

## H29地域協働研究（ステージⅠ）

### H29-Ⅰ-15「3Dプリンタによる景勝地（ジオポイント）、三王岩と津波石のモデル作成と活用」

課題提案者：NPO法人立ち上がるぞ！宮古市田老

研究代表者：ソフトウェア情報学部 土井章男

研究チーム員：大棒秀一（特定非営利活動法人津波太郎（NPO田老））、榊原健二・細川智徳（株式会社TOKU/PCM）、原田昌大氏（㈱タックエンジニアリング）

#### <要 旨>

本研究では、宮古市田老地区にある「三王岩」は三陸復興国立公園にある数多い奇岩景観の中にあつて最も圧巻で、1億年もの歳月をかけて、寄せ返す波と海原を吹き渡る風が形作った美しい自然の芸術品である。しかしながら、浸食、自然災害、崩壊等によってその美しい姿が失われる可能性が高い。そこで、1) 未来に美しい豊かな自然の芸術品「三王岩」と2) 東日本大震災の津波で「三王岩」付近で見つかった「津波石」のデジタル保存を行った。

#### 1 研究の概要（背景・目的等）

三王岩は宮古市田老字青砂里にあり、高さ50メートルの男岩を中心に、左側が女岩、右側が太鼓岩からなる（図1）。1億1千万年前（白亜紀）に堆積した地層からなり、砂岩と礫岩の斜めの縞模様が特徴的である。太鼓岩のみ縞模様の向きが違うのは、この岩だけ付近の海岸から転がり落ちて現在の位置にある転石だからである。今回の3D計測の目的は三王岩地形情報の取得、三王岩の情報発信、3Dプリンタを用いて、マスコットや箱庭モデルを作成することである。



図1 三王岩

#### 2 研究の内容（方法・経過等）

##### 2. 1. 計測装置および撮影方法

3D計測で使用する装置は、SONY製カメラNEX7、ドローン（DJI社のS900、PHANTOM4、MarvicPro（図2））、GNSS測量機（図2）、座標識別点、4Kビデオである。

各ドローンはApple社IPADから遠隔操作することが可能である（図3）。また、S900搭載のNEX7の画像センサのAPS-Cサイズは23.5mmx15.6mmで、記録した写真の画素数は6000x4000（24M）である。今回の撮影では、小回りが利くMarvicProに搭載された高解像度カメラでの写真撮影と、PHANTOM4搭載の4Kビデオによる撮影を行った。

今回の撮影では南昌荘の撮影で行ったドローンによる空撮と地上からの3D計測機による組み合わせは、三王岩が海上にあるため困難であった。そのため、三王岩の上空および側面からの写真撮影を行った。次に撮影した

写真画像からSfM（Structure from Motion）技術を用いて、3Dの点群データと3Dモデルを生成した<sup>[1]</sup>。

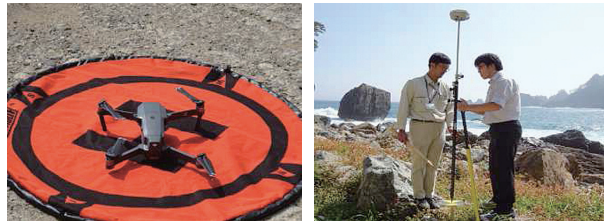


図2 MarvicProとGNSS測量機



図3 IPADによるドローンの操縦

##### 2. 2 GNSSを用いた座標補正

GNSS（Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム）は、GPS、GLONASS、Galileo、準天頂衛星（QZSS）等の衛星測位システムの総称であり、GPS（Global Positioning System）はアメリカ合衆国によって運用される衛星測位システムである。GPS測位の原理は、局所慣性系で光速cが一定であることによる<sup>[2]</sup>。

#### 3 これまで得られた研究の成果

ドローンで三王岩を写真撮影した後、SfM技術で使用した写真枚数は1015枚である。上空（垂直）と側面の写真は分けずにまとめて画像解析を行った。

上空と側面の誤差は当然生じるが、三王岩自体には3Dデータの段ズレや穴が少なくなるようあらゆる角度から撮影した。また、陸地部に対空標識を設置して、標定点測量を行うことで、実座標、実距離に忠実な3Dデータを生成した。

得られた写真画像からの点群生成には、Pix4D社のPix4DMapperを使用して、点群生成に約2.0日を要した。

3Dモデルは、点群データからの3Dモデル作成も可能であるが、写真画像からの点群データ生成はContextCaptureを用いた。ContextCaptureはBentleySystems社が開発したソフトウェアで、連続写真から街並みなどの3Dモデルを自動生成するソフトウェアで、写真や点群から特徴点を抽出し、3Dモデルが生成可能である。

3Dモデル生成には、約2.5日を要している。生成した3Dモデルの編集には、約1週間かけて、不要な面の除去などを行った。使用したワークステーションはHP社Z840、主記憶256GB、CPUクロックXeon2.10GHz、GPUは12GBのNVIDIA QuadroM6000である。

図4は作成した三王岩の3Dモデルである。3Dモデルにはドローンで撮影した写真画像を貼りつけており、リアルタイムで回転・移動・拡大表示が可能である。ビューワーはBentley Systems社のAcute3Dである。図5はこの3Dモデルの側面表示であり、十分な精度で表現されていることを示している。側面の洞窟も正確にモデリングされている。

図6は、図4、図5の3Dモデルから作成した3Dプリンタ用モデルである。CG（Computer Graphics）やCAD（Computer Aided Design）用の3Dモデルは、全体の面が閉じている必要はないが、3Dプリンタ用の3Dモデルは体積を持った面の閉じたモデルにする必要がある。図6では約1.5cmの厚みの土台を作成している。また、3Dプリンタは造形出来る大きさ（造形範囲）が限られているため、展示用の大きな造形を行う場合、3Dモデルを分割して、各モデルを造形後、組み合わせる必要がある。図7は図6の3Dプリンタ用モデルを6分割したモデルである。分割数を増加させることで、より大きな展示物も制作可能である。例えば、30cm四方の造形が可能な3Dプリンタの場合、図7で90cmx60cmの造形物を制作可能である。これらのモデル制作には日本ユニシス・エクセリュージョンズ社のPOLYGONALmeisterを使用した。

#### 4 おわりに

海上からのドローンによるカメラ撮影により、三王岩の高解像の連続写真を撮影した。さらに得られた写真画像から点群データと3Dモデルを作成した。上空および側面から十分な写真撮影を行うことにより、十分な精度の3Dモデルを構築出来ることを示した。今後の取り組みとして、ホームページからのデータ公開やVirtual Reality表示（仮想現実感表示）を試みる。

#### 参考文献

- 1) Z. Gao, A. Doi, et al., “3D Measurement and Modeling for Gigantic Rocks at the Sea”, INVITE2018, 2018/9.
- 2) 国土地理院、“GNSSとは” [http://terras.gsi.go.jp/geo\\_info/GNSS.html](http://terras.gsi.go.jp/geo_info/GNSS.html)

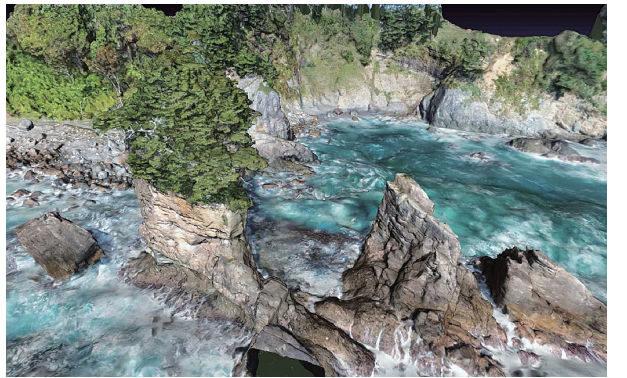


図4 三王岩の3Dモデル外観（拡大）



図5 三王岩側面の表示例

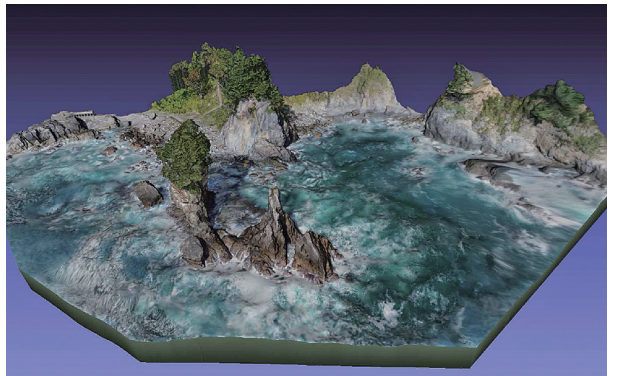


図6 三王岩の3Dプリントモデル

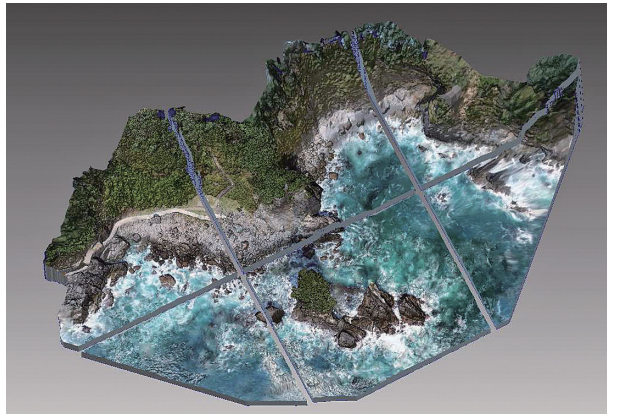


図7 三王岩の3Dプリントモデル（6分割モデル）