

## 御嶽山山頂付近で発生する火山性地震の判定作業

Identification of Volcanic Earthquakes at Ontake Volcano

大塚 仁大<sup>1</sup>・藤松 淳<sup>2</sup>

Yoshihiro OTSUKA<sup>1</sup> and Jun FUJIMATSU<sup>2</sup>

(Received September 24, 2008; Accepted December 19, 2008)

### 1 はじめに

御嶽山の火山活動に関連した地震活動は、御嶽山山頂近傍以外に長野県西部地震とその余震域に数多く見られている(図1)。このために、火山性地震と余震活動による地震が混在したままの観測データを火山活動評価資料として利用しなければならない状況が続いてきた。

御嶽山は 2006 年末から山体膨張を示す地殻変動および山頂付近の浅いところを震源とする地震の増加が見られ始め、2007 年 3 月には小規模な噴火の発生にいたるまでの火山活動が見られた。我々はこの事例で得られた一連の火山活動に伴う観測結果を基に「山頂付近の地震」と「山頂以外の地震」との判定基準を作成し、この基準を用いて御嶽山の検測値を過去に遡って分離する作業を行った。今回の作業では、地震波形の保存形態で火山性地震のタイプ分け(A, BH, BL 型など)の難しい地震が多いことから、イベント分けは行わずに全ての地震で判定作業を行った。これにより、今後の火山活動の基礎資料作成を目的とした作業を行ったので報告する。

### 2 御嶽山の火山活動

御嶽山は 1979 年 10 月 28 日に有史後初めて噴火し(図2)、山頂西側の地域では多量の火山灰が降り積もった。この時の噴火に伴う震動は長野市松代町にある地震観測所(現精密地震観測室)でも観測され、噴火が収まった後もしばらくは地震活動が継続し同年末まで続いた。1979 年の噴火以降は目立った火山

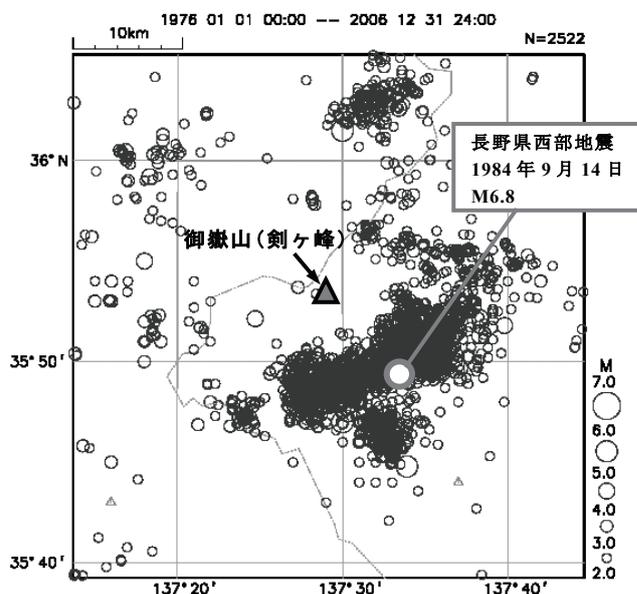


図1 御嶽山周辺の震源分布(1976年~2006年)。



図2 御嶽山噴火に伴う噴煙(1979年10月28日)。  
写真提供 新中央航空(旧大洋航空)。

<sup>1</sup> 精密地震観測室, Seismological Observatory, Seismological and Volcanological Department

<sup>2</sup> 地震火山部火山課, Volcanological Division, Seismological and Volcanological Department

活動はなかったものの、1991 年 4 月 20 日には山頂直下で地震の増加と、同年 4 月 27 日には火山性微動の発生が見られた。その後の現地調査で 79-7 (S-3) 火口周辺に火山灰が降り積もった跡が確認され、5 月中旬にごく小規模な噴火が起こっていた可能性が認められた。その後、1992 年 11 月 12 日には火山性地震の一時的な増加、1995 年 8 月には火山性微動の発生もあったが、共に噴火までには至らなかった。

2002 年気象庁に火山監視・情報センターが発足し、観測データおよび火山情報の処理機能を持つ火山監視・情報センターシステム(以下 VOIS [碓井, 2004]) が整備された。VOIS による震動、地殻、映像観測の監視の下で、2006 年 12 月下旬から山頂付近の浅いところを震源とする地震が増加し、火山性微動も観測されるようになった。また、GPS 連続観測では、地震活動にやや先行して御嶽山の山体膨張を示すと考えられるわずかな地殻変動が捉えられた。広域地震観測網の震源でも同月下旬から山頂付近に震源が決まるようになり、深さは 5 km 未満のものがほとんどであった。2007 年 1 月 25 日には振幅が 2006 年からの活動中で最大の火山性微動 (VLF: 超長周期) が発生し、その後は火山性微動が頻繁に観測されるようになった(図 3)。火山活動が活発化する中、遠望カメラでは 2003 年 9 月以降観測されていなかった噴煙が 2007 年 3 月 16 日から観測されるようになった。また、ヘリコプターによる観測や山頂付近の現地観測結果などから 3 月下旬にはごく小規模な噴火があったことが確認された。4 月以降は火山性地震や火山性微動の発生回数も減少し、地殻変動も停止するなど、2008 年現在の火山活動は静かな状態に戻っている(気象庁, 2008)。

御嶽山における地震波形の検出基準の S-P 時間は、観測当初(1995 年 7 月 15 日)は 4 秒以内、2005 年 1 月 21 日からは 2 秒以内(図 4)としていた。いずれの検出基準も山頂からかなり離れた場所の地震まで検出対象となり、御嶽山山麓で発生している長野県西部地震の余震や定常的な地震活動域の地震を数多く含んでいた。このため、御嶽山で地震観測を開始した以降で、噴火に至った 2 回の活動(1991 年 4~5 月と 2006 年 12~2007 年 3 月)を地震回数の消長と関係づけることは難しい状況となっていた。

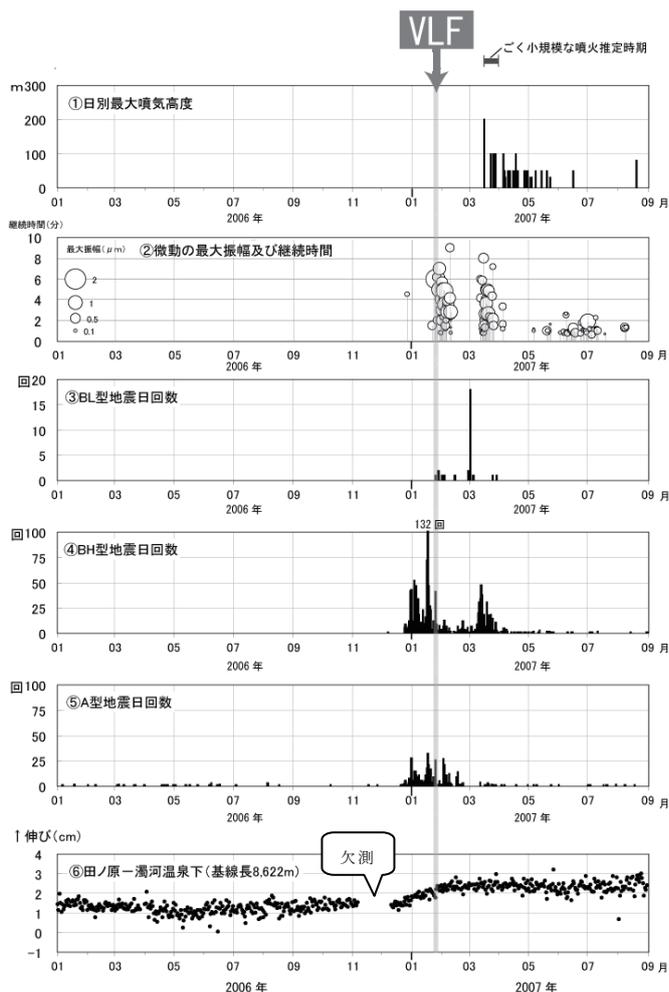


図 3 御嶽山火山活動の推移。  
(2006 年 1 月 1 日~2007 年 9 月 1 日)  
(地震日回数は山頂付近の地震を数えたもの)

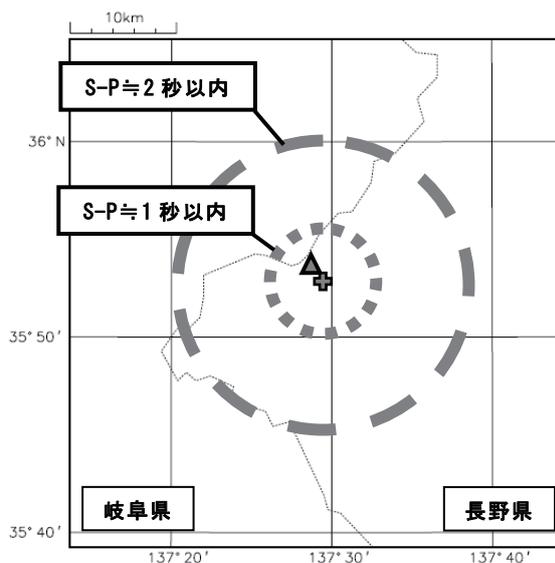


図 4 気象庁 A 点(記号 ⊠)から S-P 時間が約 1 秒と約 2 秒以内の領域。

### 3 山頂付近の地震判定方法

御嶽山は1995年の火山性微動発生以降、火山活動に結びつくような地震活動がなかったため、検測作業の改善はあまり進まずにいた。しかし、2006年12月下旬から火山活動の活発化に伴い山頂直下の浅部で火山性地震が増加し始めた。この時発生した火山性地震は山頂から南東約2kmに設置された地震計（気象庁A点）から4km以内に震源がほぼ収まり（図5）、これらの火山性地震のS-P時間は約0.8秒以内であることがわかった。また、広域地震観測網の震源による山頂周辺の地震活動では、山頂の南東4～5km付近に震源が決まる地震を除けば、火山活動が活発化している期間以外でまとまった発生はないことがわかった。この火山活動の結果から、御嶽山の活動を把握する手段の一つとしてS-P時間が1秒以内の地震回数を数えることが有効であると考え、過去の検測リストに遡ってS-P時間が1秒以内の地震（山頂付近の地震）かどうか判定する作業を以下の手順で行った。

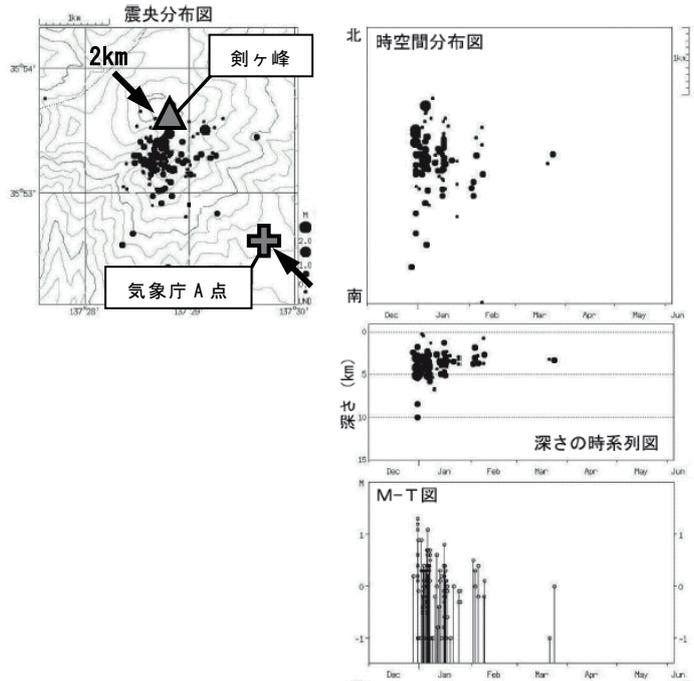


図5 広域地震観測網による御嶽山火地震活動。  
(2006年12月1日～2007年6月4日)

#### 「地震検測リストの判定作業手順」

① 広域地震観測網の震源から山頂付近の地震かどうか判定する。ただし、山頂の南東4～5km付近で発生する地震は、2006年12月下旬以前から地震活動が見られていたことから山頂付近の地震から除外する。

② 1秒以内と不明のイベントを選別する。

③ ①②で判定したイベントを地震波形に戻って確認する。確認方法は「VOIS」「火山EPOS（地震活動総合監視システムのうち火山データ処理の機器）」「記録紙（感熱紙）」で異なる。

最終的に①②および③で選別されたものを「山頂付近」の地震回数とした。（図6参照）

#### 「VOIS」波形での確認

確認期間：2002年6月～2006年10月

確認方法：広域地震観測網で山頂付近に決定された時の地震波形を参考にして山頂付近でないイベントは除く。

#### 「火山EPOS」波形での確認

確認期間：1999年2月10日～2002年5月（CD収録分）

確認方法：S-P時間が1秒以内とはっきり分かるものを残し、S-P時間が怪しいイベントは除く。

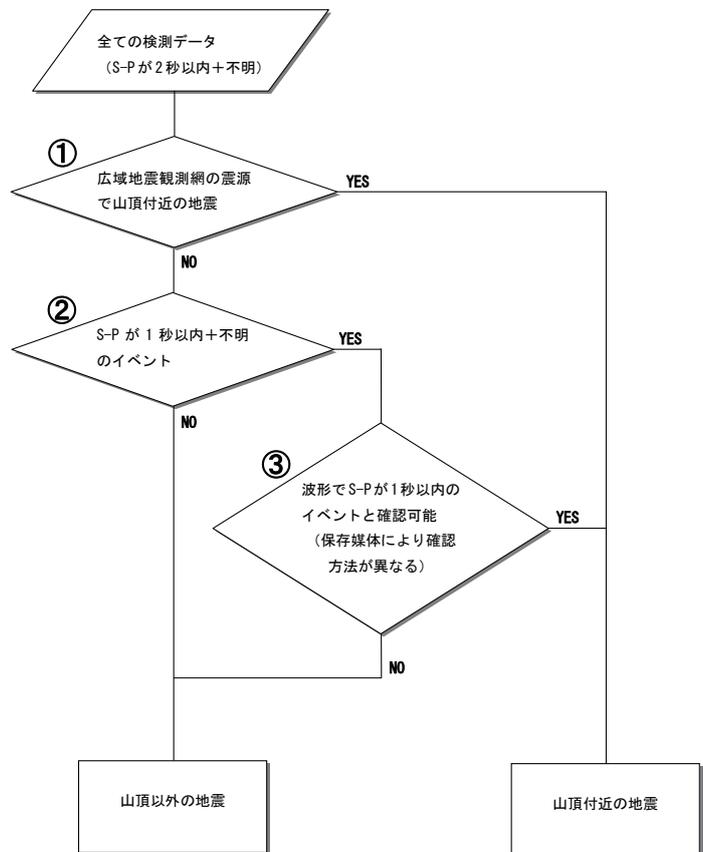


図6 地震検測リストの判定作業手順フロー

「記録紙」波形での確認

確認期間：1988 年 7 月 15 日～1999 年 2 月 9 日

確認方法：S-P 時間が 1 秒以内とはっきり分かるものを残し、S-P 時間が怪しいイベントは除く。ただし、振幅の小さな波形 (UD の振幅が  $0.3 \mu\text{m}$  未満) は確認が厳しいため除く。また、1991 年 4、5 月と 1992 年 11 月 12 日のイベントは 1 秒以内と確認できるので、山頂付近の地震に含める。

判定作業手順フローに沿った判定作業により選別した年別のイベント数を表 1 に示す。不明のイベントは 2000 年 10 月の地震計更新以降、震動波形のデジタル処理で分解能が上がり波形が読み取り易くなったため、格段に減少している。山頂付近の地震は、火山活動が活発だった 1991 年を除くと 1999～2001 年がやや多くなっている。これは「火山 EPOS」は「記録紙」に比べて相が読み取り易くなったものの、複数の観測点データがないため、確実に判定できな

いイベントが残ってしまったと考えられる。

表 1 地震検測リストから判定した年別イベント数。  
(1988 年は 7 月 15 日から、2006 年は 10 月までのイベント)

年	全て	2~1秒	1秒以内	不明	山頂付近の地震
1988	1514	459	28	1027	36
1989	2057	478	70	1509	57
1990	1564	239	43	1282	30
1991	1508	177	58	1273	344
1992	1524	249	24	1251	65
1993	5978	918	27	5033	30
1994	4948	939	43	3966	44
1995	4508	2614	226	1668	31
1996	4662	2604	274	1784	53
1997	3168	1529	187	1452	21
1998	2015	1273	247	495	20
1999	2108	1216	168	724	216
2000	1543	969	139	435	114
2001	1584	1254	194	136	108
2002	1158	907	196	55	87
2003	1692	1498	95	99	50
2004	1102	841	82	179	48
2005	863	663	71	129	55
2006	565	394	57	114	38
合計	44061	19221	2229	22611	1447

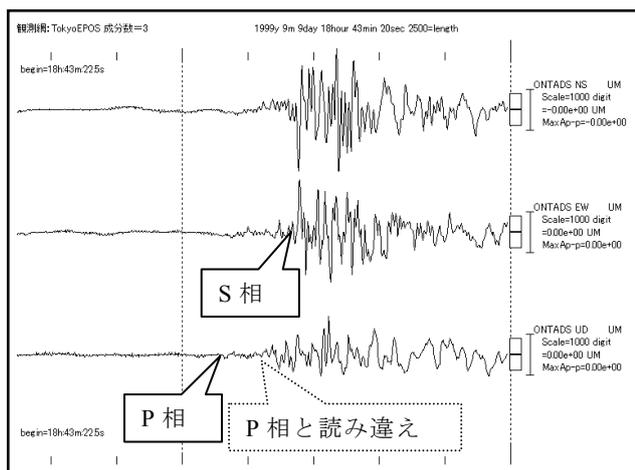


図 7 P相が不明瞭な地震波形。

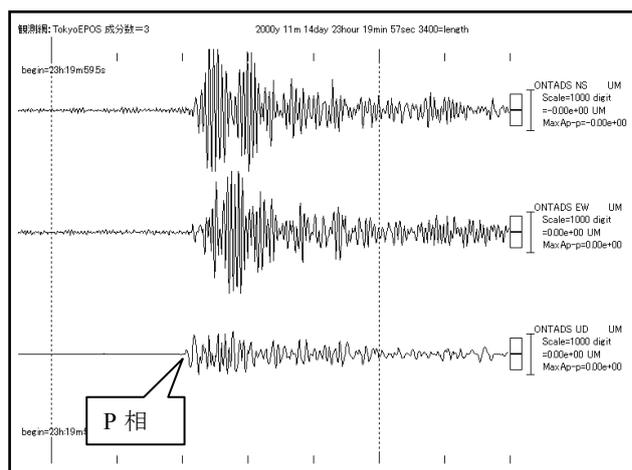


図 8 S相が不明瞭な地震波形。

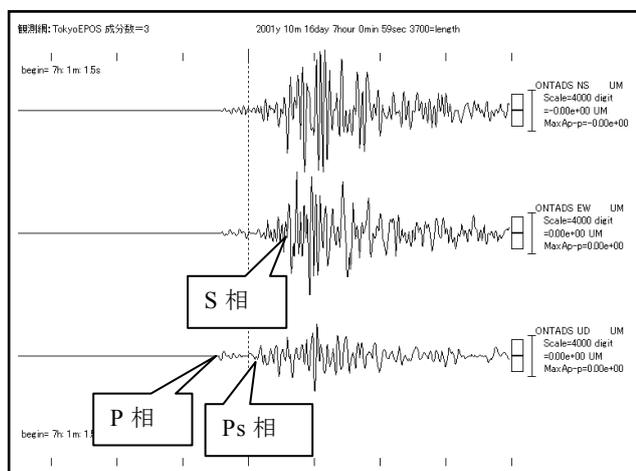


図 9 P, S相以外の相が見られる地震波形。

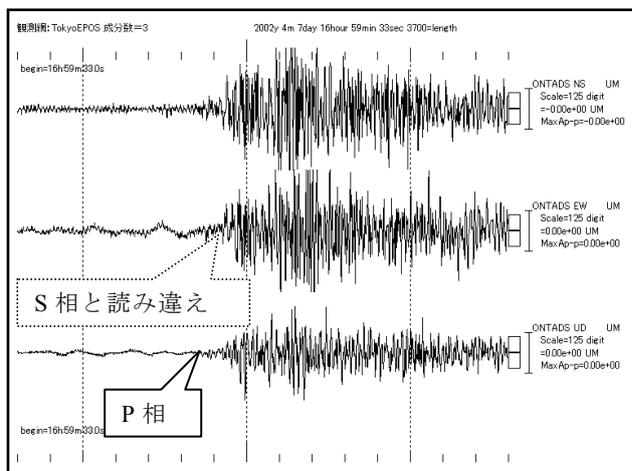


図 10 御嶽山から離れた場所の地震波形。

4 作業上の問題点

過去に遡った再検測の作業を行った上で問題となった点は以下の項目が挙げられる。

- ・記録紙からの読み取りは、時間軸や振幅等を加工できないため再検測が難しい。
- ・相の不明瞭な波形で広域地震観測網に震源がない場合、1点観測の波形からは震源を判定することは難しい。
- ・他機関データが欠測になると波形判定が難しくなる。
- ・地震計の設置環境によるノイズ発生で、波形の読み取りが困難なデータとして保存されている場合もある。

これらは御嶽山以外の火山においても共通した検測作業の問題点と考える。1点観測の再検測を行う場合は、同様の問題が起こりえるため、検測値を確定する段階までに地震波形の見直し作業を十分に行っておくことが必要と考える。

また、気象庁 A 点のみの地震波形による分離作業時に、S-P 時間の見誤りが数多く見られた。相を読み違えた波形と不明とされていた波形の特徴を、以下の分類にまとめてみた。

- ・P 相が不明瞭な地震

P 相を後ろで読むことで、S-P 時間が 1 秒以内になってしまう (図 7)。

- ・S 相が不明瞭な地震

S 相が不明なため、A 点波形だけでは S-P 時間が判断できない (図 8)。

- ・P, S 相以外の相 (変換波 Ps, Sp など) が見られる地震

S 相を変換波の相で読んでしまうと、S-P 時間が 1 秒以内になってしまう (図 9)。

- ・ノイズや御嶽山から離れた場所 (遠地) で発生した地震

紀伊水道の地震を S 相到達予定のはるか前で S 相を読みでしまっている (図 10)。

火山性地震は P 相, S 相の立ち上がりが不明瞭な場合が多く、相の読み間違えを避けることは難しい。特に 1 点観測の場合、山体から離れた場所の地震と判断することが困難な場合もある。しかし、複数の観測点を活用した検測作業により判別は可能となる。現在は他機関の協力により複数の地震データを利用できる環境にあるので、波形の分離作業の改善が期待される。

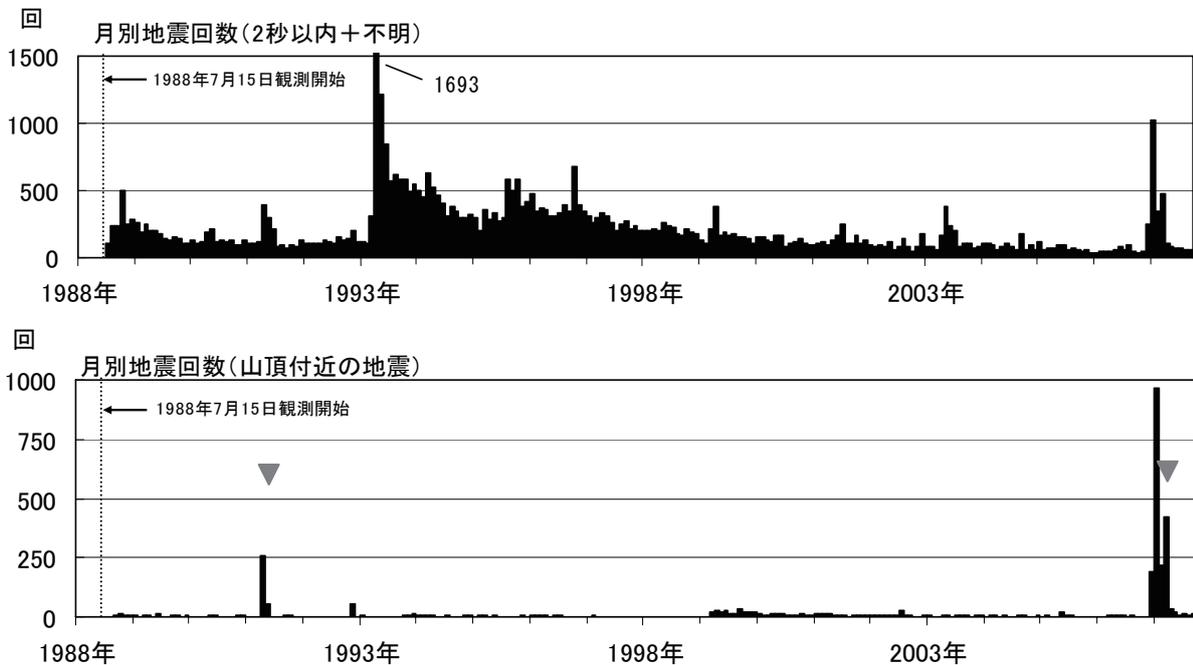


図 11 山頂付近地震の分離作業の結果。

上段：S-P 時間が 2 秒以内と不明の地震回数。

下段：山頂付近の地震と判断した地震回数 (▼ 噴火)。

## 5 結果

地震判定作業により 1988 年 7 月～2006 年 10 月の地震回数を分離する作業を行った結果に、2006 年 11 月以降の地震回数を加えてみると、1991 年や 2006 年の火山活動が活発な時期に火山性地震の増加が明瞭になる結果が得られた (図 11)。これは S-P 時間が不明とされてきた地震には、山頂付近の地震はほとんど含まれていなかったことを現している。また、火山活動が落ち着いている期間は山頂付近の地震は多い時でも 30 回/月程度と地震回数は少ない状況であるが、火山活動が活発化し始めると地震回数が急増することがわかった。事例としては少ないものの、200 回/月を越えるような地震が山頂付近で起こり始めると 1～2 ヶ月ほどした後に噴火が発生していることもわかった。

今回の判定作業でほぼ「山頂付近の地震」を選別することができたが、判定できないイベントが若干残ってしまった。判定できないイベントを残さないためにも、複数点のデータ収集と的確な波形の読み取り作業を積み重ねていく必要がある。更に、現業作業には検測マニュアルの整備と検討会が欠かせないと考える。

## 6 まとめ

複数の観測点の波形や広域地震観測網の震源なども参考にしながら御嶽山の山頂付近の地震 (A 点で S-P 時間が 1 秒以内) を選別する再検測を進めた結果、御嶽山の火山活動を評価するための一つの判断材料が得られたと考える。しかし、地震回数からだけでは火山活動の評価は難しいと思われるので、火山活動を的確に捉えられるために「山頂付近の地震」のタイプ分けも必要と考える。また、地震データだけでなく、地殻変動観測や遠望観測などを合わせた火山活動の監視も必要と考える。

## 謝辞

御嶽山噴火の写真は、新中央航空株式会社 (旧大洋航空株式会社) より提供していただきました。また、過去に遡った波形の確認作業には地震火山部の多数の皆様にご協力していただきました。ここに合せて感謝申し上げます。

## 文献

- 碓井勇二(2004) : 火山監視・情報センターシステム (VOIS) の紹介, 験震時報, 68, 47-55.
- 気象庁(1984) : 昭和 59 年(1984 年)長野県西部地震調査報告, 気象庁技術報告, 107, 133pp.
- 気象庁(2008) : 御嶽山の火山活動—2006 年 12 月～2007 年 2 月—, 火山噴火予知連絡会会報, 96, 18-35.
- 気象庁(2008) : 御嶽山の火山活動—2007 年 3 月～2007 年 6 月—, 火山噴火予知連絡会会報, 97, 14-29.