

体積歪変化量を用いた伊豆東部火山群のマグマ貫入量推定と 火山活動評価の試み*

Estimation of Amount of Intrusive Magma by Using Volumetric Strain Data and Attempt of Evaluation of Volcanic Activity in Izu-Tobu Volcanoes

気象庁地震火山部火山課
Volcanological Division, JMA

1. はじめに

伊東沖では1978年6月以降、群発地震活動が繰り返されるようになり、これらの群発地震に伴う明瞭な縮みの歪変化が気象庁による東伊豆の体積歪計で観測された(第1図)。同地域では1930年にも顕著な群発地震が発生しており、Kuno(1954)¹⁾はその原因がマグマ貫入であることを指摘していた。

1989年7月の群発地震活動では、地震活動が低下した段階で、火山活動に特徴的な低周波地震や火山性微動が観測され始め、その直後に伊豆東部火山群としては有史以来初の噴火が発生した(第2図)。この噴火発生により、これまで同地域で繰り返されてきた群発地震の原因がマグマ貫入であったことが明らかとなった。

Okada and Yamamoto(1991)²⁾は群発地震に伴う地殻変動は震源域に沿う開口断層により説明できるとし、深部マグマ溜まりから上昇したマグマによる浅部ダイク貫入モデルを提案した。群発地震に伴い観測される東伊豆の体積歪変化量もこのダイク貫入モデルにより十分説明できる。

これまで気象庁では、1989年7月噴火の経験に基づき、同地域でダイク貫入による地殻変動を伴う群発地震が発生した場合には、震源の浅部移動や低周波地震多発、火山性微動発生等の火山性異常現象に着目した火山監視を行ってきた。今回は、火山監視手法の定量化及び客観化を目指して、ダイク貫入モデルと群発地震に伴う東伊豆の体積歪変化量の関係によりマグマ貫入量を推定する方法を検討し、その結果に基づき火山活動の評価を試みた。

2. 体積歪変化量によるマグマ貫入量の推定

深部マグマ溜まりからマグマが上昇した場合、ダイク貫入量が多いほど噴火に至る可能性が高いと考えられる。伊豆東部火山群ではこれまで多くの研究者により地殻変動観測データからダイク貫入モデルのパラメータが推定されている(第1表)。推定されたパラメータから見積もったマグマ貫入量と東伊豆の体積歪変化量には高い相関が認められることから(第3図)、体積歪変化量からおおよそのマグマ貫入量を推定することができる。

噴火が発生した1989年7月イベントでは、マグマ貫入量が過去約30年間で最大だった。伊東沖での噴火事例が1例しかないため確実なことは言えないが、少なくとも1989年7月イベントと同じオーダーのマグマ貫入量に達した場合は噴火の可能性があると考えるべきである。このマグマ貫入量に相当する体積歪変化量は、24時間歪変化最大値で $0.2\mu\text{strain}$ 程度、歪変化全体量で $1\mu\text{strain}$ 程度に相当する。さらに、24時間歪変化最大値はいずれの場合も活動の初期段階に出現している(たとえば、第2図の②)。しかし、歪変化全体量というのは活動終了時点で初めて求まる値である。できるだけ早い時点で噴火の可能性を予測するためには、24時間歪変化最大値を優先的に活用すべきである。

一方、東大震研・気象庁(1998)³⁾は、東伊豆の体積歪変化量から群発地震活動の規模を予測した。第4図は気象庁鎌田観測点における地震回数と体積歪変化量の関係を示す。両者の間には高い相関が認められるが、マグマ貫入量が最大だった1989年7月イベントはその関係から大きく逸脱しており、実際の群発地震の規模が体積歪変化量から予測した規模に比べて異常に大きかったことが伺える。

* 2007年1月23日受付

3. 火山活動評価の試み

以上の検討結果を踏まえ、東伊豆の体積歪変化量から推定したマグマ貫入量から火山活動を評価する試みとして、次のような現業監視手順を検討する。

- ①群発地震開始から体積歪変化量（マグマ貫入量）のリアルタイム監視を行い、24時間体積歪変化最大値が基準値（ 0.2μ strain）に達した時点で噴火の可能性があると判断する（アラート1）
- ②鎌田観測点での地震回数の監視を継続し、地震活動が体積歪変化量からの予測に比べて異常に活発化した時点で噴火の可能性が高まったと判断する（アラート2）
- ③その後、震源の浅部移動や低周波地震多発、火山性微動発生が確認された時点で、噴火が切迫していると判断する（アラート3）

この手順を1989年7月イベントに適用すると第5図のようにまとめられる。すなわち、群発地震活発化から1日後の5日07時の時点で噴火の可能性を判断し（アラート1）、約1週間後の9日の時点では予測を上回る地震回数に達して噴火の可能性が高まったと判断する（アラート2）。その直後の10日の時点では低周波地震多発や火山性微動が発現して噴火の切迫を判断し（アラート3）、最終的に13日18時35分に噴火発生に至る。こうした手順により、従来に比べて1週間程度早い時点で噴火発生の可能性を判断する現業監視が実現する。

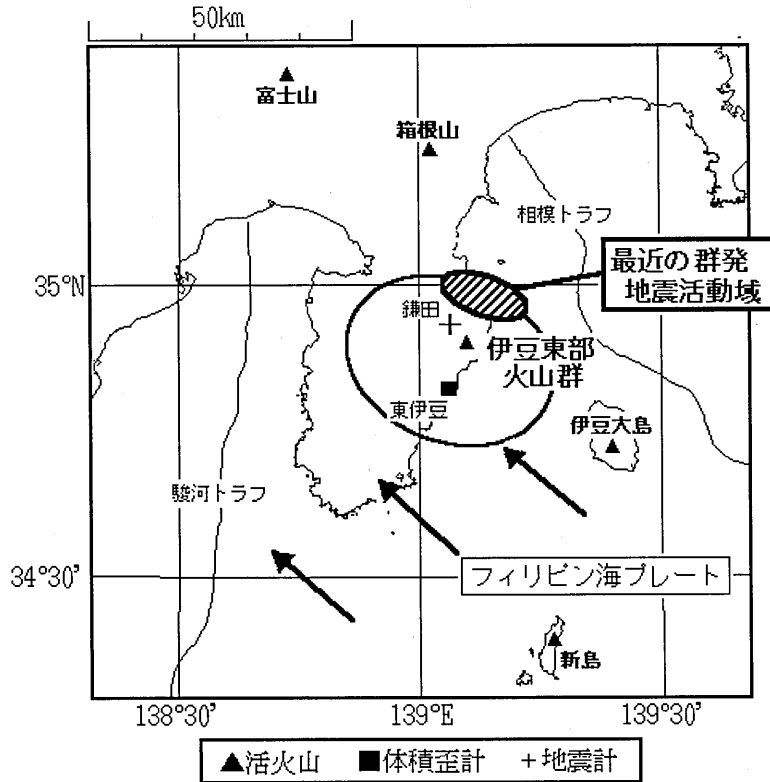
4. 長期的なマグマ活動推移

第6図にダイク貫入時に観測された東伊豆の体積歪変化量積算と鎌田の地震回数積算を示す。両者の間には良い相関が認められることから、東伊豆の体積歪観測が開始された1980年以前については、それ以前からデータが蓄積されている鎌田地震回数をを用いることにより、1978年以来繰り返された貫入マグマのおおよその体積増加量を推定することができ、その量は約 0.24km^3 となった。

伊東沖では1978年の群発地震活動開始から1998年までの約20年間、静穏な状況と活発な状況を繰り返しながらダイク貫入活動が継続してきた。最近では、1998年の活動を最後に、数年間比較的静穏に経過していたが、2006年から再びダイク貫入活動が活発化した可能性がある。今後、レートの高まりが見られるかどうか、活動推移に注目する必要がある。

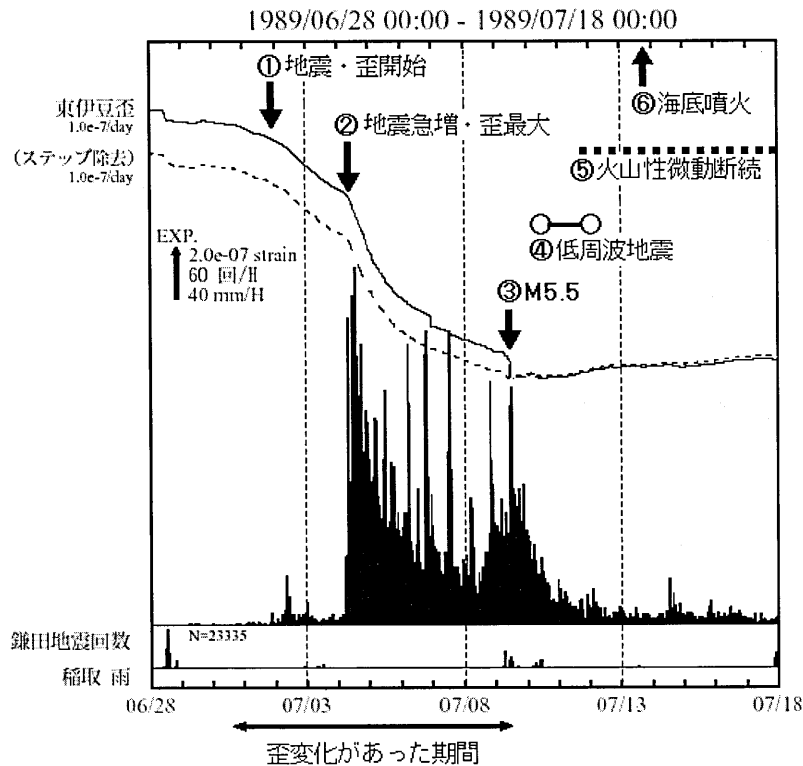
参 考 文 献

- 1) Kuno, H. (1954) : Geology and petrology of omuro-yama volcano group, North Izu, J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sect. 2, 9, 241-265.
- 2) Okada, Y. and Yamamoto, E. (1991) : Dyke intrusion model for the 1989 seismovolcanic activity off Ito, Central Japan, J. Geophys. Res., 96, 10362-10376.
- 3) 東京大学地震研究所・気象庁地震予知情報課 (1998) : 伊豆半島東方沖群発地震活動の直後予測, 地震予知連絡会会報, 59, 223-227.
- 4) 防災科学技術研究所 (1994) : 1993年5～6月の伊豆半島東方沖の群発地震活動とそれに伴う傾斜変動, 地震予知連絡会会報, 51, 336-340.
- 5) 西村卓也 (2002) : 伊東沖と岩手山における火山性力源による地震のトリガリング, 地学雑誌, 111(2), 166-174.
- 6) 上田英樹・山本英二・大久保正・村上亮・上野寛・宇平幸一 (2003) : 2002年5月伊豆半島東部群発地震活動に伴った地殻変動の開口断層モデル, 48, 471-477.
- 7) 国土地理院 (2006) : 伊豆地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 76, 215-245.



第1図 伊豆東部火山群周辺図

Fig. 1 Map of Izu-Tobu Volcanoes



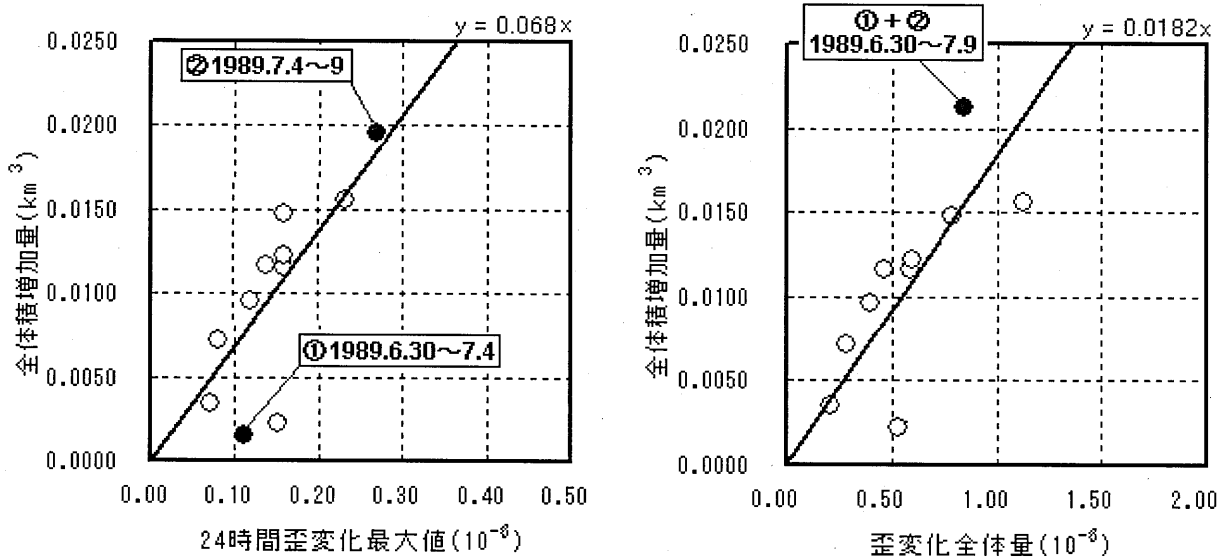
第2図 1989年7月イベントの活動経過図

Fig. 2 Time series of the volcanic activity in Izu-Tobu Volcanoes at July 1989.

第1表 地殻変動データから推定された貫入ダイクのパラメータ

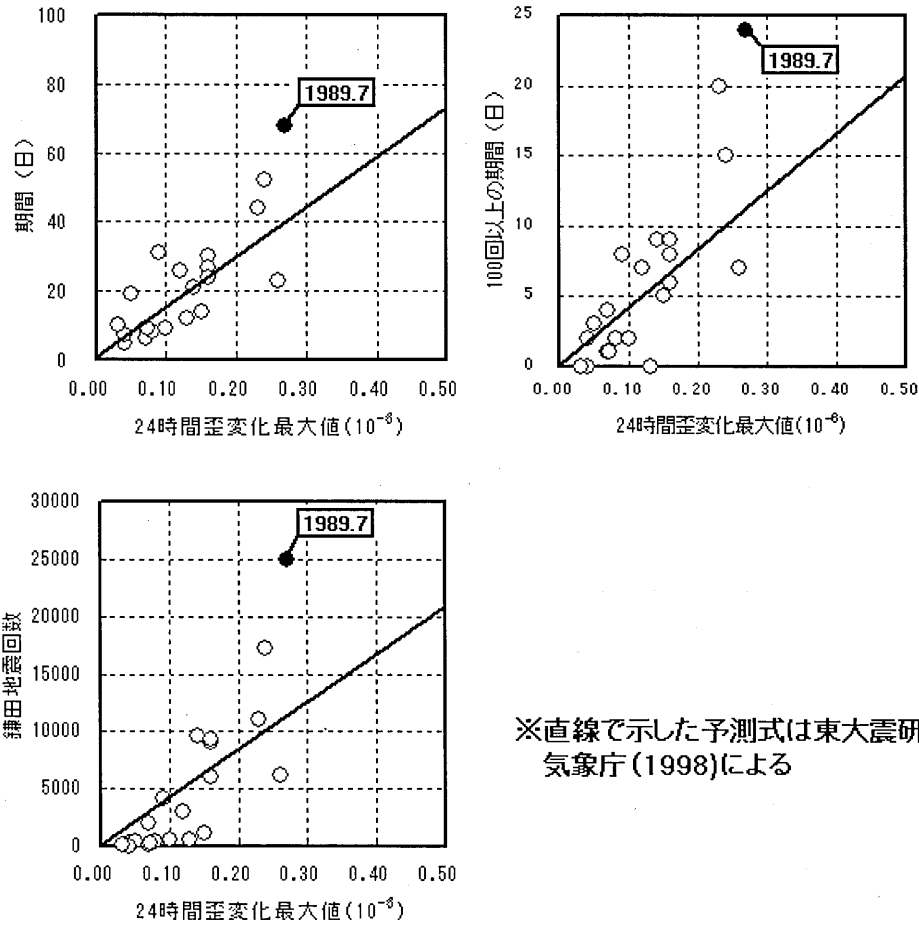
Table 1 Estimated parameters of intrusive dyke from geodetic data.

群発地震の期間	走向 傾斜角	上端の 深さ	長さ	幅	開口量	体積増加量	文献 データ
1989/5/21 ～ 6/3	125° 85°	3.0 km	1.5 km	6.0 km	0.25 m	0.0023 km ³	Okada and Yamamoto(1991) ²⁾ 傾斜計、GPS、EDM、水準測量
1989/7/1 ～ 9/6	125° 85°	1.0 km	3.0 km	6.0 km	1.45 m (最大)	0.0213 km ³	Okada and Yamamoto(1991) ²⁾ 傾斜計、GPS、EDM、水準測量
1993/5/26 ～ 6/15		2.0 km	3.0 km	5.0 km	0.90 m	0.0116 km ³	防災科研(1994) ⁴⁾ 傾斜計
1995/9/11 ～ 9/23	118° 76°	6.7 km	1.3 km	3.3 km	0.81 m	0.0035 km ³	西村(2002) ⁵⁾ GPS、水準測量
1995/9/29 ～ 10/28	117° 74°	2.0 km	2.2 km	7.7 km	0.87 m	0.0147 km ³	西村(2002) ⁵⁾ GPS、水準測量
1996/10/15 ～ 11/10	123° 60°	4.3 km	1.2 km	8.4 km	1.15 m	0.0116 km ³	西村(2002) ⁵⁾ GPS、水準測量
1997/3/3 ～ 3/26	126° 76°	0.5 km	1.9 km	5.8 km	1.11 m	0.0122 km ³	西村(2002) ⁵⁾ GPS、水準測量
1998/4/20 ～ 6/2	126° 80°	0.3 km	2.3 km	5.7 km	1.19 m	0.0156 km ³	西村(2002) ⁵⁾ GPS、水準測量
2002/5/8 ～ 5/15	116° 75°	10.0 km	2.0 km	2.0 km	1.80 m	0.0072 km ³	上田ほか(2003) ⁶⁾ 傾斜計、GPS
2006/4/17 ～ 5/12	112° 70°	5.0 km	7.1 km	1.5 km	0.90 m	0.0096 km ³	国土地理院(2006) ⁷⁾ GPS



第3図 東伊豆の体積歪変化量とダイク貫入による体積増加量の関係

Fig. 3 Relation between volumetric strain changes at Higashi-Izu and amount of a volume increase by dyke intrusion.

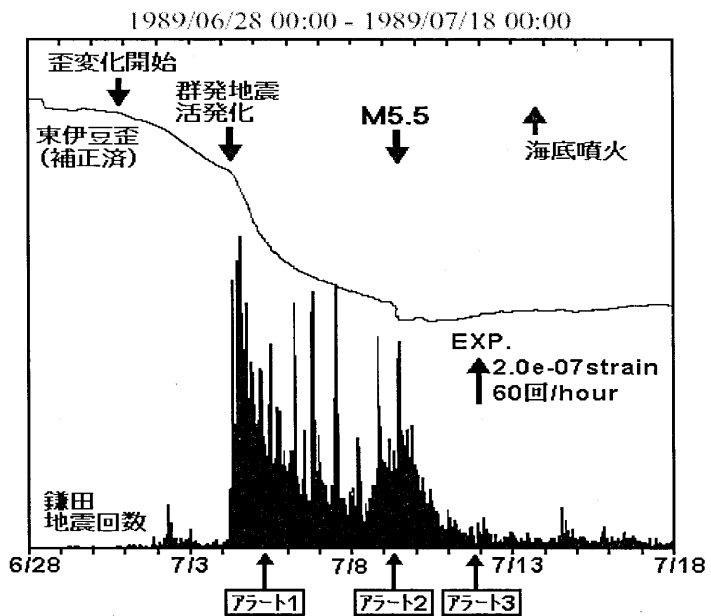


※直線で示した予測式は東大震研・気象庁(1998)による

第4図 24時間歪変化最大値と地震活動の関係

Fig. 4 Relation between maximum volumetric strain changes and seismic data

経過	現象	アラート
6/30 17h	歪変化と群発地震の開始	
7/ 4	群発地震の活発化	
7/ 5 07h	24時間歪変化量が基準値を超える	1
7/ 6 21h	地震回数が歪変化から予測した回数を超える	
7/ 9 07h	地震回数が予測を大きく上回る	2
7/ 9 11h	M5.5の地震発生 地震活動の低下	
7/10	低周波地震の増加開始	3
7/11	大きな火山性微動発生	
7/13 18:35	海底噴火発生	



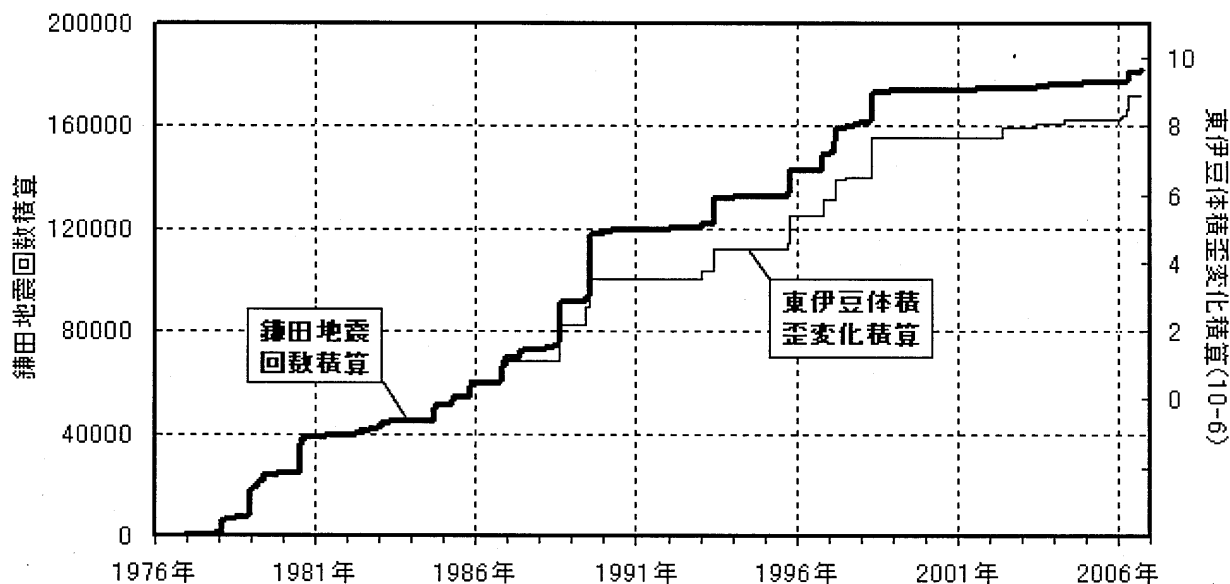
第5図 1989年7月イベントの判定結果

Fig. 5 Evaluation of the activity in Izu-Tobu volcanoes in July 1989.

第2表 1985年以降の群発地震に対する判定結果

Table 2 Evaluation of activities in Izu-tobu volcanoes since 1985.

群発地震の期間	24時間歪変化最大値 (0.2μ strain 以上)	鎌田地震総回数 (予測値の150%)	火山性現象の発生有無
1985/10/13~11/12	0.09→なし		
1986/10/10~11/1	0.26→アラート1	6125回 (16146回) →なし	
1988/7/26~9/15	0.24→アラート1	17171回 (14904回) →アラート2	→なし
1989/5/21~6/3	0.15→なし		
1989/6/30~9/6	0.27→アラート1	24989回 (16767回) →アラート2	低周波地震多発、微動発生 →アラート3
1993/1/10~1/18	0.07→なし		
1993/5/26~6/15	0.14→なし		
1995/9/11~9/15	0.04→なし		
1995/9/18~9/23	0.07→なし		
1995/9/29~10/28	0.16→なし		
1996/10/15~11/10	0.16→なし		
1997/3/3~3/26	0.16→なし		
1997/6/27~7/15	0.05→なし		
1998/4/20~6/2	0.23→アラート1	11033回 (14283回) →なし	
2002/5/8~5/15	0.08→なし		
2003/6/13~6/21	0.10→なし		
2004/4/24~5/2	0.07→なし		
2006/1/25~1/31	0.04→なし		
2006/2/21~3/2	0.03→なし		
2006/3/30~4/10	0.13→なし		
2006/4/17~5/12	0.12→なし		



第6図 1978年以降の鎌田地震回数及び東伊豆体積歪変化の積算曲線 (太線:地震回数、細線:体積歪変化)

Fig. 6 Cumulative curves of earthquake frequency observed at Kamata and amount of volumetric strain changes at Higashi-Izu since 1978 (thick line and thin line denote earthquake frequency and volumetric strain changes, respectively).