

## 東北地方太平洋沖地震に誘発された群発地震活動\*

### Earthquake swarm activities in Hakone volcano triggered by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

神奈川県温泉地学研究所

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

#### ○地震活動の概要

3 月 11 日 14 時 46 分に発生した東北地方太平洋沖地震 (M9.0) の直後から、箱根火山では地震活動が活発化し、3 月 31 日までに 1643 回の地震について震源が決定された。地震活動が活発化した 3 月 11 日 15 時頃から 3 月 13 日 10 時頃までは 1 時間に 40 回から 10 回程度のやや活発な活動が続いた。その後、3 月 20 日 03 時～06 時頃に箱根カルデラ北部の金時山付近で一時、活発化したのが 4 月以降はやや落ち着いており、6 月には一日当たり数個程度の状況となっている。6 月末までの震源決定数は 1951 回である。

#### ○地震活動

2011 (平成 23) 年 3 月 11 日 15 時 08 分ごろ、箱根火山の芦ノ湖の南端に M4.8 の有感地震が発生した (深さは 5.7km、本報告の地震規模 (マグニチュード) の値は東北地方太平洋沖地震や茨城県沖の地震の波形が重なっているため訂正の可能性はある)。

この地震により県内では、湯河原町と真鶴町で最大震度 4 (気象庁報告; 気象庁はこれらの震度を 15 時 06 分の三陸沖の地震に含めている) の揺れが観測された。今回とほぼ同じ場所では 1994 年 10 月に M4.8 を最大地震とする地震活動が発生している。

(地震活動の始まりと南北の空間分布の特徴)

第 1 図に箱根火山とその周辺地域の震源分布と南北の時空間分布 (2011 年 3 月 1 日～6 月 30 日まで) を示す。3 月 11 日 15 時頃までは箱根カルデラ内の定常的な活動が 1 日数回レベルで散発的に発生していたが、3 月 11 日 15 時頃から芦ノ湖の南端に発生した M4.8 (暫定) の地震のほか、中央火口丘の駒ヶ岳付近、湖尻付近、金時山付近など、箱根カルデラ内の広い範囲で活発化し、地震数は 3 月だけで 1600 回を超えた。第 2 図に M-T 図を示す。

箱根火山では、2001 年 6 月頃から 10 月末頃まで今回の活動と同様にカルデラ内の広域にわたる群発地震活動が観測されたが、この活動を除けば、毎年数回程度観測されている群発地震活動はカルデラ内の局所的な領域の活動であって、活動域が重ならない相補的な空間分布を示す傾向が認められていた。今回のように同時に複数の活動域で発生することは 2001 年以来といえる。

今回の活動はまた、箱根カルデラ内に限られず、M4.8 の発生した地域とその南側に位置する丹那断層北部においても活発化している様子が第 1 図から見てとれる。

(地震活動の経過)

第 1 図の左下に最大地震 (M4.8) のメカニズム解を示す。この地震の震源は丹那断層帯の北端に位

---

\* 2011 年 7 月 20 日受付

置しており、メカニズム解の南北走行の節面は、この断層帯の動きと調和的な左横ずれであった。第3図には6月までの時間別地震発生数・地震積算回数図、深さとマグニチュードの時間変化図を示す。地震活動は、M4.8の発生直後から3月13日10時頃までは1時間に10回以上と活発な活動だった。その後、3月20日03時～06時頃には箱根カルデラ北部の金時山付近でやや活発な活動が観測されたが、4月以降、活動は低下傾向にあり、6月には一日当たりの発生数は数個程度に落ち着いている。

強羅地区に臨時に設置していた強震計の波形を調べたところ、本震による表面波が到達していると考えられる時刻に、1000ガルを超える強い揺れが記録されていたことが分かった(第4図)。この揺れは、大涌谷直下約2km付近に震源を持つM4程度の地震によるものと推定され、本震の表面波によってトリガーがされたと考えられる。このような表面波によってトリガーがされたと考えられる地震は、少なくとも4つあることが加速度波形から分かる。この加速度波形から震度相当値を計算すると、震度6弱となった。

#### (有感地震)

今回の活動で、有感地震となった地震は以下の9回である。(気象庁資料より)

- ①3月11日15時08分(M4.8、県内最大震度4：真鶴町、湯河原町、  
(震度は、M9.0直後の影響で見直しの可能性あり)、
- ②3月11日23時52分(M3.5、最大震度2：小田原市、箱根町湯本)、
- ③3月12日07時42分(M2.6、最大震度1：箱根町湯本)、
- ④3月13日04時00分(M2.5、最大震度1：箱根町湯本)
- ⑤3月21日23時14分(M4.2、最大震度1：箱根町湯本、小田原市)
- ⑥3月21日23時22分(M2.4、最大震度1：箱根町湯本)
- ⑦3月21日23時27分(M2.8、最大震度1：箱根町湯本)
- ⑧3月26日00時28分(M3.4、最大震度2：湯河原)
- ⑨3月27日11時09分(M2.1、最大震度2：南足柄)の計9回である。

3月20日03時頃からは金時山付近に活動が集中する傾向が見られたが、この時間帯では気象庁による有感地震の報告はなかった。しかし、宮城野や仙石原などではドスンという音や数回の揺れを感じたとの住民からの報告や問い合わせがあった、との連絡が箱根町役場からあった。

#### ○地殻変動

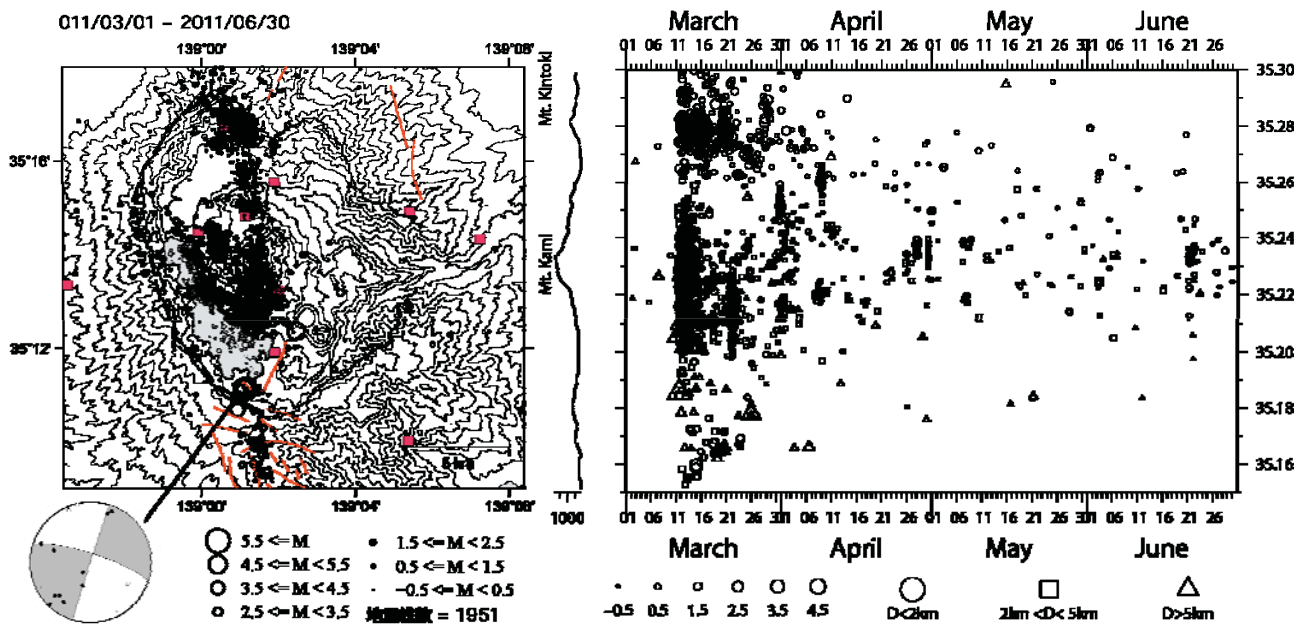
当所が実施している地下水位観測、光波測量、縦孔型傾斜計、GPS 測量のデータを第5図～第8図に示す。第9図に観測点分布を示す。

第5図は、地下水位観測データである。地下水位観測では東北地方太平洋沖地震(M9.0)によるコサイスミックな変化が認められる。

第6図は、光波測量(箱根観測網)のデータである。東北地方太平洋沖地震、およびその直後に発生した箱根群発地震活動後から静岡県東部地震(M6.4; 暫定)にかけての時期に、特に中央火口丘(姥子・大涌谷稜線・玉子茶屋観測点)で縮みが観測されている。また、静岡県東部地震に伴って、長尾峠観測点では約4cmの縮みのステップが生じている。

第7図は、縦孔型傾斜計のデータである。東北地方太平洋沖地震と富士宮で発生した地震による大きなステップが認められる。東北地方太平洋沖地震後の2、3日間ゆっくりとした傾斜が観測されている。

第8図は、GPS 測量のデータである。東北地方太平洋沖地震によるコサイスミックなステップが認められる。

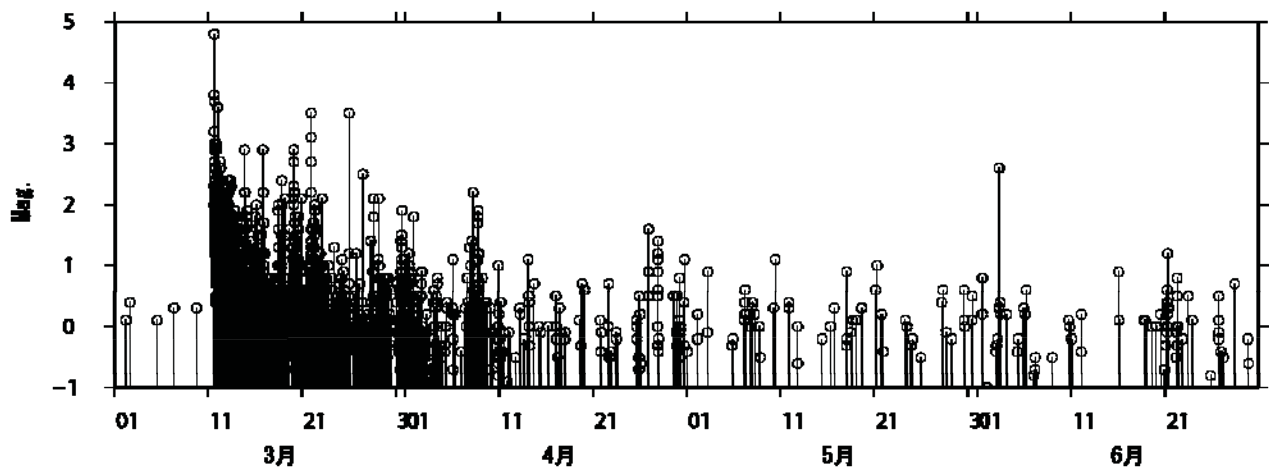


第1図 震源分布及び時空間変化。期間は3月1日から6月30日。

左下に、期間中の最大地震(M4.8)のメカニズム解を示す。

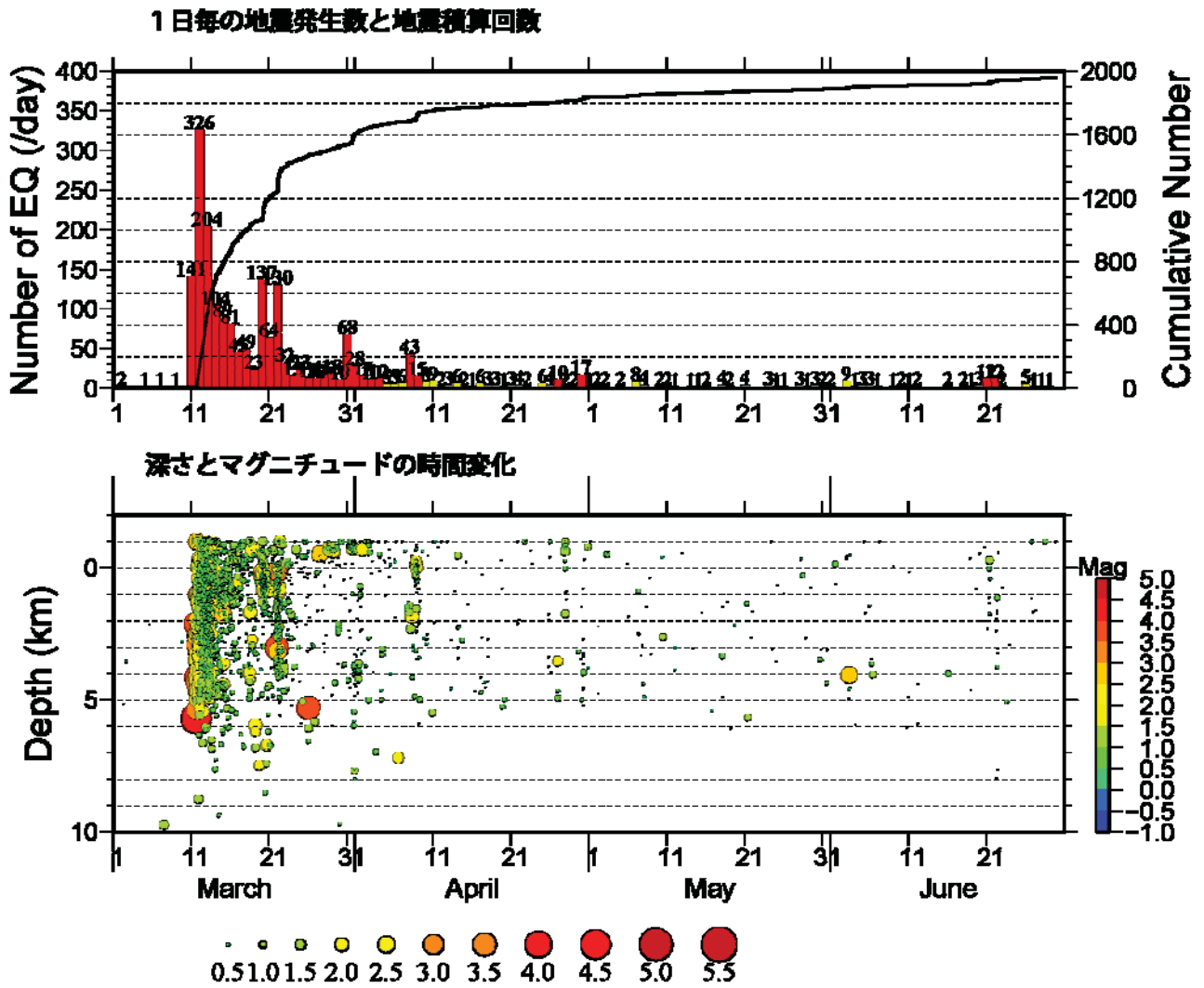
Fig. 1 Spatio-temporal change in earthquake distribution in the Hakone volcano.

The focal mechanism of the largest earthquake is shown on the left panel .



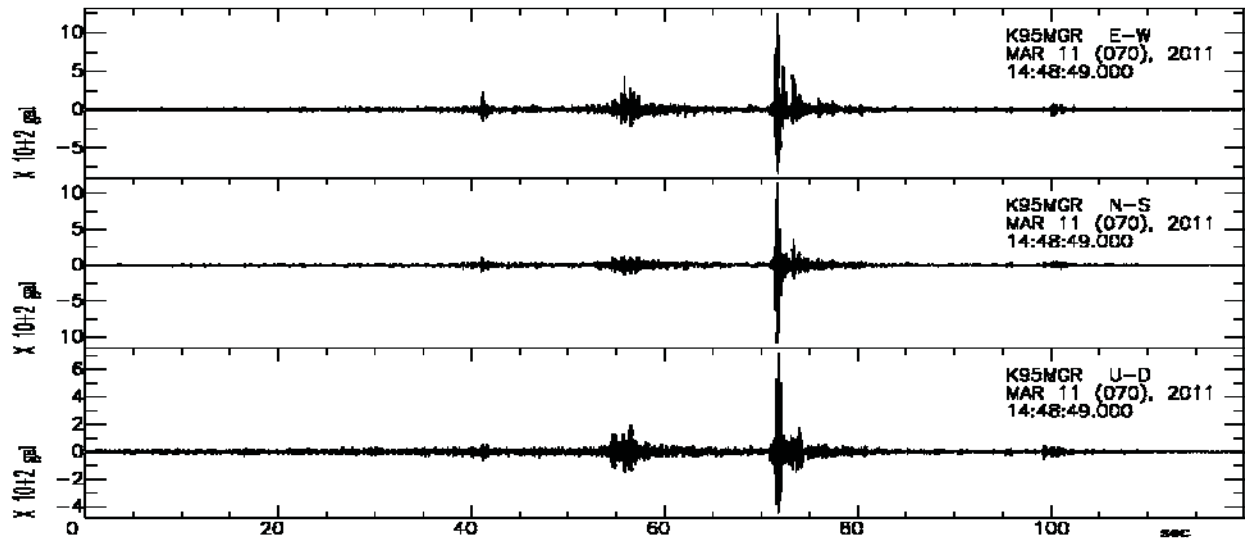
第2図 MT図。マグニチュードは温地研による。

Fig. 2 Magnitude-Time diagram for earthquakes shown in Fig. 1. Magnitudes are determined by HSRI.



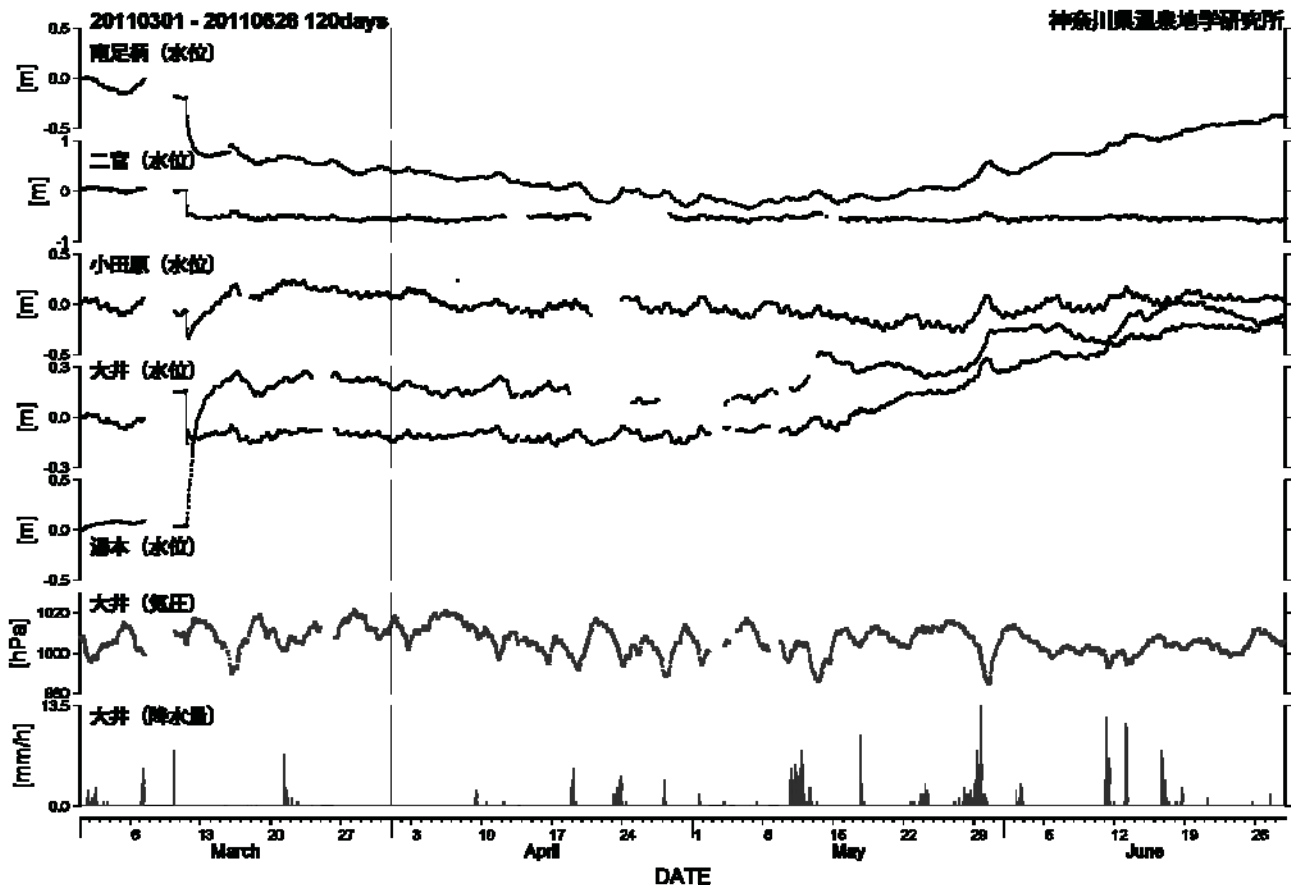
第3図 上：1日毎の地震発生数及び積算回数  
 下：深さとマグニチュードの時間変化

Fig. 3 Upper: Daily number and cumulative number of earthquakes.  
 Lower: Temporal change in the focal depth and magnitude.



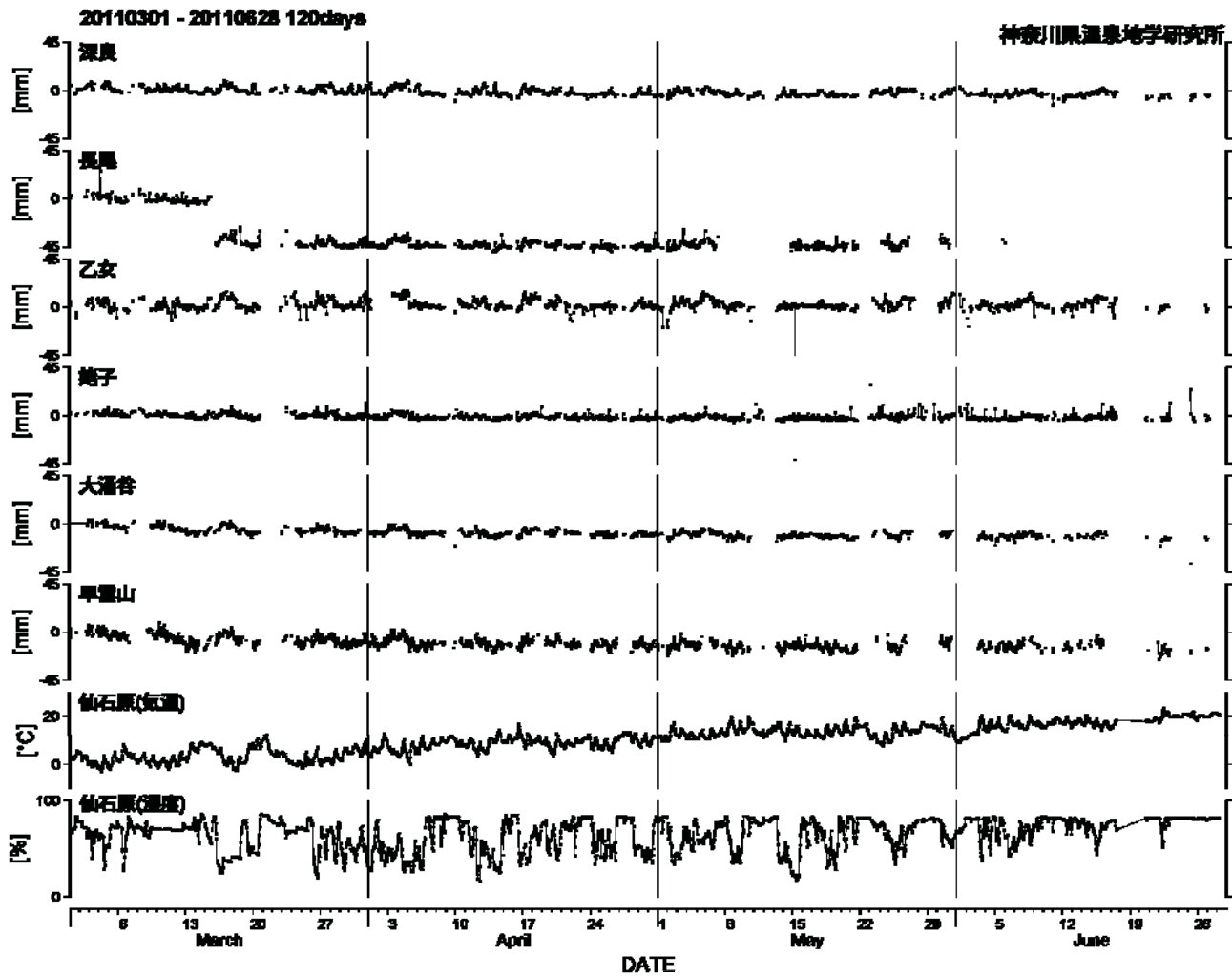
第 4 図 表面波によってトリガーされたと考えられる地震の加速度波形

Fig. 4 Acceleration seismogram at Goura. Small earthquakes triggered by surface wave are recognized.



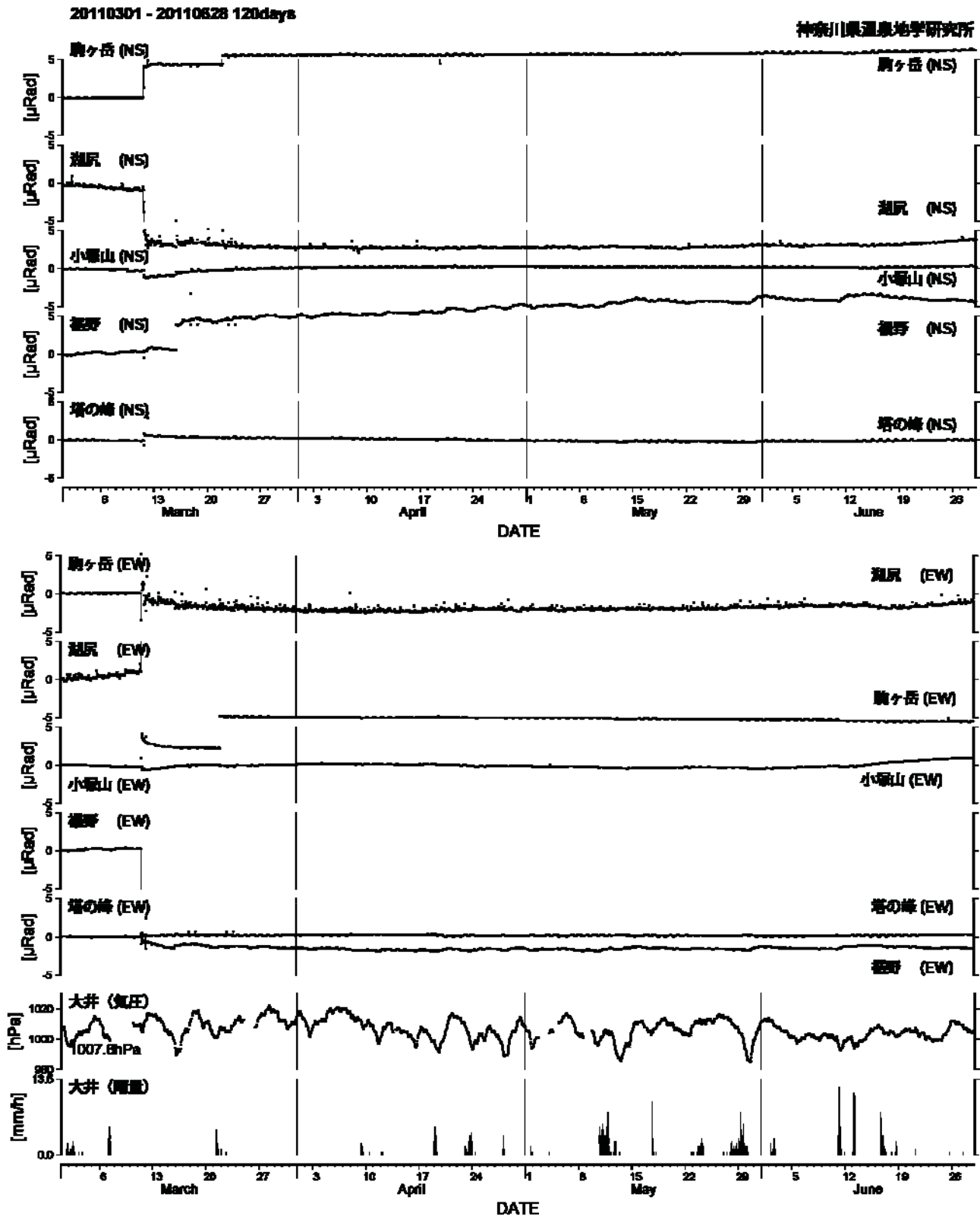
第 5 図 地下水観測データ

Fig. 5 Time variation of ground water level. Lower two graphs indicate change in atmospheric pressure and daily precipitation.



第6図 光波観測データ（箱根観測網）

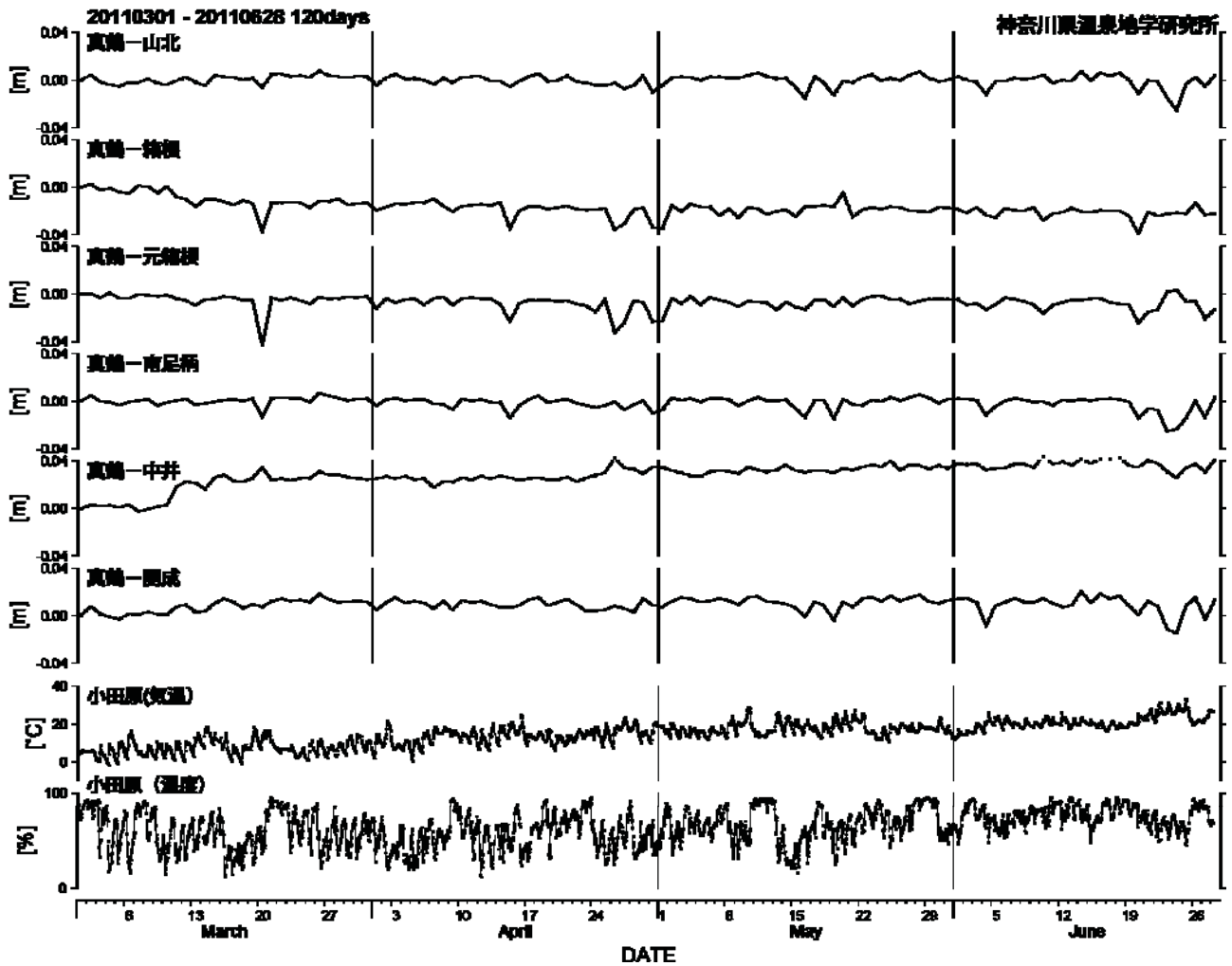
Fig. 6 Time variation of baseline lengths obtained by EDM (Electric Distance Measurement) in the Hakone volcano.



第 7 図 傾斜観測データ（南北・東西成分）および大井観測点での気圧と雨量

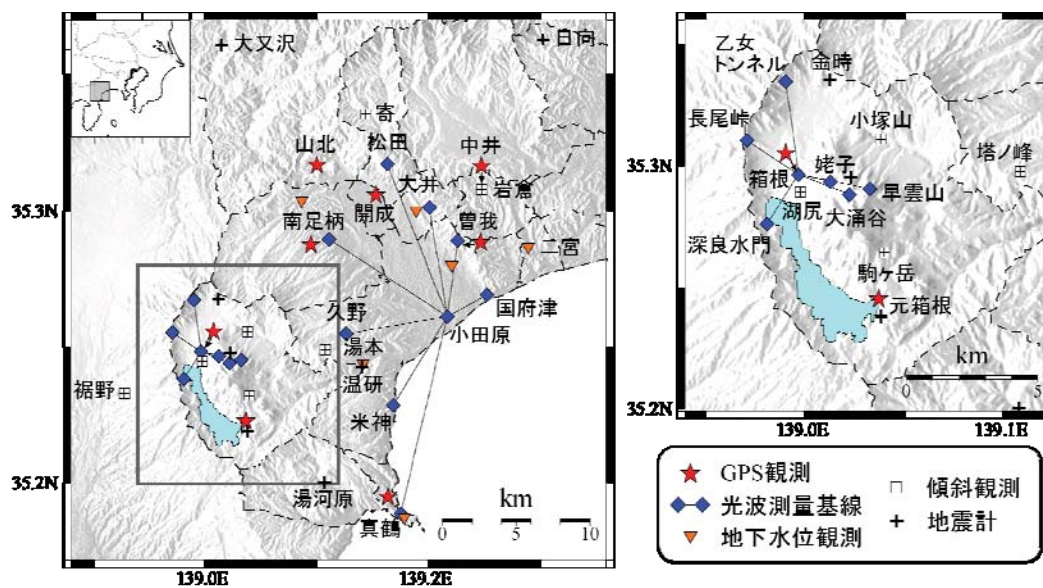
Fig. 7 Hourly plots of tilt change for 120 days (from Mar. 1 to June 28). Lower two graphs indicate change in atmospheric pressure and daily precipitation at Oi station.





第 8 図 GPS 観測データ (基線長)

Fig.8 Time variation of baseline lengths. Lower two plots show change in temperature and humidity.



第 9 図 観測点分布図

Fig. 9 Location map of stations developed by HSRI.