

# 1 山崎断層と微小地震活動

京都大学防災研究所

尾池和夫

## 1. はじめに

地震と断層とは密接な関係にある。地震発生のメカニズムは、理論的に考えても観測データから現象論的に見ても、断層の生成であり、断層面のすべりそのものである。

微小地震とは、日本ではマグニチュード1～3の規模の地震と定義されている。このような小さな地震の活動を常時観測するための観測網ができてから10年以上経過した。その間得られた最大の成果は、活断層と微小地震活動が不可分の関係を持っていることがわかったということである。

特に山崎断層を含む地域は、日本で最も早い時期(1968年)から微小地震の観測が開始され、現在なお継続されている地域の一つであり、観測データの時間的均質性の点から見て、長期間観測データが集積されている地域である。これらのデータから、この地域での微小地震の空間分布を活断層との関係において言い表わすと、

1. 微小地震の線状配列が活断層に沿っている。
2. 微小地震活動の活発な地域とそうでない地域の境界線として大規模な構造線や活断層が存在する。
3. 地質学的に活断層と呼ばれていても、そこに微小地震活動が目立っては存在しないものもたまにある。
4. 地質学的に活断層の存在が確認されていない場所でも、1と同様の明瞭な微小地震の線状配列が存在する地域が多くある。

これらの特徴は活断層を調べるために重要な意味を持っている。山崎断層と微小地震活動の関係は上記のうちの1の場合に当る。

このような地震と断層との関係についての最近の成果は、地質学論集第12号を参照していただきたい。<sup>(1)</sup>

## 2. 山崎断層周辺の地震の空間分布

鳥取微小地震観測所の観測網によって得られたデータから、約10年間の微小地震の震源リストを作成した結果によって、微小地震活動についてのいくつかの明瞭な特徴が知られている。<sup>(2)</sup>

山崎断層に沿って発生する微小地震の震源の深さは、地殻内の花崗岩質層 ( $V_p = 6.0$ ) の下部に当る。第1図はこの地域の微小地震の深さの頻度と地殻のp波速度構造とを示している。微小地震の発生する深さと地殻の性質とは本質的に重要な意味を持って結びついていると考えられるが、ここではその問題に深くは立入らないことにする。ただ、山崎断層を地震発生現象から見た場合、その活動は深さ15 Km付近で最も活発であるということが出来る。

微小地震の発生する場所が、地殻内のある一定の深さに集中しているとすれば、その空間分布の特徴は、震央分布図によって2次的に見ることが出来、それによって空間分布の示す性質を充分詳しく知ることができる。第2図は微小地震の震央分布である。これは深さ0~40 Kmの地震の分布で、丸印の直径がマグニチュードに比例している。ただし、最小の丸印はマグニチュード1.0でそれ以下のものも含んでいる。

第3図は活断層の分布である。<sup>(3)</sup> 第2図の中に見られる地震の線状配列が、活断層の存在に深く関係していることがわかる。鳥取地震の発生した地域には、大地震の際に断層を発生させる運動が見られた所と一致して微小地震の線状配列が明瞭に見出されているが、この配列は気象庁の観測網で観測されるマグニチュード4以上程度の地震の分布にはほとんど現われていない。おそらく最近の大地震の余震が継続していると思われる。しかしながら、大地震直後の余震分布の範囲にとどまらずその長軸を延長した線上に微小地震活動が並んでいることから、単に余震の継続のみならず、一つの活断層の活動が隣の活断層の活動へと地殻内で何らかの関連を持ってつながっていると見るべきであろう。丹後地震の発生した地域でも同様の分布が見られ、その線状分布は日本海まで延びている。

山崎断層の最近の動きは地形学的な観察から水平左ずれであることがわかっている。この断層に沿って発生する微小地震が、断層の存在と深く関連していると考えられる証拠の一つに、地震の震源機構の解析結果がある。この地域の微小地震の発震機構は、総合的に見て水平東西方向に主圧力軸、水平南北方向に主張力軸を持つ水平横ずれ型である。さらに局所的な差を詳しく見ると、それぞれの場所の断層面の走向に矛盾しないような発震機構の解が得られる。<sup>(4)</sup>

地殻内の微小地震の線状配列の多くが活断層に深く関係しているならば、地表の観察からは活断層を見出し得ない地域についても、微小地震の線状配列を手がかりに地殻内の潜在的な活断層の存在を推定することができるであろう。第4図は地殻の空間分布と次の節に述べる地震活動の時間的変化の特徴とを考え合わせて、時間空間的に集中して発生する地震活動の線状配列を線で表わしたものである。実線は明瞭に見出されくりかえし活動が確認されたもの、点線はあまり明瞭ではないが活動線が一応見出されたものをあらわす。

山崎断層沿いの微小地震のすべてが地表で見られる断層運動に直接関係しているかという点、

決っしてそうではない。震央位置の誤差は山崎断層付近で±1 Km以内であり、それから考えても、断層に沿って巾約10 Kmの中に地震が分布していると見るべきである。例えば1978年9月21日に山崎断層付近で発生した地震(M=5.1)は、断層の北側5 Kmの所で、その前に全く微小地震の見出されていない場所であった。<sup>(5)</sup> これと同じように、微小地震の線状配列は1本の線によって表わされるものではなく、多くの分枝をともなっていて、常に成長していくと見るべきである。

### 3. 微小地震活動の時間的变化

上に述べたような微小地震の空間分布は常に同じようなパターンとして見られるものではなく、時間的に大きく変化している。その意味から第4図のような地震活動のパターンを一応見出すためには、約10年の期間を必要とした。

地震活動はどのように変化していくかを詳細に説明するためには、まだ充分な分析結果がないが、定性的に大体の性質を述べることができる。山崎断層に沿う微小地震活動および、その周辺地域の活動の特徴は、比較的小規模の群発活動が時間空間的に集中して、ある地域に発生するということである。このような小規模の群発活動は、ある場所から始まり、その発生場所は次第に移動していく場合が多い。第5図には単位面積当りの地震発生数のコンターが半年毎に示されている。1967年前半姫路付近に始まる群発活動は、北東方向に移動し、1968年前半和知地震の前震活動へと続いている。また、1968年8月の和知地震発生後、加古川から始まる活動は次第に北西方向へ山崎断層に沿って延び、1970年前半には鳥取付近に達した。このような活動の変化は現在までに何回か見出されており、1975年の後半は、ちょうど山崎断層に沿う活動が北西端に達し終った時期であった。

このような変化をより定量的に分析するためには長期間にわたって均質なデータが必要であるが、山崎断層を含む地域については、ようやくそのようなデータが蓄積されてきた。地震活動の統計的な解析と同時に個々の地震に関する問題を深く追求することも必要であるが、同時に活断層についての微細構造の調査や、その運動に関するデータの収集もまた非常に重要である。

山崎断層上の兵庫県宍粟郡安富町に設置された測地基線網や伸縮変化の連続観測装置は、断層を境とする地殻表層の動きを測定しようとする目的を持っている。第6図は1975年11月から1976年6月までの伸縮計の記録であり、トンネル内に見られる顕著なすべり面ははさんで、それぞれ異なる変形が記録されているのが注目される。また、降雨の影響の現われ方や地球潮汐の振巾などが、測定点とすべり面との位置関係やその場所の破碎度などに関係して

異っている点も注目されるが、1年以上の記録が取れるのを待って解析したいと考えている。

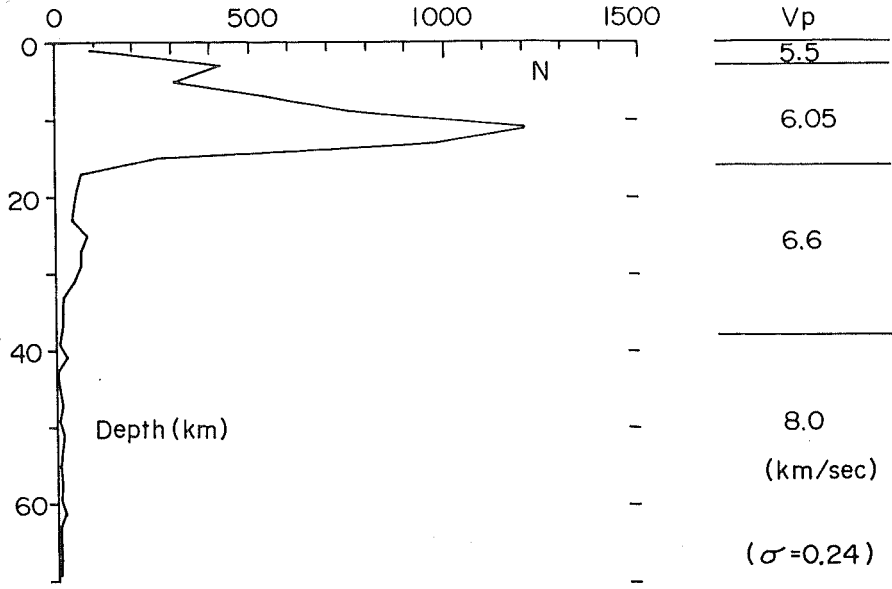
#### 4. 1975年11月～1976年2月の微小地震活動

地球電磁気学の分野での総合観測が行われた75年末は、前に述べたようにちょうど山崎断層に沿う地震活動が一段落した時期であったが、この期間の微小地震のデータを参考のため、最後に紹介しておく。

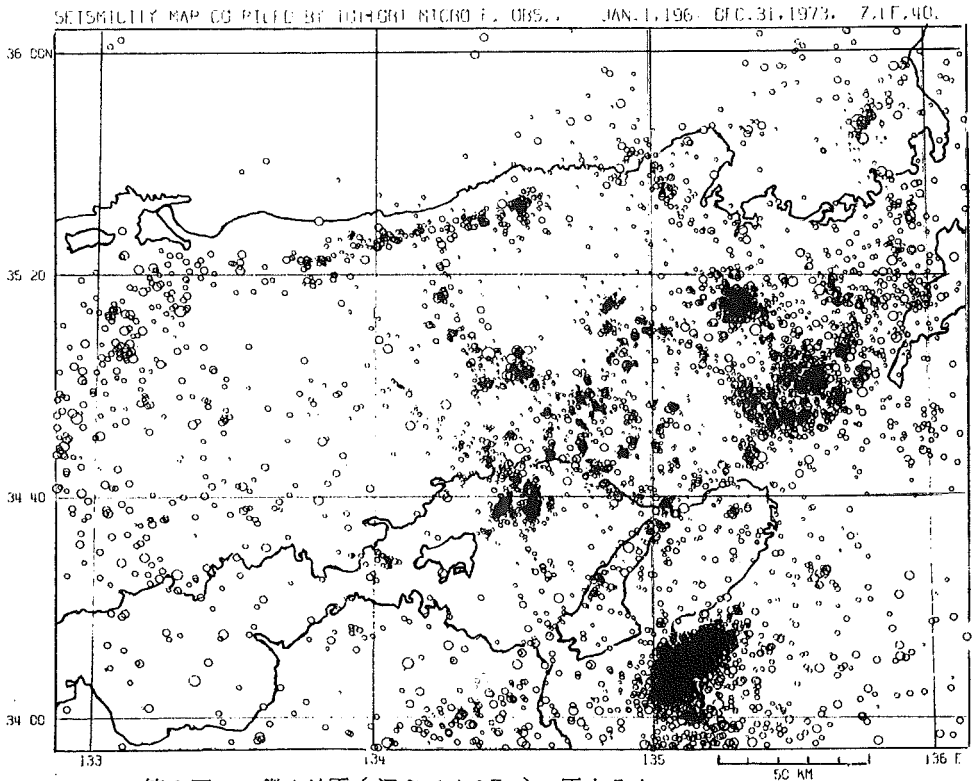
第7図および第8図はそれぞれ2ヶ月間の震央分布を示している。また、第1表は第8図中太線で囲まれた部分の地震の震源表である。この期間では12月18日および15日の群発的活動が、この地域で最も目立った活動であった。

参 考 文 献

- (1) 藤田和夫・杉村 新・垣見俊弘・松田時彦編：断層と地震，地質学論集第12号，1976年  
3月，日本地質学会
- (2) 尾池和夫：鳥取微小地震観測所の震源表について，地震第2輯，第28巻，1975年，pp.  
331～346
- (3) 藤田和夫編：第四紀地殻変動図，「近畿」，構造図3． 1/50万，1974年，地質調査  
所
- (4) KISHIMOTO, Y. and R. NISHIDA : Mechanisms of  
Microearthquakes and Their Relation to Geological  
Structures, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto  
Univ., Vol. 23, 1973, pp. 1 ~ 25
- (5) 佃 為成・中村佳重郎・岸本兆方：1973年9月21日，兵庫県山崎町附近に起った地震  
(M5.1)について，地震学会講演，1974年5月

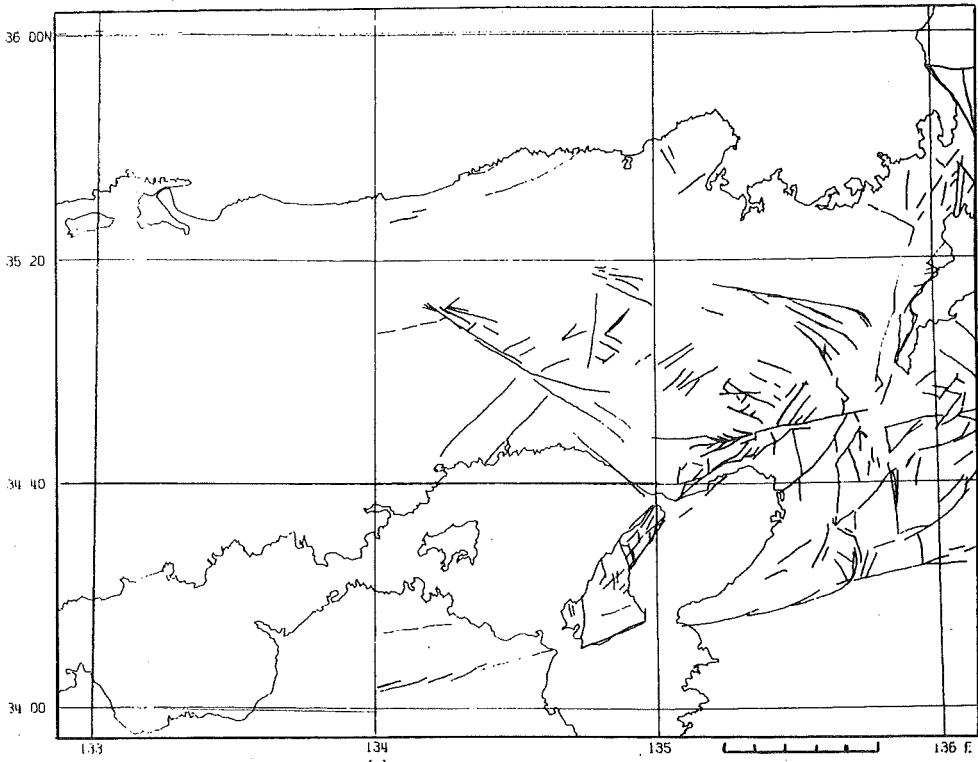


第1図 微小地震の深さ分布と地殻構造。第2図に示された地域についての結果。

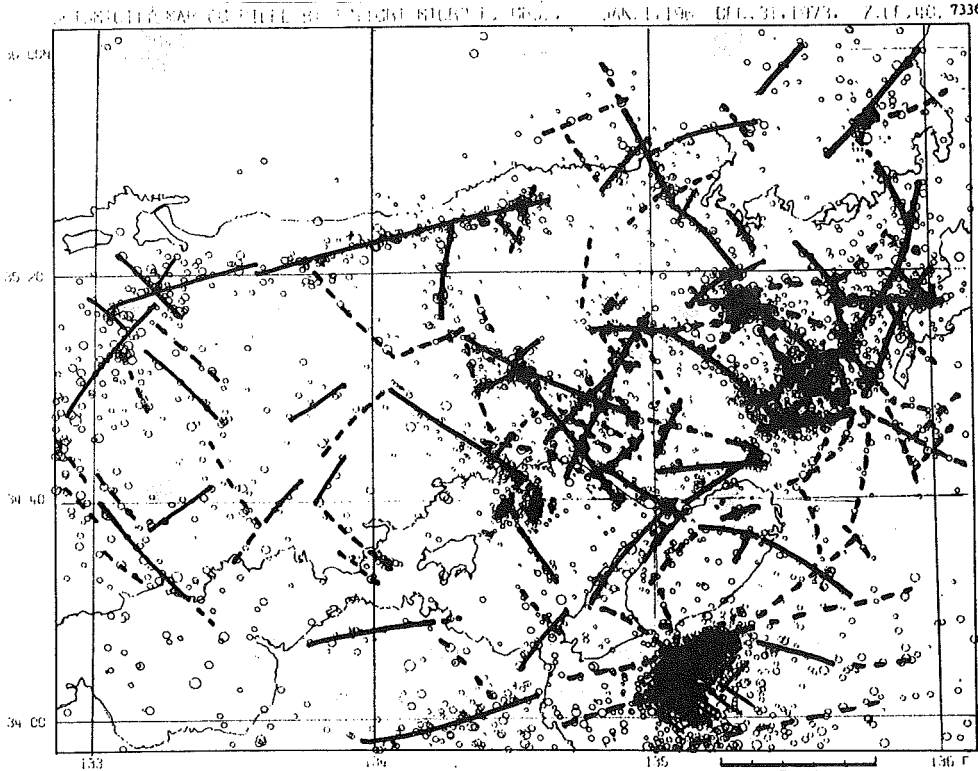


第2図 微小地震(深さ<4Km)の震央分布

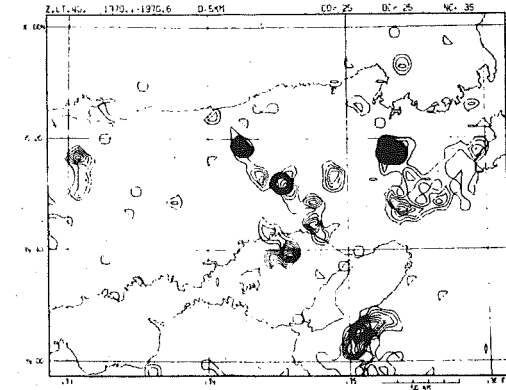
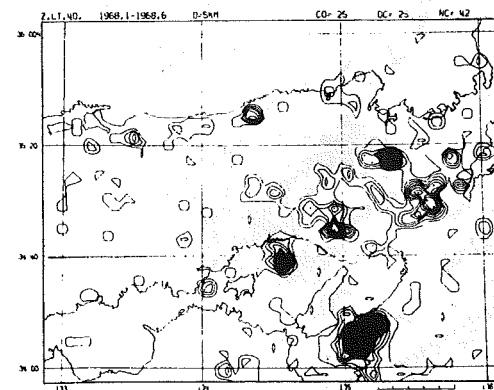
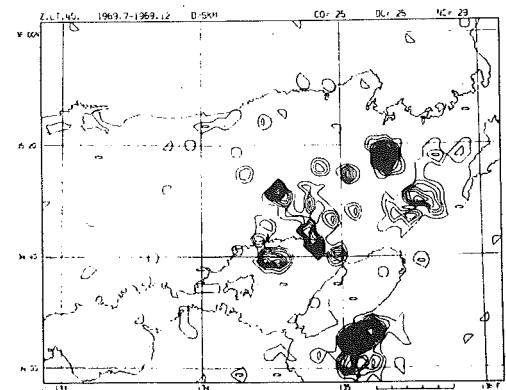
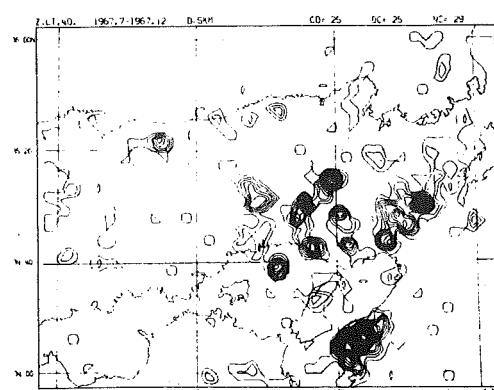
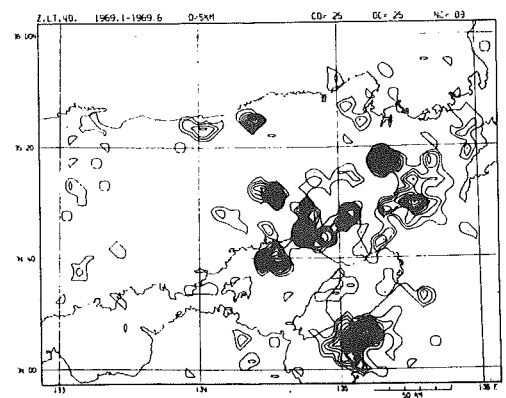
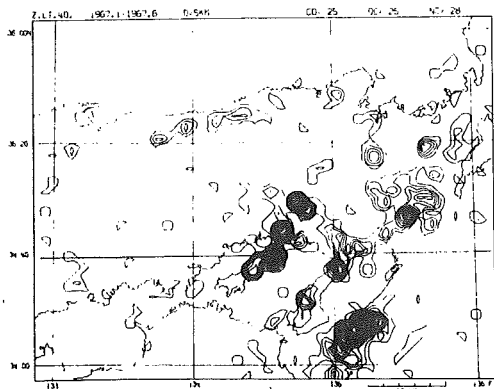
1961年~1965年5月については気象庁のデータ, 1965年6月~1974年12月については鳥取微小地震観測所のデータによる。



第3図 活断層の分布。(3) ただし134°E以西については記入されていない。

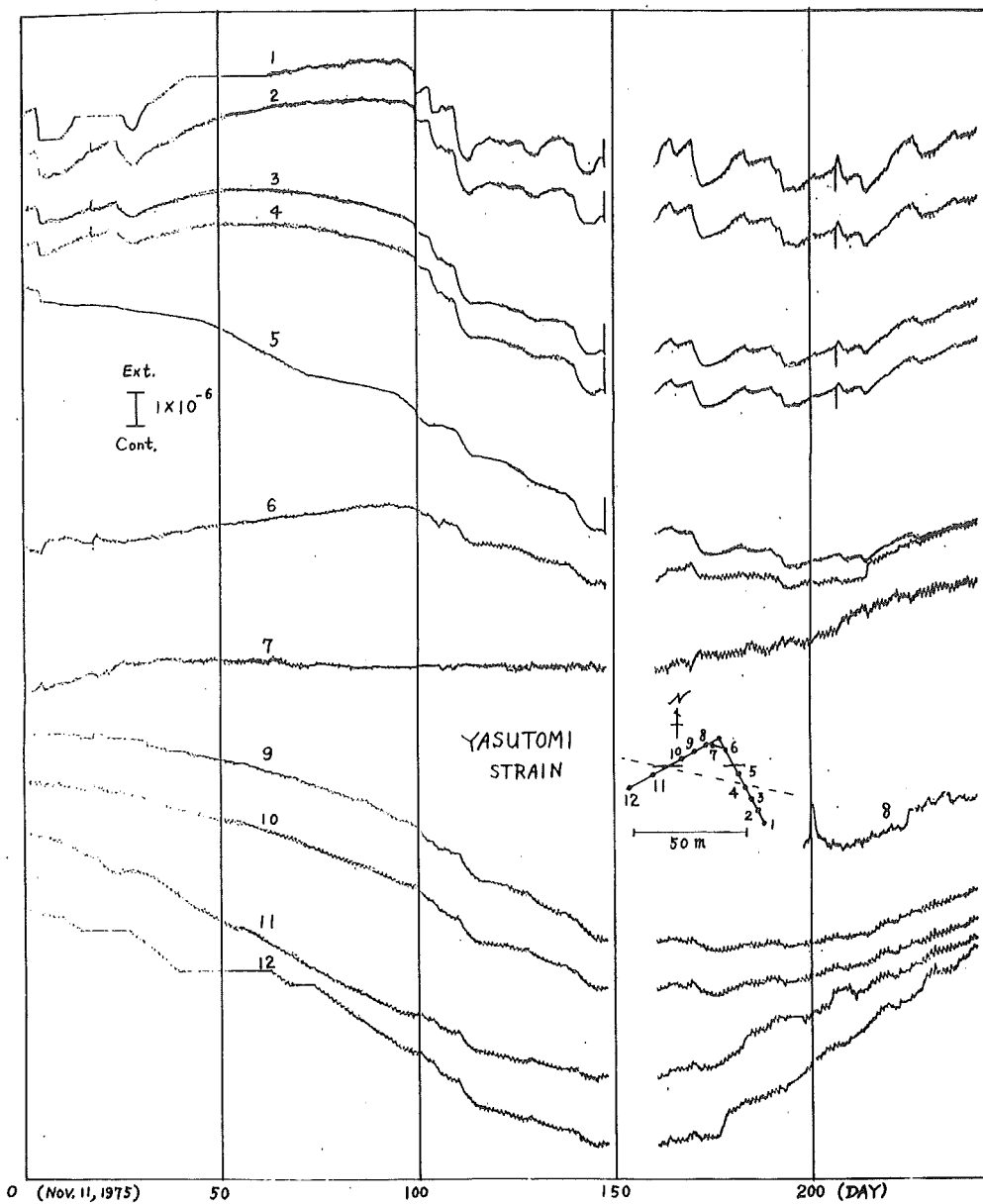


第4図 地震活動線の分布。



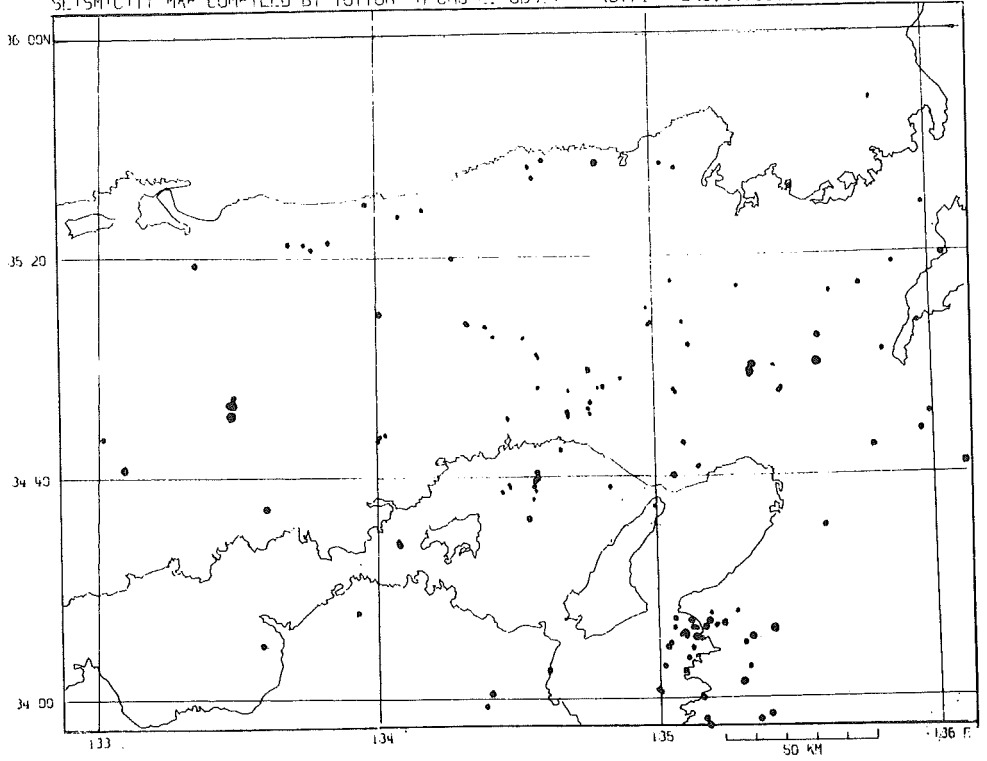
第 5 図 単位面積当たり地震発生数の分布の半年毎の変化。  
和知地震前の 1 年半および和知地震後の 1 年半を示す。





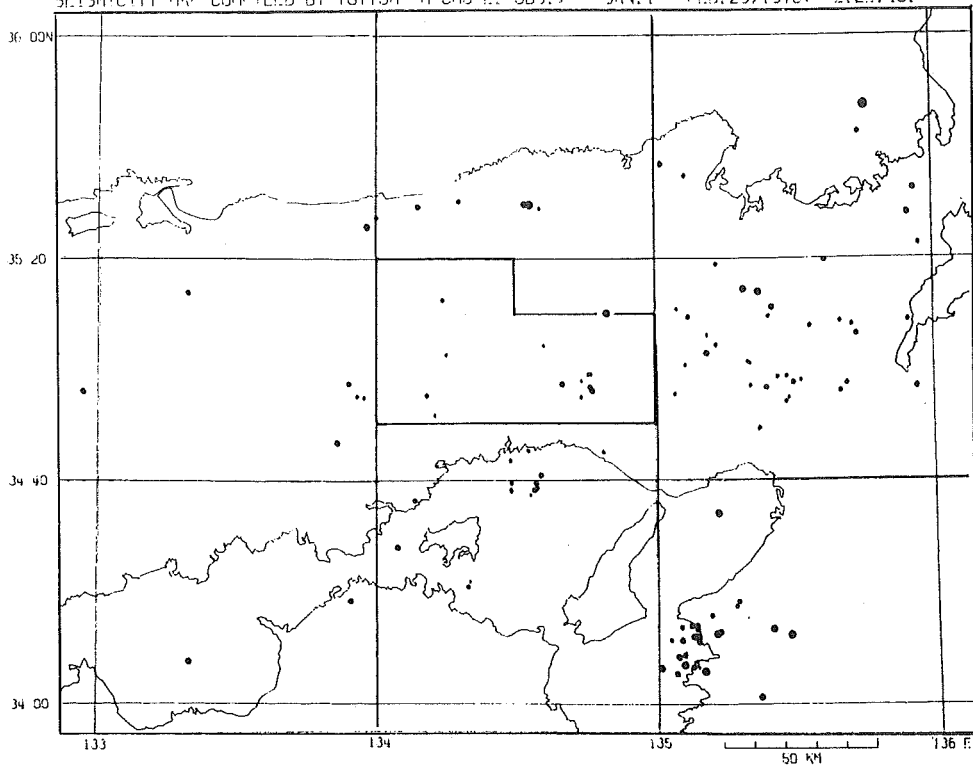
第 6 図 安富観測坑内の伸縮変化。

SEISMICITY MAP COMPILED BY TOTTORI MICRO-C. OBS. . NOV. 1 - DEC. 31, 1975. Z. LF. 40.



第7図 1975年11, 12月の震央分布。

SEISMICITY MAP COMPILED BY TOTTORI MICRO-E. OBS., JAN. 1 - FEB. 29, 1976. Z.L.F.40.



第8図 1976年1, 2月の震央分布。

第1表 1975年11月～1976年2月の地震。

第8図に示された太線で含まれる地域に発生したもの。

DATE			ORIGIN TIME			LONGITUDE		LATITUDE		DEPTH M	
Y	M	D	h	m	s	deg	min	deg	min	km	
1975	11	1	07	08	33.4	134	31.9	35	05.2	10.7	0.9
		1	08	07	20.2	134	46.1	34	53.4	13.1	1.6
		6	05	38	52.9	134	35.1	35	01.8	13.6	0.8
		6	12	04	46.1	134	45.6	34	59.5	13.1	1.1
		13	02	05	24.2	134	41.3	34	51.4	12.8	0.9
		16	08	17	04.0	134	52.7	34	57.8	*	0.9
		22	18	35	08.6	134	48.9	34	56.8	13.1	1.8
		24	19	32	32.0	134	28.2	34	50.7	6.5	1.4
		25	06	18	10.9	134	34.9	34	56.1	8.8	1.0
		26	18	50	22.4	134	16.5	35	19.8	*	1.9
		26	21	36	46.0	134	41.2	34	51.7	12.4	2.1
		27	20	37	13.3	134	41.3	34	50.9	12.0	0.9
		28	19	41	36.5	134	00.7	35	09.7	13.0	2.5
1975	12	3	10	10	42.9	134	45.7	34	52.4	10.5	1.5
		4	03	15	23.3	134	41.5	34	55.7	11.8	0.9
		6	05	18	26.0	134	47.3	34	56.0	12.9	1.1
		9	04	14	52.5	134	41.4	34	51.9	14.3	1.0
		11	07	14	33.1	134	34.7	35	02.2	13.7	1.4
		13	10	24	49.5	134	23.7	35	07.4	*	0.9
		13	19	24	35.0	134	19.6	35	08.0	12.3	2.0
		13	20	19	07.0	134	20.0	35	07.7	13.8	1.5
		13	20	28	54.8	134	19.7	35	07.6	12.9	0.7
		13	20	29	36.3	134	19.7	35	07.6	12.9	0.7
		15	08	16	39.9	134	25.5	35	05.5	8.7	0.6
		15	13	36	43.1	134	45.8	34	59.1	13.7	1.3
		15	15	40	38.0	134	46.0	34	59.3	13.3	1.1
		15	20	52	05.1	134	59.4	35	07.8	11.9	0.7
		15	20	53	15.4	134	59.0	35	07.6	13.4	0.7
		16	19	23	04.7	134	46.1	34	51.5	12.0	1.4
		25	09	50	36.9	134	46.2	34	59.5	13.4	0.8
		30	23	16	51.8	134	46.0	34	59.2	13.8	1.4
1976	1	1	09	06	07.2	134	45.6	34	59.2	12.8	1.2
		4	03	15	03.6	134	46.4	34	56.2	10.1	2.4
		4	03	15	34.1	134	45.9	34	56.9	11.8	2.0
		5	05	57	43.6	134	10.8	34	55.3	15.1	1.8
		8	11	36	54.2	134	35.4	34	41.0	*	2.0
		19	01	50	49.9	134	15.0	35	02.6	14.1	1.0
		19	04	41	29.6	134	46.2	34	59.2	14.2	0.9
		28	09	04	27.4	134	12.7	34	51.8	16.4	1.1
1976	2	2	22	58	10.9	134	39.9	34	57.4	8.3	2.2
		9	21	42	39.7	134	46.0	34	59.3	11.4	0.6
		11	17	11	57.5	134	36.0	35	04.3	*	0.7
		13	09	17	52.1	134	44.0	34	55.1	12.5	0.9
		19	06	23	10.6	134	46.2	34	59.2	14.2	1.1
		20	20	32	17.6	134	44.1	34	58.0	11.1	0.9
		28	18	32	48.9	134	14.2	35	12.4	10.0	1.5