

地震活動帯における空白域と地震発生の関係について

中尾 節郎・渋谷 拓郎・西田 良平・佃 為成・
尾池 和夫

RELATION BETWEEN SEISMIC GAPS AND OCCURRENCE OF EARTHQUAKES IN ACTIVE SEISMIC ZONES

By *Seturo NAKAO, Takuo SHIBUTANI, Ryohei NISHIDA,*
Tameshige TSUKUDA and Kazuo OIKE

Synopsis

We investigated relations between seismic gaps in active seismic zones and occurrence of middle-size earthquakes by using of a microearthquake catalog compiled for 25 years by Tottori Observatory which belongs to Research Center for Earthquake Prediction, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University. Our study sites are active seismic zones of Tottori region, Tottori-Shimane border region and Yamasaki Fault region in the Inner zone of Southwest Japan. We examined preceding seismic activity in and around a focal area of 10 middle-size earthquakes in the active seismic zones.

The result is that in most cases a middle-size earthquake(s) occurred in a seismic gap in the active seismic zones, some of which were preceded by small-size earthquakes. To point out present seismic gaps in active seismic zones can, therefore, be a clue of prediction of inland middle-size earthquakes. We investigated spatial distribution of the hypocenters in detail and found out 19 seismic gaps in the active seismic zones. After we pointed out the seismic gaps, earthquakes with magnitude 3.9 and 4.0 occurred in one of the seismic gaps.

We intend to keep watch on seismic activity in and around these seismic gaps and try to detect precursory change of the seismic activity before occurrence of middle-size earthquakes.

1. は じ め に

1964年, 鳥取市円護寺に京都大学防災研究所附属鳥取微小地震観測所(以後, 本所と呼ぶ)が設立され, 翌年鳥取県および兵庫県中西部の5ヶ所の衛星観測点による微小地震の連続観測が始まった。1976年, テレメータ方式による地震波データの集中記録システムが導入され, さらに1978年までに本所及び4ヶ所の衛星観測点が増設され, 以後合計10観測点による地震観測が行なわれている。近畿地方北西部から中国地方東部までの地域において, 詳細な微小地震のデータの処理・解析・研究が実施されている。観測点の配置図をFig. 1に, その座標をTable 1に示す。1990年, 本所は, 京都大学防災研究所附属地震予知研究センターに統合され, 鳥取観測所と名称が変更された。現在までの約25年間の地震活動については, 橋爪¹⁾, 一戸²⁾をはじめとして, 数多く報告されている³⁾⁻¹¹⁾。尾池¹²⁾は, 断層地域における地震

Table 1. List of the observation stations. The origin of x-y coordinates is (35°00'00"N, 134°30'00"E).

Station	Code	Longitude	Latitude	x (km)	y (km)	Altitude (m)
Tottori	TTT	134°14'16.0"	35°30'52.9"	-23.789	57.136	10
Kurayosi	KYT	133 50 01.9	35 26 21.2	-60.488	48.931	100
Sikano	SNT	134 01 13.3	35 24 37.8	-43.569	45.648	200
Chizu	CZT	134 17 32.8	35 16 07.0	-18.889	29.820	300
Mikazuki	MZT	134 26 40.5	34 59 12.0	-5.059	-1.478	200
Oya	OYT	134 39 56.8	35 19 18.5	15.075	35.714	230
Izumi	IZT	134 53 15.5	34 58 20.0	35.399	-3.014	230
Hikami	HMT	135 02 36.6	35 13 35.5	49.477	25.265	250
Tari	TRT	133 12 05.8	35 06 07.8	-118.379	12.100	480
Kume	QMT	133 50 56.8	35 05 18.6	-59.356	10.012	330

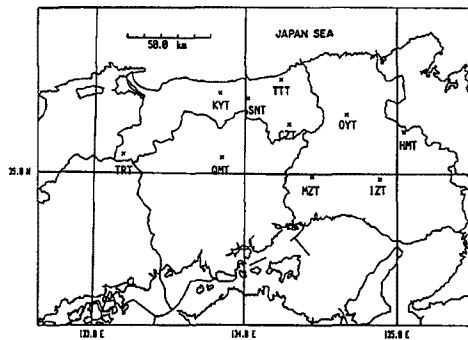


Fig. 1. Distribution of the observation stations. Their locations are listed in Table 1.

活動は空白域を埋めるように起こると考え、山崎断層周辺の3つの地震の本震発生前に周辺の地震活動が「長期の空白」、「中期の空白域の拡大と縮小」および「短期の空白」と変化することをみつけた。一方、Tsukuda¹³⁾は鳥取県三朝付近において隣接地域の活発な地震活動に対し、地震活動のない空白域を指摘し、その空白域に発生した鳥取県中部の地震(M6.2)前に地震活動が「静穏化」、「活発化」することを報告した。また、Tsukuda¹⁴⁾は山崎断層における現在の空白域を指摘している。

本研究では、1965年から今日までに得られたデータに基づいて認められる、地震活動が活発な地域帯(以後、活動帯と記す)に注目し、その活動帯の中の地震が発生

していない地域(以後、空白域と記す)を埋めるように、M4以上の地震が発生する傾向があること等を例を挙げて示す。さらに、現在の活動帯の中の空白域の検出を試みる。あらかじめ指摘した空白域を注意深く観察し、M4以上の地震の前兆的地震活動変化の検出を試みることは、内陸地震の予知におけるひとつの手がかりとなると考えている。

2. 解析方法

2.1 データ

解析に用いたデータは、鳥取観測所によって、1965年から震源決定されたデータ(以後、震源データと呼ぶ)である。1976年のテレメータ化にともない、その前後でデータの質が異なる。(その理由を以下に述べる。)

1965年から1978年までは尾池³⁾による震源データを用いた。この震源データは主として大屋(OYT)、泉(IZT)、三日月(MZT)観測点のPタイムおよびSタイムを用いて決定されたものである。以後、この震源データを第I期データと呼ぶ。1976年のテレメータ化により地震波形データが鳥取観測所に集中記録されるようになり、1978年9月から10観測点のPタイム、Sタイムの読み取りが行なわれるようになった。1979年からのデータは、以下に述べる震源決定法を用いて決定したものである。以後、この震

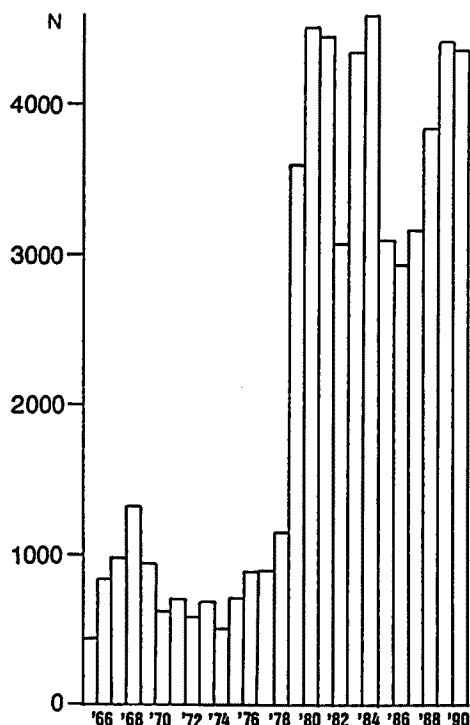


Fig. 2. The number of earthquakes determined during each year from 1965 to 1990.

源データを第Ⅱ期データと呼ぶ。

まず origin time を P タイムと S-P タイムから求め、固定し、初期震源を計算する。次にその初期震源から出発し、adaptively damped least squares method [Lienert et al.¹⁵⁾] によるイタレーションを行ない、本震源を求める。S タイムの重みは P タイムの 10 分の 1 程度にしている。観測点間の高度差は、表層の P 波速度を 4.0 km/s と仮定して補正した。震源決定に用いた 1 次元速度構造は、尾池³⁾が用いたものと同じである。

以上の震源決定の結果から得られた年別地震発生頻度を Fig. 2 に示す。この図の顕著なピークは 1968 年の和知地震、1983 年の鳥取県中部の地震、1984 年の山崎断層の 3 つの地震およびそれらの余震群によるものである。この図において、1978 年以前と 1979 年以後にみられる地震数の差は、上で述べた震源データの違いによるものである。

第Ⅰ期データの震央分布図を Fig. 3 に、第Ⅱ期データの震央分布図を Fig. 4 に示す。Fig. 3 では観測点が観測域の東部にかたよっているため、観測域西部の検知能力が低い。その結果、観測域西部では M2 以下の地震は震源決定されていないことがあるので、Fig. 3 において観測域西部では大きな地震だけがプロットされている⁶⁾。この点を除けば、Fig. 3 と Fig. 4 において地震

発生の様子に大差はみられない。Fig. 3 と Fig. 4 を合わせた震央分布図を Fig. 5 に示す。1990 年 12 月 31 日現在、震源データ（砕石発破を含む）の数は 57,534 個である。

Fig. 5 に示す震央分布図における地震活動の活発な地域として、鳥取地域、鳥取・島根県境地域、山崎断層地域、北丹後地域および兵庫県南東地域が挙げられ、これらの地域を活動帯と呼ぶ。これに対して、兵庫県中部地域や岡山県北部地域には地震活動の低い地域がみられこれらの地域を非活動帯と呼ぶ。本研究では、上述した地震活動の活発な地域の中の空白域と地震発生の関係を調べる。震源決定精度、検知能力を考慮して鳥取地域、鳥取・島根県境地域、山崎断層地域の活動帯について解析を行なった。それぞれを Fig. 6 に A, B, C で示す。

2.2 方 法

マグニチュード（以後、M と呼ぶ）4 以上の地震の発生前の地震活動の様子を、1965 年にさかのぼって時空間分布図、および、期間で区分した震源分布図を用いて詳しく調べる。鳥取県中部の地震（1983 年 10 月 31 日 M6.2）を例にとり、具体的に説明する。Fig. 7 は、本震の周辺の震央分布図、及びその図中 ABCD の範囲における地震活動を A-B に投影し、1965 年 6 月 1 日から 1990 年 12 月 31 日までを、（12 ヶ月毎に印して）時空間的にみた分布図である。矢印で本震（活動）を示す。本震発生時より以前の時空間分布図において、中央のゾーン 2 ヶ所の網かけがほどこされている部分が活動がある期間で、そうでない部分が活動がないと思われる期間である。このように時空間分布図により地震活動の様子を探り、活動がない時期とある時期とを区分し、それぞれの時期について震央分布図・断面図を作成して、地震活動を詳しく調べることにした。なお、活動帯に隣接する地域での地震については、データ数が少ないこともあって震央分布図のみ作成して調べた。

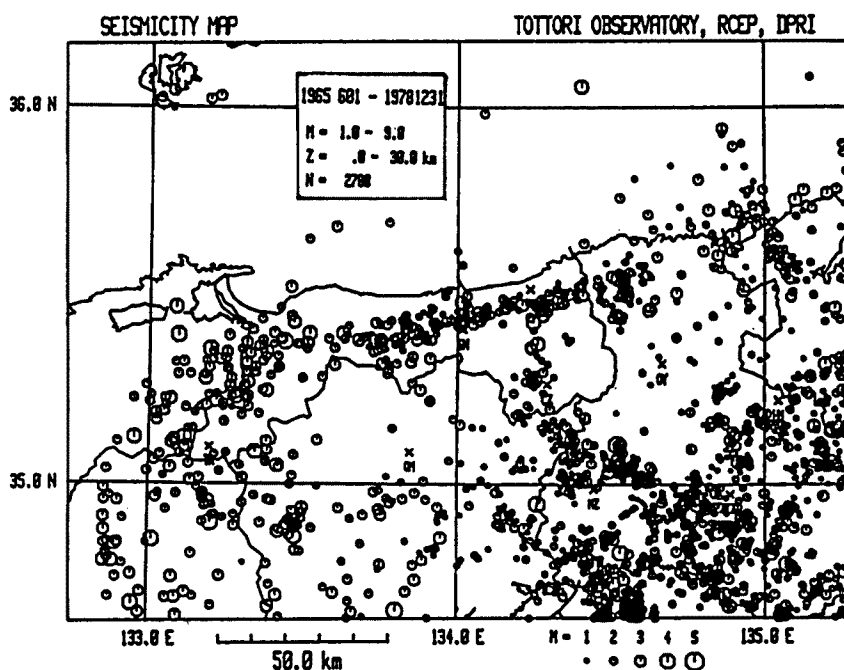


Fig. 3. Epicenter distribution for the period from 1965 to 1978. The data are derived from Oike (1975). Crosses show the observation stations at present, among which OYT, MZT and IZT (see also Fig. 1) were used to determined these hypocenters. Earthquakes with magnitude greater than 1.0 and depth shallower than 30 km are plotted. The total number is 2,788.

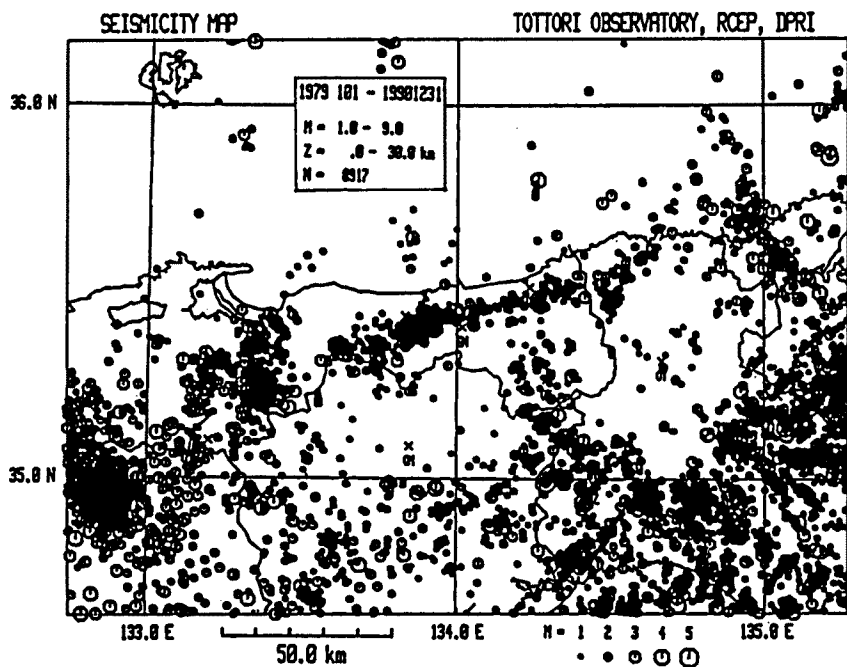


Fig. 4. Epicenter distribution for the period from 1979 to 1990. Crosses show the observation stations. Earthquakes with magnitude greater than 1.0 and depth shallower than 30 km are plotted. The total number is 8,917.

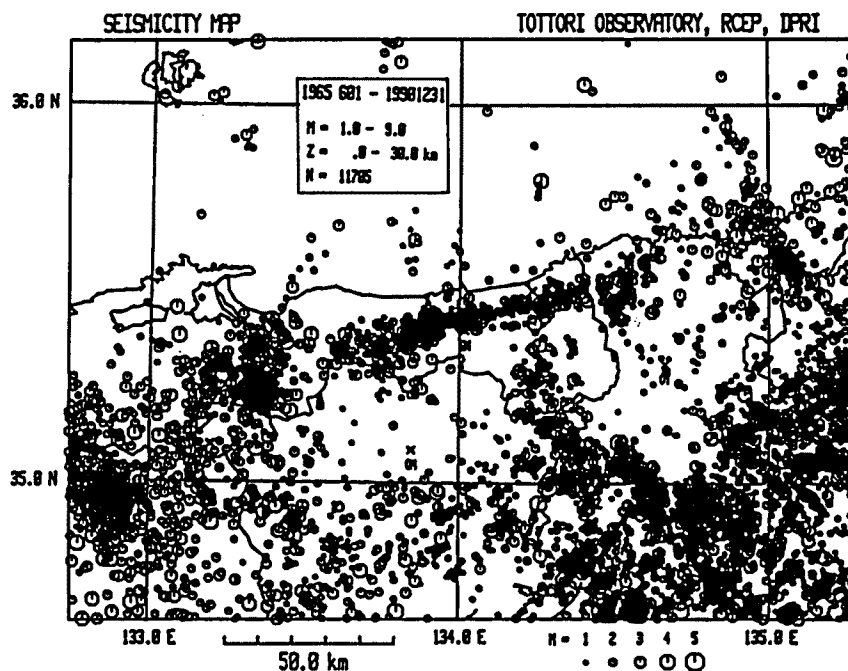


Fig. 5. Epicenter distribution for the period from 1965 to 1990. Crosses show the observation stations. Earthquakes with magnitude greater than 1.0 and depth shallower than 30 km are plotted. The total number is 11,705.

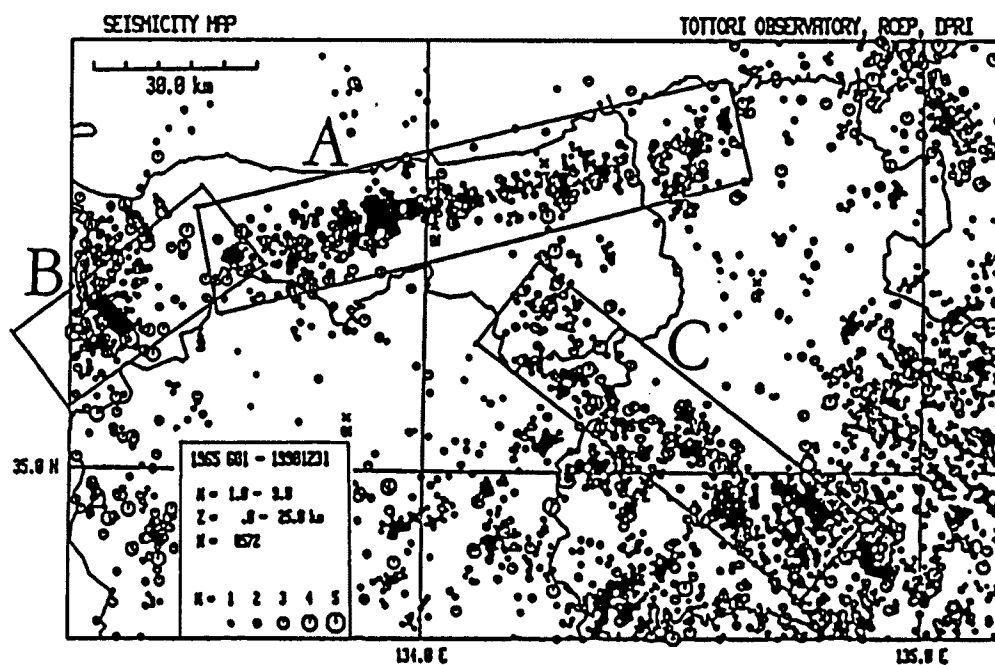


Fig. 6. Three active seismic zones: A, B and C are indicated by enclosing with the open rectangles. A, B and C denote Tottori region, Tottori-Shimane border region and Yamasaki Fault region, respectively.

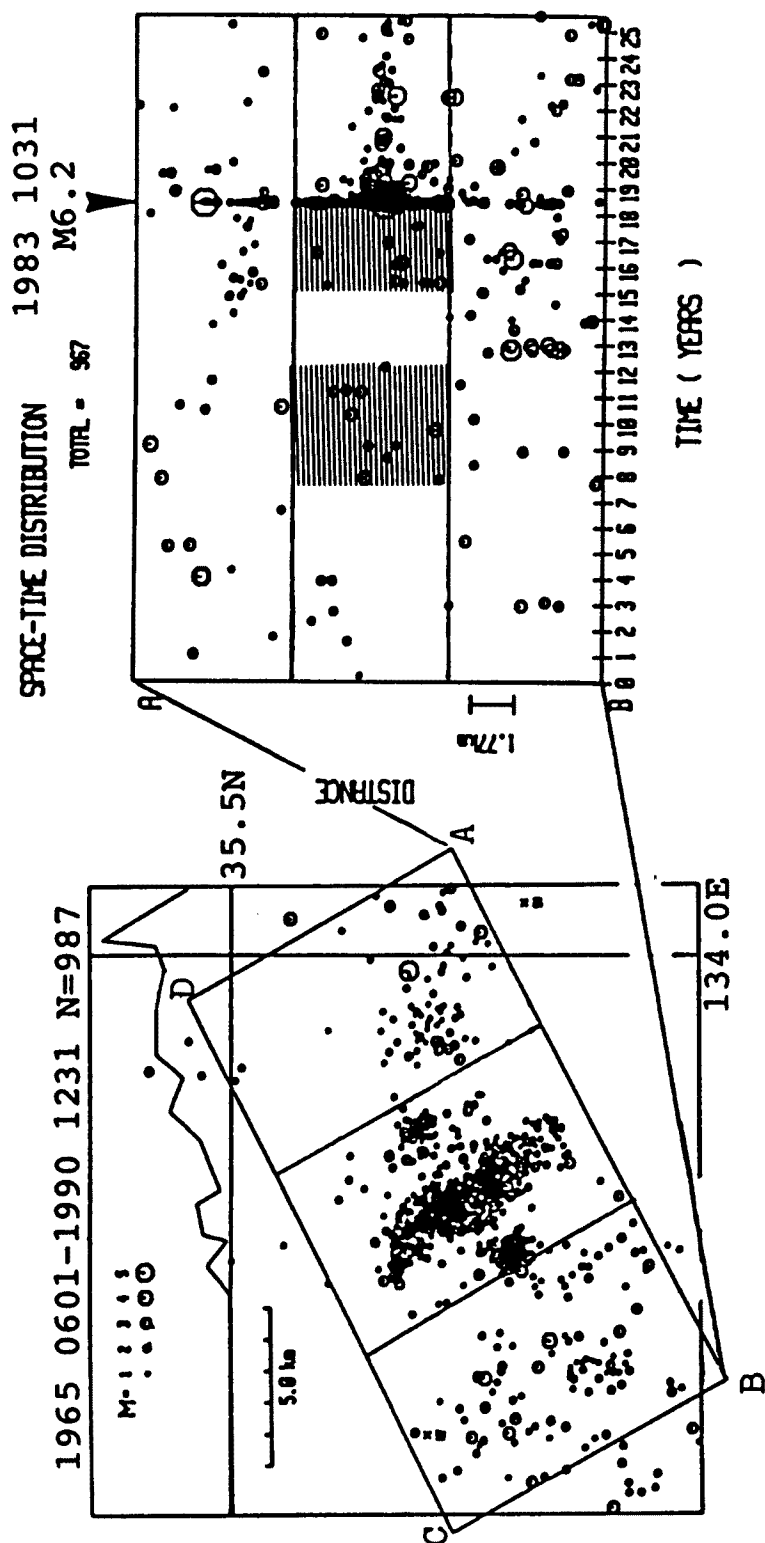


Fig. 7. Epicenter distribution (left) and space-time distribution (right) for the central Tottori prefecture earthquake of 1983. Earthquakes in the rectangle ABCD are plotted into the space-time distribution diagram by projecting onto the line AB. Thus the vertical axis of the space-time diagram corresponds to the line AB in the epicenter map. The horizontal axis of the space-time diagram is time (year) and its origin is June 1, 1983. The wedge on the upper side of the space-time diagram indicates occurrence of the central Tottori prefecture earthquake. Two shadowed regions before the main shock show periods in which seismicity in the middle part became active.

Table 2. List of earthquakes investigated in this paper. The earthquake numbers correspond to those in Fig. 8

No.	Y	M	D	h	m	Mag.	Lon.	Lat.
1	1973	05	12	23	08	4.2	134.5285°	35.0366°
2			09	21	11	4.9	134.5218	35.1083
3	1977	09	30	16	23	4.0	134.6183	35.0091
4	1979	10	13	16	30	4.3	134.7816	34.9541
5	1979	12	28	23	54	4.9	134.4139	34.9351
6	1983	03	08	15	01	4.3	133.3662	35.2658
	1989	10	27	07	41	5.3	133.3778	35.2523
			11	02	04	5.4	133.4123	35.2157
	1990	11	21	10	44	5.1	133.3678	35.2657
			11	23	19	5.2	133.3679	35.2632
7	1983	10	31	01	51	6.2	133.9198	35.4199
				01	55	5.7	133.9964	35.4450
8	1984	05	30	09	39	5.6	134.6056	34.9413
9	1985	07	02	13	20	4.8	133.6114	35.3590
10	1990	09	29	07	57	5.4	134.2899	34.9911

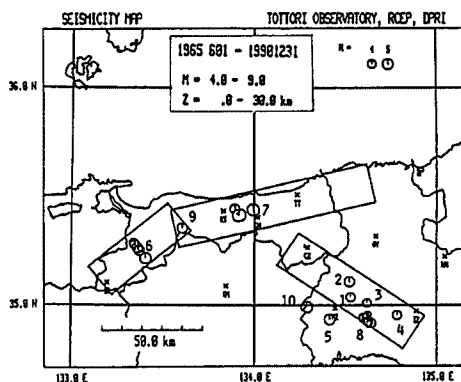


Fig. 8. Location of middle-size earthquakes studied in this paper. Their parameters are listed in Table 2. Three open rectangles indicate the active seismic zones shown in Fig. 6.

Fig. 5 に示す震央分布図内で M 4 以上の地震は 49 あった。その中で、Fig. 6 に示す活動帯や活動帯に隣接する地域の地震にしぼると 41 になり、さらに単発およびデータ数が少ないため解析できない地震 (13)、あるいは同一地震活動に含まれる地震 (18) を除くと、10 の地震 (活動) が選び出された。今回はその 10 例の地震 (活動) について解析を行なった。その震央分布図を Fig. 8 に、震源要素を Table 2 に示す。

3. 解析結果

10 例の地震の解析結果を、Fig. 6 で示した鳥取地域 (A)、鳥取・島根県境地域 (B)、山崎断層地域 (C)、山崎断層に隣接する地域の順で以下に述べる。

1) 1983 年 10 月 31 日鳥取県中部の地震 (M 6.2, 地震番号 7)

Fig. 6 に示した A の活動帯に発生した地震である。活動帯に沿う震央分布図とその走向に沿った断面図を、期間 (a), (b), (c) に区分して Fig. 9 に示す。Fig. 9 の矢印 (震央分布図と断面図) をしたマルの中の地震活動に注目すると、(a) の期間は空白域で、(b) の期間にやや活動が活発となり、(c) の期間において (a) の空白域を埋めるようにして地震が発生している。

2) 1985 年 7 月 2 日鳥取県大山火山付近の地震 (M 4.8, 地震番号 9)

A の活動帯で発生した地震で、期間 (a), (b), (c) に区分して震央分布図と断面図を Fig. 10 に示す。Fig. 10 の矢印をしたマルの中の地震活動に注目すると、(a) の期間は空白域で、(b) の期間にやや地震活動が活発となり、(c) の期間において (a) の空白域を埋めるようにして本震が発生している。

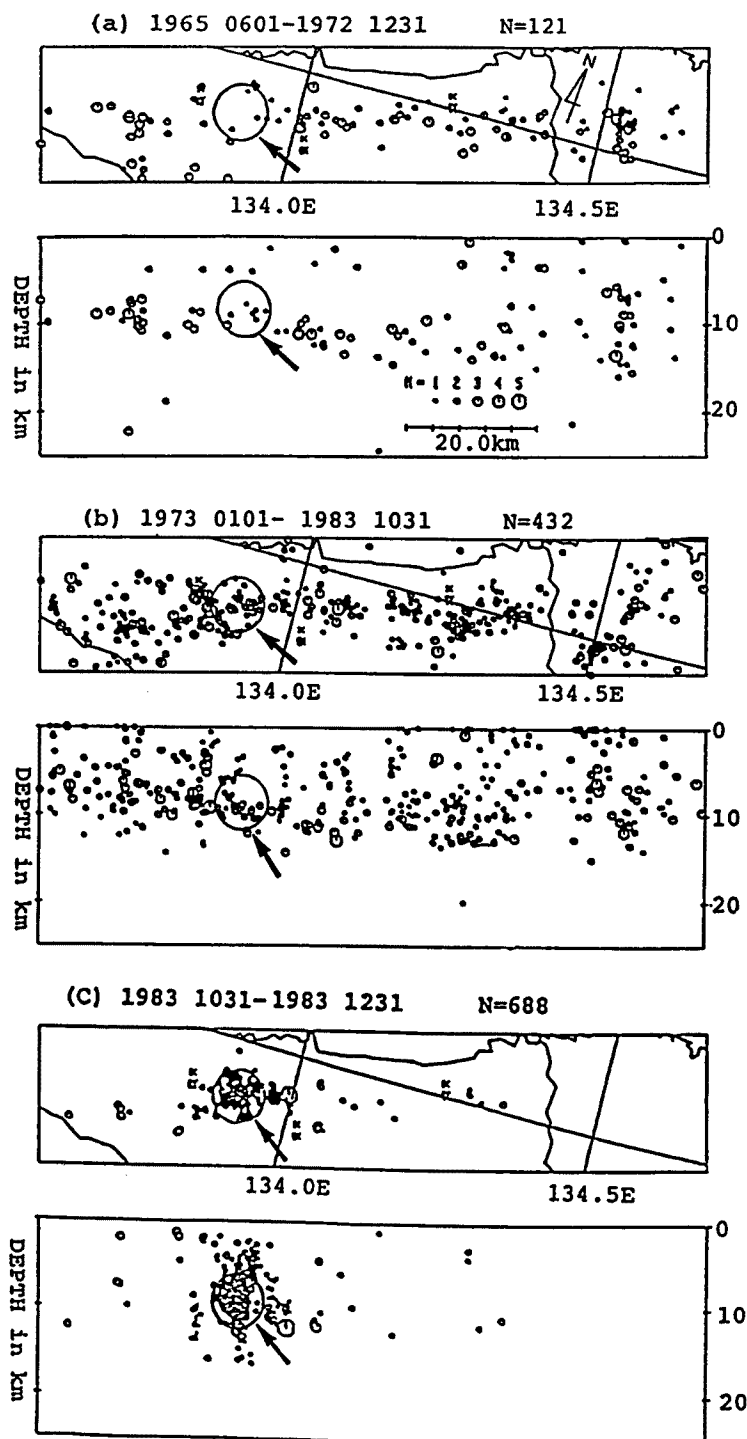


Fig. 9. Epicenter distribution (upper) and vertical cross section (lower) before and after the central Tottori prefecture earthquake (No. 7 in Table 2 and Fig. 8). They are shown by being divided into three periods (a), (b) and (c). Thick circles that are pointed out with arrows represent a focal area of the earthquake.

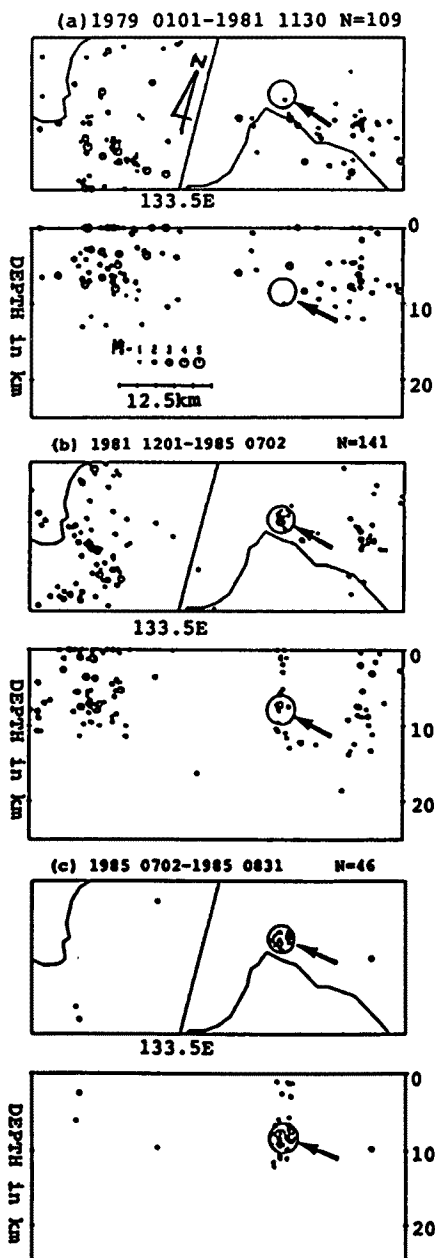


Fig. 10. Epicenter distribution (upper) and vertical cross section (lower) before and after swarm near Daisen volcano (No. 9 in Table 2 and Fig. 8). They are shown by being divided into three periods (a), (b) and (c). Thick circles that are pointed out with arrows represent a focal area of the swarm.

3) 1990年11月23日鳥取県西部の地震 (M 5.2, 地震番号6)

Fig. 6に示したBの活動帯に発生した地震である。期間(a), (b), (c), (d)に区分して震央分布図と断面図をFig. 11に示す。Fig. 11の矢印をしたマルA, Bの中の地震活動に注目すると, (a)の期間はマルA, B共に空白域である。(b)の期間にマルABとも活動がやや活発となり, マルBでは1989年10月から11月にかけて(期間(c)) M 5.3, M 5.4を含む群発地震が, マルAでは1990年11月から12月にかけて(期間(d)) M 5.1, M 5.2を含む群発地震が発生している。ここで注意しなければならないのは, (a)の期間は前述した第I期データを用いており, 他の期間と比べて検知能力が低いということである。さらに細かくみると, 1989年の群発地震はマルB(期間(b))のほぼ中央にある小さな空白域をうめるように発生しているし, 1990年の群発地震もマルAの過去の活動(期間(b))の東側の空白域を埋めるようにして発生している。なお, (d)の活動は(c)の活動域の北西部に隣接して発生した。

4) 1973年5月12日兵庫県山崎付近の地震 (M 4.2, 地震番号1)

Fig. 6に示した, Cの活動帯に発生した地震である。期間(a), (b)に区分して震央分布図と断面図をFig. 12に示す。Fig. 12の矢印をしたマルの中の地震活動に注目すると, (a)の期間は空白域で, (b)の期間に(a)の空白域を埋めるようにして地震が発生している。

5) 1977年9月30日兵庫県安富付近の地震 (M 4.0, 地震番号3)

Cの活動帯に発生した地震で, 期間(a), (b)に区分して震央分布図と断面図をFig. 13に示す。Fig. 13の矢印をしたマルの中の地震活動に注目すると, (a)の期間は空白域で (b)の期間に (a)の空白域を埋めるようにして地震が発生している。

6) 1979年10月13日兵庫県福崎付近の地震 (M 4.3, 地震番号4)

Cの活動帯に発生した地震で, 期間(a), (b)に区分して震央分布図と断面図をFig. 14に示す。Fig. 14の矢印をしたマルの中の地震活動に注目すると, (a)の期間は空白域で (b)の期間に (a)の空白域を埋めるようにして地震が発生している。

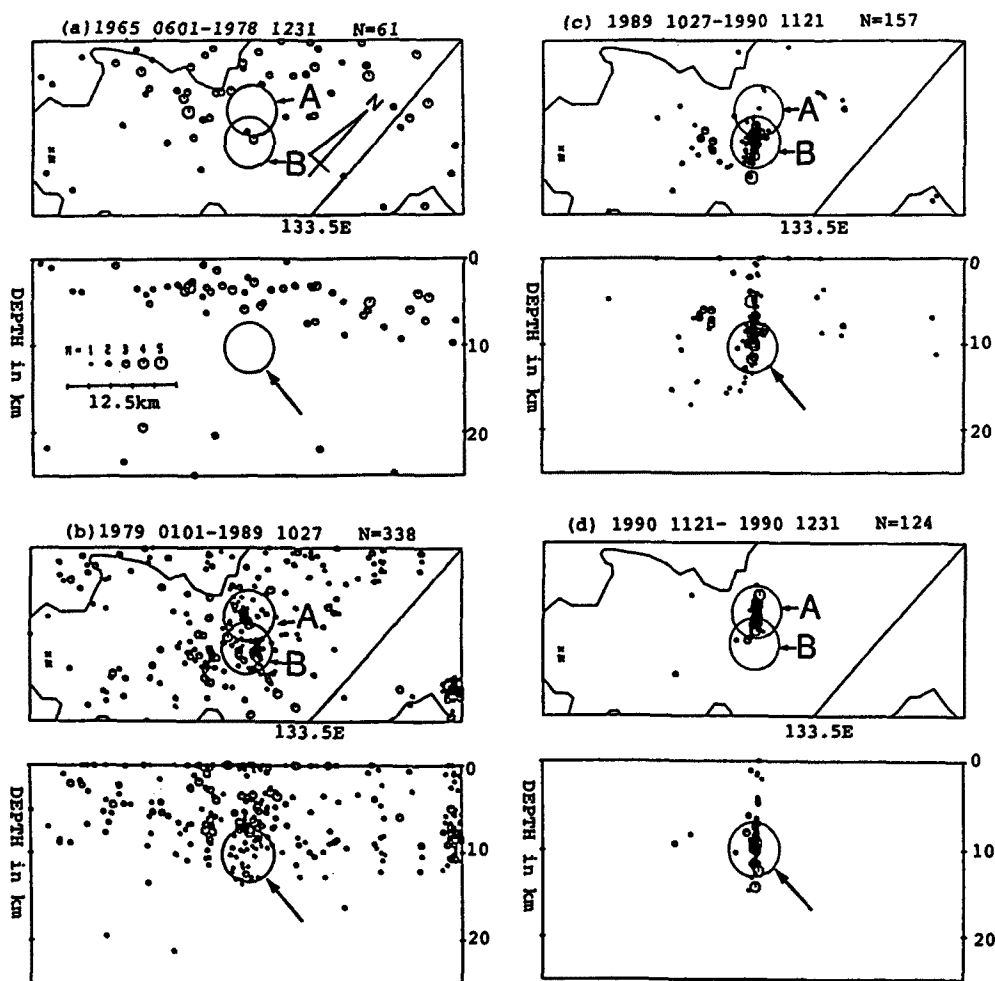


Fig. 11. Epicenter distribution (upper) and vertical cross section (lower) before and after swarm in the western part of Tottori prefecture (No. 6 in Table 2 and Fig. 8). They are shown by being divided into four periods (a), (b), (c) and (d). Thick circles that are pointed out with arrows represent a focal area of the swarm.

7) 1984年5月30日兵庫県山崎断層の地震 (M 5.6, 地震番号 8)

Cの活動帯に発生した地震で、期間(a), (b), (c)に区分して震央分布図と断面図を Fig. 15 に示す。Fig. 15 の矢印をしたマルの中の地震活動に注目すると、(a)の期間は空白域で、(b)の期間に活動がやや活発になり、(c)の期間に(a)の空白域を埋めるようにして地震が発生している。

8) 1973年9月21日兵庫県安積付近の地震 (M 4.9, 地震番号 2)

活動帯に隣接した非活動域に発生した地震で、期間(a), (b)に区分して震央分布図を Fig. 16 に示す。Fig. 16 の矢印をしたマルの中の地震活動に注目すると、(a)の期間は空白域で、(b)の期間に非活動域にしみだしたように、(a)の空白域に地震が発生している。

9) 1979年12月28日兵庫県三日月付近の地震 (M 4.9, 地震番号 5)

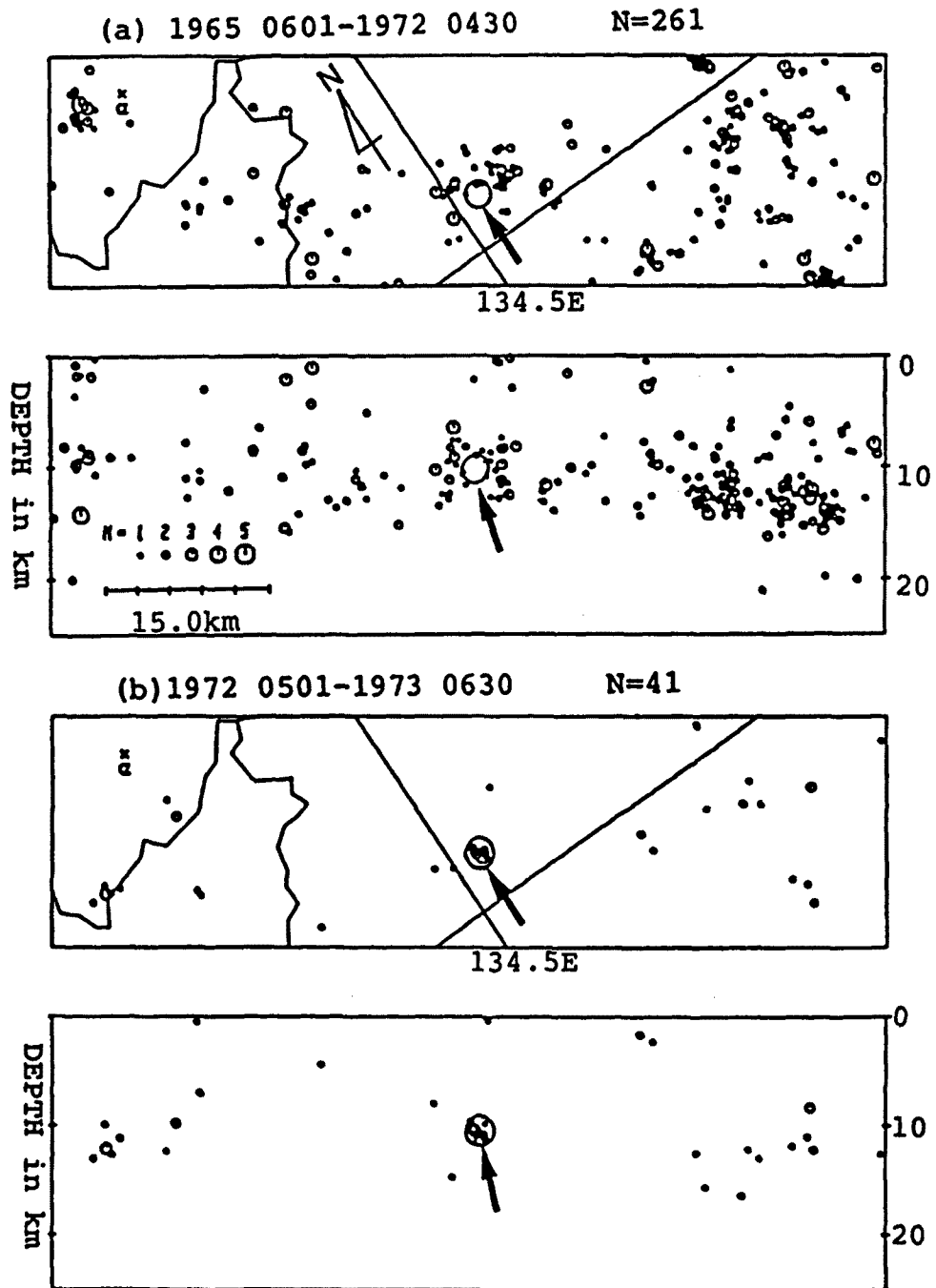


Fig. 12. Epicenter distribution (upper) and vertical cross section (lower) before and after swarm near Yamasaki (No. 1 in Table 2 and Fig. 8). They are shown by being divided into two periods (a) and (b). Thick circles that are pointed out with arrows represent a focal area of the swarm.

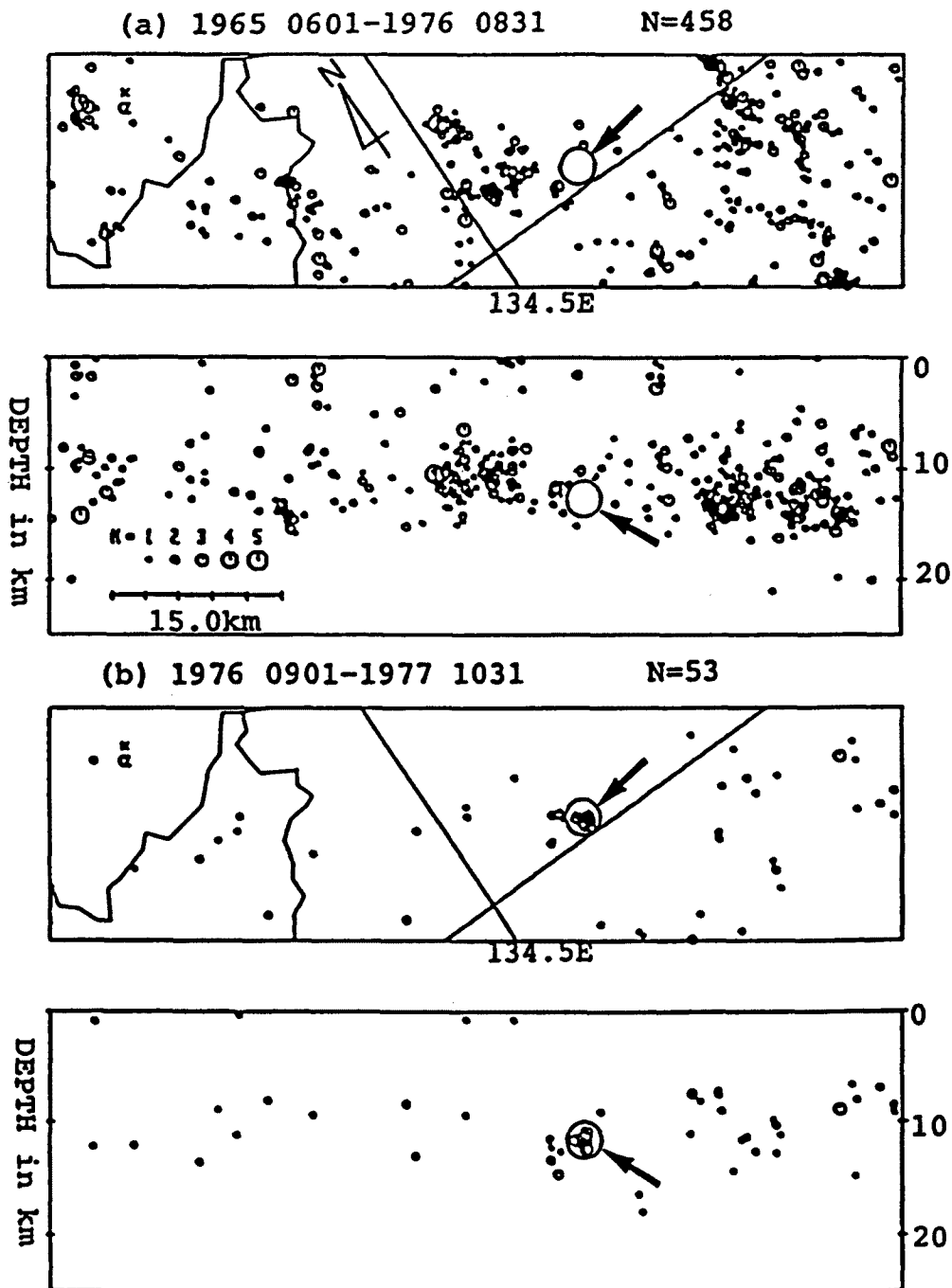


Fig. 13. Epicenter distribution (upper) and vertical cross section (lower) before and after swarm near Yasutomi (No. 3 in Table 2 and Fig. 8). They are shown by being divided into two periods (a) and (b). Thick circles that are pointed out with arrows represent a focal area of the swarm.

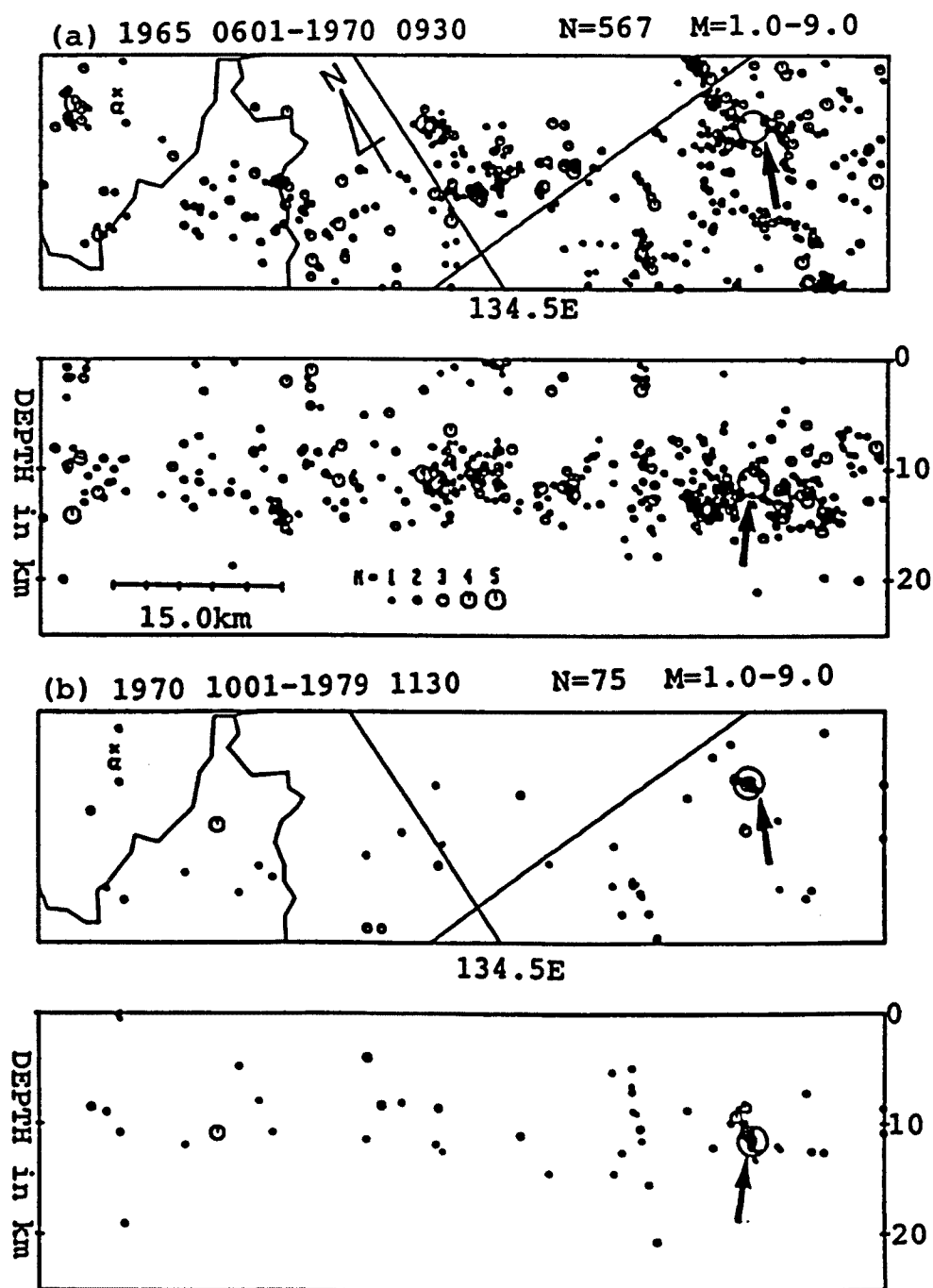


Fig. 14. Epicenter distribution (upper) and vertical cross section (lower) before and after swarm near Fukusaki (No.4 in Table2 and Fig.8). They are shown by being divided into two periods (a) and (b). Thick circles that are pointed out with arrows represent a focal area of the swarm.

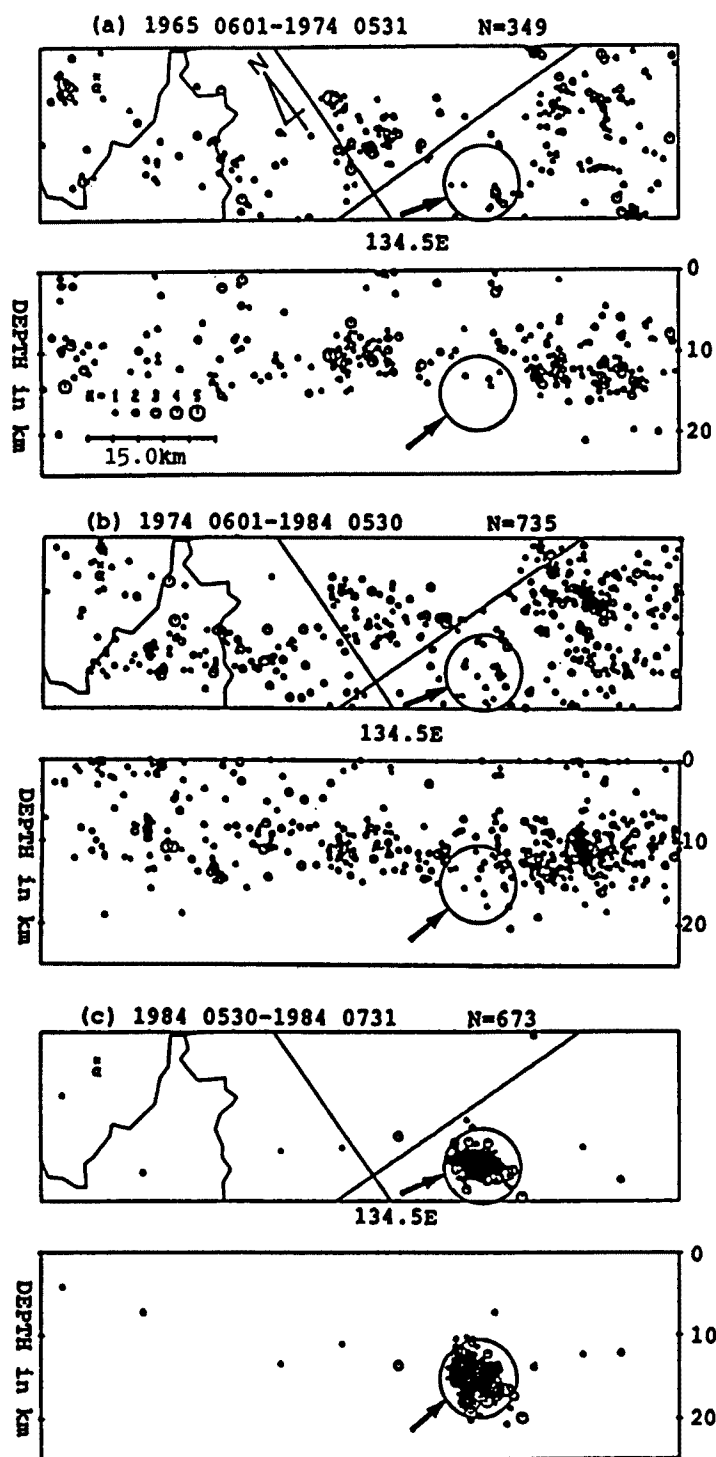


Fig. 15. Epicenter distribution (upper) and vertical cross section (lower) before and after the Yamasaki Fault earthquake of 1984 (No. 8 in Table 2 and Fig. 8). They are shown by being divided into three periods (a), (b) and (c). Thick circles that are pointed out with arrows represent a focal area of the earthquake.

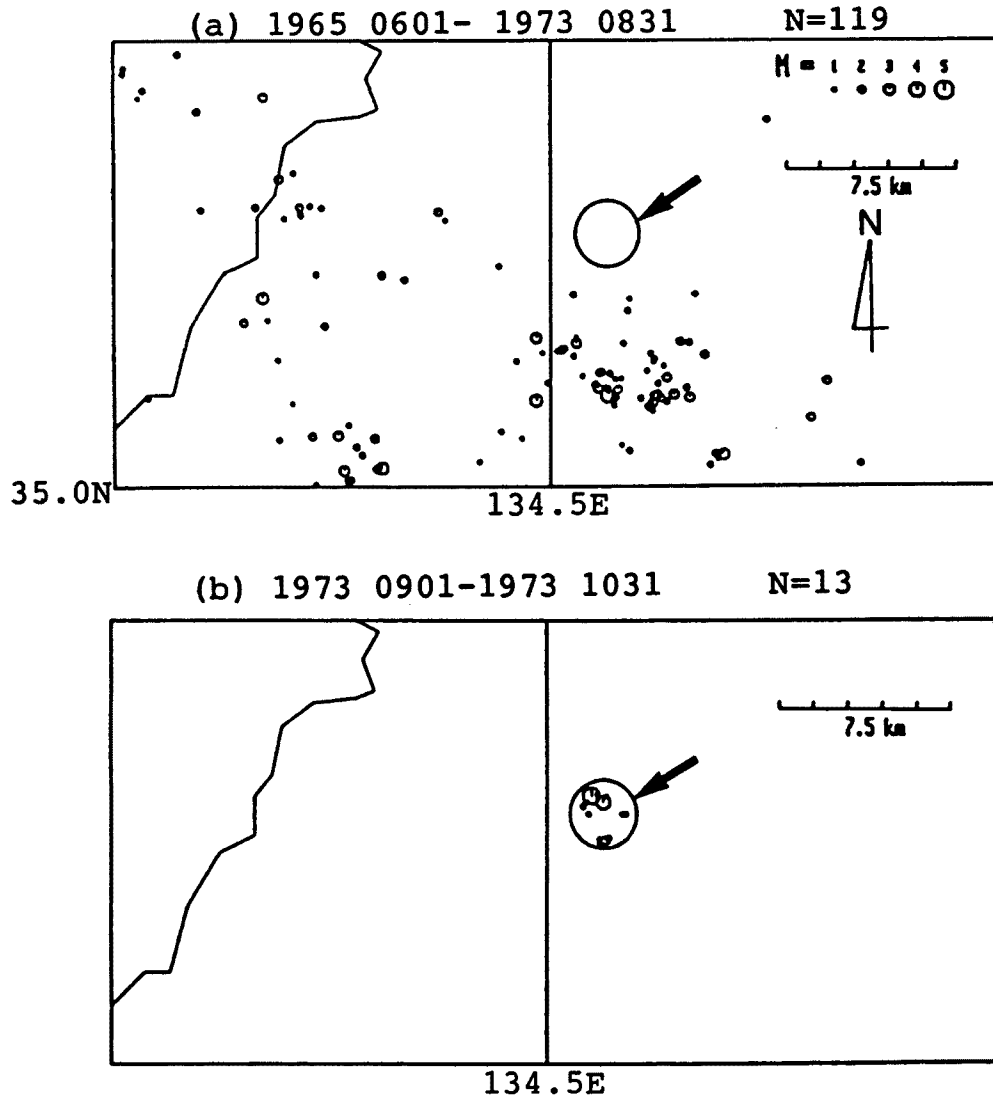


Fig. 16. Epicenter distribution before and after swarm near Azumi (No.2 in Table 2 and Fig. 8). They are shown by being divided into two periods (a) and (b). Thick circles that are pointed out with arrows represent a focal area of the swarm.

活動帯に隣接した非活動域に発生した地震で、期間(a), (b) に区分して震央分布図を Fig. 17 に示す。Fig. 17 の矢印をしたマルの中の地震活動に注目すると、(a) の期間は空白域で、(b) の期間に、(a) の非活動域の空白域を埋めるように地震が発生している。

10) 1990 年 9 月 29 日兵庫県佐用付近の地震 (M 5.4, 地震番号 10)

活動帯に隣接した非活動域に発生した地震で、期間(a), (b), (c) に区分して震央分布図を Fig. 18 に示す。Fig. 18 の矢印をしたマルの中の地震活動に注目すると、(a) の期間は空白域で、(b) の期間に活動がやや活発となり、(c) の期間に非活動域の中の (a) の空白域を埋めるように地震が発生している。

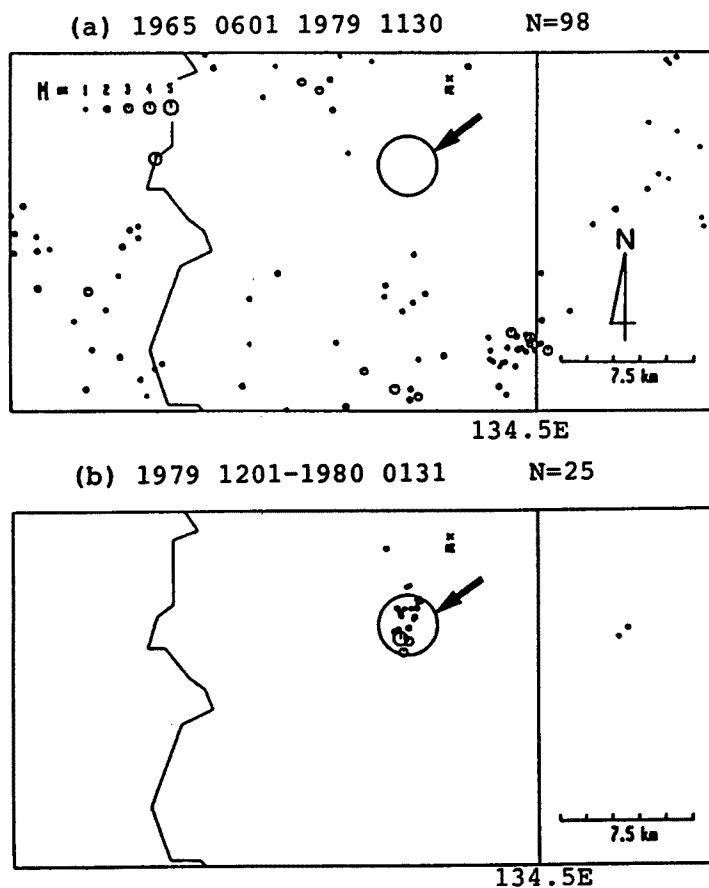


Fig. 17. Epicenter distribution before and after swarm near Mikazuki (No. 5 in Table 2 and Fig. 8). They are shown by being divided into two periods (a) and (b). Thick circles that are pointed out with arrows represent a focal area of the swarm.

4. 議 論

前節で述べた、10例のM4以上の地震発生前の地震活動の解析の結果、下に述べるように共通した特徴、すなわち「活動帯の中や活動帯に隣接する非活動域の空白域→(先駆的地震活動)→本震(群発地震)発生」というパターンがあることが分かった。しかしながら個々の地震について、細かくみると本震前の地震活動のパターンが異なる。例えば、先駆的活動がみられるもの(前節、地震番号6, 7, 8, 9)とみられないもの(前節、地震番号1, 3, 4)がある。先駆的活動がみられる場合でも、その活動や回数などに違いがみられる。今後さらに詳しく解析し、地域的な特徴を把握しなければならないと考える。

非活動域の中でもM4以上の地震が発生するが、非活動域における空白域は(前節、地震番号2, 5, 10)みつけにくいので、本研究では活動帯の中の空白域のみに注目することにする。1990年12月31日の時点でまだM4以上の地震によって埋められていない活動帯における空白域をFig. 19に示す。Fig. 19(a)に認められるA, B, Cの活動帯の中の地震空白域を、Fig. 19(b)に1から19の番号を付して示した。これらの空白域がすべて先に述べたような同じ性質を有するか否かは明らかではない。また空白域である

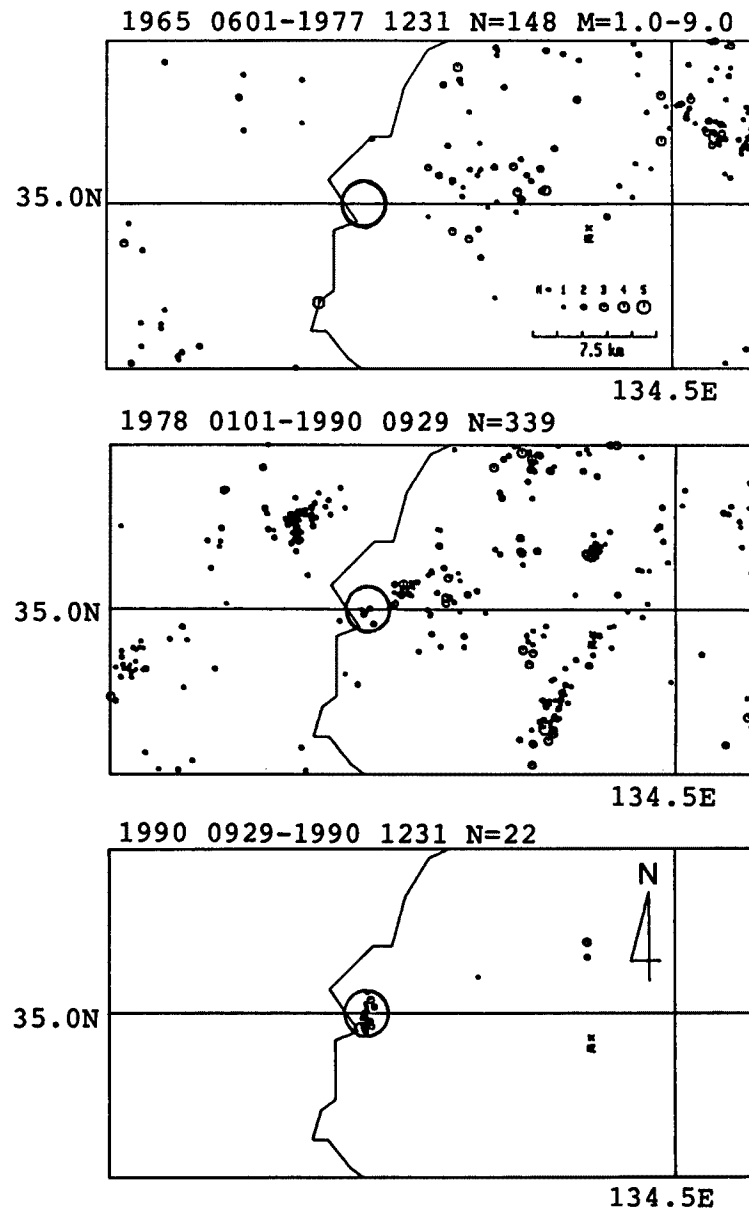


Fig. 18. Epicenter distribution before and after swarm near Sayō (No. 10 in Table 2 and Fig. 8). They are shown by being divided into three periods (a), (b) and (c). Thick circles that are pointed out with arrows represent a focal area of the swarm.

か否かの判定基準などは必ずしも客観的で、強いて言うなら、経験的に見いだされたものといえる。我々が Fig. 19 に示したような 19 ヶ所の空白域を指摘した後、6 番の空白域である鳥取県鹿野町付近に 1991 年 3 月 27 日 M 3.9 および M 4.0 の地震が発生した。今まで行ってきた解析と同様に、期間を区分して Fig. 20 に震央図と断面図を示す。(a) の期間は 1965 年 6 月から 1990 年 12 月 31 日の活動、(b) は 1991 年 1 月以降の活動である。矢印をしたマルの中の地震活動に注目すると、(a) の期間の空白域を (b) の期間において埋めるようにして地震が発生していることがわかる。

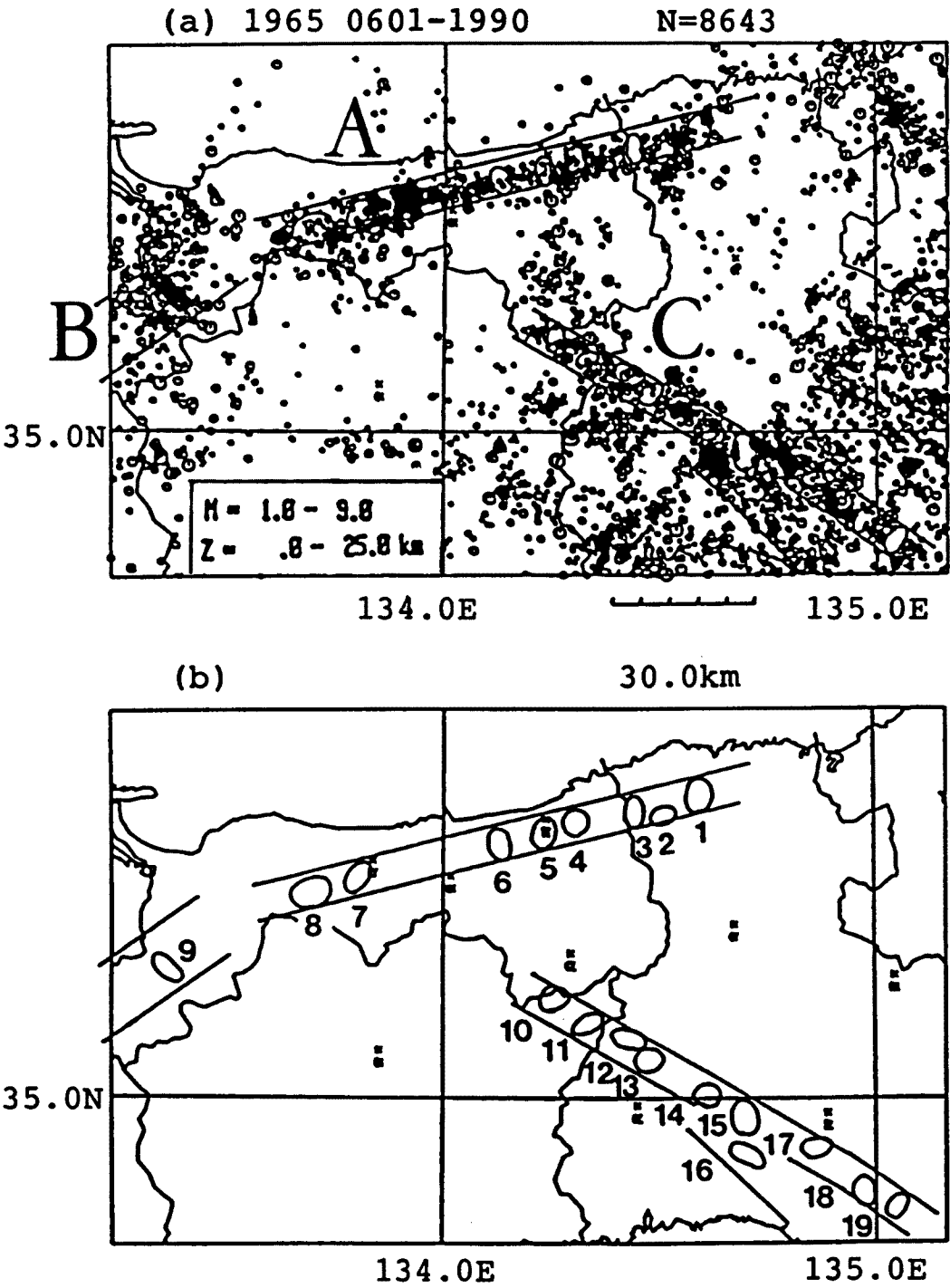


Fig. 19. 19 seismic gaps in the active seismic zones A, B and C pointed out in this paper. The active seismic zones are shown as areas between the thin lines. (b) is a schematic figure to show the seismic gaps clearly.

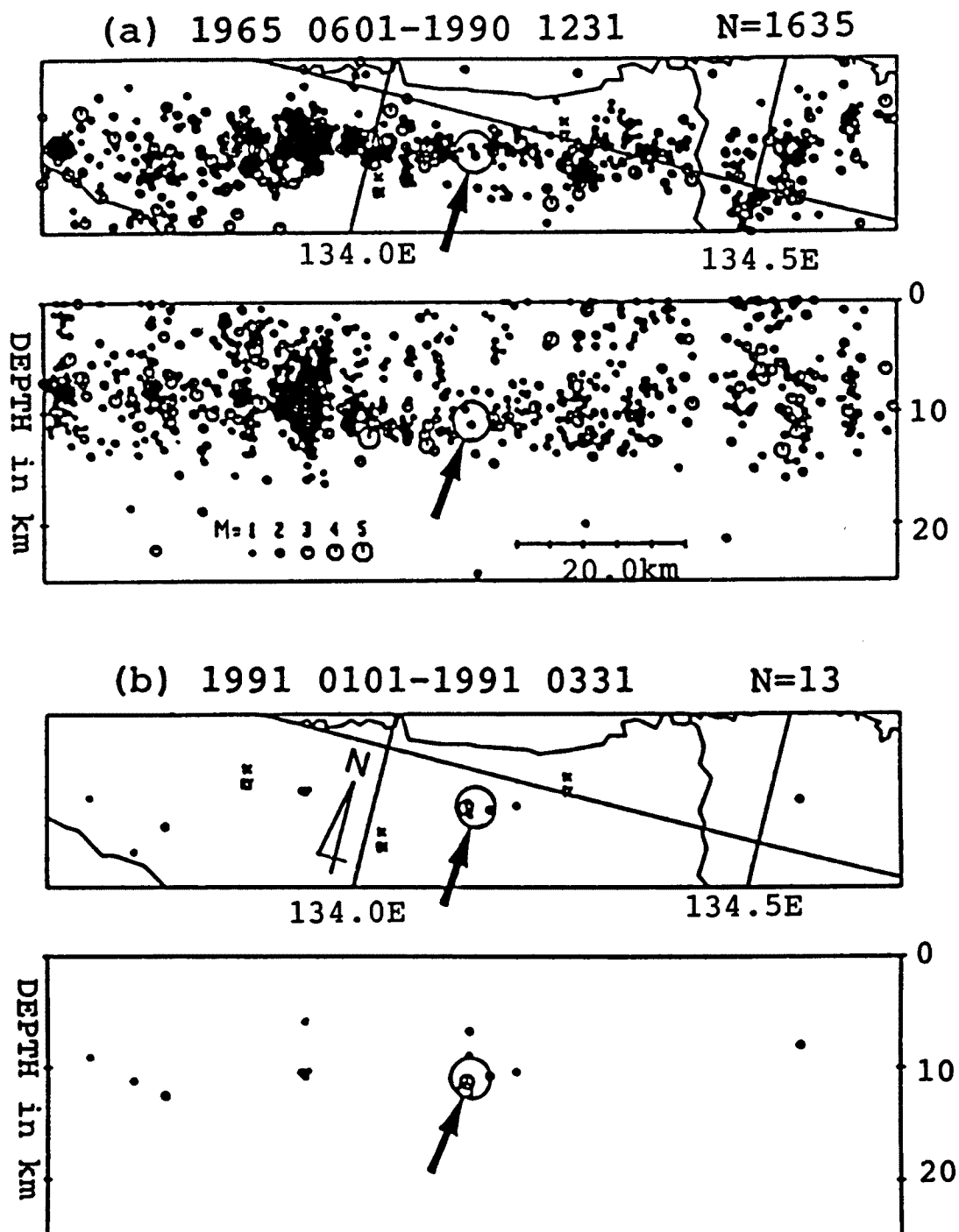


Fig. 20. Epicenter distribution (upper) and vertical cross section (lower) before and after earthquakes near Tottori (Mar 27, 1991, $M=4.0$). They are shown by being divided into two periods (a) and (b). Thick circles that are pointed out with arrows represent a focal area of the earthquakes. These earthquakes occurred in the No. 6 seismic gap after we pointed out the seismic gaps in Fig. 19.

5. ま と め

鳥取観測所に1965年から得られている震源データを用いて、定性的ではあるが地震活動の活発な地域を活動帯としてとらえ、その中の3つの活動帯に注目した。活動帯あるいは活動帯に隣接する地域に発生したM4以上の地震を選び、発生前の活動の様子を期間に分けて調べた。その結果、M4以上の地震が、活動帯の中、あるいは活動帯に隣接する非活動帯の空白域を埋めるように発生することが分かった。そして、いくつかの場合において、M4以上の地震の発生前に先駆的地震活動が認められた。

今回、活動帯として指定した以外の地域については、定常的な地震活動が低いため空白域として指定が難しい。活動帯及び空白域の場所、範囲の定義にもまだ議論の余地がある。我々は今後、指摘した活動帯の中の空白域を注意深く観察し、M4以上の地震前の前兆的地震活動変化の検出を試みたい。

6. 謝 辞

本研究を進めるにあたって、京大名誉教授岸本兆方博士には、鳥取観測所長在任中、長期に渡って指導して頂きました。京都大学防災研究所附属地震予知研究センター教授住友則彦博士（鳥取観測所長）、同助教授竹内文朗博士、同助手渡辺邦彦博士、同助教授松村一男博士には、議論していただき貴重な助言を頂きました。同助教授梅田康弘博士や鳥取観測所助手の小泉尚嗣博士には、終始励まして頂きました。鳥取観測所技官矢部征氏、事務補佐員中尾愛子さんはテレメータ・システムの保守、記録の整理を手伝って下さいました。みなさまに心からお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Hashizume, M.: Investigation of Microearthquakes -Data-, Contribution of "Research Group for Seismicity and Neotectonics in Kinki District", 1970.
- 2) 一戸時雄・三雲 健・尾池和夫・岸本兆方・橋爪道郎・見野和夫：鳥取微小地震観測所観測序報，京大防災研年報，第8号，1965，pp.109-116.
- 3) 岸本兆方・橋爪道郎・尾池和夫：近畿地方西部における微小地震活動について，京大防災研年報，第9号，1966，pp.27-45.
- 4) 鳥取微小地震観測所：中国地方東部・北近畿地方北部における最近の地震活動，京大防災研年報，第16号B，1973，pp.65-76.
- 5) 西田良平・中尾節郎・矢部 征：山陰地方の地震活動，京大防災研年報，第17号B，1974，pp.69-81.
- 6) 尾池和夫：鳥取微小地震観測所の震源表，地震第2輯，第28巻，1975，pp.331-346.
- 7) 佃 為成・中尾節郎・岸本兆方：鳥取地方の最近の地震活動について，京大防災研年報，第19号B，1976，pp.1-12.
- 8) 佃 為成・中尾節郎：東中国・北近畿地方における微小地震系列の研究（Ⅰ），地震第2輯，第29巻，1976，pp.395-410.
- 9) 佃 為成・中尾節郎：東中国・北近畿地方における微小地震系列の研究（Ⅱ），地震第2輯，第30巻，1977，pp.339-358.
- 10) 岸本兆方・尾池和夫・渡辺邦彦・佃 為成・平野憲雄・中尾節郎：鳥取及び北陸微小地震観測所のテレメータ・システムについて，地震第2輯，第30巻，1978，pp.265-274.
- 11) 竹内文朗・佃 為成・西田良平・中尾節郎・渋谷拓郎・渡辺邦彦・西上欽也・尾池和夫：1985年大山火山付近に発生した群発地震について，京大防災研年報，第29号B，1986，pp.39-47.

- 12) 尾池和夫：山崎断層地域の微小地震活動について，地震予知研究シンポジウム，1980，pp.155 - 158.
- 13) Tsukuda, T.: Long-Term Seismic Activity and Present Microseismicity on Active Faults in Southwest Japan, Earthq. Predict Res. 3, 1985, pp.253 - 284.
- 14) Tsukuda, T.: Coda-Q Before and After the 1983 Misasa Earthquake of M 6.2, Tottori Prefecture, Japan, Pure Appl. Geophys., Vol.128, 1988, pp.261 - 279.
- 15) Lienert, B. R., E. Berg and L. N. Frazer: Hypocenter, An Earthquake Location Method using Centered, Scaled, and Adaptively Damped Least Squares, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 76, 1986, pp. 771 - 783.