



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	雌阿寒岳でのGPSによる地殻変動観測
Author(s)	高橋, 浩晃; TAKAHASHI, Hiroaki; 一柳, 昌義 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 65, 303-309
Issue Date	2002-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.65.303
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14318
Type	departmental bulletin paper
File Information	65_p303-309.pdf



雌阿寒岳での GPS による地殻変動観測

高橋 浩晃・一柳 昌義

北海道大学大学院理学研究科附属地震火山研究観測センター

岡崎 紀俊

北海道立地質研究所

(2002 年 1 月 16 日受理)

GPS Observation in the Meakan-dake Volcano, Eastern Hokkaido, Japan

Hiroaki TAKAHASHI, Masayoshi ICHIYANAGI

Institute of Seismology and Volcanology, Graduate School of Science, Hokkaido University
and

Noritoshi OKAZAKI

Geological Survey of Hokkaido

(Received January 16, 2002)

To investigate the volcanic crustal deformation in the summit area of the Meakan-dake volcano, Eastern Hokkaido, we established a new GPS array with 16 stations in 1999. Temporal observations have been carried out in 2000 and 2001 and the data were processed by the rapid-static method. From comparison of station coordinates, we calculated the horizontal and vertical displacements and found that: (1) there was no displacement at the foot of the volcano and (2) subsidence as much as 10–15cm was observed at the summit area, Ponmachineshiri, but no horizontal displacement. These results imply the existence of a shallow deformation source under the Ponmachineshiri summit.

I. はじめに

雌阿寒岳は、北海道東部に位置する標高 1499 m の活動的な火山である。この火山での文献による噴火記録は 20 世紀以降しか残されておらず、それ以前の活動に関しては不明な点が多い。しかしながら、近年における火山活動は極めて活発であり、1954 年から 1966 年にかけてはポンマチネシリおよびナカマチネシリで頻繁に小規模な噴火(水蒸気爆発)を繰り返したほか、1988 年、1996 年および 1998 年にはポンマチネシリで小規模な水蒸気爆発による噴火活動を行った(たとえば、

笠原, 1989; 札幌管区气象台, 1989; 気象庁, 1991; 岡田ほか, 1997; 札幌管区气象台, 1997, 1998). このように活発な火山活動を行う雌阿寒岳の火山性地殻変動を検出する目的で, 我々は 1999 年に新たに GPS 観測点を設置するとともに 2000 年および 2001 年に繰り返し観測を実施した. 本稿では, その概要について報告する.

II. GPS 観測網

火山での地殻変動モデルを考える場合, その一次的な変動源として球状圧力源, いわゆる茂木モデルを用いることが効果的である. 茂木モデルから計算される水平変動は, 圧力源の直上の地表面から, 圧力源の深さの 0.71 倍だけ離れた地表面で最大となる. しかし, この位置は圧力源の深さにより変化するため, 水平変動を重視した観測を行う場合, 圧力源の深さ変化に対応できる観測網 (たとえば線状アレー) を設置する必要がある. ところで, 茂木モデルによる上下変動は常に圧力源の直上で最大となり, その場所は深さ変化の影響を受けない. また, その大きさは最大水平変動量の約 2.5 倍に達し, GPS 測量における上下成分の分解能が水平成分の 2 倍程度であることを考えても, 圧力源の直上に的を絞った観測を行うことは, 地殻変動を効果的に検出するのに有効な方法である. 現在のところ, 雌阿寒岳の圧力源の位置として, 最も可能性が高いボンマチネシリおよびナカマチネシリ周辺に観測点を設けることが合理的である. また, 茂木モデルによる変動域は地表から圧力源までの深さ程度の広がりしかもたないため, 圧力源が浅い場合のことも考慮して, できるだけ密に観測点を配置することも重要である.

以上のような点を考慮し, ボンマチネシリおよびナカマチネシリにそれぞれ 8 点 (ME 02—ME 07) および 6 点 (ME 51—ME 56) の GPS 観測点を設置した. これらの山上観測点にはステンスポルトを用いており, アンテナ設置再現性の向上を図っている. また, 雌阿寒岳では 1989 年に集中観測が実施され, その際に当時導入されたばかりであった GPS の観測点が設置された (雌阿寒岳集中総合観測地球物理グループ, 1990; 森, 1995). 本観測網では, そのうちの 2 点 (ME 01 および ME 08) を借用して観測網に組み込んでいる.

ところで, 国土地理院は全国 GPS 連続観測網を運用しているが, 雌阿寒岳に最も近い観測点は阿寒町立阿寒湖中学校に設置されている 960513 点である. この観測点は, 雌阿寒岳からは約 9 km 離れているため浅部火山活動による影響は受けないものと考え, 観測網の基準点 (AKAN) とした. また, AKAN から雌阿寒岳までの基線距離 (9 km) は, 2 周波受信機を用いて観測を行う場合には問題ないが, 1 周波受信機を用いる場合にはやや長いため電離層の影響を受ける可能性が考えられる. このため, 野中温泉に予備基準点 (NNK) を設置して, 山頂での 1 周波受信機での観測にも対応できるようにした.

このようにして, 合計 16 点からなる GPS 観測網を構築した (Fig. 1; Table 1). 予備基準点である NNK から山頂部の観測点までの基線距離は概ね 3 km 程度であり, 最も遠い ME 51 までは約 7 km となっている.

この観測網の他に, 札幌管区气象台火山監視情報センターでは, 雌阿寒岳の火山監視のため 1

周波観測点 2 点と 2 周波観測点 1 点の合計 3 点からなる GPS 連続観測網を 2001 年に設置した。観測データは公開される予定であり(札幌管区气象台, 私信), 将来的にはこれらの観測点のデータも本観測網に取り入れた形で観測を行う予定である。

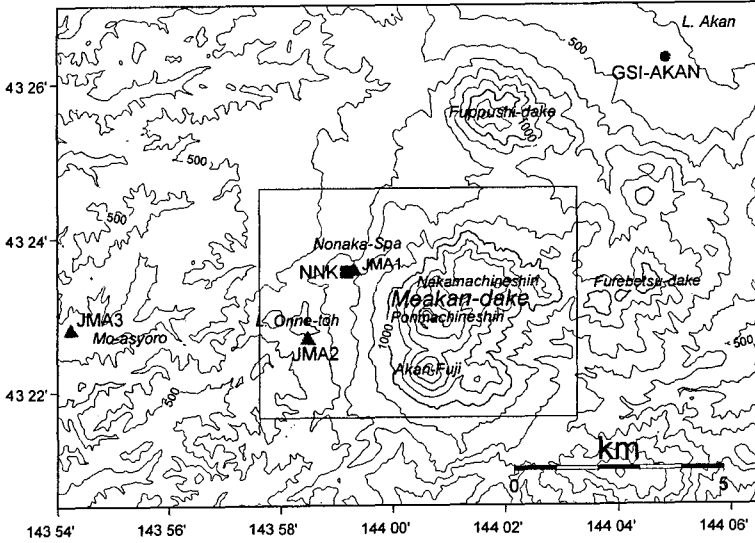


Fig. 1(a). GPS network in Meakan-dake volcano. Square: This study; triangle: Japan Meteorological Agency (JMA) continuous site; Circle: Geographical Survey Institute of Japan (GSI) continuous site. AKAN is the reference station for displacement calculation.

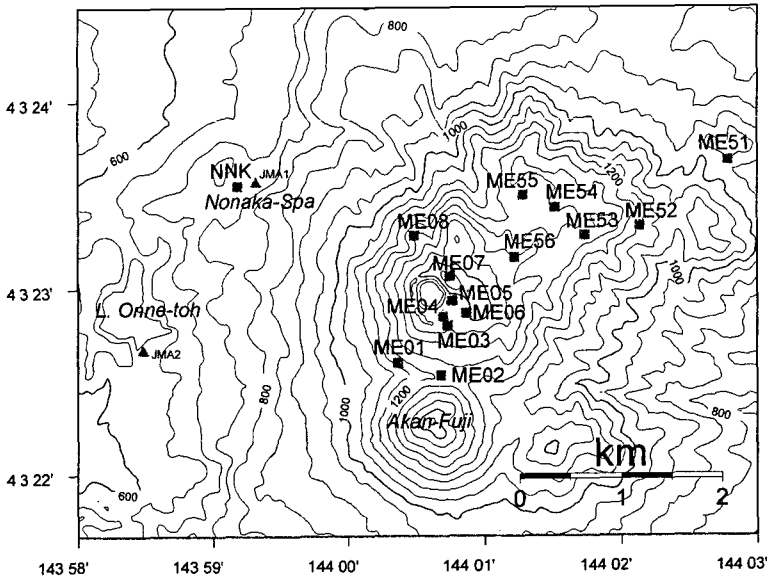


Fig. 1(b). Magnification of square region in Figure 1(a).

III. 観測およびデータ解析

この観測網での臨時観測を2000年10-11月および2001年10月に実施した(Table 2)。2000年の観測では、予備基準点であるNNKにおいて2周波型受信機(Ashtech Z-XII)による連続観測を行っている間に、山頂部の観測点で1周波型受信機(古野電気 MG 2110)を用いた観測を実施した。この観測網は、短基線および短時間の観測データから座標推定を行う高速静止測量法(Rapid-static method)を用いることを前提に設計されている。このため、ポンマチネシリ網では、山頂補助点としたME 01で約3時間の観測を行っている間、ME 02からME 07観測点においてME 01と観測時間が重なるように15分以上の観測を行った。このうち、ME 08点では観測条件が整わなかったためME 01と観測時間を重複させることができなかった。ナカマチネシリ網では、ME 51を山頂補助点として約3時間の観測を行い、その間にME 52からME 56でME 51と観測時間が重なるように15分以上の観測を行った。

2001年の観測では、NNKで2周波受信機(Ashtech Z-XII)で連続観測を実施している間に、山頂部の観測点でも同じく2周波受信機を使用した観測を行った。2001年は、2000年のように山頂部で長時間観測を行う観測点を設けず、ME 01からME 08においてそれぞれ15分以上の観測を行った。これは、2周波受信機を用いることによりL 1帯のデータに加えてL 2帯のデータも

Table 1. Site coordinates in WGS-84 reference frame.

Site	Latitude (DMS)	Longitude (DMS)	Hight (m)
AKAN (*GSI-960513)	43 26 19.81	144 04 46.63	467.97
NNK	43 23 43.18	143 58 57.22	741.53
ME 01	43 22 45.15	144 00 08.28	1210.71
ME 02	43 22 41.76	144 00 26.61	1281.26
ME 03	43 22 56.51	144 00 30.31	1399.38
ME 04	43 22 59.75	144 00 28.12	1414.29
ME 05	43 23 04.63	144 00 32.24	1418.02
ME 06	43 23 01.26	144 00 37.92	1417.24
ME 07	43 23 12.63	144 00 31.20	1513.37
ME 08	43 23 26.00	144 00 15.10	1316.67
ME 51	43 23 50.46	144 02 32.70	1028.79
ME 52	43 23 29.36	144 01 53.95	1181.44
ME 53	43 23 25.87	144 01 29.40	1304.39
ME 54	43 23 34.71	144 01 17.06	1281.49
ME 55	43 23 38.97	144 01 03.38	1281.41
ME 56	43 23 18.63	144 00 59.35	1343.00

*GSI: Geographical Survey Institute of Japan

Table 2. List of GPS campaigns.

No.	Year	Observation day(s)
1	2000	Oct. 31, Nov. 1
2	2001	Oct. 10

Table 3. Coordinates of AKAN-GSI site in ITRF 97.

Height(m)	Latitude(DMS)	Longitude(DMS)	X(m)	Y(m)	Z(m)
467.9798	43 26 19.814425	144 4 46.633289	-3756740.1293	2721463.2861	4363351.9158

取得できるようになるため、山頂補助点を介さずに直接 NNK から山頂部の観測点の座標推定を行うことが可能になるためである。なお、2001 年の観測では、悪天候のためナカマチネシリ網での観測は実施できなかった。

このようにして得られたデータを、Bernese Version 4.2 を用いて解析した。はじめに、基準点である AKAN の座標を GPS が準拠する ITRF 97 座標系と結合するために、IGS の TSKB 観測点（茨城県つくば市）から 2001 年 10 月 7－13 日の 7 日間の座標を 1 日ごとに計算し、その平均値を AKAN の座標値とした (Table 3)。次に、AKAN の座標は不動であるとして固定したうえで、2000 年および 2001 年のキャンペーンにおける NNK の座標をそれぞれ求めた。ここまでは、L 3 を用いた静止測量解析を行った。こうして求めたそれぞれのキャンペーンにおける NNK の座標値を固定し、次に高速静止法で山頂部の観測点の座標推定を行った。

2000 年のキャンペーンでは、はじめに山頂補助点として 3 時間の観測を行った ME 01 の座標を NNK から求め、次に、ME 01 の座標を固定してその他の観測点座標を求めた。ME 08 は ME 01 と同時観測が出来なかったために、NNK から直接座標を推定した。2001 年のキャンペーンに関しては、すべて 2 周波での観測だったため、NNK から直接山頂観測点の座標値を L 1 および L 2 を用いて推定した。2000 年と 2001 年では、使用した受信機の種類が異なるため、アンテナ高に補正を施した上で解析を行った。

こうして得られた 2000 年と 2001 年の座標値の差をとることで、この期間の各観測点での地殻変動量を求めた。

IV. 結果と考察

はじめに、予備基準点でもある NNK 観測点について見てみる (Table 4)。NNK と AKAN の基線距離は約 9 km と短く、観測時間も 2000 年で 48 時間、2001 年で 24 時間あり、rms 誤差を見ても両キャンペーンともに精度よく座標が推定されていると考えられる。この間の座標変化量は、水平成分で 1 cm 以内、垂直成分でも 1 cm であり、これは GPS 測量の誤差の範囲内である。したがって、NNK 観測点はこの期間には変動していないと結論づけられる。

次に、山頂部観測点の座標変化について見てみる (Table 4)。先にも述べたように、2001 年はナカマチネシリ網での観測が出来なかったため、座標変化が得られたのはポンマチネシリ網のみである。このうち、ME 07 では 2000 年の rms 誤差が著しく大きかったために表から除外した。ME 08 では東南東に約 70 cm の非常に大きな水平変位が観測されているが、他の観測点ではこのような大きな変位は観測されていないことから、これが火山性力源の変動による地殻変動を示しているとは考えづらい。この原因は現在のところ不明であるが、次回の観測によって明らかにな

Table 4. The 2000–2001 displacements and formal-errors of GPS sites with respect to the AKAN site.

Site	Height(cm)	rms(cm)	North(cm)	rms(cm)	East(cm)	rms(cm)
NNK	-1.09	0.72	0.34	0.09	0.59	0.1
ME 01	-11.28	0.92	-3.5	0.35	1.03	0.26
ME 02	-15.35	0.99	1.2	0.41	-0.68	0.39
ME 03	-13.02	0.99	-1.13	0.35	2.26	0.36
ME 04	-12.72	0.93	-2.06	0.33	1.98	0.32
ME 05	-10.7	0.94	0	0.33	-0.5	0.32
ME 06	-9.99	1.18	-1.23	0.37	1.5	0.36
ME 08	6.88	1.03	-10.74	0.35	67.96	0.36

るものと考えられる。

これ以外の観測点(ME 01–06)に関しての結果をしてみる。各観測点における水平変位は概ね 2 cm 以内であり、また、rms 誤差から推定される実質的誤差が 2 cm 程度であることから、この変位量は高速静止測量の誤差の範囲内であると考えられる。このため、これらの観測点においては有意な水平変動はないと結論できる。上下成分に関しては、すべての観測点において 10 cm から 15 cm の沈降が観測されている。GPS 測量の上下成分の誤差は、水平成分の 2–3 倍程度が見込まれるが、これらの沈降量は明らかにそれを上回る変動量であり、なおかつ、全観測点において認められることから、有意な変動である可能性が高い。先にも示したように、NNK では変動が観測されていないこと、また、水平成分には顕著な変位が見られないことから、この沈降現象は山頂部に限った変動である可能性が高く、その力源は山頂直下のかなり浅いところに存在すると考えられる。

ところで、沈降が観測された観測点に近い雌阿寒岳の 96-1 火口での赤外放射温度計による噴気の温度測定によると、1999 年 8 月に 671 度という非常な高温を記録していたが、その後急激に低下し 2001 年 10 月には 418 度と 250 度以上低くなっている。GPS 観測データの蓄積がまだ充分でなく噴気温度と地殻変動の関係をここで議論することは出来ないが、今後 GPS 観測を継続していくことによって熱的变化と地殻変動の関係を明らかにできるものと考えられる。

V. ま と め

雌阿寒岳における火山性地殻変動を明らかにするため、16 点からなる GPS 観測網を設置して 2000 年 10–11 月および 2001 年 10 月に観測を行った。その結果、山頂部の観測点において、10–15 cm の沈降が観測された。この沈降は山麓の NNK 観測点では見られないことや、水平成分では変動が観測されていないことから、山頂直下浅部の力源によるものと考えられる。雌阿寒岳では依然高温な噴気がみられるなど活発な活動が継続しており、今後とも GPS 観測を継続してデータの蓄積を図り、火山性地殻変動の監視を行っていく必要がある。

謝辞 北海道大学地震火山研究観測センターの森済先生には観測点の使用を許可していただき

ました。国土地理院の全国 GPS 観測網の RINEX データを使用しました。現地観測では、北海道立地質研究所の石丸聡・廣瀬亘研究員、および地震火山研究観測センターの大学院生の田村慎氏・丸山保洋氏、当時センターの学生であった福田淳一氏（現在、東京大学地震研究所）に手伝っていただきました。野中温泉別館からは、観測実施にあたり格別な便宜を図って頂きました。記して感謝の意を表します。

文 献

- 笠原稔, 1988. 雌阿寒岳 1988 年 1 - 2 月の噴火, 火山, **33**, 379-381.
- 気象庁, 日本活火山総覧, 1991, 483 pp.
- 雌阿寒岳集中総合観測地球物理グループ, 1990. 雌阿寒岳総合集中観測における地球物理観測(1989 年), 地球惑星科学関連学会合同大会日本火山学会固有セッション講演予稿集, **1**, 31-31.
- 森濟, 1995. GPS による北海道の活動的な五火山の地殻変動観測, 国際火山ワークショップ 1995 小論文・要旨集, 104-105.
- 岡田弘, 鈴木敦生, 前川徳光, 森濟, 西村裕一, 1997. 雌阿寒岳 1996 年 11 月の噴火(速報), 北海道大学地球物理学研究報告, **60**, 131-144.
- 札幌管区気象台, 1989. 雌阿寒岳, 北海道地域火山機動観測実施報告, **10**, 60 pp.
- 札幌管区気象台, 1997. 北海道駒ヶ岳・雌阿寒, 北海道地域火山機動観測実施報告, **18**, 105 pp.
- 札幌管区気象台, 1998. 雌阿寒岳・倶多楽, 北海道地域火山機動観測実施報告, **19**, 84 pp.