

有珠山 1977 年噴火前後の空中写真による 3 次元地形モデル作成と地形再現等の検証

朝日航洋株式会社 ○中野陽子 鈴木英夫 藤本拓史 吉村亮志
 国立研究開発法人土木研究所 清水武志

1 はじめに

発生頻度の低い自然現象を調査対象とする際に、SfM-MVS によって過去の空中写真から有用な情報やデータが取得できること、また活用の前提として精度や信頼性の検証が必要であることが指摘されている（例えば、清水ら、2020）。また、中野ら（2022）は、国土地理院が過去に撮影した空中写真から SfM 処理による 3 次元地形モデルを作成し土砂災害への活用方法を検討した。火山噴火時には、その火山活動により大規模な地形変化が生じる場合があることから、本稿では、1977 年から 1982 年まで地殻変動が継続した 1977 年の有珠山を対象として（北海道大学有珠山火山観測所，1982），噴火前後に国土地理院が撮影した三時期の空中写真を用いて、SfM-MVS 処理で作成した 3 次元地形モデルを既報告等と比較し、地形再現性を評価した。

2 対象地域，空中写真及び地形モデル

対象地域は、北海道の有珠山（図 1）で、1977 年有珠山噴火及び噴火に伴う有珠山周辺の地殻変動を対象とした。地形モデルは、噴火の前後を挟む 3 時期作成し（表 1）、いずれも国土地理院撮影の密着写真をスキャニングした空中写真画像データ（以下、「空中写真」）を用いた。同空中写真は、無償でダウンロード可能な低解像度版と有償の高解像度版があるが、高解像度である 1,270 dpi の画像を用いた。対象の空中写真から Pix4D mapper（Pix4D 社）を用い、SfM-MVS 処理により表 1 に示す撮影高度とカメラの焦点距離に対応した地上画素寸法のオルソ画像と 3 次元地形モデルとして DSM（以下、「地形モデル」）を作成した。作成したオルソ画像及び地形モデルの地上画素寸法は、1976 年モデル（噴火前）で 22cm、1977 年モデル（噴火活動中）で 80cm、1979 年モデル（多少沈静化）で 43cm である。使用した写真枚数は 3 時期で大きく異なるが、いずれの時期においても有珠山山頂を含む概ねの範囲において作成が可能であった。

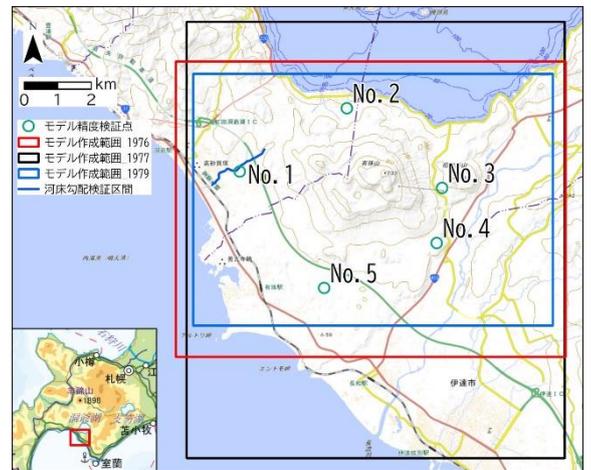


図 1 対象範囲及び検証に用いた地点

表 1 モデル作成に使用した空中写真の諸元

名称	1976年モデル	1977年モデル	1979年モデル
撮影年月日	1976/10/17(昭51)	1977/09/25(昭52)	1979/10/12(昭54)
撮影高度(m)	1,700	6,000	3,300
撮影縮尺	10,000	40,000	20,000
地上画素寸法(cm) (SfM処理での平均値)	22.2	79.5	43.4
カメラ名称	RC10	RC8	RC8
焦点距離(mm)	153.00	150.96	152.23
カラー種別	カラー	モノクロ	モノクロ
写真種別	アナログ	アナログ	アナログ
コース数	6	2	2
写真枚数	78	9	15
整理番号	CHO7612	HO772Y	HO793X
撮影計画機関	国土地理院	国土地理院	国土地理院

表 2 旧版地形図と地形モデルの標高差

地形モデル	検証点名	旧版地形図 標高(m)	DSM標 高値 (m)	差 △Hm	統計値(m)
1976年10月	No.1 (三角点)	37.9	37.5	0.4	平均値
	No.2 (標高点)	117	117.4	-0.4	最小値
	No.3 (標高点)	189	184.1	4.9	最大値
	No.4 (標高点)	148	148.4	-0.4	最大値-最小値
	No.5 (標高点)	42	51.3	-9.3	RMS誤差
1977年9月	No.1 (三角点)	37.9	40.5	-2.6	平均値
	No.2 (標高点)	117	121.3	-4.3	最小値
	No.3 (標高点)	189	182.9	-3.9	最大値
	No.4 (標高点)	148	154.7	-6.7	最大値-最小値
	No.5 (標高点)	42	46.8	-4.8	RMS誤差
1979年10月	No.1 (三角点)	37.9	42.2	-4.3	平均値
	No.2 (標高点)	117	123.5	-6.5	最小値
	No.3 (標高点)	189	191.8	-2.8	最大値
	No.4 (標高点)	148	150.9	-2.9	最大値-最小値
	No.5 (標高点)	42	40.8	1.2	RMS誤差

3 方法

地形モデルの地形再現性を 3 つ方法で評価した。

- ・ 標高値：旧版地図（2.5 万地形図、1979（昭 54）改測）上で標高点及び三角点の標高値をよみとり、XY 座標が一致する地形モデル標高と比較した。比較箇所は、旧版地図と用いた写真とで地形改変等がない地点とした。検証位置を図 1 に No.1~5 として示す。
- ・ 河床勾配：3 時期の地形モデルで河道が視認可能な区間で河床勾配を比較した。
- ・ 火山活動に伴う地形変化：1977 年から 1982 年にかけて火山活動に伴う山頂及び山麓の地殻変動が報告されている。今川（1984）は、1977 年から 1982 年における有珠山火口原内及び周辺における隆起・沈降、水平移動量は、光波測距儀（ジオジメーター、セオドライト等）による観測、現地調査、および地形図を用い報告した。また、火口原内の高度変化は、北海道大学理学部有珠火山観測所（1982）によると、噴火前から 1979 年 10 月末までで、有珠新山で 165m、オガリ山で 170m、大有珠で 10m 隆起し、小有珠で 59m、北屏風山で 13m 沈降した。また、北外輪山では、130m 程度せり出したとされる。

4 結果

4.1 標高値

結果を表2に示す。比較の結果、差の平均は、 -0.9m ～ -4.5m 、差のRMS誤差が4.7m内となった。

4.2 河床勾配

板谷川の算出対象区間の上下流端において、旧版地図の10m間隔の等高線からは、比高は60m、勾配は1.64度であった。各モデルの対象区間の比高は、1976年61.4m、1977年65.9m、1979年62.3mであり、それぞれ、1.67度、1.79度、1.70度と旧版地図から算出した河床勾配とはほぼ一致した。ここで、対象区間の中間付近の横断形状を3時期で比較した結果を図2に示す。1976年モデルでは、台形に近い断面形状を確認できるが、1977年モデル及び1979年モデルでは不明瞭である。検証対象とした板谷川は、地形モデルと同時に作成したオルソ画像から川幅3m程度であり、1976年モデルからは、深さが1m程度である。1976年モデルの地上画素寸法が約0.2mであること、約0.5mの1979年モデル、約0.8mである1977年モデルの順で河道形状が不明瞭となっていくことから、地上画素寸法と再現可能な地形の大きさには関連していると考えられる。

4.3 火山活動に伴う地形変化

1976年の3次元地形モデルと1979年モデルとの標高差解析を行い上記状況との比較をおこなった。状況を図3に示す。各地点の標高差分値は有珠新山で250m、オガリ山で180m、大有珠で180mのプラス値をとり、小有珠で55m、北屏風山で14mのマイナス値をとっている。また、北外輪山では、150m程度頂部が水平に移動していることが確認できた。ただし、時期の異なるモデル間における標高の絶対値には5m程度の誤差が認められた。

5 終わりに

本検討は、過去の空中写真から作成した3時期の地形モデルと旧版地図、過去の調査観測結果を用いて比較検証を行ったものである。本検討において、以下の事項が確認できた。

- ・使用した写真枚数等の諸元は異なるが、異なる撮影高度の写真を用い、3時期共に地形モデルを作成可能であった。
- ・標高の絶対値は、5m程度の誤差が認められたが、河床勾配はほぼ一致し、相対的な地形の再現は可能であった。また、地形モデルと地上画素寸法との関連性が示唆された。
- ・また、標高差解析と火山活動に伴う地形変化との対応関係は良好であり、大規模な地形変化においては本手法で十分に再現可能であると言える。

過去の空中写真は、公共測量等で多く取得されており、これらを活用することで過去の災害の状況把握の一助となるといえる。

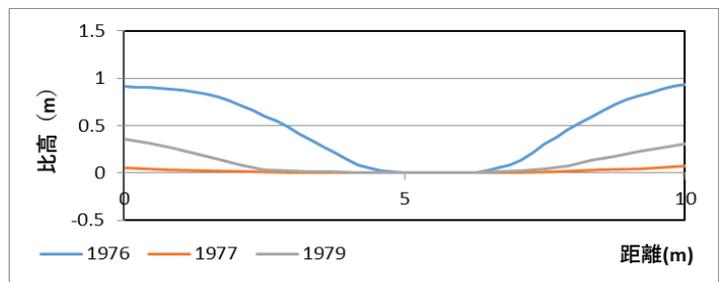


図2 横断図

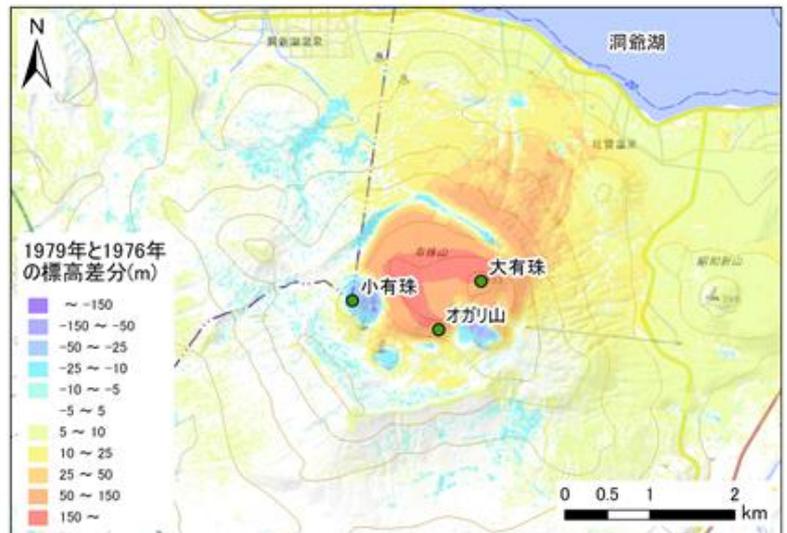


図3 1979年モデルと1976年モデルの標高差分

参考文献

- 清水武志ら(2020)：アーカイブされたアナログ空中写真への SfM-MVS の適用,砂防学会誌,Vol.72,No.6,P.3-7
 中野陽子ら(2023)：過去の地形の3次元モデル化と再度災害把握へ向けた活用について-羽越災害に関する新潟県関川村での事例-, 砂防学会研究発表会概要集, P-124
 北海道大学理学部有珠火山観測所(1982)：有珠山及びその周辺の地殻変動(1982年4月～6月),火山噴火予知連絡会報
 今川俊明(1984)：1977～1982年火山活動に伴う有珠山外輪山斜面における地殻変動とマスマーブメント,地理学評論 57p156-172
 科学技術庁国立防災科学技術センター(1978)：1977年有珠山噴火による災害現地調査報告,昭和53年3月