

7 - 3 日本の地震の前兆現象

Precursory Phenomena to Earthquakes Occurring in and around Japan

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

筆者はかねてより日本の地震の前兆現象の収集とそれに基づく統計的研究を行ってきたが¹⁾、1993年分までが更にまとまったので、改めて改訂版としてここに報告する。引用文献は数百を超えるのでここでは割愛する。引用文献の圧倒的多数は地震予知連絡会会報であるが、他に静岡県地震対策課²⁾や鈴木³⁾等がある。一部は内外の学術雑誌にも発表されている。

ここで言う前兆現象とは前兆の可能性のある現象のことであり、所謂異常現象である。そのような前兆現象を取り出す方法は、一部を除いて、まだ定量的客観的には記載されていない。前兆としての採用については、報告者の判断を殆ど採用しているが、筆者がどうしても理解できない一部のものは取り上げなかった。

この様にして収集された前兆の数を分野別に集計した結果が第1図である。更に細分化したものが第1表に示してある。総数は925に達するが、その3分の2は地震学的前兆であり、その中の過半数は前震活動である。次に多いのは地殻変動連続観測による前兆現象であり、ついで、電磁気学的前兆現象、化学的前兆現象、測地学的前兆現象がある。第1表の「分類」については、表の説明のような長期と短期の分類であるが、ただ一つの例外として「地震波形S S F」がある。これは既に11の例が存在するが、前兆期間が短期のものと非常に長期ものとが混在しているために長期にも短期にも入れなかった。短期前兆現象は全体の約7割を占めている。

1965年に開始された日本の地震予知計画の観測強化の効果を考慮して、1971年以降の期間に対しては組織的な調査を行った。その結果は第2表に示すように、5個以上の前兆を伴った地震は16個に達している事が分かった。更にそのうちの6個の地震は10個以上の前兆を伴っていた。これらの地震の震央は第2図に示してあるが、伊豆半島とその周辺に多く見られる。これは、地震活動の活発さも示しているであろうが、観測強化地域での多項目の多数の観測の成果である。

また、被害地震に注目して調べた結果は第3表に示すとおりである。即ち、理科年表⁴⁾と気象庁⁵⁾、⁶⁾によると1971年以降の被害地震は23個あるが、そのうちの21個の地震については平均6個の前兆が報告されていることも明らかとなった。これらの23の被害地震の震央は第3図に示す。

次に、被害とは無関係に、日本とその周辺で発生した全ての地震について前兆現象との関係を組織的に調べた。結果は第4表に示す。調べた時空間領域は表の説明のように1971~1993年間で日本の主な4島を含む第2図と同じ緯度・経度の範囲である。地震の資料は気象庁カタログによった。地震予知の立場からは大きな地震ほど有利な事を示しており、

マグニチュード(M) M5級の地震の8%(88/1100)の地震が平均1.6個の前兆

M6級の地震では35%(40/115)の地震が平均3個の前兆

M7級の地震では87%(13/15)の地震が平均6個の前兆

を伴っていた事が明らかとなった。この間の15のM7級地震の震央は第4図に示す。

次に、明らかとなった前兆現象の前兆期間（前兆の出現から本震の発生までの時間間隔）の統計的性質について述べる。第5図は短期及び長期（第1表の分類でS及びLとあるもの）前兆現象の前兆期間 T_p の確率分布関数 P_c を示したものである。ここで P_c の意味を説明すると、短期前兆現象の場合、 $T_p = 10$ 日の上を見ると P_c は約0.7であるが、これは短期前兆現象の約70%は前兆期間 T_p が10日以内であることを意味している。図が示すように短期及び長期の分布関数の違いは明瞭であり、これは背後にある出現メカニズムの違いを示すものと考えている。

第6図～第8図はそれぞれ短期前兆現象の前兆期間と本震の M との関係を示している。短期前兆現象は伸縮計・振子式傾斜計・体積歪み計・前震活動・地震の続発性・地鳴り・地電流・比抵抗・電磁放射・ラドン・地下水の異常変化に見られるが、図で見る如く、いずれも前兆期間と本震の M の間には明瞭な関係は見いだされなかった。因みに、短期前兆現象の M と $\log T_p$ の標本相関係数 $r = 0.39$ である。

次に、全ての短期前兆現象について、その前兆期間についての経験則を得た。第9図は短期前兆現象の前兆期間 T_p の確率密度関数 P_d を表している。ここでは P_d を求めるために、 T_p を0.1, 2.7, 8.1, 24.3, 72.9日で区分し区間内の平均確率を求め、それを区間の中央値0.2, 0.6, 1.8, 5.4, 16.2, 48.6の位置にプロットしたものである。図から明らかなように、左の5点は見事な直線関係を表している。図中の点線は左の5点に対する回帰直線であり次の(1)式で表される。因みに、 $\log T_p$ と $\log P_d$ の標本相関係数 $r = -0.998$ である。

$$\log_{10} P_d(T_p) = a - b \log_{10} T_p \quad a = -0.901, b = 0.850 \quad \text{for } 0.1 \leq T_p \leq 30 \text{ day} \quad (1)$$

$$P_c(T_p) = (10^a / (1 - b)) T_p^{1-b} + A \quad A = \text{constant} \quad \text{for } 0.1 \leq T_p \leq 30 \text{ day} \quad (2)$$

(2)式は確率の定義に従って P_d を積分して求めたものである。(2)式の計算値と実際の観測値の比較は第10図に示してあるが、0.1 - 30日の区間で大変良い一致を示す。

(浜田和郎)

参 考 文 献

- 1) 浜田和郎：地震前兆現象の分類と前兆出現頻度の規則性，連絡会報，**39**（1988），387-395．
- 2) 静岡県地震対策課：地震前兆現象分析の現状，静岡県地震対策課（1960），146．
- 3) 鈴木雄次：前震の記録，著者発行（1960），164．
- 4) 日本付近のおもな被害地震年代表，理科年表（1994），851-853．
- 5) 気象庁地震予知情報課：1989年3月6日の銚子付近の地震（ $M5.9$ ），連絡会報，**42**（1989），111-114．
- 6) 気象庁地震予知情報課：伊豆大島近海の地震（1990年2月20日・ $M6.5$ ），連絡会報，**44**（1990），147-15．

第1表 日本の地震の前兆現象 期間：1993年まで

分類：前兆期間（前兆の始まりから本震までの時間）の知られているものが5例以上ある場合を対象に、その過半数が30日以内であれば短期（S）さもなければ長期（L）としている。

Table.1 Precursors to earthquakes occurring in and around Japan up to the end of 1993. Period : 1971 - 1993. Precursor times (Tp) are defined as time intervals from the commencement of the precursor to the mainshock. When the majority of Tps are less than 30 days, it is labeled as "S" (short - term) otherwise "L" (long - term) for the cases that 5 or more Tps are recognized.

前兆の種類	コード	分類	前兆の数	前兆の種類別数	
重力	GR		1	測地学的前兆 3 1	
測地	上下変動	GDu	L	16	
	水平変動	GDt		2	
	その他	GDo		3	
検潮	上下変動	TDu	L	7	
	その他	TDo		2	
地殻変動 連続観測	伸縮計	CNs	S	26	地殻変動的前兆 1 0 6
	傾斜計、振子 水管	CNt	S	51	
	体積歪計	CNwt	L	7	
		CNv	S	21	
GPS	GPS		1		
地震	異常地震活動	SSa	L	68	地震学的前兆 6 3 2
	b値	SSb	L	27	
	前震	SSf	S	387	
	地震波形	SSF		11	
	微小地震	SSm	L	9	
	地震の続発性	SSnu	S	14	
	地震活動のパターン	SSp	L	54	
	地震活動空白静穏化	SSq	L	32	
	地震波減衰散乱	SSQ		2	
	地鳴り	SSr	S	5	
	発震機構の変化	SSs		2	
	宇津の基準	SSu	S	11	
	地震波速度変化	SSv	L	10	
	地球電磁気	地磁気	ELg	L	
地電流		ELe	S	20	
比抵抗 Variometer		ELr	S	30	
Long-distance electrodes		ELR	L	11	
電磁放射		ELw	S	8	
地球化学	ラドン	CHRu	S	19	化学的前兆 7 2
	塩素イオン	CHcl	L	10	
	地下水温	CHt	L	20	
	地下水位	CHI	S	15	
	その他	CHo	L	8	
火山活動	VL		1	その他の前兆 9	
動物の異常行動	AN		2		
植物生体反応	BT		2		
その他目視によるもの（隆起その他）	NK		4		
合計				9 2 5	

第2表 5個以上の前兆を伴った16の地震とその前兆 期間：1971～1993

前兆を表す記号は表1と同じ。同種の前兆が複数の場合はその数を付した。地名にアンダーラインのあるものは10個以上の前兆を伴ったもの。

Table.2 Sixteen earthquakes and their precursors which accompanied 5 or more precursors. Period : 1971 - 1993. Kinds of precursors are shown with the code common to Table, 1. When the number of precursors of the same kind is 2 or more, it is shown with numerals. Underlined earthquakes accompanied more than 10 precursors.

地名	M	年月日	緯度	経度	深さ	前兆の種類と数		
<u>根室半島沖</u>	M=7.4	1973 06 17	42.967	145.950	40	CNs 3	SSf	
						CNt _w	SSp 2	
						SSU	SSq	
						SSa	SSv	
<u>伊豆半島沖</u>	M=6.9	1974 05 09	34.567	138.800	10	ELr	SSq	
						SSa	SSr	
						SSf	SSv	
						SSm		
<u>伊豆大島近海</u>	M=7.0	1978 01 14	34.767	139.250	0	An	ELe	SSm
						CHRn 2	ELg	SSnu
						CHI 2	GDu 2	SSs
						CHt	SSa	TDu
						CNv 2	SSb	GR
						ELR 3	SSf	
<u>島根県中部</u>	M=6.1	1978 06 04	35.083	132.700	0	CHcl	SSf	
						SSa	SSp 3	
<u>宮城県沖</u>	M=7.4	1978 06 12	38.150	142.167	40	AN	SSa	
						BT	SSb	
						CHI 2	SSf	
						CHt	SSp 2	
						SSF 2		
<u>伊豆半島 東方沖</u>	M=6.7	1980 06 29	34.917	139.233	10	CHRn	ELR	SSf
						CHI 2	ELe	SSnu
						CHo	ELr	SSq
						CHt 3	SSa	
<u>茨城県沖</u>	M=7.0	1982 07 23	36.183	141.950	30	CHt	SSb 2	
						CNv 3	SSf	
						ELr	SSnu	
<u>相模湾</u>	M=5.7	1982 08 12	34.883	139.567	30	CHRn	ELw	
						CNv 4		
<u>日本海中部</u>	M=7.7	1983 05 26	40.350	139.083	14	CNt	SSp	
						GDu	SSq	
						SSa	TDu	
						SSf	VL	
<u>山梨県東部</u>	M=6.0	1983 08 08	35.517	139.033	22	CHRn 3	SSb	
						CNt	SSm	
						SSQ		
<u>鳥取県中部</u>	M=6.2	1983 10 31	35.413	133.933	15	CHcl 2	SSp 2	
						ELw	SSq	
						SSf		
<u>山崎断層</u>	M=5.6	1984 05 30	34.967	134.600	17	CHcl	ELg	
						CNs 2	GDo	
						CNt	SSf	
						ELR 4	SSp	
						ELe 2	SSq	
<u>長野県西部</u>	M=6.8	1984 09 14	35.817	137.567	2	BT	SSQ	
						CHRn 3	SSf	
						CHo	SSq	
<u>福島県沖</u>	M=6.7	1987 02 06	36.910	141.910	<60	SSF	SSp	
						SSb	SSq	
						SSf		
<u>伊東沖</u>	M=5.5	1989 07 09	34.990	139.090	6.3	CHRn	Gdt	
						CHt 2	GDu	
						CNs	GPS	
						CNt	SSF	
						CNv	SSf	
						ELe 2		
<u>伊豆半島 東方沖</u>	M=4.8	1993 05 31	34.975	139.128	2.8	CHt 2	ELe	
						CNs	SSf	

第3表 日本に被害を与えた23の地震とその前兆現象 期間：1971～1993

○が前兆の存在を表す。同種の前兆が複数報告されている場合はその数を○内に記した。
被害地震の1と2については前兆の報告なし。

Table.3 Twenty - three earthquakes which caused damage in Japan and their precursors. Period :
1971 - 1993. Reported precursors are shown with circles. There is no precursor to the earthquakes 1
and 2 in the upper list. When the number of precursors of the same kind is 2 or more, it is shown in
the circle.

1	新潟県南部	1971	2	26	M=5.5	13	浦河沖	1982	3	21	M=7.1
2	八丈島近海	1972	2	29	M=7.1	14	秋田県沖	1983	5	26	M=7.7
3	八丈島近海	1972	12	4	M=7.2	15	神奈川県山梨県境	1983	8	8	M=6.0
4	根室半島南東沖	1973	6	17	M=7.4	16	日向灘	1984	8	7	M=7.1
5	伊豆半島南端	1974	5	9	M=6.9	17	長野県西部	1984	9	14	M=6.8
6	阿蘇山北縁	1975	1	23	M=6.1	18	日向灘	1987	3	18	M=6.6
7	大分県中部	1975	4	21	M=6.4	19	千葉県東方沖	1987	12	17	M=6.7
8	山梨県東部	1976	6	16	M=5.5	20	銚子付近	1989	3	6	M=5.9
9	伊豆大島近海	1978	1	14	M=7.0	21	伊豆大島近海	1990	2	20	M=6.5
10	島根県中部	1978	6	4	M=6.1	22	釧路沖	1993	1	15	M=7.8
11	宮城県沖	1978	6	12	M=7.4	23	北海道南西沖	1993	7	12	M=7.8
12	伊豆半島東方沖	1980	6	29	M=6.7						

		上記被害地震の番号																						
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
重力 測地	上下変動											○												
	水平変動																							
	その他																							
検潮	上下変動																							
	その他																							
地殻変動 連続観測	伸縮計				③																			
	傾斜計、振子 水管																							
	体積歪計																							
GPS 地震	異常地震活動	○	○	○																				
	b値																							
	前震	○	○	○	○																			
	地震波形																							
	微小地震																							
	地震の続発性																							
	地震活動のパターン																							
	地震活動空白静穏化																							
	地震波減衰散乱																							
	地鳴り																							
	発震機構の変化																							
	宇津の基準																							
	地震波速度変化																							
	地球電磁気	地磁気																						
地電流																								
比抵抗 Variometer																								
Long-dist. electrodes																								
地球化学	電磁放射																							
	ラドン																							
	塩素イオン																							
	地下水温																							
	地下水位																							
火山活動 動物の異常行動 植物生体反応 その他目視によるもの(隆起その他)	その他																							

第4表 日本の地震と前兆現象の統計 期間：1971～1993

領域：29.3-45.7°N, 128.0-147.0°E 深さ90km以浅 第2図のmap area参照

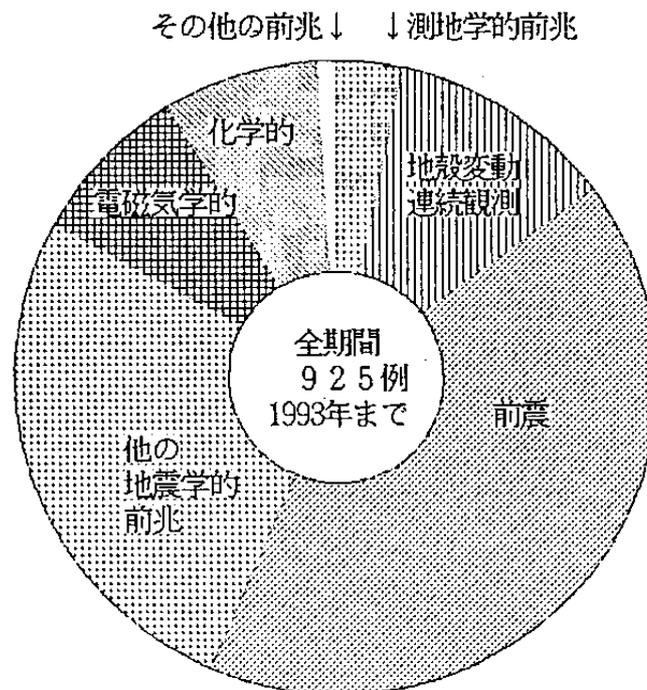
Table.4 Statistics of earthquakes and precursors in and around Japan. Period : 1971 - 1993. Area : 29.3 - 45.7°N, 128.0 - 147.0°E, depth ≤ 90km. cf. map area of Fig 2.

A : total number of precursors.

B : total number of earthquakes which accompanied precursors.

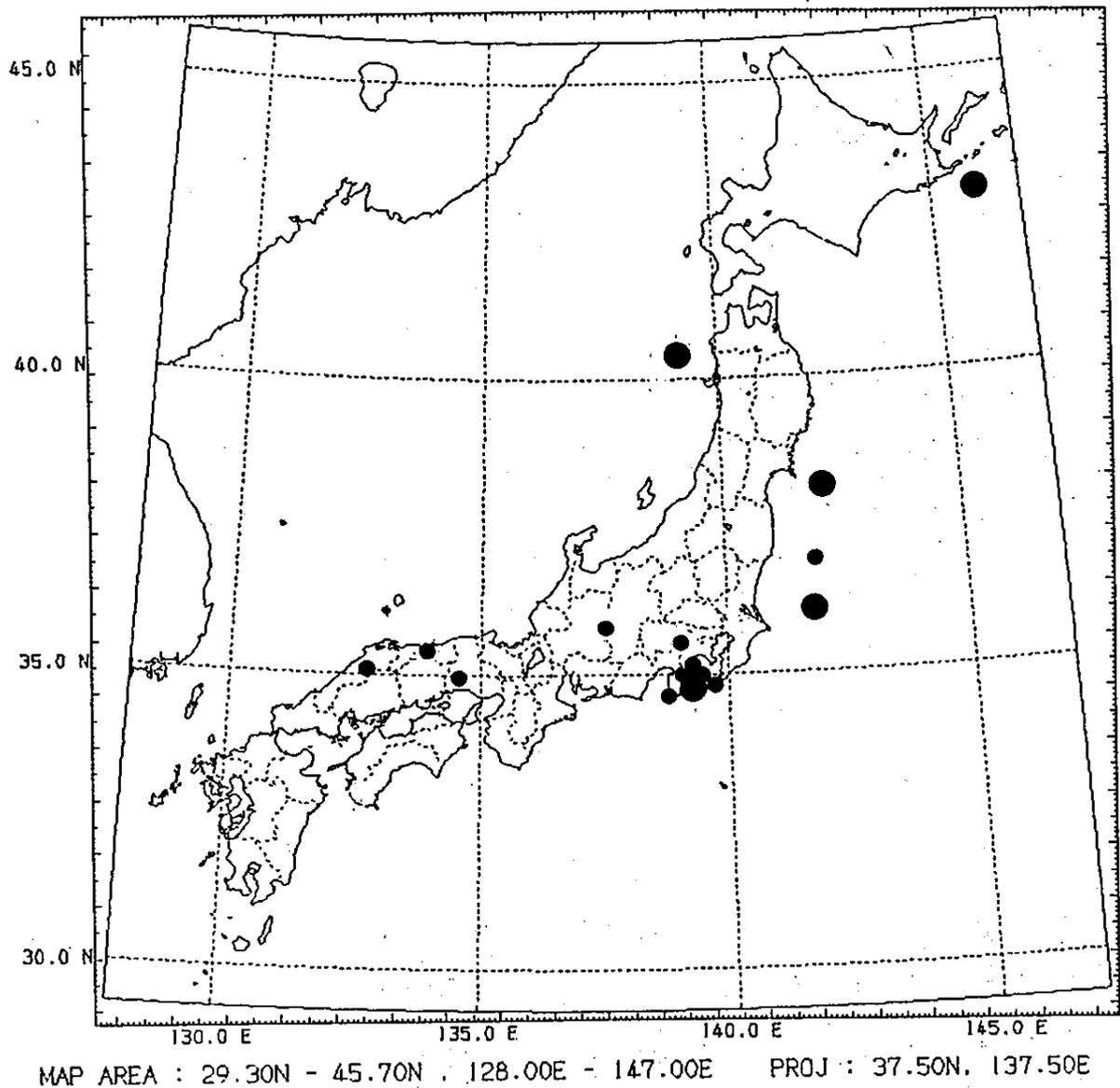
C : total number of earthquakes.

		$5 \leq M < 6$	$6 \leq M < 7$	$7 \leq M$
前兆の総数	A	145	118	81
前兆を伴った地震の総数	B	88	40	13
地震の総数	C	1100	115	15
A/B		1.6	3.0	6.2
B/C		8%	35%	87%



第1図 前兆現象の種類別ドーナツグラフ 期間：1993年まで

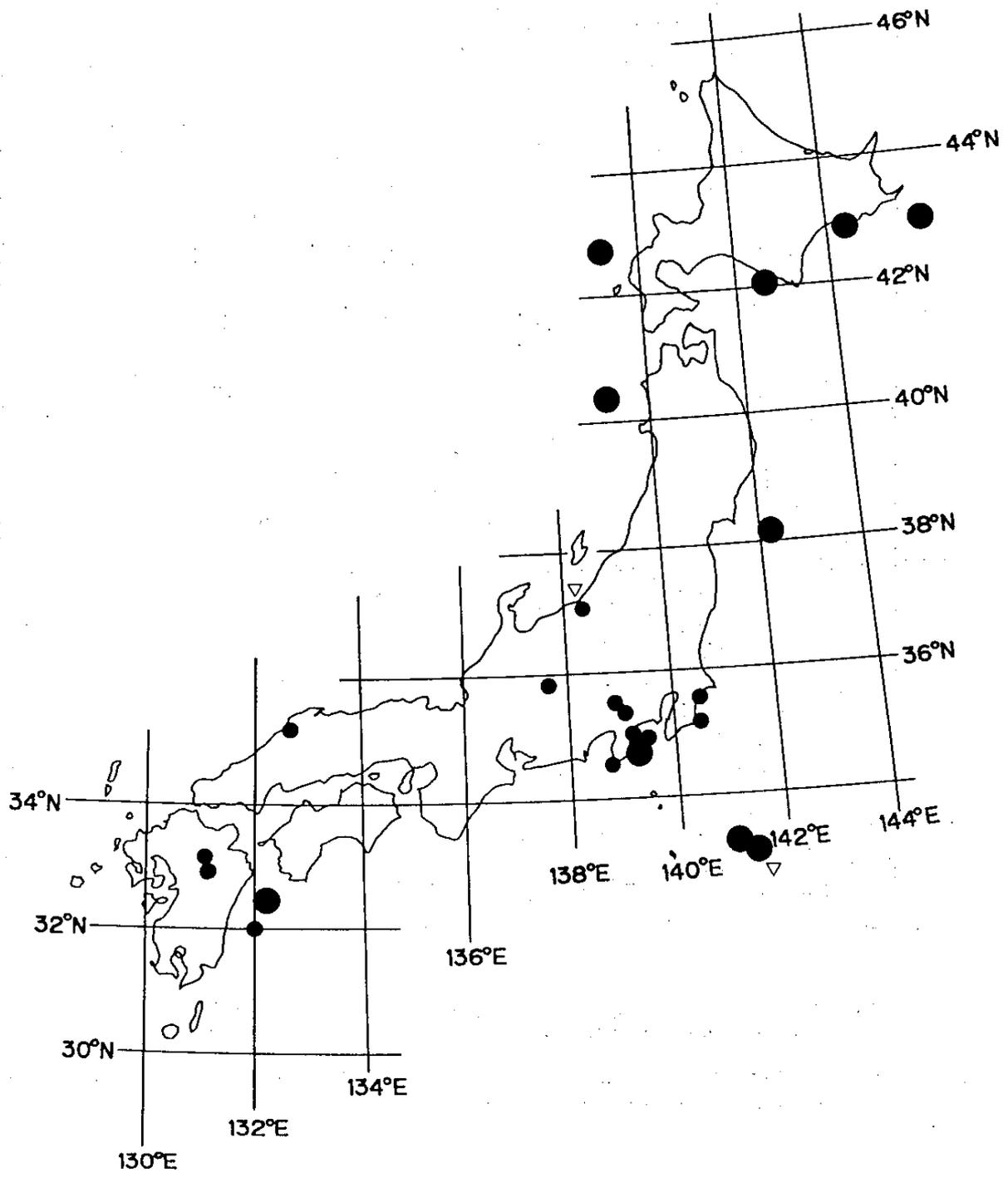
Fig. 1 A dough - nut graph showing the proportion of precursors in different disciplines.



第2図 5個以上の前兆を伴った地震の震央分布 期間：1971～1993

大丸はM7級地震，小丸はM7未満の地震

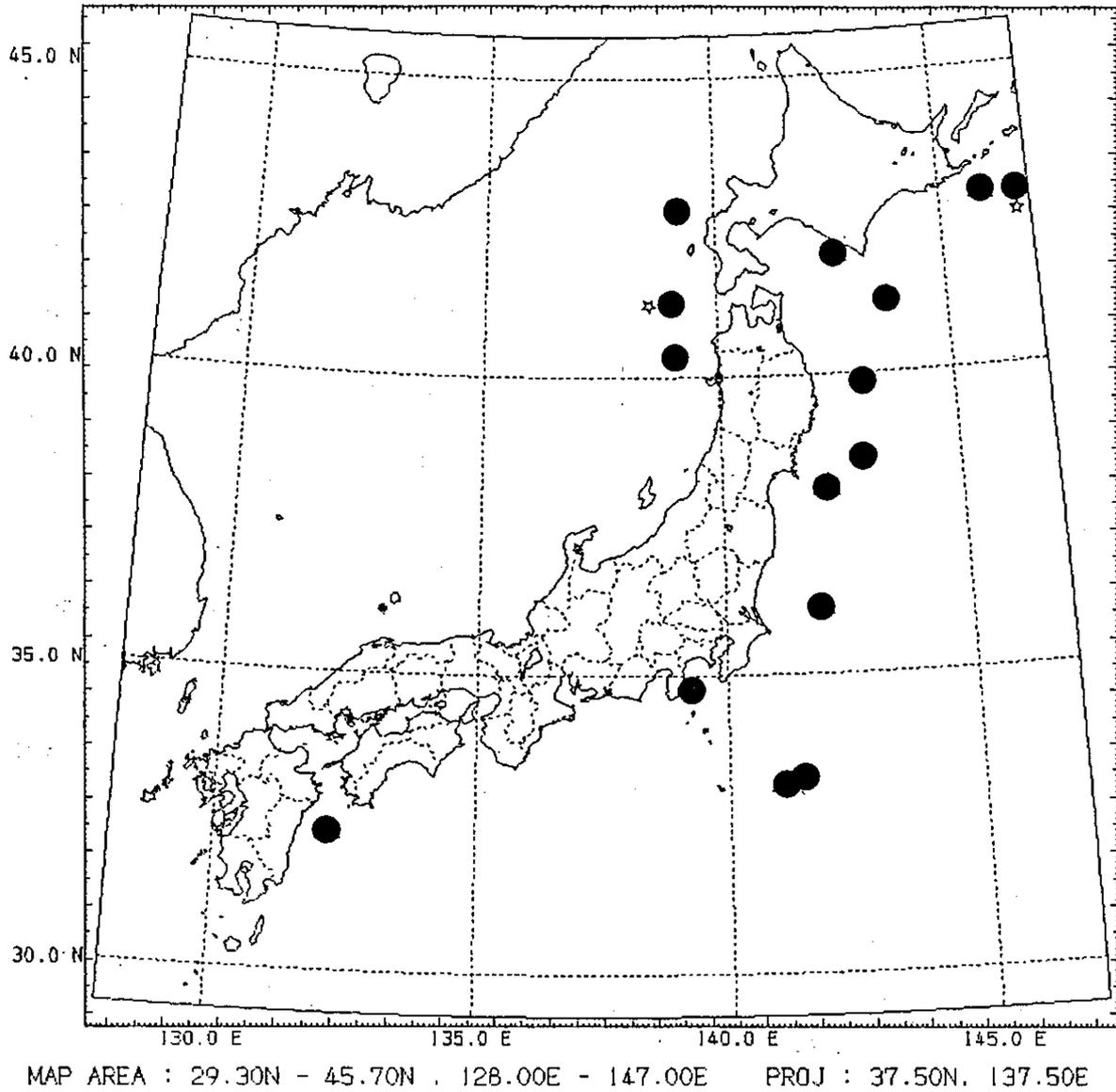
Fig. 2 Epicentral distribution of earthquakes which accompanied 5 or more precursors, which are given in Table.2 Large circles indicate $M \geq 7.0$ and small circles $M < 7.0$. Period : 1971 - 1993.



第3図 日本に被害を与えた23の地震の震央分布 期間：1971～1993

大丸はM7級地震，小丸はM7未満の地震。▽印の2個を除く地震には何らかの前兆が報告されている。

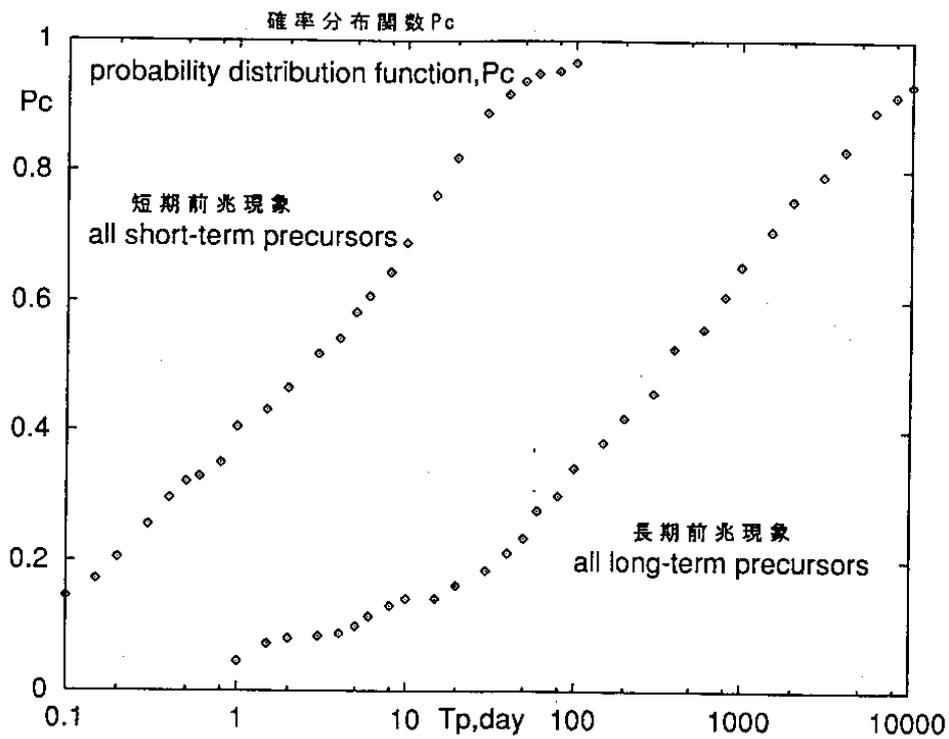
Fig. 3 Epicentral distribution of earthquakes which caused damage in Japan, which are given in Table.3. Large circles indicate $M \geq 7.0$ and small circles $M < 7.0$. There is no precursor to two events with mark "▽". Period: 1971 - 1993.



第4図 M=7級地震の震央分布。深さ90km以浅 期間:1971~1993

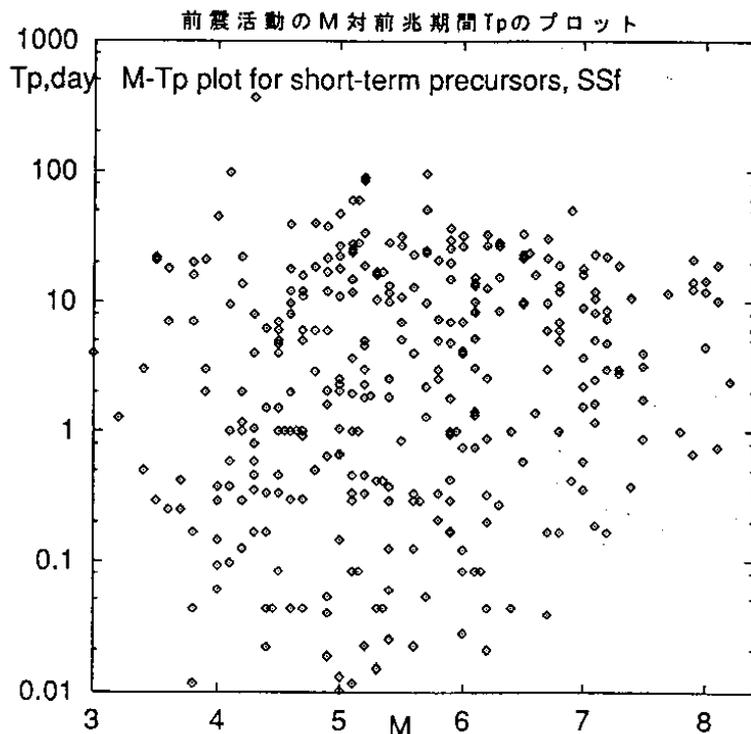
星印付の2個の地震を除くと、どの地震にも何らかの前兆が報告されている。

Fig. 4 Epicentral distribution of earthquakes with $M \geq 7.0$, which are given in Table 4. There is no precursor to two events with mark "☆". Period: 1971 - 1993.



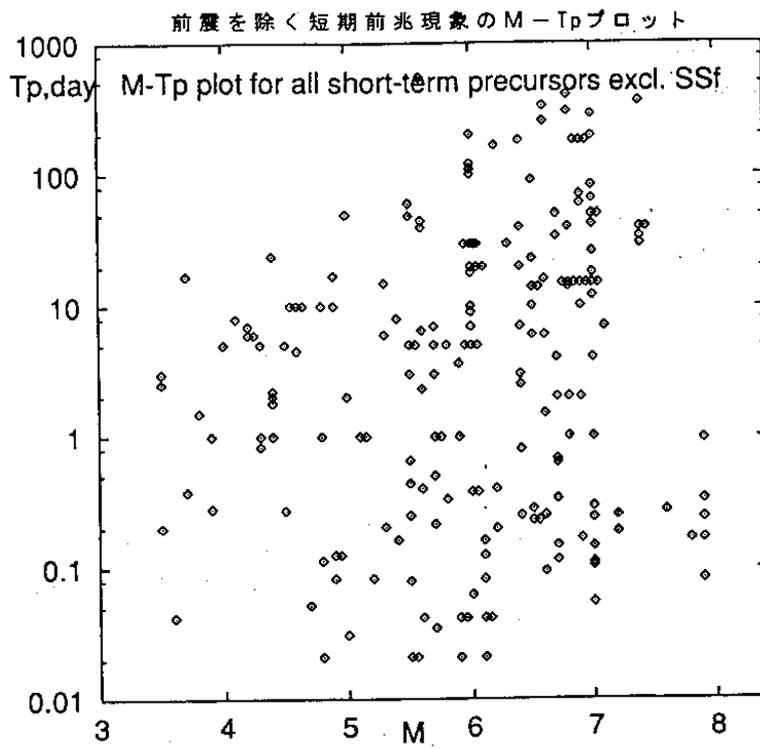
第5図 短期前兆現象と長期前兆現象の確率分布関数 P_c の観測値

Fig. 5 Probability distribution functions (P_c) for short - term and long - term precursors.

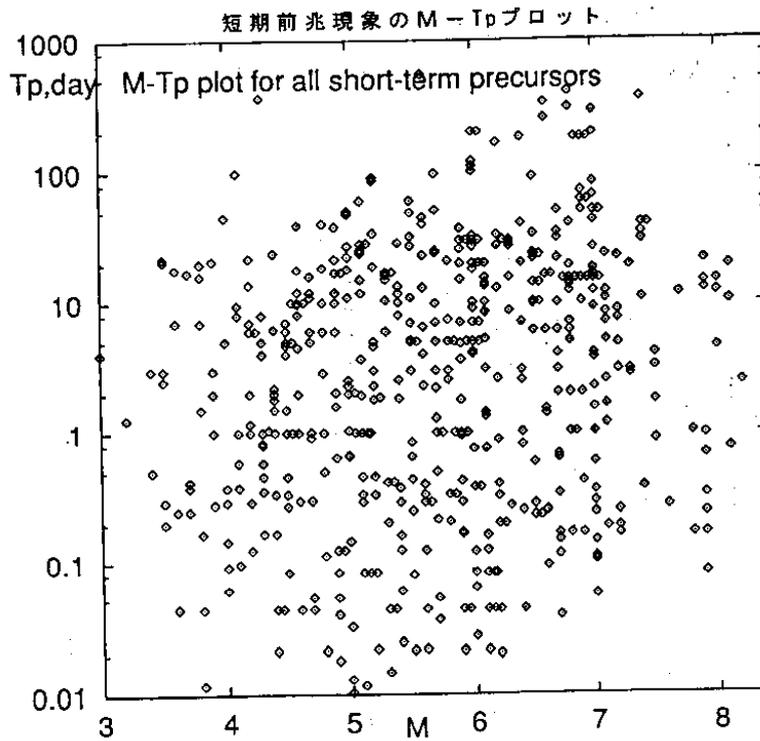


第6図 前震活動に対する本震のM対前兆期間 T_p のプロット

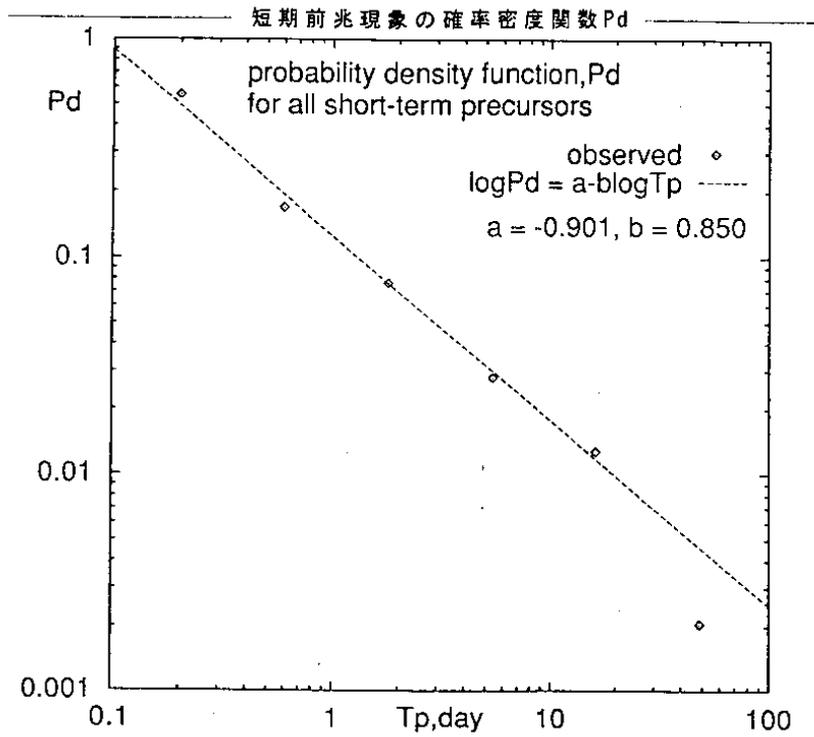
Fig. 6 M - T_p plot for foreshock activities. M : magnitude of the mainshock, T_p : precursor time.



第7図 前震を除く短期前兆現象のM-Tpプロット
 Fig. 7 M-Tp plot for short-term precursors excluding foreshock activities.

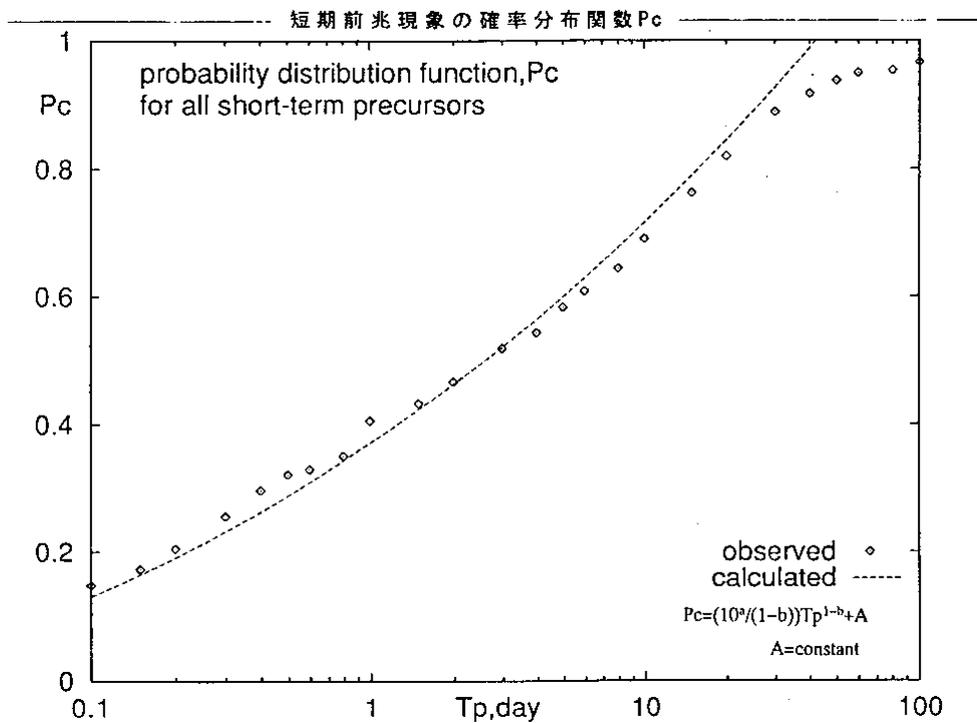


第8図 短期前兆現象のM-Tpプロット
 Fig. 8 M-Tp plot for all short-term precursors.



第9図 短期前兆現象の確率密度関数 Pd の観測値と回帰直線
回帰直線は左からの5点を用いて決めた。

Fig. 9 Probability density function for all short - term precursors. The dotted line is the regression line which are determined by 5 data points from the left.



第10図 短期前兆現象の確率分布関数 Pc の観測値と計算値
計算値は第9図の回帰直線に基づく。

Fig. 10 Probability distribution function for all short - term precursors which is calculated from the regression line in Fig.9 and observed data plots. fn : yochiren.