

日本列島のマイクロサイスシティ

松 村 一 男・尾 池 和 夫

THE MICROSEISMICITIES IN AND AROUND JAPAN

By Kazuo MATSUMURA and Kazuo OIKE

Synopsis

The epicentral distributions of microearthquakes have been compiled on some regional maps of Japan islands from about two hundred local maps which were published by many seismologists of the microearthquake observatories since 1962. About 20,000 epicenters of the microearthquakes which occurred in the crust are plotted in these maps.

They show that epicenters distribute along the active faults in some regions and that major tectonic lines border on the epicentral distributions. These characteristics of the occurrence of the microearthquakes are seemed to be closely related to the geological evidences.

1. は じ め に

微小地震の観測が、地殻の活動状態や上部マントルの運動を知り、地震を予知する上で必要欠くべからざるものであることは、万人の認めるところである。1963年に根尾谷断層とその周辺地域で極微小地震の共同観測が実施されて以来、全国各地で、本格的に微小地震の観測が始められ、現在まで、多くの成果を上げてきた。ひとくちに微小地震観測といっても、空間的分布を調べるためのもの、時間的変化を調べるためのもの、発生機構を研究するためのもの等、その目的に応じ、種々の形態の観測方法が行われている。その中でも、空間的分布を調べるための観測は、大地震に比べて圧倒的に高い微小地震の発生頻度を利用して、全国各地域で多く実施されている観測である。これらの観測は、微小地震観測網の常時観測のみならず、種々の臨時観測、移動観測あるいは共同観測の形態をとり、全国各地域で実施されてきた。その観測資料は膨大な量にのぼり、個々に発表されたそれらの成果も非常に多い。今回はこれら観測資料のうち、震央分布図として発表されたものを基にして、これらを重ね合わせて1枚の日本地図に描くことによって、日本列島のサイスシティマップを作成し、個々の分布図では、見落されがちな、全国的な傾向をとらえるための資料とすることにした。

2. 資 料

震源位置に関する資料は、大型計算機の普及した現在では、震源決定に、これらが用いられ、座標として与えられたものもある。しかし、古い観測や、観測点が少ない観測では震源決定に作図法を用いる場合が非常に多い。したがって、資料としては、分布図の形をとるものが、圧倒的に多い。又、たとえ、計算によって求められたものも、その計算結果を収集し整理することは、非常に困難である。

今回は震央分布図として、発表されたもの（一部未発表のものも含む）を1960年代から現在までの分について全国の微小地震観測に携わっておられる方々の多大なる御協力を得て、できるかぎり収集した。その数は、200近くに達し、地殻に密接な関係があると思われる、浅い微小地震だけでも20,000個近くにのぼる。

これらの分布図は、観測期間も、観測方法も、観測精度も、震源決定法もさまざまであり、地震の規模についても、便宜上微小地震と一括して呼ばれているが、中には、小地震や、極微小地震も含まれている。今

Table 1 List of observations of microearthquakes.

観測地域	観測期間	観測点及び感度	地震個数	備考
日高地方	62 Dec. 10~29	4点 5~50mkine/cm	21	1)
	63 July 29~Aug. 30	4点 1~25mkine/cm	31	2), 3)
	64 Aug. 1~31	5点 0.8~5mkine/cm	39	3)
	65 Aug. 13~29	5点 1mkine/cm	8	4)
	70 Jan. 22~ 30 days	4点 長時間データレコーダ	120	5), 6)
	71 Nov. ~72 May	3点	70	本谷氏, 北溝氏資料提供
天塩地方	68 May~ 40 days	3点 長時間データレコーダ	16	森谷氏資料提供 7)
名寄地方	68 Sep.~ 40 days	3点	10	" 7)
空知地方	69 June~ 76 days	4点	11	" 未発表
	69 Aug.~ 39 days	3点	21	" 未発表
羅臼地方	64 Jan. 24~30	3点 7,000倍(5c/s)	70	8)
弟子屈地方	68 Sep. 24~Oct. 15	3点 0.3mkine/cm	54	9)
		及び小トリパタイト	42	9)
駒ヶ岳	70 Aug. 11~Sep. 5	4点, 長時間データレコーダ	11	10)
東北大常時観測	69 July~ 71 Dec.	10~13点	700	11), 12)
津軽地方	71 Mar. 17~27	3点	12	13)
酒田地方	71 June 10~21	2点+定点	16	13)
男鹿沖	64 May 17~27	4点, >0.1mkin/cm	40	14)
	69 Oct.	定点	20	M>1, 15)
一ノ関地方	69 Sep. 16~Oct. 10	4点	40	15)
十勝沖地震余震	68 May 21~30	Array	60	17)
秋田南東部	70 Oct. 16~ Nov. 27	2点+定点	500	長谷川氏資料提供, 16)
蔵王火山	66 Aug. 1~14	3点 10万倍, データレコーダ	17	18)
	67 July 31~Aug. 14	3点 10万台, データレコーダ	4	18)
栗駒火山	71 Aug. 4~21	3点+定点, データレコーダ	30	
新潟地震余震	64 June 23~July 6	15点 最高5万倍	330	19), 20)
柏崎市	64 Apr. 14~23	5点 50,000倍(10Hz)	16	窪田氏資料提供
堂平常時観測	70 July~Sep.	} 4~8点 0.4mkine/cm	152	23)
	71 June 10~19		112	
	71 July~Dec.		730	
	72 Feb., Mar., May, June		400	
栃木県古峰ヶ原	69 Aug. 29~Sep. 6	トリパタイト, データレコーダ	100	21)
関東南部	70 Mar. 9~17	3点+定点, 長時間レコーダ	35	22)
北信定点観測	69 Jan.~Mar.	8点10,000倍	多数	
上高地	69 Aug. 31~Sep. 30		54	24)
岐阜県中部	63 July 30~Aug. 29	4点データレコーダ	82	25)
	69 Sep. 15~Oct. 5	トリパタイト, データレコーダ	400	26)
	69 Sep. 20~Nov. 30	5点	360	27), 28)
	69 Sep. 22~70 Feb. 28	5点 20,000~100,000倍	多数	29)
	69 Sep. 16~Nov. 10	4点, >500 μ kine/cm	59	30)

Table 1 のつづき

根 尾 谷 周 辺	66 Sep. 7~Nov. 24	3 点 4~0.5mkine/cm	80	村松氏資料提供
	71 Aug. 27~Nov. 28	4 点	85	"
	63 July 25~Aug. 28	13点	46	31), 32)
	64		51	32)
阿 寺 断 層 付 近	64 Oct. 18~Dec. 15	3 点 2mkine/cm	80	村松氏資料提供
	68 Oct.~Nov. 40 days	11点 50,000~100,000倍	52	33)
	70 Sep. 4~Nov. 3	4 点 0.5~1mkine/cm	75	34)
	68 Apr.~69 Mar.	4 点 50,000~100,000倍	多数	35)
犬 山 付 近	69 June 25~Aug. 31	8 点 30,000~100,000倍	120	36)
三 河 地 方	70 July~Aug.	4 点 0.5mkine/cm	80	37)
静 岡 県 西 部	71 July~Sep.	8 点 0.5mkine/cm	130	38)
飛 騨 地 方		3 点 0.25~0.5mkine/cm	200	和田氏資料提供
渥 美 沖	71 Jan. 5	犬山観測点	17	39)
北 陸 常 時 観 測	71 Aug.~72 Mar.	4 点 0.4mkine/cm	80	
阿 武 山 常 時 観 測	71 Jan.~72 Dec.	11点 20,000~200,000倍	733	
島 取 常 時 観 測	64 Sep.~72 Dec.	5 点 0.4mkine/cm	2,800	
和 歌 山 常 時 観 測	65 Jan.~June	11点 0.4mkine/cm	800	
	71 Jan.~Dec.			
和 歌 山 西 部	65 Aug. 10~25	17点	360	40)
白 木 常 時 観 測	68 May~70 June	4 点 100,000倍	760	
広 島 北 東 部	69 July 30~Sep. 4	3 点 + 定 点, 100,000倍	130	41)
	70 Apr.~May	"	50	4 月の一部 42)
高 知 常 時 観 測	67 Apr.~72 Mar.	3 点 10,000~20,000倍	360	43)
九 州 北 部	70 June~72 June	1 点 + 気 象 庁	120	三浪氏資料提供
島 原 地 方	66 Nov. 12~2 weeks	トリバタイト, データレコーダ	16	44)
えびの吉松地方	66~69	霧島火山観測所ネット	多数	群発地震のみ 46)
	68 Mar. 1~7	array. データレコーダ	"	45)
桜 島 地 方	68 May 29	6 点データレコーダ	11	47)
	70 Mar. Apr.	11点 "	90	48)
奄 美 大 島	70 Jan.	1 点 3 成分 1,000倍	60	49)

回は、それらの差異を全く無視して、どの震央も同じ資格でプロットした。ただ以下の数点については考慮した。

○深さは一応 30 km までとしたが、地域性に応じ、30 km より浅いものと分離しがたいものは、30 km にとらわれずに、プロットした。

○同地域で同期間に観測された地震については、観測点の配置等を考慮し、精度の良いと思われる方を採用した。

○震源決定法や解析法に数通りの方法がある場合も、精度の良いと思われる方を採用した。

サイスミシティマップ作成に用いた分布図のもとになった観測の場所・期間・観測点数・精度等については、Table 1 の通りである。この表の観測以外のものについては、手許に資料がないために、今回のマップには、プロットされていない。又、この図の作成後、送られてきたデータでプロットできなかったものが、

多少あった。これらの資料をも含めて、分布図の改訂版を作成する予定である。

以上の要領で作成したマップを Fig. 1~3 に示す。

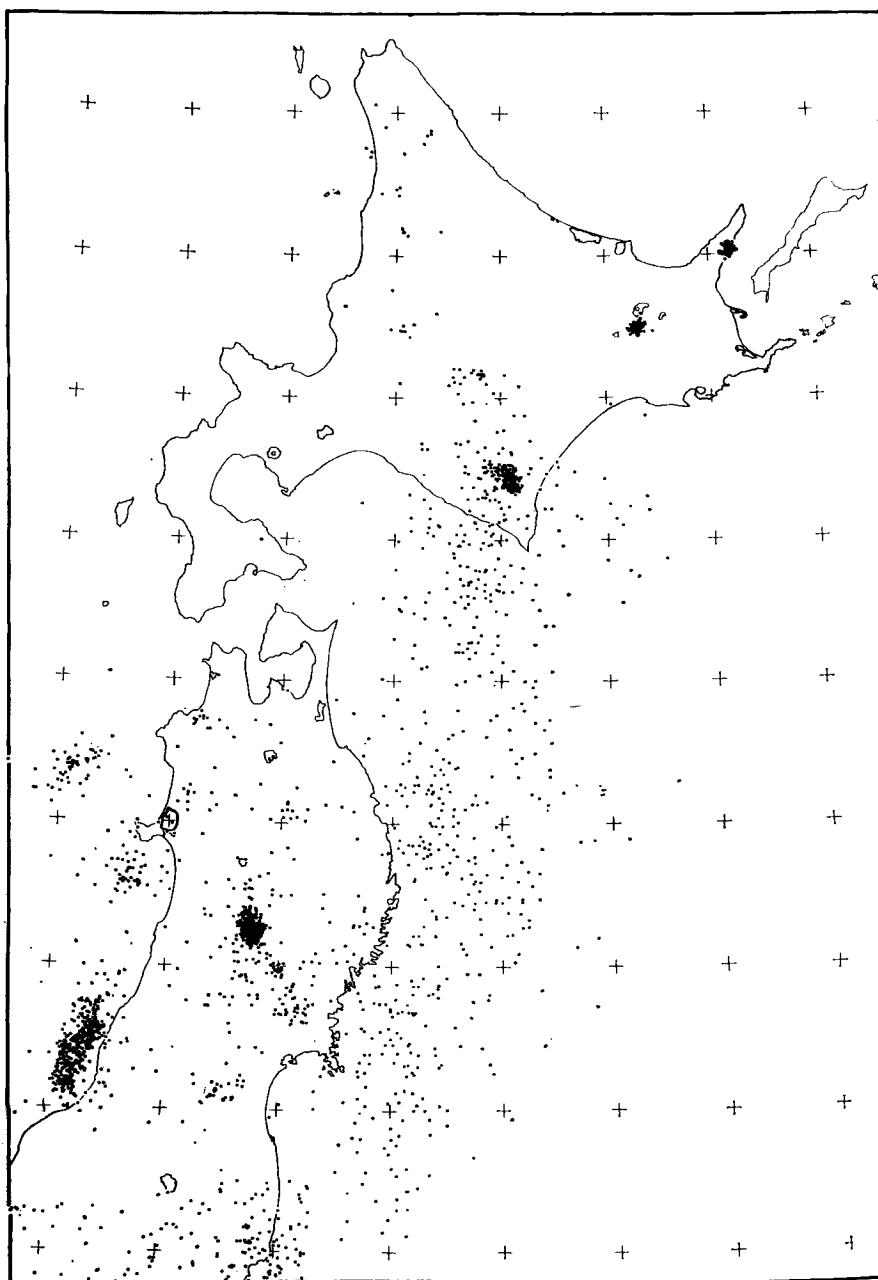


Fig. 1 Microseismicity map of north Japan.

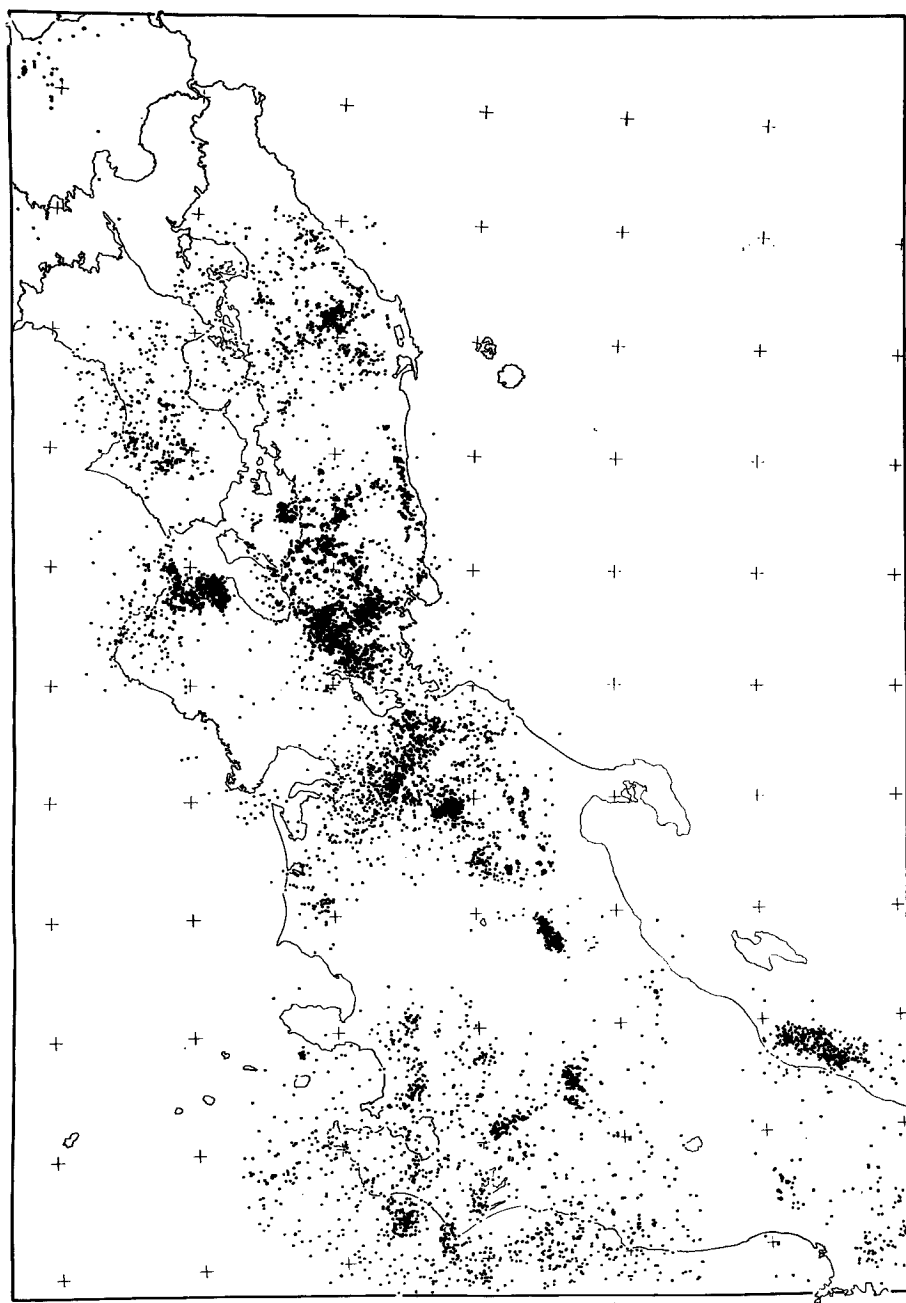


Fig. 2 Microseismicity map of central Japan.

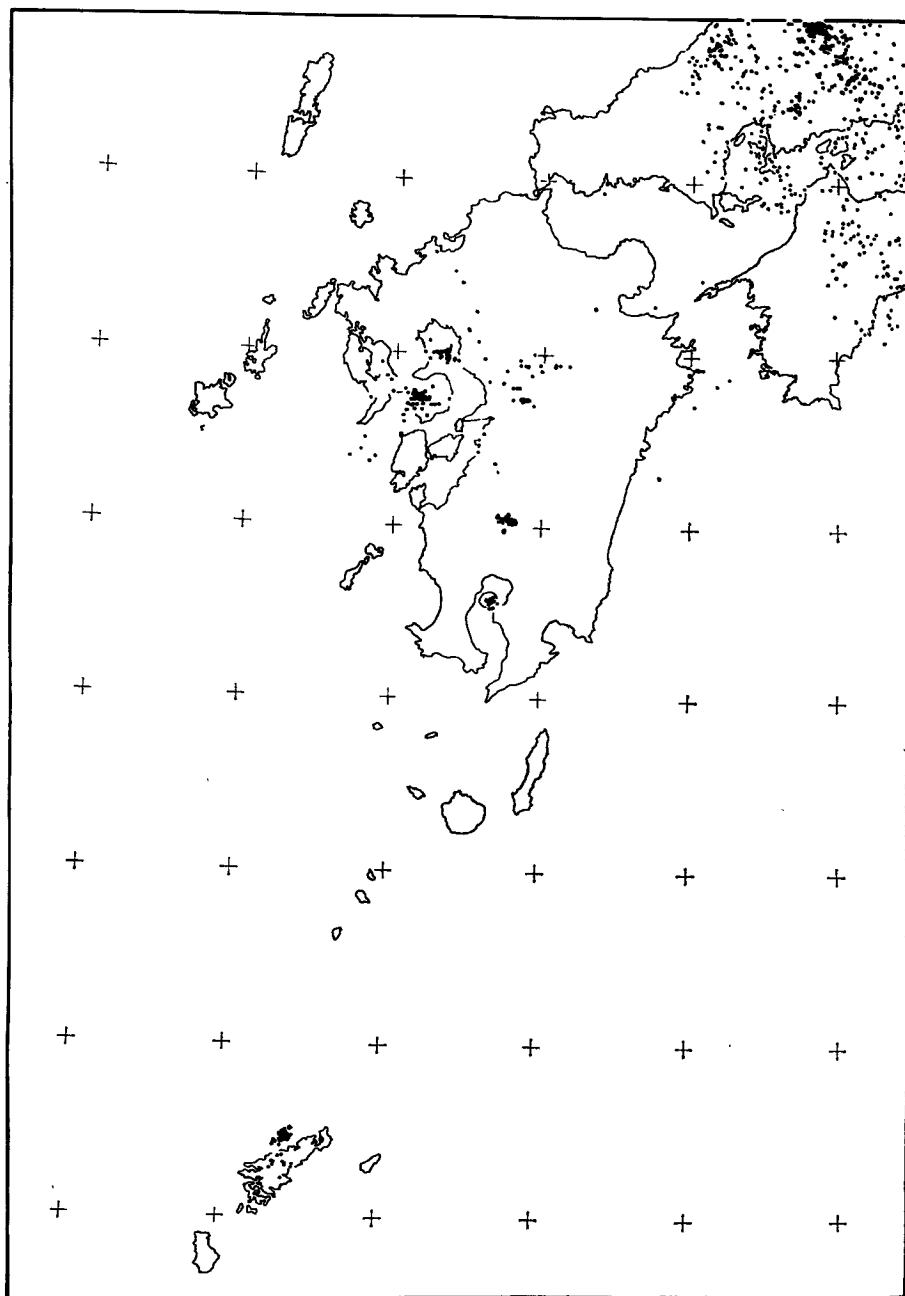


Fig. 3 Microseismicity map of south Japan.

3. 震央分布図の概観

現在まで観測対象地域とならなかった地域や記録が未整理で震源分布が明らかでない地域がかなり残っており、日本列島全域のサイスミシティを論じることが、難しいが、観測対象地域だけでも、顕著な傾向がいくつか見い出される。

一般的に震央の帯状又は線状の配列が多く見られ、それらのほとんどが地質構造線や活断層に関連している。又、それらの帯状・線状配列が地震活動の活発な地域とそうでない地域の境界になっている場合も少なくない。観測対象地域の中で、明らかに活動が低い地域が見い出されることも注目される。特に中部一近畿一中国地方では密度の高い観測点の配置による長期間の観測から活動度の分布が詳しく検討された結果として、明らかに活動度が低い場所がいくつか見い出されている。

4. 各地域の性質

北海道では、千島ー日本海溝沿いに発生する大地震に伴って、微小地震も太平洋側に圧倒的に多く発生する。その内側の火山帯に沿って群発地震の発生が数例確かめられた^{8),9)}。北海道内陸には、気象庁の観測結果からも予想される通り、微小地震の活動度は非常に低い⁷⁾。

東北地方でも日本海溝沿いの活動と火山帯に沿う群発地震の発生など北海道に似た面がある。しかし、日本海沿岸にかなり大規模な地震の発生とそれに伴う余震活動が見られ、それが帯状になっていることが特徴的である。内陸では西南日本に比べれば一般的に発生数は少ないが、北上川に沿って帯状に比較的活発な地域が存在する。東北地方では深い微小地震についても多数の震源が決定されており、深発地震発生面に関連する重要な資料が得られつつある^{11),12)}。

関東地方については、基盤の露出した所が少なく地質学的な資料が少ないため断層等との関連については不明である。又、太平洋プレート、伊豆・マリアナプレート、フィリピンプレートの出会う場所でもあり、かなり複雑な地殻の応力場が予想され、地震の発生機構も複雑だと考えられる。

中部一近畿一中国・四国地方では、その一部の地域で比較的早い時期から常時観測が実施され、蓄積された資料は豊富である。全体的に見れば、糸魚川ー静岡構造線以西では内陸の地殻内での地震が非常に活発である。この地域は中央構造線を境に南北の活動帯に分けることができる。さらに北側は、古成層からなる丹波帯と変成帯である領家帯に分けられる。丹波帯は、北側の日本海沿いに、浜田・鳥取・北美濃の大地震の余震域が帯状に配列し、その北側の日本海には微小地震の発生が見られない。南側に移るとともに微小地震の発生数も多い。この地域は基盤が広く露出し、多くの断層が見られる。(Fig. 4) この地域の震央の線状配列は、その断層と深い関連を示している。又、跡津川断層や根尾谷断層では、断層を境として地震活動の活発な地域と地震のほとんど発生しない地域に分かれている。琵琶湖及びその南の近畿三角帯と呼ばれる地域で地震の発生が極端に少なく、また、中国地方にも地震発生の非常に少ない所がいくつか見られる。

又、この地域の地震の発生機構は、Fig. 5 に見られるように東西主圧力をうけて起るものが、ほとんどで、太平洋プレートの沈みこみによる影響を強く受けていることを示している。

瀬戸内海はいわゆる領家帯と呼ばれる高温低圧型の変成帯でここでの微小地震の発生は非常に少ない。

中央構造線のすぐ南に浅い地震が多く発生する地域があり、これらの地震の発生機構も北側の浅い地震と同じである (Fig. 5) さらに南へいくと、30 km~70 km のやや深い地震があり、南から北へ向って傾きは小さいが、しだいに深く並んでいる。^{36),43)} 又、これらの発生機構は Fig. 6 に見られるように南北主圧力によるもので、フィリピンプレートの沈み込みと関連づけられる。

九州地方では火山を中心に数例の群発地震が観測されている。この地域の微小地震活動については今後の調査を待たなければならない。北九州の分布は気象庁の観測網に赤間観測点の資料を加えて決定されたものであるが微小地震観測網と気象庁の大中小地震観測網によって得られた観測資料の総合処理が今後の重要な課題の一つである。

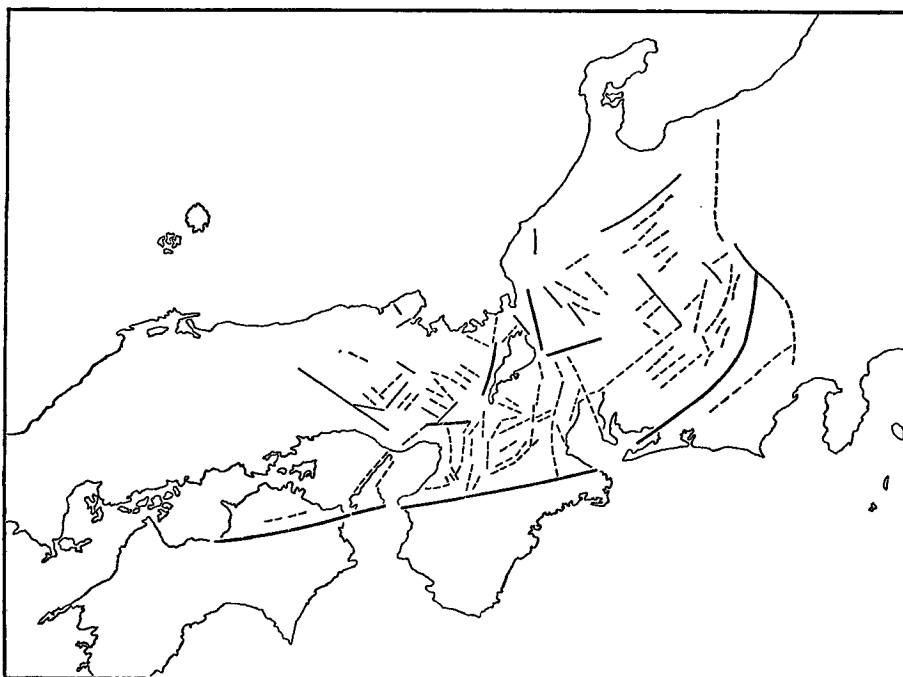


Fig. 4 Distribution of the major active faults.

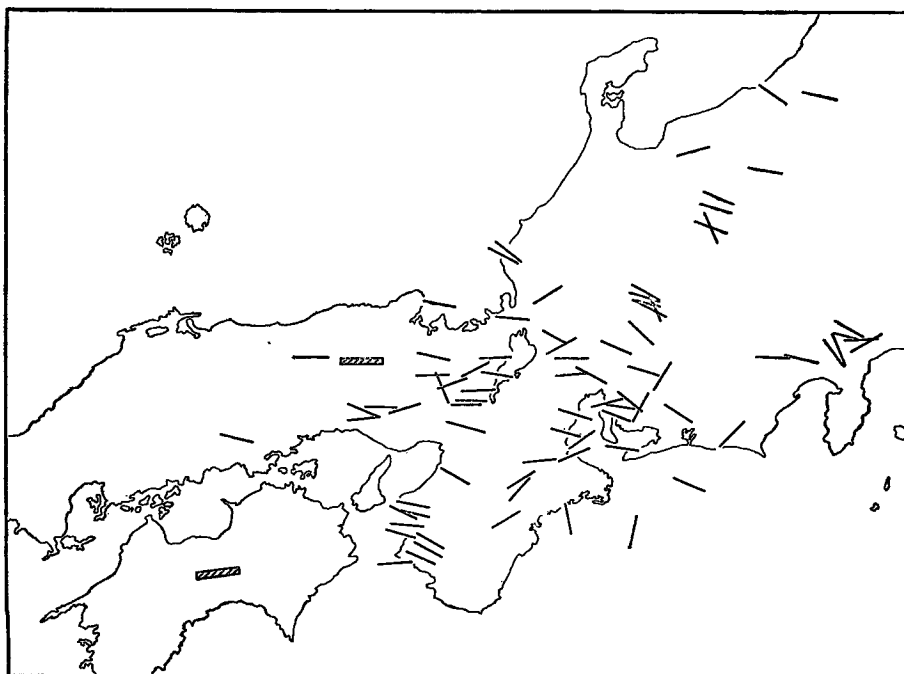


Fig. 5 Distribution of the directions of the pressure axis (depth 30 km).

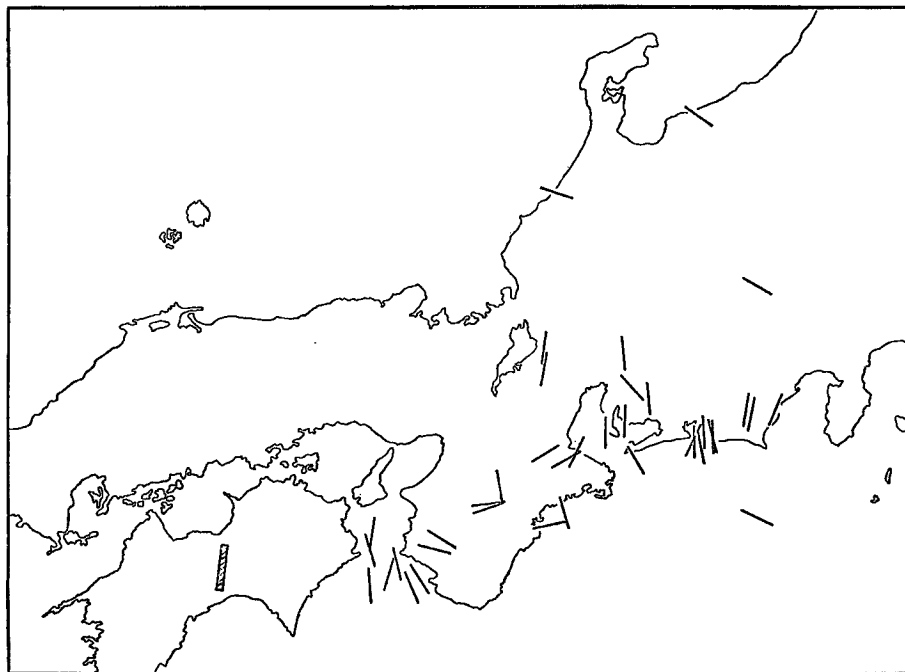


Fig. 6 Distribution of the direction of the pressure axis (depth ≤ 30 km).

謝 辞

ここで使用した資料のほとんどは、昨年12月に行われた地震予知シンポジウムを機会に、全国の微小地震観測に携っておられる方々の全面的な御協力を得て収集されたものである。これらの方々に深く感謝いたします。また地質学をはじめとする多方面の分野の成果と比較・検討し、有益な議論をしていただいた大阪市立大学理学部藤田和夫博士、京都大学防災研究所岸本兆方博士をはじめとする、テクトノフィジクス研究会の会員の皆様に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 佐々木嘉三：日高地方における微小地震活動——1962——，北海道大学地球物理学研究報告，第11号，昭38. 12, pp. 77-85.
- 2) 本谷義信・斎藤竜亀・佐々木嘉三：日高地方における微小地震観測——1963——，北海道大学地球物理学研究報告，第12号，昭39. 7, pp. 81-90.
- 3) 本谷義信・米田征弘・佐々木嘉三：日高地方における微小地震観測——1964——，北海道大学地球物理学研究報告，第14号，昭40. 8, pp. 73-80.
- 4) 本谷義信：日高地方における微小地震活動——1965——，北海道大学地球物理学研究報告，第18号，昭42. 8, pp. 45-52.
- 5) 森谷武男：日高山脈地震（1970年1月21日）の余震活動，地震，第2輯，第24巻，第4号，昭46. 12, pp. 287-297.
- 6) 北海道大学理学部：日高山脈地震の余震観測，地震予知連絡会会報，第3巻，昭45. 7, pp. 3-5.
- 7) 森谷武男：北海道天塩・名寄地方の微小地震観測，北海道大学地球物理学研究報告，第25号，昭46.3.

- 8) 佐々木嘉三・木谷義信：1964 年 1 月の羅臼群発地震，北海道大学地球物理学研究報告，第 12 号，昭 39. 7, pp. 69-80.
- 9) 広田知保：弟子屈周辺の地震活動（1926～1968），北海道大学地球物理学研究報告，第 22 号，昭 44. 8, pp. 49-72.
- 10) 戸松征夫：北海道駒ヶ岳周辺の地震活動（1969-1970），北海道大学地球物理学研究報告，第 26 号，昭 46. 9.
- 11) 東北大学微小地震研究グループ：東北地方の微小地震活動（1969 年 7 月～1970 年 6 月），東北地域災害科学研究（昭和 45 年度），昭 46. 3.
- 12) 東北大学微小地震研究グループ：東北地方の微小地震活動（1970 年 7 月～1971 年 6 月），東北地域災害科学研究（昭和 46 年度），昭 47. 3.
- 13) 東北大学微小地震研究グループ：青森県津軽地方及び山形県酒田付近の地震活動，地震予知連絡会会報，第 6 巻，昭 46. 9, pp. 1～6.
- 14) Research Group for Aftershocks: On the Aftershocks of Oga Earthquake, May 7, 1964, Sci. Rep. Tôhoku Univ., Ser. 5, Geophys., 16. pp. 146-162.
- 15) 高木章雄：東北地方に於ける最近の地震活動，地震予知連絡会会報，第 2 巻，昭 45. 2, pp. 9-10.
- 16) 東北大学微小地震研究グループ：秋田県南東部に発生した地震について，地震予知連絡会会報，第 5 号，昭 46. 4.
- 17) Reseach Group for Aftershocks: General Description of the Special Observations in Case of the Tokachioki Earthquake of 1968, General Report on the Tokachi-oki Earthquake of 1968, March, 1971, pp. 85-114.
- 18) 鈴木次郎・笠原 稔・田中和夫：蔵王火山における火山性地震観測について，東北地域災害科学研究（昭和 43 年度），昭 44. 3, pp. 74-89.
- 19) 地震研究所余震観測班：新潟地震余震観測序報，地震研究所研究速報 8，1964, pp. 7-14.
- 20) Kayano, I.: Determination of Origin Times, Epicenters and Focal Depths of Aftershocks of the Niigata Earthquake of June 16, 1964—A. Preliminary Report of the Cooperative Study of Aftershocks of the Niigata Earthquake—, Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. 46, 1968, pp. 223-269.
- 21) 神沼克伊・津村建四朗・松本英照・唐鎌郁夫：栃木県古峰ヶ原における極微小地震観測——1969 年 8 月 13 日の地震の余震観測——，地震研究所彙報，第 48 巻，1970, pp. 53-63.
- 22) 石橋克彦・津村建四朗：関東地方南部における微小地震観測，地震研究所彙報，第 49 巻，1971, pp. 97-113.
- 23) 地震研究所堂平地域センター：房総半島九十九里浜沖の群発地震活動，地震予知連絡会会報，第 6 巻，昭 46. 9, pp. 44-46.
- 24) 大竹政和：上高地付近に発生した地震群について，地震研究所彙報，第 48 巻，1970, pp. 65-71.
- 25) 宮村摂三・堀 実：松本英照・辻浦 賢：岐阜県八幡町における多点配置式地震計による微小地震の観測，地震研究所彙報，第 42 巻，1964, pp. 257-272.
- 26) 地震研究所余震観測班：岐阜県中部地震——1969 年 9 月 9 日——の余震観測，地震研究所彙報，第 48 巻，1970, pp. 1155-1163.
- 27) 青木治三・伊藤 整・多田 堯・藤井 巖・山内常生・伊神 輝：岐阜県中部地震——1969 年 9 月 9 日——の余震観測，地震研究所彙報，第 48 巻，1970, pp. 1181-1194.
- 28) 伊藤 潔：1969 年 9 月 9 日岐阜中部地震の余震活動，地震，第 2 輯，第 24 巻，昭 46. 7, pp. 117-128.
- 29) 渡辺 晃・黒磯章夫：岐阜県中部地震——1969 年 9 月 9 日——の余震について，地震研究所彙報，第 48 巻，1970, pp. 1195-1208.
- 30) 佐々木嘉三・渡辺憲治・日比一重・村松郁栄：岐阜県中部地震——1969 年 9 月 9 日——の余震観測，地震研究所彙報，第 48 巻，1970, pp. 1209-1216.
- 31) 三木晴男・渡辺 晃・島田充彦：根尾断層周辺に発生する極微小地震の観測，地震，第 2 輯，第 18 巻，昭 46. 6, pp. 103-112.

- 32) 渡辺 晃・中村正夫・根尾谷近傍に発生する微小地震の2, 3の性質, 地震, 第2輯, 第20巻, 昭42. 6, pp. 106-115.
- 33) 大井田徹・山田功夫・多田 堯・伊藤 潔・杉山公造・佐々木嘉三：中部地方の微小地震活動(1)——根尾谷断層周辺の微小地震活動——, 地震, 第2輯, 第24巻, 昭46. 9, pp. 240-247.
- 34) 村松郁栄・佐々木嘉三・山元敏治・片岡俊郎：阿寺層附近の地震活動——1970年, 岐阜大学教育学部研究報告——自然科学——, 第4巻, 第5号, 1971, pp. 372-378.
- 35) 服部定育・飯田汲事・宮島力雄：犬山地方の地震活動, 地震, 第2輯, 第24巻, 昭46. 3, pp. 54-66.
- 36) 大井田徹・山田功夫：中部地方の微小地震活動(2)——三河地方の微小地震活動——, 地震, 第2輯, 第25巻, 昭47. 4, pp. 67-74.
- 37) 山田功夫・大井田徹：中部地方の微小地震活動(3)——静岡県西部の微小地震活動——, 地震, 第2輯, 第25巻, 昭47. 7, pp. 115-123.
- 38) 山田功夫・宮島力雄・藤井 巖・中村 勝：飛騨地方の微小地震活動(1), 地震, 第2輯, 第25巻, 昭47. 7, pp. 124-133.
- 39) 飯田汲事・志知竜一・大井田徹・山田功夫：最近の地震活動特に1971年1月5日の渥美半島沖の地震について, 地震予知連絡会会報, 第5巻, 昭46. 4, pp. 38-42.
- 40) 渡辺 晃・黒磯章夫：紀伊半島西部の局地地震の二・三の性質について, 地震, 第2輯, 第20巻, 昭42. 9, pp. 180-191.
- 41) Kayano, I., S. Kubota and M. Takahashi: Microearthquake Activity in the Border Region between Hiroshima and Shimane Prefectures, Western Japan, Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. 48, 1970, pp. 1069-1087.
- 42) 茅野一郎：広島県北東部地方の地震活動について, 地震予知連絡会会報, 第3巻, 昭45. 7.
- 43) 沢村武雄・木村昌三：四国中央部における微小地震活動(II), 高知大学学術研究報告, 第20巻, 自然科学第14号, 1971, pp. 241-249.
- 44) Kubotera A. and S. Kikuchi: Seismic Observation in Shimabara ——On the Activity of Volcano Unzen——, Spec. Contr., Geophys. Inst., Kyoto Univ., No. 7, 1967, pp. 161-168.
- 45) 吉川圭三・西 潔：ゑびの・吉松地震調査報告, 京都大学防災研究所年報, 第29号A, 昭44. 3, pp. 47-55.
- 46) Minakami, T., M. Hagiwara, M. Yamaguchi, E. Koyama and K. Hirai: The Ebino Earthquake Swarm and the Seismic Activity in the Kirishima Volcanoes in 1968-1969, Part 4, Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. 48, 1970, pp. 205-233.
- 47) 吉川圭三・西 潔：桜島深部の地震活動について, 京都大学防災研究所年報, 第29号A, 昭44. 3, pp. 57-65.
- 48) 西 潔：桜島火山の火山性微小地震と爆発の研究(2)——火山地震の震源分布——, 京都大学防災研究所年報, 第14号A, 昭46. 4, pp. 113-121.
- 49) 吉川圭三：奄美大島の地震活動, 京都大学防災研究所年報, 第14号A, 昭46. 4, pp. 123-130.