

## 2004年の浅間山噴火前の地震活動と噴火前に観測された傾斜変化

舟崎 淳\*・内藤 宏人\*\*・菅野 智之\*\*・宮下 誠\*\*・  
近澤 心\*\*・上田 義浩\*\*\*・飯島 聖\*\*\*

(2005年4月26日受付, 2006年2月27日受理)

Seismic Activity and Tilt Change Observed before  
the Middle Scale Eruptions of Asama Volcano in 2004Jun FUNASAKI\*, Hirohito NAITO\*\*, Tomoyuki KAN'NO\*\*, Makoto MIYASITA\*\*,  
Shin TIKAZAWA\*\*, Yoshihiro UEDA\*\*\* and Sei IJIMA\*\*\*

A medium-sized eruption occurred at Asama Volcano on September 1, 2004 after a 21-year dormancy following the eruption in April 1983. Before the eruption, the number of volcanic earthquakes had increased beginning late 2002. A prominent feature of this seismicity was the appearance of high-frequency BH-type earthquakes beginning in mid-August, 2004, approximately a half-month before the first eruption. Eruptions of similar size occurred on September 23, September 29 and November 14. Preceding these eruptions, changes in ground tilt were recorded on the EW component of a tiltmeter installed 2.5 km NNE of the summit crater. This was the first time that JMA (Japan Meteorological Agency) recorded tilt changes at Asama Volcano before eruptions. Changes in ground tilt were almost simultaneously accompanied with increases in volcanic earthquake occurrence. The increase in volcanic earthquake occurrence and change in ground tilt preceding the eruptions contributed to the precautionary issuance of preparatory volcanic information to the public. In spite of the appearance of preceding phenomena, however, information was insufficient to predict the exact time and size of each eruption. Additional observation and understanding of physical processes may be necessary for the exact assessment of eruptions.

**Key words:** Asama Volcano, the eruption on September 1 of 2004, tilt change, BH-type earthquake

## 1. はじめに

浅間山では2004年9月1日に中規模の噴火が発生した。同火山では、1990年7月、2003年2~4月に微噴火が発生したが、中規模の噴火は1983年4月以来21年ぶりのものであった。

この噴火の前の火山活動の状況がどのようなであったかは大変興味もたれる。噴火前の火山性地震の発生状況をみると2002年後半から火山性地震回数が増加傾向となり、2004年9月1日の噴火の約1ヶ月前には、通常発

生している火山性地震よりも短周期の地震が多く発生しているように見受けられた。本稿では、この点について検討した。また、地震の発生域が噴火前に変化したかどうか、興味もたれる。通常の震源計算では震源決定ができていないものも多いので、本稿では山頂付近の観測点間で地震のP波到着時間の差をしらべた。これらの結果について報告する。

9月1日の中規模噴火以降、11月14日まで4回の中規模噴火があった (Table 1 参照)。これらの中規模の噴

\* 〒060-0002 札幌市中央区北2条西18-2  
札幌管区気象台  
Sapporo District Meteorological Observatory, Kita2,  
Nishi 18-2, Tyyuou-ku, Sapporo 060-0002, Japan.

\*\* 〒100-8122 東京都千代田区大手町1-3-4  
気象庁地震火山部  
Seismological and Volcanological Division, Japan  
Meteorological Agency, 1-3-4, Ote-machi, Chiyoda-  
ku, Tokyo 100-8122, Japan.

\*\*\* 〒389-0115 長野県北佐久郡軽井沢町道分1151-2  
軽井沢測候所  
Karuizawa Weather Station, 1151-2, Oiwake, Karu-  
izawa, Nagano 389-0155, Japan.

Corresponding author: Jun Funasaki  
e-mail: funasaki@met.kishou.go.jp

Table 1. Major eruptions which occurred in 2004.

表 1 2004 年の主な噴火.

Date Time	Scale of Eruption	Height of Plume (measured over the rim)	Infrasound Waves (Pa)		Cinder or Lapilli	Ash Fall Area	Phenomena before Eruption	Remarks
			A	Oiwake				
1 Sep. 20:02	Middle	Unclear because of clouds but radar echo caused by plume was observed 3,500 to 5,500m height	S.O. (*)	205.0	3~4m cinders near the crater Lapilli with diameter 3cm at 6km NE from the crater	Volcanic ash fall in a part of GUMMA Prefecture, Tumakoi Village, Numata City, FUKUSIMA Prefecture, Kooriyama City, Soma City	Tilt change of 0.10 micro-radians was observed 29 hours before the eruption, the number of earth-quakes increased	Volcanic thunder was observed from the foot of Mt. Asama Wind: NNE 0.6m/s
23 Sep. 19:44	Middle	Unclear because of clouds	S.O.	72.3	Lapilli with diameter 3cm at 4km NNW from the crater	Volcanic ash fall in the north to northeast direction, GUMMA Prefecture, Tumakoi Village, Naganohara Town, NIIGATA Prefecture, Yamato Town, YAMAGATA Prefecture, Yamagata City, Higasine City	Tilt change of 0.04 micro-radians was observed 4 hours before the eruption, the number of earth-quakes increased	Explosion earthquake felt with intensity 1 at Karuizawa Town. Miyota Town (8km from the summit) Wind: NNE 1.3m/s
29 Sep. 12:17	Middle	Unclear because of clouds	52.5	29.6	Lapilli with diameter 4cm at 4km N from the crater	Volcanic ash fall in the north to northeast direction, GUMMA Prefecture, Tumakoi Village, Naganohara Town, Kusatsu Town	Tilt change of 0.12 micro-radians was observed 6 hours before the eruption	Explosion earthquake felt with intensity 1 at Miyota Town (8km from the summit) Wind: NE 1.9m/s
10 Oct. 23:10	Small	Unclear because of clouds	33.1	19.0	Lapilli of size 2cm at 4km NNE from the crater	Volcanic ash fall in the North by Northeast direction, GUMMA Prefecture, Tumakoi Village, Naganohara Town	Tilt change of 0.03 micro-radians was observed 4 hours before the eruption	Wind: NE 1.5m/s
14 Nov. 20:59	Middle	Unclear because of clouds	S.O.	73.4	Heated volcanic cinder scattered 2 to 2.5km from the crater Lapilli of size 4 to 5cm (max 7.5cm) at 4km E from the crater	Volcanic ash fall in a part of GUMMA Prefecture, NAGANO Prefecture, TOCHIGI Prefecture	Tilt change of 0.11 micro-radians was observed 26 hours before the eruption, the number of earth-quakes increased	Volcanic thunder was observed from the foot of Mt. Asama Wind: NE 1.0m/s

\*) S.O. denotes Scale Over

火や 10 月 10 日の小噴火発生前に、傾斜変化が観測され、火山性地震の増加が観測されることがあった。これらの傾斜変化についても報告する。

## 2. 2004 年 9 月 1 日の噴火までの状況

### 2-1 火山性地震・微動の発生状況

浅間山では明治末期から地震計による観測が実施されてきたが、現在行われている高倍率の地震計による観測データが記録保存されているのは、1964 年以降である。同年以降は一定の基準以上の火山性地震・微動（以下単に地震、微動という）が計数・記録され、均質なデータが継続して保存されている。2004 年 9 月の噴火発生当時の地震計等の設置場所を Fig. 1 に示す。

1964 年以降の月間地震、月間微動回数を Fig. 2 に示す。噴火発生時期（1973 年、1982~83 年）に地震回数は多い傾向があるが、噴火が発生していても比較的地震の多い期間もある。最近約 10 年間の地震発生状況を見ると、1998 年から 1999 年にかけては、地震回数は少ない状態であったが、2002 年後半からは回数の増減はあるもののやや多い状態が続いていた。

浅間山の地震については従来から波形の特徴により A 型、B 型等の分類が行なわれていたが、気象庁では、2002 年 4 月以降、浅間山の地震の発生回数について、型別に計数・記録するようになった。おもな分類の型は、A 型（P 相、S 相が識別できる短周期の地震）、B 型（波

- ◆:Camera
- ▲:Tilt meter
- ◎:Seismic intensity meter
- :Seismograph
- ★:Infrasound monitor

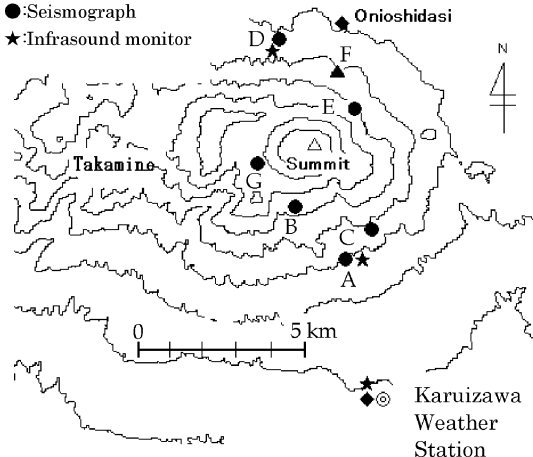


Fig. 1. Location of the observation points.

図 1 観測点配置図.

形全体が紡錘型で長周期の地震)があり、B 型はさらに、BH 型（卓越周期がおおむね 0.3 秒より短い）と BL 型（卓越周期がおおむね 0.3 秒より長い）に細分されている。

これらの地震型別の波形例を Fig. 3 に示す。型別の地

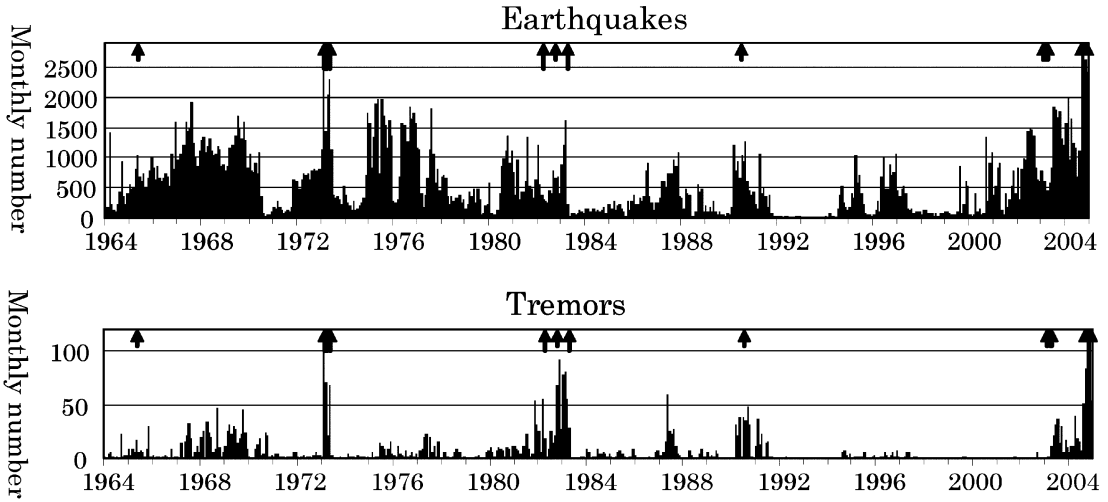


Fig. 2. Monthly numbers of earthquakes (upper) and tremors (bottom) from January 1964 to December 2004. Long and short arrows indicate middle and small eruptions. Monthly numbers of earthquakes in February 1973, September 2004 and October 2004 are 5621, 3811 and 2785, respectively. Monthly numbers of tremors in February 1973, October 2004 and November 2004 are 188, 167 and 188, respectively.

図 2 月別地震回数 (上) と月別微動回数 (下) (1964 年 1 月～2004 年 12 月). 長い↑は中規模の噴火, 短い↑は微噴火. 1973 年 2 月, 2004 年 9 月と 10 月の地震回数は, それぞれ, 5621 回, 3811 回と 2785 回. 1973 年 2 月, 2004 年 10 月と 11 月の微動回数は, それぞれ, 188 回, 167 回と 188 回.

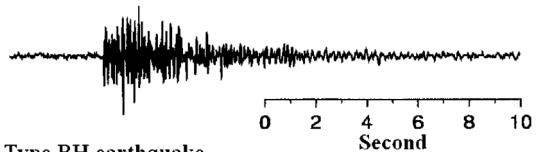
震および微動の日発生回数を Fig. 4 に示す.

BH 型地震の回数は 2003 年 6 月末以降, 2004 年 6 月頃まで, 日回数 30～50 回前後でやや多い状態が続いた. 2004 年 9 月 1 日噴火直前の 8 月 31 日から 9 月 1 日かけて BH 型地震が多発し, 24 時間の積算回数は 200 回近くに達した. このように短時間で BH 型地震が多発したのは, 2002 年 9 月以来, 約 2 年ぶりのことであった.

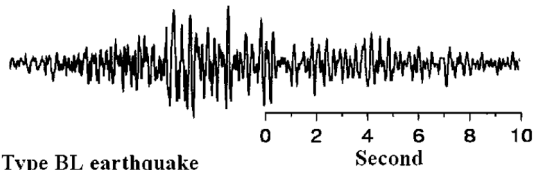
BL 型地震は, 2003 年 6 月末以降やや多い状態が続いたが, 2004 年 4 月に一時的に回数が減少した.

A 型地震の回数は, 1 日 0～数回程度で BH 型, BL 型地震と比べ発生頻度は低く, 2004 年 6 月以降, わずかに増加傾向がみられるものの, 顕著な多発等はなかった. しかし, 2004 年 8 月 15 日にはやや大きな A 型地震が発生し, 山腹の「火山館」(山頂の西南西約 2 km) で揺れが感じられた (広域の地震観測網で決定されたこの地震の気象庁マグニチュードは 1.7, 震央は浅間山山頂の西南西約 1.5 km, 一般登山者による体感では火山館で震度 2 程度). 気象庁以外の各機関の所有する地震波形が一元的に気象庁で処理され, 地震の検知能力の向上した 1997 年 10 月以降, 浅間山付近で広域の地震観測網で震源決定されている地震は年間数回～10 数回程度あり, 大きいものでマグニチュード 1.5 のものが発生している. 2004 年 8 月 15 日のマグニチュード 1.7 の地震は 1997 年 10

#### Type A earthquake



#### Type BH earthquake



#### Type BL earthquake

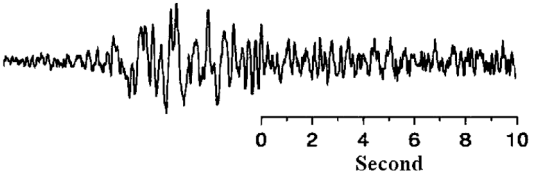


Fig. 3. Examples of volcanic earthquake waveforms in Mount Asama. From the top to the bottom, type A-earthquake, type BH-earthquake and type BL-earthquake.

図 3 地震型別波形例. 上から順に, A 型地震, BH 型地震, BL 型地震.

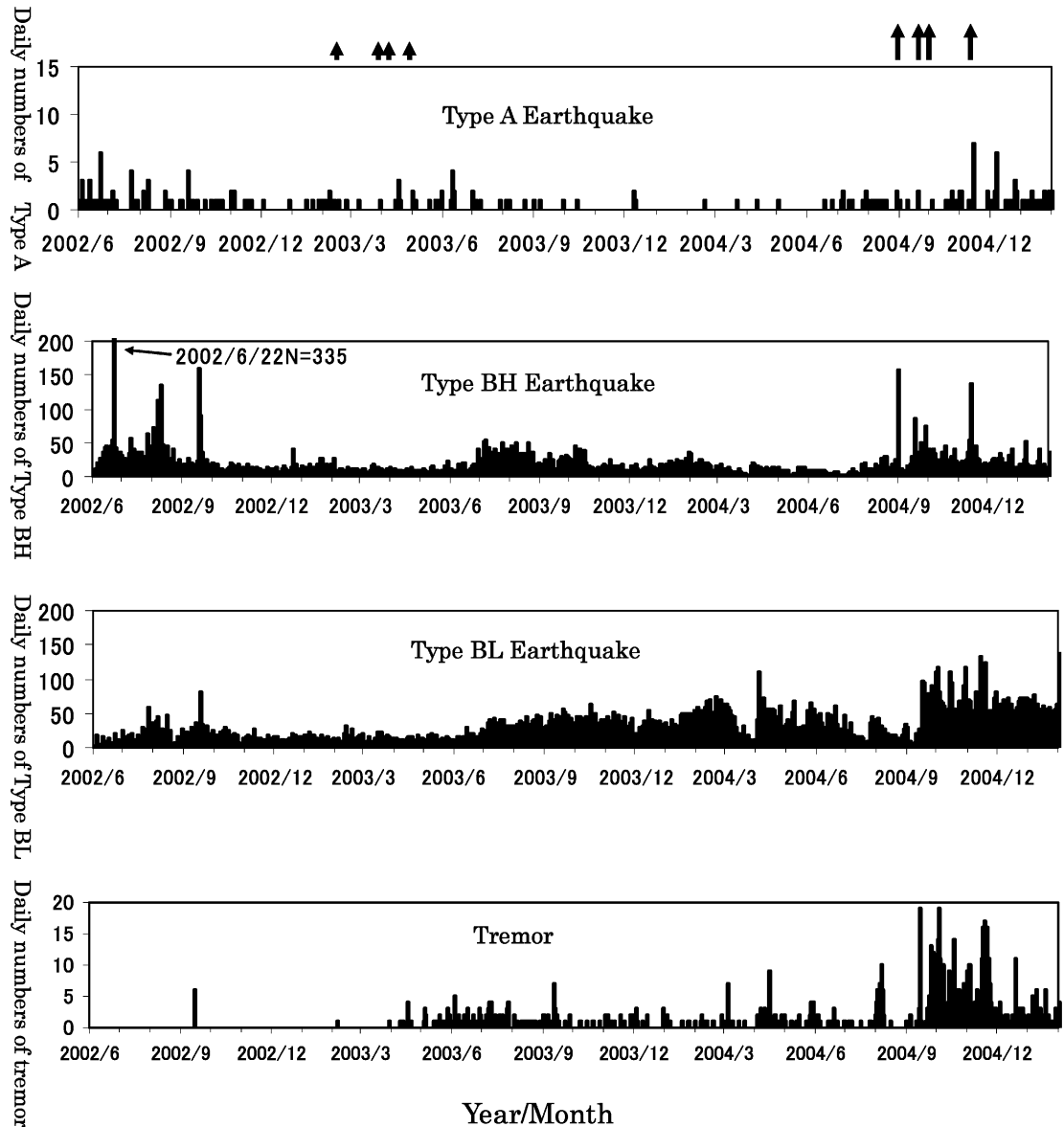


Fig. 4. Daily numbers of earthquakes from June 2002 to January 2005. From the top to the bottom, type A-earthquakes, type BH-earthquakes, type BL-earthquakes and tremors.

図 4 地震 (型別), 微動の日別回数 (2002 年 6 月~2005 年 1 月). 上から順に, A 型地震, BH 型地震, BL 型地震, 微動.

月以降では最大で, 1964 年以降火山性地震による震度 1 以上のものは 1994 年 11 月 24 日の軽井沢震度 1 の地震が 1 回あるのみで, 火山性地震としての震度 1 以上はめずらしい.

Fig. 2 に示すように微動は, 1973 年や 1982~1983 年の噴火発生時期に比較的多く発生する傾向があったが, 1992 年以降は発生頻度は少なくなり, この状態が 2003

年 2~4 月の微噴火の発生前まで続いた. 2003 年 2~4 月の微噴火の後, 微動の発生頻度が増加した. 2004 年 8 月上旬には, 微動の日回数が 10 回とやや多くなったが, その後は, 2004 年 9 月 1 日の噴火までは少ない状態だった.

#### 2-2 噴火前に発生した BH 型地震

2004 年 9 月 1 日の噴火前の, 2004 年 8 月 10 日すぎか

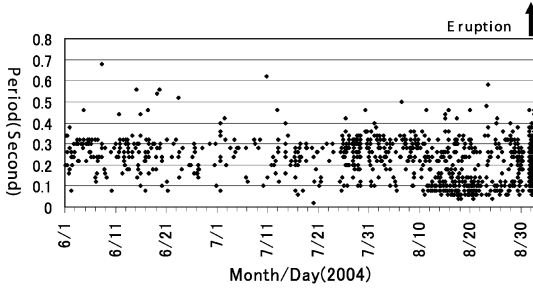


Fig. 5. Temporal change in dominant periods of BH-type earthquakes observed on NS component at station B in the period from June to September, 2004. The dominant periods started to decrease around August 2004, before the eruption on September 1, 2004.

図5 BH型地震の卓越周期の時間変化 (B点NS成分, 2004年6月1日~2004年9月1日20時).

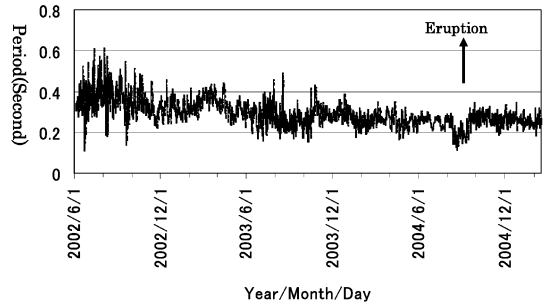


Fig. 6. Running average of the dominant periods of type BH-earthquakes for 20 consecutive events from June 2002 to January 2005. Arrow denotes the eruption of September 1 2004. The dominant periods decreased in August 2004, before the eruption.

図6 BH型地震の卓越周期 (20地震毎の移動平均, B点NS成分, 2002年6月1日~2005年1月15日).

ら周期の短いBH型地震が多く発生するようになった。

Fig. 5は2004年6月1日から9月4日までのBH型地震について気象庁B点南北成分の卓越周期(最大速度振幅の周期)を地震毎に時系列でプロットしたものである。BH型地震と判断する目安は波形全体の卓越周期が0.3秒以下であるが、Fig. 5の周期は地震波形の最大振幅の周期であり、波形全体的に周期0.3秒以下がほとんどでも最大振幅の周期が0.3秒を超える場合もあり、Fig. 5では周期が0.3秒以上のものもプロットされている。

2004年7月以前はBH型地震の卓越周期の多くは、0.2~0.3秒程度であったが、2004年8月中旬から下旬にかけては、0.1秒程度の短周期のものが多く発生した。

2002年6月から2004年12月までの、BH型地震について発生順に20個の地震の卓越周期の移動平均をFig. 6に示す。2004年7月頃までは、卓越周期の移動平均は0.2秒以上で推移していたが、2004年8月10日すぎからは、0.2秒以下となった。その後2004年9月末ころに卓越周期の移動平均は2004年7月以前の0.2~0.3秒に戻った。

地震の型別計数の記録のある2002年4月以降でみると、一時的に卓越周期の短いBH型地震の発生している時期がある(2002年6月22日頃、2002年8月6~9日頃、2002年9月18~20日頃など)。2004年8月中旬は、短周期の地震の発生が10日間ほど継続しているのに対し、それ以前の2002年6~9月にみられた、短周期のBH型地震の発生は数日しか継続しなかった。

浅間山では1973年や1982年の噴火前に、短周期の地

震が多発したことが知られている(下鶴・他, 1975; 東京大学地震観測所浅間火山観測所, 1983a, b)。気象庁の観測データから地震の周期変化をみると、2004年9月の噴火前と同様に、1982年10月や1983年4月の噴火前に発生する地震の周期の短くなる傾向が見取れる(Figs. 7a, b)。1982年、1983年の地震波形記録は変位記録であり、卓越周期は気象庁A点の変位波形のものである。この期間は地震の型別分類記録が残されておらず、A型、B型全ての地震が対象となっている。このように1973年、1982年、1983年の過去の噴火時と現在では地震波形の変位型、速度型の違い、地震型分類の有無など観測・記録体制に違いがあるが、噴火前にそれ以前より短い周期の地震が発生するという2004年と同様の現象が起きていたと考えられる。

1973年2月1日の噴火前に地震が多発しているが、当時の気象庁の観測・記録体制が地震多発時に限り1時間毎の最大の地震のみ振幅・周期を読みとることとなっていたため、個々の地震の周期データが残されていない。しかし、多発した全地震の周期を調べた堀内(1973)によると2月1日の噴火前には短周期の地震が多く発生していた。また、1961年8月18日の噴火前にも短周期の地震が多く発生した(深井, 1974)。このように1973年2月、1982年10月、1983年4月の噴火、2004年9月の今回の噴火で、噴火前に周期の短い地震が発生している。火山性地震の周期の変化をもたらす地下でのメカニズムがいずれの噴火前にも同様に生じていたのではないかと考えられる。

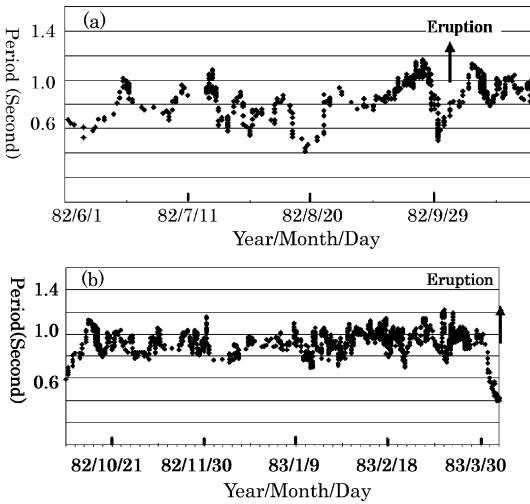


Fig. 7. Temporal change in dominant periods of seismic events observed at station A. (a) The eruption of October 2, 1982. (b) The eruption of April 8, 1983. Running average of 10 consecutive earthquakes. Periods declined before both the eruptions.

図 7 噴火前の卓越周期の変化 (A 点 NS 成分 10 イベント毎の移動平均). (a) 1982 年 10 月 2 日の噴火. (b) 1983 年 4 月 8 日の噴火.

### 2-3 P 波到着時間差による震源の変化の推定

気象庁では、Fig. 1 に示す気象庁観測点 6 点のデータを使用し浅間山の地震の震源決定を行っている。決定することができた震源でみれば、地震回数が増加した 2002 年以降、2004 年 8 月まで、特に顕著な震源位置の変化はみられない。

ただし、これらの震源は精度を確保するために P 相の読み取りが 5 点以上ある場合のみ計算結果が登録されたものである。浅間山では回数計数基準を超える地震は 2004 年の多い時期で、1 日あたり 70~100 回程度発生しているが、このうち震源決定されているのは、1 日あたり数個程度、多いときで 10 個程度である (2004 年の年間地震回数合計は、20,054 回であるが、このうち震源が登録されたのは、438 個しかない)。

震源決定されていない微小な地震について、発生場所の変化を推定するため、山頂に近い特定の 2 カ所の観測点間の P 波の到着時間差の変化をみる。Fig. 8 は、気象庁 B 点 (山頂の南約 1.8 km, 標高 1,864 m), 気象庁 G 点 (山頂の西約 1.2 km, 標高 2,180 m) の P 波の到着時間差の時系列をプロットしたものである。P 波到着時間差は 2003 年以降、2004 年 6 月頃までは、ほぼ 0.2~0.4 秒程

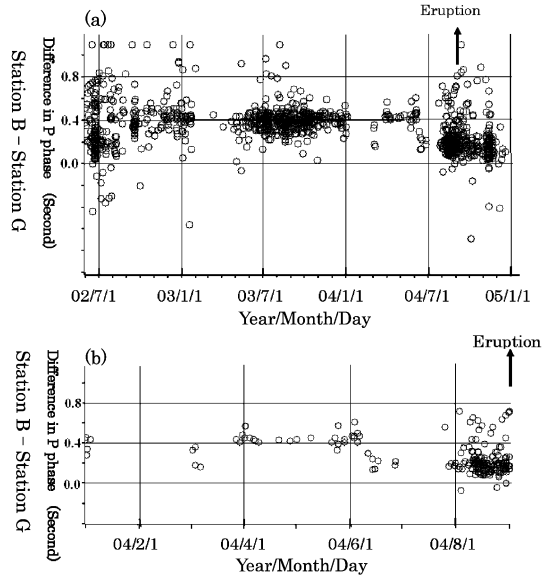


Fig. 8. Difference in P-phase arrival times at Station B and Station G. Arrow denotes the eruption. (a) The period from June 2002 to January 2005. (b) The period from January 2004 to August 2004.

図 8 B 点—G 点間の P 波到着時間差. (a) 2002 年 6 月~2005 年 1 月. (b) 2004 年 1 月~8 月.

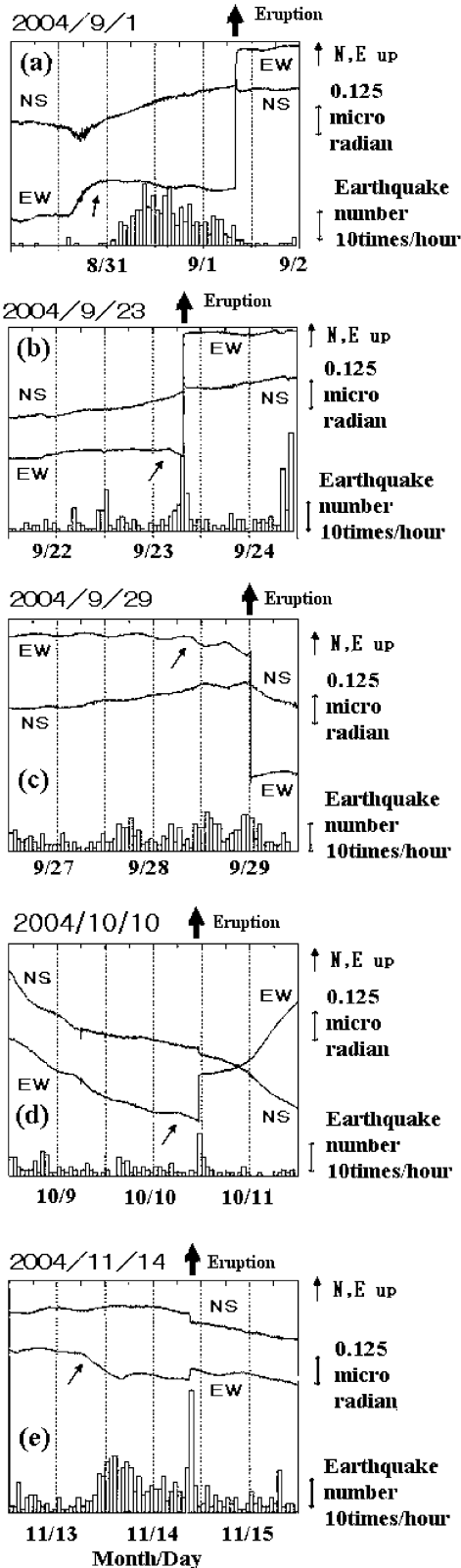
度分布していた。しかし、2004 年 8 月には、P 波到着時間差が、0.2 秒以下のものが発生している。

B 点と G 点の P 波到着時間差が変化しており震源が相対的に移動したと考えられる。気象庁で決定された震央はほぼ山頂火口付近であり、震央を前掛山付近 (山頂火口の南南西約 800 m, 山頂の標高 2,493 m) にあると仮定し、また、P 波速度を一定と仮定する。B 点と G 点の P 波到着時間差が約 0.3 秒から約 0.2 秒に減少することは、P 波速度が 3.5 km/s の場合、標高 1,900 m にある震源が約 700 m 深くなったと推定され、P 波速度が 2.5 km/s の場合、標高 1,300 m にある震源が約 600 m 深くなったと推定される。

## 3. 噴火発生前にみられた傾斜変化

### 3-1 気象庁 F 点傾斜計の概要

気象庁は浅間山の火山活動監視用に、浅間山山頂の北北東約 2.5 km に傾斜計を設置している (観測点の名称は F 点, Fig. 1 参照)。傾斜計センサー (Pinnacle Technologies 社製 5500 シリーズ) は気泡型で、地表から 12 m の深さに埋設されている。センサーの分解能は 1 ナノラジアンであるが、気象現象によるノイズなどにより実際



に検出できる傾斜変化量はノイズの少ない条件でトレンドからの「ずれ」が約 0.03 マイクロラジアン以上に達した場合である。

### 3-2 噴火前に観測された傾斜変化

浅間山では、2004年9月から11月にかけて、小～中規模の噴火が発生したが、軽井沢測候所で 20 Pa 程度以上の空振を伴う 5 回の噴火では、噴火発生の数時間～30 時間程度前から気象庁 F 点傾斜計の東西成分に西上がり (F 点は山頂の北北東に位置する) 変化が観測された (Table 1 参照). F 点の東西成分には噴火前に変化が現れるが、南北成分の変化は明瞭ではない. 噴火前の傾斜変化の後、噴火発生と同時に傾斜計には、ステップ状の変化が記録された. 5 回の噴火について、噴火発生の約 2 日前からの傾斜変化を Fig. 9 に示す.

図中には、F 点傾斜計の東西成分、南北成分の変化、ならびに 1 時間あたりの地震回数 (A 型、BH 型、BL 型の合計) を棒グラフで示している. 9 月 23 日、11 月 14 日の噴火前には傾斜変化の始まりとほぼ同時刻から、地震回数も増加傾向を示している. 噴火と同時に傾斜計ではステップ状の変化がみられ、9 月 1 日、23 日、11 月 14 日の噴火では東西方向で東上がりの変化がみられる. しかし 9 月 29 日の噴火では西上がりの変化となっている. 南北成分では噴火時の変化は、東西方向と比べ小さく、変化の方向は南上がりである. このように噴火時に発生する傾斜計のステップ状の変化は、噴火によって変化方向が違っており、噴火前にみられる傾斜計の変化と異なり、各噴火で変化傾向がそろっていない. 噴火時の傾斜計の変化の解釈には地震動の影響を考慮しなければならない.

9 月 1 日の噴火前の 8 月 30 日から 31 日にかけて、台風 16 号が日本海を北上している. 台風が日本海を北上

Fig. 9. Changes in ground tilt before the eruptions observed at station F. (a) September 1, 2004, (b) September 23, 2004, (c) September 29, 2004, (d) October 10, 2004, (e) November 14, 2004. Thick arrows denote the eruptions, thin arrows denote the beginning of tilt change and bar graphs are hourly numbers of earthquakes (total of types A-earthquakes, BH-earthquakes, BL-earthquakes).

図 9 噴火前の傾斜計変化. 噴火前後 3 日間の気象庁 F 点の傾斜変化. 太い矢印は噴火, 細い矢印は傾斜 EW 成分に変化が始まったところ. 各図の下の棒グラフは時間別地震回数 (A 型, BH 型, BL 型すべての地震回数).

する時にはF点傾斜計に変化が記録されることがある。2004年6月21~22日にも、台風が日本海を北上してお

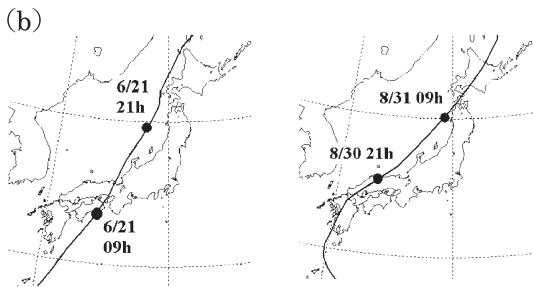
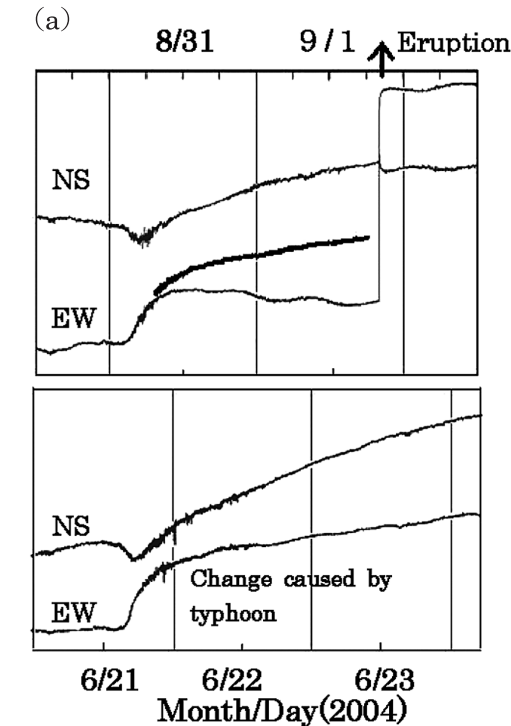


Fig. 10. (a) Ground tilt records. Upper: from August 30 to September 2, 2 days before the eruption, tilt change includes the effect of atmospheric pressure caused by a typhoon. Thick line indicates the ground tilt to be caused by a typhoon. Lower: ground tilt records from June 21 to June 23, no eruption occurred in this period, but tilt change includes the effect of atmospheric pressure caused by another typhoon which had almost the same track as the September typhoon. (b) Typhoon tracks of Jun. 21 2004 (left) and from Aug. 30 to Aug. 31 2004 (right). These typhoons may have had almost the same effect on the ground tilt at Mt. Asama.

り、このときの台風の経路は9月の場合と似た経路であり (Fig. 10b), 傾斜計の変化も9月の記録と非常に似たものであった (Fig. 10a). 台風の通過にともない浅間山周辺で降雨があり軽井沢測候所で日雨量20ミリ程度を観測している。台風の接近がなく降雨のみの場合には Fig. 10a のような傾斜の変化はみられない。また Fig. 10a で傾斜変化が反転している時刻は軽井沢の気圧が最低になった時刻とほぼ一致することから、台風による気圧の変化により傾斜計に変化が生じていると考えられる。9月1日の噴火前の傾斜計記録には台風の影響による変化と噴火前に生じる変化が重なっているとみなし、6月の台風通過時の傾斜計記録を参考に、台風による傾斜変化がないとすると、9月1日の噴火前には東西成分に西上がりはかなり明瞭な変化があったと思われる (Fig. 10 a).

9月1日から11月14日までの5回の噴火発生前に観測された、F点傾斜計東西成分の変化量 (傾斜変化の始まりから噴火直前までの総変化量, 変化継続時間) と、噴火時の空振振幅の関係を Fig. 11 に示す。噴火時の空振振幅と傾斜変化量には明瞭な相関関係はみられない。噴火ともなう空振振幅は噴火時の風向風速に影響されると思われるが、今回の5回の噴火発生時の軽井沢測候所での風向は北東から北北東、風速は0.6~1.9m/sで大きな差はなく風向風速による空振振幅への影響はすくないと思われる。噴火時の空振振幅が噴出の強さをほぼ表していると考え、傾斜計に現れた噴火前の変化量と噴火の噴出力の間には明瞭な関係はなさそうである。

#### 4. おわりに

2004年9月に始まった浅間山の噴火活動は、中規模の

図 10 (a) 噴火前の2004年8月30日~9月2日の傾斜記録 (上図) と噴火がなく台風の影響のみの傾斜記録 (2004年6月21日~23日, 下図)。8月31日~9月1日の記録には台風の影響があると思われる、6月21日の台風通過時の傾斜記録をもとに推定した台風の影響を太線で記入 (上図)。 (b) 2004年6月21日 (左) と2004年8月30~31日 (右) の台風経路図。2つの台風は浅間山の傾斜計に同じような影響を与えたと考えられる。



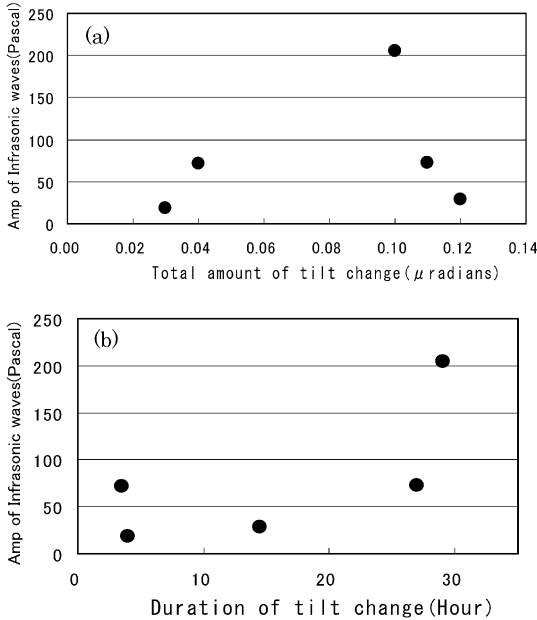


Fig. 11. Tilt changes vs. amplitude of air shock-waves. Upper: total amount of tilt change and lower: duration time of tilt change vs. amplitude of air-shocks.

図 11 噴火前の傾斜変化（傾斜変化量，傾斜変化継続時間）と噴火時の空振振幅の比較。

噴火としては、21年ぶりのものであった。気象庁の観測によれば、噴火の約2年前から、地震回数やや多い状態が続いた。約1ヶ月前からは噴煙活動の活発化、高感度の監視カメラで火映が見られるなど、表面的な現象にも高まりがあった。さらに、噴火の20日ほど前から短周期の地震の発生がみられた。また同時期に発生した地震で山頂付近の観測点でP波到着時間差に変化があった。地震の発生場所を山頂火口付近と仮定すると、震源がやや深い方に移動していた可能性がある。

現在の火山活動の監視は、地震や微動の増加、震源の変化などに注目し、過去の観測資料に基づき通常と異なる現象や、過去に発生した事例を越える地震の多発などがあると、火山活動の高まりと判断し、噴火活動との関連を検討するが、今回の噴火前にみられた地震の多発、

短周期の地震の発生、噴火直前の傾斜変化は、その現象の発生と噴火の発生が時間的に近いという点で、噴火につながる現象のひとつと考えられるだろう。

2004年の浅間山の噴火活動で、傾斜変化が始まってから、数時間～30時間程度で噴火の発生した事例が5回観測された。同様の現象が繰り返されたことから、3回目の事例以降は傾斜変化の発生が観測されると、噴火が発生する可能性が高いのではないかと考えられた。

このことは火山活動を予測する上で、噴火の直前予測の可能性を示している。しかし、傾斜変化が始まってから噴火発生までの経過時間は、数時間～30時間程度の幅があり、具体的な噴火の発生時刻については手がかりがない。また、発生する噴火の規模については、傾斜変化からは推定ができない。今回の5回の事例では、傾斜変化の発生後、かならず噴火が発生したが、傾斜変化が継続し仮に数日も噴火が発生しない場合、「噴火の可能性がなくなった」と判断できるのか、といったいくつかの問題点を残している。

#### 謝 辞

鍵山恒臣博士、及川 純博士の2名の査読者の方からのご指摘と助言をいただき本稿を改善することができました。また植木編集委員には原稿の修正にも多くのアドバイスをいただきました。記して感謝いたします。

#### 引用文献

- 深井啓一 (1974) 地震波からみた噴火予知について (第2報). 東京管区地方気象研究会誌, 7, 137-138.  
 堀内茂男 (1973) 火山性地震の周期の変化と噴火について. 東京管区地方気象研究会誌, 6, 130.  
 下鶴大輔・内堀貞雄・行田紀也・小山悦郎・宮崎 務・松本時子・長田 昇・寺尾弘子 (1975) 1973年の浅間山の噴火活動について. 震研彙報, 50, 115-151.  
 東京大学地震研究所浅間火山観測所 (1983a) 浅間火山 1982年10月2日微噴火前後の地震活動. 火山噴火予知連絡会会報, 27, 10-12.  
 東京大学地震研究所浅間火山観測所 (1983b) 1983年4月8日浅間山噴火に伴う地震発生状況. 火山噴火予知連絡会会報, 28, 19-22.

(編集担当 植木貞人)