

# 伊豆半島東方沖に発生する地震の発震機構

— 1980年8月～1981年5月 —

井元政二郎\*

国立防災科学技術センター

## Focal Mechanisms of Micro Earthquakes off the East Coast of Izu Peninsula, Japan, from August 1980 to May 1981.

By

Masajiro Imoto

*National Research Center for Disaster Prevention, Japan*

### Abstract

Focal mechanisms of 18 micro earthquakes, which occurred off the east coast of Izu Peninsula during the period from August 1980 to May 1981, are studied in relation to the seismicity change in this region. Azimuth of the tension axis for strike-slip type earthquakes distributes in the direction between N and NE. Earthquakes with the tension axis striking between NNE and NE seem to be located linearly in NNW trend. On the other hand, two earthquakes with nearly N-S tension axis are located in the north-western part of the source area. Both the shocks took place in coincidence with increase of local seismicity in this region. These results are consistent with features of the swarm activity in this region from June to July, 1980, for example, linear distribution of earthquakes with NNE tension axis, occurrence of earthquakes with nearly N-S tension axis at the initial stage of the swarm activity, and so on.

### 1. はじめに

1980年の6月から7月にかけて、伊豆半島東岸の川奈崎沖に、マグニチュード6.7の地震を含む群発地震活動が発生した。この活動は、6月23日頃より極微小地震の頻発として始まり、次第に頻度・規模を増大し、29日16時20分の最大地震( $M = 6.7$ )の発生に至った。その後、活動は消長を繰返しながら衰退し、8月末には目立った活動は見られなくなった。気象庁によると6月23日から7月末まで(以下では、この期間を群発活動期と称する)に発生した $M_{JMA} \geq 3.0$ の地震数はおよそ200個である。

この活動については、既に多くの研究・報告がなされている。(例えば、大竹・他, 1980

---

\*第2研究部 地震活動研究室

;石田, 1980; 唐鎌・他, 1980; 1981). 井元・他(1981)は各機関における観測値を編集し, 発震機構について詳細に調査している. それによると, 最大地震はほぼ東-西および南-北走向でほぼ垂直な節面を持つ, 北西-南東圧縮のストライクスリップ型である. また, 他の地震に関してもこの型が多く, 主圧力軸は東-西ないし北西-南東方向である. 主圧力軸の方位分布には時間的変化があるかに見えるが, 詳細に見ると発生場所ごとに節面走向に系統的な差異が見られるため, この発震機構の時間的変化は, 活動域の移動に起因する見かけ上のものとしている. この研究は, 複数機関での多数の観測点(合計61点)記録に基づくもので, 高精度の震源決定(相対精度1 km程度)がなされているため, 上記の差異が明らかになったものである.

ここでは, 群発活動がほぼ終息した1980年8月から1981年5月 末までに, 伊豆半島東方沖に発生した地震の発震機構を調べる. この期間には, 群発活動期に見られた短時間の集中した地震発生も顕著なものはほとんどなくなり, ほぼ定常的な活動に戻っていると思われる. このような定常的な状態における発震機構を求め, 地震活動度との関係を明らかにしたい.

## 2. 資 料

調査期間中, 国立防災科学技術センターでは関東・東海地域の26地点において, 高感度地震計観測がなされており, 定常的にデータの処理・解析が行われている. これによると, 伊豆半島東岸沖に震源決定されたものはおよそ50個である. これらの地震について, 各観測点でのP波初動の押しきを読み取り, 発震機構決定に用いた.

また, この地域の地震活動を把握するために, 震源域の西方およそ20 kmにある中伊豆観測点(J I Z)における常時観測記録を用いて, 最大地動片振幅 $107\mu$  kine(記録上振幅2 mm)以上でS-P time 6秒以下のものについて計数を行った.

## 3. 震 源 分 布

震源は, P波到着時刻の読取り値に補正值を加え, 市川・望月(1971)の速度構造により再決定した. 補正值は, 井元・他(1981)で用いた値とした. 再決定された震央分布を図1に, 比較のために群発活動期の分布を図2(井元・他, 1981)に示す. 活動期の分布には, 北北西-南南東走向の震源配列が明瞭に見られるが, 今回の調査期間についてはそれほど明瞭でなく, かすかに認められる程度である. これは, 今回用いた観測点が26点であるのに対して, 群発活動期のそれが61点であり, 今回の方が震源決定精度の点で劣っているのも一因であろう. しかし, J I ZにおけるS-P time 頻度分布も活動期間の頻度分布に比べて大きく分散しており, 震源域そのものも広がっていると考えられる.

伊豆半島東方沖に発生する地震の発震機構 - 井元

AUGUST 1980 - MAY 1981

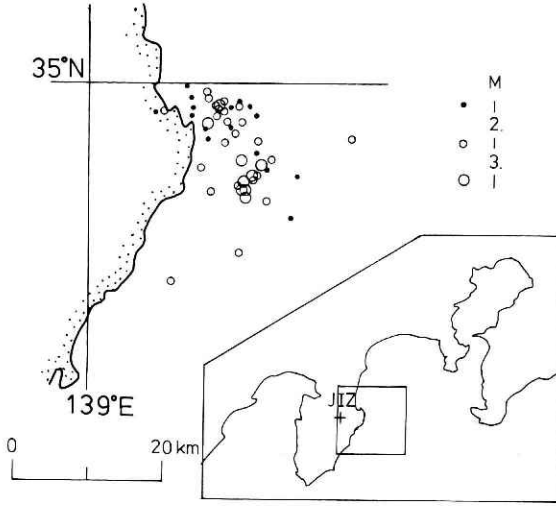


図1 1980年8月から1981年5月までに発生した地震の再決定された震央分布図。JIZは中伊豆観測点を示す。

Fig.1 Relocated epicenters for the period from August 1980 to May 1981. Nakaizu station is indicated by JIZ.

1980 JUNE 25 - JULY 28

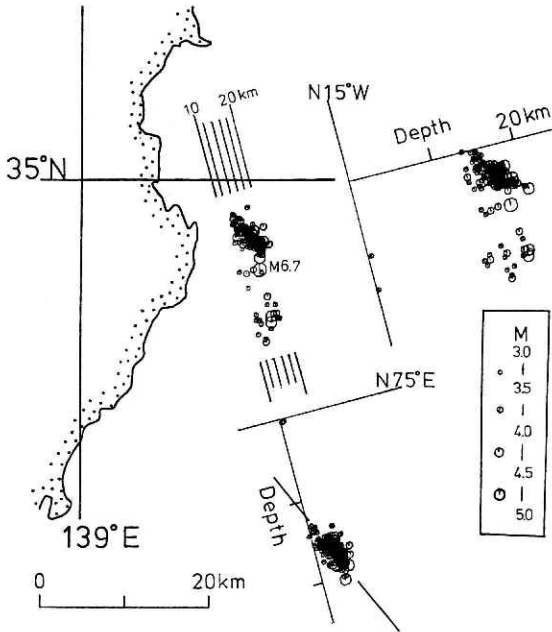


図2 1980年6月25日から7月31日における震源分布図(井元・他, 1981による)

Fig.2 Hypocenter distribution of earthquakes for the period from 25 June to 31 July, 1980 (after Imoto *et al.*, 1981)

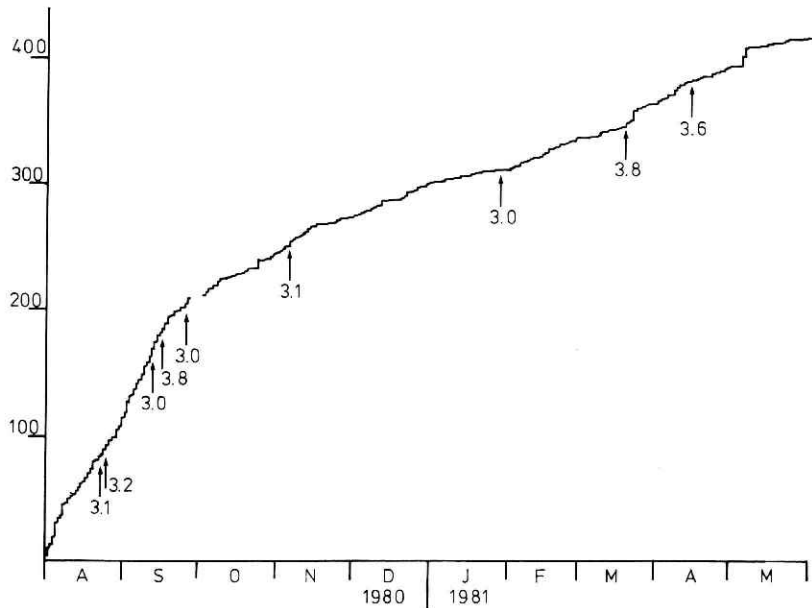


図3 中伊豆観測点においてS-P timeが6秒以下の地震の積算回数. 矢印はマグニチュードが3.0以上の地震を示す

Fig.3 Cumulative number of shocks of which S-P time is less than 6.0 second at JIZ. Arrows indicate larger shocks ( $M \geq 3.0$ )

#### 4. 地震発生数

JIZにおいて観測された、積算地震回数を図3に示す。図中、矢印は $M \geq 3.0$ （マグニチュードは震動継続時間、*F-time*、から決められた値を用いる。立川・石田、1981）の発生を示している。9月下旬を境にして、発生頻度が $\frac{1}{4}$ 程度に減少しているのが認められる。

#### 5. 発震機構

再決定された震源要素により、*P*波初動の押し・引きから発震機構を決定した。自由度の大きい解を除くために、10点以上の観測値が得られた地震のみを対象とした。18個の地震について、表1に示すような解が得られた。各々の地震の震源下半球投影図を付録に示す。

図4に、主張力軸方位の分布を示す。丸印は、主張力軸の水平面からの傾きが $30^\circ$ 以下でストライクスリップ型に近いものであり、四角印は $30^\circ$ 以上のものである。ここで主張力軸を基準としたのは、群発活動期の分布（図5）との比較の便のためであり、ストライクスリップ型の発震機構では、主張力軸で論じても主圧力軸で論じても大差はない。

図5によると群発活動期には、主張力軸方位は大部分が北ないし北東に分布している。今回の調査期間の結果も、ディップスリップ的なもの（図4の四角印）を除くと、大差はない。

伊豆半島東方沖に発生する地震の発震機構—井元

表1 震源要素と発震機構解. Pol 1, Pol 2, P, TおよびNは, 2枚の節面に垂直な軸, 主圧力軸, 主張力軸および中間応力軸を表わしている. AおよびDは各々の軸の方位角(北から時計回り)および傾斜角(鉛直下向きから)である

Table 1 Parameters of hypocenters and focal mechanism solutions. Pol 1, Pol 2, P, T and N mean the poles of two nodal planes and pressure, tension and null axes, respectively. A and D indicate azimuthal angle (clockwise from the north) and dip angle (from the downward direction), respectively.

No	Date Time (JST)					Hypocenter		Depth (km)	Mag	Pol 1		Pol 2		P		T		N		
	Y	M	D	H	M	S	Lat(N)			Lon(E)	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
1	1980	8	3	23	48	39.4	34.873	139.222	16.8	2.5	2	56	67	58	124	40	215	89	306	50
2		8	4	7	55	25.4	34.971	139.188	14.6	2.6	179	59	74	68	123	51	218	84	315	40
3		8	8	19	37	30.9	34.881	139.242	16.4	2.6	234	30	137	86	165	49	292	56	45	60
4		8	22	11	4	38.1	34.901	139.254	14.2	3.1	268	51	35	53	241	89	333	30	150	60
5		8	25	14	42	34.0	34.886	139.245	17.9	3.2	263	33	61	59	250	77	31	17	158	80
6		8	31	4	10	22.9	34.978	139.197	14.7	2.7	230	22	119	82	141	41	282	56	26	70
7		9	4	14	6	53.1	34.988	139.173	14.0	2.9	152	78	49	43	113	48	2	68	252	50
8		9	12	21	20	40.8	34.871	139.227	16.5	3.0	340	66	243	73	290	60	23	86	120	30
9		9	16	16	51	24.0	34.872	139.232	17.3	3.8	2	90	92	90	317	90	47	90	90	0
10		10	6	0	31	11.8	34.908	139.270	16.3	2.8	169	65	64	61	118	50	26	87	293	40
11		11	6	20	1	40.2	34.973	139.193	15.1	3.1	180	72	77	56	134	52	35	80	293	40
12		12	6	1	31	7.3	34.961	139.186	14.8	2.9	171	80	261	88	126	84	217	82	0	10
13	1981	2	2	20	4	22.4	34.906	139.225	18.4	3.0	165	63	60	63	112	50	22	90	293	40
14		2	23	3	45	8.9	34.758	139.122	17.2	2.6	191	79	95	62	147	63	51	79	300	30
15		2	27	13	57	33.0	34.962	139.200	15.5	2.8	286	87	17	80	62	85	331	81	180	10
16		3	8	21	17	32.5	34.947	139.224	18.1	2.5	143	30	47	87	75	49	201	55	315	60
17		3	19	15	55	51.9	34.947	139.179	16.3	3.8	129	90	219	90	84	90	174	90	90	0
18		4	14	5	55	55.7	34.878	139.232	17.4	3.6	193	80	103	88	148	81	238	85	0	10

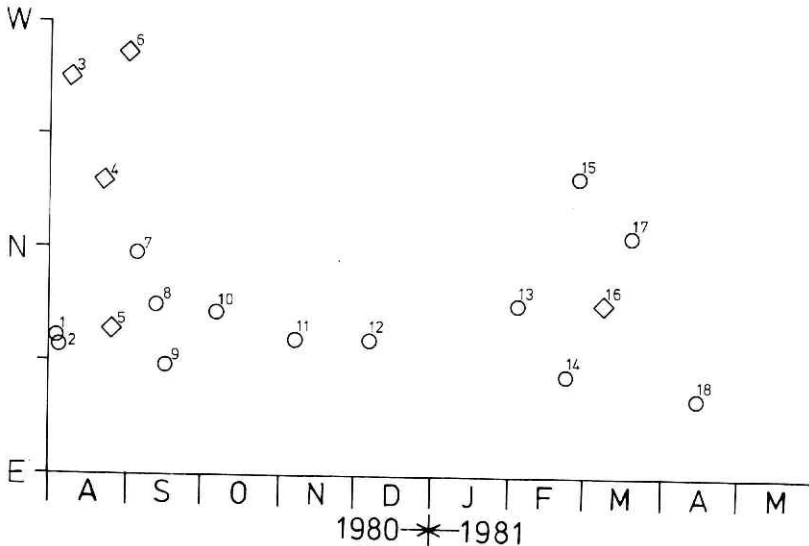


図4 主張力軸方位の分布. 丸印は, 主張力軸の水平面からの傾きが $30^\circ$ 以下のもの

Fig. 4 Azimuthal distribution of tension axes with time. A circle symbol indicates the shock whose dip angle of T axis is less than  $30^\circ$ .

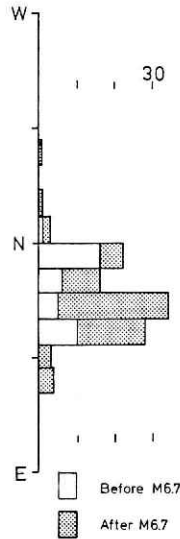
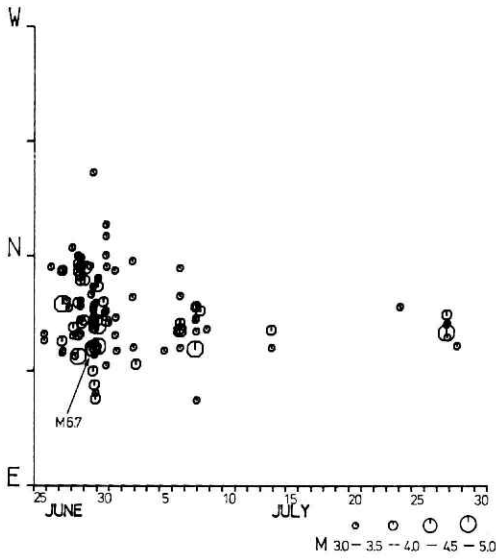


図5 1980年6月25日から7月30日における主張力軸方位の分布 (井元・他, 1981による)  
 Fig.5 Azimuthal distribution of T axis for the period from 25 June to 30 July, 1981 (after Imato et al., 1981).

活動期前半には、方位北近くに集中した活動が見られたが、今回の結果では、Nos. 7,17が北近くにある。これらについては、後に述べるが、ここでは主張力方位が北北東ないし北東の他の大多数の地震とは発震機構に差異があることだけを指摘しておく。

図6には、表1の地震の震央が示されている。四角印はディップスリップ的な発震機構解をもつ地震であり、白丸は主張力軸方位が北あるいは北西 (Nos. 7,15,17)で、黒丸は方位北北東ないし北東のストライクスリップ型の地震である。地震数が少ないので、震央位置と発震機構解との関係を明確にはできないが、特徴として、

i) 比較的大きい地震の震央分布には、北北西方向の配列が認められる。

ii) ディップスリップ的地震 (四角) は、震央がやや東寄りに位置する。

iii) 主張力軸方位が北あるいは北西の地震 (白丸) は、震源域の北西部に位置する。

等が挙げられる。これらは、活動期における特徴 (井元・他, 1981) と一致している。

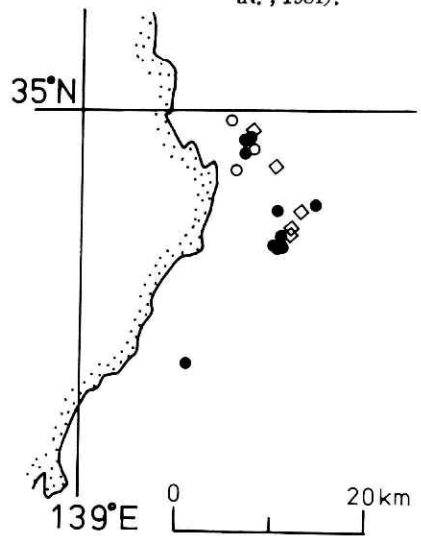


図6 表1に挙げた地震の震央分布図。四角印はディップスリップ的な地震。白丸と黒丸はストライクスリップ型地震で、主張力軸方位が各々、北北西から北あるいは北北東から北東方向となる場合である

Fig.6 Epicenters of the earthquakes in Table 1. A square symbol indicates dip-slip type. Open and closed circles indicate the earthquakes of strike-slip type with T axis striking between NNW and N and between NNE and NE, respectively.

6. 地震活動度と発震機構

地震活動度と発震機構（特に、方位北に主張力軸をもつ地震）との関係を調べるために、 $M_7$  と  $M_7$  を含む2つの期間、つまり1980年8月15日-9月23日(Case 1)と1981年3月6日-4月24日(Case 2)における地震発生数を図7に示す。棒グラフはJ I Zで計数された日別地震数で、矢印は表1に示した地震の発生を示している。折れ線は、先行する5日間(Case 1)あるいは10日間(Case 2)に発生した地震数で、中央の直線は各々の日数に応じた平均的な発生数を示す。また、破線は地震発生が定常かつランダムとの仮定の下に、上下10%を除く80%の確率で出現する地震発生数の範囲を示している。

**Case 1** 9月1日~9月19日において、活動は平均より活発である。Nos. 7, 8, 9の地震はこの活発な期間に発生しており、なかでも $M_7$ は比較的早い時期に発生している。先にも述べた様に、この $M_7$ は方位北に主張力軸（東西主圧力）をもつストライクスリップ型の地震である。また、図に示されるように、 $M_7$ の発生日の地震数は少なく、*S-P time* 分布からもこの地震の直接の余震活動として後日の地震数が増加したとは考えられない。 $M_8$ と9は方位北北東あるいは北東に主張力軸をもつ地震である。図3に示したように、この辺りを境にして、地震発生数の長期的傾向が変化している。

**Case 2**  $M_{17}$ は方位北に主張力軸をもつ地震であり、発生3日後に活動のやや活発な日が

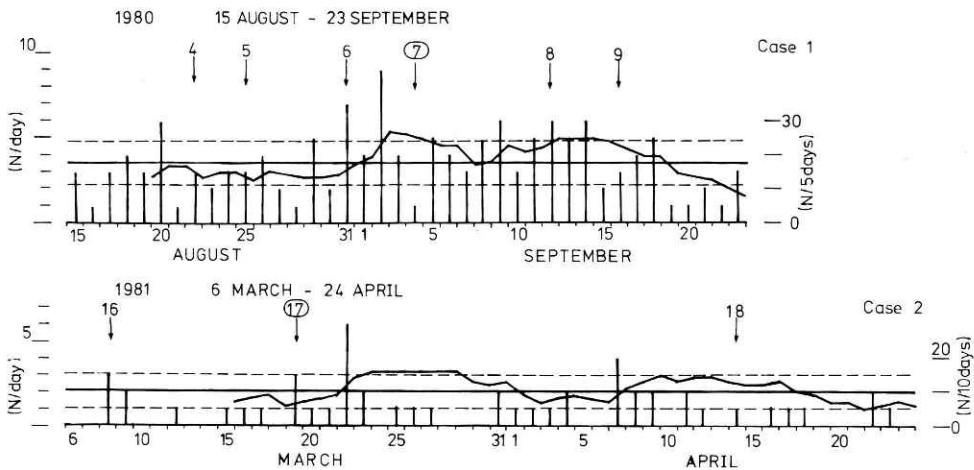


図7 2つの期間、1980年8月15日-9月23日と1981年3月6日-4月24日、における日別地震回数。折れ線は先行する5日間あるいは10日間に発生した地震数である。中央の直線および破線については本文参照

Fig. 7 Daily number of earthquakes for the period from 15 August to 23 September, 1980 (Case 1) and from 6 March to 24 April (Case 2). Folded lines show total number of shocks for the preceding 5 days (Case 1) or 10 days (Case 2). Solid and broken lines indicate mean value of frequency of shocks and 80 per cent fluctuation limits under the assumption of stationary random process of earthquake occurrence, respectively.

ある。この場合も、*S-Plume* に差があることから、余震活動が3日後に発先したと考えるには無理がある。M18は方位北東に主張力軸を持っているが、その発生前数日の方が発生後数日よりやや地震数が多いように見える。

以上2つの場合に共通して、南-北主張力の地震は地震活動の活発化する過程に発生していると言える。また、*S-Plume* の調査からは、その活発化する場所が必ずしも南-北主張力地震の震源近傍とは限らないと言える。これに対し、北東-南西主張力の地震は活動が静穏になる過程で発生しているように見える。

## 7. まとめ

本報告で得られた発震機構解は、6、7月の群発活動期に見られた特徴と同様に、i) 主張力軸の方位は北ないし北東に分布する、ii) 主張力軸方位を北北東ないし北東にもつ地震は北北西走向の配列を示す、iii) 主張力軸方位北の地震は震源域の北西部に位置する、等の傾向が見られる。

群発活動期の前半で頻発した、主張力軸方位が北のストライクスリップ型の地震は、調査期間中には2例見られた。この2例について、地震活動度の短期的変動(5~10日)を調べると、いずれも伊豆半島東方沖で活動が活発化する過程で発生しているように見える。この点についても、6、7月の活動期の特徴と調和している。このような発震機構の変化をもって、広域応力場の応力軸方位に変化があったとするには無理がある。伊豆半島においては、既存の弱線の影響により、地震から求めた応力の方向とテクトニックなそれとが大きくくい違っているとの考えもある(例えば、吉田、1980)。このような弱線あるいは他の物性的不均質の存在は地震発生の過程に種々の影響を与えるであろう。その結果、例えば次の様なことも考えられる。主張力軸北の地震が広域的応力の増加に敏感に反応し、応力増加過程の早い時期に発生する。ただ、この型の地震発生では、増加する応力の方向と解放するそれとが一致していないため、増加する応力を十分に解放できない。応力増加が進むに従い、他の場所でも地震は発生し地震活動が活発化する。地震活動による応力解放が応力増加量を打ち消すと活動は低下する。このように考えれば、先に述べた地震活動と発震機構との関係は説明し得る。しかしながら、応力増加に敏感に反応する機構については明らかでなく、今後の研究を待つこととしたい。

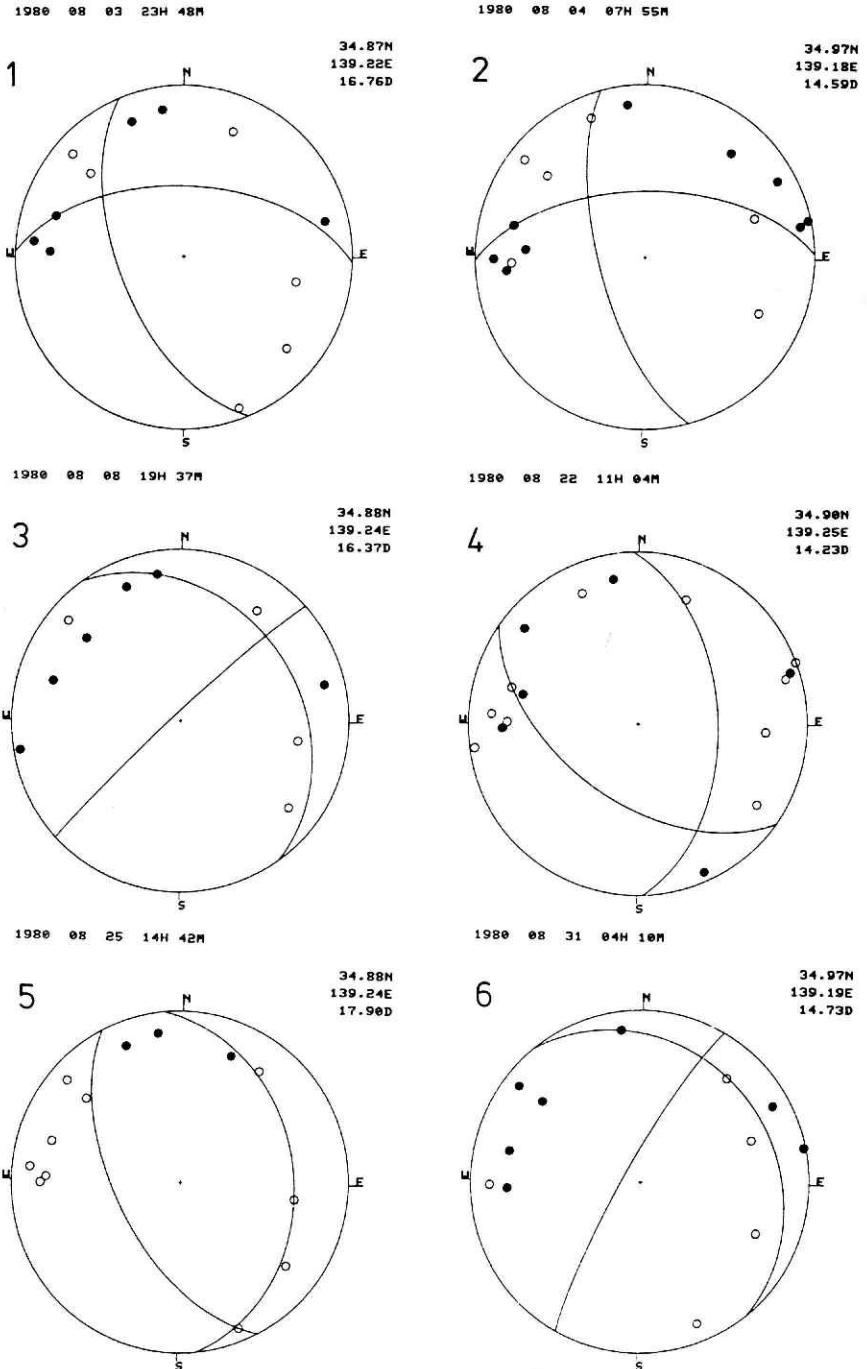
## 謝 辞

今回の研究に対し有益な助言を頂き、原稿を読んで頂いた国立防災科学技術センター大竹政和室長に感謝の意を表します。



参 考 文 献

- 1) 市川政治・望月英志 (1971) : 近地震用の走時表について. 気象研究所研究報告, 22, 229 - 290.
- 2) 井元政二郎ら (1981) : 1980年伊豆半島東方沖群発地震活動の発震機構, 地震 (投稿).
- 3) 石田瑞穂 (1980) : 伊豆半島川奈崎沖および東方沖群発地震と1980年伊豆半島東方沖地震, 地震学会講演予稿集, 2, 5.
- 4) 唐鎌郁夫ら (1980) : 1980年伊豆半島東方沖の群発地震活動, 地震研究所彙報, 55, 913-948.
- 5) 大竹政和ら (1980) : 伊豆半島東方沖の地震 (1980年6月29日)とその前後の地震活動, 国立防災科学技術センター研究速報, 43, 1 - 25.
- 6) 瀬川律子 (1981) : 1980年伊豆半島東方沖群発地震の震源分布とスペクトル, 地震学会講演予稿集, 1, 3.
- 7) 立川真理子・石田瑞穂 (1981): 関東・東海地域地殻活動観測網における振動継続時間を用いた地震マグニチュードの決定, 国立防災科学技術センター研究報告 (投稿).
- 8) 吉田明夫 (1980) : 伊豆半島周辺域の地殻の変形と地震発生. 月刊地球, 2, 2, 120-127.  
(1981年11月27日 原稿受理)

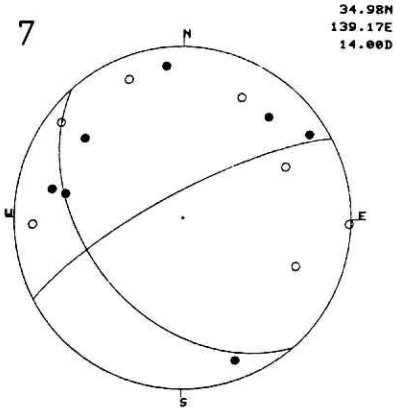


付録 震源下半球等積投影図。黒丸および白丸はそれぞれP波初動押しおよび引きを示す  
 Focal mechanism solutions projected on the lower hemisphere of equal area projection. Solid and open circles indicate the compression and dilatation of wave P wave first motion, respectively.

伊豆半島東方沖に発生する地震の発震機構 - 井元

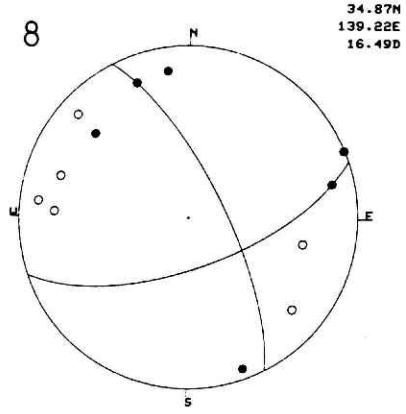
1980 09 04 14H 06M

7



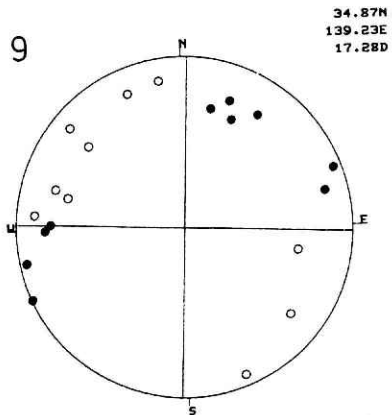
1980 09 12 21H 20M

8



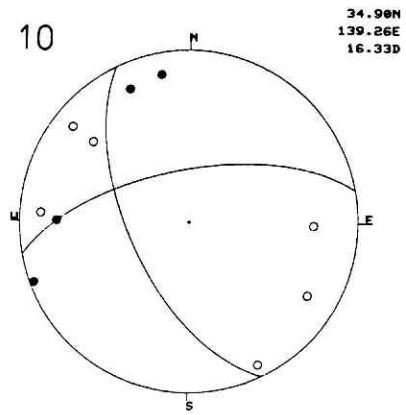
1980 09 16 16H 51M

9



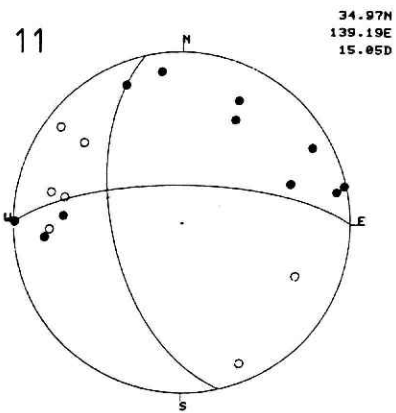
1980 10 06 00H 31M

10



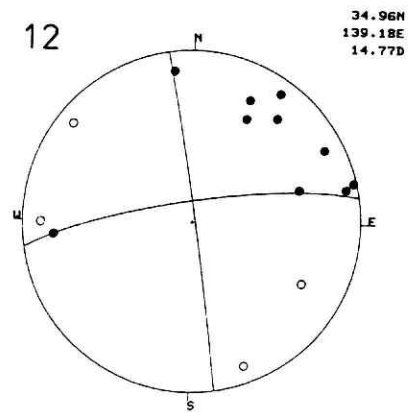
1980 11 06 20H 01M

11



1980 12 06 01H 31M

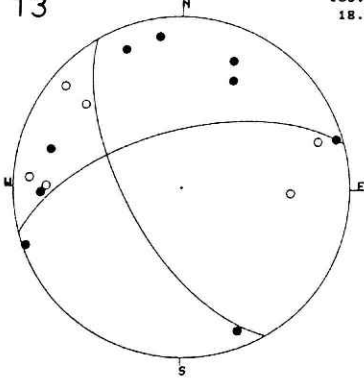
12



1981 02 02 20H 04M

13

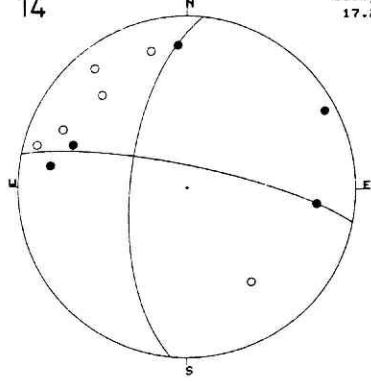
34.90N  
139.22E  
18.37D



1981 02 23 03H 45M

14

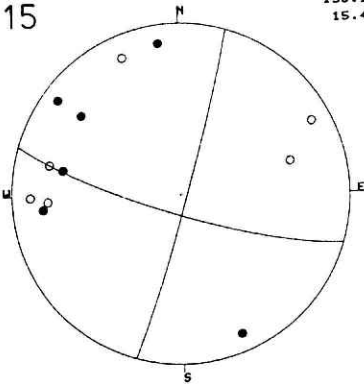
34.75N  
139.12E  
17.23D



1981 02 27 13H 57M

15

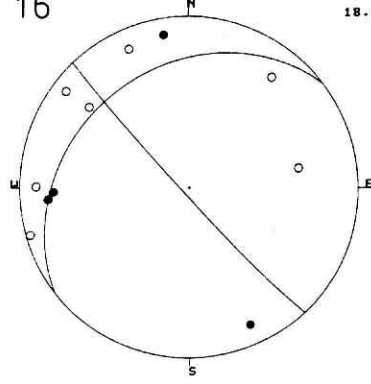
34.96N  
139.19E  
15.49D



1981 03 08 21H 17M

16

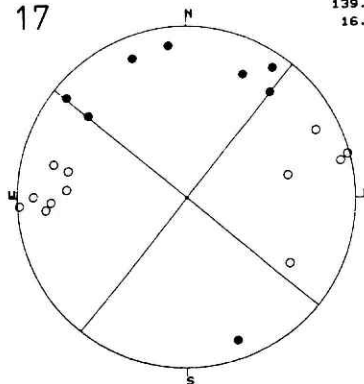
34.94N  
139.22E  
18.05D



1981 03 19 15H 55M

17

34.94N  
139.17E  
16.32D



1981 04 14 05H 55M

18

34.87N  
139.23E  
17.37D

