城を地図上に地形と合わせて立体に表示している様子を示している。なお、図 6 で地形に合わせた中城城 3D モデルは、公開されている空中撮影動画を用いて生成した 3D モデルである。



図 6 . 3D モデルを結合表示した Viewer 画面

図 6 において、中城城周辺の地形が立体に表示されているだけでなく、中城城の 3D モデルも結合表示ができていることがわかる。また、地図上にはグスク時代の宿道の 1 つである「中頭方東海道」を白線で示している。2 次元地図上では、図 7 のように示される。本研究では、点在する城跡や古道の地理的関係を表示することを目標としている。古道や史跡のラベルは、QGIS の地物編集機能を用いて作成することができる。「中頭方東海道」以外の古道も示した地図を図 8 に示す。



図 7 . 宿道の 1 つ「中頭方東海道」の一部

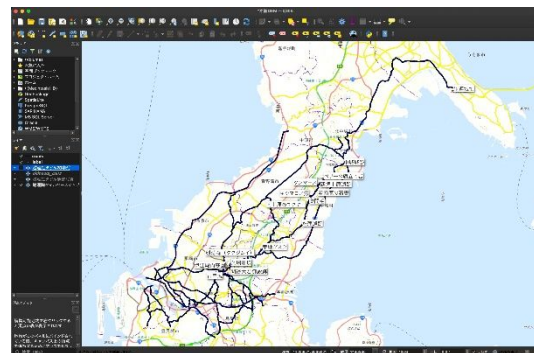


図 8 . QGIS による古道や史跡ラベルの編集

提案システムの特徴は、1) オープンソースソフトウェアをベースとして構築しているため、ローコストな運用が可能であること、2) 可視化ツールは Cesium.js, Javascript で構築しているため、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こと、3) GIS で一般に広く利用されているオープンソースソフトウェアの一つである QGIS を利用して道やラベルの編集が可能であるため、データ作成が容易であること、である。

本システムによって、複数の史跡や古道を立体地形上に示すことで各史跡間の位置関係が明示されるため、築城や道路整備の歴史的背景の理解支援の役割を果たせると考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 根路銘 もえ子、赤嶺 有平	4. 巻 12
2. 論文標題 A method for visualizing three-dimensionally a “3D model of historic sites” created using photogrammetry and “topography around historic sites”	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 経済環境研究 = Journal of economics and environmental studies	6. 最初と最後の頁 33-41
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24741/00003874	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 根路銘 もえ子、赤嶺 有平	4. 巻 782
2. 論文標題 屋外歴史的建造物の空間的關係を可視化するデジタル表現手法の開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 135-139
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 根路銘もえ子、赤嶺有平
2. 発表標題 沖縄文化遺跡の3Dデジタルアーカイブと可視化webアプリケーション
3. 学会等名 人工知能学会 第126回知識ベースシステム研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新垣結梨、赤嶺有平、根路銘もえ子
2. 発表標題 城跡とその周辺地形の3次元構造可視化手法の開発
3. 学会等名 情報処理学会 第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小嶺愛紀菜, 赤嶺有平, 根路銘もえ子
2. 発表標題 フォトグラメトリを用いた物体検出のための学習データ生成手法
3. 学会等名 情報処理学会 第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松田意仁, 赤嶺有平, 根路銘もえ子
2. 発表標題 博物館展示のための自然言語処理による質問文生成手法
3. 学会等名 情報処理学会 第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 泉川真理南, 赤嶺有平, 根路銘もえ子
2. 発表標題 博物館の考古学展示における拡張現実の活用
3. 学会等名 第24回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>グスク・ぐすく・城 - 動乱の時代に生み出された遺産 -  <a href="https://okimu.jp/exhibition/1552800978/">https://okimu.jp/exhibition/1552800978/</a></p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	赤嶺 有平  (AKAMINE YUHEI)  (00433095)	琉球大学・工学部・准教授    (18001)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関