

雲仙岳溶岩ドーム成長過程における地震活動の性質

馬越孝道 (長崎大・環境)

Seismic activity during the growth of a lava dome at Unzen Volcano

Kodo Umakoshi (Environmental Studies, Nagasaki University)

1. はじめに

雲仙普賢岳は1990年11月17日に噴火を開始,その後,1991年5月から1995年2月まで,デイサイト質溶岩ドームを成長させた.このドーム成長過程では,ドーム直下で大量の地震が発生した.しかし,全期間を通じてのその地震活動の実態は未だ十分には解明されていない.現在,そのデータ解析作業を続けているところだが,この報文では,これまでに明らかになった,ドーム成長過程での地震活動の性質について述べる.

2. データ

解析対象とした期間は,1991年5月~1995年2月である.普賢岳周辺での地震観測点の配置を図1に示す.このうちFG1,FG2,FG3は1991年5月のドーム出現以前に設置されていたものである(FG3は,1993年6月,FG4に移設された).本研究には,主にFG3およびFG4のデータを用いた.これらの観測点には,1Hz上下動の地震計が設置されており,データは,九州大学島原地震火山観測所(現・地震火山観測研究センター)にテレメーターされ,サンプリングレート100Hzでデジタル連続収録された(Shimizu et al., 1992).

解析ではまず,FG3(FG4)での地震波到着時刻をもとにイベントリストを作成した.その基本となる手順は,波形の振幅変化にもとづく自動検出とその後の人の目によるノイズ除去である.ただし,1991年5

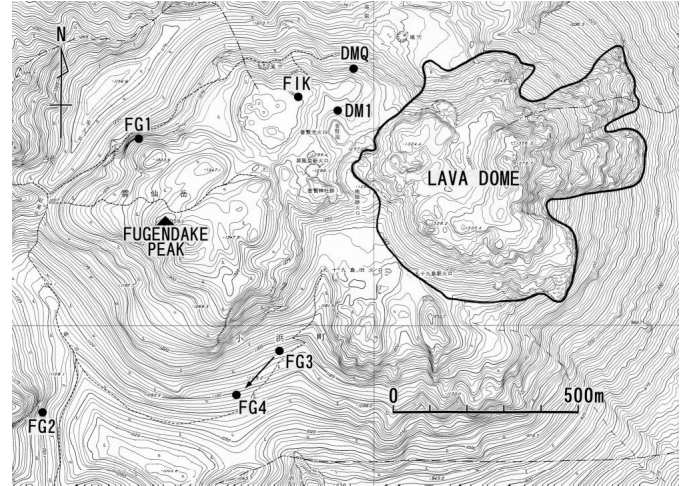


図1 観測点配置.地形図は国土地理院による.

月のみは,連続波形をすべて人の目でチェックし,読み落としの追加や初動時刻の修正をおこなった.また後述するように,期間を通じて多くの相似地震の発生がみられたため,そのような地震については,連続波形データから相似波形の精査をおこない,拾い落としをなくすとともに,初動時刻の高精度化を図った.

3. 地震回数

今述べた方法で得られた日別地震回数を図2に示す.図の上の数字付の縦棒は,外成的成長による各ロープの出現日を示している.期間を通じて地震活動の消長は激しいが,この図にみられる地震の発生形態の違いを,次の4つの期間に分けて比較する.

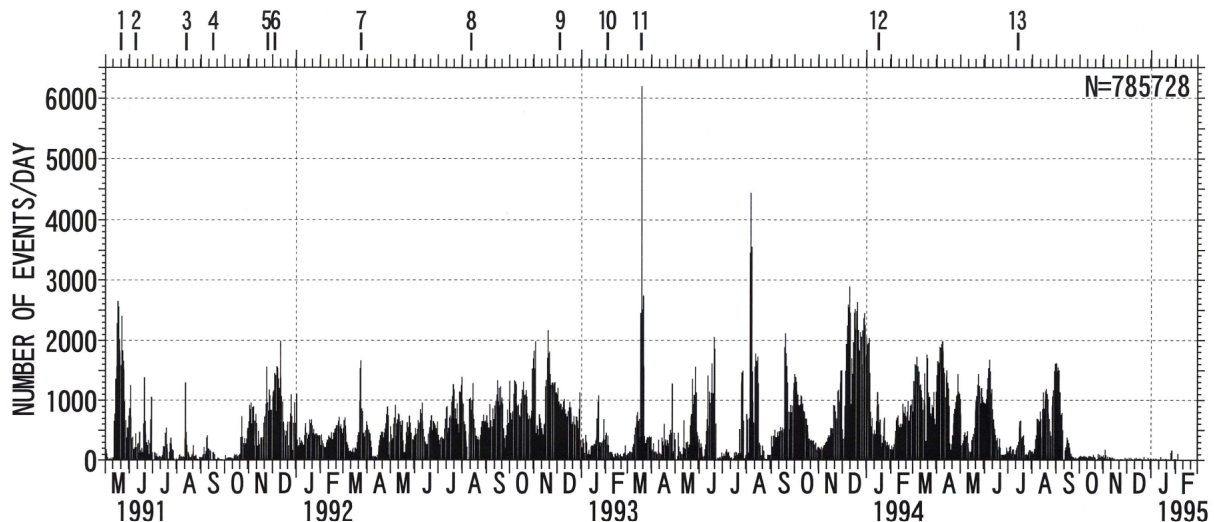


図2 日別地震回数.上の数字付の縦棒は,各ロープ出現日.

- () 1991年5月～10月中旬
- () 1991年10月下旬～1993年1月
- () 1993年2月から8月
- () 1993年9月～1994年8月

これらの期間のうち、と は、数日～数週にわたって著しく地震回数が増加した時期のある一方で、回数が極めて低下した時期も存在する。他方、と では、回数の消長が比較的長い周期で起こり、回数が低下した時期であってもある程度の活動レベルを保った。山科(1996)による日別溶岩噴出量グラフとの比較では、と の期間は噴出量が相対的に高いレベルで横ばいに推移したのに対して、と では減少傾向、の1994年春以降では噴出量がかなり低下した状態になっている。これまでの研究から、ドームの成長様式として、溶岩噴出量が多い時期(>20万m³/日)では外成的成長が主となり、それを下回ると内成的成長の起こることが指摘されている(Nakada et al., 1999)。また外成的成長では、新ロープの出現前後に地震が多発するもののロープ成長中はそれが著しく減少し、対して内成的成長期には地震活動は定常化したことが知られている。今回の結果は概ねこれらの観測事実を裏付けるものとなっているが、外成的成長期であっても、新ロープの出現とは別に地震回数の増加した時期もあり、その原因や表面現象との対応については未調査である。

4. 波形の分類

雲仙岳の火口直下(ドーム付近)で発生した地震は、これまで、卓越周波数1～5Hzの低周波(LF)地震と5～10Hzの高周波(HF)地震に分類されてきた(Nakada et al., 1999)。本研究では試みに、1～4HzをLF地震、4～7HzをMF地震、7～10HzをHF地震として、スペクトル解析により波形を分類した。計算区間は初動時刻の0.5秒前から5.12秒間である。なお、高周波の揺れと低周波の揺れが連結したハイブリッド型の地震であっても、現状では計算機の自動判別により上の分類のどれかに入っており、特別の考慮は

していない。

解析の結果、概略的には、1991年5月(HF)、1991年6月～1993年8月(LF)、1993年9月～10月(MF)、1993年11月～1995年2月(HF)の発生が特徴的であることが明らかになった。ただしこの中で、HF地震が多く見られた期間では、同程度にLF地震が発生していた場合もある。しかし、LFとした期間についてはほとんどがLF地震であり、HF、MF地震はあまり発生していなかった。この波形タイプの違いを前節の～の期間との対応でみると、地震が定常的に発生しドームの内成的成長が活発であったとでは、がほとんどLF地震であったのに対し、ではHF地震が多くなっていた。はドーム成長末期でドームが巨大化し、内部温度も低下して、火道内のマグマがより動きにくい状態になったことがこの違いに関係したと思われる。

5. 相似地震

各地震について、前後24時間以内に発生した地震それぞれとの相関係数を求め、その値が0.6以上であった地震の数をプロットしたものを図3に示す。非常にたくさんのピークがみられ、おのおの相似地震群または時間とともに波形がわずかずつ変化する地震系列(地震グループ)(馬越・他, 2002)の出現を示している。

これらの地震グループの波形は、HF地震、MF地震、LF地震いずれの場合もあるが、HF地震が多発した時期にはグループが多数同時に出現していることが多く、対してLF地震活動が活発な時期には、地震数が多い割には少数のグループしか出現していないという特徴がみられた。図4には、各月において、図3の値が最大となった地震の波形を示す。

6. 1991年5月の地震活動

溶岩ドームの出現した1991年5月の地震については、連続記録を人の目ですべて見直してイベントリストを高精度化した上で、解析をおこなった。図5に、5月11日～31日での6時間ごとの

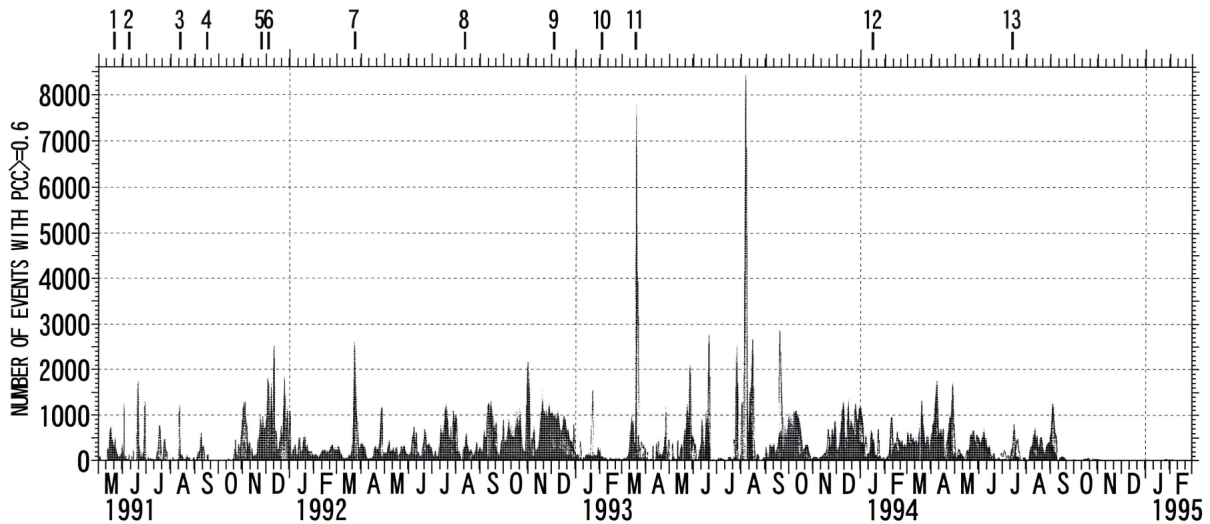


図3 各地震について、前後 24 時間以内に発生した地震との相関係数を計算し、その値が 0.6 以上であった地震の数をプロットしたもの。上の数字付の縦棒は、各ローブ出現日。

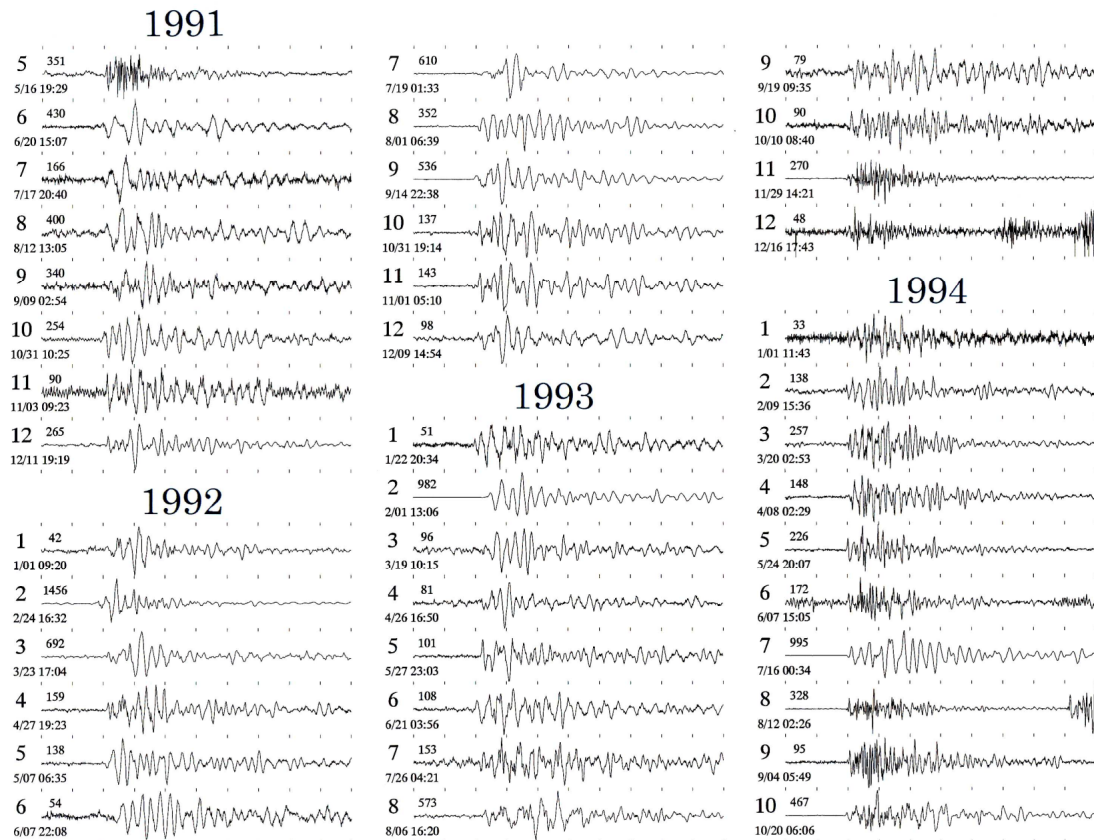


図4 図3において、月ごとに値が最大であった地震の波形（1991年5月～1994年10月）。1991年5月はHF地震、その後LF地震が続いたが、1993年後半からはMF地震やHF地震が多くなった。波形の上の数字は、波形データの最大振幅。

地震回数を示す。地震回数は5月17日夜にピークに達しており、実際のドーム出現日と考えられる19日（Yamashina and Shimizu, 1999）には、回数はすでに減少傾向にあった。ただしこの期間のFG3の波形データでは、波形の振り切れているものが多かったため、地震の規模に関する解析はまだおこなっていない。

図6には、図3の91年5月の部分を拡大した図を示す。この中には、プロットの密集した線状分布や山型の分布が複数みられ、これらがそれぞれ前述した地震グループに対応すると考えられる。これらを馬越・他(2002)の方法で分離したところ、地震数100個以上のグループが30個見つかった。図7は、その30個の

グループについて、6時間ごとの地震回数の推移をまとめたものである。太線は、地震数 500 個以上のグループ（主要グループと呼ぶ）である。また図 8 には、主要グループについて、図 6 での山型のピークに対応する地震（グループ検出の際、マスターイベントになる）の波形を示す。図 7 によると、地震回数がピークに達した 17 日には、主要グループの多くが活動中だったことがわかる。これらの主要グループは、その後次第に活動を低下させていったが、5 月 22 日前後に別の 2 つのグループが出現し一気に活動を活発化させたため、図 5 での 5 月 22 日の地震回数の再増加になった。また図 8 をみると、この 5 月 22 日のグループは LF 地震であり、他の主要グループがすべて HF 地震であることと対照的である。噴火現象との対応でみると、5 月 22 日は、溶岩涌きだし口が最初の地獄跡火口から東側斜面に移動しつつあった時期と見られ、この LF 地震グループは、その後の第 3 ロープや第 4 ロープの出現時にみられた LF 地震の増加と同様に、溶岩の新しい出口形成の過程で発生していた可能性がある。

7. おわりに

この報文では、雲仙岳溶岩ドーム成長過程の地震活動についての最近の解析結果をまとめた。現状では、イベントリストが全期間均質でないなどの問題点もあり、今後データの均質化を図るとともに精度を高め解析を続ける予定である。

この報告内容は、長崎大学と九州大学の共同研究成果 (Umakoshi et al., 2005a; 2005b) をまとめたものです。

引用文献

- Nakada, S., Shimizu, H. and Ohta, K., 1999, J. Volcanol. Geotherm. Res. 89, 1-22.
- Shimizu, H., Umakoshi, K., Matsuwo, N. and Ohta, K., 1992, Unzen Volcano, the 1990-1992 Eruption. The Nishinippon & Kyushu University Press, 38-43.
- 馬越孝道・清水 洋・松尾のり道, 2002, 火山, 47, 43-55
- Umakoshi, K., Shinzato, N., Ohshima, M., Matsuwo, N. and Shimizu, H., 2005a, Unzen workshop 2005, in press.
- Umakoshi, K., Takamura, N., Uchida, K., Matsuwo, N. and Shimizu, H., 2005b, Unzen workshop 2005, in press.
- 山科健一郎, 1996, 月刊地球, 号外 1 5, 76-81.
- Yamashina, K. and Shimizu, H., 1999, J. Volcanol. Geotherm. Res. 89, 43-55.

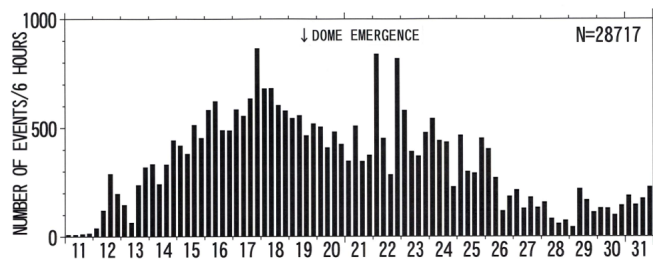


図 5 1991 年 5 月 11 日 ~ 31 日の、6 時間ごとの地震発生回数。

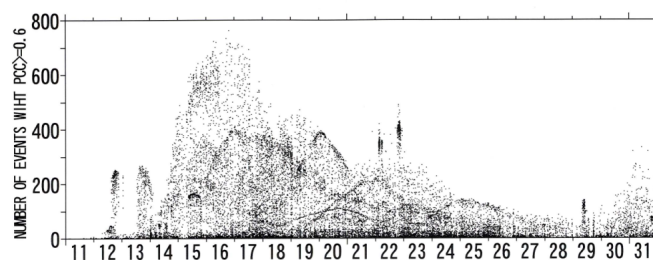


図 6 図 3 の 1991 年 5 月 11 日 ~ 31 日の拡大図。

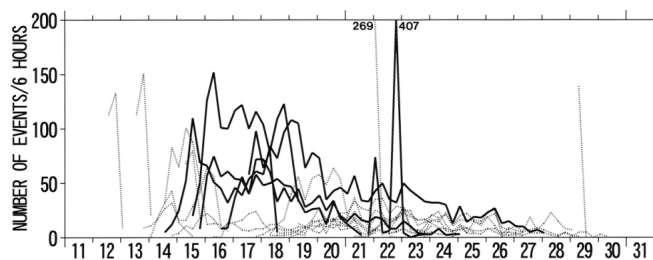


図 7 グループごとの地震回数推移。太線は地震数 500 個以上のグループ。

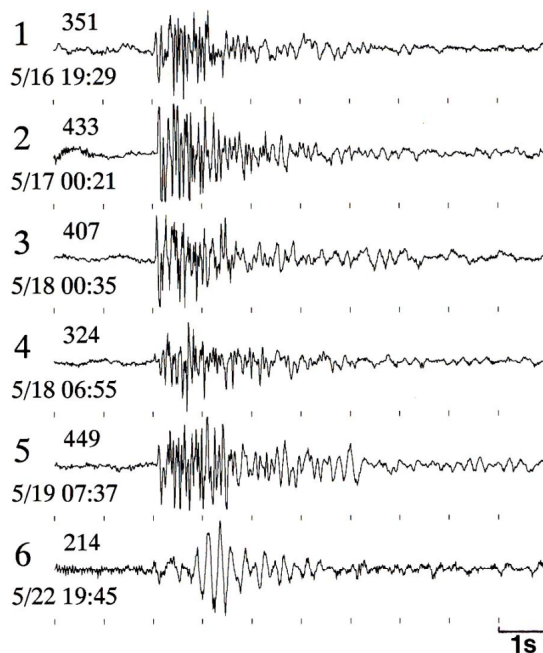


図 8 地震数 500 個以上のグループのマスターイベントの波形。