



Title	北海道中央部大雪山系山頂におけるGPS観測
Author(s)	小山, 順二; KOYAMA, Junji; 森谷, 武男 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 63, 15-21
Issue Date	2000-03-15
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.63.15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14282
Type	departmental bulletin paper
File Information	63_p15-21.pdf



北海道中央部大雪山系山頂における GPS 観測

小山 順二・森谷 武男・金曾 貴之

北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻

高橋 浩晃

北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター

(2000年1月5日受理)

GPS Measurement at Summit Peaks of the Taisetsu Mountains, Central Hokkaido, Japan

Junji KOYAMA, Takeo MORIYA, Takayuki KANESO

Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science,

Hokkaido University

Hiroaki TAKAHASHI

Institute of Seismology and Volcanology, Graduate School of Science,

Hokkaido University

(Received January 5, 2000)

To investigate the precise crustal deformation in the Taisetsu mountains, Central Hokkaido, Japan, we have conducted GPS survey in 1998 and 1999. The coordinates at summit peaks of the mountain chain, horizontal displacements and strain are evaluated in this period. Major results are summarized as (1) horizontal displacements at summit peaks are about 2cm in the direction of north, (2) horizontal strain is estimated to be compressional in the NW-SE direction. Although the precision of the estimates awaits for the future survey, this results are consistent with the direction of the compressional axes of focal mechanism solutions of local earthquakes in the surrounding region and with the deformation vector by the triangulation in central Hokkaido.

I. はじめに

北海道の中央部を走る大雪山系は、2000メートルをこえる数多くの第四紀の火山からなっている。その中には十勝岳，旭岳などのように現在もなお活発な活動を示す火山が存在している。大雪山系では約3万年前に大規模な噴火活動があり、お鉢カルデラと呼ばれる大規模な山頂クレー

ターを形成した。また、500-600年前の噴火では、旭岳の山体の半分を吹き飛ばす爆裂火口を形成した。その火口では現在でも活発な噴気活動が見られる。1926年の十勝岳噴火は、マグマ水蒸気爆発でそれに伴う大規模な岩砕流や泥流が付近に大きな被害をもたらした。さらに、1988年のマグマ水蒸気爆発では、約1kmにわたる火砕流を発生させている。これらの噴火により形成された十勝岳の火口付近では現在でも噴気噴煙活動が活発で、火山活動情報がしばしば発せられている(札幌管区気象台, 1997)。

国土地理院が日本全国に展開しているGPS観測網は世界に類を見ない稠密な観測網である(国土地理院, 1999)。北海道付近では最近観測網が完成し、過去数年間の観測データが蓄積してきた。10年に一度再測される三角測量から得られる北海道の地殻変動は、大まかに言って、大雪山系をはさんで、西側では南東方向の、東側では北西方向の地殻変動を示し、大雪山系の変動はほとんど観測されていない(多田・木村, 1987)。この変動はFigure 1に示す大雪山系を取り囲む地域のGPS観測結果とおおよそ一致している。この図では後に述べるように上川GPS観測点を基準にしているが、つくばIGS観測点を基準にしても変位場の特徴は変わらない。しかし、GPS観測について言えば、北海道内には未だ観測が手薄な地域が多く、Figure 1でもわかるが、特に大雪山系の広大な地域は観測条件が厳しく手付かずの地域として取り残されている。

近年の地震観測によればFigure 2に示すように(北海道大学地震火山観測センター, 1999)、北海道内に発生する浅発地震は数少なく、特に大雪山系にはほとんど発生していない。むしろ、大雪山系の周辺部に、たとえば大雪山系東縁部(丸山火山付近)に局地的な群発地震活動が見出されている。最近やっと集中地震観測により、十勝岳の微小地震活動が明らかにされてきたが(一

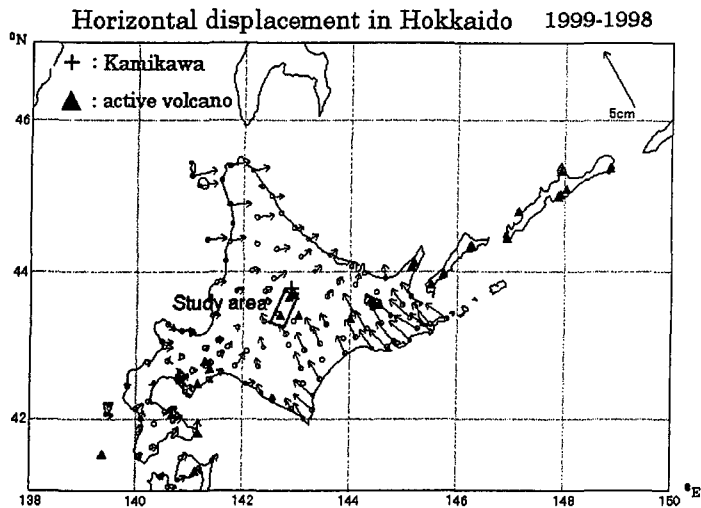


Fig. 1. Horizontal displacement in Hokkaido derived from GPS measurement from 1998 to 1999 by Geographical Survey Institute of Japan. The displacement vector at each GPS observation station is evaluated referring to Kamikawa GPS station plotted by cross in the figure. We find no GPS observation in the Taisetsu mountain area.

柳他, 1999), 大雪山系の地震・火山活動は未知の部分が多い。したがって, 大雪山系の地殻変動を調べることは, オホーツクプレートの相対運動やプレート境界を明らかにする上からも, 千島弧の衝突過程を理解する上からも, また, 我々が住む大地をよりよく理解する上からも, 意義が大きい。

我々は学生実験実習の一環として, 簡易なアンテナを用いた単独測位による GPS 観測, GPS 観測データの取り込みと観測データの統計処理を始めとして, 2 周波の位相特性を用いる GPS 野外観測を実施している。特に, 大雪山系の GPS 観測には, 上に述べた理由のほかに, (1) 10 年程度の長い時間スケールでは見出せない大雪山系の変動, (2) GPS 観測によるより詳細な地域的地殻変動, (3) 学生自身による山行計画や観測計画の立案と実施, (4) 大学院学生の研究テーマの一部, なども目的としている。ここでは, 1998 年と 1999 年に大雪山系山頂部で実施した GPS 観測の結果について報告する。

II. 観測とデータ処理

我々は, 1998 年と 1999 年に都合 3 度にわたり大雪山系山頂部において GPS 観測を実施した。学部学生・大学院学生を含む 3 名ないし 5 名のメンバーで山中 2 泊 3 日の観測である。3 回目の観測は低気圧の接近で天候が悪化し途中から引き返している (Table 1)。通常山頂部には国土地理院が設置する三角点や標高点が置かれている。これは 10 年に一度再測される三角測量の指標である。GPS 観測のアンテナを固定する三脚はこの三角点を基準にしている。しかし, 三角点があった黒岳の山頂部は崩壊し, 標石が消滅していた。また, いくつかの三角点は山頂部が冬場非常な低温になるため凍上で変位し, 今後も変位する可能性があるためそれらは用いなかった。

Table 1. List of GPS survey in the Taisetsu mountains.

	1998 (One party)	1999 (Two parties)
Mt. Kurodake	July 28 (3 hours)	July 20 (3 hours)
Mt. Hakuundake	July 29 (6 hours)	July 21 (7 hours)
Mt. Asahidake	July 30 (3 hours)	July 21 (3 hours)
Mt. Akadake	—	July 21 (3 hours)
Mt. Kamihorokamettoku	—	September 19 (5 hours)

GPS 観測は山頂部であるため見通しも良く, Table 1 にあるように各点で 3 時間から 6 時間連続観測した。データ取得は 30 秒間隔である。用いた観測機は TOPCON GP-RIDY で, アンテナは ASHTECH 700718 と 700578 である。持ち帰った観測データは GPS 解析ソフトウェア—Bernese Version 4.0 (Rothacher and Mervert, 1996) を用いて解析した。その時, 衛星軌道情報と座標は, 国際 GPS 観測事業 (IGS) 精密暦を用い, 国際地球回転観測事業 (IERS) が提供する Bulletin-B の地球回転パラメーターに準拠して解析した。

国土地理院上川観測点は, 我々が GPS 観測を行なった領域に一番近い連続観測点である。我々の観測はこの上川を基準にして解析することにして, 先ず上川観測点の座標を IGS つくば観測点

に対して IERS 地球基準フレーム上に決めた。したがって、観測したすべての山頂の座標はこの上川観測点を基準としている。今回の観測では、上川観測点からの基線長にしてすべて 10 km 以内にあるので、L1 バンドの一周波データだけで解析した結果を採用する。これは、L1 と L2 バンドの 2 周波を用いた解析も行なったが、2 周波で解析するほうが誤差は大きかったからである。気象補正は 3 時間ごとに計算して行なった。

III. 結果と考察

Figure 3 に今回我々が行なった大雪山系山頂部での GPS 観測から得られた水平変位・水平歪を示す。黒岳、白雲岳、旭岳におけるこの 1 年間での水平変動はそれぞれ上川観測点に対して、2.6 cm (N 10°E), 2.5 cm (N 22°W), 1.3 cm (N 21°E) だけ縮んでいることがわかった。この地域の平面歪は、圧縮歪 -5.46×10^{-6} (N 56°W), 伸張歪 2.38×10^{-6} (N 34°E) と計算される。

得られた南北方向の変位量は国土地理院が行なっている三角測量や GPS 観測に比べて大きいように見える。しかし、ここでの結果は 3 時間という比較的短い観測時間のデータから得られた 1 年間の変化量であるから、短期間の変動の揺らぎが長期間の平均的な変動よりも大きいのかも

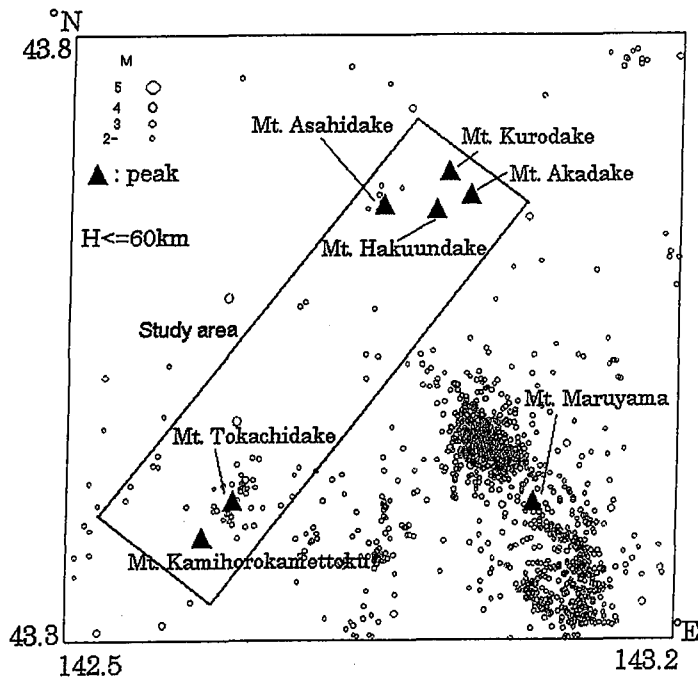


Fig. 2. Seismic activity in and near the Taisetsu mountains and the observation points of summit peaks are shown. The data of seismicity shallower than 61 km is from July 1976 to September 1999 (Hokkaido University, 1999).

しれない。今後継続した再測を行なうことで検証する必要があると考えている。また、東西方向の変位量はその絶対値が小さいため、この方向の変位の計算には桁落ちによる精度の不確かさが懸念される。しかし、旭岳と赤岳の変位東西成分は逆センスであり、それが結果的に東西方向よりの圧縮場を生じさせている。この結果は下で再び議論しよう。今回観測した旭岳周辺の歪場の大まかな特徴としては北西-南東の圧縮場が卓越していると考えられる。

森谷(1999)は北海道に発生する浅い局地的な地震の震源メカニズムを調べている。北海道内では、マグニチュードが5をこえるような地震はめったに発生しない。このためにメカニズム解はすべて局地的な微小地震観測によるP波の初動から求められている。Figure 2にも示したが大雪山系周辺には局地的な地震も少なく、我々

が観測の対象にした地域を取り囲む半径100 km以内に発生した地震のメカニズムから主圧力軸の方向を調べると、Figure 4にあるように、N 30°WからN 60°W方向が卓越している。これは今回我々が求めた圧縮歪の卓越方向と調和的であり、周辺の局地的な地震と大雪山系の歪場が密接な関係にあることを示唆している。

国土地理院により三角測量が10年ないし5年ごとに国内全てで再測されている。大雪山系周辺は、圧縮歪が南北方向から東西方向とさまざまな方向を向いている。伸長歪はおおよそ北東-南西方向を示している(国土地理院, 1987)。圧縮歪の絶対値は今回の結果が2ないし3倍、周辺の三角測量の結果より大きい。これにはさまざまな理由が考えられる；(1)山頂部での変形が周辺部より大きい、(2)三角測量の結果が10年程度の平均的な変動を示している、(3)1年ないし数年の変動の揺らぎが大きい、(4)短時間のGPS観測にたまたま誤差が混入している、(5)歪計算のスパンが短く必用以上に微分値を大きくしている、などなどである。この点に関しては、

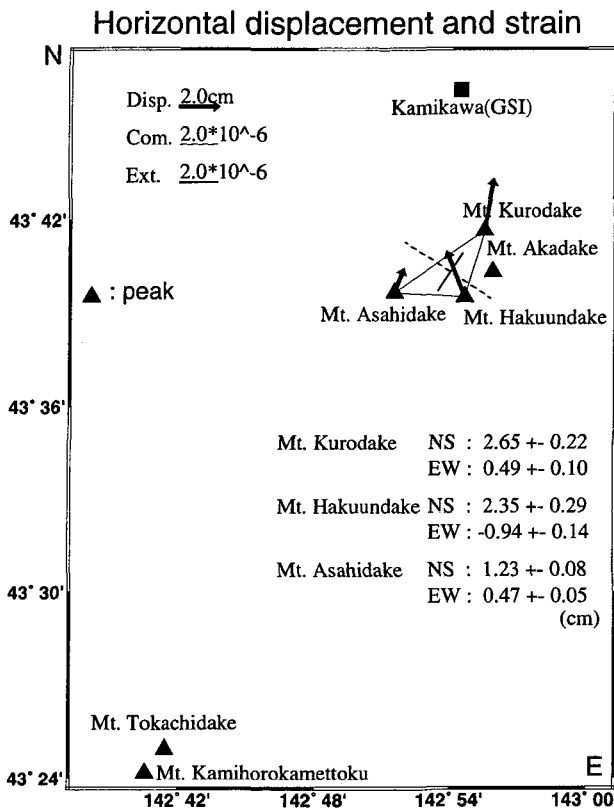


Fig. 3. Horizontal displacements eastimated from the 1998 and 1999 GPS survey. They are calculated with respect to Kamikawa (GSI) station. Horizontal strain field of compression and extension is evaluated. Kamikawa GPS station of Geographical Survey Institute of Japan is plotted by a square symbol, where we have used as the reference site.

Azimuth of maximum horizontal compression by focal mechanism solutions of local earthquakes

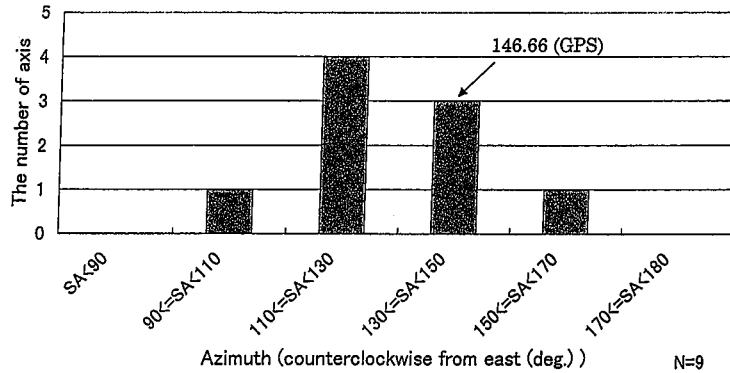


Fig. 4. Histogram of directions of maximum compressional axis of focal mechanism solutions of local earthquakes in the central part of Hokkaido (surrounding region of the Taisetsu) (Moriya, 1999). Direction is measured as azimuth angle counter-clockwise from East. Our estimated direction of 146.66° is also plotted.

短期間の地殻変動現象をとらえている可能性もあり，継続した再測を行なうことで明かにされるだろう。

Figure 1 にも示したが，全国規模での GPS 観測網が国土地理院により設置されている。北海道内の地殻変動もここ数年の観測から次第に明らかになってきている。しかし，大雪山系をふくむ広大な領域で観測はない。特にこの領域が太平洋プレートの沈み込みに伴う道東の変形とオホーツクプレートの相対運動に伴う道北・道南の変形の境界になっている。ここでの結果は観測が手薄な地域の局所的な地殻変動を明らかにし，大雪山系全体の短期間詳細な変動を知る第一歩である。

IV. ま と め

1998 年・1999 年の大雪山系山頂部での GPS 観測により次のような結果を得た；(1) 山頂部での変位量は北東・北西方向に年約 2 cm 程度である。(2) 北西－南東方向の圧縮歪が卓越している。(3) この歪場は周辺域の局地的地震の圧縮軸の向きに調和的である。(4) 今回の結果は三角測量の歪量より有意に大きい。(5) 歪量の絶対値をチェックするためにも，継続した観測が必要である。

謝辞 今回解析に用いた GPS 連続観測データを提供していただいた国土地理院に感謝します。笠原稔教授には，計測器を提供していただき，観測を支援していただきました。また，数多くの学生・大学院生に山行での観測に協力していただきました。記して感謝いたします。

文 献

- 一柳昌義, 高橋浩晃, 田村慎, 和田直人, 青木良江, 勝俣啓, 笠原稔, 吉田邦一, 佐波瑞恵, 岡崎紀俊, 石丸聡, 佐藤広秋, 宮村淳一, 佐藤十一, 池田友紀子, 宮本聖史, 榎納智裕, 1999. 高密度臨時地震観測網によって観測された十勝岳に発生する火山性地震の震源分布, 北海道大学地球物理学研究報告, **62**, 43-58.
- 国土地理院, 1987. 日本の地殻水平歪 1985-1883, 国土地理院技術資料 F1-No.6, 1-133.
- 国土地理院, 1999. <http://mekira.gsi-ms.go.jp/ENGLISH/index.html>
- 北海道大学地震火山観測センター, 1999. <http://hkdpub.eos.hokudai.ac.jp/javaseis/jmap/index.rcep.html>
- 森谷武男, 1999. 北海道とその周辺における地震のメカニズム解から推定される地殻内部応力場, 月刊地球, **21**, 557-564.
- Rothacher, M. and L. Mervert (編著), 1996. *Bernese GPS software Version 4.0*, Astronomical Institute, University of Bern, Bern, 1-418.
- 札幌管区气象台, 1997. 北海道地震火山年報, 91-93.
- 多田堯, 木村学, 1987. 千島弧南西端における衝突現象と地殻変動, 地震 **2**, **40**, 197-204.