

有珠山西山周辺の火山活動に伴う標高値の変化

－単モデル測定による暫定値と空中三角測量による精密値の比較－

The change of elevation around Nishiyama area caused by the volcanic activity of Mt. Usu.

Comparison between a tentative result by a single model measuring and precise result using aerial triangulation.

測図部 鈴木 弘

Topographic Department Hiroshi SUZUKI

要 旨

1999年3月末から火山活動が活発化した有珠山とその周辺について、直営及び外注により空中写真の撮影を実施するとともに、それらの写真と既存の地形図を用いて火山活動に伴う標高の変化を測定し、「有珠山西山周辺の高さの変化（暫定値）」として記者発表するとともにホームページに掲載して公表してきた。その後、現地緊急測量調査で標定点測量および刺針作業を実施し、その結果を基にGPS空中三角測量を実施し、「有珠山噴火口付近の水平位置及び高さの変化（空中写真による精密計測）」として発表している。本稿では、いち早く公表して暫定値と後に公表した精密計測値について比較検証したのでここに報告する。

1. はじめに

国土地理院ではこれまでも様々な災害の発生に伴いその直後から空中写真撮影を実施してきている。有珠山についても火山活動の活発化に伴い、3月末より緊急の空中写真撮影を外注により実施し始めた。この撮影は、噴火活動が沈静するまで直営も含め16回実施した。

空中写真は、ある時点における地表の状況を面的に的確に捉えているため、噴火状況や降灰の分布などの定性的な情報取得のほか水平、垂直方向の動きや体積等の定量的な計測を行うことができる。空中写真により地形の変化を調査するためには、過去に撮影された空中写真又は地形図と新たに撮影された空中写真が必要となる。

2. 地形図を用いた変動量計測

2.1 既存の地形図

国土地理院では、様々な地図を刊行している。そのうち全国整備しているもので最大縮尺の地図は2万5千分の1地形図である。その精度（標準偏差）は、等高線については、等高線間隔の2分の1（5m）、標高点については、等高線間隔の3分の1（約3.4m）（平成7年4月基本図測量作業規程）となっている。したがって、同図は、火山活動による地形変化をm単位で捉えるための基図には不的確であった。その他の地図としては、昭和54年に5千分の1火山基本図を作成していたが、その後の火山活動による変化が大きく、今回の火山活動の始ま

る直前の状態を表示していないため、基図としては不的確だった。そのため、北海道室蘭土木現業所が平成5年に作成した5千分の1地形図を精度点検したあとに、標高の変化調査のための計測基図として使用した。

2.2 空中写真

火山噴火活動の状況を把握するための撮影は、3月31日の午前から判読用及び計測用として、縮尺を区分して直営も含め16回（表－1）実施した。計測にあたっては、計測の精度及び利便性を考えて主に縮尺2万分の1の写真を使用した。

表－1 空中写真撮影と標高測定写真

月日	縮 尺	整理番号	暫定値	精密値
3/31	1/8,000	CHO-2000-1		
	1/20,000	CHO-2000-1	○	○
	1/5,000	CHO-2000-2		
	1/3,500	CHO-2000-2		
	1/12,000	CHO-2000-3		
4/3	1/10,000	CHO-2000-4		
	1/20,000	CHO-2000-4		
	1/20,000	CHO-2000-1X	○	○
4/18	1/20,000	CHO-2000-2X		○
	1/40,000	資料	○	
4/26	1/20,000	CHO-2000-3X		
	1/20,000	HO-2000-4X	○	○
5/19	1/20,000	CHO-2000-4X		
5/25	1/20,000	CHO-2000-5X		
	1/20,000	HO-2000-5X		
6/12	1/20,000	CHO-2000-6X		
6/16	1/20,000	CHO-2000-7X		

2.3 既成図（地物標定）による標高の計測

標高計測作業は、災害に伴う緊急調査のため、標定に必要な対空標識の設置や空中三角測量は実施していない。通常、写真測量を行う際は、各モデル内に最小限3点の標定点（7個の測地座標値:2個ずつのX、Yと3個の

H)が必要である。それらの標定点は、空中写真の実体部分の中でできるだけ互いに離れていて、モデル内に適当な分布をし、写真上で明瞭に判読測定できなければならない。標定には、室蘭土木現業所作成の5千分の1地形図から、今回の火山噴火活動による影響がないと思われる点（独立標高点のある道路交差部等）を標定点とした。

標高を測定した点は、5千分の1地形図上に表示してある独立標高点50点（図-1）について行った。この標

高測定は、3月31日、4月3日、4月18日、4月26日に撮られた写真全てにおいて同じ点を計測し、それぞれ「有珠山西山周辺の高さの変化（暫定値）」として公表した（図-2）。

この測定精度は、縮尺5千分の1の図の独立標高点の精度と同様であるため、等高線間隔の3分の1程度の誤差（約1.7m）は見込まれるものである。



図-1 標高を測定した独立標高点（50点）



図－2 地物標定による有珠山西山周辺の高さ変化（暫定値）

2. 4 水平位置の計測

水平位置の移動量を計測するため、始めに既成図からディジタイザにより独立標高点の位置を計測した。その後、標高点の高さの計測と同時に標高点の位置の座標も計測し、それらの座標値の差から水平移動量の算出を試みた。しかし、図化縮尺が5千分の1と大きいことと、独立標高点自体が写真上に写しこまれている訳ではないため、全く同じ場所を観測することは困難であった。測定結果を整理したところ、ベクトルが一定の方向を示さなかったため、水平位置の計測は断念した。

3. 空中三角測量による標高測定

3. 1 標定点測量

より精密な標高や水平位置を測定するためには、空中写真上の画像と地上の地物等の相対関係を明らかにしなければならない。そのため、地上で行う三角測量と類似している空中三角測量を行って求めることになった。空中三角測量では、空中写真上で確認できる座標をもった複数の基準点が必要となる。また、それらの点を解析図化機等で確認できるように対空標識の設置や刺針作業が必要になる。これらの標定点測量や刺針作業のため、現地緊急測量調査を4月19日、20日にGPS測量により標定点を7点、三角点の刺針を10点行った。



図－3 空中三角測量による有珠山西山周辺の高さの変化

3. 2 空中三角測量による標高測定

現地緊急測量調査で得られた標定点及び刺針の成果と4月26日に撮影された空中写真を基に、空中三角測量により高さの変化を調査した。空中三角測量では、標定点測量及び刺針の成果に加え、航空カメラに付属するGPS受信装置と電子基準点「洞爺」の1秒データを使い調整計算を実施した。その調整計算の基準点残差は、標準偏差で平面位置0.08m、高さ0.10mであり良好な結果であった。空中三角測量による標高計測は、パスポイント

を観測する際に、求めようとする測定点（50点）も同時に観測し、空中三角測量のパスポイント等の成果と同時に各点の座標（X、Y、Z）も計算して求め、「有珠山噴火口付近の高さの変化（空中写真による精密計測）」として公表した（図－3）。その後、4月26日の写真上に設けられたパスポイントを予点として、平成7年撮影の写真をはじめ、4月18日撮影の写真まで同一の点を観測し、変化量を求めた。

4. 二つの測定値の比較

4月26日撮影写真の二つの方法による測定結果は表－2のとおりである。

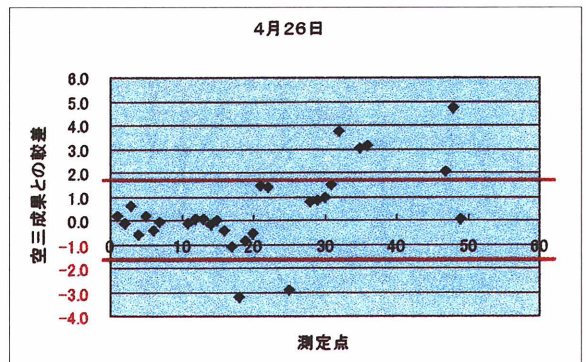
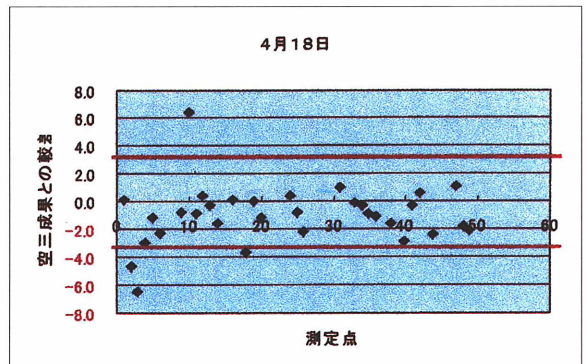
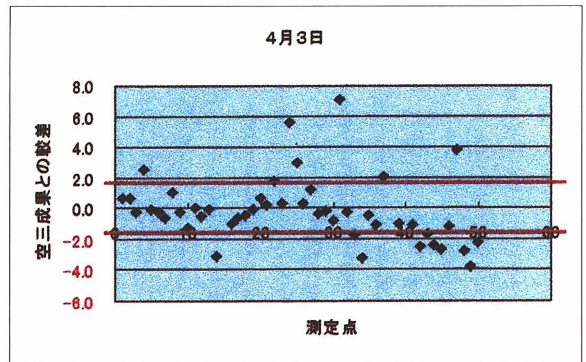
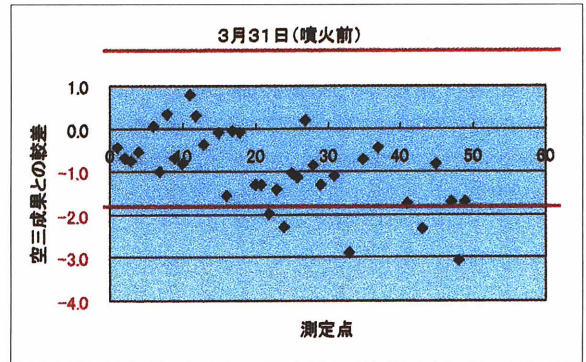
表－2 4月26日撮影写真による測定値

測定点	空三測定値	地物測定値	較差
1	166.9	167.2	0.3
2	160.0	159.9	－0.1
3	278.1	279.0	0.9
4	147.0	146.6	－0.6
5	143.4	143.6	0.2
6	144.4	144.0	－0.4
7	161.2	161.1	－0.1
11	114.5	114.4	－0.1
12	99.8	99.9	0.1
13	74.3	74.4	0.1
14	66.7	66.6	－0.1
16	45.2	45.3	－0.4
17	37.0	36.0	－1.0
18	190.6	187.4	－3.2
19	57.8	56.9	－0.9
20	206.1	205.6	－0.5
22	138.1	139.5	1.4
25	252.0	253.4	1.4
28	124.8	125.6	0.8
29	112.2	113.0	0.8
30	102.2	103.2	1.0
31	291.3	292.8	1.5
32	312.3	316.0	3.7
35	148.8	151.8	3.0
36	169.9	173.1	3.2
47	226.5	228.5	2.0
48	229.8	234.5	4.7
49	277.8	277.9	0.1

※測定点は50点であったが、噴煙等で観測のできなかった点又はモデル外であった測定点は表から除いてある。

また、図－4は空中三角測量で求めた標高を仮の真値とした場合、地物標定により求めた標高との較差を撮影日毎にグラフに示した。

縦軸の0の位置は各測点における仮の真値を示している。また、0を挟んで±1.7mの位置には、独立標高点の測定精度のラインを示した。（4月18日は、図化縮尺が2万5千分の1のため、±3.3m付近に測定精度のラインを示した。）



図－4 二つの測定方法による標高の較差

4. 1 考 察

図-4から判るように、各観測値とも測定精度内の $\pm 1.7\text{m}$ 以内には、平均して80%弱が存在している。また、それ以上の較差のある点についてみると、図-5に示すように金比羅山南方の山間部に集中していることがわかる。この原因は、山間部のため樹木で覆われていて読定が困難であったことと、図-6に示すようにどのモデルでも対地標定の際に用いる標定点をその部分に取得できなかったことで較差が大きくなったと考えられる。これらの結果から、標定時の誤差や独立標高点の測定の精度を考慮すると、地物標定で測定した場合でもかなり良い測

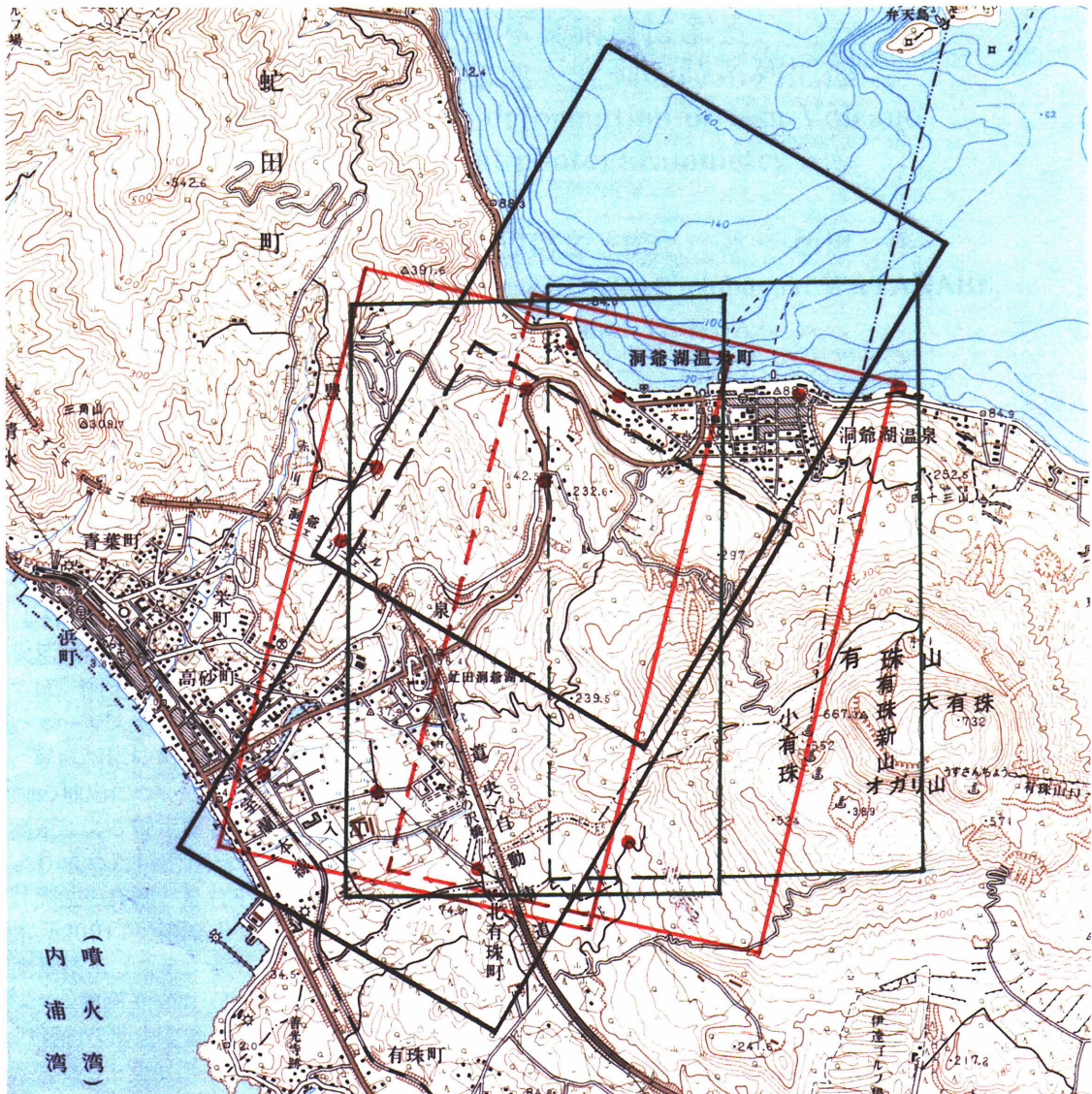
定値が得られているものと考えられる。

また、図-2、図-3はともに、4月26日撮影写真による「有珠山西山周辺の高さの変化」として、暫定値、精密値としてそれぞれ公表したものであるが、図-2では2m以下の変動については表示していないため、小さな地形変化は現れていないが、それを除けば、両方の図とも火口付近や金比羅山付近が同じように隆起している状況が現れており、大まかな地形変化を捉えるためには地物標定による高さの測定でも十分可能であることがわかった。



図-5 較差の大きかった測定点

3月31日、4月3日、4月26日撮影写真による計測



図－6 対地標定に使用した標定点
赤線は3月31日，緑線は4月3日，黒線は4月26日のモデルを示す

5. おわりに

今回は、噴火地域に立ち入れない時期に、室蘭土木現業所作成の地形図と新たに撮影された空中写真により、いち早く火山の変動の状況を提供できたことは、精度的には多少落ちるものの火山活動や地殻の動きを知る上では多少なりとも役に立つことができた。また、後に行った空中三角測量による測定を行うことにより、その計測値

の信頼性も検証できた。

このように地形の状態を知るためには、過去の地形の状況を記録している地図や空中写真があって初めてその変化状況を把握することができる。本作業を通じて地形図の整備や空中写真の周期的撮影の重要性を改めて感じた。

参考文献

- 建設省国土地理院(2000)：有珠山噴火と国土地理院の活動，地図ニュース，No.335
 小須賀洋(2000)：有珠山の火山活動－写真測量による火山活動観測－，建設関連業月報 8月号
 小須賀洋・鈴木弘(2000)：有珠山の水平・垂直変位の計測，宇宙開発事業団InSARワークショップ

