

災害状況の迅速な把握・提供技術の開発 －西之島の斜め写真を用いた SfM/MVS によるオルソ画像と立体モデルの作成－

実施期間	令和3年度～令和4年度
基本図情報部地図情報技術開発室	岸本 紀子 佐々木 励起 新藤 昭彦

1. はじめに

国土地理院は、海洋基本計画（2018（平成30）年5月15日閣議決定）等に基づき、離島の保全・管理及び位置情報基盤の整備に資するため、2013年11月20日に西之島が39年ぶりに噴火した直後から、拡大を続ける島の地形変化を空中写真撮影等により把握してきた。

西之島では、2019年に噴火活動が再開し、2016年10月に国土地理院が設置した三角点や対空標識が埋没した。そのような状況の下、2022年1月と2023年2月の2時期において、測量用航空機「くにかぜⅢ」により斜め写真を撮影した。撮影の都度、斜め写真を用いて SfM/MVS の手法により3次元モデル、オルソ画像等を作成し公開したので、その手法等について報告する。

2. 2022年1月19日撮影の斜め写真による3次元モデルとオルソ画像の作成

<撮影・SfM/MVS>

2022年1月19日にくにかぜⅢから手持ちカメラで撮影した斜め写真を用いて、SfM/MVSの手法により3次元モデルとオルソ画像を作成した。

SfM/MVSには焦点距離70mmのレンズによる220枚の写真を使用した。ソフトウェアは Agisoft 社の MetaShape である。図-1 に使用した写真の撮影位置を示す。

オルソ画像では、火口の凹部が凸部の陰となる部分や噴煙に隠れてしまう部分でマッチング不良や歪みが生じた。また、全体的に、斜め写真を撮影した際の俯角が小さかったことに起因すると思われる歪みがみられた。

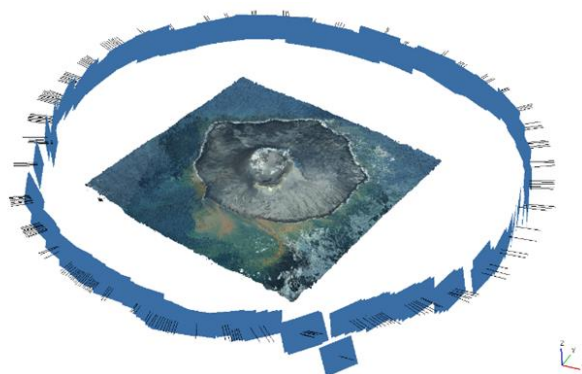


図-1 SfM/MVSによる西之島の3次元モデルと写真の撮影位置（2022年1月19日撮影）

<ジオリファレンス>

過去に現地に設置した三角点や、オルソ画像により設定した特徴点は、新たに噴出した溶岩により覆われているとみられ、今回生成したオルソ画像から見つけ出すことができなかった。そこで2022年のオルソ画像と、三角点が埋没する前の2018年12月1日撮影のオルソ画像とを比較し、溶岩の変化がほぼみられない特徴的な地形3点をコントロールポイントとして選定し、ジオリファレンスを行った。コントロールポイント3点の位置図を図-2に、各点の詳細画像を図-3に示す。

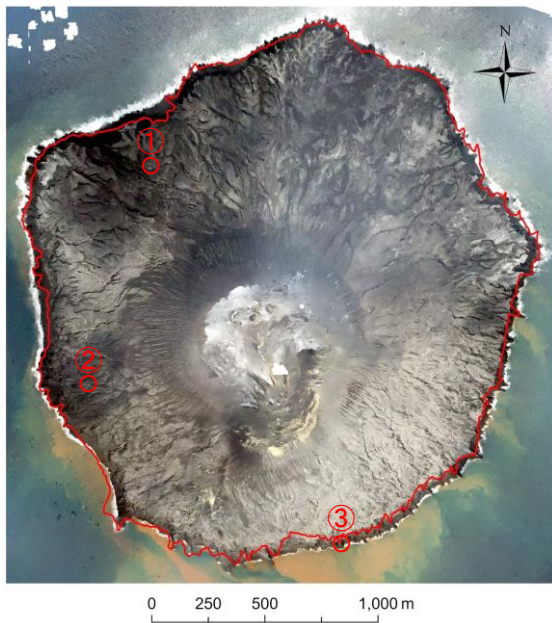


図-2 斜め写真によるオルソ画像（2022年1月）とジオリファレンス用の3点のコントロールポイントの位置及び同時期のALOS-2画像による海岸線（赤線）

なお、ジオリファレンス後のオルソ画像は、だいち2号の反射強度画像から取得した海岸線データと重ね合わせ、大きな位置ずれや歪みがないことを目視にて確認した（図-2）。

<変化>

2022年1月撮影の斜め写真によるオルソ画像と2018年12月撮影の海岸線を比較すると（図-4）、西部や南東部の一部で海岸線が一致する地点がみられるものの、海岸線が大きく更新されている様子がわかる。特に、島の北部で陸域が大きく拡大しており、この約3年の間に島の面積が約1.3倍程度に拡大していることが明らかとなった。

<公開>

使用した写真は測量用写真ではなく位置精度が確保できていないこと、三角点が埋没し地上基準点がないため成果の精度検証ができないことから、面積、外周の長さ、標高データについては公開しないこととした。他方、本資料が拡大する西之島の時系列的な変化を把握する重要な記録の一つであるとの認識から、精度に関する注釈を付した上で、全体の概形把握に資するオルソ画像及び3次元モデル（立体図）については国土地理院ウェブサイトから公開することとした。

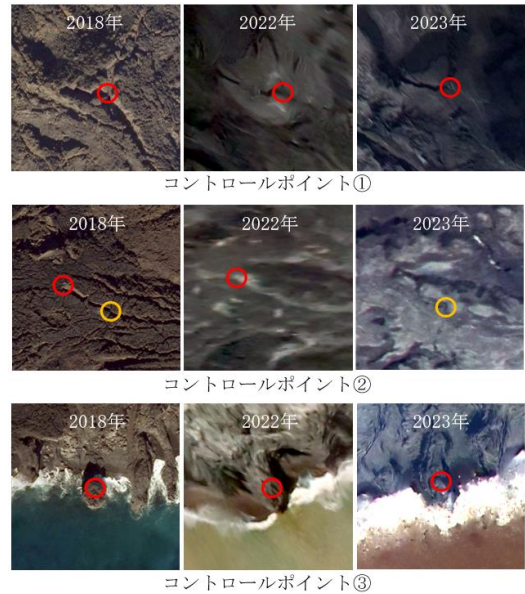


図-3 3点のコントロールポイント（2018年，2022年，2023年）

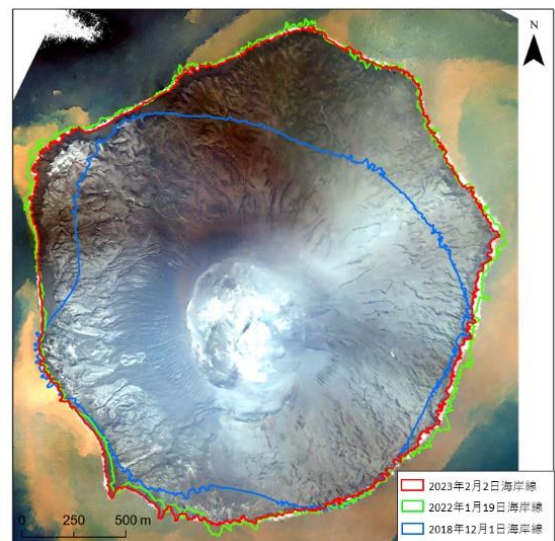


図-4 3時期の海岸線の変化

3. 2023年2月2日撮影の斜め写真による3次元モデルとオルソ画像の作成

<撮影, SfM/MVS>

2023年2月2日にくにかぜⅢから手持ちカメラで撮影した斜め写真を用いて, SfM/MVSの手法により3次元モデル, オルソ画像, 標高データを作成した. SfM/MVSには, 望遠レンズ(焦点距離105mm)で撮影した811枚の写真を使用した. ソフトウェアはAgisoft社のMetaShapeである. 噴煙や雲の影響のある画像や重複する画像を除き, 最終的にSfM/MVSに使用した写真は111枚であった. 図-5に使用した写真の撮影位置を示す.

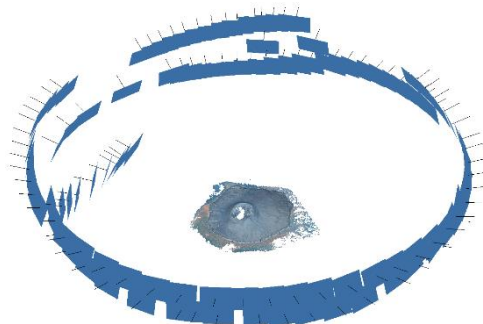


図-5 SfM/MVSによる西之島の3次元モデルと写真の撮影位置
(2023年2月2日撮影)

2022年撮影時に火口部でのマッチング不良や, 立体モデルで全体的に歪みが生じた経験を踏まえ, 今回の撮影では, 可能な限り大きい俯角(高高度)を含む, 複数の高度で撮影を行った.

<ジオリファレンス・位置確認>

平面的な位置の補正については2022年時と同じ手法で実施した. まず2018年12月1日撮影の精度の担保されたオルソ画像と比較を行い, 両者に共通の特徴的な地形3点をコントロールポイントとして選定し, ジオリファレンスを行った. 選定した3点のうち2点は2022年時と同じ場所であり, 2023年時の画像では同じ位置の特定が難しかった1点については, 近隣の別の場所とした(図-3).

また, 海岸線の大きな位置精度確認のために, 2023年1月27日にだいち2号から観測された衛星SARの強度画像による海岸線を利用した. 作成したオルソ画像と衛星SARから得られた海岸線データの比較を行ったところ, ごく一部一致しない箇所はSARでは取得できない砂浜のデータであることを確認し, それ以外の大部分では全体的に海岸線がほぼ一致していることを確認した.

さらに, 高さ方向に大きな位置のずれがないか検証するため, 海岸線における標高データの断面図を作成した. 海岸の標高が概ね0メートルとなっており, 全体的に大きなずれ等がないことを確認した.

<全体的な変化>

2023年2月2日の撮影では, 2022年1月19日に比べて海岸線に大きな変化は認められなかった.

<公開>

2022年と同様, オルソ画像, 3次元モデル(立体図)を公開した. 今回も位置精度の確保ができていないことから, 面積や外周の長さの公開は見送ったが, 標高データについては, 西之島の地形変化の変遷を把握するための貴重なデータであることから, 精度に関する注釈を付した上で, 国土地理院ウェブサイトから公開することとした.

4. まとめ

2022年1月と2023年2月に撮影した航空機からの斜め写真を用いて, SfM/MVSによる3次元モデル(立体図)とオルソ画像を作成し公開した. また2023年については, 標高データも作成し公開した. 現地に上陸できず, 基準点も埋没しているため正確なジオリファレンスは出来なかったが, 過去

のオルソ画像を利用したジオリファレンスや、衛星 SAR から得られた海岸線のデータを用いた大まかな位置確認を行った。

3 時期のオルソ画像より、西之島の海岸線は、2018 年 12 月から 2022 年 1 月にかけて、島の北部で陸域が大きく拡大し、この 3 年の間に島の面積が 1.3 倍程度に拡大していることが明らかになった。また 2022 年 1 月から 2023 年 2 月までの約 1 年間では、海岸線に大きな変化は認められなかった。

2022 年と 2023 年の成果については、三角点が喪失し精密なジオリファレンスが実施できず、また噴煙によるマッチング不良や撮影時の俯角に起因する歪みなどもあり、さらに現地上陸も不可能であるため精度検証が出来ていないという課題もあったが、本資料が、拡大する西之島の時系列的な変化を把握する重要な記録の一つとなることを期待する。

参考文献

国土地理院 基本図情報部・測地部・応用地理部（2022）：西之島噴火，写真測量とリモートセンシング 60 周年記念誌，69-78.

国土地理院：西之島付近の噴火活動関連情報，<https://www.gsi.go.jp/gyoumu/gyoumu41000.html> (accessed 19 Apr.2023).