

伊東沖海底噴火前後の伊豆半島の特徴的上下変動

石井 紘

東京大学地震研究所

(1991年12月27日受理)

Characteristic Vertical Movements on the Izu Peninsula before and after the Submarine Volcanic Eruption off Ito

Hiroshi ISHII

Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

(Received December 27, 1991)

Abstract

Anomalous uplift continues at the eastern part of the Izu peninsula. Temporal and spatial variations from 1980 to 1988 were studied in detail by ISHII (1989). In 1989 a submarine volcanic eruption occurred off the east coast of the uplift area. Vertical movements from 1980 to 1990 were studied by focusing on variation before and after the eruption.

Maximum uplift during the analyzed period reach 24 cm. It is found that after acceleration of the uplift from 1987 and more acceleration at points close to the erupted point before a eruption, a submarine eruption occurred on July 13, 1989. Variation of one year vertical displacement indicates that after it became higher and then lower before the eruption, the eruption happened. An earthquake swarm occurs when the uplift peak is located at the east coast (Futo area) and does not occur when it is located elsewhere.

1. はじめに

伊豆半島 (Fig. 1) は関東の内陸部の下において太平洋プレートと衝突している沈み込むフィリピン海プレート上にあるため活発な地殻活動が継続しており、多様な地殻活動が報告されている (月刊地球, 1980, 1991, JPE, 1991)。1980年からは伊豆半島の東部隆起域では毎年、西部では2年ごとに測量が実施されており、それ以前と比較して時間変化の議論が可能になった。上下変動に関しては東部において隆起が継続しており1988年までの変動に関しては詳細に石井 (1989) (今後、前論文と記す) により報告されている。その後1990年までの測定結果が国土地理院により報告 (1990, 1991) されているので、その結果も含めて解析し、前論文による結果と合わせて1980~1990の伊豆半島の上下変動について調べた。特に1989年7月13日には伊東沖海底噴火が発生しているので、噴火前後に注目して特徴的な上下変動についても検討した。水準測量による観測データから時間的・空間的変動を調べる解析方法については前論文に述べられている。1988年までの解析に用いたデータは国土地理院による報告 (国土地理院, 1983, 1984,

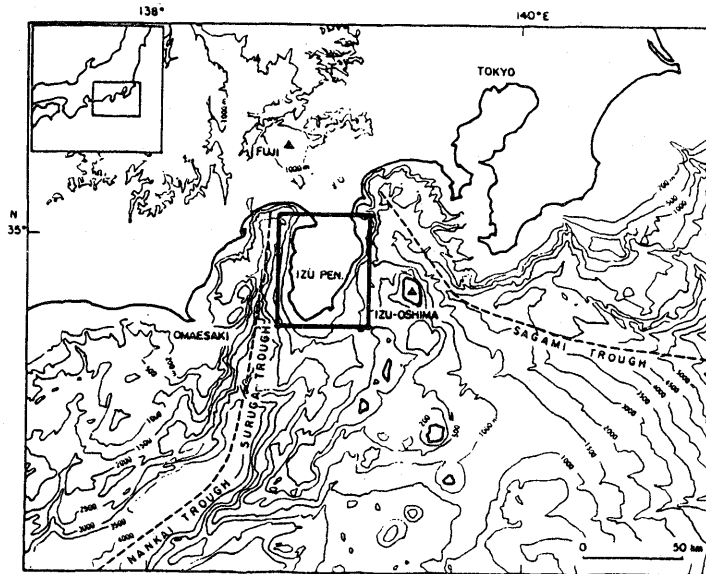


Fig. 1. Location of the Izu Peninsula.

1986, 1987, 1988, 1989) を用いている。

2. 積算された上下変動

伊豆半島の水準路線は Fig. 2 に示されている。海底噴火の発生した地点が星印で示されている。前論文と同じ解析法で計算された 1980 年 8 月を基準にした 1 年毎の上下変動の積算値のコンターが Fig. 3 に示されている。コンターは 1988 年までは 10mm 単位で実線と点線を交互に引いてあり、その後は 20mm 単位の実線で引いてある。赤色と紫色を分けているコンターが上下変動 0 で赤黄系統が隆起、紫青系統が沈降である。東部の隆起域では隆起が年々進行し 1990 年 6 月で 24cm に達している。1982 年頃には隆起の目玉が内陸にあったが 1983 年頃から海岸の富戸付近に移動していることは前論文でも指摘している。積算された隆起の目玉は 10 年間で東海岸の富戸付近に定着している。ピーク値は年 10mm~30mm 程度の増加であるが 1987 年から 1988 年と 1988 年から 1989 年は年に 40mm の増加となり隆起の進行が非常に速いことが注目される。'80.6~'89.6 の図における 1989 年 6 月の水準測量は伊東沖海底噴火前の測量である。'80.8~'90.6 は海底噴火をまたいだ観測結果であり積算値のピークでは 1 年間に 30mm 増加となっている。しかし次節で述べるように噴火にともなった隆起は最大で 8cm 程度と大きな値であるが積算値のピークよりも北に位置しているため、ここには積算値に埋もれて出現していない。水準路線は Fig. 2 にみられるように東部の隆起域に関しては密に通っているが内陸部の沈降域に関してはそれほど密ではない。したがって内陸部の沈降の目玉に関しては存在するかどうか明らかではないが、西海岸には路線が通っているので西海岸沿いの沈降は実際の変動と考えられる。Fig. 3 から時間の経過とともに隆起域と沈降域を分けるゼロラインが固定し、隆起域の範囲が明らかになっている。隆起のピークは東側に位置しているが海域の隆起域がどこまで及んでいるかは明白でない。

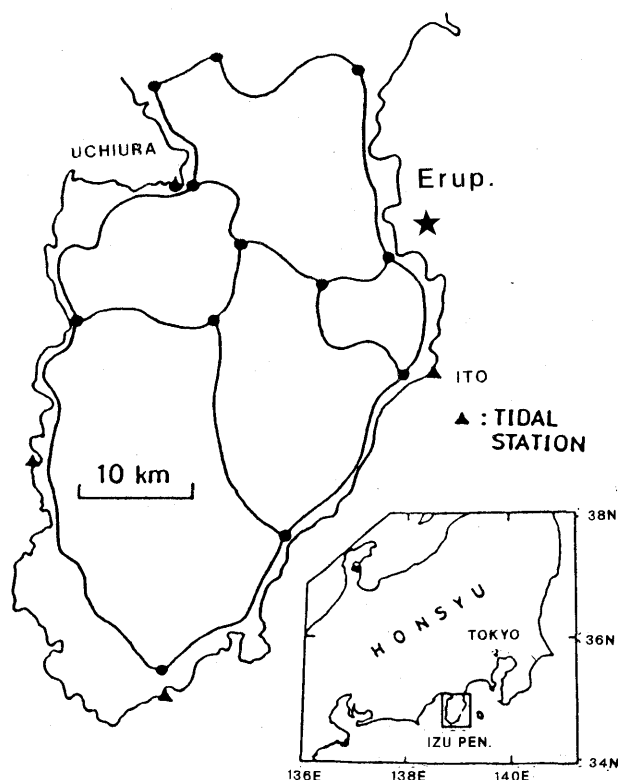


Fig. 2. Leveling route on the Izu Peninsula and location of submarine volcanic eruption.

3. 隆起海岸沿いの時空間変化

隆起のピークが東海岸付近にあるので、海岸沿いの上下変動の時間・空間変動に注目して述べる。Fig. 4 は海岸沿いの上下変動の時間・空間変動を示している。図中の上の図は1980年からの2年ごとの地点の変化を示している。海岸沿いの隆起の空間変化が明らかである。隆起のピークはNo. 9の位置にある。隆起のピークのNo. 9は2年間で約4cm程度の隆起を継続している。1988年から1990年は約7cm程度とほかの期間より大きな変動を示している。また隆起のピークはNo. 9であるがこの期間はほかの期間と比較してNo. 8やNo. 7が大きな変化を示し、空間的なパターンが異なっているのが明らかである。これは海底噴火にともなった変動を含んでいるためである。国土地理院(1990)によると定常的な水準測量を1989年6月に実施した。その結果、伊東市から伊東験潮場にかけて1年間で4cmを越える異常な隆起を観測した。そこで伊東市付近の緊急測量を実施し、得られた結果がFig. 5に示されている(国土地理院, 1990)。図中の日付けは観測した期間を示している。8cmを超える異常隆起が観測された。したがってここで解析した期間、1989年6月から1990年6月の変動の大部分は噴火直前に起こったものであり、直後の地理院の観測でもそれが示されている。大きな変動はかなり局所的であり、ここで行なった関数近似の次数では若干平滑化されて前述したように7cm

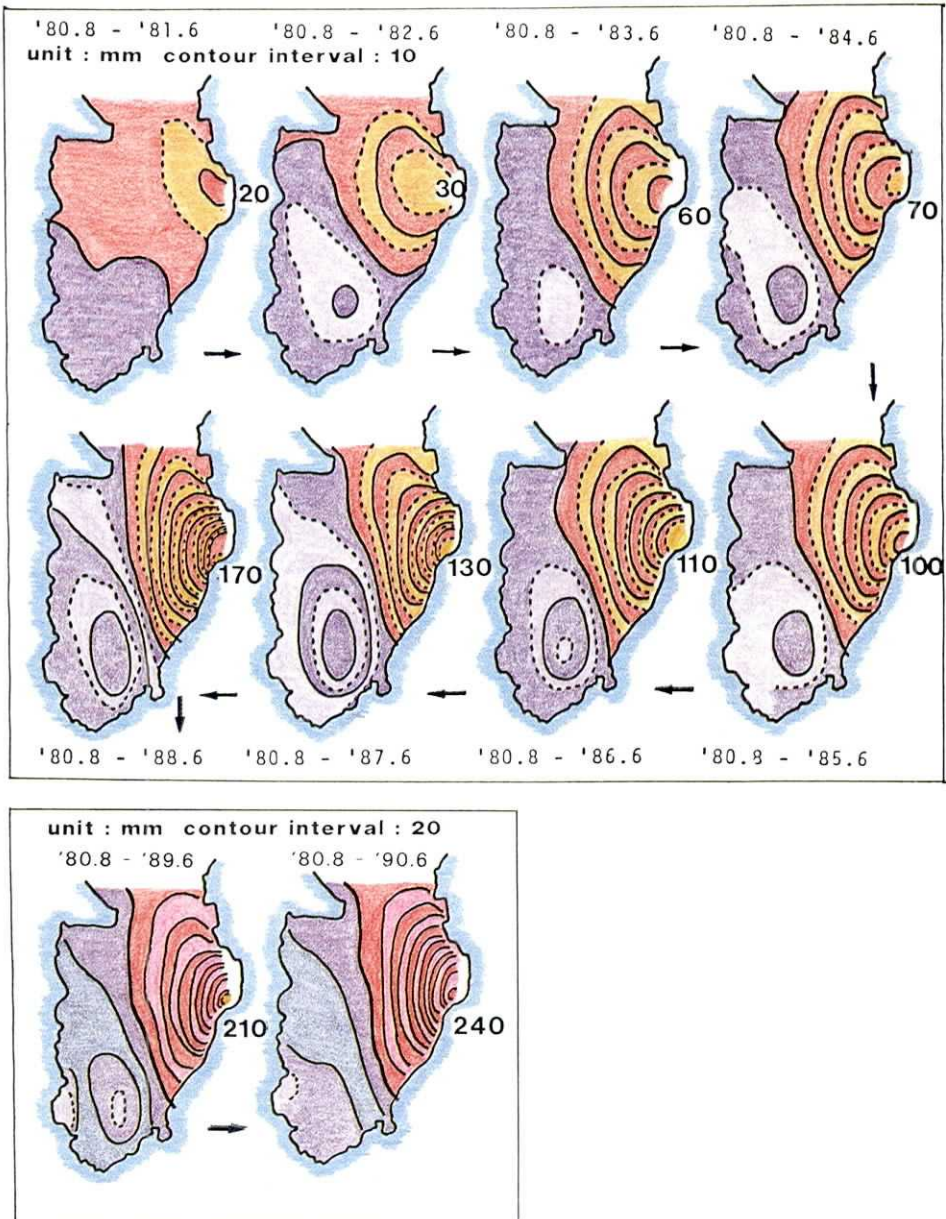


Fig. 3. Accumulated vertical displacements from 1980. The solid line between red color (uplift) and purple color (subduction) is the zero line. Both solid and dotted lines indicate 10mm contour intervals for the periods from '80.8 to '88.6, and solid lines indicate the 20mm contour sine '88.6.

程度になっている。

Fig. 4 の右図は各地点の変動の時間変化を示している。No. 8 と 9 付近が変化の大きな地点に見える。前論文で指摘していることであるが、1987年6月頃から変動の様子がほとんど全点で急に变化している。これは噴火に至る前兆的上下変動とも見られる。前

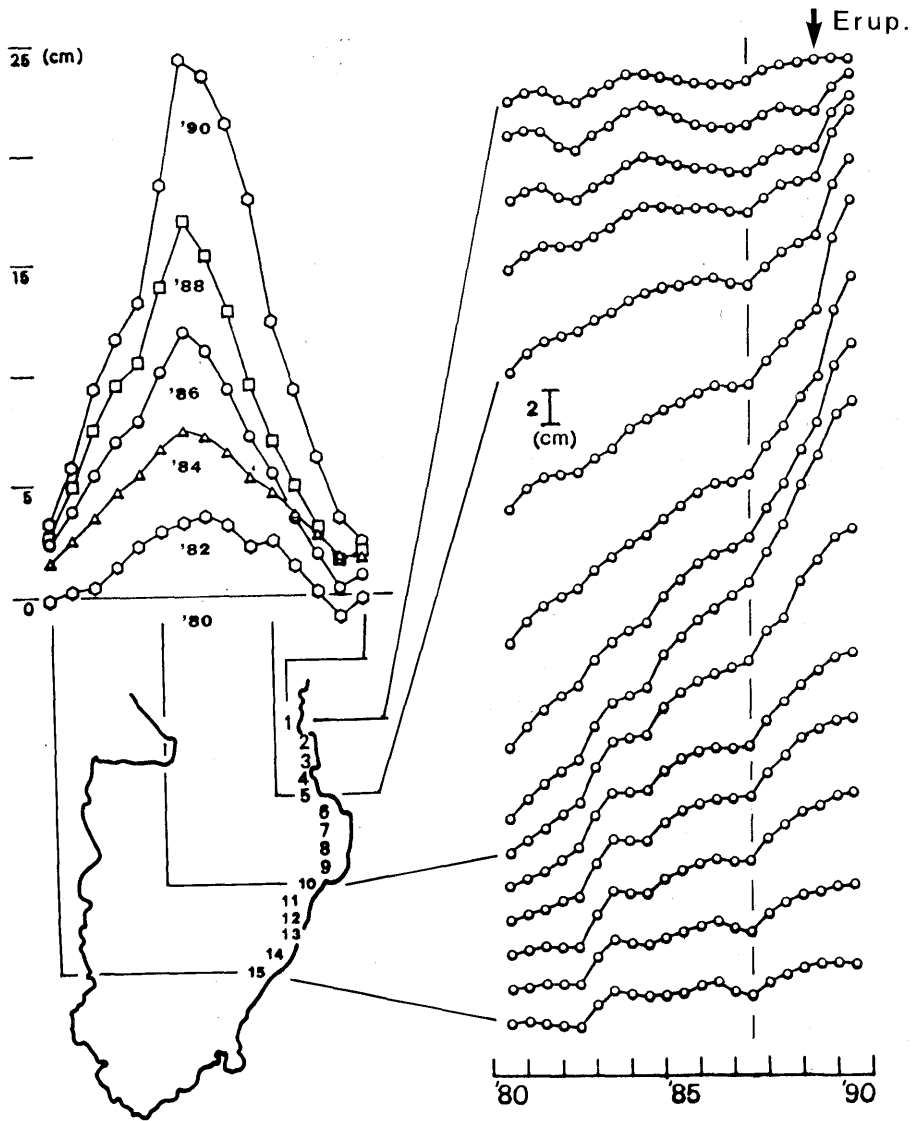


Fig. 4. Spatial and temporal variation of vertical displacements along the east coast of the Izu Peninsula from 1980 to 1990.

兆的上下変動については後の「1年間の上下変動の時間変化」の節でも議論する。1989年のプロットは噴火前の測定によるもので噴火の影響を含んでいないが噴火直前の大きな変化を含んだその後の変化はNo. 2からNo. 9において明らかで上下変動が加速している。1989年から1990年始めにかけての加速のほとんどは噴火直前に生じたものである。

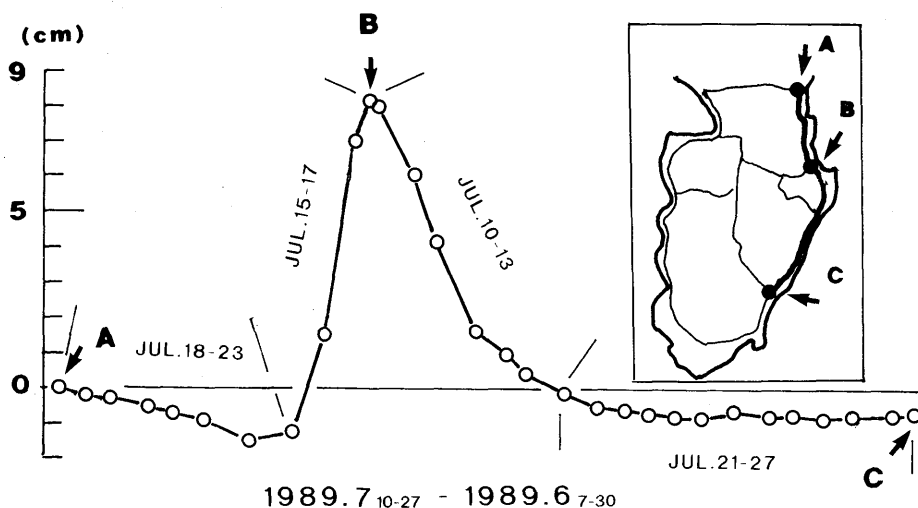


Fig. 5. Vertical displacements along the east coast of the Izu Peninsula just before the submarine eruption (after G.S.I., 1990).

4. 隆起域の時間変化

次に隆起域の時間変化について考察する。Fig. 6は1980年からの1年間の上下変動の時間変化を半年ごとにシフトして矢印で時間の進行を示している。前論文に述べたように1982年6月までに内陸にあった隆起のピークが1983年になると海岸の富戸付近に移動しているのが見られる。そのほかの1988年6月までの特徴については前論文を参照されたい。1988年1月から1990年6月までの4個のコンター図が新たに加えられたものである。最初の2個の図すなわち1989年6月までは伊東沖噴火の時点を含んでいないが後の2個すなわち1989年1月から1990年6月までの図は噴火の影響を含んだ図である。

噴火前の上下変動について見ると1986年1月から1987年6月の期間は伊豆半島全域に沈降域が広がった期間である。その後、東海岸の富戸付近に隆起のピークをもった隆起域が広がり、隆起のコンターのピーク値も30, 35, 40, 40mmとほかの期間と比較しても大きな隆起量を示している。伊東沖の噴火を含んだ期間1989年1月から1990年6月は東側の隆起域はやや狭くなっており、コンターの間隔も狭くなっているのが特徴的である。隆起のコンターのピーク値は50, 60mmと噴火にともなって非常に大きな値を示している。'89.6から'90.6の変動の大部分は前節で述べたように噴火直前に起こったものである。また噴火にともなってピーク的位置はそれまでの位置より北側に生じているのが特徴的である。

コンターのピーク値の時間変化を示したのがFig. 7である。1989年7月の噴火前にピーク値は増加し一定状態に落ち着いてから噴火し、それにともなってピーク値が更に増加した。

5. 伊豆半島東方沖群発地震との関連

1974年以来伊豆半島では群発地震が盛衰を繰り返しながら繰り返し発生している。

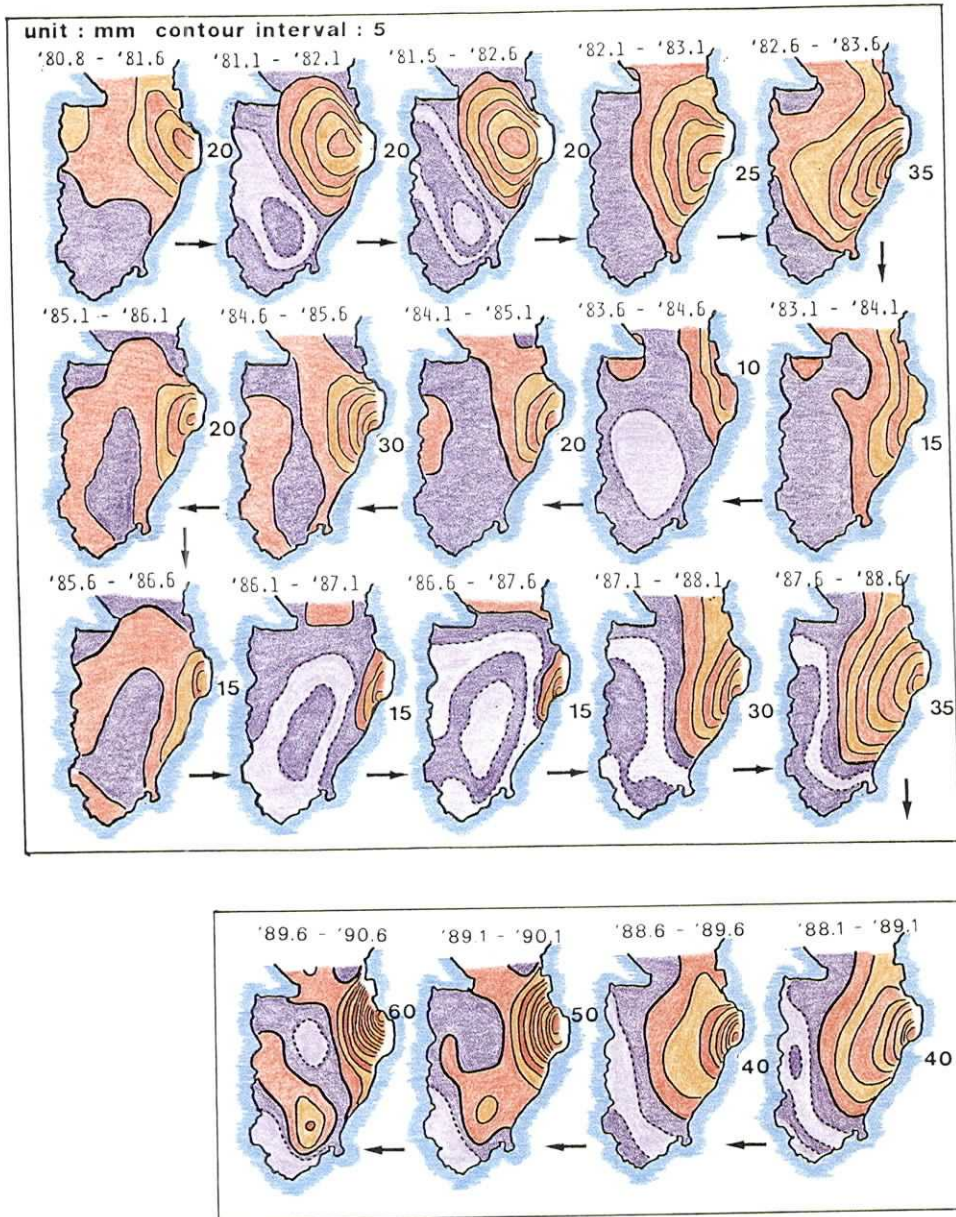


Fig. 6. Yearly vertical displacements shown for every half year. The solid line between red color (uplift) and purple color (subsidence) is the zero line. Both solid and dotted lines indicate 5 mm contour intervals.

1988年までの群発地震発生と隆起の関連については前論文において議論している。その結果を要約すると、「群発地震は隆起のピークが東海岸の富戸付近に位置するときに発生する」という結果であった。その後2年間のデータが加わり上記の結論は変わらないかどうかについてここで調べる。Table 1 は気象庁(1992)の資料に基づいて作成した

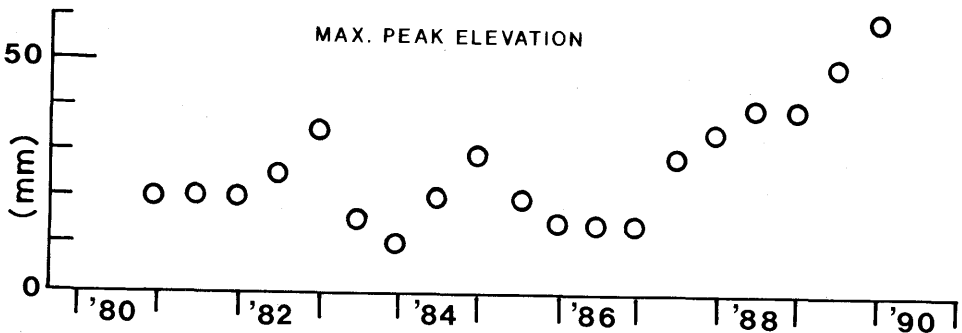


Fig. 7. Time variation of uplift peak value.

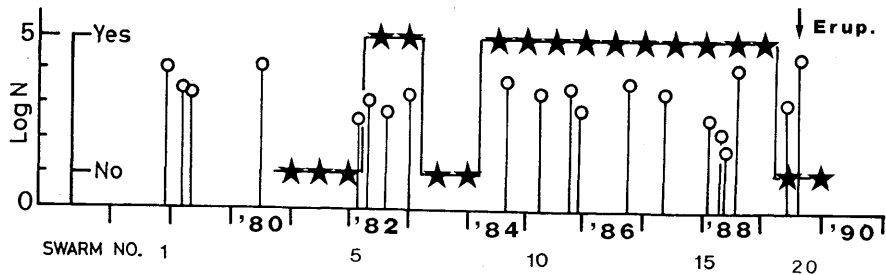


Fig. 8. Relationship between the peak position of uplift and occurrence of swarm earthquakes. Logarithms of total number of earthquakes for a swarm are plotted by open circles. When a peak of uplift is located at the east coast near Futo area, a star is plotted at "Yes" level, in other cases, at "No" level by referring to Fig. 6.

1978年以後の群発地震のリストである。No. 19と20が前論文以降追加された群発地震である。No. 20の群発地震の期間には伊東沖海底噴火が発生している。

Fig. 8は前論文の11図に対応するもので、その後の2年間のデータが付加されている。隆起域の時間変化で見たように(Fig. 6)隆起のピークの位置は時の経過とともに変化している。前論文と同様に、Fig. 8には隆起のピークが東海岸の富戸付近にある時期をYesとし、富戸付近にない時期をNoとして星印をプロットしてある。最後の4個の星印が今回追加されたものである。また図にはTable 1から群発地震の発生時期に発生個数の対数も丸印でプロットしてある。図を見ると最後から2番目の星印のプロットすなわち1989年の1個のプロットが「群発地震は隆起のピークが東海岸の富戸付近に位置するときに発生する」という前論文での結果と異なっているように見える。しかしながら矢印で記したようにこの時期には伊東沖の海底噴火が発生している。噴火によりマグマが外部にでたため地球内部の平衡状態が崩れたことを考慮すると、それまでの群発地震とは異なる発生の場になったと解釈することができる。このように解釈すると前論文の結果はここでも成り立つと結論できる。

6. 1年間の上下変動の時間変化

隆起域の海岸に沿った点の噴火前後における1年間の上下変動に注目してみる。

Table 1. List of 20 earthquake swarms occurring off the eastern Izu Peninsula from 1978 to 1990 (compiled from J. M. A, 1992).

Swarm No.	Maximum Magnitude	Total Eq. Number	Period	Duration (day)	Eq. Number per a day
1	5.4	11419	'78 '80 11/23~ 1/31	70	163.1
2	3.1	2694	'79 3/13~ 4/30	49	54.9
3	3.8	>2060	'79 5/18~ 6/30	44	46.8
4	6.7	>14326	'80 6/23~10/10	110	130.2
5	2.2	396	'82 3/10~ 3/31	22	18.0
6	2.7	>1283	'82 5/7 ~ 5/20	14	91.6
7	3.9	667	'82 9/7 ~ 9/11	5	133.4
8	4.5	2166	'83 1/14~ 1/31	18	120.3
9	4.5	6048	'84 8/30~10/31	63	96.0
10	3.1	2748	'85 3/16~ 5/10	56	49.0
11	3.8	4199	'85 10/13~11/10	29	144.8
12	3.2	972	'85 '86 12/17~ 1/5	20	48.6
13	4.6	6176	'86 10/10~10/29	20	308.8
14	5.0	2633	'87 5/6 ~ 6/4	30	87.8
15	4.7	534	'88 2/14~ 2/23	10	53.4
16	2.6	200	'88 4/25~ 4/30	6	33.3
17	3.2	77	'88 5/31~ 6/4	5	15.4
18	5.2	16988	'88 7/26~ 8/25	31	548.0
19	2.4	1217	'89 5/21~ 6/12	23	52.9
20*	5.5	25097	'89 6/30~ 9/28	91	275.8

* 海底火山噴火を含む。

Fig. 9 は Fig. 4 において番号を付けた海岸沿いの噴火地点に近い No. 3 から隆起のピーク近い No. 9 までの点における 1 年間の上下変動の時間変化をプロットしたものである。各時点におけるプロットはその時点から 1 年間の変動量をプロットしたものである。1986 年 6 月から変動の様子が大きく変化している。これは第 3 節において指摘した「1987 年 6 月頃から変動の様子がほとんど全点で急に变化している」ことに対応している。特徴的な変動は 1986 年 6 月から隆起が加速して停滞した後噴火に至っているとい

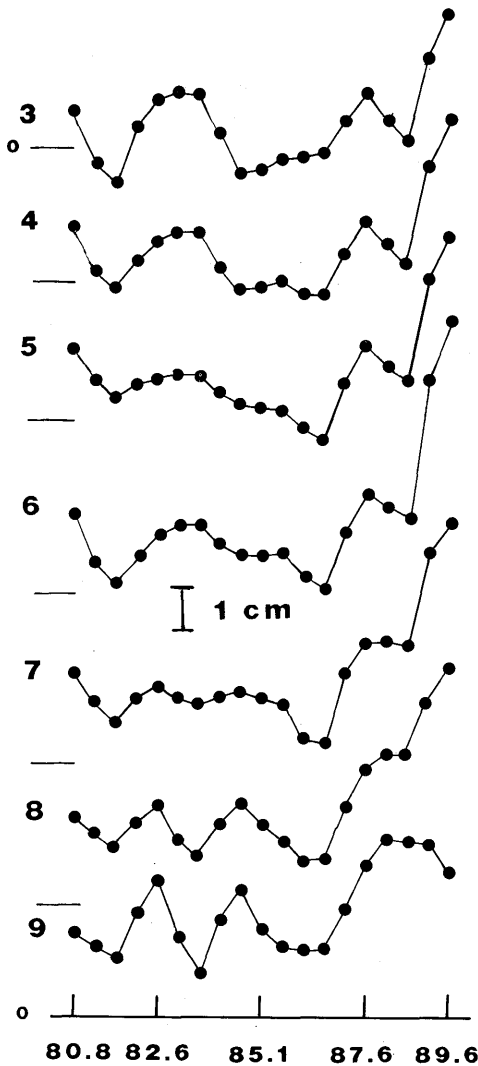


Fig. 9. Variation of one year vertical movements at several points along the east coast indicated in Fig. 4.

うことである。停滞した後の急激な変動は前に述べたようにほとんど噴火直前に発生したものである。このような変化は特徴的であり海底噴火にいたる典型的な噴火前後の変動であるのかもしれない。

7. まとめ

伊豆半島の異常隆起の時間的・空間的变化について1980年から1988年まで石井(1989)に報告されているが、同様の解析法を適用し、その後1990年までのデータを加えて調べた。特にこの期間は1989年7月13日に伊東沖の海底噴火が起こっており、前後の上下変動についても注目して調べた。得られた主な結果は以下のようにまとめられる。

1. 異常隆起の時間的・空間的変動および隆起域の範囲などが明らかになった。
2. 積算された隆起のピークは解析期間の10年間で24cmに達した。
3. 隆起のピークの位置は解析期間の始めには内陸にあったが、その後、東側の海岸の富戸付近に移動して固定し、1989年7月の海底噴火後は富戸より10km北の伊東付近に位置した。
4. 東海岸の隆起域の時間変化は一樣ではなく時間的に変動しているが、1987年から全点で加速し、海底噴火直前には噴火地点に近いと

ころのみさらに加速した。

5. 1年間の上下変動の時間変化を見ると噴火地点に近いところでは1987年頃から加速し、その後停滞し、噴火直前に加速して噴火に至るといった典型的なパターンを示した。
6. 1986年1月から1987年6月まで沈降域が伊豆半島全域に広がり、その後東海岸の富戸付近に大きなピークをもつ隆起域が広がった後、海底噴火に至った。
7. 1978年から伊豆半島東方沖に発生した群発地震は20回であるが、解析した期間の範囲では隆起のピークが東側の海岸の富戸付近にあるときに発生している。

謝 辞

松本滋夫氏には図の作成に関して有益なサジェッションとともにいろいろ協力していただきました。平井正代氏には図の作成を手伝っていただきました。記して感謝いたします。また有益なコメントをして頂いた地震研究所のレフェリーの方にも謝意を表します。

文 献

- 月刊地球特集号, 1980, 伊豆半島のテクトニクス, 海洋出版, 14, pp. 168
 月刊地球特集号, 1991, 最近の伊豆半島の地殻活動, 海洋出版, 140, pp. 153
 石井 紘, 1989, 最近の伊豆半島の隆起 (1980~1988), 地震研究所彙報, **64**, 313-324.
 国土地理院, 1978, 伊豆半島における地殻変動, 地震予知連絡会会報, **20**, 92-99.
 国土地理院, 1983, 伊豆半島の地殻変動, 地震予知連絡会会報, **29**, 147-167.
 国土地理院, 1984, 伊豆半島の地殻変動, 地震予知連絡会会報, **31**, 229-245.
 国土地理院, 1986, 伊豆半島の地殻変動, 地震予知連絡会会報, **35**, 235-248.
 国土地理院, 1987, 伊豆地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, **37**, 224-242.
 国土地理院, 1988, 伊豆地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, **39**, 194-206.
 国土地理院, 1989, 伊豆地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, **41**, 283-302.
 国土地理院, 1990, 伊豆半島の地殻変動, 地震予知連絡会会報, **43**, 227-252.
 国土地理院, 1991, 伊豆半島及びその周辺の地殻変動, 地震予知連絡会会報, **45**, 227-253.
 気象庁地震予知情報課, 1992, 伊豆半島およびその周辺の地震活動 (1991年5月~10月), 地震予知連絡会会報, **47**, 184-189.
 Special Issue, 1991, Seismic and Volcanic Activity in and around the Izu peninsula and its tectonic implications. *J. Phys. Earth*, **39**, 460.

要 旨

伊豆半島の隆起の時間・空間変動について1980年から1988年まで石井 (1989) に報告されているが, 同様の解析法を適用し, その後1990年までのデータを加えて時間的・空間的な特徴について調べた。特にこの期間は1989年7月13日に伊東沖の海底噴火が起こっており, 前後の上下変動についても注目して調べた。

積算隆起量の最大値は10年間で24cmに達した。隆起のピークの位置は解析期間の始めには内陸にあったが, その後, 東側の海岸の富戸付近に移動して固定し, 1989年7月の海底噴火後は富戸より10km北の伊東付近に位置した。東海岸の隆起域における隆起の時間変化は一様ではなく時間的に変動しているが, 1987年頃から全点で加速し, 海底噴火直前に噴火点に近いところのみさらに加速した。また噴火地点に近い海岸沿いの点における1年間の隆起量の時間変化を見ると噴火前に以前より大きくなり, その後停滞して噴火に至るといったパターンを示した。解析期間中発生した群発地震は隆起のコンターのピークが東側の海岸の富戸付近にあるときに発生している。