



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道丸山火山周辺域での地震および地殻変動の臨時観測 (1995-1997)
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, 61, 179-188
Issue Date	1998-03-20
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.61.179">https://doi.org/10.14943/gbhu.61.179</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/14268">https://hdl.handle.net/2115/14268</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	61_p179-188.pdf



## 北海道丸山火山周辺域での地震および地殻変動の臨時観測 (1995–1997)

高橋 浩晃・一柳 昌義・笠原 稔

北海道大学理学部附属地震予知観測地域センター

(1998年1月8日受理)

### Temporal Seismic and GPS Observations around the Maruyama Volcano, Central Hokkaido (1995–1997)

Hiroaki TAKAHASHI, Masayoshi ICHIYANAGI and Minoru KASAHARA

Research Center for Earthquake Prediction, Faculty of Science, Hokkaido University

(Received January 8, 1998)

To investigate the crustal activity of the Maruyama volcano, located in central Hokkaido, a telemetric seismic observation has been operated at Horoka hot spring, about 10 km north-east of the volcano, from 1989. But seismic network around the volcano has been insufficient to determine hypocenter and mechanism of earthquakes. We carried out a dense temporal seismic observation around the volcano to determine the precise hypocenter locations with 5 seismometers from October 11 to 14, 1996. The hypocenters during the above observation were determined by using 4 or more seismic stations data. The hypocenters were mostly located just under the volcano with depth shallower than 10 km. We also carried out GPS observation around the volcano 4 times between 1995 and 1997. The result of GPS observation did not indicate remarkable crustal deformation. But our GPS network are too away from the volcano to detect the crustal deformation, if any, caused by shallow source of the volcano.

#### I. はじめに

丸山火山は十勝支庁北部の上士幌町と新得町の町境にある活火山で(Fig. 1), 1898年に水蒸気爆発を起こしたことが古文書・現地調査から明らかにされている(たとえば帯広畜産大学ほか, 1989)。この火山が注目を浴びることになったのは、1988–89年の十勝岳噴火の際に、この付近で発生した顕著な群発地震以降である。それ以前は研究者から活火山として認知されておらず、調査もほとんど行われていなかった。本格的な学術調査が開始されたのは1989年7月のことである(近堂ほか, 1989, 岡崎ほか, 1991, 鈴木, 1992, 斉藤・中川, 1993)。これらの結果は、北海道防災会議の火山に関する研究報告書としてまとめられている(荒牧ほか, 1993)。

この火山は人里離れた場所に位置しており、麓の集落から火口を確認することは不可能である。それゆえ、地震計による振動観測が活動状況を知る上での唯一の手段であった。しかし、札幌管区気象台や北海道大学理学部の最も近い地震観測点(ともに十勝岳)からも約30 km東に離れており、この付近での詳細な地震活動を把握できる状況には無かった。気象庁は、1926年以降の地震の震源リスト

を地震月報として発行しているが、群発地震が始まる1989年以前にはこの付近には3つしか震源が決まっていない。これは、1987年6月のニペソツ山西方群発地震のものである(本谷ほか, 1989)。一方、札幌管区気象台(1986)によると、1969年に糠平で局所的に震度2となる地震が2回、震度1が1回記録されている。これらの震源は1989年から始まった群発地震震源域から東に約30 km程度離れた喜登牛山付近に決められている。

北海道大学理学部では、1989年3月から丸山の北東約10 kmにある幌加温泉(以下HRK)に短周期高感度地震計を設置しテレメータによる連続観測を開始した(Fig. 1)。それ以降、この付近でかなり活発な地震活動があることが明らかになってきた(たとえば高橋ほか, 1996)。

我々は、1996年10月に丸山火山を取り囲む形で臨時地震観測を行い、また1995年以降4回のGPSによる地殻変動観測を行ってきた。本稿ではそれらのデータを含め1995-97年の丸山火山周辺域の地震活動と地殻変動について報告する。

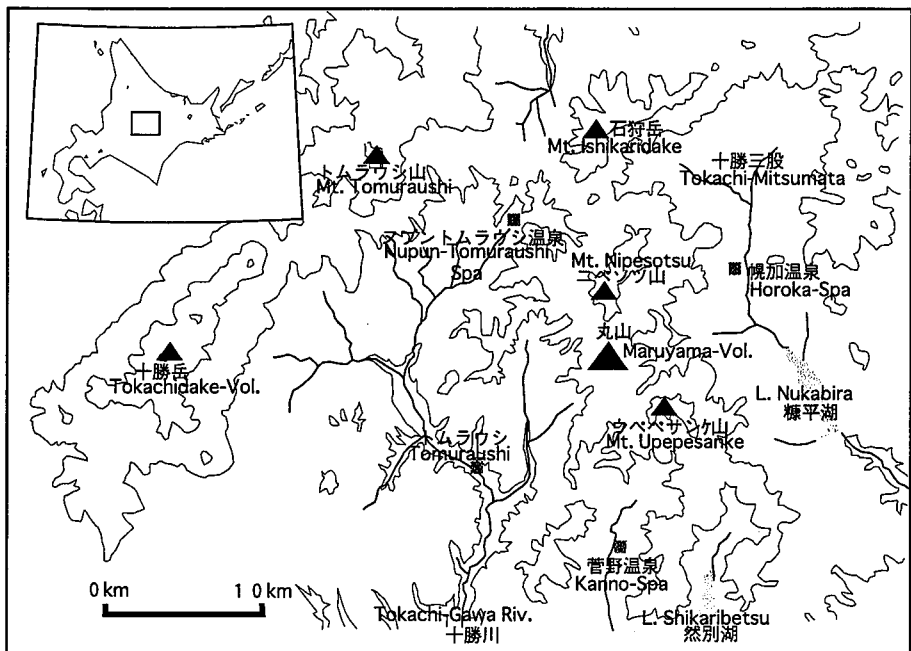


Fig. 1. Map showing the location of the Maruyama volcano and the topography of the northern Tokachi district.

## II. 定常観測による地震活動と震源メカニズム

まず始めに、丸山火山を含む十勝支庁北部の地震活動について検討する。Fig. 2に95年1月1日から97年5月13日までに北海道大学理学部地震予知観測地域センター(以下RCEP)の定常地震観測網によって求められた浅発地震の震央分布を示す。RCEPの震源カタログから地震を選択する条件として、4観測点以上で位相読みとりが可能であったもので深さ30 km以浅のものとした。この地域の震源決定を行う場合、HRKをはじめとして日高(震源域から南南西に約70 km)、訓子府(震源域から東に約70 km)、帯広岩内(震源域から南に約80 km)そして北海道大学理学部有珠火山観測所の十勝岳(震源域から西に約30 km)といったHRKを除いて震央域からかなり離れた地震観測点のデータ

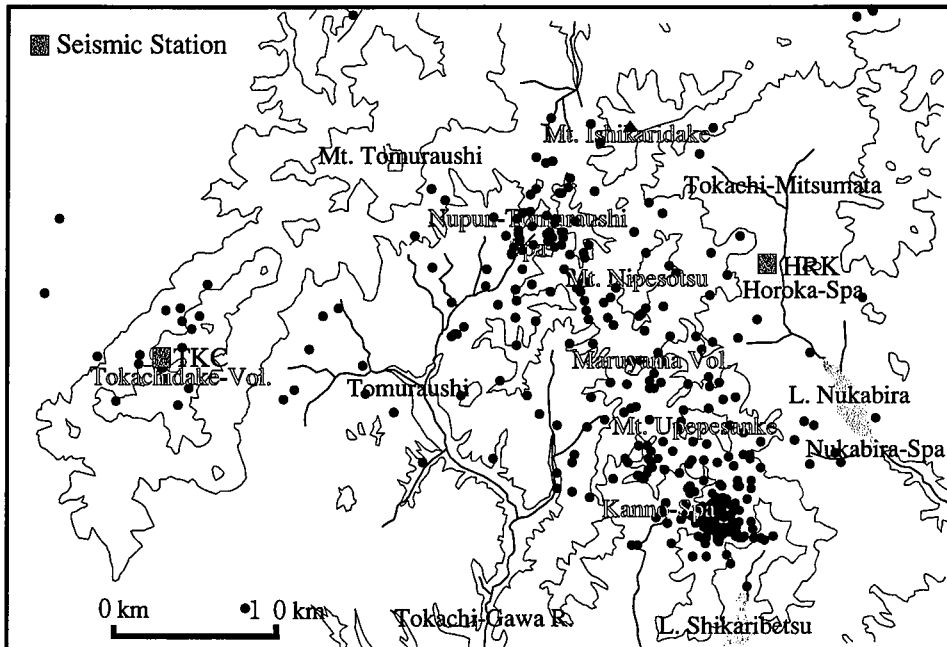


Fig. 2. Distribution of epicenters of earthquakes in northern Tokachi district from January 1995 to May 1997, determined by Research Center for Earthquake Prediction, Hokkaido University. We selected the earthquakes with depth shallower than 30km and determined by using more than 4 seismic station data. Solid square indicate telemetric seismic station.

が用いられる。

この震央分布図から、然別湖北部からヌプントムラウシ温泉にかけての南東-北西方向のラインに沿って地震が発生していることがわかる。また、菅野温泉東方付近での地震活動が最も活発であり、ヌプントムラウシ温泉付近にも地震がやや集中して見られる。丸山火山付近の地震活動はそれらに比べて低いように見える。

4観測点以上で記録され震源決定が可能な地震のほかに、マグニチュードが小さいために HRK 1点のみでしか観測されない地震も多数発生している。そこで、HRK で観測されたすべての地震の日毎回数と、S-P 時間の時間変化を示す (Fig. 3)。期間は、Fig. 1 と同じ 95 年 1 月から 97 年 5 までである。これらの図から、この地域の地震活動が群発様式を呈しており、S-P 時間が 2-2.5 秒付近と 1.5 秒付近に顕著な地震群があることがわかる。2-2.5 秒付近の地震群は 95 年 1 月から 3 月にかけて活発な活動を行い、1.5 秒付近の地震群は 95 年 6 月と 96 年 10 月に活動が活発化している。

地震を発生させる応力場の情報は、震源メカニズムに反映されている。この地域で発生するマグニチュード 2.5 以上の地震では、10 観測点以上で P 波初動の読み取りが可能になり、その押し引き分布から震源メカニズムを求めることができる。主な地震の震源メカニズム解を Fig. 4 に示す。P 軸は、ほぼ北西-南東方向で一致している。これは、1996 年 4 月から 1997 年 3 月までの国土院の全国 G P S 連続観測網によって求められた北海道中央部の広域的な歪みの最大圧縮方向と調和的である (Oware et al., 1997)。また、この地域での特徴として、逆断層型の地震が非常に少ないことがあげられる。ほとんどの地震がストライクスリップ型か正断層型、あるいはその複合型である。ここで、北海道および東北地方で発生した浅発地震のメカニズム解の空間分布を Fig. 5 に示す (小菅・田中, 1996)。一般的に、東北・北海道の内陸部では太平洋プレートの沈み込みに伴う東西方向の圧縮応力に

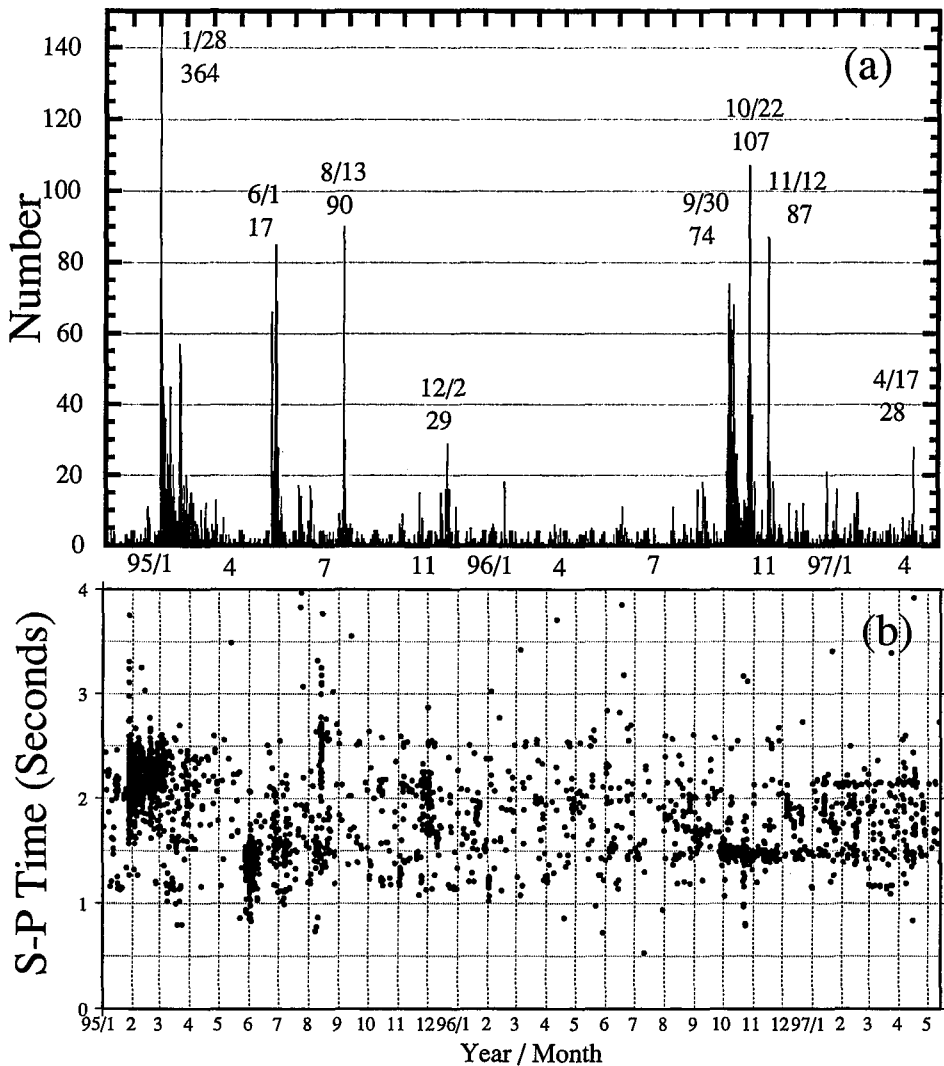


Fig. 3. (a) Daily number of earthquakes observed at HRK station from January 1995 to May 1997. (b) Distribution of S-P time of earthquakes observed at HRK station from January 1995 to May 1997.

よる逆断層型のメカニズムが卓越している。十勝支庁北部地域で見られるような正断層型のメカニズムは、恵山付近・蔵王付近にしか発生しておらず、非常に珍しいケースであることがわかる。

### III. 1996年10月の臨時地震観測

1996年9月下旬から、HRKのみで観測される極微小地震の数が増加した。これらの地震は、S-P時間が1.5秒付近に集中しており、HRK近傍の地震活動であることが推定された。そこで、これらの地震の震源を精度よく求める目的で、10月11日-14日の4日間にわたり臨時地震観測を行った。丸山火山を取り囲む形で臨時地震観測点を5点設け(Fig. 6)、固有周期2 Hzの3成分地震計(MARK-PRODUCTS L 22 E-3D)と白山工業製のデータロガー-LS-8000 SHを用い、サンプリング周波数100

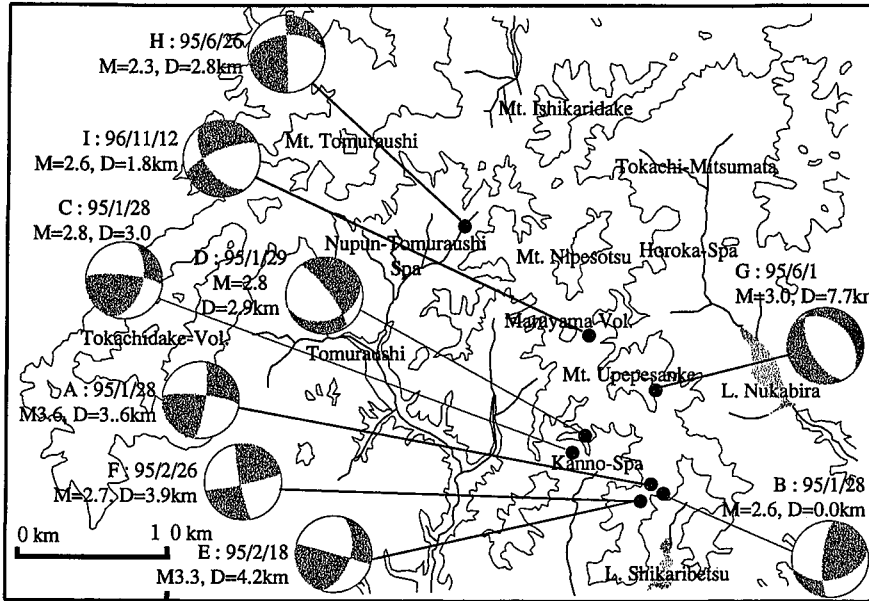


Fig. 4. Map showing the distribution of the focal mechanism solutions of earthquakes determined by P wave initial motion.

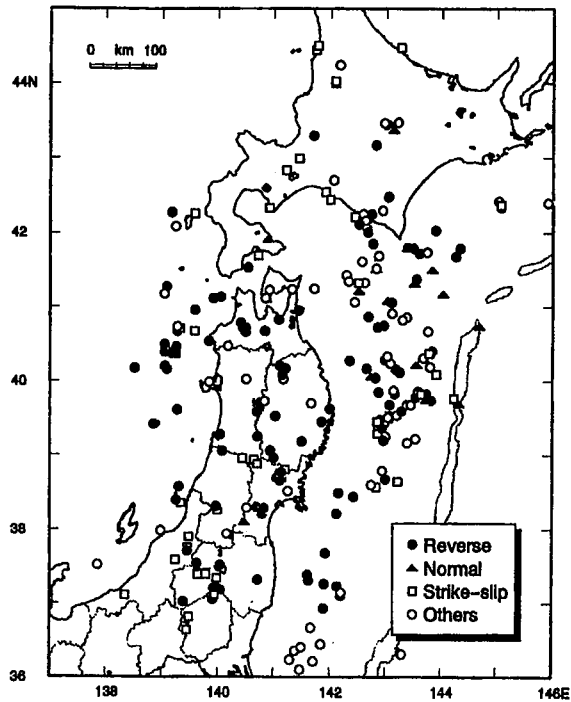


Fig. 5. Space distribution of focal mechanism types of shallow earthquakes occurred in Tohoku and Hokkaido regions ( After Kosuga and Tanaka, 1996). Solid circle : reverse type. Solid triangle : normal type. Open square : strike slip type. Open circle : other type.

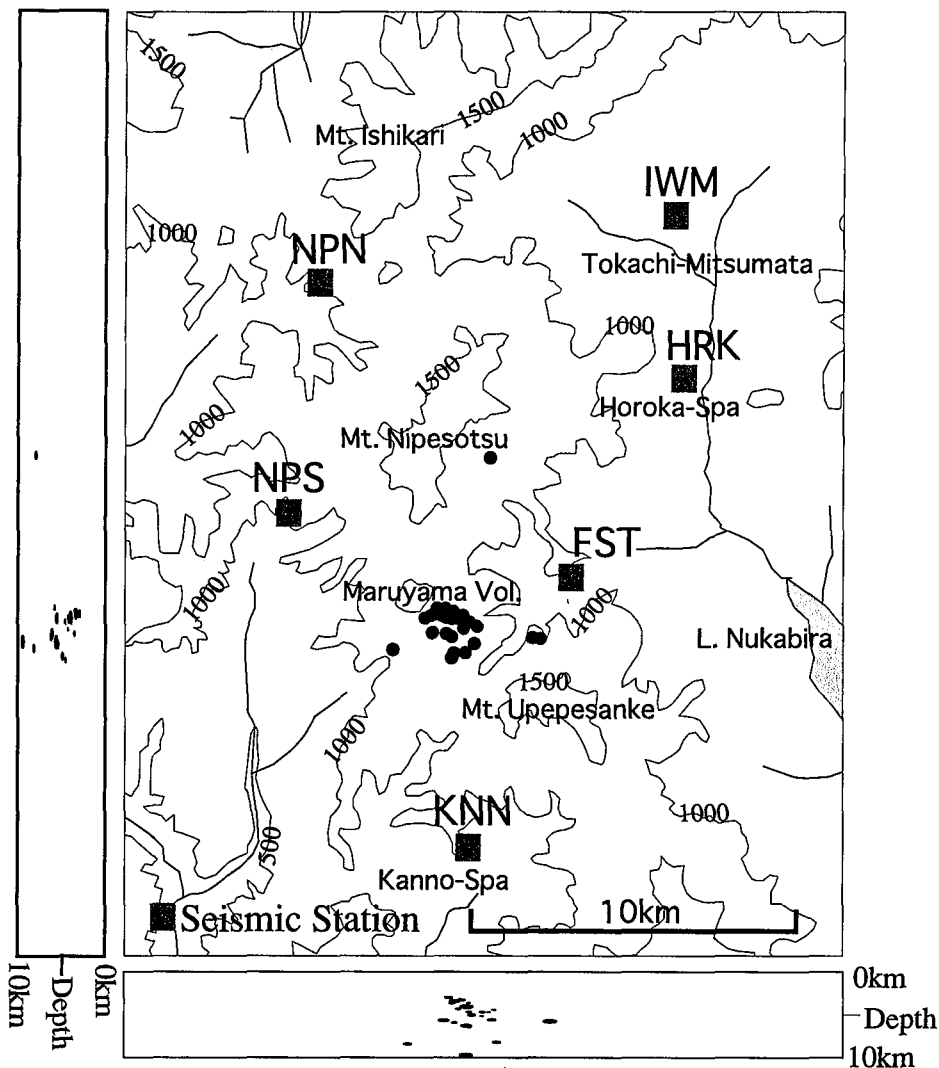


Fig. 6. Hypocenter distribution determined by temporal seismic observation from October 11 to 14, 1996, using more than 4 seismic stations data. Solid square indicate seismic station used in this hypocenter determination.

Hzでの観測を行った。記録方式は、イベントトリガー方式とした。時刻校正はGPS時計で行われ、読み取り誤差以下の刻時精度が得られている。この臨時観測で得られた各観測点でのP波とS波の位相到着時刻の読みとり値に、テレメーター観測を行っているHRKのデータを加えて震源決定を行った。震源計算は、4観測点以上でP波S波双方の読み取りが可能であった50個の地震について、Hirata and Matsu'ura (1989)の方法で行った。地震波速度構造は、定常観測と同じくMiyamachi et al., (1994)による北海道の3次元速度構造の平均値を2次元の値に変換した値を用いた。

以上の手法で求められた震源分布をFig. 6に示す。丸山火山山体直下に震源が求められており、深さもすべての地震について10kmより浅く決まった。これらの地震群を、丸山の火山性地震とする。なお、これらの震源の決定精度は、水平・深さ方向とも0.5km以内であった。今回の臨時観測で震源が求めた地震の多くは、マグニチュード1以下の極微小地震であり、RCEPの定常観測網では震源を求めることは不可能である。また、臨時観測で震源が求められた地震のHRKにおけるS-P時間の

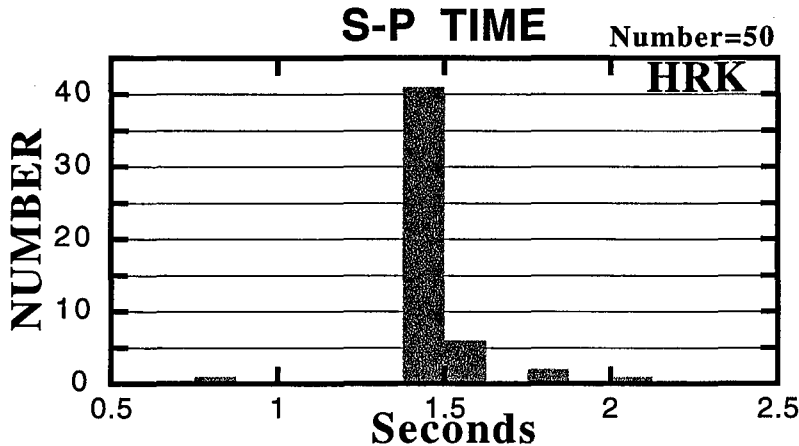


Fig. 7. Histogram of the S-P time at HRK of the earthquakes determined by temporal seismic observation.

分布を Fig. 7 に示す。ほとんどの地震が 1.5 秒付近であることがわかる。このことにより、マグニチュードが小さいために HRK でしか観測されない S-P 時間が 1.5 秒付近の地震は、丸山直下が震源である可能性が高いことが示された。

#### IV. GPS による地殻変動観測

GPS とは Global Positioning System の略称であり、汎地球測位システムと訳される。米国国防総省が管理する人工衛星（上空 20000 km を 31 個の衛星が極軌道で周回している）を用いて精密測位を実現するもので、その精度は基線長に対して  $10^{-8}$  よりも良いとされている。全天候型であり視通がない場所でも観測が可能のため、山体をはさんだ形での観測も可能である。

北海道大学理学部では、この地域に十勝ダム (TKD)、トムラウシ (TMR)、十勝三股 (TKM) そして糠平ダム (NKD) の計 4 点からなる GPS 観測網を 1989 年に設置した (Fig. 8)。95 年の観測からは、十勝三股 (TKM) を付け替えたので、95 年以前とは TKM からの放射基線が異なっている。また、96 年にはヌプントムラウシ温泉 (NPN) に 1 観測点を追加した。すべての観測点において、コンクリートの基台に 5/8 インチボルトを打ち込んであり、GPS アンテナの設置再現性・観測安定性の向上をはかっている。本観測網の基線長は、最長で 28 km、最短で 13 km であり、これにアンテナ設置時のゆらぎ等を考慮すると、基線長に対する観測誤差は 1 cm 程度と見積もられる。

本稿では、95 年以降に行われた 4 回の臨時観測について報告する。観測は、95 年 6 月、96 年 6 月、96 年 10 月と 97 年 6 月に行われた。観測に使用した GPS 受信機は、Y-Code 解読型 2 周波対応の TOPCON GP-R1DY (Ashtech Z-XII の OEM 製品) で、データサンプリング間隔は 30 秒とした。データの解析には、スイス・ベルン大学が作成した Bernese GPS Software と IGS (International GPS Service for Geodynamics) が作成した精密暦を用い L3 モードで基線解析を行った。

その結果求められた基線長変化を Fig. 9 に示す。95 年 6 月-96 年 6 月では、全基線が伸びを示しており、特に糠平ダム-トムラウシ・糠平ダム-十勝ダム基線では約 2 cm の伸びであった。一転して 96 年 6 月-96 年 10 月では全基線が縮みを示しているが、その大きさは 1 cm 以下である。96 年 6 月-97 年 6 月では、糠平ダム-トムラウシ・糠平ダム-十勝ダム基線が 0.5-1.0 cm 程度の伸びを示しているが、他の基線にはほとんど変化がない。以上のように、どの期間においても基線長の変動量は大き

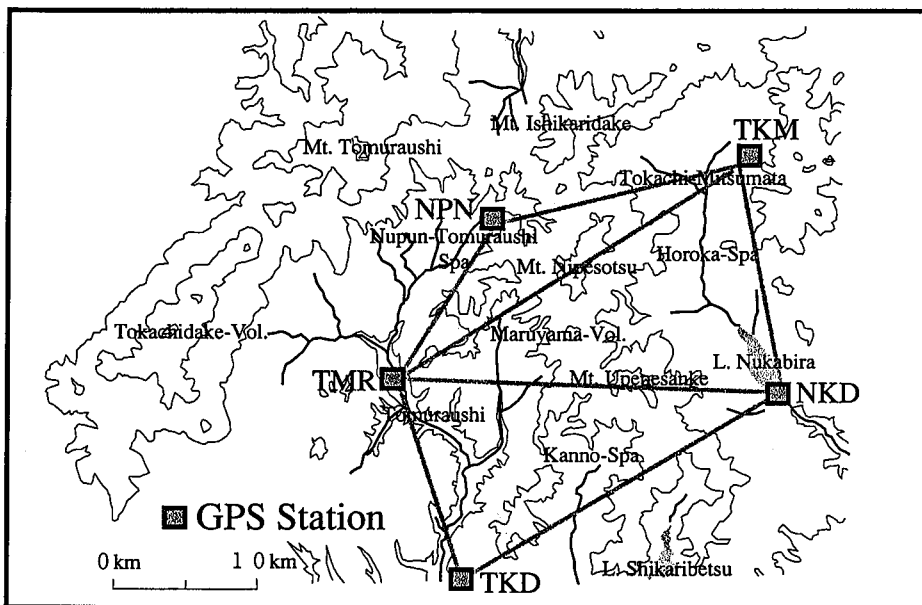


Fig. 8. Map showing the distribution of GPS stations in northern Tokachi district.

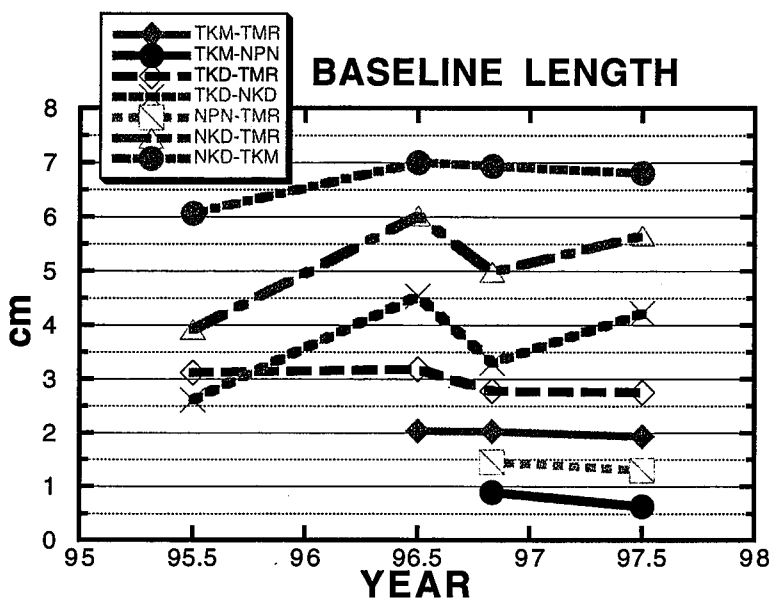


Fig. 9. Length change of each baseline by GPS observation between 1995 and 1997.

くなく、この地域で顕著な地殻変動は起こっていないことが示された。

## V. 考 察

RCEP の定常地震観測網による 95 年 1 月から 97 年 5 月までの浅発地震の震央分布図を見てみると、丸山火山直下の地震活動は、菅野温泉東部やヌブントムラウシ温泉付近に比べて低い。しかし、震源が決定されている地震は、ある大きさ (マグニチュード 1.5 以上) を持ったものであり、Fig. 2 で示したような HRK のみでしか観測されないような震源決定を行えない極微小地震が多数発生している。

これらの中で、96 年 9 月下旬から 11 月にかけての群発地震活動は、HRK での S-P 時間が 1.5 秒付近に集中していた。ところで、96 年 10 月上旬に実施した臨時地震観測から、丸山火山直下浅部を震源とする地震の HRK での S-P 時間は 1.5 秒付近であることが明らかにされている。このことより、この期間の活動が主に丸山火山直下浅部を震源とするものであった可能性が指摘できる。また、HRK では 10 月 22 日に 107 個の地震が観測されたのを最高に、11 月 12 日には 87 個、9 月 30 日には 74 個の地震が観測された (Fig. 3)。これらの地震も、S-P 時間が 1.5 秒付近に集中していた。そこで、これらの地震が丸山火山直下浅部を震源とするものであると仮定すると、この地震回数には他の道内の活動的な火山の日毎地震回数と比較しても顕著な活動であったと言える (札幌管区气象台, 1988)。なお、この期間中の最大地震は 11 月 12 日に発生したマグニチュード 2.6 の地震 (Fig. 3 で I の地震) であるが、この地震も臨時観測で求められた震源域と同じ丸山火山直下浅部 (深さ 1.8 km) に震源が求められている。また、この最大地震の震源メカニズム解は正断層型に求まった。正断層型の地震は、地表面に対して鉛直方向の応力が最大の場合に発生する。つまり、この地震が発生するにあたって、何らかの要因で下から上に向けた応力が与えられたと推定される。この応力の原因となるものの特定はできないが、丸山火山の直下で発生していることを考えると、マグマの貫入であった可能性も否定できないが、ここでは材料がないため言及を避ける。

GPS 観測の結果からは、特筆すべき顕著な地殻変動は検出されなかった。しかし、丸山火山から最も近い GPS 観測点でも 10 km 以上離れており、丸山火山浅部に力源をもつような変動については検出する事が難しい。したがって、この結果から丸山で地殻変動を伴うような地殻活動が起こっていないと判断することは出来ない。より丸山に近い観測点の設置と、多くのデータの蓄積を待つ必要がある。

## VI. ま と め

我々は、丸山火山周辺域での臨時地震観測を、地震活動が活発化した 96 年 10 月 11 日から 14 日までの 4 日間実施した。その結果、50 個の地震について震源を求めることができた。それらの震源は、丸山火山直下浅部に集中しており丸山の火山性地震であることが明らかになった。また、臨時地震観測の結果求められた S-P 時間を検討した結果、HRK で 96 年 10 月-11 月に観測された地震は、丸山直下を震源とする可能性が示された。また、丸山直下で 96 年 11 月 12 日に発生した地震は正断層型の震源メカニズムを示しており、注目される。

本稿では臨時地震観測の結果と、HRK での S-P 時間により震源位置の推定を行ったが、これだけで丸山の定常的な活動状況を監視することは難しい。丸山直下浅部での地震活動が確認された以上、観測点の充実をはかり、マグニチュードの小さい地震に関しても震源を求められるような観測体制の

確立が急務である。

GPS観測からは、顕著な地殻変動は検出されなかった。しかし、この観測網からは丸山浅部に力源をもつような地殻変動を検出することは難しく、丸山火山の地殻活動を議論するには適当ではない。より一層の観測網の充実と、データの蓄積が必要である。

**謝辞** 本地域での観測を遂行するに当たって、幌加温泉湯元鹿の谷旅館・北海道開発局十勝ダム管理事務所の方々にご協力を頂いている。また、臨時地震観測の際には、北海道立地下資源調査所の岡崎紀俊研究員に便宜をはかって頂いた。記して感謝の意を表したい。

## 文 献

- 荒牧重雄・岡田 弘・中川光弘・斉藤 宏・森 濟・近堂祐弘・勝井義雄・鈴木貞臣, 1993. 丸山-火山地質・活動史・活動の現況および防災対策, 北海道の火山に関する研究報告書第13編, 北海道防災会議, 82 pp.
- Hirata N. and M. Matsu'ura, 1987. Maximum-likelihood estimation of hypocenter with origin time eliminated using nonlinear inversion technique, *Phys. Earth Planet. Int.*, **47**, 50-61.
- 近堂祐弘・小柳敏郎・川内晋平・中川弘光・鈴木貞臣・長谷川栄・山之内統・川辺百樹・岸 功志・岡久保幸, 1989. 東大雪山系丸山火山の最新の活動, 日本火山学会予稿集, **2**, 160.
- 小菅正裕・田中和夫, 1996. 1995年松前群発地震のメカニズム解, 東北地方災害科学研究, **32**, 275-283.
- Miyamachi H., M. Kasahara, S. Suzuki, K. Tanaka and A. Hasegawa, 1994. Seismic Velocity Structure in the Crust and Upper Mantle beneath Northern Japan, *Jour. Phys. Earth*, **42**, 269-301.
- 本谷義信・鈴木貞臣・岡田 弘, 1989. 十勝岳周辺の浅発地震活動, 地震学会予稿集, 145.
- 帯広畜産大学環境土壌学研究室・帯広畜産大学地学研究室・北海道大学理学部地質学鉱物学教室・北海道大学理学部地震予知観測地域センター, 1989. 東大雪山系丸山火山の最新の活動, 火山噴火予知連絡会会報, 46-58.
- 岡崎紀俊・村山泰司・宮村淳一・小柳敏郎・近堂祐弘・岡山宗男・鈴木貞臣・笠原 稔, 1991. 東大雪山系丸山火山の地球物理的・化学的調査, 日本火山学会予稿集, 1991-2, 105.
- Oware E. N., T. Kato, S. Miyazaki and T. Sagiya, 1997. Horizontal Crustal Strain in the Japanese Islands from GPS dense array data, *86th Meeting Program and Abstract of The Geodetic Society of Japan*, **98**.
- 斉藤 宏・中川光弘, 1993. 北海道中央部・第四紀ニベソツ火山群と周辺火山群の地質および岩石, 日本火山学会予稿集, 1993-2, 19.
- 札幌管区气象台, 1986. 北海道の地震活動, 292 pp.
- 札幌管区气象台, 1988. 北海道の火山, 230 pp.
- 鈴木貞臣, 1992. 群発地震の震源と噴火火口の線上配列; 1989年十勝支庁北部群発地震と東大雪山系丸山火山, シンポジウム内陸地震の発生の場と物理, 33-38.
- 高橋浩晃・笠原 稔・一柳昌義, 本谷義信, 1996. 十勝丸山火山付近での群発地震活動とGPSによる地殻変動観測, 北大地球物理研究報告, **59**, 163-176.
- 高橋浩晃, 1996. 十勝支庁北部・丸山火山周辺域での地殻変動観測, 北大地球惑星科学専攻修士論文, 75 pp.