8. 火山噴火への対応（草津白根山と霧島新燃岳）

Volcanic eruption (Kusatsushiranesan and Shinmoedake)

千葉 達朗*・佐々木 寿*・平川 泰之*・山口由美子*
Tatsuro CHIBA, Hisashi SASAKI, Yasuyuki HIRAKAWA
and Yumiko YAMAGUCHI

Abstract: Changes in terrain are one of the indicators of the scale of volcanic eruption. But, flying over a crater immediately after the eruption is dangerous. In such a case, surveying by SfM/MVS method using multiple oblique images is effective, and 3D models, ortho images, DSM from photos of safe places could be created. Here, we introduced examples of the Kusatsushirane eruption in January 2018 and the Shinmoedake eruption in March, 2018. Both of them were able to be grasped the scale of eruption safely and timely.

1. はじめに

火山噴火の状況把握にとって、空撮映像は重要である。火口の位置や大きさ、深さから噴火の特徴を把握し、周辺の地形の変化や堆積状況から、噴火の規模を知ることができる。しかし、噴火中や噴火直後の火口上空の飛行は、噴火に遭遇する可能性があり、低空での垂直写真やレーザ計測は危険である。解決策としては UAV の利用や高高度撮影や衛星画像など様々な手法がある。ここでは、有人機から撮影された多数の斜め写真を使用した SfM/MVS による測量事例として、2018年1月の草津白根火山噴火と3月新燃岳噴火への取り組みを紹介する。

2. 草津白根火山の噴火

2018年1月23日10時2分頃、本白根山の鏡池付近で水蒸気噴火が発生した。気象庁による観測も自治体の火山防災計画も、どちらも湯釜火口での噴火を想定しており、本白根山は想定外であった。草津国際スキー場において噴石による人的被害が生じ、1名が犠牲となり11名が怪我をした。

2.1 航空写真撮影

噴火後気象条件が悪化し、撮影は1月28日までずれ込んだ(図1)。危険性を考慮し、DMC-II撮影の対地高度は3,000mとしたため、細部は不明であった。

図1 高高度垂直写真と火口地形判読¹⁾
黄色：火山灰

そこで、同日午後、読売新聞へりから撮影した、火口周辺の斜め写真を東大地震研究所から提供を受け、SfM/MVS法による3Dモデル作成を実施した。オルソフォトやDSMから作成した赤色立体地図より、新火口のより詳細な形状が把握できた(図2, 図3)。

火口から2km以上離れた上空からの高解像度斜め写真から作成した3Dモデルの解像度は20cmであった。部分拡大を示す(図4)。

2.2 地形比較

3Dモデル作成に当たり、積雪と噴火による地形変化で、GCPが十分にとれず、空間的な位置が不正確であった。そこで、平成27年度のレーザ計測結果を参照

*アジア航測㈱

「写真測量とりモートセンシング」VOL. 57, NO. 6, 2018

図2 本白根山鏡池付近のオルソフォト²⁾

図3 赤色立体地図による噴火前後の地形²⁾ (左：2015年国土交通省 LiDAR 解像度 1 m, 右：2018年1月28日 SfM20cm)

図4 鏡池北火口北側の赤色立体地図拡大²⁾
火口付近は樹木が認められない点に注意

データとして、噴出物のない裸地の高度ができるだけ調和するように、位置や傾きの補正を加えた。

補正後の、地形変化量分布図と地形断面および、地

図5 鏡池北側火口北火口列の火口縦断面図と地形変化量²⁾

形変化量断面図を図5に示す。

鏡池北火口北側火口列は、孤立している火口1・2・3と、連結している火口4・5・6・7・8および割れ目火口9から構成される。全体の長さは約250mである。

火口9を除けば、N78W方向にほぼ直線状に並ぶ。地形変化(差分計算)が最大を示すのは、火口6で16mであるが、北側に噴出物が積みあがっているため、火口縁からの深さは18mとなる。地形計測の結果を表1にまとめた。

計測範囲内での地形変化量は、約1万m³のマイナスということになる。この値は、遠方の降下火山灰堆積量約2万tと調和的である。

3. 霧島新燃岳噴火

霧島火山群の新燃岳では、2018年3月1日に約5ヶ月ぶりとなる噴火活動が開始、3月6日からは断続的な爆発的噴火と共に、火口内での溶岩流出が発生した。最近では2011年の軽石噴出と溶岩の火口内流出以来の、本格的なマグマ噴火であった。噴火活動はその後断続的に継続し、3月10日の噴火では大きな噴石が火口から約1.8kmの地点にまで飛散した。新燃岳は爆発的な噴火をする火山であり、撮影には慎重さが求められた。図6に爆発的噴火の状況を示す。

3月9日は、爆発的噴火を警戒し火口から10km離れた上空から斜め写真を撮影した(図7)。

表1 鏡池北火口北側火口列地形計測結果一覧表（第140回火山噴火予知連資料より）²⁾

火口	火口番号		9	8	7	6	5	4	3	2	1	合計
	長軸	m	24	36	27	26	25	17	12	18	8	全長250m
	短軸	m	3	21	18	23	18	14	9	8	3	最大幅23m
	差分最大深	m	2	11	12	16	11	8	4	4	2?	最深部16m
	崖の高さ	m	3	16	16	18	17	9	4	4	2	火口壁高18m
	火口の容積	m ³	約-20	-2900	-6800		-3800		-170	-140	約-10	-13840
	コメント		陥没?	北縁不明 縁							小規模	
火口外	北側窪地	m ³		-700								-700
	北側噴出物	m ³			4900							6600
	南噴出物	m ³			1700							
地形変化量												-7940
みかけ密度補正後(火口外はほぐれて1.5Xと仮定)												-9907
測定範囲外に飛散した火山体の体積												約1万m ³

図6 新燃岳の爆発的な噴火の一例⁴⁾
3月9日鹿児島空港より撮影

図7 新燃岳の火口内蓄積溶岩 北から撮影⁴⁾

図8 2018年3月9日のSfM3Dモデル³⁾
溶岩の縁辺部は、噴気の影響が大きい。

図9 2018年3月28日撮影の写真から作成した3D地形モデルの鳥瞰表示³⁾

3.1 火口部の3Dモデル作成

一連の画像からSfM/MVS方式で3Dモデルを作成したが、精度は不十分であった。そこで、3月9日に熊本大学から朝日新聞へりに同乗して撮影した斜め写真の提供を受け、3Dモデル作成を行ったところ、よい結果が得られた(図8)。作成した地形のデータを、噴火前の国土交通省計測のレーザデータと比較し、噴出量を求めたところ、約1,500万m³であった。

さらに、2018年3月28日に、産総研がセスナ機より

図10 2018年3月9日(左)と3月28日(右)の比較(3月9日は噴気影響補正後)³⁾

撮影した斜め写真を使用して、SfM/MVS-3D 地形モデルを再度作成し、3月9日モデルと比較した(図9, 10)。

3.2 火口内の地形変化

3月9～28日間には、火口外に溶岩が流出し、火口内でも溶岩の流出範囲の拡大が認められる(図11)。一方、火口内に蓄積した溶岩の中央部は広い範囲で沈下している(図12, 13)。

図11 3月9日と3月28日の地形差分画像と赤色立体地図の重ね図(標高差を左端のカラーバーで表示している)³⁾

図12 北西-南東方向断面図(図11A-A')³⁾

図13 北東-南西方向断面図(図11B-B')³⁾

表2 地形モデル毎の差分値³⁾

地形モデル	2018年3月9日 SfM/MVS	2018年3月28日 SfM/MVS
2012年国土交通 省レーザー計測	1,496万 m ³	1,499万 m ³
2018年3月9日 SfM/MVS	—	2.8万 m ³

*有効桁数を考慮せずにそのまま表示。

3.3 地表に流れ出した溶岩の体積推定

噴火前の2012年地形データと3月9日と3月28日の地形データを比較し、溶岩の体積を求めた(表2)。3月9日と28日のいずれも約1,500万 m³であった。また、3月9日と28日の比較では、火口内拡大部と溶岩流等の増加量と、火口内沈降部の減少量が拮抗し、わずか2.8万 m³のプラスであった。これらのことから、溶岩供給は、3月9日までにほぼ完了し、火口外への溶岩流出は、自重変形によるものと考えられた。

4. まとめ

草津白根山と新燃岳噴火に際し、上空からの斜め写真を使用してSfM/MVS方式による3Dモデル作成を行い、地形変化量を求め、火山活動の評価を行った。ほかにも複数の時期のモデル作成を試みたが、ここに紹介した3ケースが成功した。撮影画像は、中田節也、前野深、宮縁育夫、及川輝樹、長井雅史の各先生から提供いただいた。

本検討は、文部科学省の次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトの一環で行ったものである。体積算出に当たり、国土交通省からレーザー計測データの貸与を受けた。ここに記してお礼申し上げる。

引用文献

- 1) 東京大学地震研究所・アジア航測(2018)第140回火山噴火予知連絡会資料, p46-51.
- 2) アジア航測(2018)第140回火山噴火予知連絡会資料, p85-89.
- 3) アジア航測・産総研・熊本大・東大地震研(2018)第141回火山噴火予知連絡会資料, p189-194.
- 4) アジア航測(2018)平成30年霧島山新燃岳噴火第一報, <https://www.ajiko.co.jp/>