

#### 4-10 1993年5～6月の伊豆群発地震活動における確率予測

##### Probabilistic estimation for the Izu swarm activity in May-June, 1993

気象研究所 地震火山研究部

Meteorological Research Institute  
Seismology and Volcanology Research Division

1977年から1991年までに伊豆地方で発生した $M \geq 3$ の地震のデータを基に、集中的な地震活動と本震( $M \geq 5$ ,  $M \geq 6$ )発生との関係について解析した結果、次のようなことが言える<sup>1)</sup>。

1)  $0.2^\circ$  (緯度)  $\times 0.2^\circ$  (経度) のブロック内で2日間に $M \geq 3$ の地震が $N_f$ 個以上発生したとき、そのブロックに、その後4日間、本震( $M \geq 5$ )発生の予報を設定した場合の予報の予知率、適中率、確率利得は、 $N_f$ を変化させたとき第1図のようになる。ただし、

予知率 = 予報時空間内に発生した本震数 / 全本震数

適中率 = 予報時空間内に本震が発生した予報回数 / 全予報回数

確率利得 = 予報時空間内の本震発生率 / 平常時の平均本震発生率

とする。この図より、地震数が15個程度までは数が増えるほど急速に適中率、確率利得が増大し、その後も漸増することが見てとれるが、一方、予知率は地震数が増えるとともに減少し、地震数が増えてから予報を出すほど見逃しが増えることが分かる。

2) 特に、 $N_f = 10$ 個とした場合の予知率、適中率、確率利得などは、第1表のようになる。また、この基準で過去の地震活動に対して本震発生の予報を出したとした場合、予報時空間内に発生したことになる本震は第2表のようになる。

3) 2日間に $M \geq 3$ の地震が10個になった時点から最初の本震( $M \geq 5$ )が発生するまでの確率変化を過去の事例にワイブル分布をあてはめて示したのが第2図である。4日経過した時点で積算確率は90%程度になる。また、4日より後で100日以内に最初の本震が発生した例は過去にはなかった。従って、4日間は特に注意して見守る必要があると考えられる。

そこで、今回の活動について上記の結果をあてはめてみると、5月28日午前6時の時点で $N_f = 10$ 個の条件を満たしており、この時点から4日以内に $M \geq 5$ の地震が発生する確率は50%程度、また $M \geq 6$ の地震は15%程度であると考えられたが、実際には、3、4日後の5月31日15時に最大地震( $M4.8$ )が発生した。尚、6月3日午前7時に基準を満たす最後の地震が発生したので、予報期間としては6月7日午前7時までとなる。第3図に解析した地域のブロック分けを示すとともに、今回本震発生が予測された領域を示す。また、第4図に上記の基準で予報を出したときの予報の時空間分布と地震( $M \geq 3$ )発生との関係を示す。

(前田 憲二)

#### 参 考 文 献

- 1) 前田憲二, 1993, 直前の前震による本震発生の経験的予報  
-伊豆の場合-, 地震2, 45, 373-383.

第1表 1977年から1991年までのデータに基づいて、 $0.2^\circ \times 0.2^\circ$  のブロック内で2日間に $M \geq 3.0$ の地震が10個以上発生した時、その後4日間を予報期間とした場合の結果。

Table.1 Results in the case that an alarm is given for four days in a segment with the size of  $0.2 \times 0.2$  when more than 10 earthquakes with  $M \geq 3.0$  occur within two days.

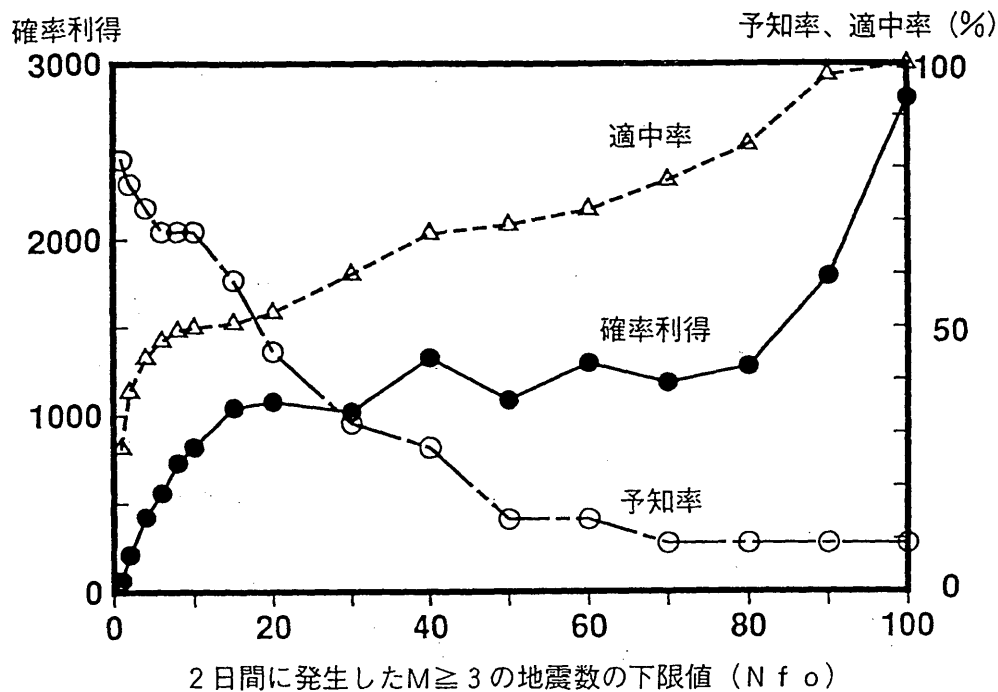
	本震の $M \geq 5.0$	本震の $M \geq 6.0$
本震数	22個	7個
予報時空間中に発生した本震数	15個	5個
予知率	68%(15/22)	71%(5/7)
適中率	50%(1050/2100)	14%(293/2100)
連続した予報を1つとみなした時の適中率	53%(9/17)	29%(5/17)
確率利得	823倍	862倍
予報時空間中の本震発生率	0.24個 (4日×1ブロック当り)	0.08個 (4日×1ブロック当り)
全時空間に対する予報時空間の占める割合	$8.3 \times 10^{-4}$	$8.3 \times 10^{-4}$

第2表. 1977年から1991年までの本震 ( $M \geq 5.0$ ) リスト。

Table.2 List of mainshocks ( $M \geq 5.0$ ) from 1977 to 1991. The mark "A" represents successfully alarmed mainshocks, if the present criterion would be applied.

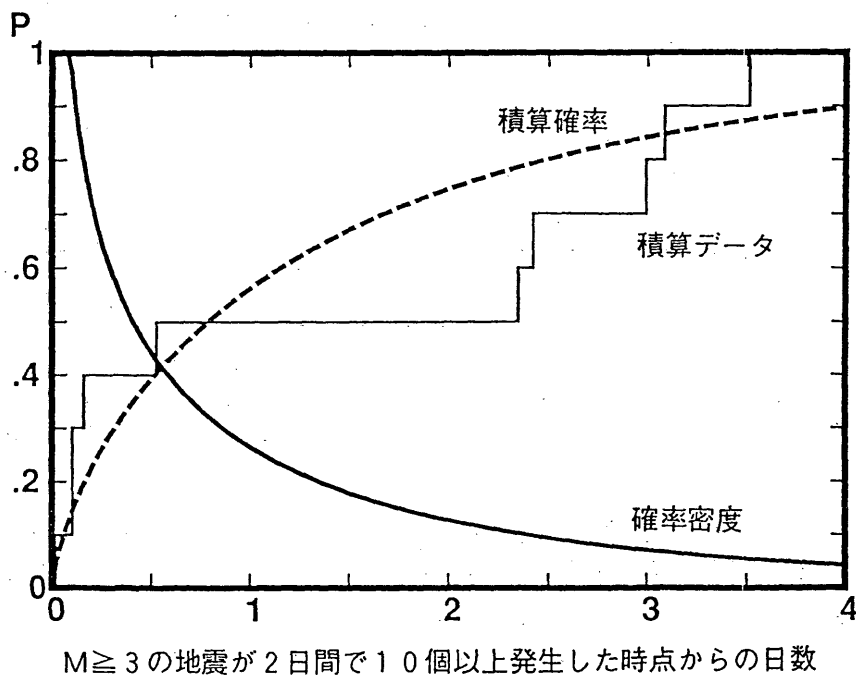
A*	N	Y	M/D	H:MIN	LAT	LON	DEP	MAG
A	1	1978	1/14	12:24	34°46.0'	139°15.0'	0	7.0
	2	1978	12/ 3	22:15	34°53.0'	139°11.0'	20	5.4
A	3	1980	6/29	16:20	34°55.0'	139°14.0'	10	6.7
	4	1980	9/10	7:20	34° 1.0'	139° 0.0'	20	5.6
	5	1982	8/12	13:33	34°53.0'	139°34.0'	30	5.7
A	6	1982	12/27	20:33	33°45.0'	139°23.0'	20	5.4
A	7	1982	12/28	10:52	33°46.0'	139°22.0'	20	5.8
A	8	1982	12/28	15:37	33°52.0'	139°27.0'	20	6.4
A	9	1983	10/ 3	22:33	34° 0.1'	139°30.8'	15	6.2
A	10	1986	11/21	17: 9	34°41.8'	139°16.3'	0	5.1
A	11	1986	11/21	17:12	34°44.6'	139°18.9'	9	5.1
A	12	1986	11/22	9:41	34°32.8'	139°31.5'	15	6.0
A	13	1987	5/11	6:35	34°55.7'	139°15.5'	15	5.0
A	14	1988	7/31	8:40	34°57.8'	139°13.0'	5	5.2
A	15	1988	8/ 2	20:16	34°56.7'	139°12.1'	2	5.2
A	16	1989	1/ 2	19:45	34° 3.5'	139° 6.0'	16	5.0
A	17	1989	7/ 7	0: 1	34°58.5'	139° 8.0'	5	5.2
A	18	1989	7/ 9	11: 9	34°59.5'	139° 6.7'	3	5.5
	19	1989	10/14	6:19	34°49.4'	139°30.2'	21	5.7
	20	1990	2/20	15:53	34°45.6'	139°14.0'	6	6.5
	21	1990	8/ 5	16:13	35°12.4'	139° 5.7'	14	5.1
	22	1991	9/ 3	17:44	33°41.0'	138°49.9'	33	6.3

A\*:予報を出した場合、予報時空間内に発生したことになる本震



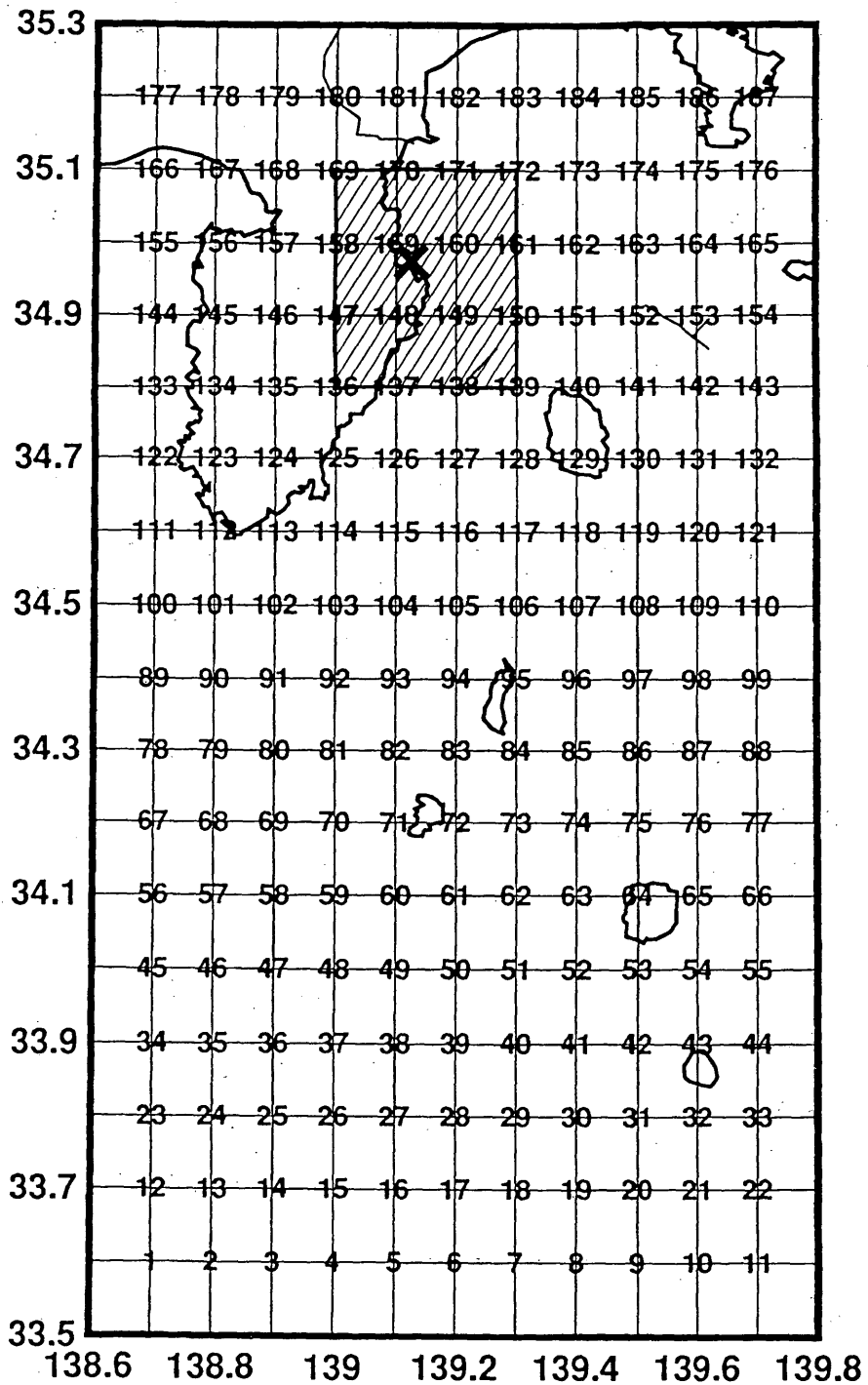
第1図  $M \geq 3$ の地震数の変化による本震 ( $M \geq 5$ ) 発生予報の予知率, 適中率, 確率利得の変化。  
 ブロックの大きさは  $0.2^\circ \times 0.2^\circ$ , 予報期間 = 4日とした場合。

Fig.1 Alarm rate (chain line), truth rate (broken line) and probability gain (solid line) for mainshocks with  $M \geq 5.0$  against a minimum number of earthquakes with  $M \geq 3.0$  having occurred during two days.  
 The size of segment is  $0.2 \times 0.2$  and the alarm period is four days.



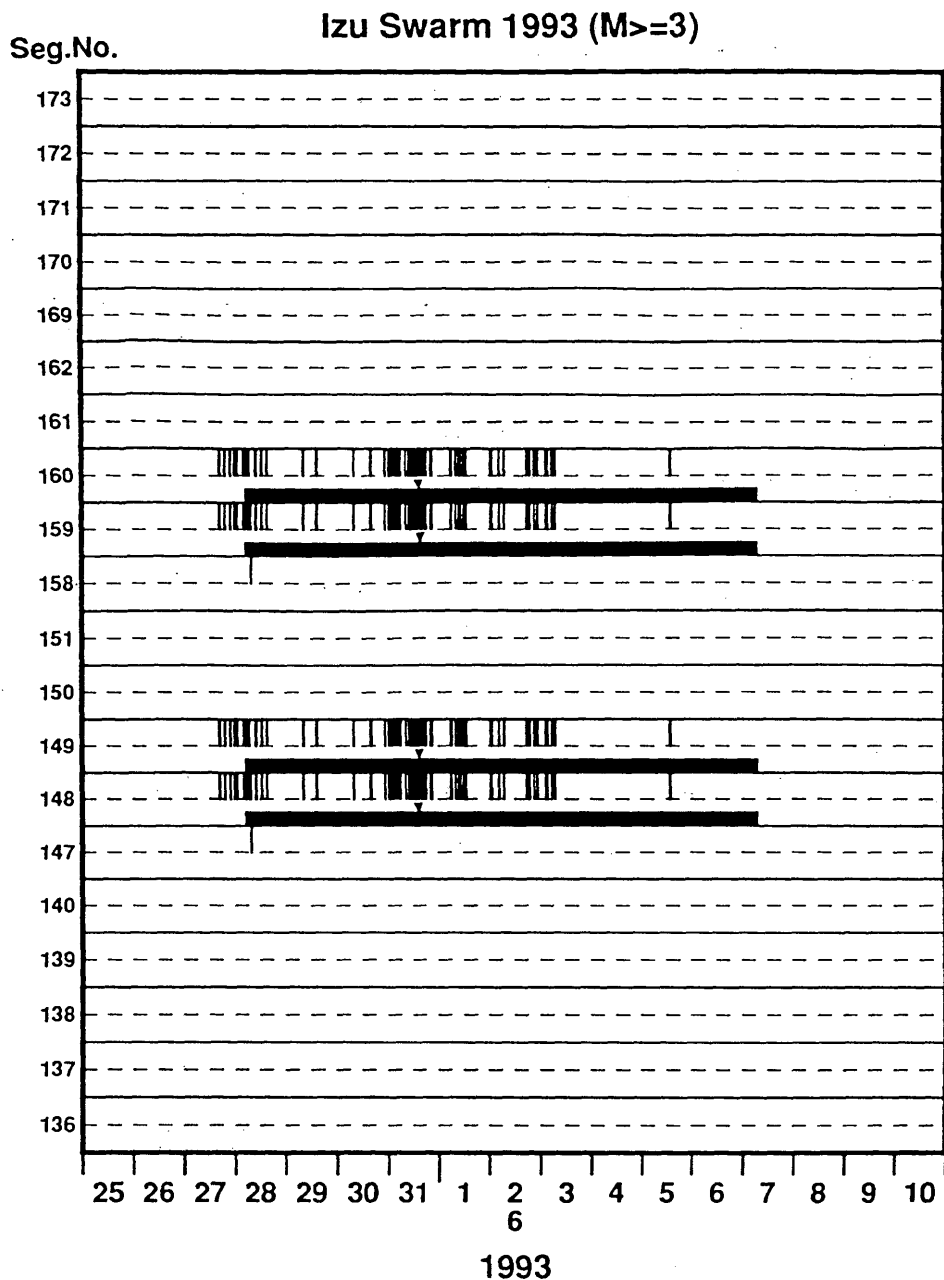
第2図 本震 ( $M \geq 5$ ) 発生の確率密度および積算確率の時間変化。

Fig.2 Probability density (thick line) and cumulative probability (dashed line) of the occurrence of mainshock as a function of time after the first foreshock, which are obtained by fitting the Weibull function to the data.  
 The thin line represents the cumulative data.



第3図 領域のブロック分けを表す図。図中の番号はブロック分けされた各セグメント番号を表す。斜線の範囲が今回本震発生を予測された空間を表し、×は最大地震 (M4.8) の震央を示す。

Fig.3 Segmentation of the investigated region in the case the size of segment is  $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$ . The numeral at the center of each segment represents the segment number. Hatched area shows the alarmed region and the mark "×" represents the epicenter of the largest earthquake (M4.8).



第4図 各セグメント毎の予報期間と地震 ( $M \geq 3$ ) 発生との関係。

黒塗の部分が予報期間を、縦線が地震発生時を表す。▼は最大地震 ( $M4.8$ ) 発生時を示す。

Fig.4 Alarm periods (filled columns) and occurrence times (bars) of earthquakes with  $M \geq 3.0$  for each segment.

The mark ▼ indicates the occurrence time of the largest earthquake ( $M4.8$ ).