

北海道北部地域における地震観測とりまとめ

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

1999年3月

財団法人 地震予知総合研究振興会

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

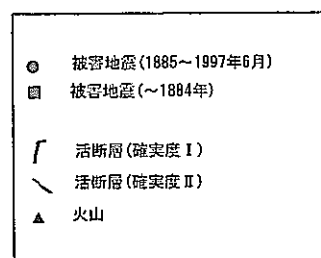
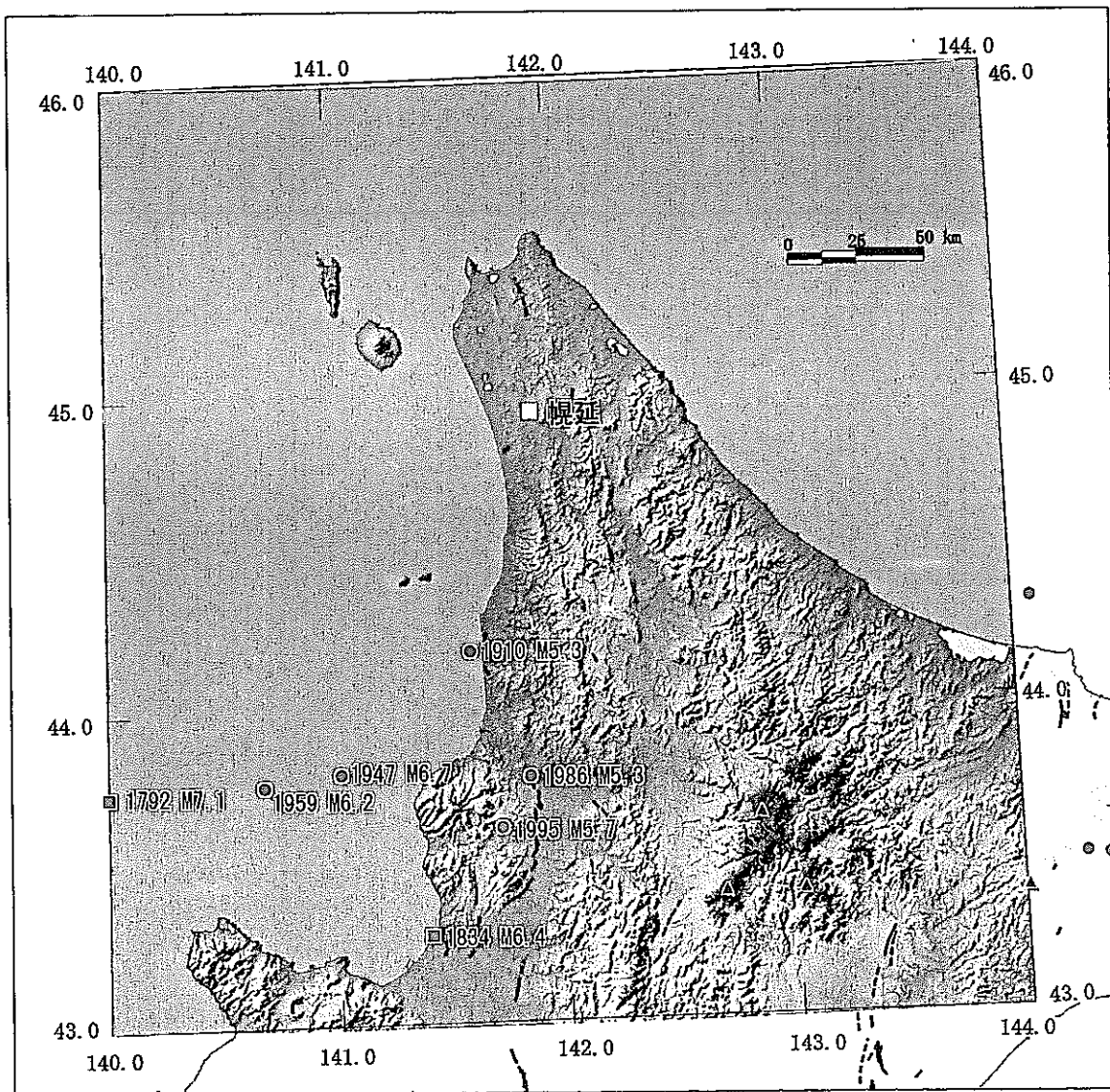
核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

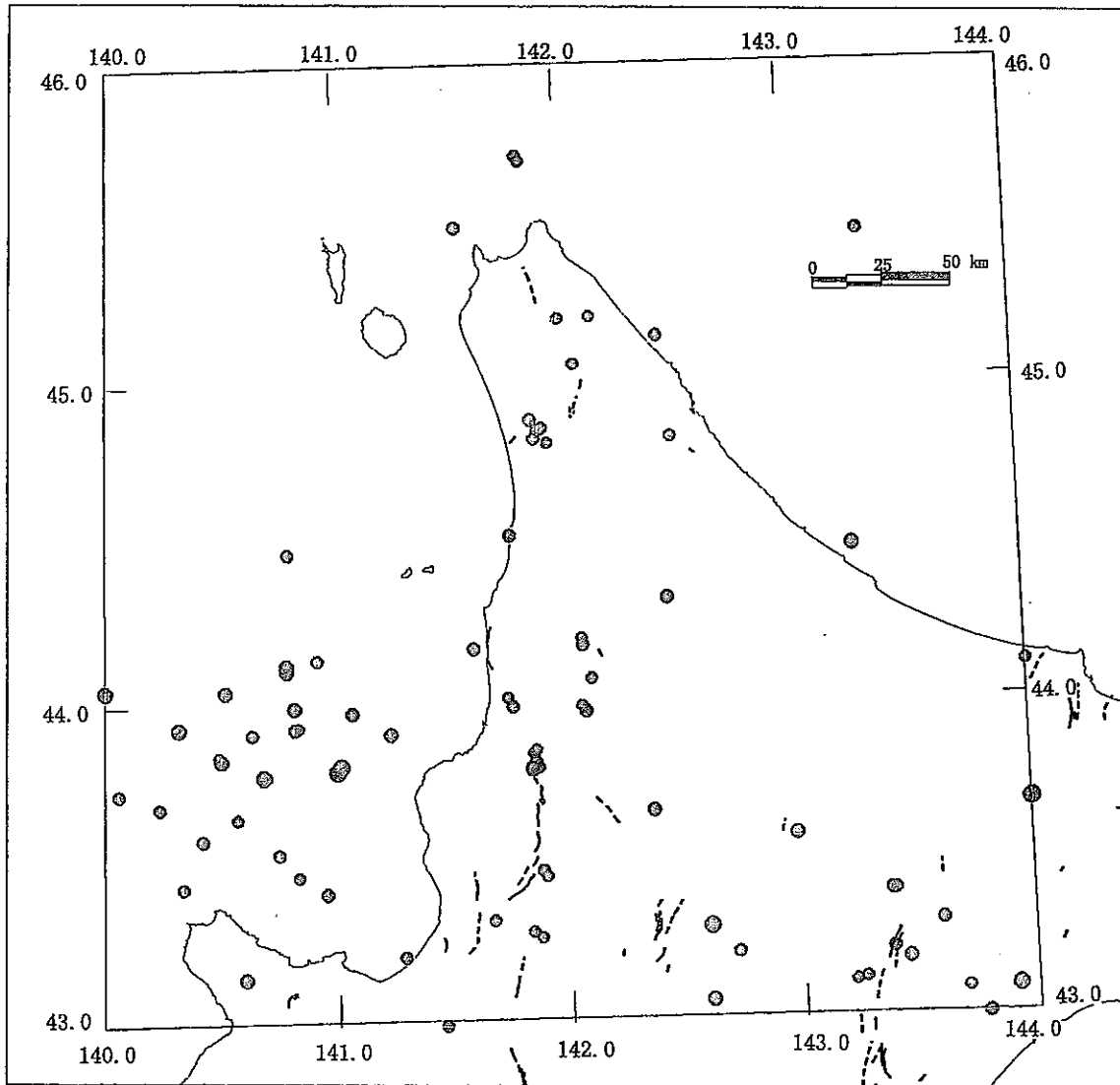
Inquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technical Cooperation
Section, Technology Management Division, 4-49 Muramatsu, Naka-gun, Ibaraki 319-1194,
Japan

©核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

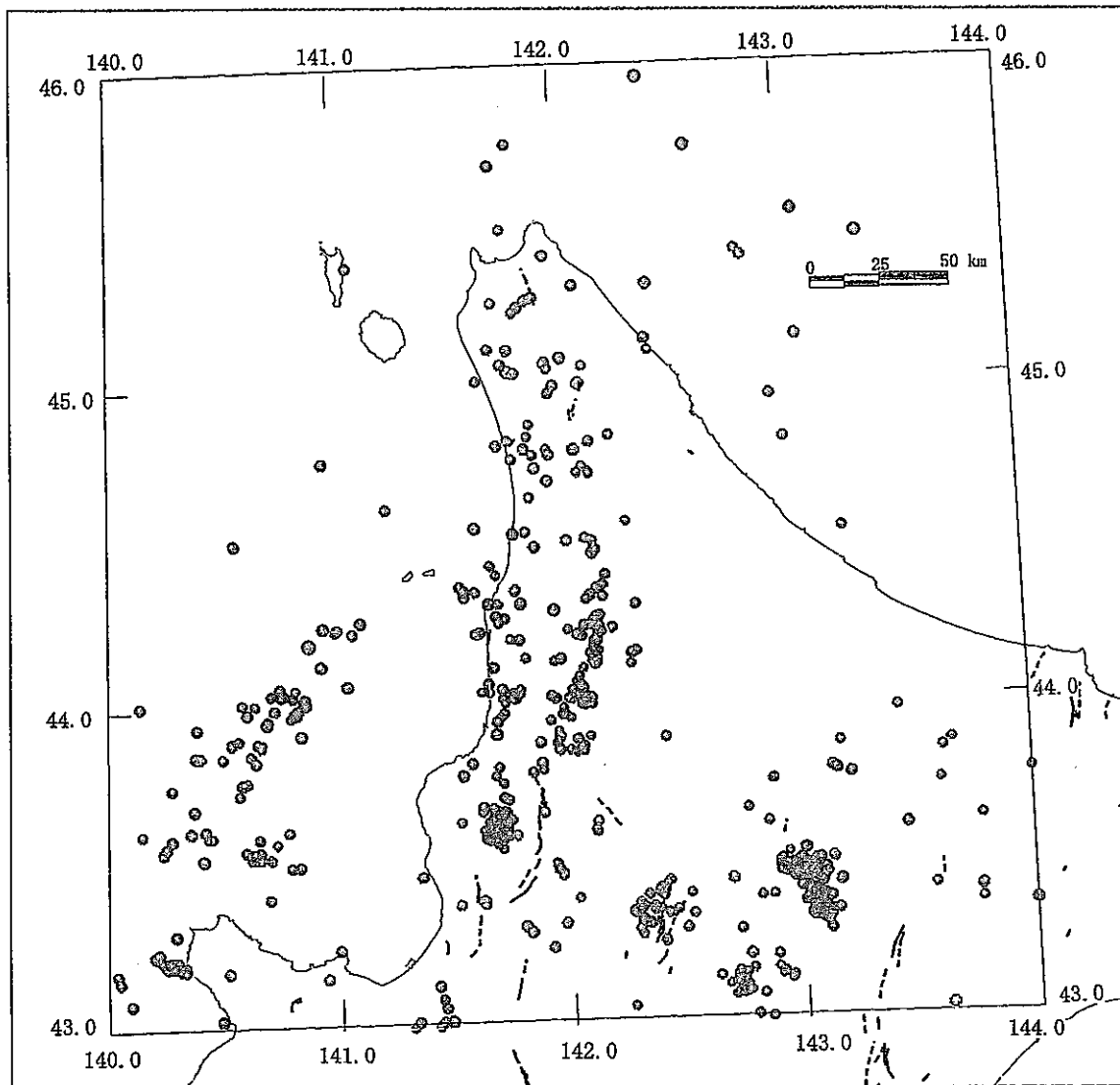
1999



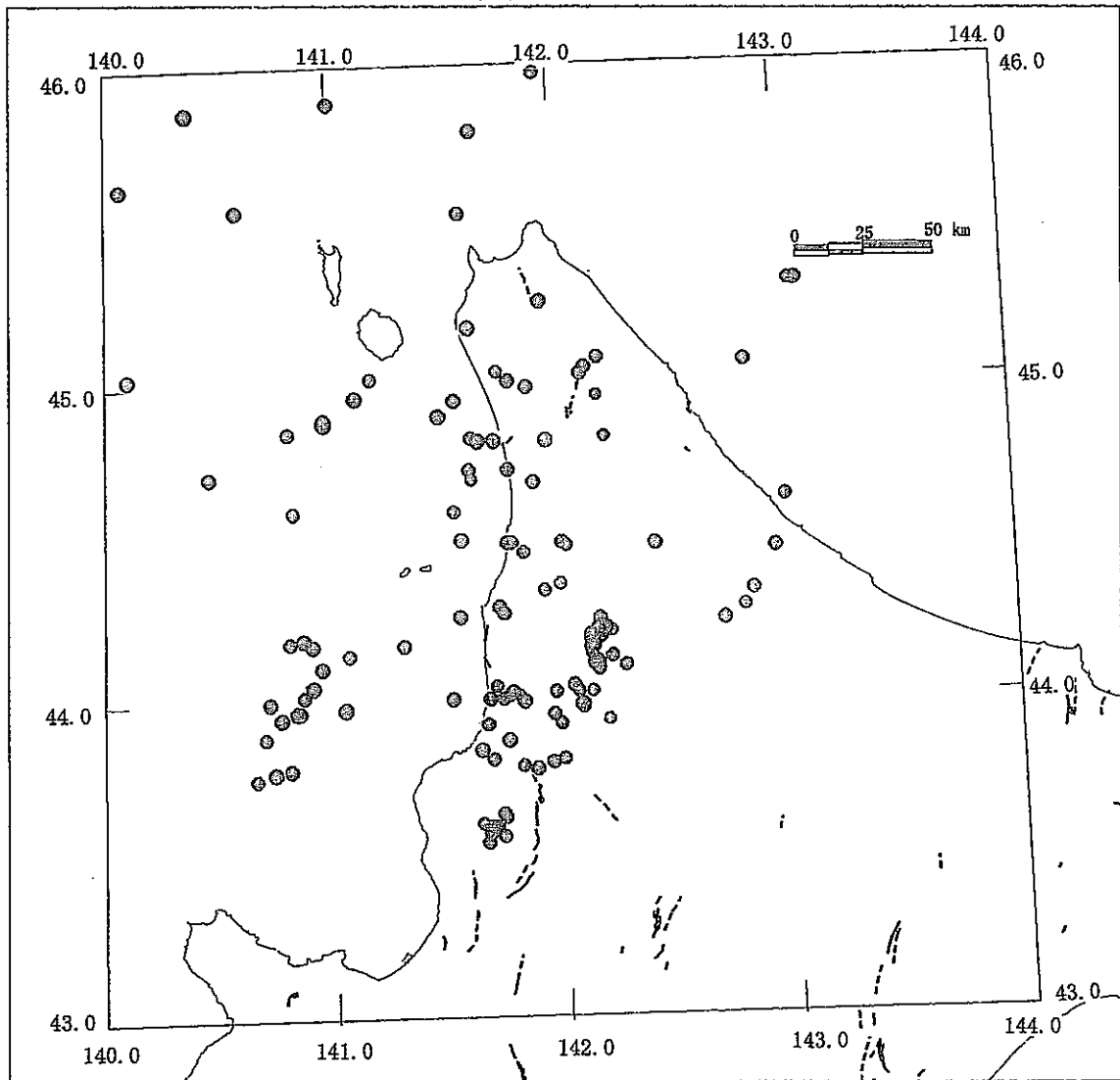
口絵1 北海道北部の地学的環境と幌延観測点の位置
 地形・主な被害地震・活断層(総理府地震調査研究推進本部地震調査委員会,1997)
 と火山(気象庁,1996))



口絵2 気象庁による震央分布 (1926 - 1986.11., $M \geq 3$, 震源の深さ100km以下) と活断層 (活断層研究会, 1991)



口絵3 気象庁による震央分布 (1986.12. - 1997.12., $M \geq 2$, 震源の深さ100km以下) と活断層 (活断層研究会, 1991)



口絵4 併合処理による震央分布 (1986.12. - 1997.12., 震源の深さ 100km 以下) と活断層 (活断層研究会, 1991)

北海道北部地域における地震観測のとりまとめ

財団法人 地震予知総合研究振興会

要 旨

北海道北部の地震活動の詳細を明らかにするために、幌延町開進地区で1986年12月4日から1998年3月31日まで136か月間、微小地震を対象として、高感度地震観測を行なった。

幌延における11年間余の観測と解析の結果、以下のことが明らかになった。

- ・ S-P時間5秒（幌延からの震源距離約40km）以下の地震が多数発生している。
- ・ S-P時間1.1秒以下の地震は観測されていない。即ち、幌延から震源距離約8km以内、従って、幌延の真下では深さ約8kmより浅い地震は発生していない。
- ・ 幌延の周辺では、継続時間が極めて短く（数時間～数十時間）、震源域も極めて小さい（差渡し数km程度）群発地震活動がしばしば発生している。
- ・ 幌延1点の観測では信頼できる震源を求めることが出来ないので、周辺の気象庁観測点のデータと併合処理を行なった。S-P時間20秒以内の地震の約5%について震源が求められた。

得られた震源分布を見ると、日本海岸に沿って幅約40～50kmで南北に延びる地震活動が活発なところが見られる。オホーツク海沿岸部は地震活動が著しく低い。活断層など、地質構造・地体構造と顕著な関連は認められない。

本報告書は、財団法人地震予知総合研究振興会が、核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務の成果である。

契約番号：102C0022

サイクル機構担当課室及び担当者：立地推進部（研究主幹 山崎眞一）

Summary Report of Earthquake Observation in Northern Part of Hokkaido, Japan

Association for the Development
of Earthquake Prediction

Abstract

In order to clarify seismicity (seismic activity) in northern part of Hokkaido, Japan, microearthquake observation system was installed at Kaishin district of Horonobe Town. Seismic observation had been carried out for eleven years from December, 1986, to March, 1998.

On the bases of analyses of the data obtained by the observation, following facts were revealed;

- The fact that many earthquakes of S-P shorter than 5 sec observed, means many earthquakes occurred within about 40 km of Horonobe.
- On the other hand, no earthquake occurred within about 8 km of Horonobe and no earthquake occurred shallower than about 8 km under Horonobe, because no earthquake of S-P duration time shorter than 1.1 sec was observed.
- Many small earthquake swarms occurred around Horonobe station. They are very short in duration hours, and very small in spacial dimensions.
- In order to get reliable hypocenter distributions, hypocenter determination was carried out using data obtained at Horonobe station and JMA stations together.

Hypocenter distribution showed some characteristics. An active seismic zone of 40 ~ 50km wide was shown parallel to coast line of Japan Sea. In contrast, seismicity was very low in coastal region of Okhotsk Sea. No remarkable relation was recognized between seismicity and geological structures, for example active faults.

This work was performed by the Association for the Development of Earthquake Prediction under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC).

Contract No. : 102C0022

JNC Liaison : Shinichi YAMASAKI (General Manager, Senior Geologist, Site Planning Division)

目 次

要 旨	i
Abstract	ii
表及び図の一覧	v
1. 観測の経緯	1
2. 観測施設の概要	1
3. 地震記録の整理と読み取り	1
3.1 地震記録の整理と保管	1
3.2 地震記録の読み取り	2
3.3 震源決定	4
4. 11年間の総合解析	4
4.1 地震回数から見た地震活動の消長	4
4.2 S-P時間の分布と変動	5
4.3 マグニチュードについて	6
4.4 幌延近傍の地震活動について	6
4.5 併合処理による震源決定	7
5. まとめと提言	8
5.1 まとめ	8
5.2 提言	9
6. 参考文献	10
読み取りデータファイル (FD) の構造	11
用語説明	12
幌延地区地震観測結果の解析・評価委員会委員名簿など	13

表及び図の一覧

口絵 1	北海道北部の地学的環境と幌延観測点の位置 地形・主な被害地震・活断層と火山	
口絵 2	気象庁による震央分布 (1926 - 1986.11., $M \geq 3$, 震源の深さ 100km 以下) と活断層	
口絵 3	気象庁による震央分布 (1986.12. - 1997.12., $M \geq 2$, 震源の深さ 100km 以下) と活断層	
口絵 4	併合処理による震央分布 (1986.12. - 1997.12., 震源の深さ 100km 以下) と活断層	
表 1.1	報告書一覧	14
図 1.1	気象官署における有感地震回数 (1926 ~ 1985).	15
図 2.1	幌延予備観測点及び幌延観測点の位置	16
図 2.2	観測用立坑の構造	17
図 2.3	観測及び解析システムブロックダイヤグラム	18
表 2.1	観測機器の仕様・性能	19
図 3.1.1	幌延で観測された地震の早送り再生記録の例. (S-P3.48 秒, $M_H 2.5$)	20
図 3.1.2	幌延で観測された地震の早送り再生記録の例. (S-P4.75 秒, $M_H 2.8$)	21
図 3.1.3	幌延で観測された地震の早送り再生記録の例. (S-P4.02 秒, $M_H 3.4$)	22
表 3.1	幌延で観測された地震の読み取り表の例	23
図 3.2	幌延観測点及び北海道北部の気象庁地震観測点の分布	24
表 3.2	地殻速度構造モデル (森谷, 1987)	24
図 4.1	S - P 時間の度数分布 (1 秒刻み)	25
図 4.2	S - P 時間の度数分布 (0.1 秒刻み)	25
図 4.3.1	日別地震回数. (1986 年 12 月 ~ 1988 年 7 月)	26
図 4.3.2	日別地震回数. (1988 年 8 月 ~ 1990 年 3 月)	27
図 4.3.3	日別地震回数. (1990 年 4 月 ~ 1991 年 10 月)	28
図 4.3.4	日別地震回数. (1991 年 11 月 ~ 1993 年 6 月)	29
図 4.3.5	日別地震回数. (1993 年 7 月 ~ 1995 年 2 月)	30
図 4.3.6	日別地震回数. (1995 年 3 月 ~ 1996 年 9 月)	31

図 4.3.7	日別地震回数. (1996年10月~1997年12月)	32
図 4.4	30日づつずらした30日間の地震回数.	33
図 4.5	30日づつずらした90日間の地震回数.	33
図 4.6	地震回数の累積 ($S-P < 5$ 秒) 横軸は年 (1月1日の位置)	34
図 4.7	地震回数の累積から平均を引いたもの ($S-P < 5$ 秒)	34
図 4.8.1	日別 $S-P$ 分布 (1986年12月~1988年7月)	35
図 4.8.2	日別 $S-P$ 分布 (1988年8月~1990年3月)	35
図 4.8.3	日別 $S-P$ 分布 (1990年4月~1991年10月)	36
図 4.8.4	日別 $S-P$ 分布 (1991年11月~1993年6月)	36
図 4.8.5	日別 $S-P$ 分布 (1993年7月~1995年2月)	37
図 4.8.6	日別 $S-P$ 分布 (1995年3月~1996年9月)	37
図 4.8.7	日別 $S-P$ 分布 (1996年10月~1997年12月)	38
図 4.9	$S-P$ 分布の時間変化 (1986年12月~1997年12月)	38
図 4.10	図 4.11, 4.12 の描き方の説明	39
図 4.11.1	引き続く101個の地震の $S-P$ 時間の10パーセンタイル, 中位値, 90パーセンタイル ($0 \leq S-P < 10$ sec).	40
図 4.11.2	引き続く101個の地震の $S-P$ 時間の20パーセンタイル, 中位値, 80パーセンタイル ($0 \leq S-P < 10$ sec).	40
図 4.12.1	引き続く101個の地震の $S-P$ 時間の10パーセンタイル, 中位値, 90パーセンタイル ($0 \leq S-P < 20$ sec).	41
図 4.12.2	引き続く101個の地震の $S-P$ 時間の20パーセンタイル, 中位値, 80パーセンタイル ($0 \leq S-P < 20$ sec).	41
図 4.13.1	引き続く101個の地震の $S-P$ 時間の度数分布と累積度数分布の例 ($S-P \leq 20$ sec), 1986年12月5日12時38分~87年3月9日19時48分	42
図 4.13.2	引き続く101個の地震の $S-P$ 時間の度数分布と累積度数分布の例 ($S-P \leq 20$ sec), 1986年12月21日03時29分~87年8月3日19時45分	42
図 4.14	3種類のマグニチュードの度数分布	43
	M_1 : 津村のマグニチュード	43
	M_2 : 神林・市川のマグニチュード	43
	M_J : 気象庁マグニチュード	43
図 4.15	M_1 と M_2 の相関	43
図 4.16.1	幌延近傍の地震活動. (1986年12月15日~19日)	44
図 4.16.2	幌延近傍の地震活動. (1988年8月19日~23日)	45
図 4.16.3	幌延近傍の地震活動. (1989年1月23日~2月1日)	45
図 4.16.4	幌延近傍の地震活動. (1989年7月17日~8月13日)	46
図 4.16.5	幌延近傍の地震活動. (1989年9月8日~11日)	46
図 4.16.6	幌延近傍の地震活動. (1989年11月4日~18日)	47
図 4.16.7	幌延近傍の地震活動. (1990年2月22日~26日)	47

図 4.16.8	幌延近傍の地震活動。(1990年5月18日～6月14日)	48
図 4.16.9	幌延近傍の地震活動.	49
	(a) (1990年9月30日～12月29日)	49
	(b) (1990年10月30日～11月26日)	49
図 4.16.10	幌延近傍の地震活動。(1991年3月29日～4月12日)	50
図 4.16.11	幌延近傍の地震活動。(1991年8月6日～24日)	50
	(a) S-P時間2.55～2.65秒の地震に着目して	50
	(b) S-P時間3.85～4.15秒の地震に着目して	51
	(c) S-P時間5.40～5.80秒の地震に着目して	51
図 4.16.12	幌延近傍の地震活動.	52
	(a) (1992年5月22日～6月5日)	52
	(b) (1992年5月28日～29日)	52
図 4.16.13	幌延近傍の地震活動.	53
	(a) (1992年10月19日～1993年4月17日)	53
	(b) (1992年12月8日～1993年1月18日)	53
図 4.16.14	幌延近傍の地震活動。(1993年1月27日～2月14日)	54
図 4.16.15	幌延近傍の地震活動。(1993年3月30日～4月10日)	54
図 4.16.16	幌延近傍の地震活動。(1993年6月26日～8月10日)	55
	(a) S-P時間2.25～2.85秒の地震に着目して	55
	(b) S-P時間2.55～2.85秒の地震に着目して	55
	(c) S-P時間2.25～2.55秒の地震に着目して	56
図 4.16.17	幌延近傍の地震活動。(1993年7月26日～8月4日)	57
図 4.16.18	幌延近傍の地震活動。(1993年10月24日～12月17日)	57
図 4.16.19	幌延近傍の地震活動。(1994年10月19日～1995年1月17日)	58
図 4.16.20	幌延近傍の地震活動。(1996年4月1日～4月28日)	58
図 4.16.21	幌延近傍の地震活動。(1997年11月2日～12月17日)	59
図 4.16.22	幌延近傍の地震活動。(1997年11月27日～12月6日)	59
表 4.1	併合処理による震源決定に用いた地殻速度構造モデル	60
図 4.17.1	併合処理によって決定された震源の分布(北海道北部)	61
図 4.17.2	併合処理によって決定された震源の分布(幌延周辺)	62
図 4.18.1	気象庁(JMA)によって決定された震源の分布(北海道北部)	63
図 4.18.2	気象庁(JMA)によって決定された震源の分布(幌延周辺)	64
図 4.19.1	気象庁(JMA)によって決定された震源と併合処理により 地震予知総合研究振興会(ADEP)によって決定された 震源の比較(北海道北部)	65
図 4.19.2	気象庁(JMA)によって決定された震源と併合処理により 地震予知総合研究振興会(ADEP)によって決定された 震源の比較(幌延周辺)	66

表 4.2.1	1989年11月4日～18日天塩郡天塩町更岸沖の地震の震源	67
表 4.2.2	1990年10月30日～11月26日雨竜郡幌加内町添牛内付近の地震の震源	67
図 4.20.1	幌延周辺の地震活動の時系列(上段)と震源位置(下段). (1989年11月4日～18日, 天塩町更岸沖)	68
図 4.20.2	幌延周辺の地震活動時系列(上段)と震源位置(下段). (1990年10月30日～11月26日, 幌加内町添牛内付近)	69

1. 観測の経緯

北海道北部地域は、図 1.1 に示す 60 年間の有感地震回数を見ても明らかなように、地震活動の比較的低いところと考えられていた。時々局地的な地震（群）があり、稀に震度 V に達したり、多少の被害があったことが知られていたが、地震観測網が疎であったため、詳しいことは分かっていなかった。1980 年代前半には、気象庁の地震計による観測点は稚内の他は、かなり離れた留萌・旭川・網走くらいしかなく、地震計の感度、従って検知能力もあまり高くなかった。また、北海道大学理学部の地震観測網も主として北海道南部の太平洋側に展開され、北海道北部地域には常設観測点は少なかった。

1986 年 8 月 21 日から幌延町およびその周辺で群発地震が発生した。気象庁の観測によれば同月 31 日までに有感地震 13 回（最大震度 II）を含み、末期の 8 月 31 日に M 4.3 の最大地震が発生した。北海道大学理学部（1987）によれば、震源域は南と北の 2 ヶ所に分かれており、活動は断続的であった。

この群発地震をきっかけとして、北海道北部地域における地震活動状況を調査するために、幌延町幌延地区に臨時の地震観測点（図 2.1 参照）を設け、1986 年 9 月 9 日から 11 月 20 日までに 38 回の地震を観測した。臨時観測点は応急的なもので、地震計は市街地の砂地盤上に設置されており、ノイズも多く、地震検知能力が低かったため、観測点を常設して観測を継続することになった。常設観測点は、幌延町の市街地から南南東に約 9 km 離れた開進地区（図 2.1 参照）とし、地表から約 5 メートル掘り下げ、立坑を設け、坑底のシルト質の岩盤上に地震計を設置した。

本観測は 1986 年 12 月 4 日に開始した。落雷などにより、一部の機器が一時停止した他は重大な故障や長期に亘る欠測もなく観測を継続してきたが、1998 年 3 月 31 日をもって観測を終了した。

この期間に観測された地震についての調査・解析・評価に関する報告書は表 1.1 に示すように 12 冊出ている。臨時観測点における予備観測によって得られたデータ及び結果は、第 1 の報告書に掲載されている。

2. 観測施設の概要

幌延周辺の地学的環境を口絵 1 に示し、また、幌延予備観測点及び幌延観測点の位置を図 2.1 に 1/50000 地形図上に示した。

地震計を設置した立坑の構造を図 2.2 に示した。また、観測及び解析システムのブロックダイアグラムを図 2.3 に、仕様・性能を表 2.1 に示した。地震計は速度型地震計 3 成分と、加速度型地震計 3 成分を用いた。解析及び保存のため磁気テープ式データレコーダーに 6 成分及びタイムコードを連続的に記録し、また、現地で地震活動状況を把握し、磁気テープ記録解析の際の検索のために、速度計上下動 1 成分を長時間ペンレコーダーに記録した。

3. 地震記録の整理と読み取り

3.1 地震記録の整理と保管

図 2.3 に示したように、現地（幌延）では速度地震計 3 成分、加速度地震計 3 成分の出力

及びタイムコードを連続記録磁気テープに、速度計上下動1成分を長時間モニターレコーダに記録し、年月日を記入したラベルを付し、振興会に送って、整理・保管した。

長時間モニター記録を参照して、速度計3成分の磁気テープの地震が記録されている部分を検索・再生し、早送り熱ペン式レコーダに書かせ、年月日時分等を記入し、読み取りを行なった。地震が大きくて速度計記録が振り切れている場合などには、加速度計記録を参照して読み取りを行ない、また、最大加速度値を算出した。

本観測期間中は、原則として1週間に1回磁気テープを交換し、整理・解析のため振興会に送付していたが、震度の大きい地震が発生した場合早急に読み取り・解析を行なうため直ちにテープを交換し送付した。また、地震計のメンテナンスのためテープを交換した場合などもあり、従って、磁気テープは全体で約600巻に達した。

本観測期間11年1ヵ月、延べ4046日は、時間にすると97000時間を超え、磁気テープ記録器及び長時間モニターレコーダは常に動いていたが、このうち、地震を記録している部分は約100時間、全体の0.1%を超える程度であった。

上述のように、長時間モニター記録及び磁気テープ記録は膨大な量に達するが、地震活動度が高くなかったため地震を記録している部分はごく一部分であった。

磁気テープはこれを読みとるのに専用の装置を必要とするが、近年他の記録メディアの発達により磁気テープそのものがもはや過去のものとなっており、読み取り装置も稼働しているものが減少しており、将来においては磁気テープの読み取りは著しく困難になるものと予想される。そもそも磁気テープ自体が経年的に劣化する。また、長時間モニター記録については、1成分のみであり、地震を記録している部分を検索するという主要な目的を果たした以上、保存する必要はほとんど無い。以上の理由により、地震を記録している部分の早送り再生記録のみを核燃料サイクル開発機構で保管し、磁気テープ及び長時間モニター記録は廃棄することとした。

3.2 地震記録の読み取り

早送り再生記録の例を図3.1-3に示した。

早送り再生記録によって読み取りを行った。

読み取りは次の各項目について行い、マグニチュード M_1 、 M_2 を算出し、その結果は表3.1のようにまとめて各期の報告に掲載した。また、今回、1986年12月4日から1997年12月31日まで、4046日間、3968個の地震のデータ全体を一括して取り扱えるようフロッピーディスクに収めた (p.11 参照)。

読み取り項目の内容は次の通りである。

初動 (P) の位相：立ち上がりの明瞭さに基づいて IP, P, EP と表示。

(立ち上がりの明瞭な場合 IP, 不明瞭な場合 EP,

1987年3月末までのデータについてはこの区別がない)

初動の時, 分, 秒

S波の表示 : S波が読みとれていないときは、次項のS波の時、分、秒とも空欄になっている。

立ち上がりの明瞭さに基づいて IS, S, ES と表示。

1987年3月末までのデータについてはS波の読み取りがない。

S波の時、分、秒

最大振幅 U-D, 最大振幅 N-S, 最大振幅 E-W : 最大速度全振幅の $1/2$, 単位は μkine ,
1000 μkine を超える場合は mkine

初動方向 UD, 初動方向 NS, 初動方向 EW : 方向のみ U, D, N, S, E, W で表示

S-P時間 : 初期微動継続時間 P波が着いてからS波が着くまでの時間

単位は sec

F-P時間 : 総震動継続時間 単位は sec

初動振幅等 : 初動最大振幅が読みとってある場合はこの欄に U=23.4, N=34.5, E=45.6 という要領で書いてある (単位は μkine)。

その他、地震の地域名、名称が書いてある場合がある。

以上の読み取りに基づいて、次のように M_1 と M_2 を算出した (巻末用語説明参照)。

M_1 : 総震動継続時間から次の津村 (1967) の式で算出したマグニチュード

$$M_1 = -2.36 + 2.85 \times \log(F-P)$$

M_1 は震源距離に依存しない

M_2 : 上下動最大速度振幅から次の神林・市川(1977)の式で算出したマグニチュード

$$M_2 = \log A_v + 1.64 \log \Delta + 0.22$$

Δ : 震源距離. ここでは $6 \text{ (km/sec)} \times (S-P)$ と仮定して計算

なお、各期の報告書の内、1993年12月までの分は上に述べた通りの表が掲載されているが、1994年1月以降の分は、1994年中に得られた655個の地震の M_1 と M_2 の間の回帰式 $M_1 = 0.9431 \times M_2 + 0.0935$ を用いて M_2 を M_1 に換算した値 M_1' と M_1 の平均を M として記載してある。

以上のデータに基づいて、地震活動の消長、発生した地震の震源距離とその変化などを明らかにすることができる。各期の報告書に、それぞれ対象とした期間の状況を記載した。

3.3 震源決定

本プロジェクトによる地震観測は幌延1点のみであるので、それだけでは信頼できる震源を求めることができない。そこで、気象庁の観測網による観測データの内、北海道北部で得られたもの*を(財)日本気象協会から購入し、幌延の観測データと併せて、震源決定を試みた(併合処理)。

森谷の地殻速度構造モデル(表3.2)(森谷,1987)を用い、P時刻とS-P時間から震源時を求め、それを固定して震源位置を計算して求めた。1986年12月4日から1997年12月31日まで46個の地震の震源を求めることができた。

4. 11年間の総合解析

本観測期間の1986年12月4日から1997年12月31日まで4046日間に得られた観測データに基づいて、総合的・統一的に解析を行った。

この4046日間に3968回の地震が観測され、読み取られた。

全地震のS-P時間(初期微動継続時間)の分布は図4.1の通りで、全体の約84%強にあたる3341回がS-P時間20秒未満(幌延からの震源距離約150km以下)の北海道北部の地震であることが分かる。従って、以下では、主としてS-P時間20秒未満の地震を扱うこととする。その中でもS-P時間5秒以内の地震が2591個と約78%を占めている。

地震数が多いこと、細かいS-P時間の変化もあるらしいことから、0.1秒刻みのS-P時間分布図も作ってみた(図4.2)。

S-P時間3.5($3.50 \leq S-P < 3.60$)秒に鋭いピークがあり、浅い谷を挟んで4.7-4.8秒に次のピークがある。S-P 5.3秒に浅い谷が、5.9-6.1秒にやや顕著な谷がある。S-P 10秒付近の地震は極めて少ない(9.9-10.4秒の間に地震3個のみ)。

他方、S-P時間1.1秒以下の地震は観測されていない。

上述の状況から判断して、S-P時間5秒未満、5秒以上10秒未満、10秒以上20秒未満の3つのジャンルに分けて取り扱うこととする。

4.1 地震回数から見た地震活動の消長

4046日間に日々発生した地震の回数を図示したものが図4.3.1-7である。記入してある年月は1日の位置を示している(以下同様、年のみを記入した図では1月1日の位置を示している)。

図4.3では、最上段にS-P時間20秒未満の地震の合計回数を、2段目にはS-P時間10秒以上20秒未満の地震回数を、3段目にS-P時間5秒以上10秒未満の地震の回数を、最下段にS-P時間5秒未満の地震の回数を、それぞれ示してある。

4046日間の日別地震回数を見ると、0回の日が2825日、1回の日が735日、2回の日が

* 1995年1月10日15時までは、稚内、留萌、旭川、旭川2、網走の5観測点、1995年1月10日15時以降は稚内公園(1996年1月13日以降稚内恵北)、宗谷枝幸、初山別、空知北竜、上川、上川朝日、利尻島、焼尻島、芦別 の9観測点(図3.2参照)

268日で、2回以下の日が94.54%を占めている。そこで、図4.3の最上段には2回の所に破線を入れてある。

これを見ると、最上段のS-P時間20秒未満の地震の合計回数でピークになっているところは、大部分S-P時間5秒未満の地震によるものであることが分かるが、1990年11月の2つのピーク(図4.3.3)はS-P時間10秒以上20秒未満の地震によるものであり、1991年8月の3つのピーク(図4.3.3)の内2つ、1992年8月のピーク(図4.3.4)のうち一番大きいものはS-P時間5秒以上10秒未満の地震によるものであることが分かる。

全観測期間の地震活動の大局的な変動傾向を見るため、図4.4は、30日間づつに区切って、その間の地震回数を示したもの、図4.5は、30日づつずらして90日間の地震回数を示したものである。

これらの図から、1993年は地震活動が著しく活発であった、特に活動が持続的であったこと、1994-1995年は地震活動が低かったことなどが分かる。

図4.6はS-P時間5秒未満の地震について、地震回数の累積を示し、それから平均地震回数0.64回/日(2591回/4046日)を引いたものを図4.7に示した。また、図4.6と4.7には北海道及びその周辺で $M \geq 7.0$ の地震が発生した時点を示しておいた。

これらの図から分かるように、1992年12月から、及び、1993年7月から地震活動が著しく活発になっている。いずれも、S-Pが5秒以下の活動である。1993年1月15日釧路沖地震(深さ107km, M7.8)、1993年7月12日北海道南西沖地震(M7.8)との関連が注目されるが、いずれも余震域からは離れており、直接の関係ではなく、誘発地震とでもいうべきものと考えられる。1992年12月の活動は釧路沖地震のほぼ1ヶ月前から起こっており、特に注目される。大地震の前に広い範囲で応力が高まっていた等の事態が考えられる。

4.2 S-P時間の分布と変動

4046日間に、日々発生した地震のS-P時間を示したものが図4.8.1-7で、横軸を圧縮して1枚に納めたものが図4.9である。これをみると、S-P時間2秒以上5秒未満の地震が常に多数を占めていることは変わらないが、その中にも微妙な変化があること、S-P時間5秒以上の地震が集中して発生している場合のあることなどが分かる。

そこで、S-P時間の微妙な変化を取り出すために、次のようなことを試みた。

引き続き101個の地震のS-P時間の、短い方から21番目(20パーセンタイル)、51番目(中位値)、81番目(80パーセンタイル、長い方から21番目)の値を求める。或いは、短い方から11番目(10パーセンタイル)、51番目(中位値)、91番目(90パーセンタイル、長い方から21番目)の値を求める。始めの地震の日、101個目の地震の日、20パーセンタイル、80パーセンタイル(または、10パーセンタイル、90パーセンタイル)を4辺とする箱で表す(図4.10)。

始めの地震を30個づつずらして、同様にして次々に箱を描いていく。

図4.11.1,2はS-P時間10秒未満の地震について、図4.12.1,2はS-P時間20秒未満の

地震について描いたものである。地震活動が活発なときには箱の幅が狭く、地震活動が不活発なときには箱の幅が広い。箱の高さが低いときはS-P時間が狭い範囲に集中していることを、箱の高さが高いときにはS-P時間がやや広い範囲に広がっていることを示している。

1993年初頃及び中頃は地震活動が極めて活発で、S-P時間が狭い範囲に集中していること等が分かる。

一つ一つの箱の中のS-P時間の度数分布の例を示したものが図4.13.1-2である。鋭い単峰性の分布を示している場合、やや幅広い分布を示している場合のあることが分かる。

4.3 マグニチュードについて

幌延で観測された地震については2種類のマグニチュードを求めた。振動継続時間を用いる津村の方法によるマグニチュード M_1 、上下動最大速度振幅を用いて神林・市川の式で決めた M_2 である。 M_1 、 M_2 は大部分の地震について求められている。このほか、気象庁によりマグニチュード M_J が決められている地震もある。この3種のマグニチュードの度数分布を示したものが図4.14である。 M_1 と M_2 が両方求められている地震3126個について、 M_1 と M_2 の相関を示したのが図4.15である。

図にみられるように、 M_1 と M_2 の間には極めて高い相関があり（相関係数0.98）、回帰式を求めると次のようになる。

$$M_2 = 1.040 M_1 - 0.033$$

$$M_1 = 0.914 M_2 + 0.129$$

M_1 と M_2 は求められている地震数も多いし、相関も良いので、ここに挙げた回帰式を用いて、相互に換算することができるが、その他のマグニチュードとの間の換算は問題が多いので行なわなかった。

以後の処理でマグニチュードを用いる場合は、 M_J があればそれを優先し、 M_J がない場合は、 M_1 、 M_2 ともにある場合は M_2 を M_1 に換算して得た値 M_1' と M_1 の平均値 M_H を用い、 M_1 があつて M_2 がなければ M_1 を M_H とし、 M_1 がなく M_2 がある場合は M_2 を M_1 に換算して得た値 M_1' を M_H とした。

4.4 幌延近傍の地震活動について

地震が集中して発生している時期について、時刻、S-P時間、マグニチュードを示したものが図4.16.1-22である。横軸は時間をとっているが、場合によって適当にレンジを変えてある。縦軸はS-P時間をとってある。S-P時間5秒までを図示するようにした場合と、15秒までを図示するようにした場合とがある。

詳しくみると、①非常に短時間に集中して発生している場合、②やや長い時間に亘って発生している場合、③S-P時間が非常に狭い範囲に集中している場合、④S-P時間がやや分散している場合等があることが分かる。

例えば、1988年8月21－22日（図4.16.2）は7時間8分17秒間に56個、1992年5月28－29日（図4.16.13）は14時間9分に32個、1個を除くと9時間7分弱に31個発生しており、非常に短時間に集中して発生している場合①の例である。

やや長い時間に亘って発生している（それでも平均よりはるかに活動度が高い）場合②の例は多い。

S－P時間が非常に集中している場合③の例は、1992年5月28－29日の活動（S－P時間は3.11－3.65秒、2個除くと3.45－3.65秒の範囲に分布する。図4.16.12(b)）の他多数ある。

1988年8月21－22日の活動では、S－P時間は2.54－3.98秒の範囲に分布し（図4.16.2。1個2.03秒の地震があるが、同一の活動に属するか否か判断が難しい）やや分散している場合④の例である。

4.5 併合処理による震源決定

幌延1点のみの観測によっては信頼できる震源決定が出来ないため、北海道北部にある気象庁の観測点で得られたデータを購入し、これらのデータと併合して震源決定を試みてきた。しかし、気象庁データの入手にかなりの時間的遅れがあるなどの事情により、十分な結果が得られていなかった。

今回、11年分のデータがまとめられた機会に、できるだけ多数の地震について併合処理を行なった。

幌延の読み取りデータと気象庁データとから、併せて3点以上の観測があるものを拾い出して、データセットを作った。地殻速度構造モデルとしては、表3.2、図3.2の森谷モデルを僅かに変更したもの（表4.1、層厚、 V_p はそのままで、 $V_p/V_s=1.732$ になるように V_s を変更）を使用した。

このデータセットに基づいて、松浦（1987）のプログラムで震源決定を行なった。約300個の地震について解が得られたが、残差などから信頼性が低いと考えられるものを除いて、約250個を取り上げた。

図4.17.1に震央分布と東西及び南北断面を示す。また図4.17.2には、幌延の周囲100km四方を拡大したものを示した。幌延からの震央距離が150km以上の地震が少ないのは、幌延では主としてS－P時間20秒未満の地震を読みとっているためである。

図4.18.1、2には、同じ期間に気象庁によって決められた震央を示した。43.5°以南を入れると、十勝岳東方丸山付近の群発地震などが含まれ、北海道北部の状況が見難くなるので省略した。

どちらの結果を見ても、北海道北西部の日本海岸から約40～50kmの地帯はかなり活発な地震活動があることが分かった。かつ、その東及び西には地震活動が著しく低い地帯がある。特に、オホーツク海沿岸は地震活動が低い。

また、活断層（活断層研究会、1991）などの地質構造、地体構造（垣見俊弘、1991）との間には顕著な関係は見いだせない。

図4.19.1, 2には、相互の比較を示したが、どちらがより信頼すべきものはなかなか難しい問題で、一概には言えない。しかし、幌延周辺の浅い地震については、幌延のデータを入れて求めた深さの方がより確かであると考えられる。

図4.17.1と図4.18.1を比較すると、後者には深さ50～150 kmの地震が全く見られないのに対して、前者では深さ50～150 kmの地震がかなりある。図4.19.2の南北断面を見ると、気象庁が深さ15 km程度に決めている地震の多くが、併合処理ではそれより10～15 km程度深く決まっていることが分かる。また、図4.19.1から、深発地震面で発生しているとみられる深い地震は、震央位置・深さともよく一致していることが分かる。

前節で拾い上げた幌延近辺の群発地震活動の中で、震源の決まった地震を含むものは多くはないが、1989年11月10日の活動は、幌延の西南西約20～25 km、天塩町更岸沖で発生したものであることが分かる（図4.20.1及び表4.2.1）。

また、図4.20.2には1990年11月の活動を示した。これは、S-P時間12.3～13.7秒の幌延からやや遠い地震活動の例である。震源の決まった地震はここでの併合処理で6個、気象庁で7個である（表4.2.2）。震央位置（幌延からの震央距離 Δ ）には最大5 km程度のずれがある。気象庁震源は全て深さ0 kmまたは1 kmで、これは固定して得られた解であると推定される。今回得られた震源の深さは2.1 km～7.5 kmと16.2 km～18.2 kmに分布しているが、誤差などを考慮すれば全てほぼ10 km程度とみなすのが妥当であると考えられる。

5 まとめと提言

5.1 まとめ

幌延における11年間余の観測と解析の結果、以下のことが明らかになった。

- ・ S-P時間5秒（幌延からの震源距離約40 km）以下の地震が多数発生している。
- ・ S-P時間1.1秒以下の地震は観測されていない。即ち、幌延から震源距離約8 km以内、幌延の真下では深さ約8 kmより浅いところでは地震は発生していない。
- ・ 幌延の周辺では、継続時間が極めて短く（数時間～数十時間）、震源域も極めて小さい（差渡し数 km 程度）群発地震活動がしばしば発生している。
- ・ 幌延1点の観測では信頼できる震源を求めることが出来ないので、周辺の気象庁観測点のデータと併合処理を行なった。S-P時間20秒以内の地震の約5%について震源が求められた。

得られた震源分布を見ると、日本海岸に沿って幅約40～50 kmで南北に延びる地震活動が活発なところが見られる。オホーツク海沿岸部は地震活動が著しく低い。活断層など、地質構造・地体構造と顕著な関連は認められない。

5.2 提言

- ・幌延から 50 km 以内にある気象庁観測点は、現在 2 点のみである。幌延近傍の多数の微小地震の信頼できる震源を精度よく決め、活断層など、地質構造や地体構造との関連を明らかにするためには、幌延を中心として、間隔 20 km 以内程度で少なくとも 4 点、できれば 5 ～ 6 点の観測点を設ける必要がある。

- ・この地域の地殻の性状や挙動をよりよく知り、地震の発生過程をよりよく理解するために、深層ボーリング内に地震計や歪み計を設置することが望ましい。

参照文献

- 北海道大学理学部, 1987, 北海道とその周辺の最近の地震活動 (1986年6月~11月), 地震予知連絡会会報, 37, 1-4.
- 垣見俊弘, 1991, 地形・地質学からみた地震地体構造, 萩原尊禮編 日本列島の地震—地震工学と地震地体構造—, 鹿島出版会, 145-175.
- 活断層研究会, 1991, 新編日本の活断層—分布図と資料—, 東京大学出版会, 438pp.
- 神林幸夫・市川政治, 1977, 気象庁76型地震計記録による近地地震浅発地震の規模決定について, 験震時報, 41, 57-61.
- 気象庁編, 1995, 日本活火山要覧 (第2版), 大蔵省印刷局, 500pp.
- 松浦律子・唐鎌郁夫・岩田孝行, 1987, 松代群発地震活動の再検討 (序報), 地震学会講演予稿集, No.2, 329.
- 森谷武男, 1987, 北海道及びその周辺における地震活動の特徴, 北海道における地震災害の地域性に関する調査研究, 北海道.
- 札幌管区气象台, 1987, JMAHOKK (FDのデータファイル).
- 総理府地震調査研究推進本部地震調査委員会 (編), 1997, 日本の地震活動—被害地震から見た地域別の特徴—, 地震予知総合研究振興会, 391pp.
- 津村建四朗, 1967, 振動継続時間による地震のマグニチュードの決定, 地震2, 20, 30-40.

読み取りデータファイル (FD) の構造

HORONOBE.DATというファイルに、次の25項目のデータが「,」で区切って収納してある。読み取りデータの境は改行マークが入っている。

年, 月, 日, 通日, 初動の位相, 時, 分, 秒, S波の表示, 時, 分, 秒, 最大振幅U-D, 最大振幅N-S, 最大振幅E-W, 初動方向UD, 初動方向NS, 初動方向EW, S-P, F-P, M_1 , M_2 , M_H , M_J , 初動振幅等

以下に3.2 地震記録の読み取りと解析で説明しなかった目項について説明する。

通日 1986年12月1日からの通しの日付け

M_H : 以下のようにして決めた幌延マグニチュード

M_1 があつて M_2 がない場合 M_1 を M_H とする。

M_1 がなく M_2 がある場合 M_2 を次の式で換算して得た M_1' を M_H とする

M_1 , M_2 ともにある場合 M_1 と M_1' の平均値を M_H とする

$$M_1' = 0.917 \times M_2 + 0.129$$

M_J : 気象庁 (JMA) が決定したマグニチュード

sat : saturated 飽和 振り切れていて、最大振幅が読めない

dist : distant earthquake 遠震 遠方の地震

用語説明

F-P時間：総振動継続時間 1つの地震の振動が始まってから、記録上で振動が認められなくなるまでの時間。ノイズが大きい場合は判定が困難で、短く読みとられる傾向がある。 単位は sec

M₁：総振動継続時間から次の津村(1967)の式で算出したマグニチュード

$$M_1 = -2.36 + 2.85 \times \log(F - P)$$

M₁は200km以下では震源距離に依存しないことになっている。

M₁は記録が振り切れていて、最大振幅が読み取れない場合でも算出できるので、感度の高い地震計を用いて観測をしている場合には、好都合である。本来、観測点毎の地震計の感度などの違いによる補正は必要である。また、ノイズの大きい場合は、誤差が大きくなる。

M₂：上下動最大速度振幅から次の神林・市川(1977)の式で算出したマグニチュード

$$M_2 = \log A_v + 1.64 \log \Delta + 0.22$$

Δ：震源距離。ここでは 6 (km/sec) × (S - P) と仮定して計算

M₂は記録が振り切れていて、最大振幅が読み取れない場合には算出できない。

M_H：以下のようにして決めた幌延マグニチュード

M₁があつてM₂がない場合 M₁をM_Hとする。

M₁がなくM₂がある場合 M₂を次の式で換算して得たM₁'をM_Hとする

M₁, M₂ともにある場合 M₁とM₁'の平均値をM_Hとする

$$M_1' = 0.917 \times M_2 + 0.129$$

マグニチュードは地震そのものの規模を示す指標として広く用いられている。しかし、使った観測点、使った観測値、計算方式等によって、0.3程度のバラツキがあることは珍しくない。従って、1点の1種の観測値から求めたマグニチュードの信頼性は高くない。多くの場合、複数の観測点で得られた値の平均を採用する。しかし、検知能力の違いから、幌延1点でしか観測されていない地震が多数あるという状態で、ともかく大きさの目安としてマグニチュードを求めたいというのがこの立場である。そこで、最大振幅と、振動継続時間という次元の異なる2個の観測量を用いて、異なる方式でマグニチュードを計算した。幸い求められた2個のマグニチュードは比較的よく一致しているので、それらを(換算した上で)平均を使うことにした。得られたマグニチュードの信頼性を少しでも上げるためである。

以上のような考慮の元に、幌延マグニチュードとしてM_Hを定義した。

M₁とM_Hの差が0.2を超えるものはごく少数であり、実質的に同じとみなして差し支えない。

幌延地区地震観測結果の解析・評価委員会委員名簿など

本振興会に学識経験者からなる解析・評価委員会を設置し、下記の委員により解析結果について検討を行った。

記

委員長	萩原 尊禮	(財)地震予知総合研究振興会会長 東京大学名誉教授
委員	高木 章雄	(財)地震予知総合研究振興会理事長 東北大学名誉教授
〃	末廣 重二	(財)日本気象協会相談役
〃	松田 時彦	西南学院大学文学部教授 東京大学名誉教授
〃	澤田 義博	名古屋大学大学院工学研究科教授
〃	長谷川 昭	東北大学理学部教授
〃	阿部 勝征	東京大学地震研究所教授
〃	佐藤 孝雄	(株)明豊エンジニアリング取締役
〃	茅野 一郎	(財)地震予知総合研究振興会主任研究員

なお、上記委員のほか、北海道大学大学院理学研究科 笠原 稔教授、当振興会 松浦 律子主任研究員および同 窪田 将主任研究員の協力を得た。

(事務局)

(財)地震予知総合研究振興会	事務局長	松本 功
〃	参 事	桑原 敦次
〃	〃	寺島 幸造
〃	〃	田崎 喜康
〃		内藤秀一郎

表 1.1 報告書一覧

	表題 (観測期間・データ解析期間)	発行年月
(1)	北海道北部地域における地震の観測及び調査・解析 1986年12月～'87年3月(予備観測'86年9月～同年11月)	1987年7月
(2)	北海道北部地域における地震の観測及び調査・解析 (Ⅱ) 1987年4月～'87年8月	1987年9月
(3)	北海道北部地域における地震の観測及び調査・解析 (Ⅲ) 1987年9月～'88年3月	1988年6月
(4)	北海道北部地域における地震の観測及び調査・解析 (Ⅳ) 1988年4月～'89年3月	1989年6月
(5)	北海道北部地域における地震の観測及び調査・解析 (Ⅴ) 1989年4月～'90年3月	1990年6月
(6)	幌延地区地震観測結果の解析・評価 1990年4月～'91年7月	1991年11月
(7)	幌延地区地震観測結果の解析・評価 1991年8月～'92年7月	1993年1月
(8)	北海道北部地域における地震観測及び解析・評価 1992年8月～'93年12月	1994年3月
(9)	北海道北部地域における地震観測及び解析・評価 1994年1月～同年12月	1995年3月
(10)	北海道北部地域における地震観測及び解析・評価 1995年1月～同年12月	1996年3月
(11)	北海道北部地域における地震観測及び解析・評価 1996年1月～同年12月	1997年3月
(12)	北海道北部地域における地震観測及び解析・評価 1997年1月～同年12月	1998年3月

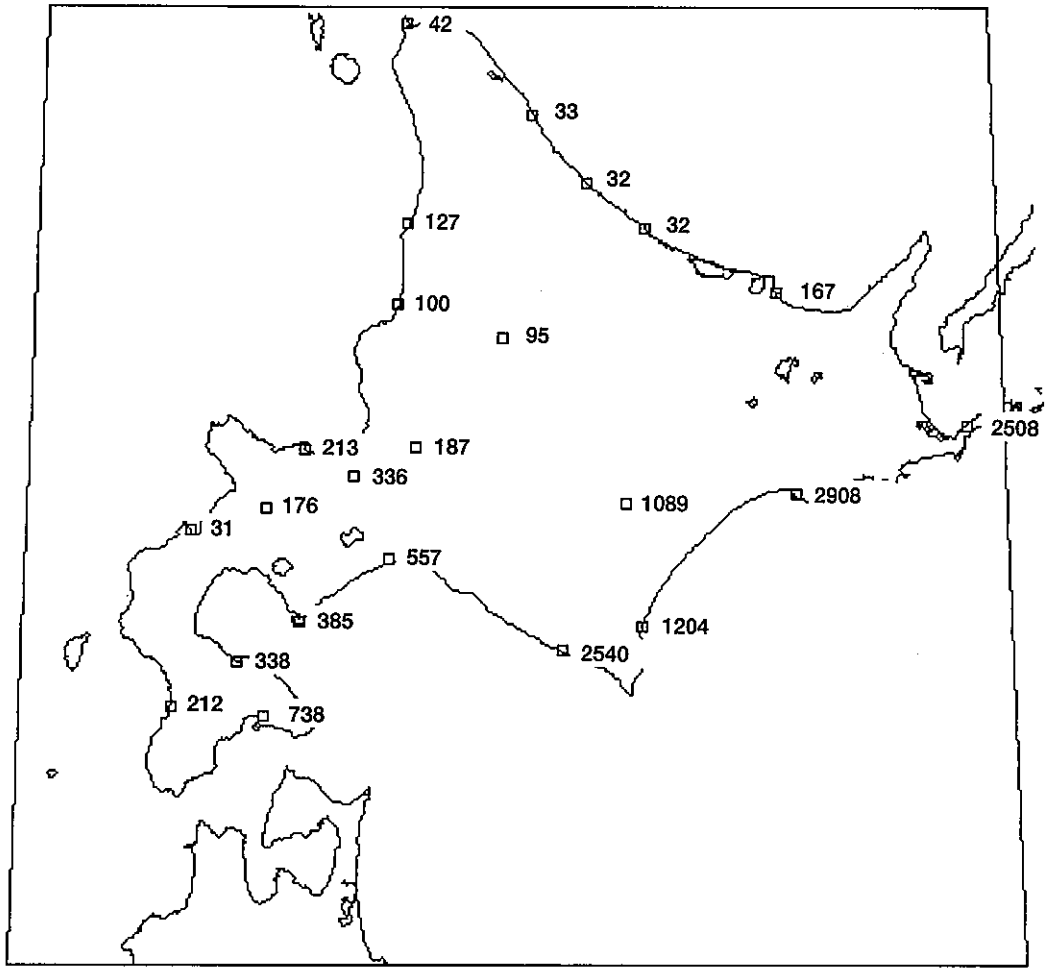


図 1.1 気象官署における有感地震回数 (1926 ~ 1985). (札幌管区气象台, 1987)

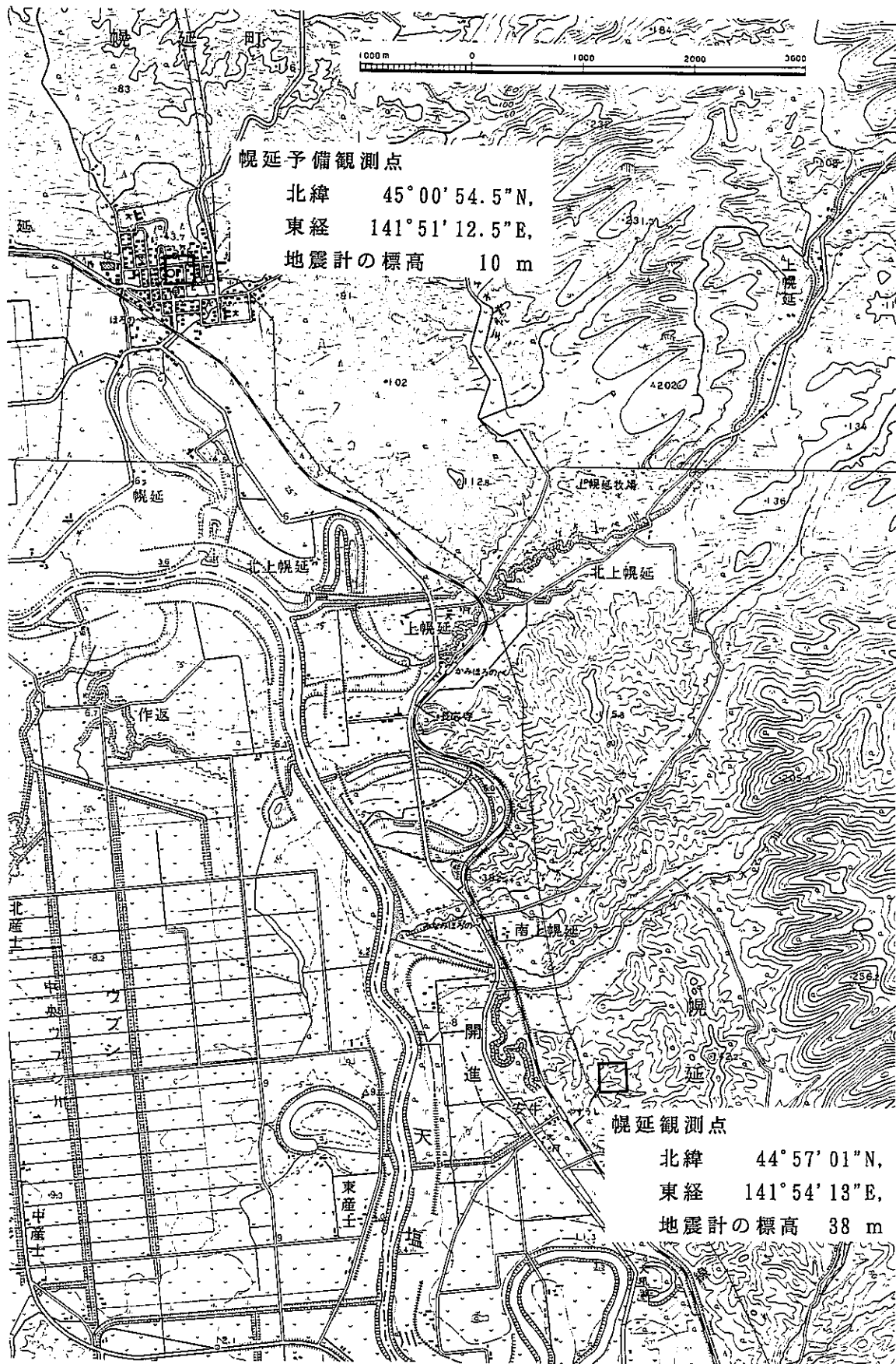


図 2.1 幌延予備観測点及び幌延観測点の位置

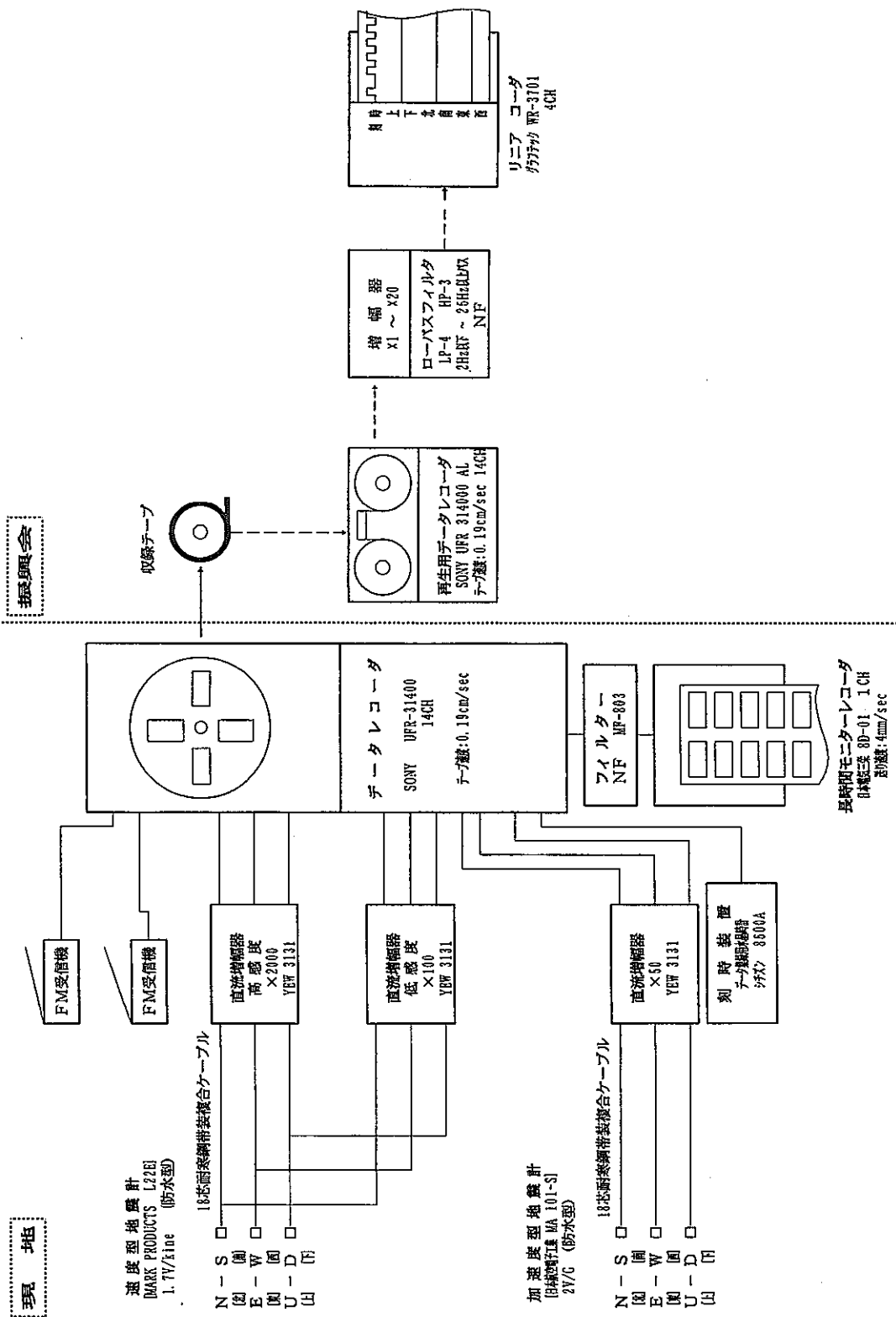


図 2.3 観測及び解析システムブロックダイヤグラム

表 2.1 観測機器の仕様・性能

機 器	仕 様	性 能
速度型地震計 MARK PRODUCTS L22E型	形 式 固有振動数 出力電圧	動電式速度計 2.0 Hz 1.7 V/kine
加速度型地震計 日本航空電子工業 MA101-S	形 式 固有振動数 周波数応答 出力電圧	サーボ型加速度計 250 Hz以上 DC ~250 Hz 2 V/G
直流増幅器 横河 YEW 3131	増 幅 度 周波数範囲 出 力	×1 ~×10,000 DC ~2.5 kHz 10V (5 mA負荷)
刻時装置 シチズン8600A	形 式 時間精度 出 力	水晶発振式 ±0.01 sec/day 以下 ※1 1 sec, 10 sec, 1 min, 10 min, 1 hr, 10 hr のB.C.D.コード
データ・レコーダ SONY UFR-31400	形 式 入力レベル 出力レベル テープ速度 周波数特性 S/N (RMS)	FM方式、14チャンネル ±1 V~±10V -1 V~+1 V 19 cm/sec, 1.9 cm/sec, 0.19 cm/sec の3速度 ※2 DC~25 Hz (0.19 cm/sec) 42dB (0.19 cm/sec)
長時間モニタ レコーダ 日本電気三栄 8D-01 型	形 式 チャンネル数 記録速度 周波数特性 感 度 最大記録振幅	インク書き 1 4 mm/sec DC~30 Hz, +5%, -10% (20 mm P-Pにて) 0.5, 1, 2, 4 V/cm 30 mm P-P

※1 時計の精度は±0.01 sec/dayであるが、FM放送の時報をデータレコーダに入力しておき、刻時の補正を行っている。

※2 常時観測に使用している速度に_____を付した。

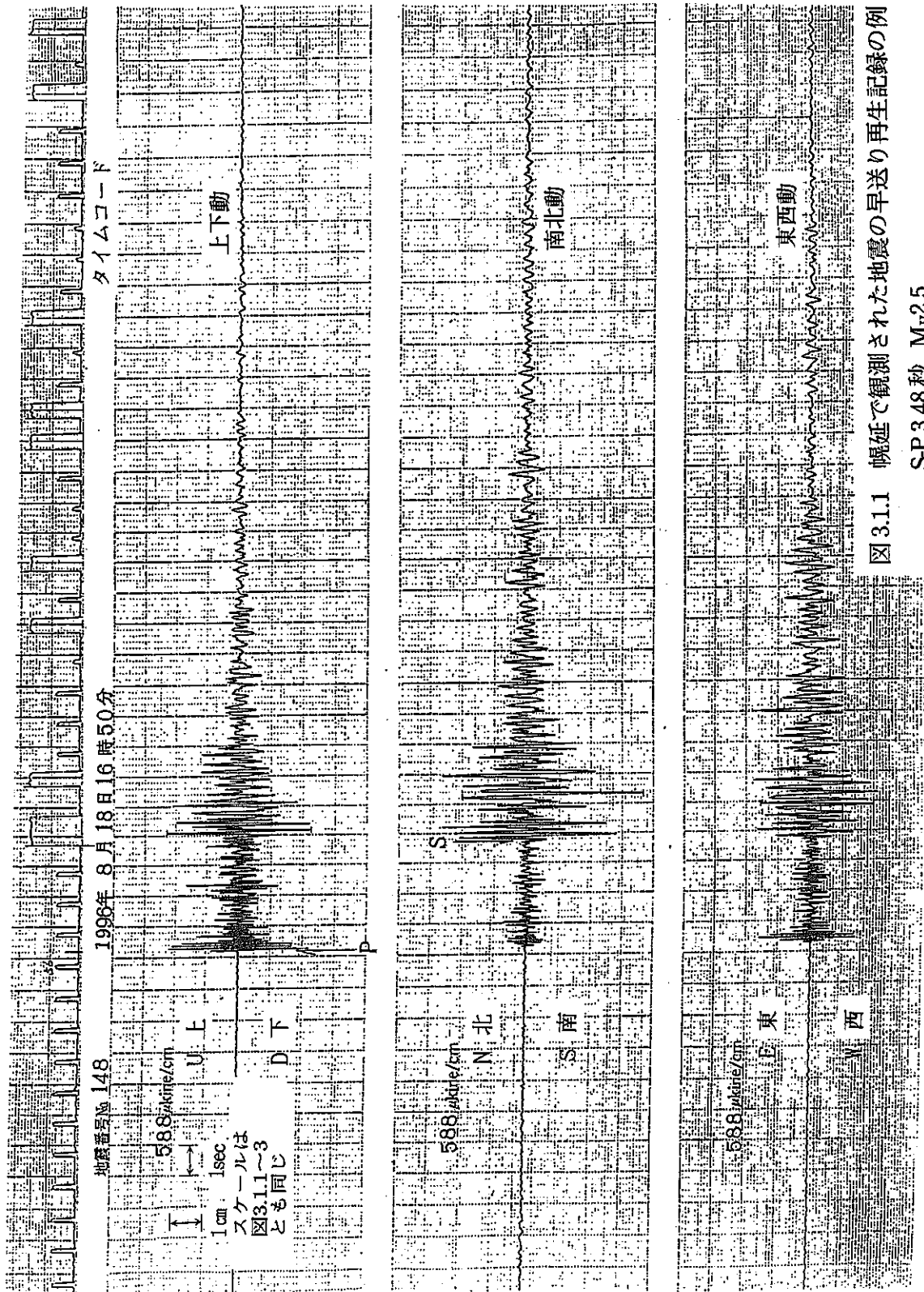


図 3.1.1 幅延で観測された地震の早送り再生記録の例
 S-P 3.48 秒, $M_H 2.5$

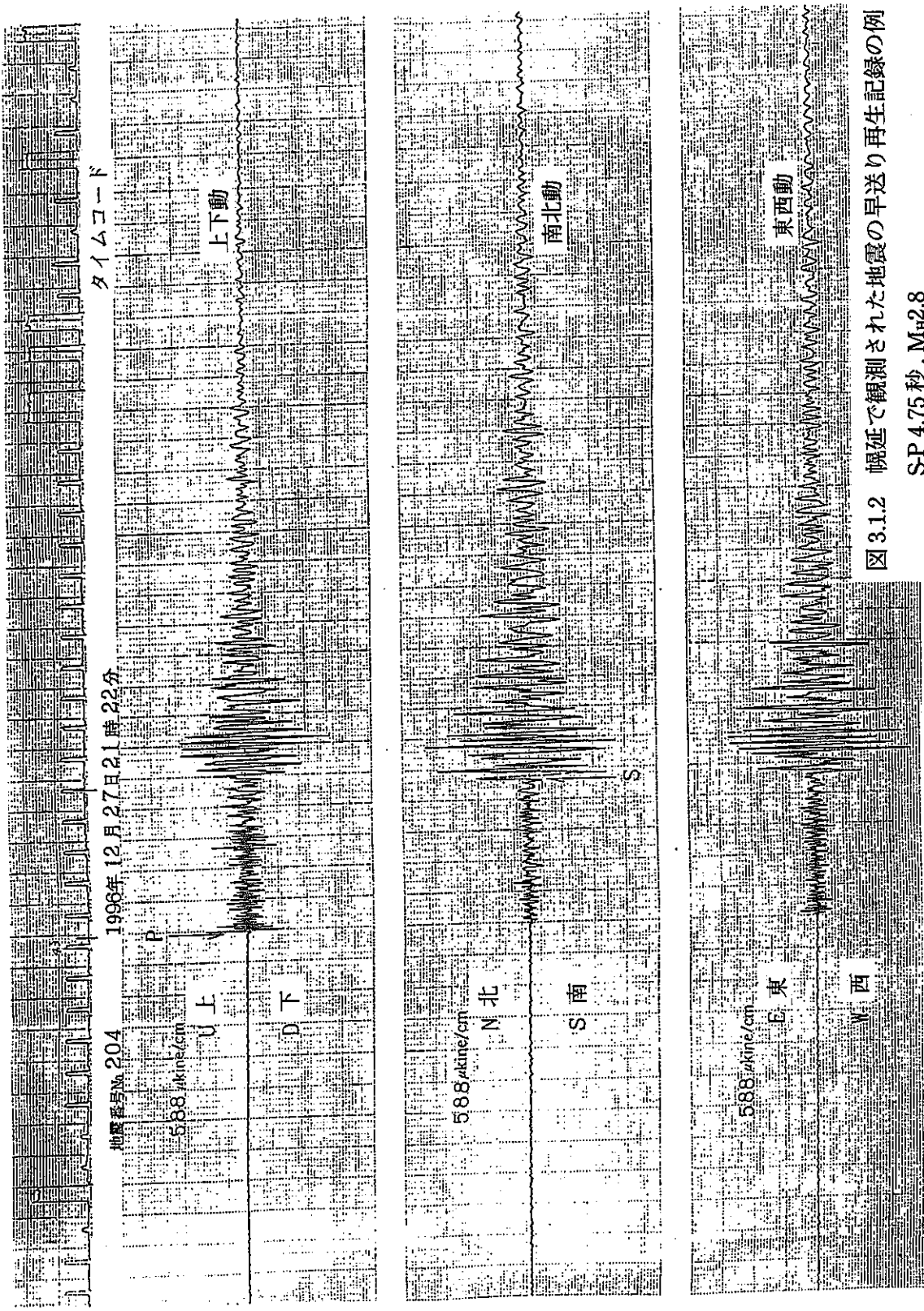


図 3.1.2 幌延で観測された地震の早送り再生記録の例
 SP 4.75 秒, $M_H 2.8$

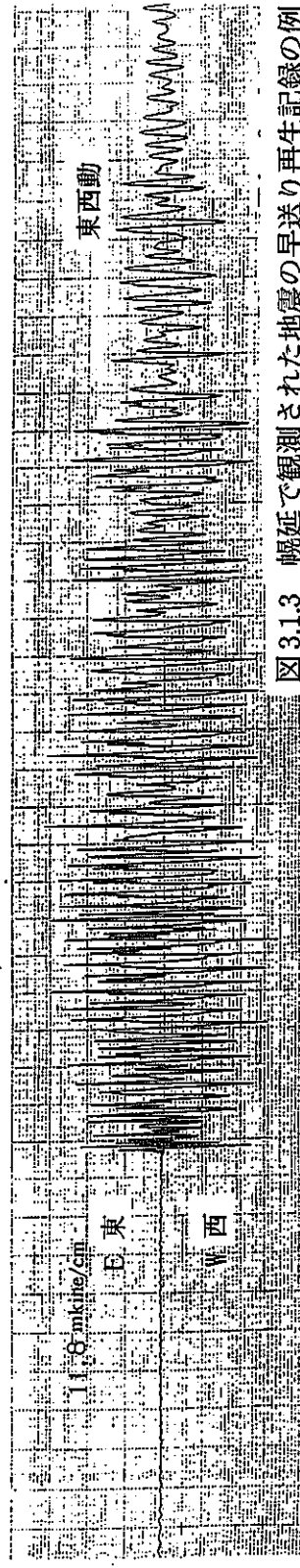
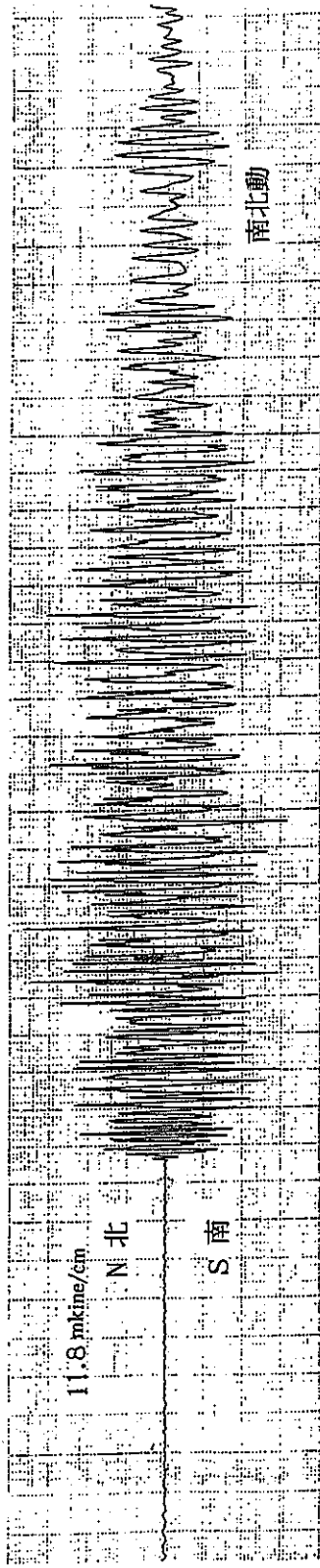
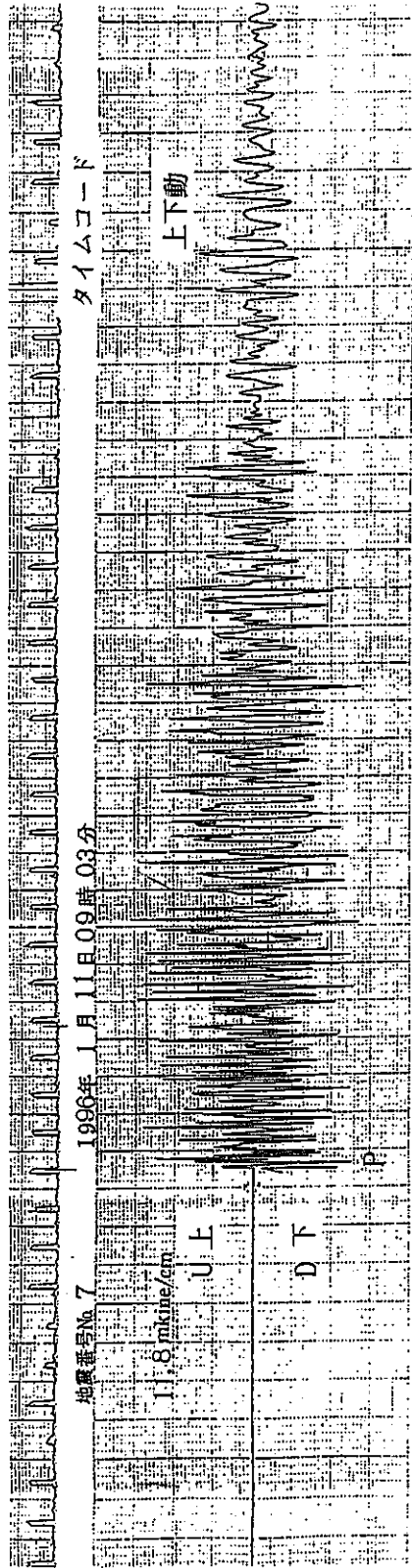


図 3.13 幅延で観測された地震の早送りの再生記録の例

S-P 4.02 秒, $M_F 3.4$

表 3.1 幌延で観測された地震の読み取り表の例

地震番号	年 月 日	相名 (P)	発現時刻 (P) 時 分 秒	相名 (S)	発現時刻 (S) 時 分 秒	最大振幅 (μ kine)				初動方向			S-P	F-P	M1	M2	初動振幅等 (μ kine)
						U-D	N-S	E-W	UD	NS	EW						
16	87 10 10	IP	03:22'58"83	IS	03:23'02"53	620.3	(1.50)	832.0	D	-	W	3.70	30.3	1.9	2.2		
17	87 10 15	IP	22:35'24"32	IS	22:35'28"10	399.8	413.1	436.6	U	N	E	3.78	22.0	1.5	2.0	U=217.6 N=52.9 E=35.3	
18	87 10 17	IP	00:35'57"39	ES	00:35'59"26	148.8	87.0	73.5	D	-	-	1.87	11.1	0.6	1.1		
19	87 10 17	IP	04:50'09"68	IS	04:50'11"59	793.8	448.4	307.2	U	S	E	1.91	19.4	1.3	1.9	U=629.2 S=58.8 E=147.0	
	87 10 20	-	21:25'	ES	21:25'43"60	923.2	908.5	392.7	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	87 10 28	IP	05:30'23"65	IS	05:30'32"03	392.8	-	661.5	U	-	-	3.38	31.3	1.9	2.0		
21	87 10 29	IP	20:30'29"83	IS	20:30'33"78	385.7	-	643.9	U	-	-	3.95	40.7	2.2	2.1		
22	87 10 29	EP	22:48'43"28	ES	22:48'46"65	(1.04)	-	(1.23)	U	-	-	3.37	54.6	2.6	2.4		
	87 11 7	EP	07:28'07"64	-		(1.33)	(1.38)	(3.91)	-	-	-	速地	200.3	4.6	-		
23	87 11 8	IP	19:35'46"38	IS	19:35'51"88	761.5	932.0	840.8	D	N	E	5.50	42.1	2.3	2.6	D=94.1 N=67.6 E=70.6	
24	87 11 10	IP	08:37'18"85	IS	08:37'23"41	(4.20)	(4.42)	(5.50)	U	N	-	4.56	62.4	2.8	3.2		
25	87 11 10	IP	09:34'55"43	IS	09:35'00"07	(2.75)	(3.19)	(2.92)	D	S	-	4.64	50.6	2.5	3.0		
26	87 11 10	IP	20:33'00"25	IS	20:33'01"91	655.6	638.0	661.5	D	S	W	1.66	21.2	1.4	1.7	D=94.1 S=217.6 N=111.7	
27	87 11 16	IP	20:41'49"34	ES	20:42'01"05	449.2	550.4	726.2	D	-	-	11.71	52.7	2.5	2.9		
	87 11 21	IP	22:50'56"10	-		344.6	163.5	371.6	D	-	E	-	95.3	3.3	-		
28	87 11 23	IP	08:18'46"76	IS	08:18'50"18	776.2	829.1	585.1	U	N	W	3.42	32.5	1.9	2.3	U=470.4 N=123.5 E=88.2	

*最大振幅()内の単位は μ kine

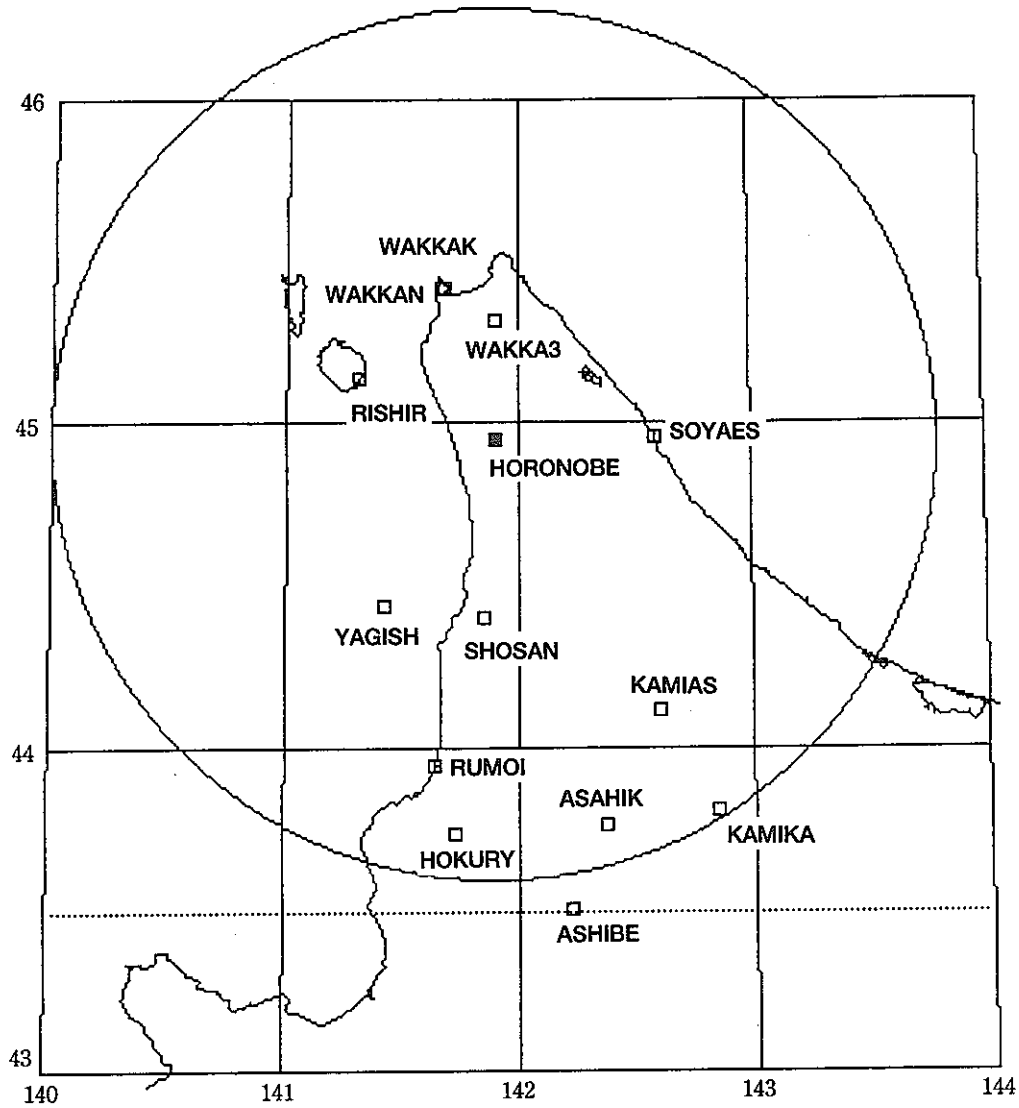


図 3.2 幌延観測点及び北海道北部の気象庁地震観測点の分布

表 3.2 地殻速度構造モデル (森谷, 1987)

厚さ	V _p	V _s	V _p /V _s
km	km/sec	km/sec	
1	2.6	1.35	1.926
1	3.5	1.85	1.892
8	5.4	3.0	1.8
10	6.4	3.7	1.730
15	6.7	3.87	1.731
∞	7.8	4.5	1.733

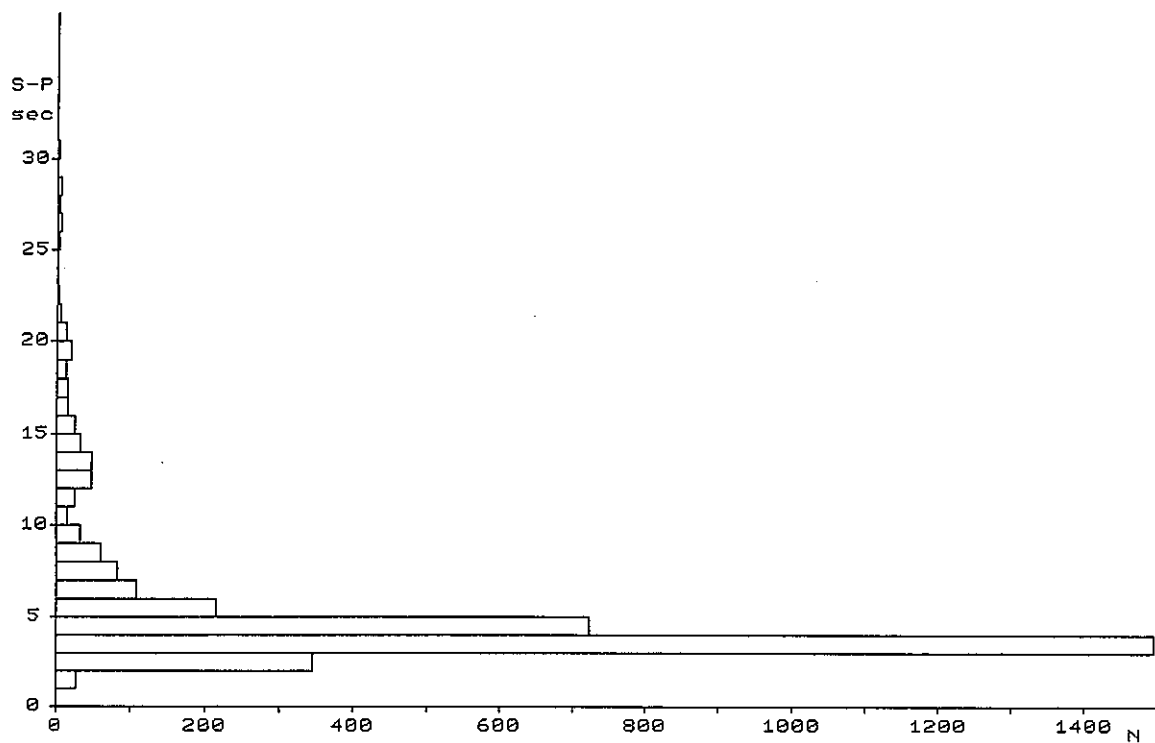


図 4.1 S-P時間の度数分布 (1秒刻み)

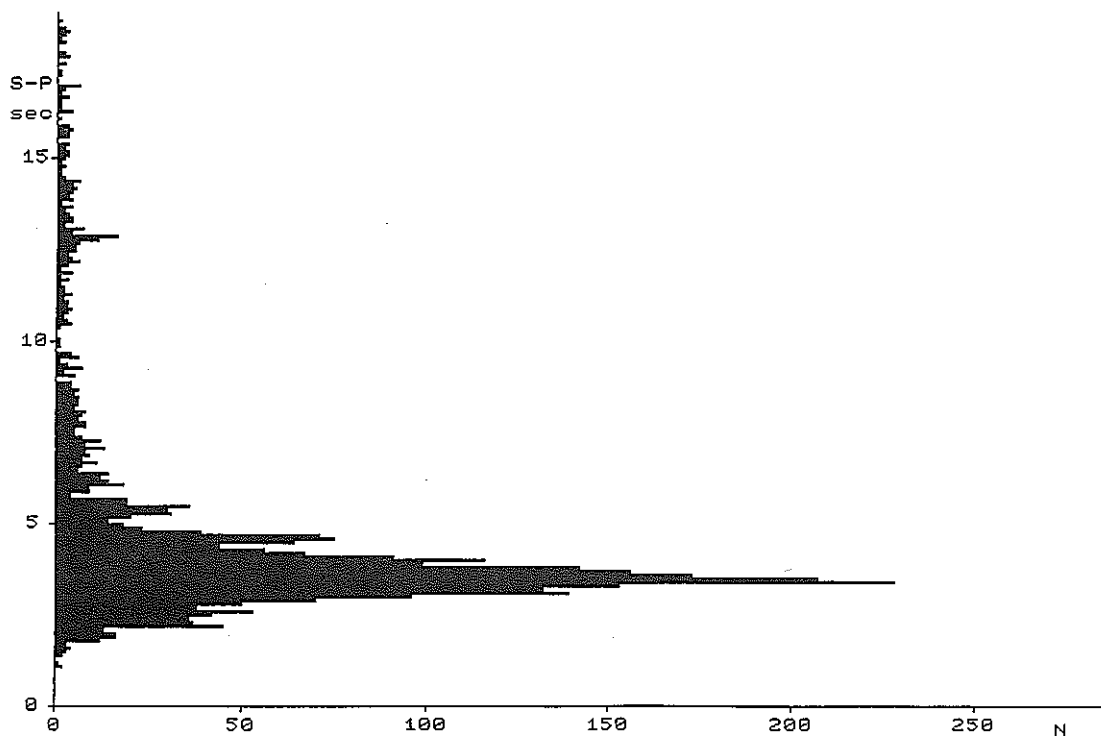


図 4.2 S-P時間の度数分布 (0.1秒刻み)

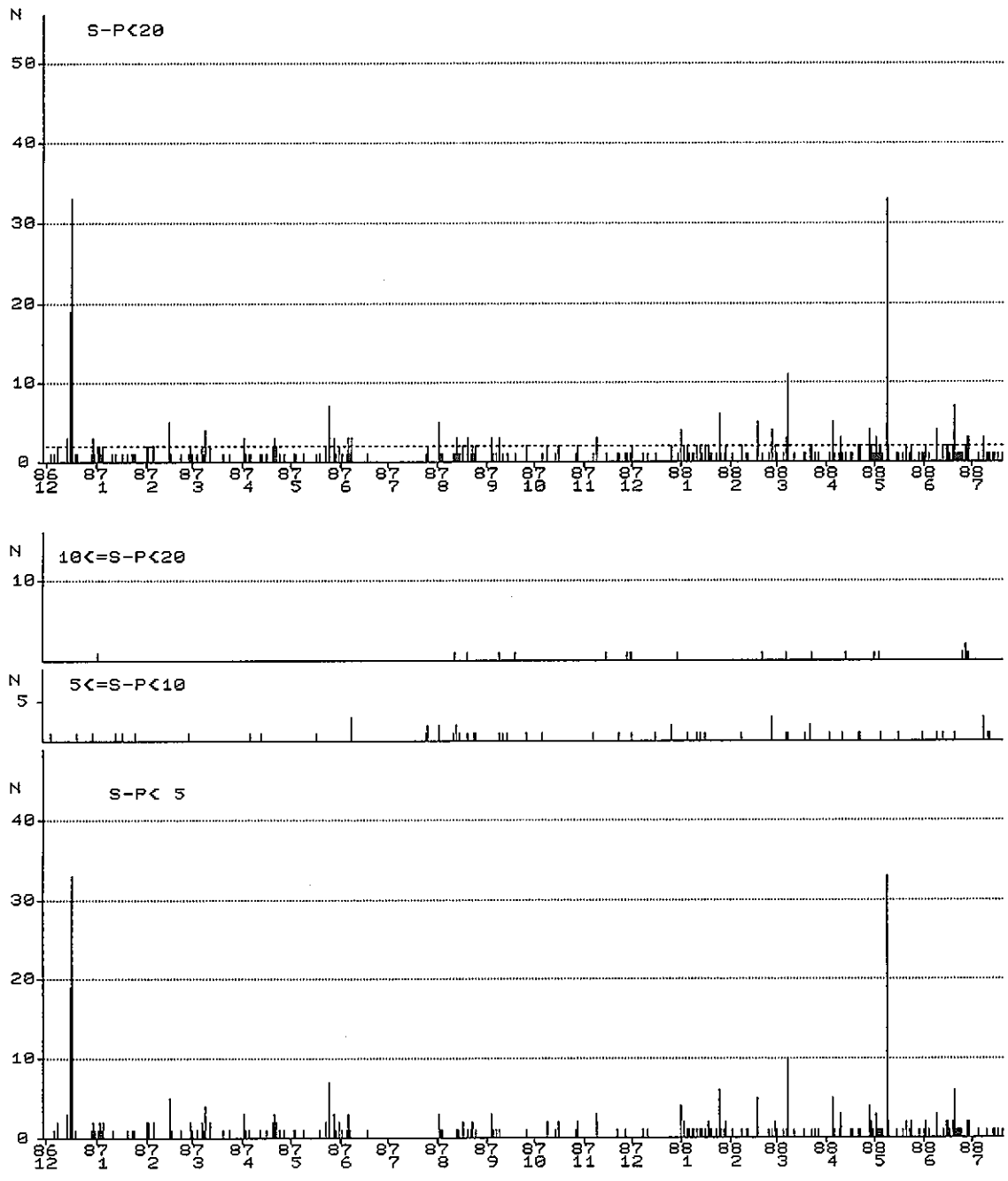


図 4.3.1 日別地震回数. (1986年12月～1988年7月)

横軸は各月の1日の位置に上段に年, 下段に月を記す.

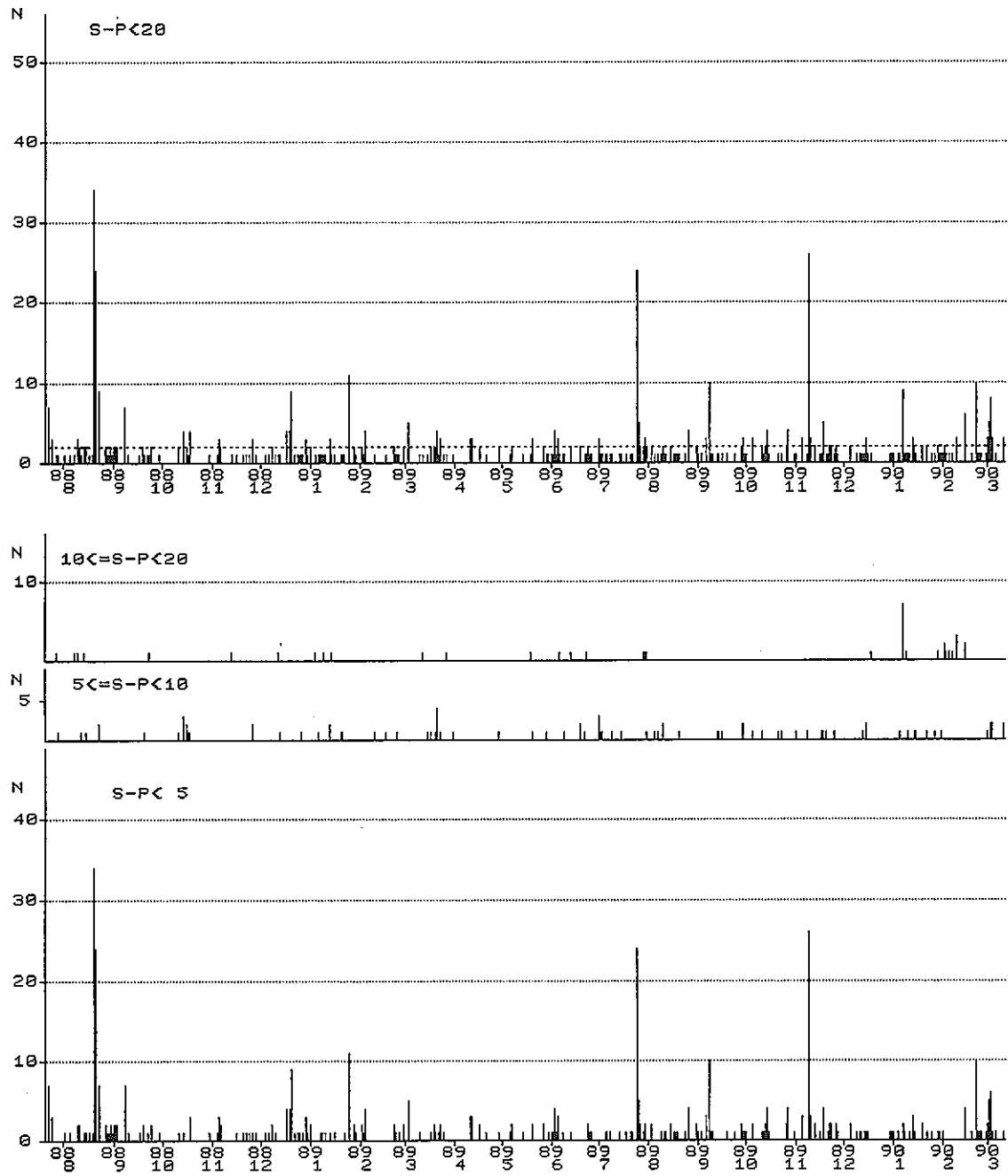


図 4.3.2 日別地震回数. (1988年8月~1990年3月)

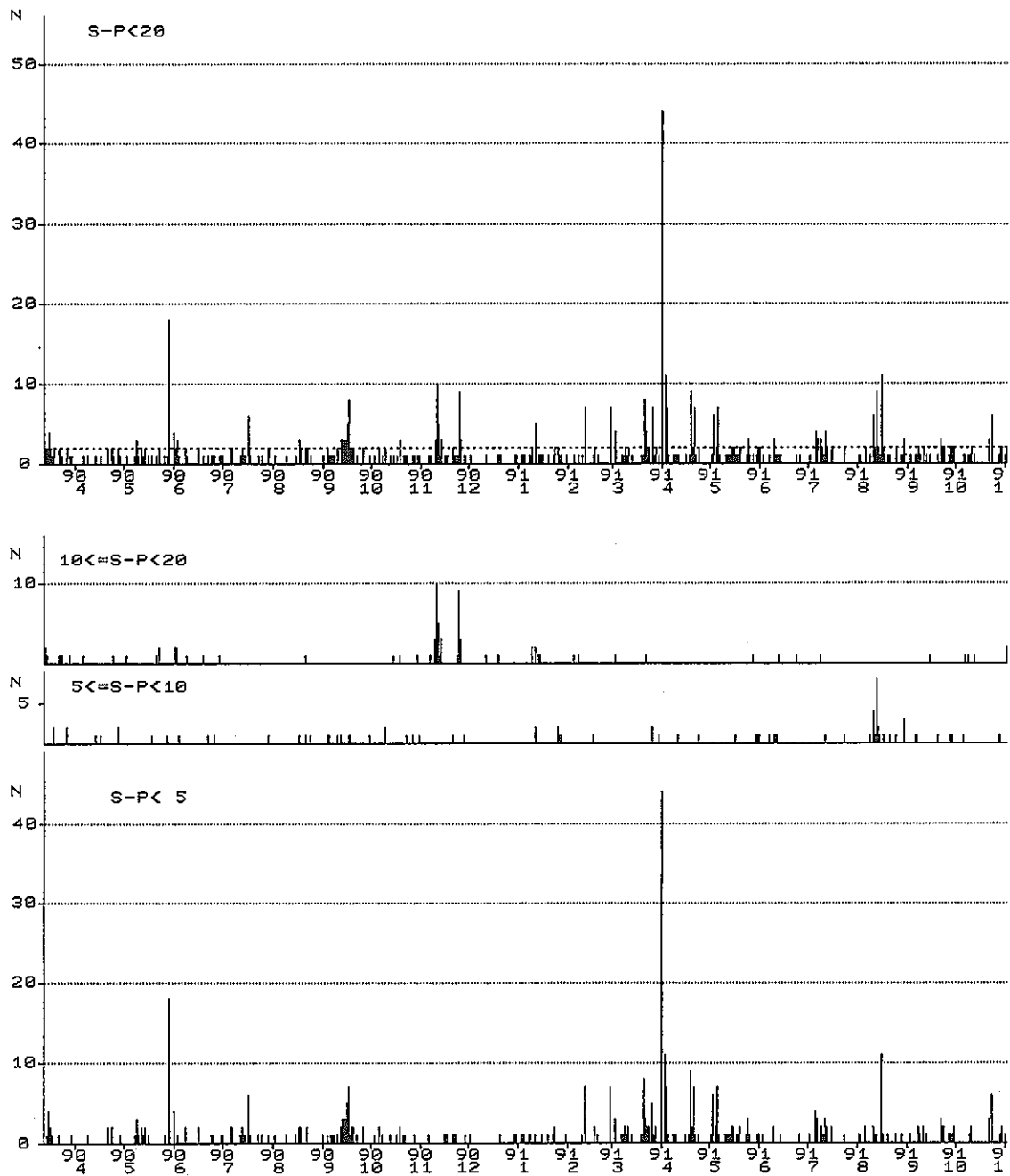


図 4.3.3 日別地震回数. (1990年4月~1991年10月)

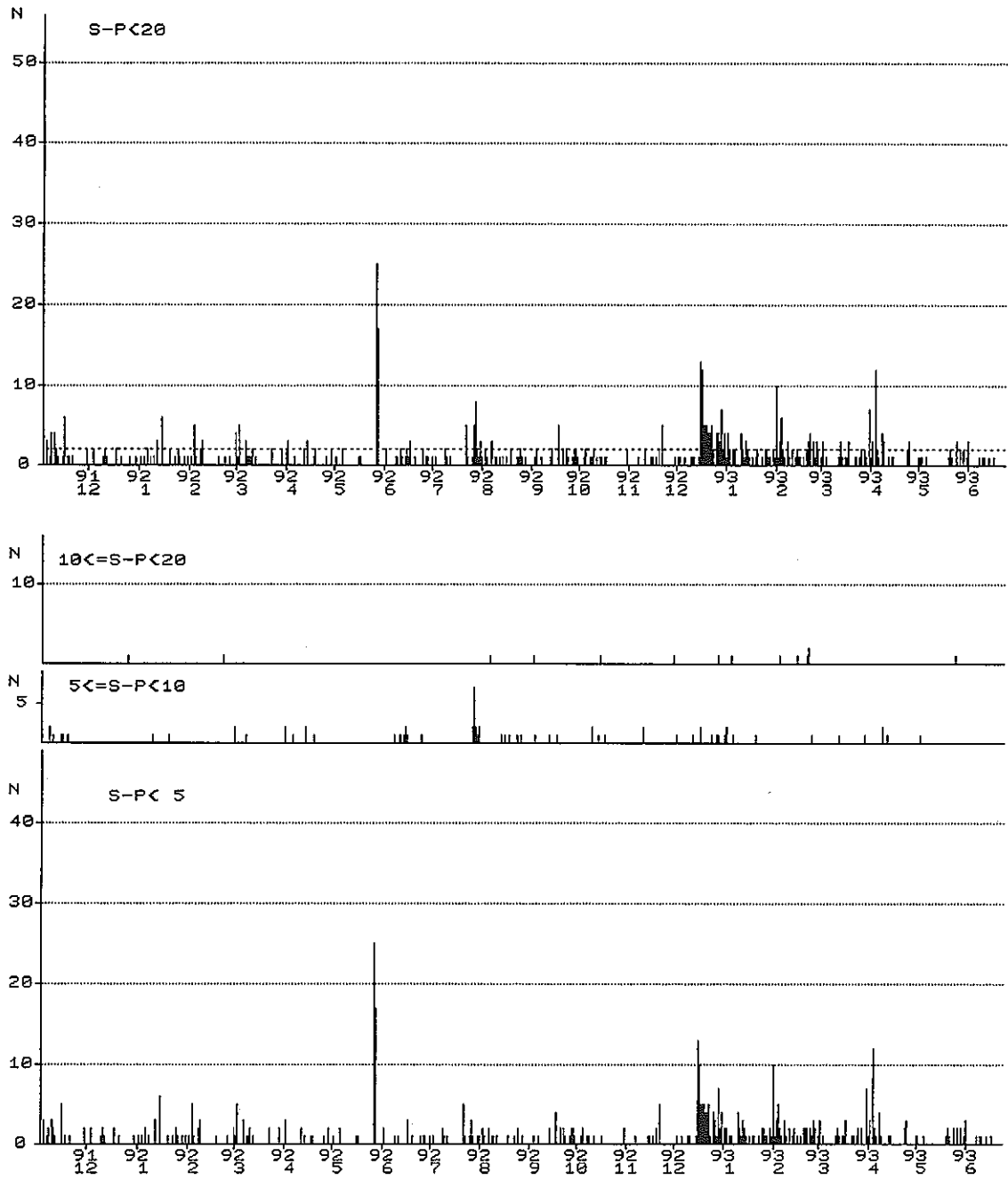


図 4.3.4 日別地震回数. (1991年11月~1993年6月)

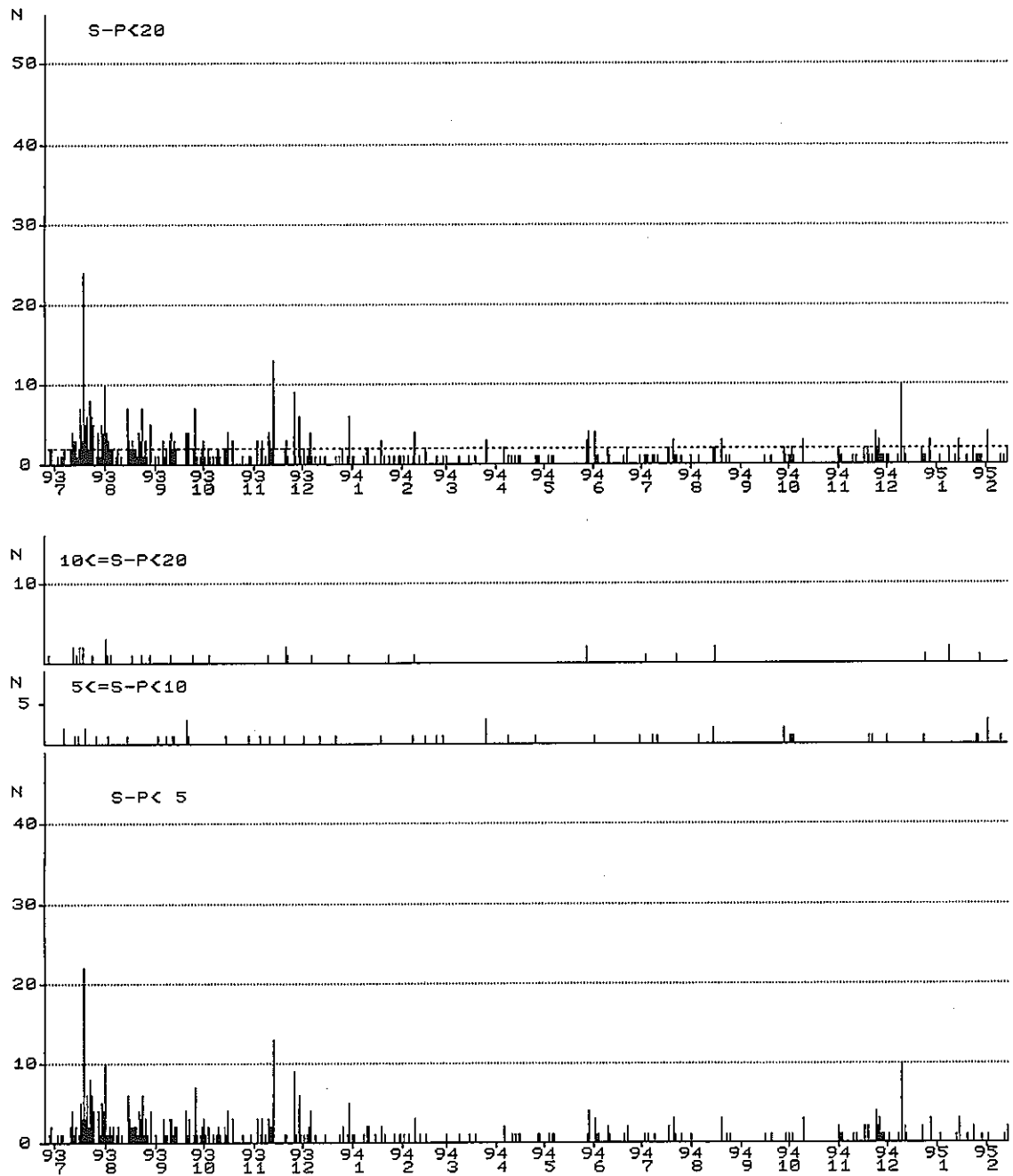


図 4.3.5 日別地震回数. (1993年7月~1995年2月)

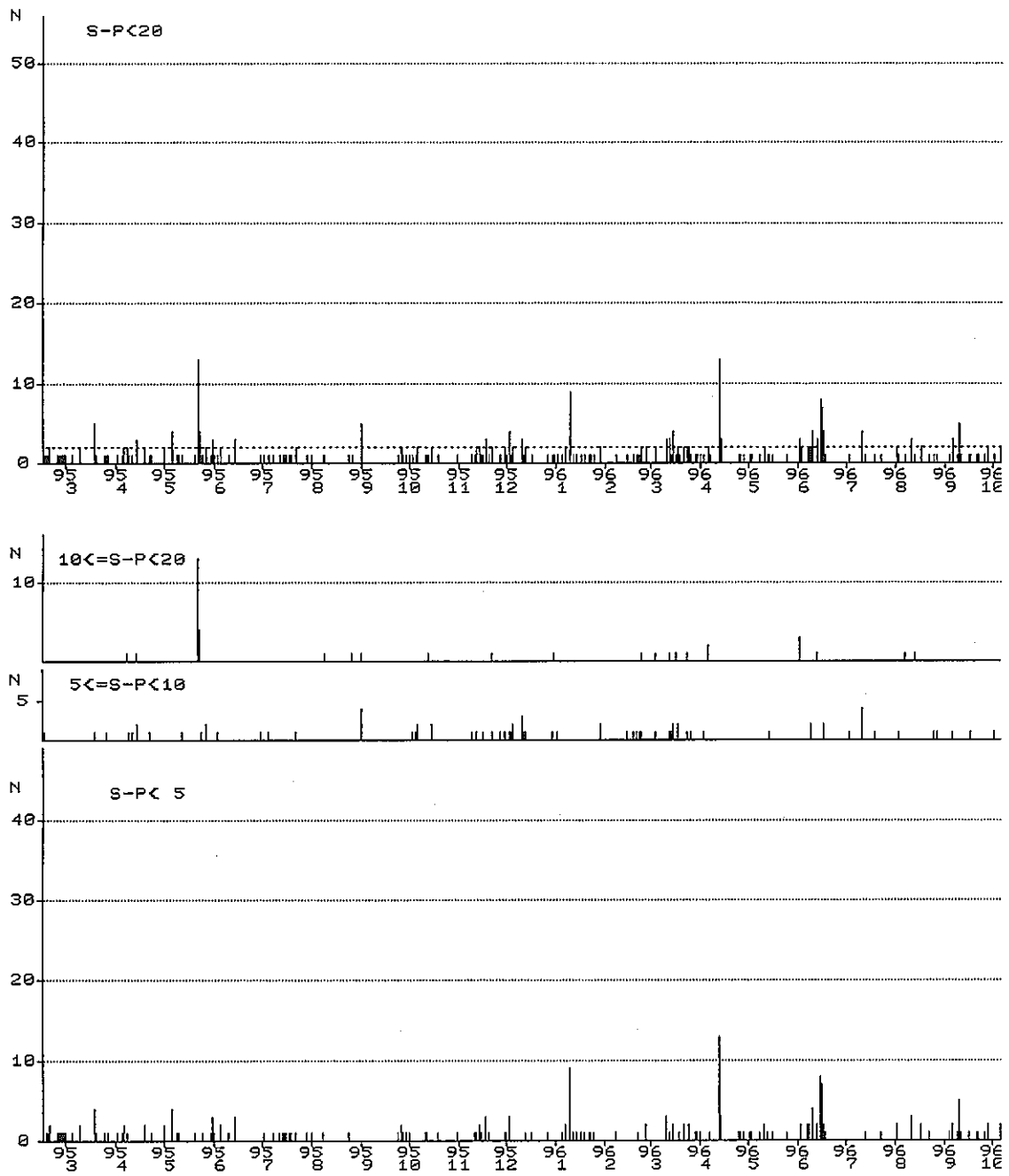


図 4.3.6 日別地震回数. (1995年3月~1996年9月)

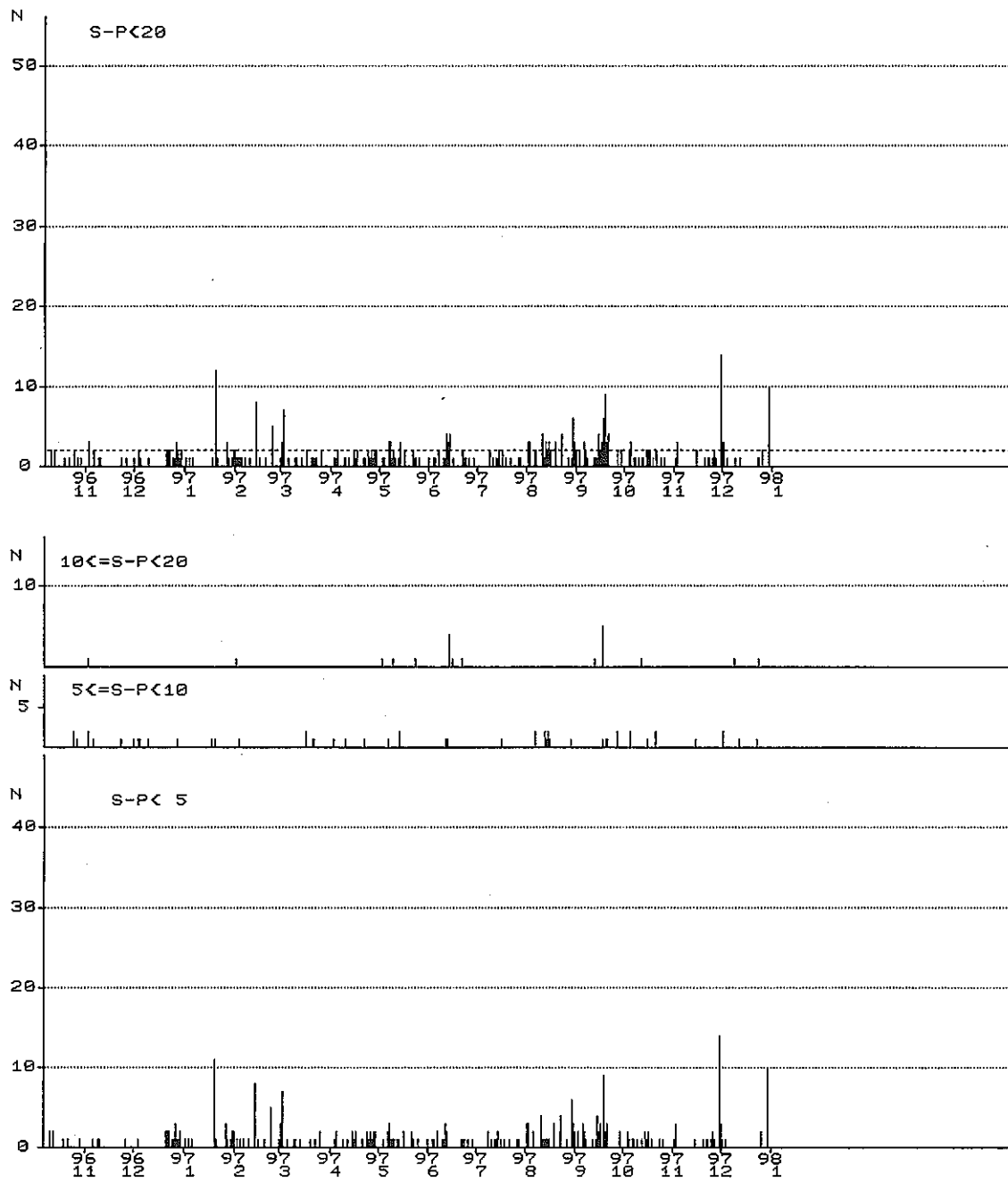


图 4.3.7 日别地震回数。(1996年10月~1997年12月)

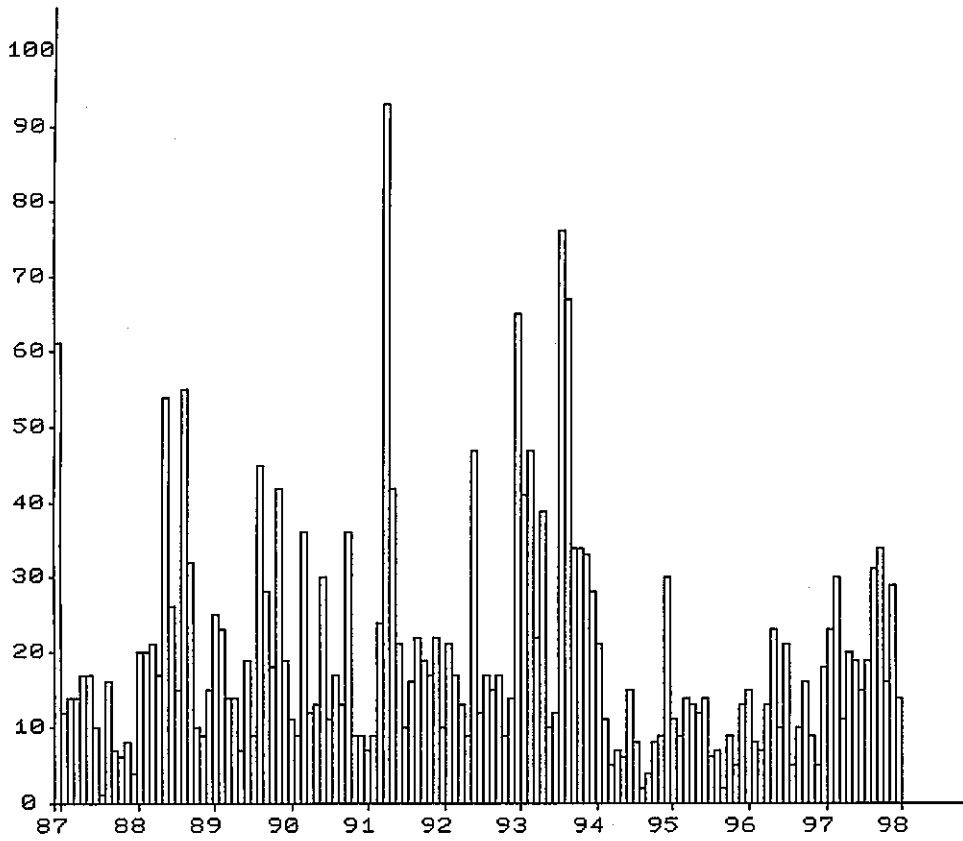


図 4.4 30日づつずらした30日間の地震回数.

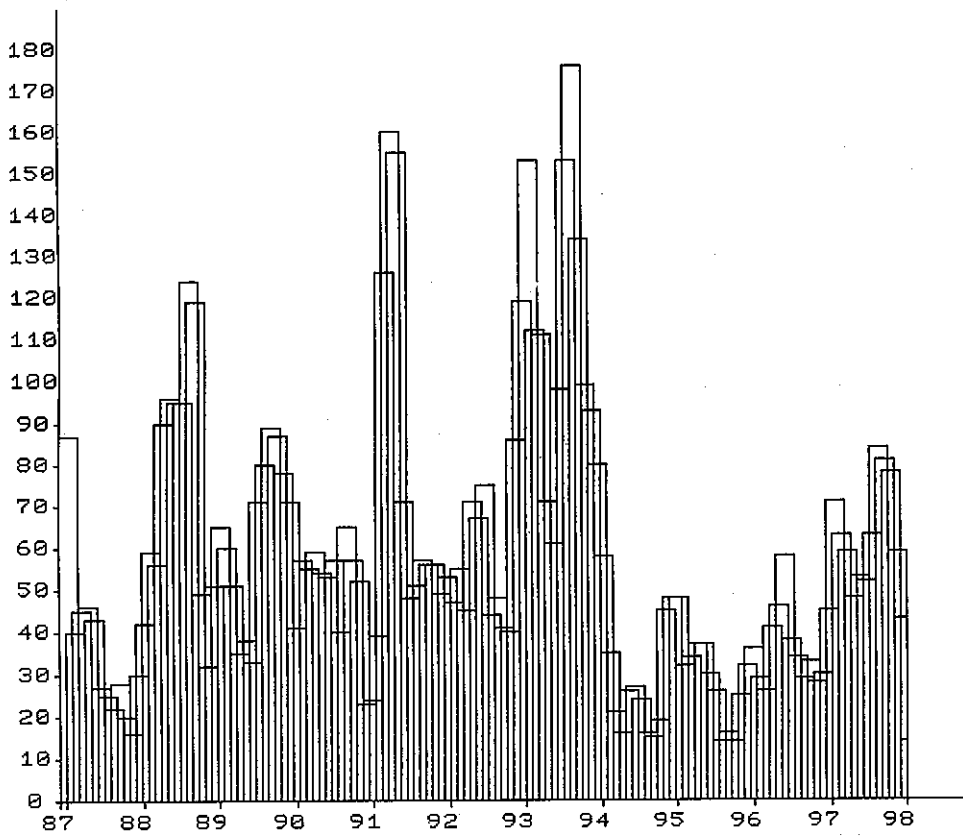


図 4.5 30日づつずらした90日間の地震回数.

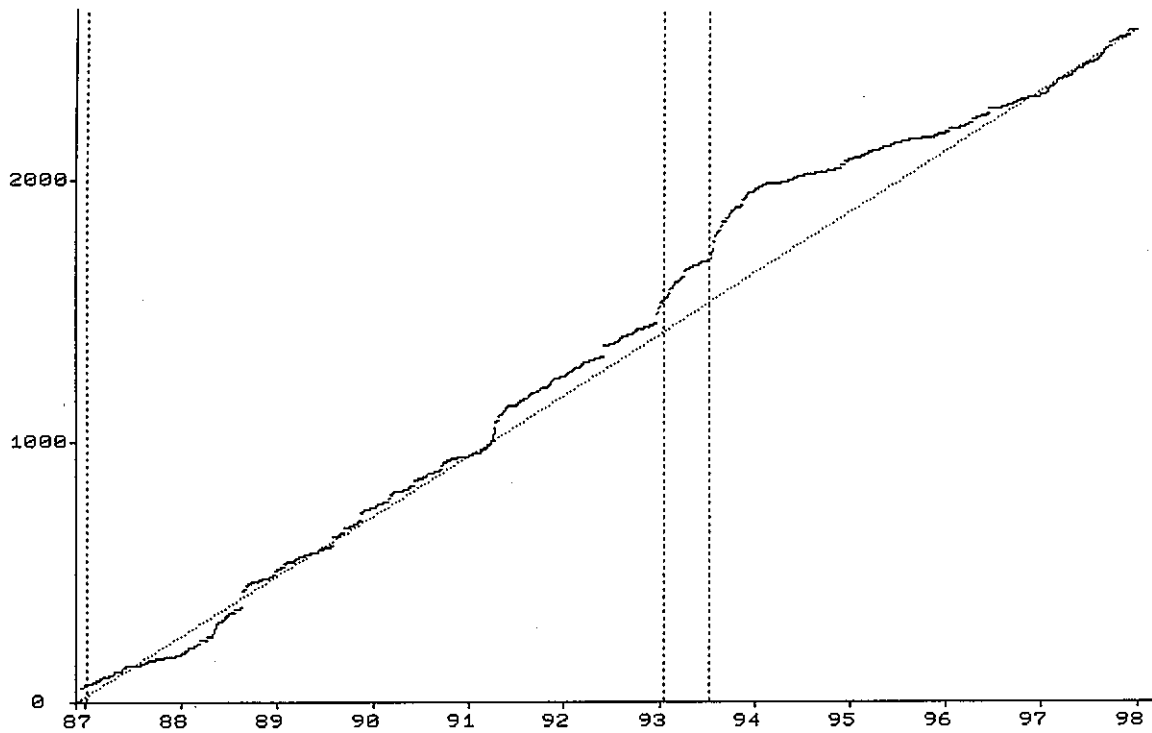


図 4.6 地震回数の累積 (S-P < 5 秒). 横軸は年 (1月1日の位置)

① 1987.1.14. 日高山脈の地震 (深さ 119km, M 7.0)

② 1993.1.15. 釧路沖地震 (深さ 101km, M 7.8)

③ 1993.7.12. 北海道南西沖地震 (深さ 35km, M 7.8)

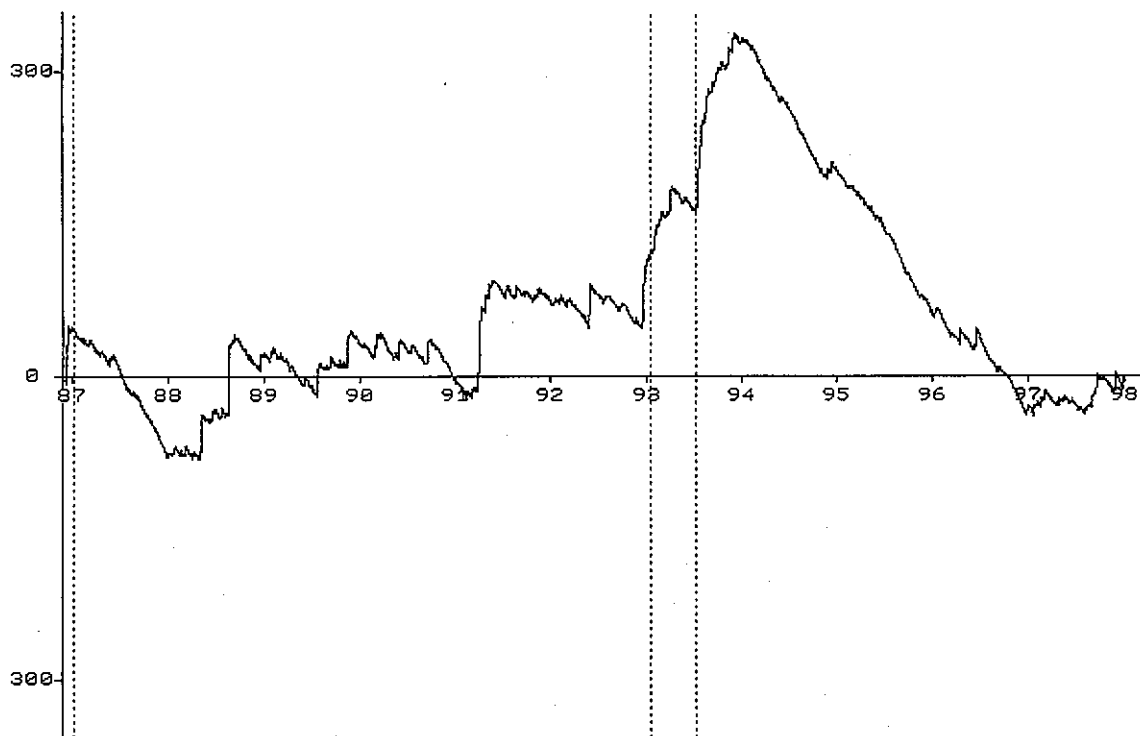


図 4.7 地震回数の累積から平均を引いたもの (S-P < 5 秒)

①, ②, ③は図 4.6 に同じ.

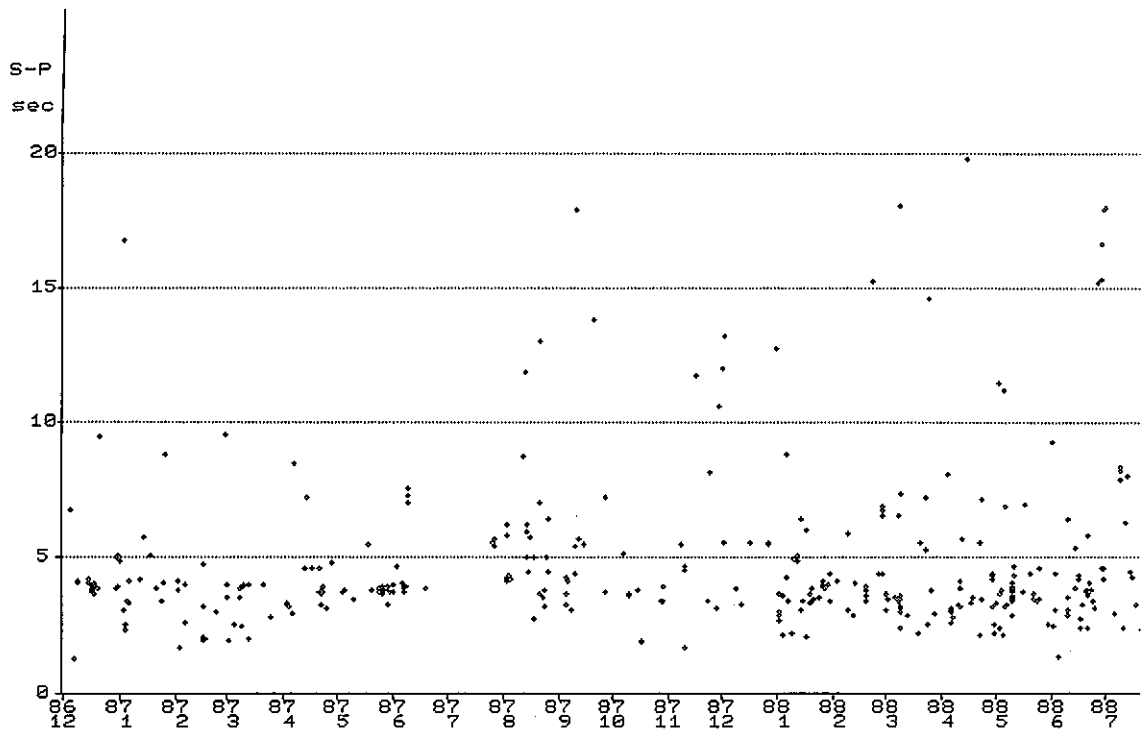


図 4.8.1 日別 S-P 分布 (1986 年 12 月～1988 年 7 月)
 横軸は各月の 1 日の位置に上段に年, 下段に月を記す.

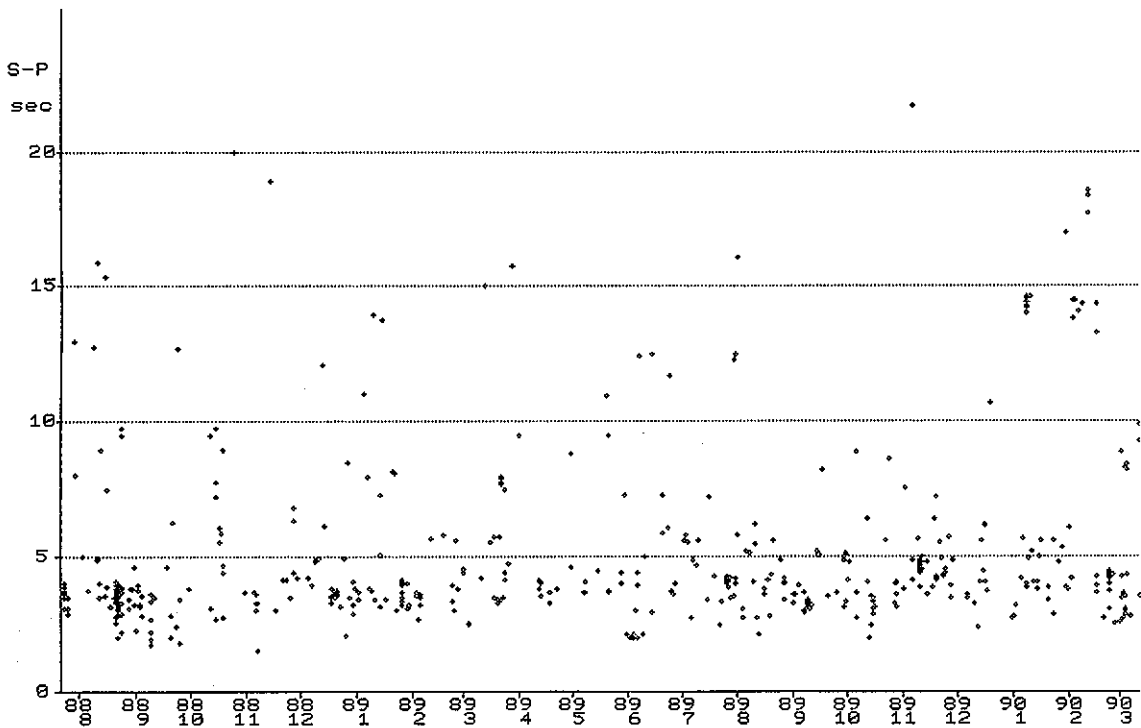


図 4.8.2 日別 S-P 分布 (1988 年 8 月～1990 年 3 月)

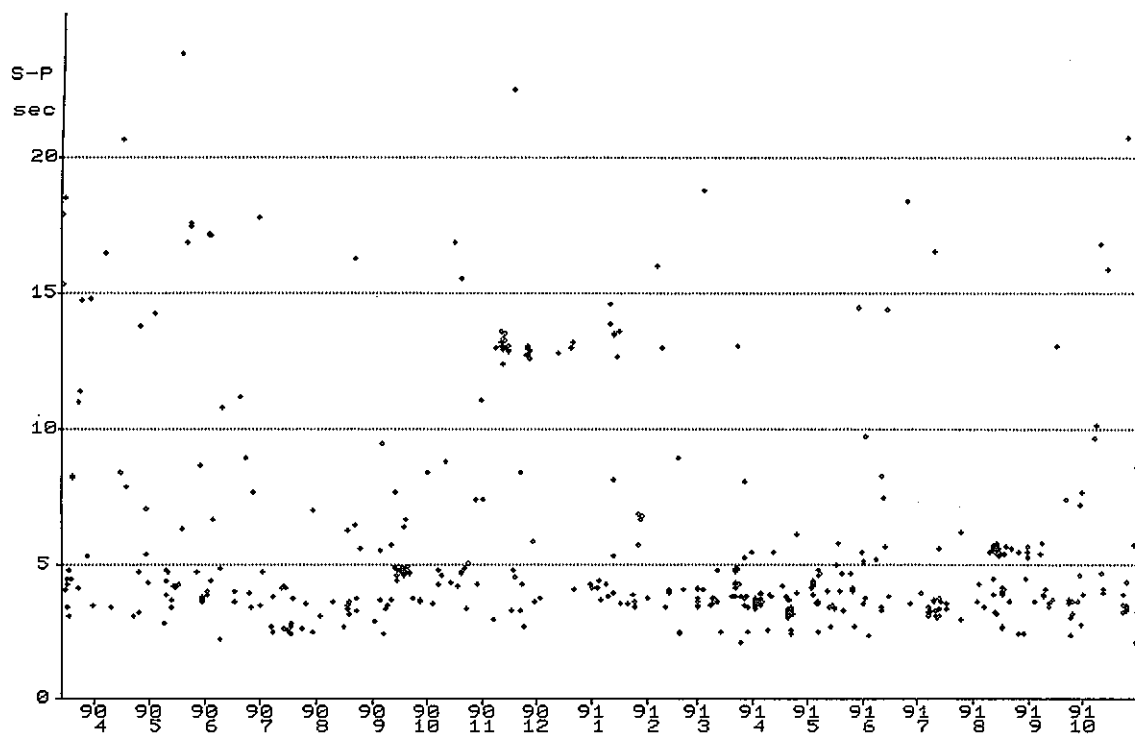


図4.8.3 日別S-P分布 (1990年4月～1991年10月)

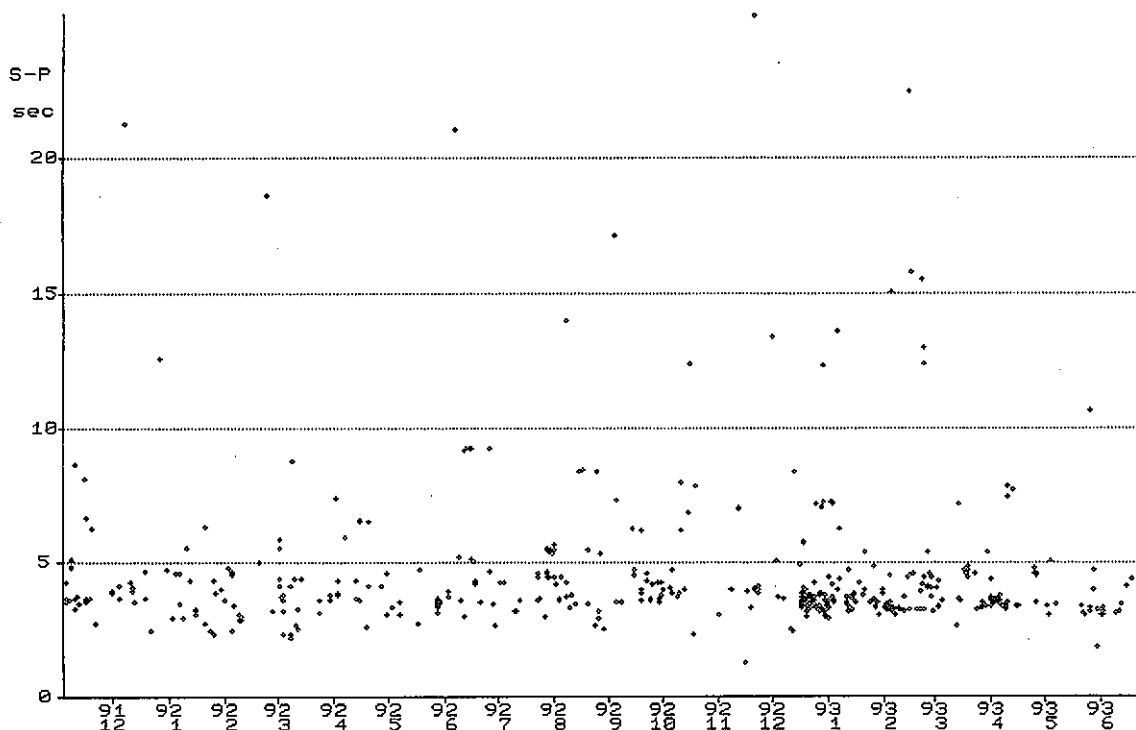


図4.8.4 日別S-P分布 (1991年11月～1993年6月)

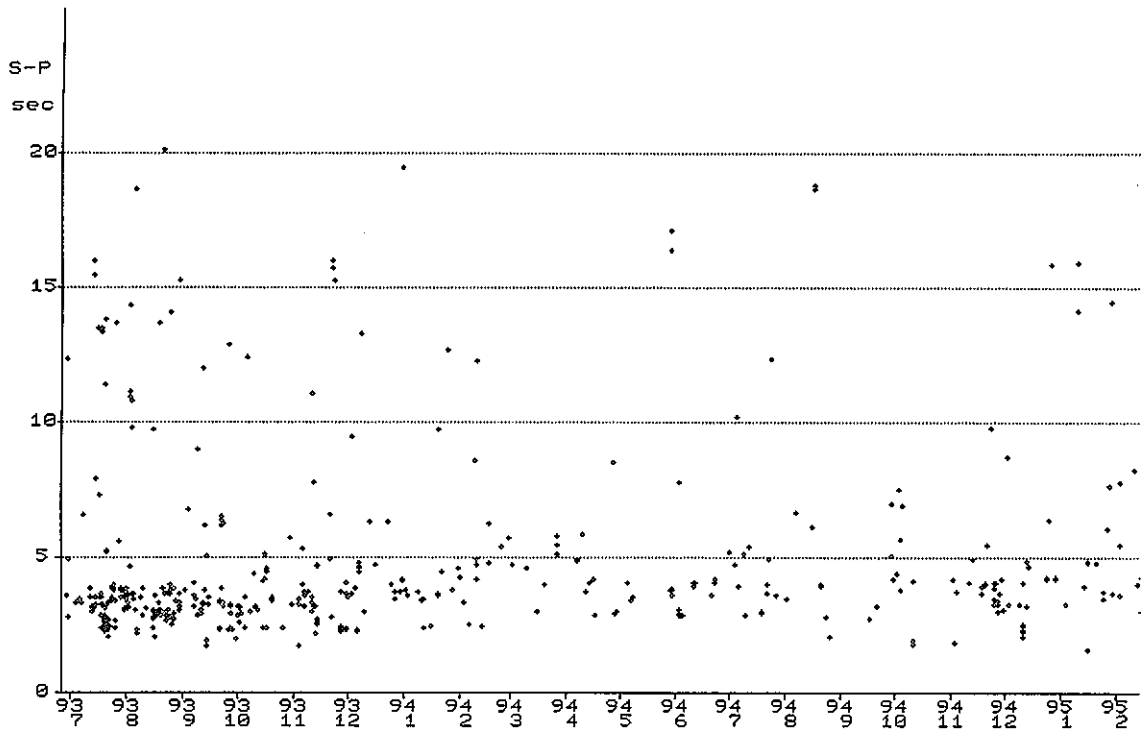


図 4.8.5 日別 S-P 分布 (1993 年 7 月 ~ 1995 年 2 月)

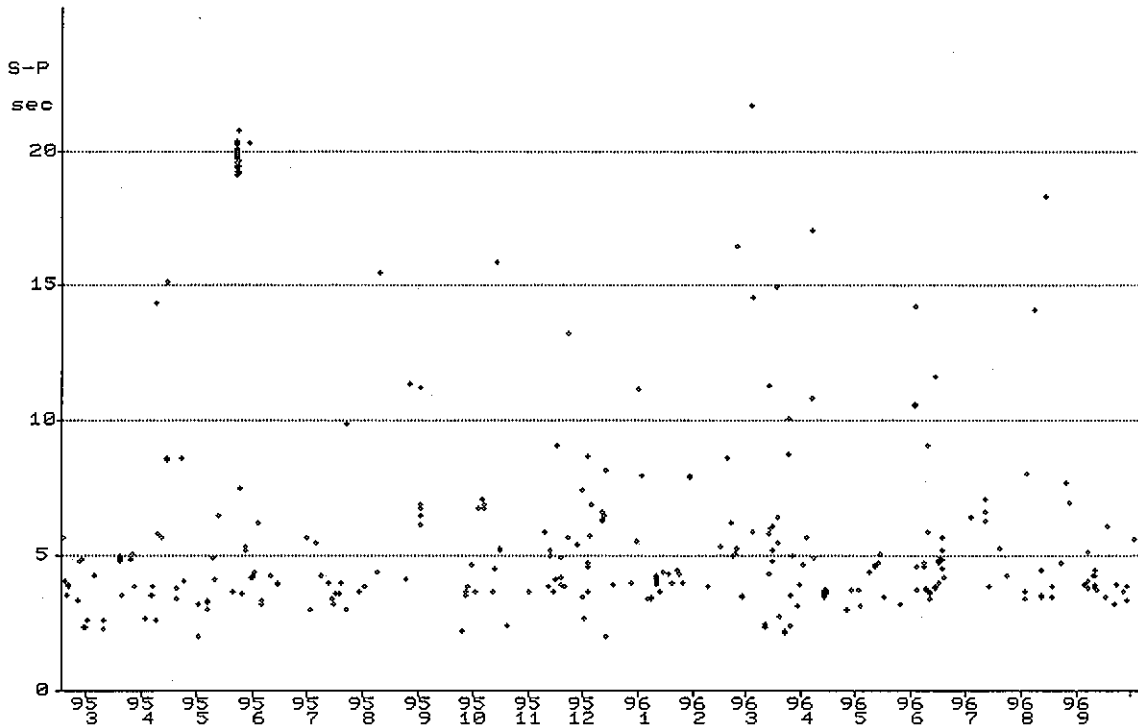


図 4.8.6 日別 S-P 分布 (1995 年 3 月 ~ 1996 年 9 月)

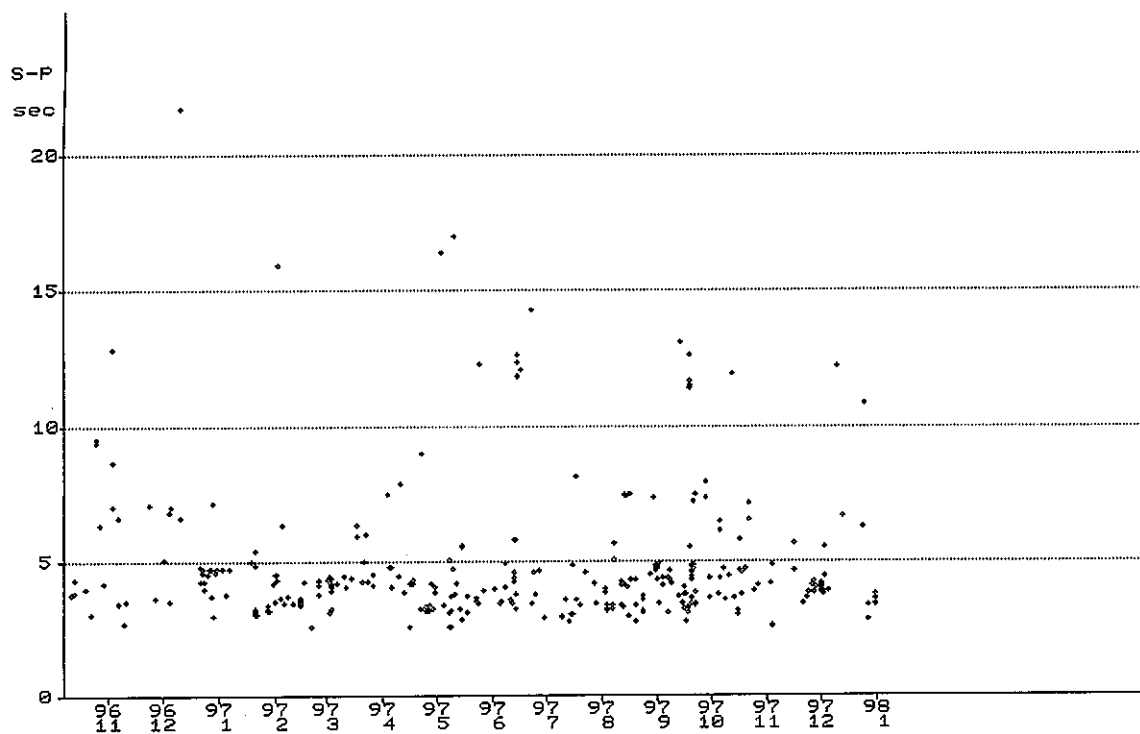


図 4.8.7 日別 S-P 分布 (1996 年 10 月 ~ 1997 年 12 月)

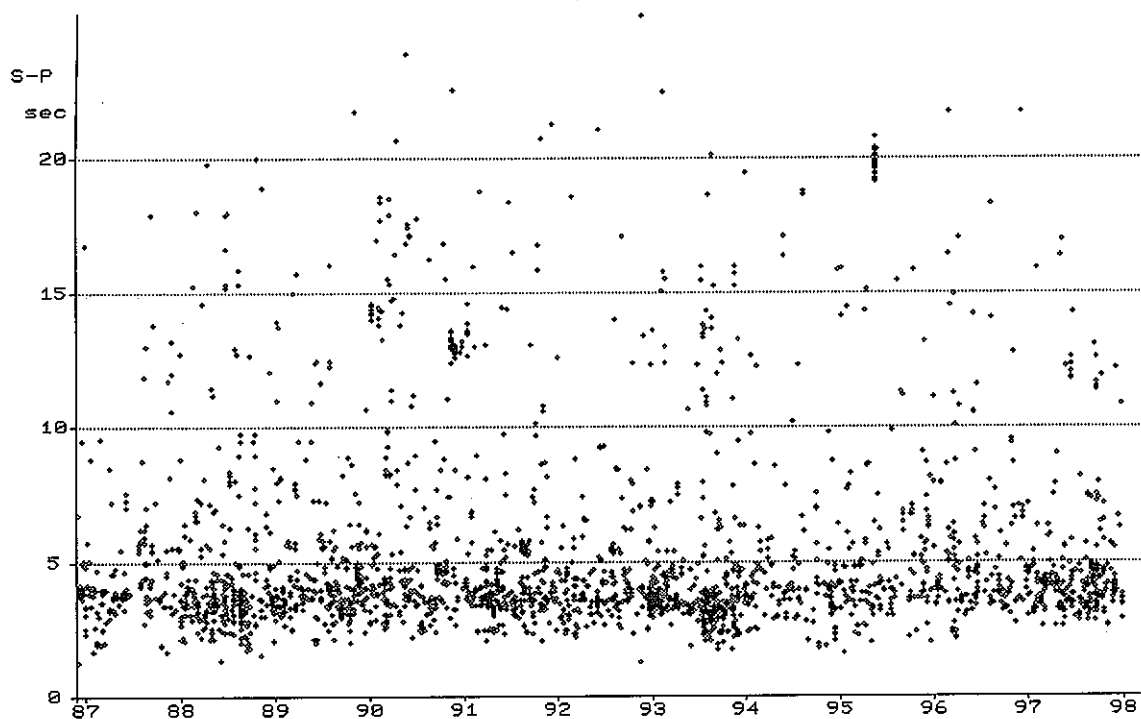


図 4.9 S-P 分布の時間変化 (1986 年 12 月 ~ 1997 年 12 月)

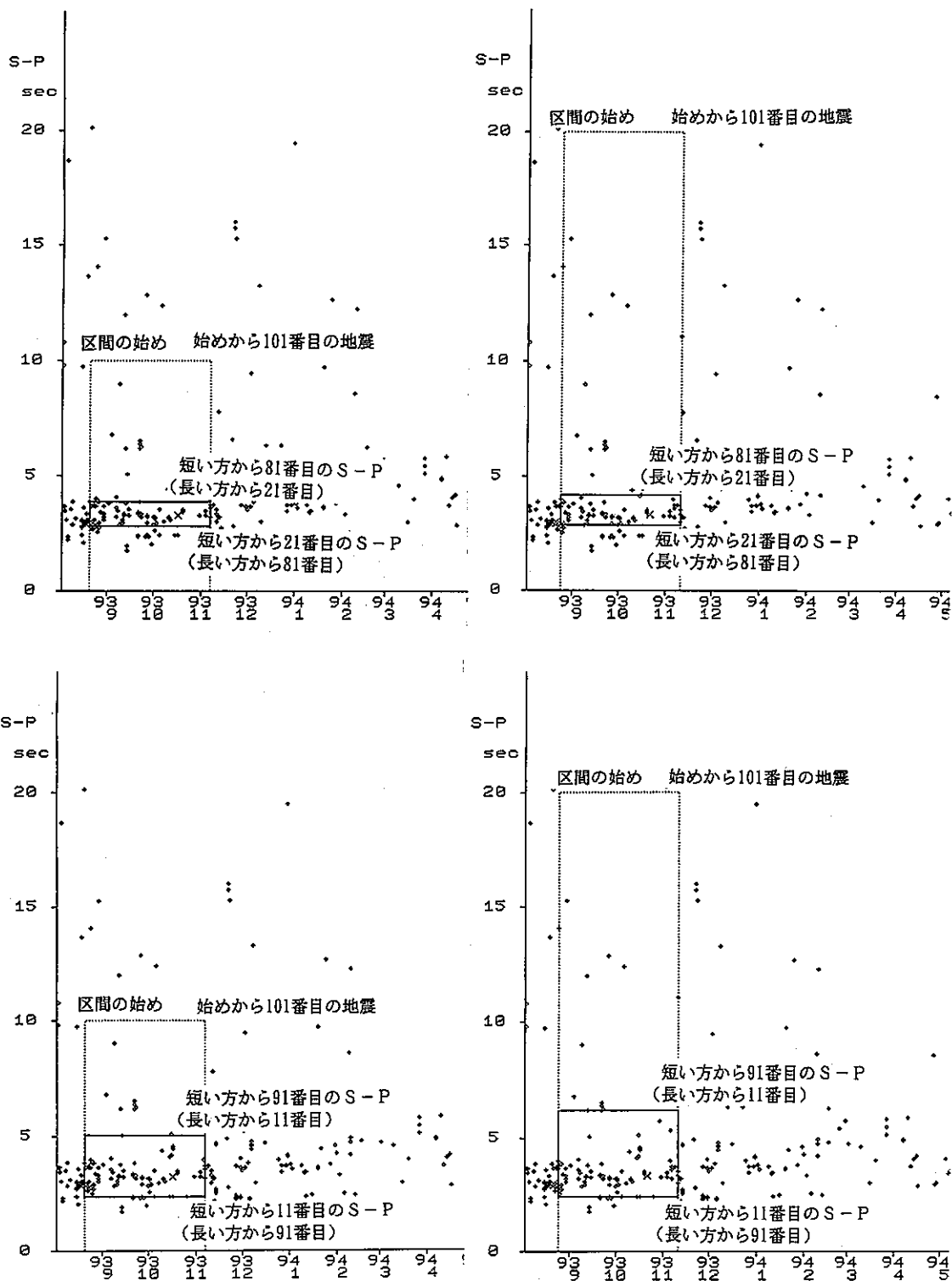


図 4.10 図 4.11, 4.12 の描き方の説明

左上 $0 \leq S-P < 10\text{sec}$,
 10パーセンタイル, 90パーセンタイル
 (図 4.11.1)

左下 $0 \leq S-P < 10\text{sec}$,
 20パーセンタイル, 80パーセンタイル
 (図 4.11.2)

右上 $0 \leq S-P < 20\text{sec}$,
 10パーセンタイル, 90パーセンタイル
 (図 4.12.1)

右下 $0 \leq S-P < 20\text{sec}$,
 20パーセンタイル, 80パーセンタイル
 (図 4.12.2)

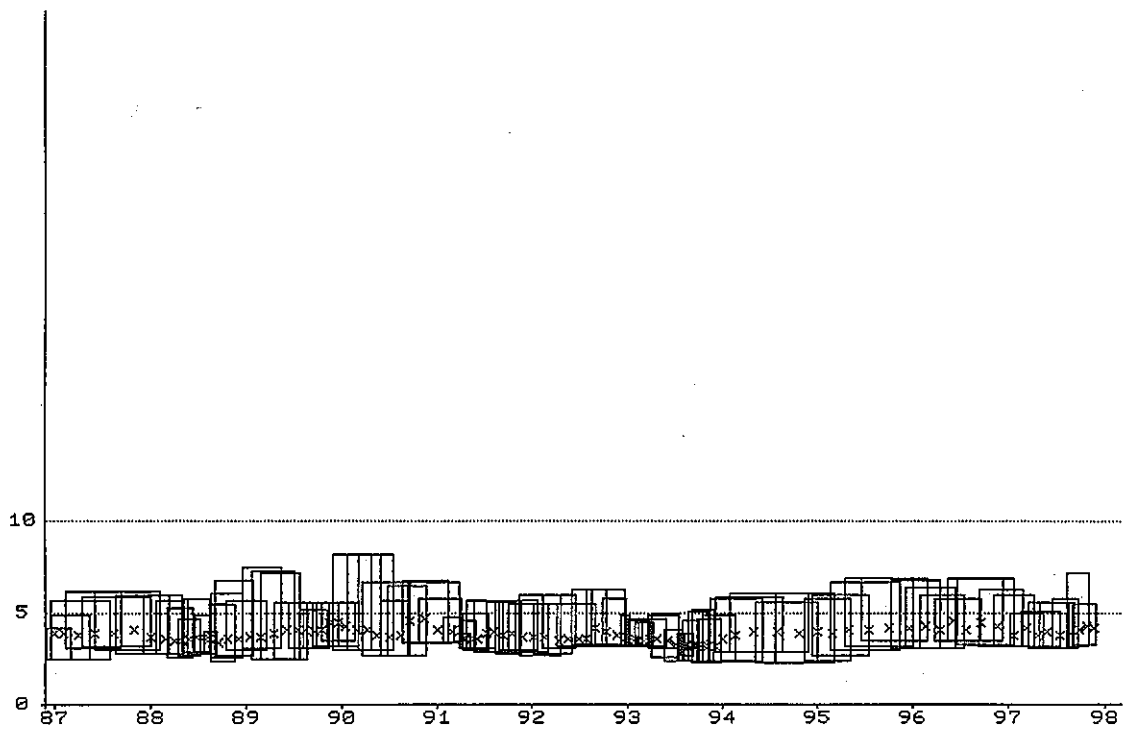


図 4.11.1 引き続き 101 個の地震の S-P 時間の 10 パーセントイル,
中位値, 90 パーセントイル ($0 \leq S - P < 10 \text{sec}$).



図 4.11.2 引き続き 101 個の地震の S-P 時間の 20 パーセントイル,
中位値, 80 パーセントイル ($0 \leq S - P < 10 \text{sec}$).

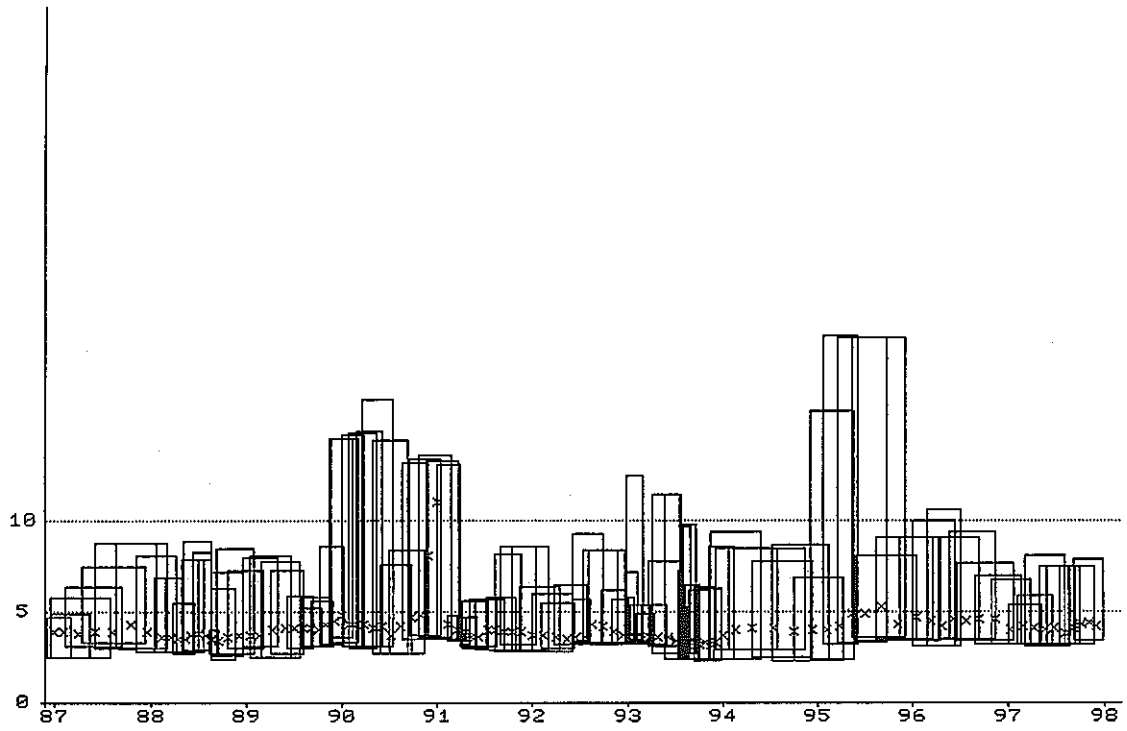


図 4.12.1 引き続き 101 個の地震の S-P 時間の 10 パーセントイル,
中位値, 90 パーセントイル ($0 \leq S-P < 20\text{sec}$).

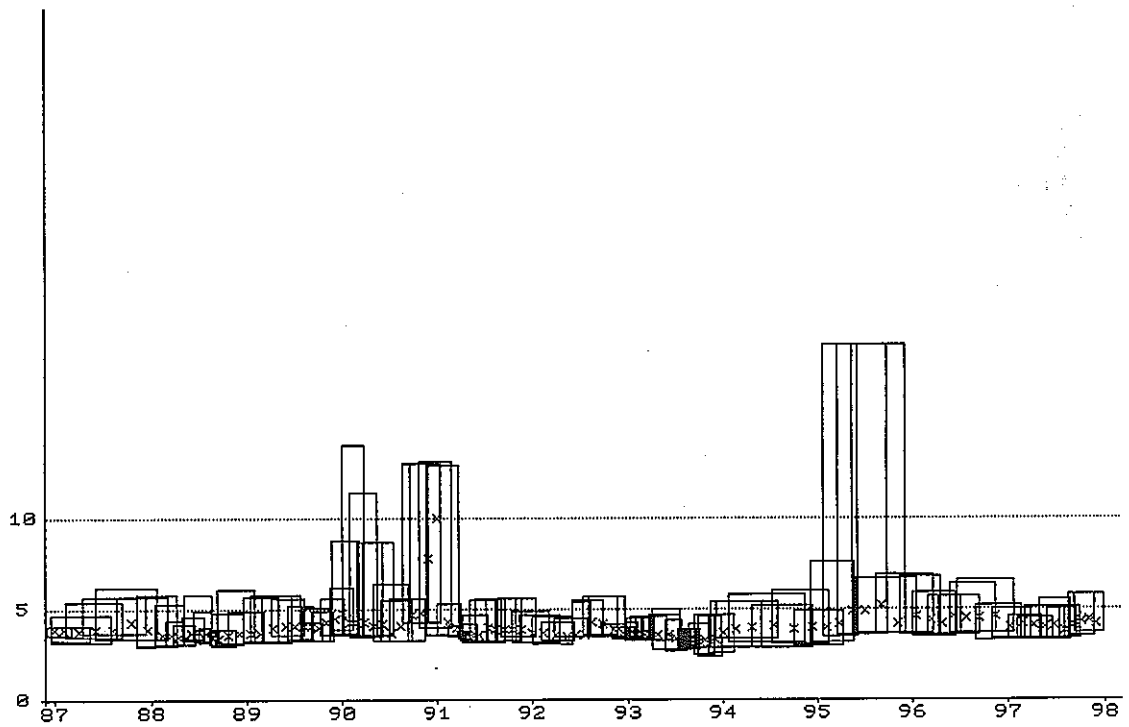


図 4.12.2 引き続き 101 個の地震の S-P 時間の 20 パーセントイル,
中位値, 80 パーセントイル ($0 \leq S-P < 20\text{sec}$).

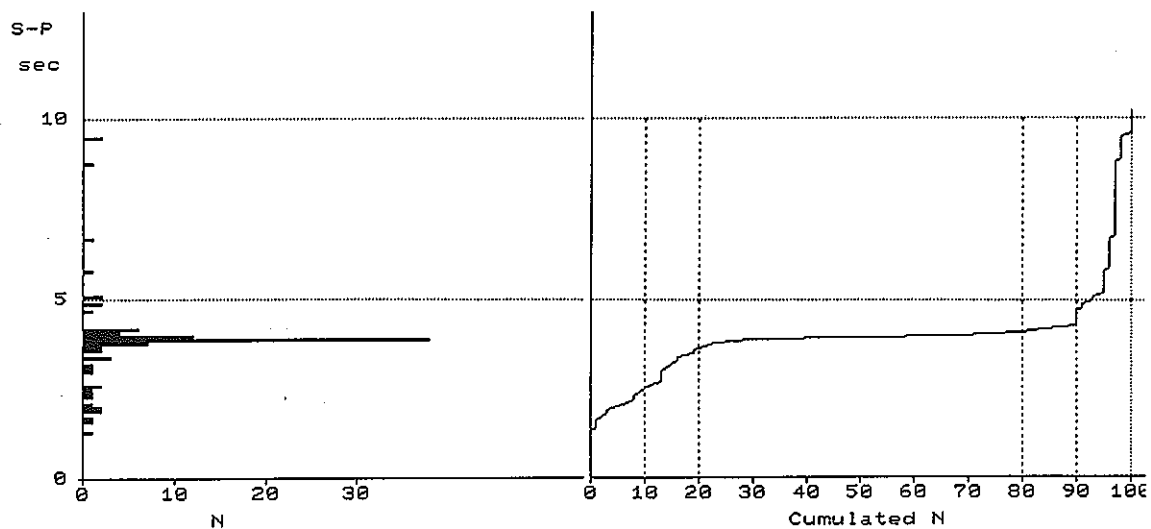


図 4.13.1 引き続き 101 個の地震の S-P 時間の度数分布と累積度数分布の例
 ($S-P \leq 20$ sec), 1986 年 12 月 5 日 12 時 38 分 ~ 87 年 3 月 9 日 19 時 48 分

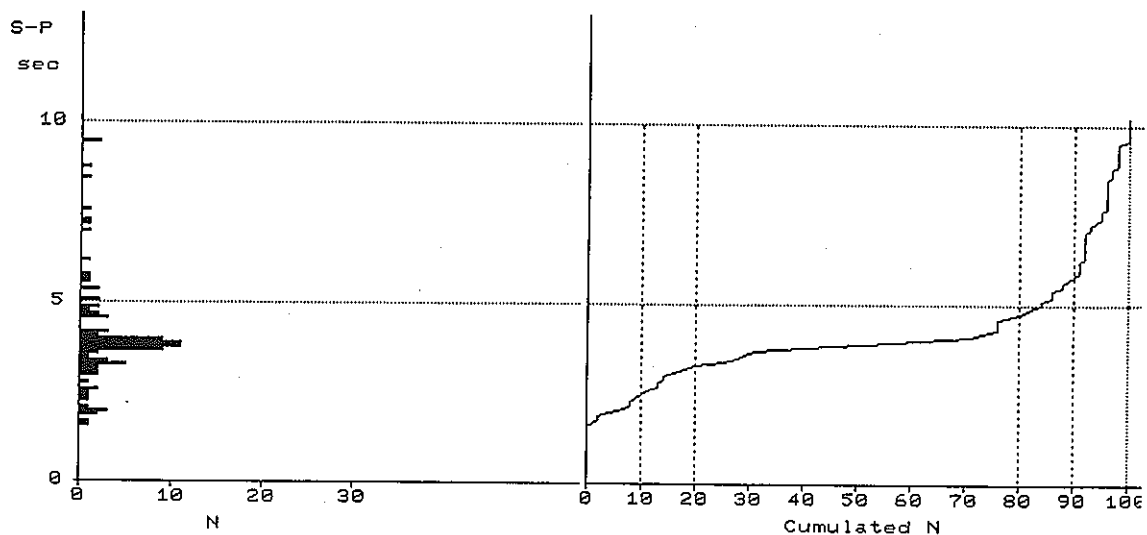


図 4.13.2 引き続き 101 個の地震の S-P 時間の度数分布と累積度数分布の例
 ($S-P \leq 20$ sec), 1986 年 12 月 21 日 03 時 29 分 ~ 87 年 8 月 3 日 19 時 45 分

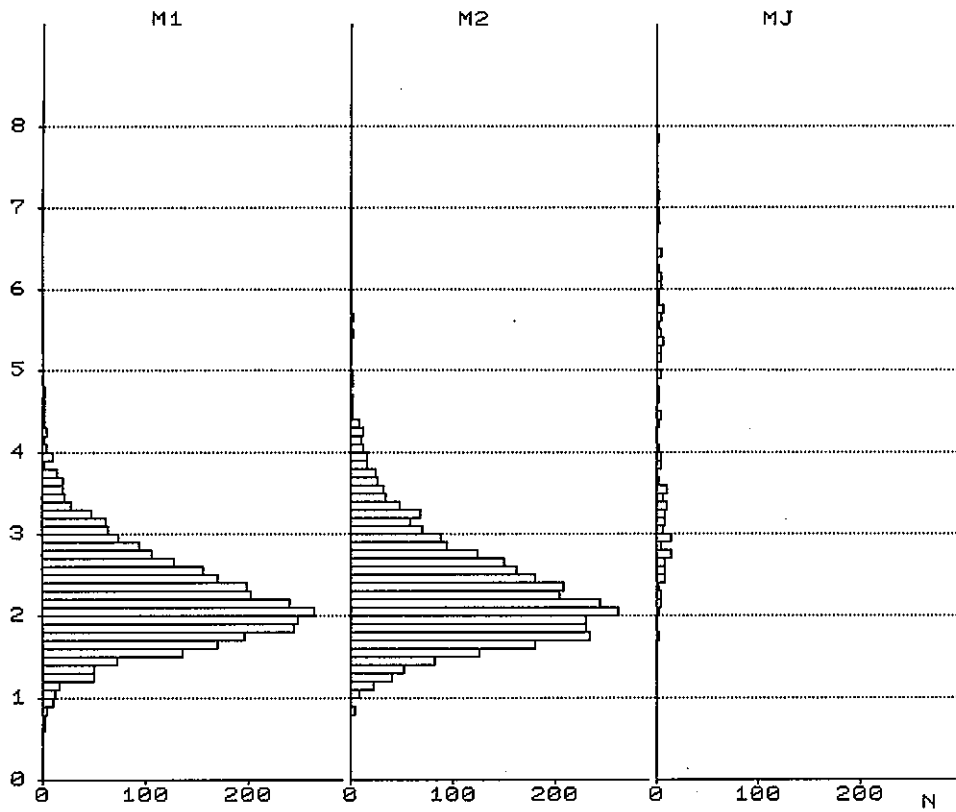


図 4.14 3種類のマグニチュードの度数分布

M_1 : 津村のマグニチュード

M_2 : 神林・市川のマグニチュード

M_J : 気象庁マグニチュード

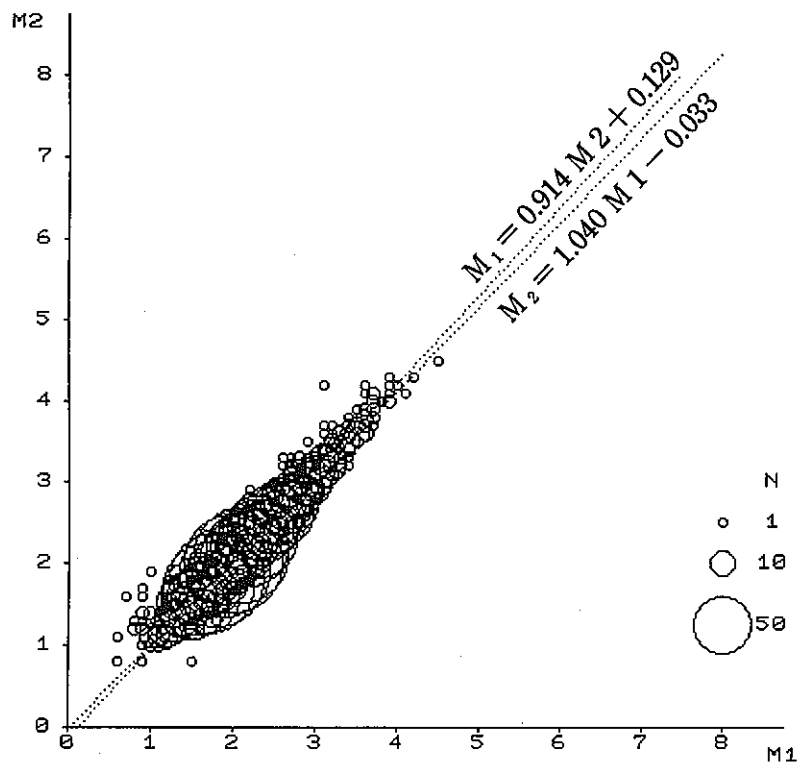


図 4.15 M_1 と M_2 の相関

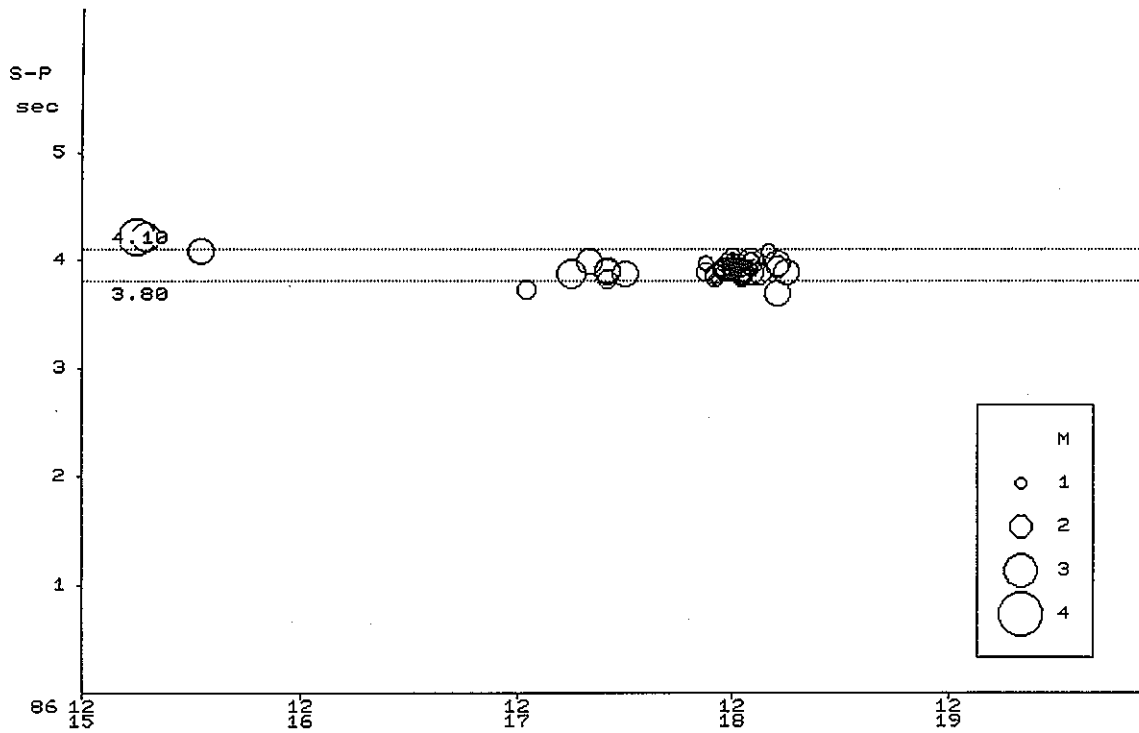


図 4.16.1 幌延近傍の地震活動。(1986年12月15日～19日)

縦軸はS-P時間。

横軸は年月日(0時の位置)。左端に年、その右に、上に月、下に日を表示した。

円の大きさはマグニチュード(MH)に比例する。

(図 4.16.1 - 22 に共通)

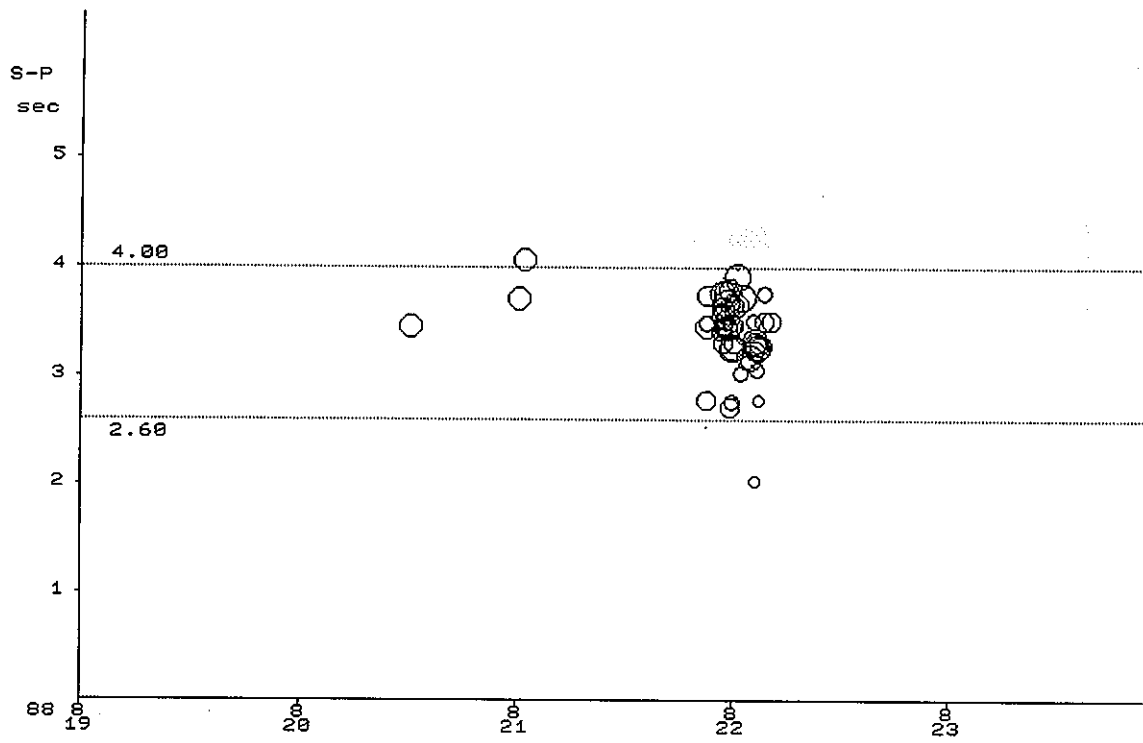


図 4.16.2 幌延近傍の地震活動。(1988年8月19日～23日)

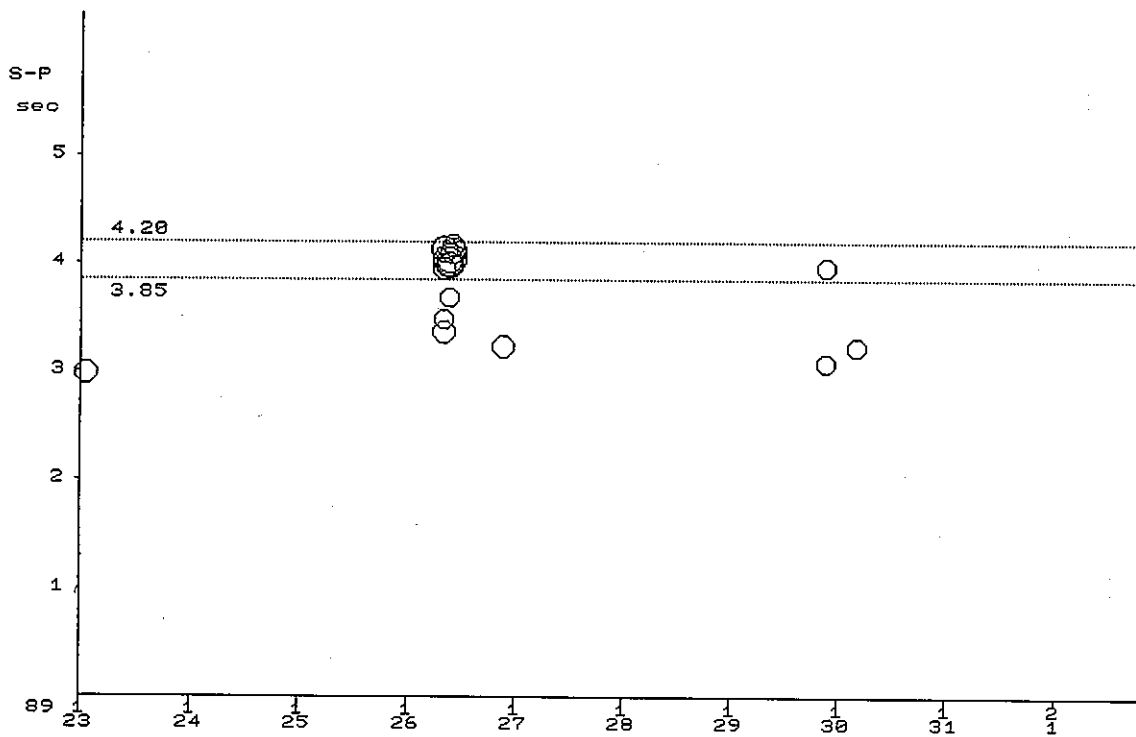


図 4.16.3 幌延近傍の地震活動。(1989年1月23日～2月1日)

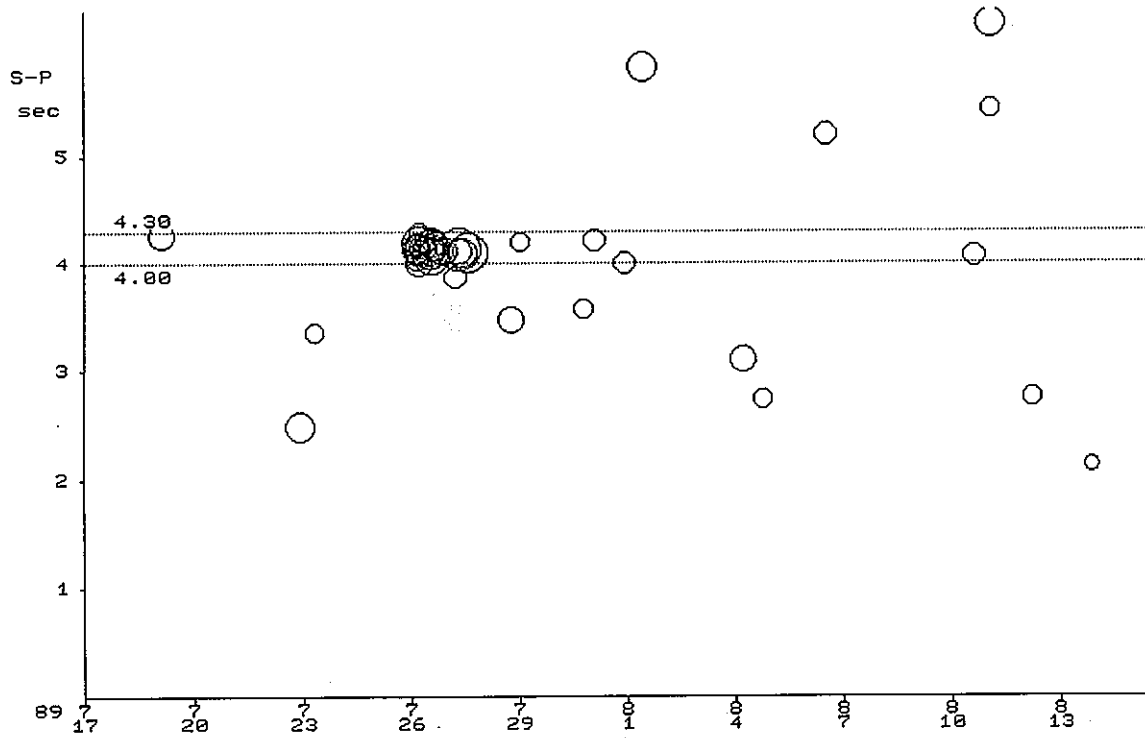


図 4.16.4 幌延近傍の地震活動。(1989年7月17日～8月13日)

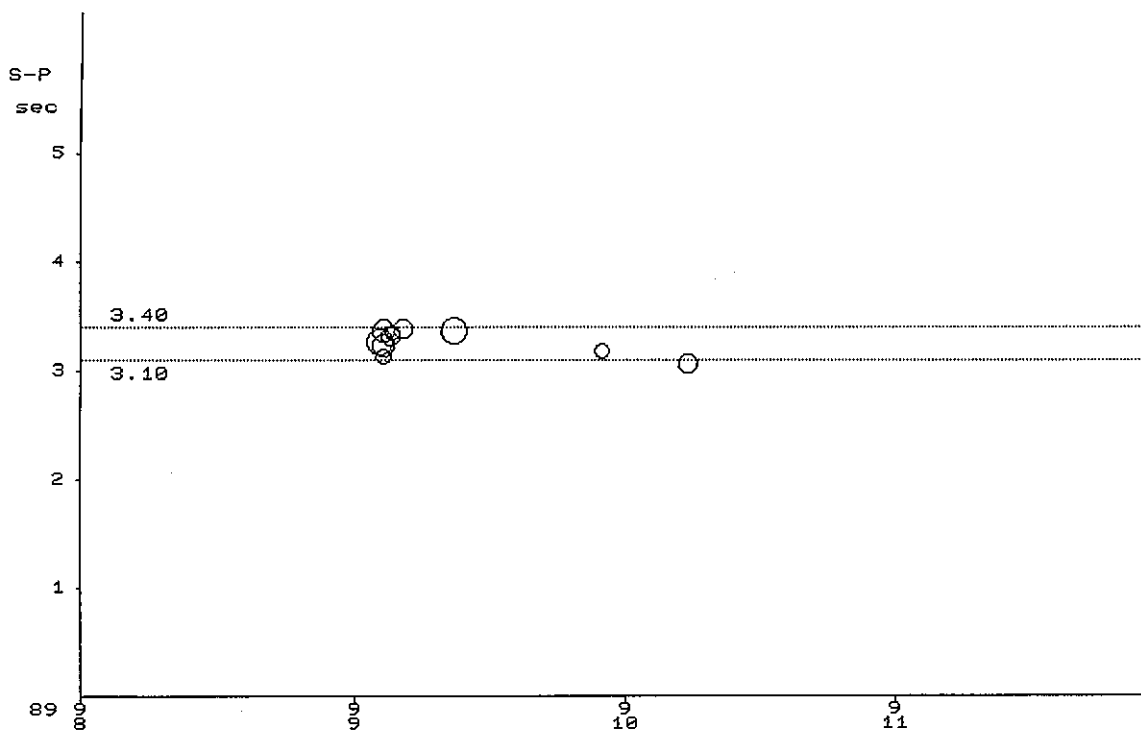


図 4.16.5 幌延近傍の地震活動。(1989年9月8日～11日)

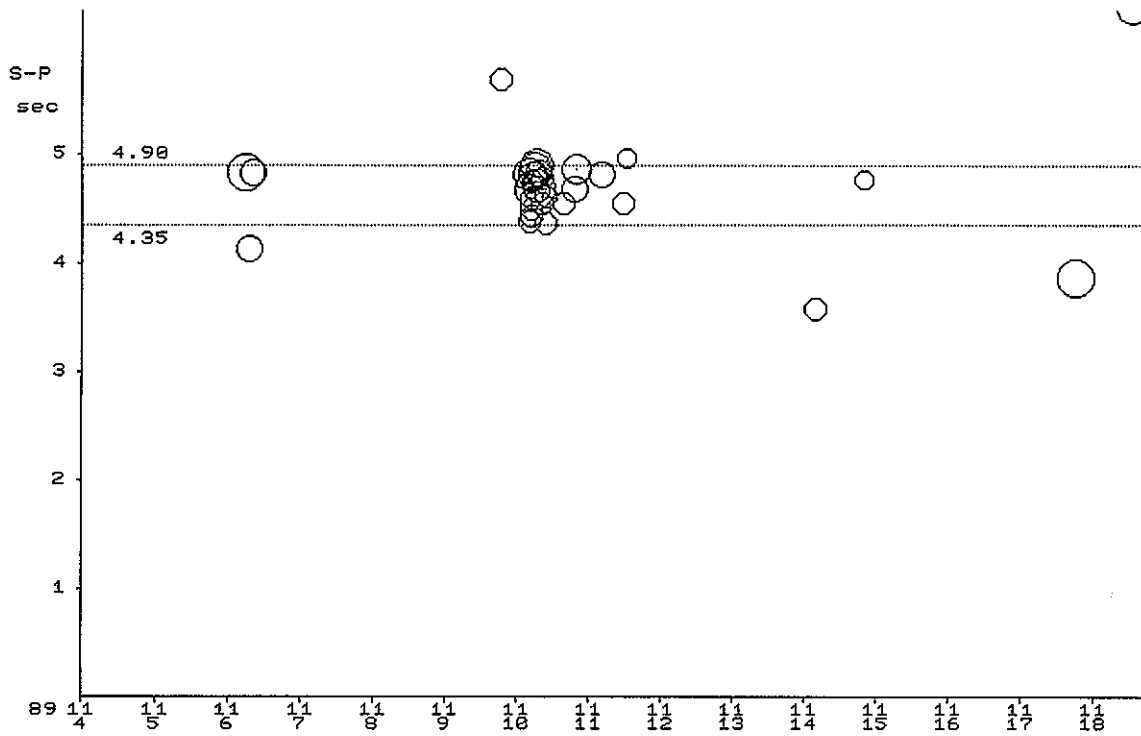


図 4.16.6 幌延近傍の地震活動。(1989年11月4日～18日)

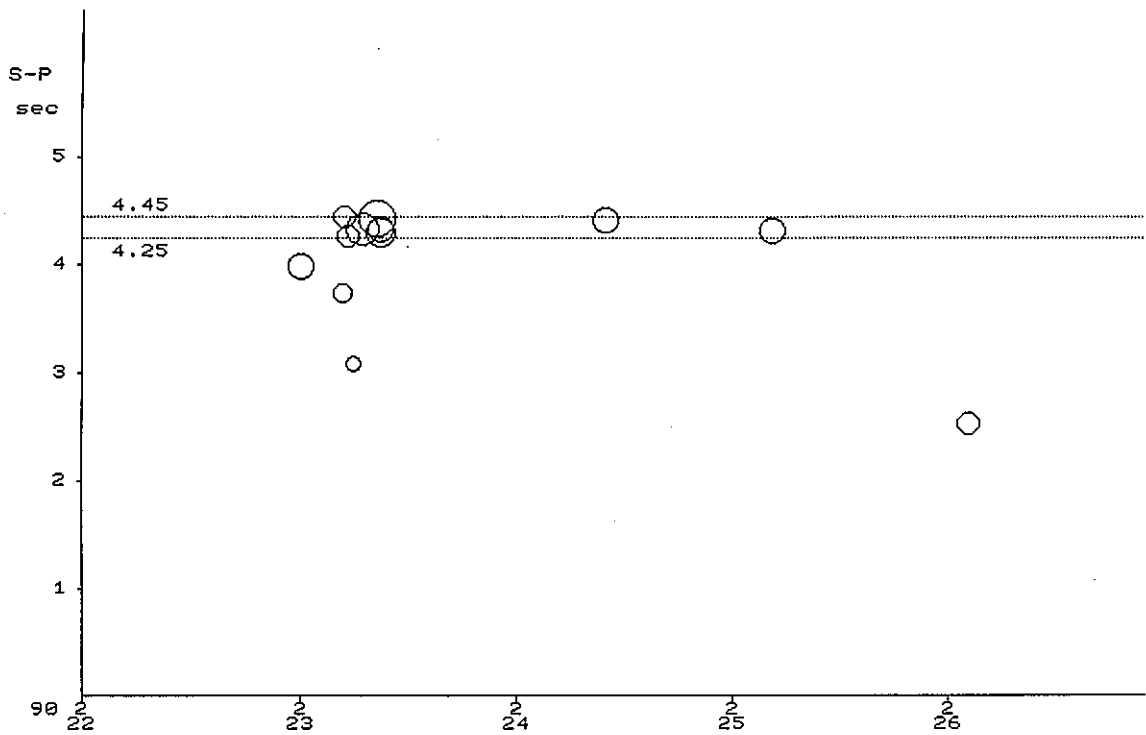


図 4.16.7 幌延近傍の地震活動。(1900年2月22日～26日)

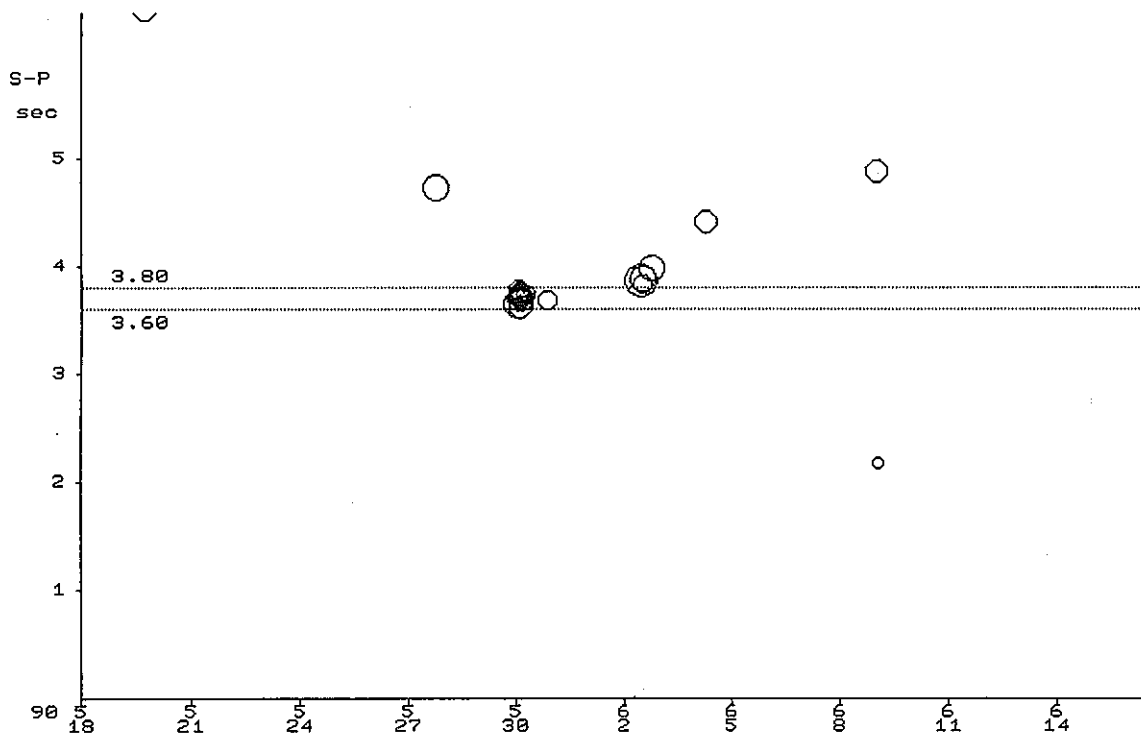


図 4.16.8 幌延近傍の地震活動. (1990年5月18日~6月14日)

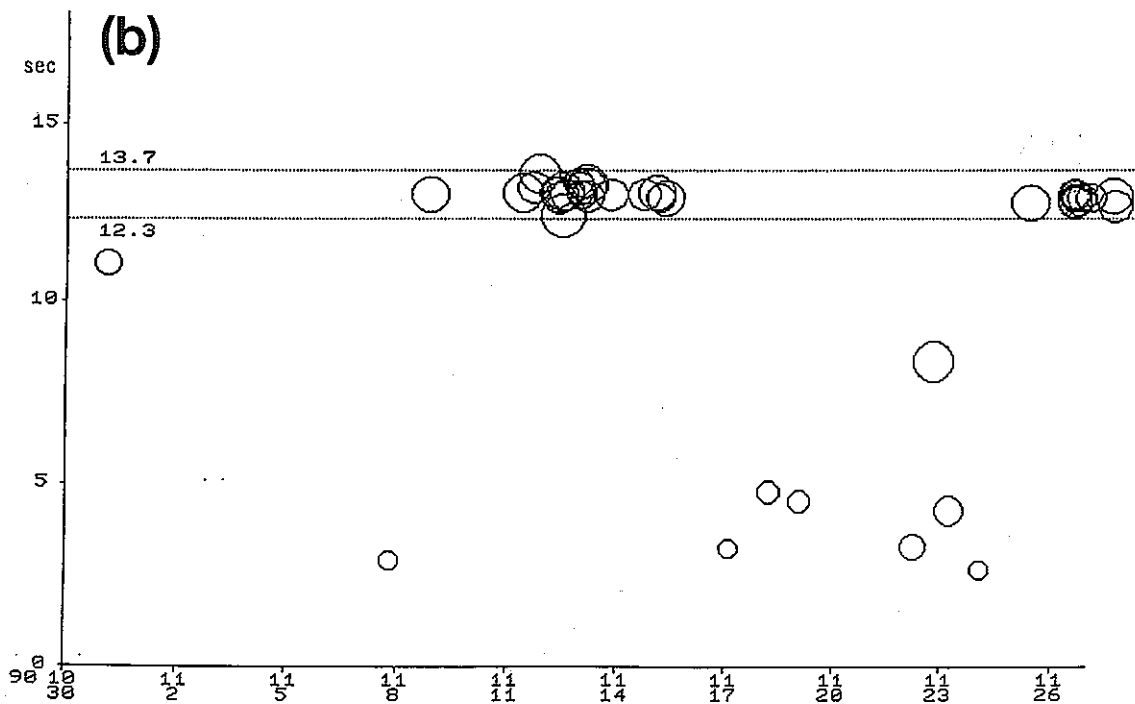
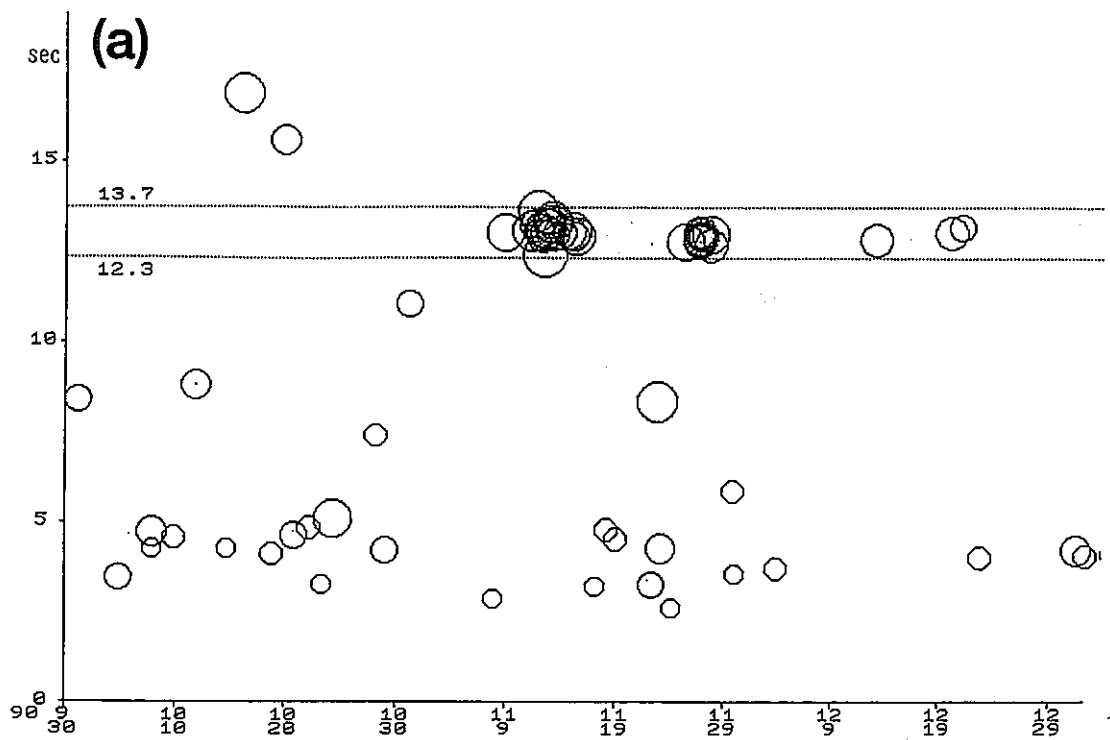


図 4.16.9 幌延近傍の地震活動.

(a) (1990年9月30日～12月29日)

(b) (1990年10月30日～11月26日)

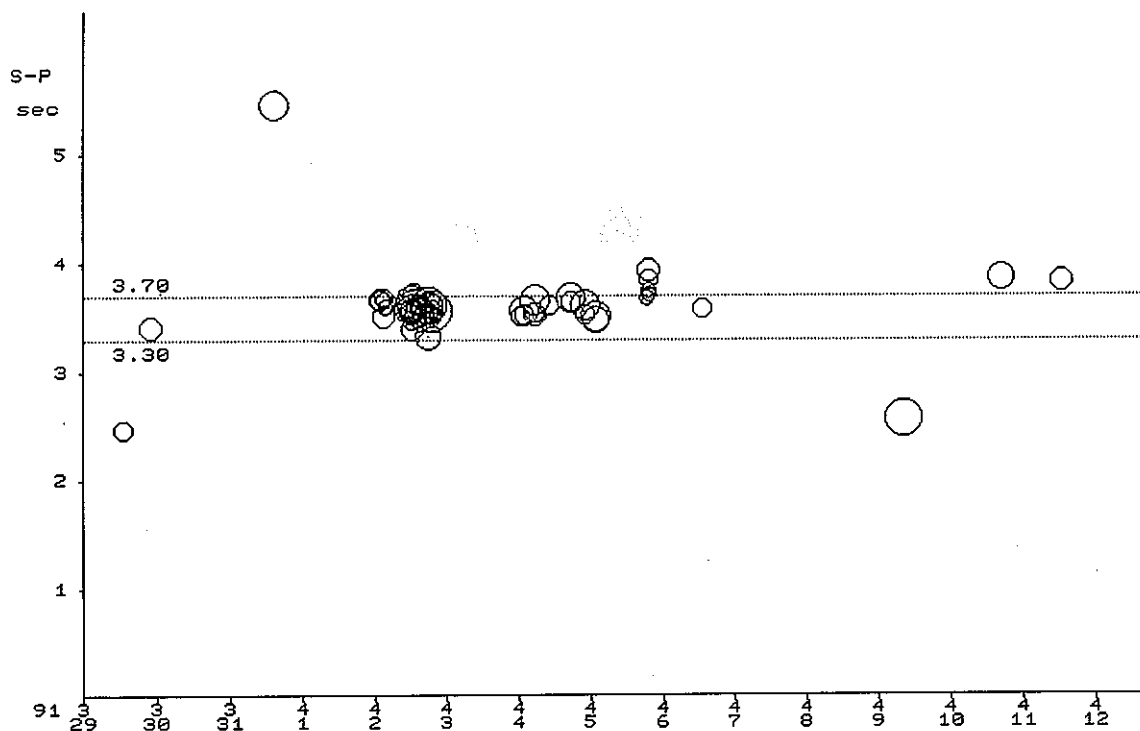


図 4.16.10 幌延近傍の地震活動。(1991年3月29日～4月12日)

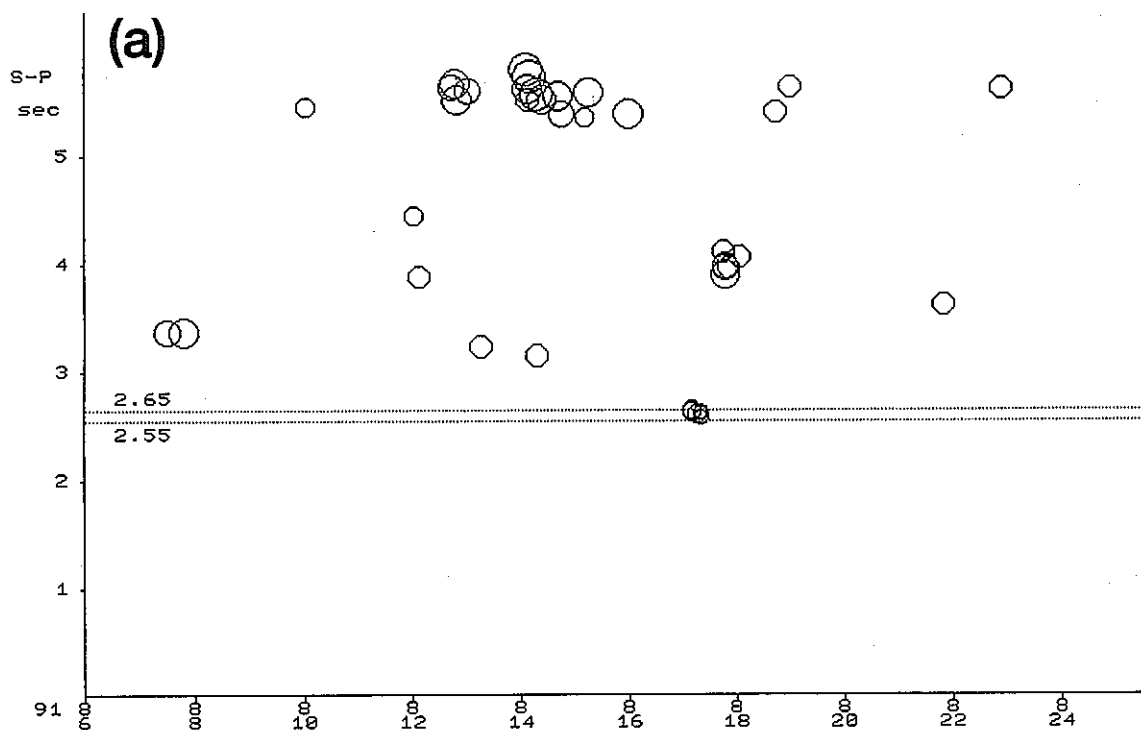


図 4.16.11 幌延近傍の地震活動。(1991年8月6日～24日)
 (a) S-P時間2.55～2.65秒の地震に着目して

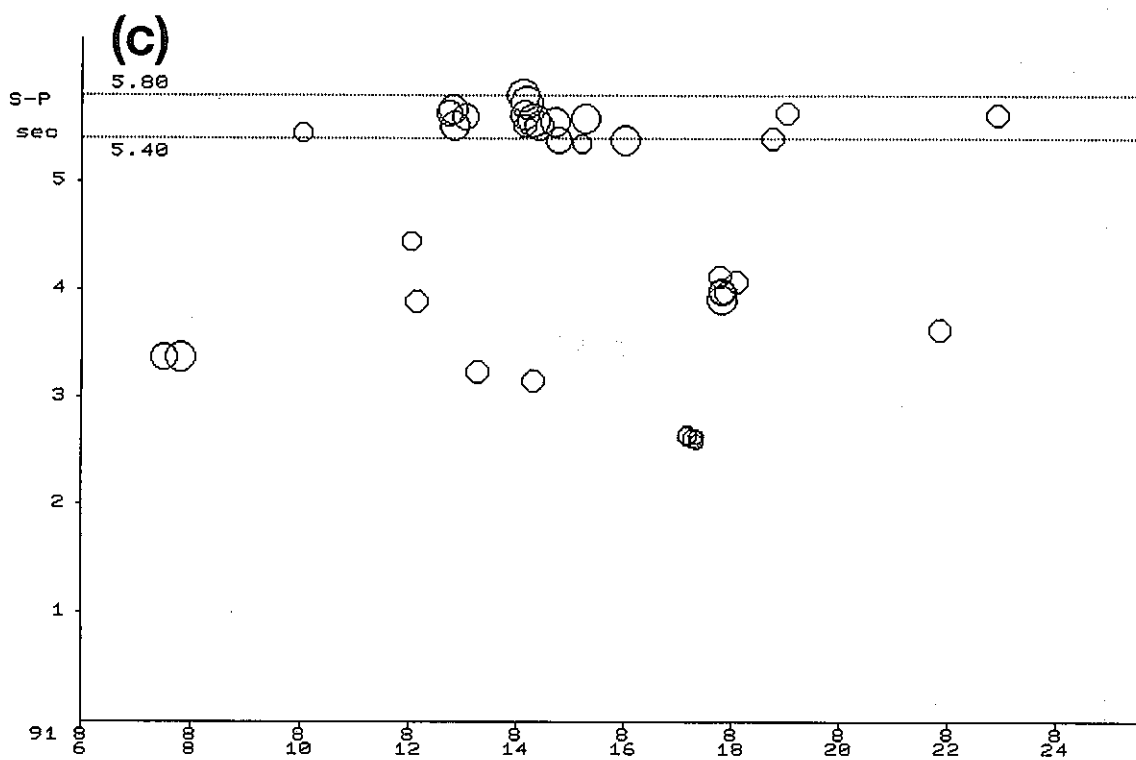
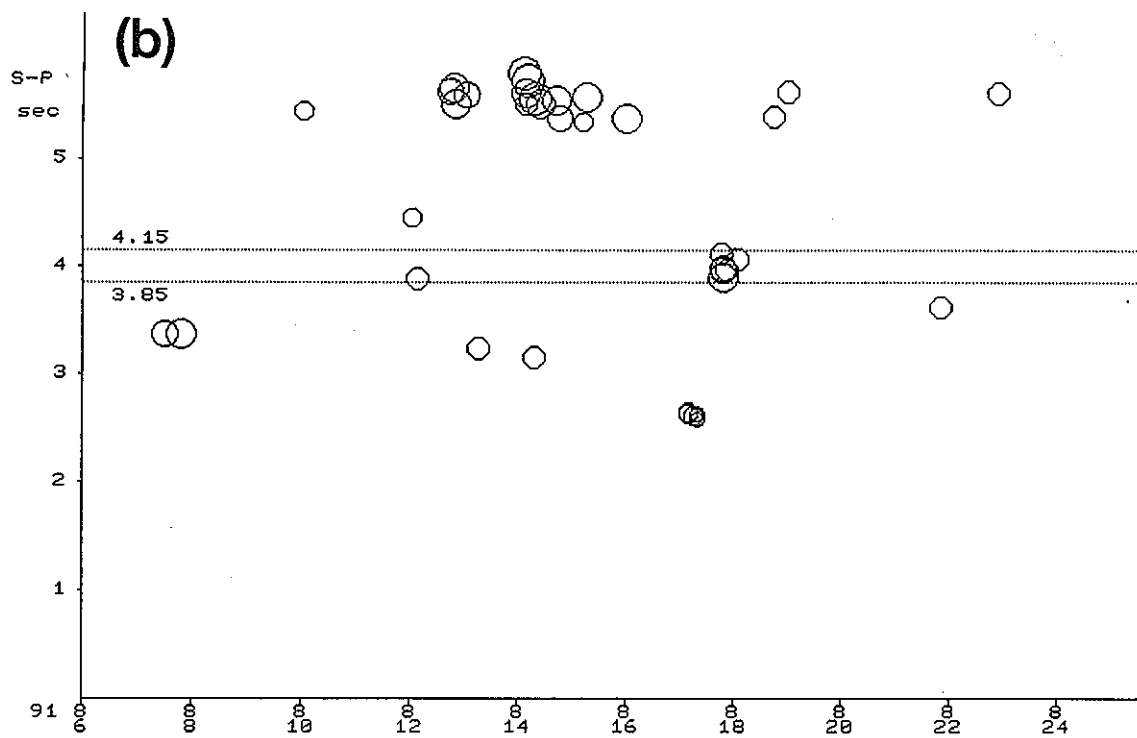


図 4.16.11 幌延近傍の地震活動。(1991年8月6日～24日)
 (b) S-P時間3.85～4.15秒の地震に着目して
 (c) S-P時間5.40～5.80秒の地震に着目して

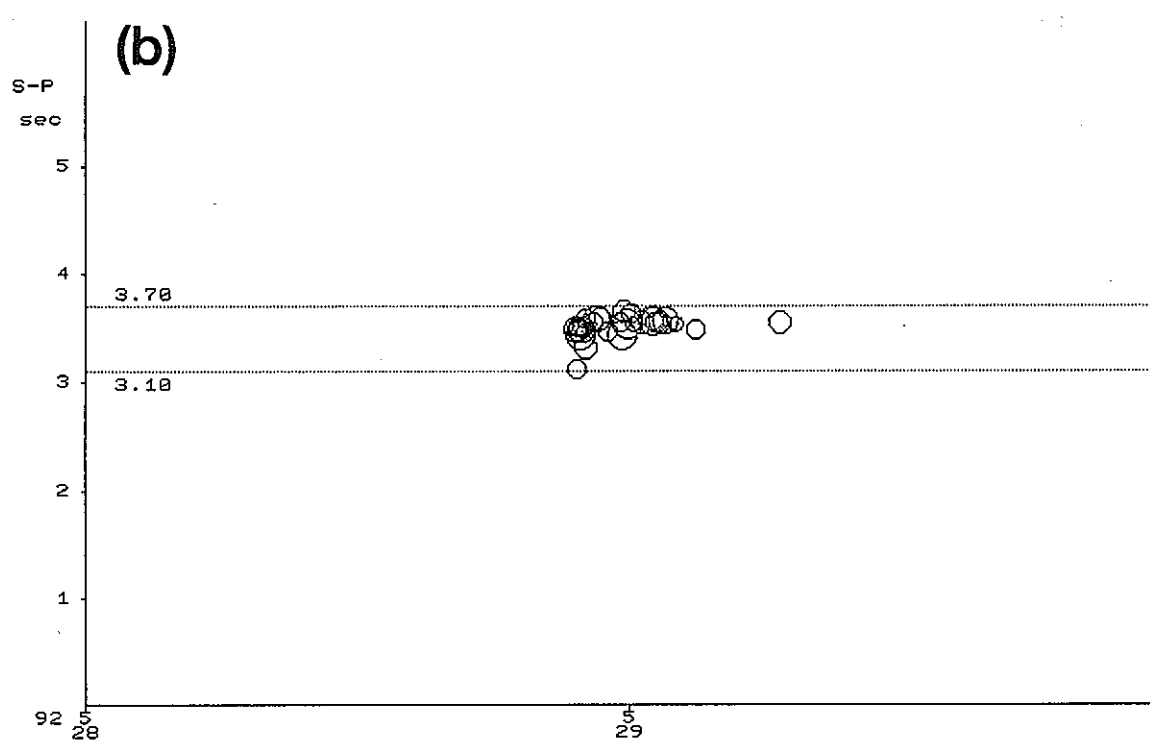
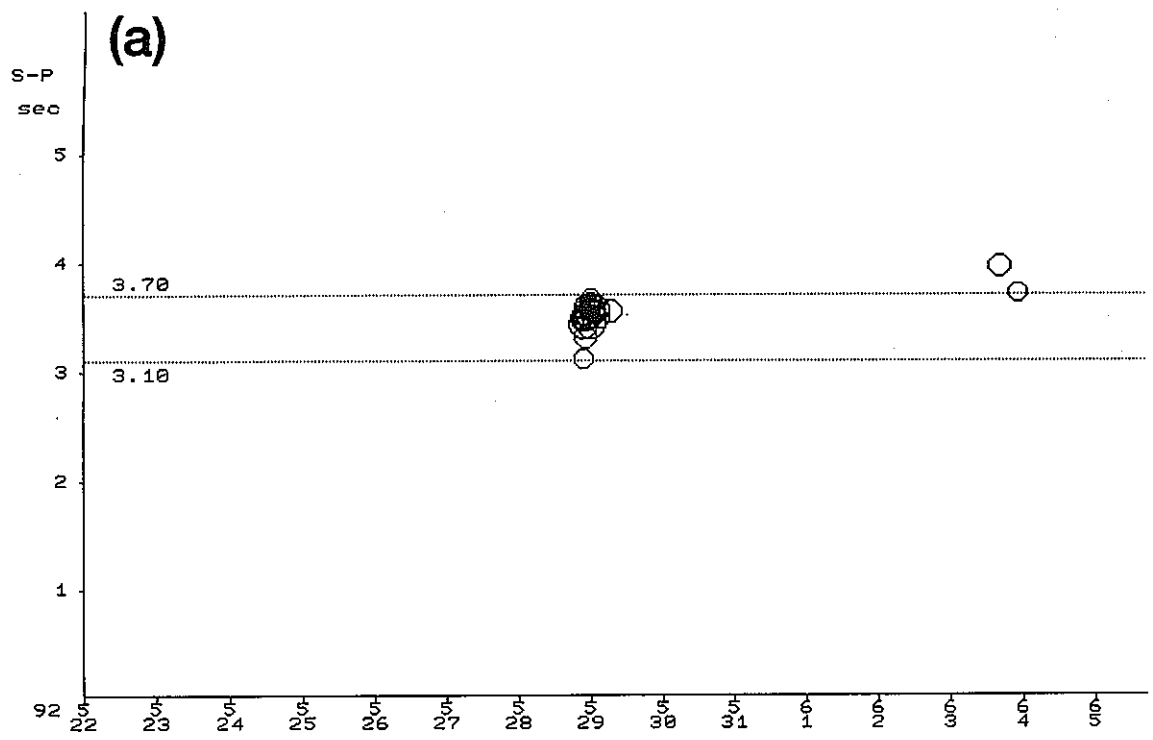


図 4.16.12 幌延近傍の地震活動.
 (a) (1992年5月22日~6月5日)
 (b) (1992年5月28日~29日)

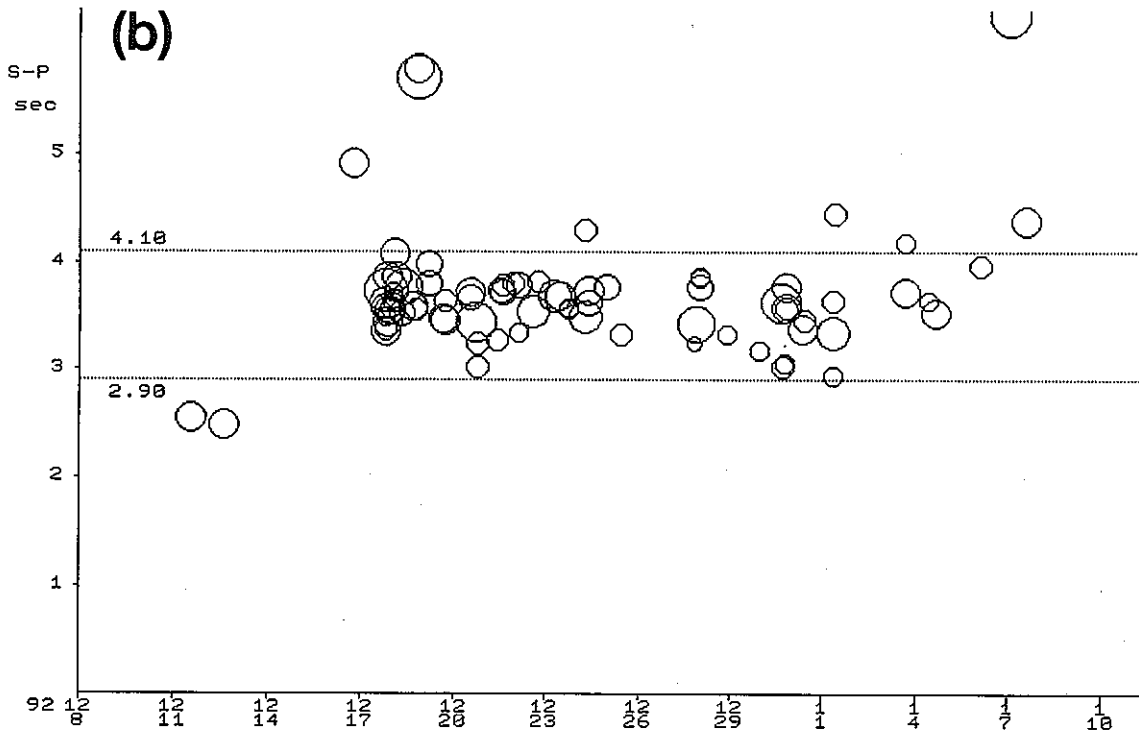
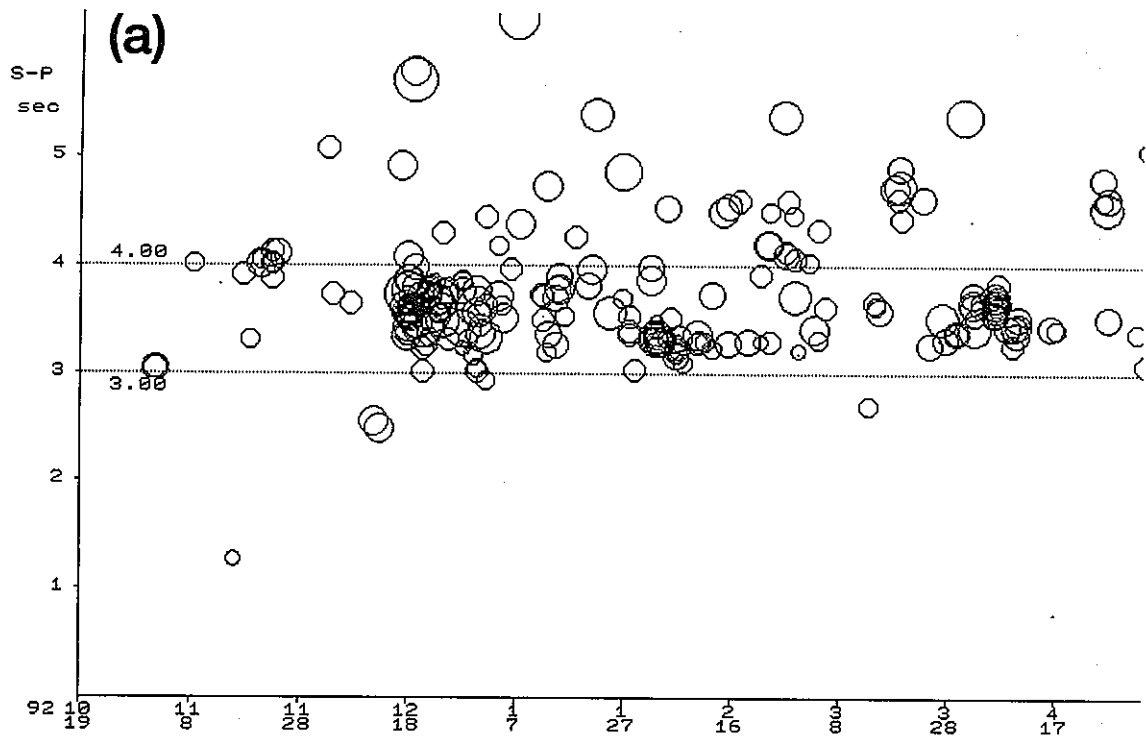


図 4.16.13 幌延近傍の地震活動.

(a) (1992年10月19日~1993年4月17日)

(b) (1992年12月8日~1993年1月18日)

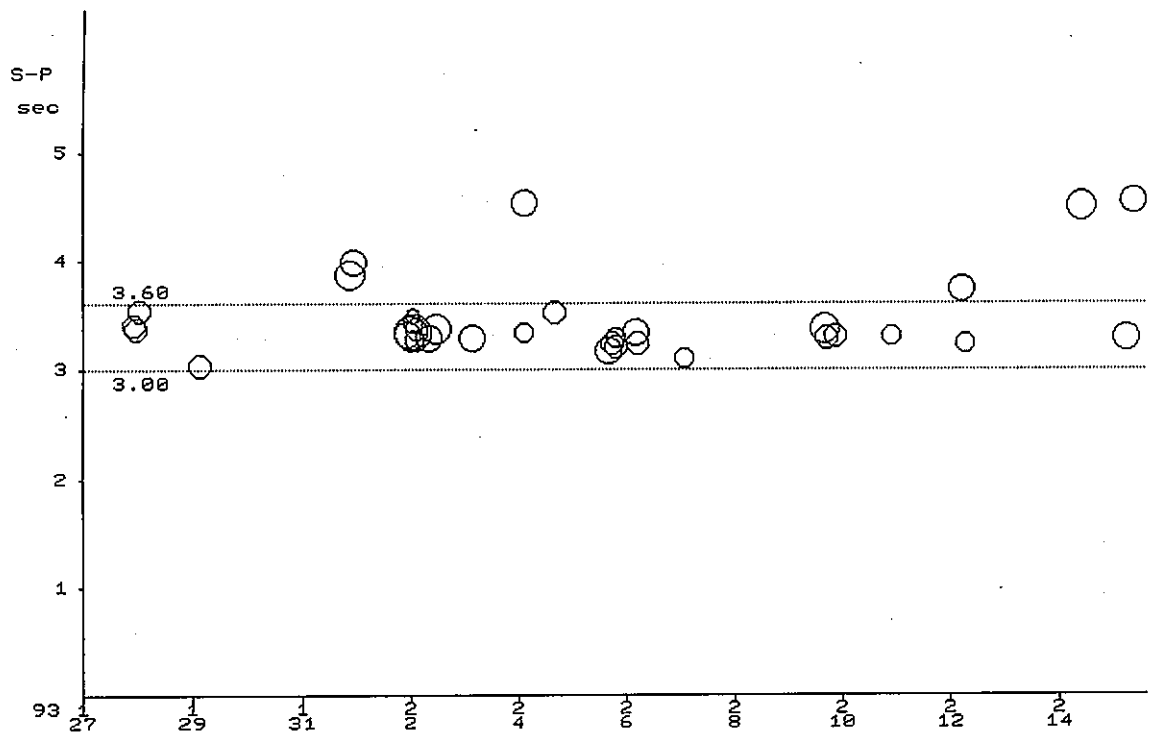


図 4.16.14 幌延近傍の地震活動.
(1993年1月27日～2月14日)

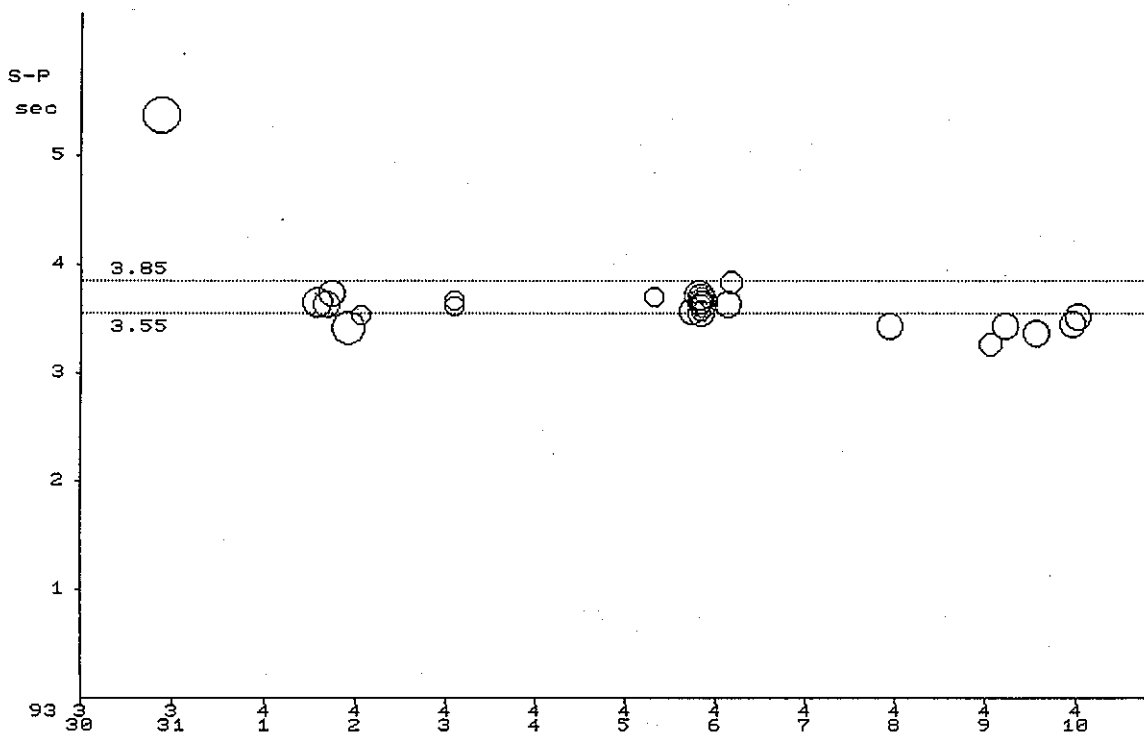


図 4.16.15 幌延近傍の地震活動.
(1993年3月30日～4月10日)

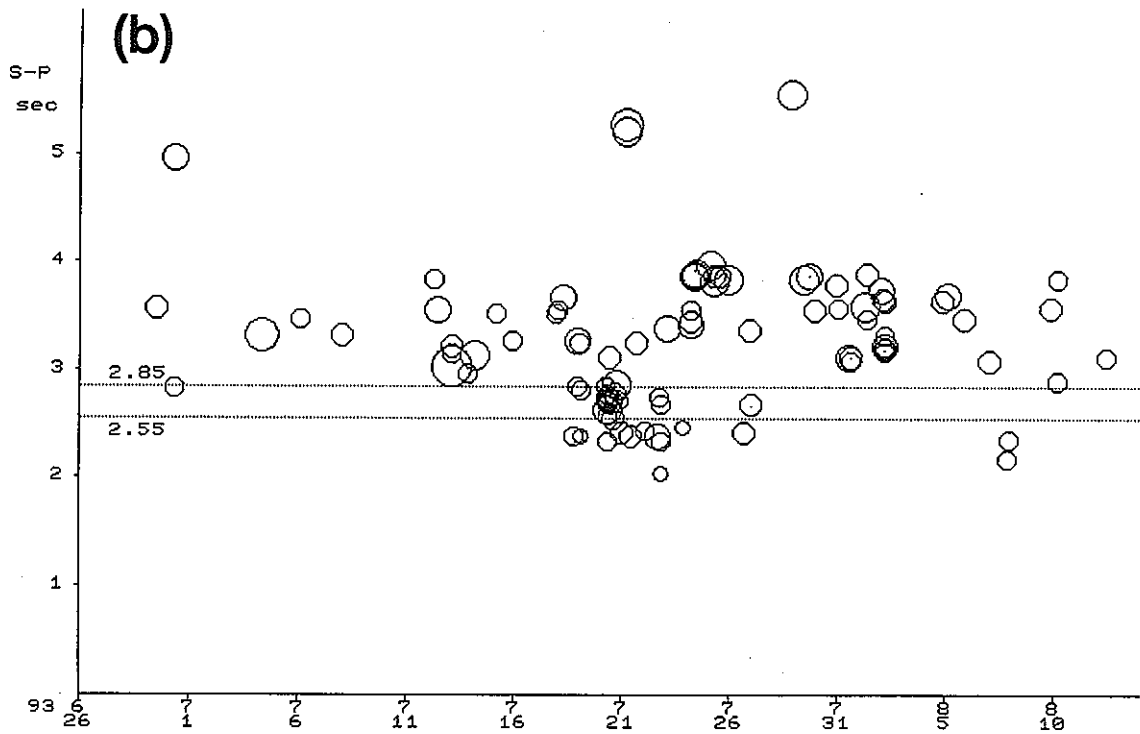
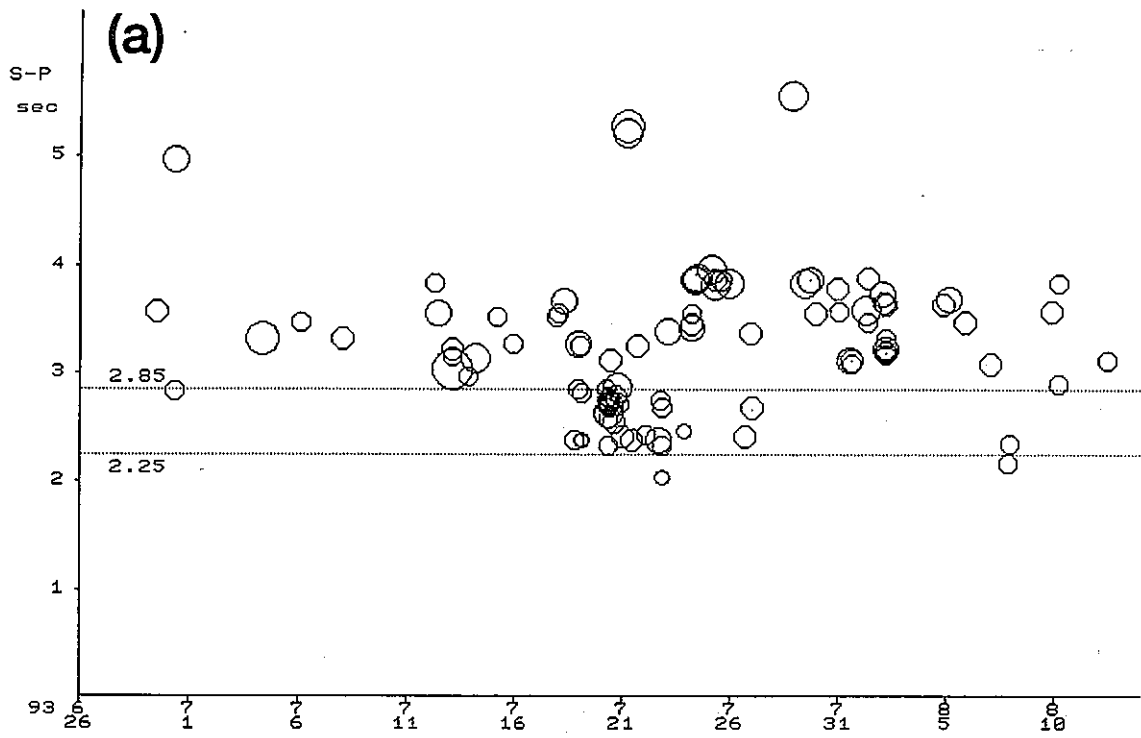


図 4.16.16 幌延近傍の地震活動。(1993年6月26日～8月10日)

(a) S-P時間2.25～2.85秒の地震に着目して

(b) S-P時間2.55～2.85秒の地震に着目して

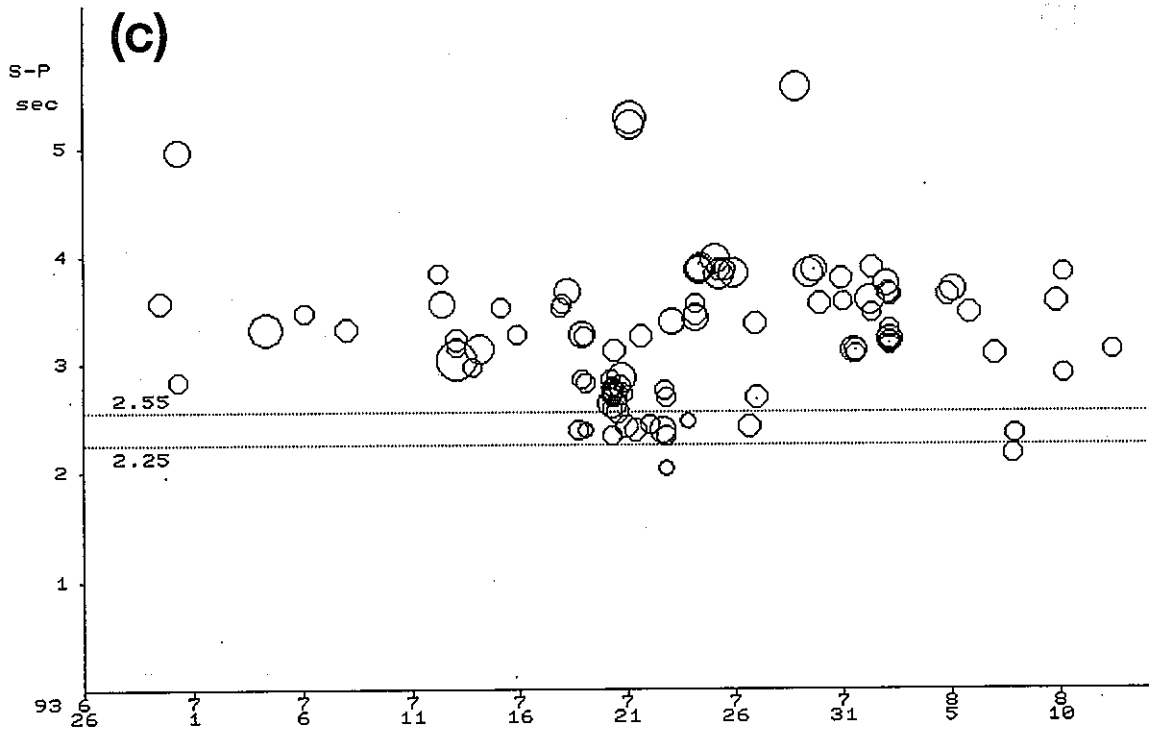


図 4.16.16 幌延近傍の地震活動. (1993年6月26日～8月10日)

(c) S-P時間 2.25～2.55秒の地震に着目して

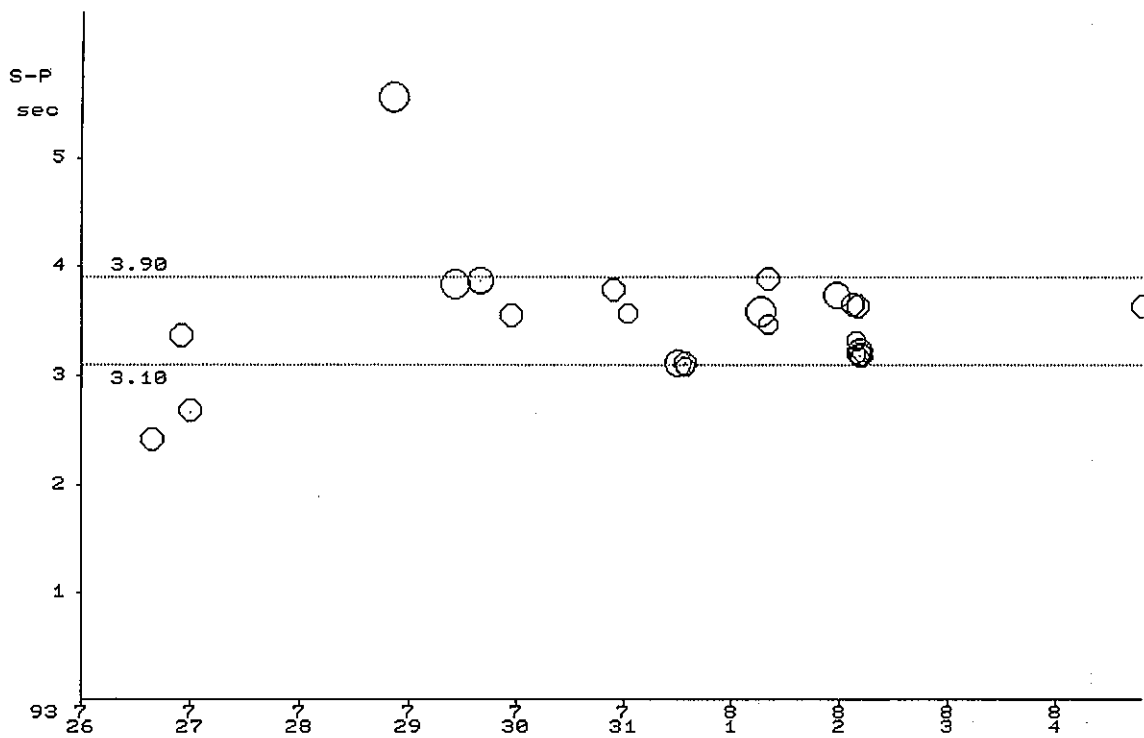


図 4.16.17 幌延近傍の地震活動。(1993年7月26日～8月4日)

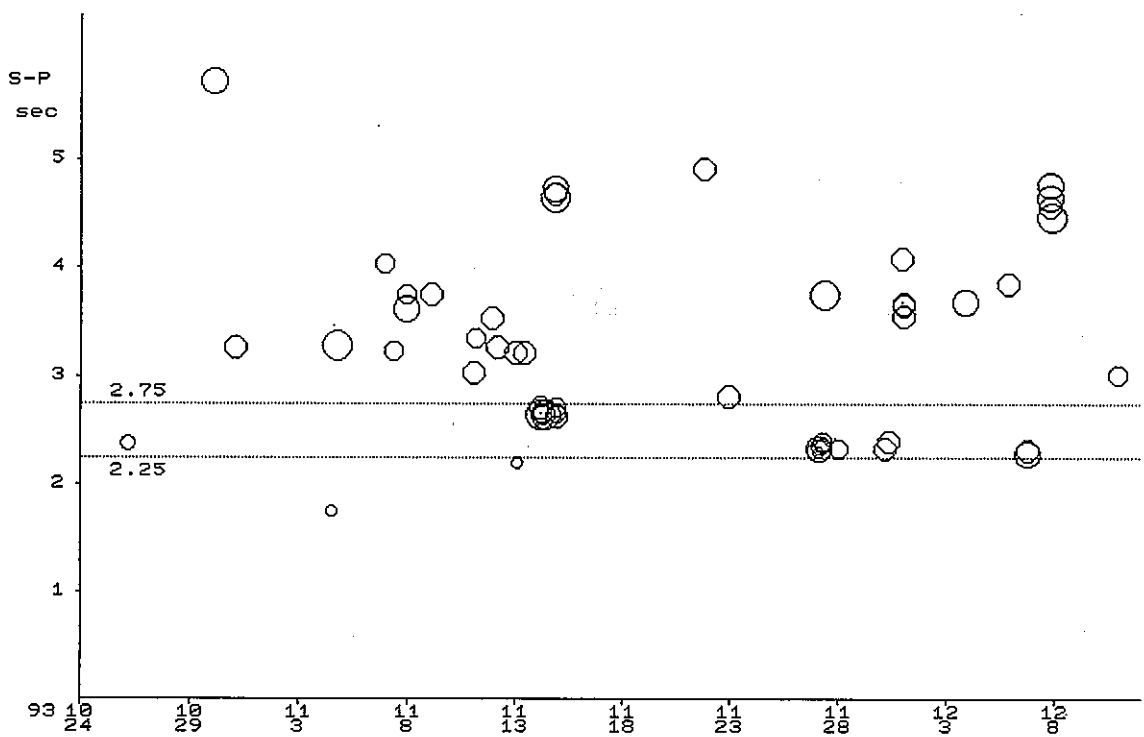


図 4.16.18 幌延近傍の地震活動。(1993年10月24日～12月17日)

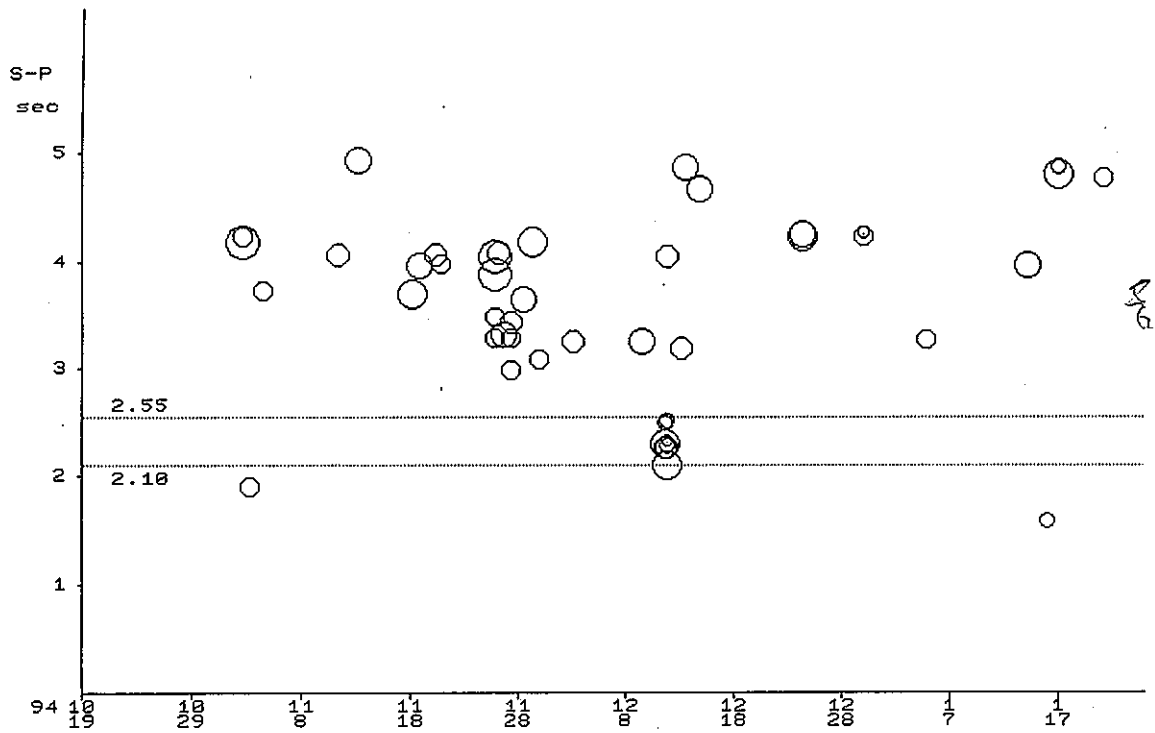


図 4.16.19 幌延近傍の地震活動。(1994年10月19日～1995年1月17日)

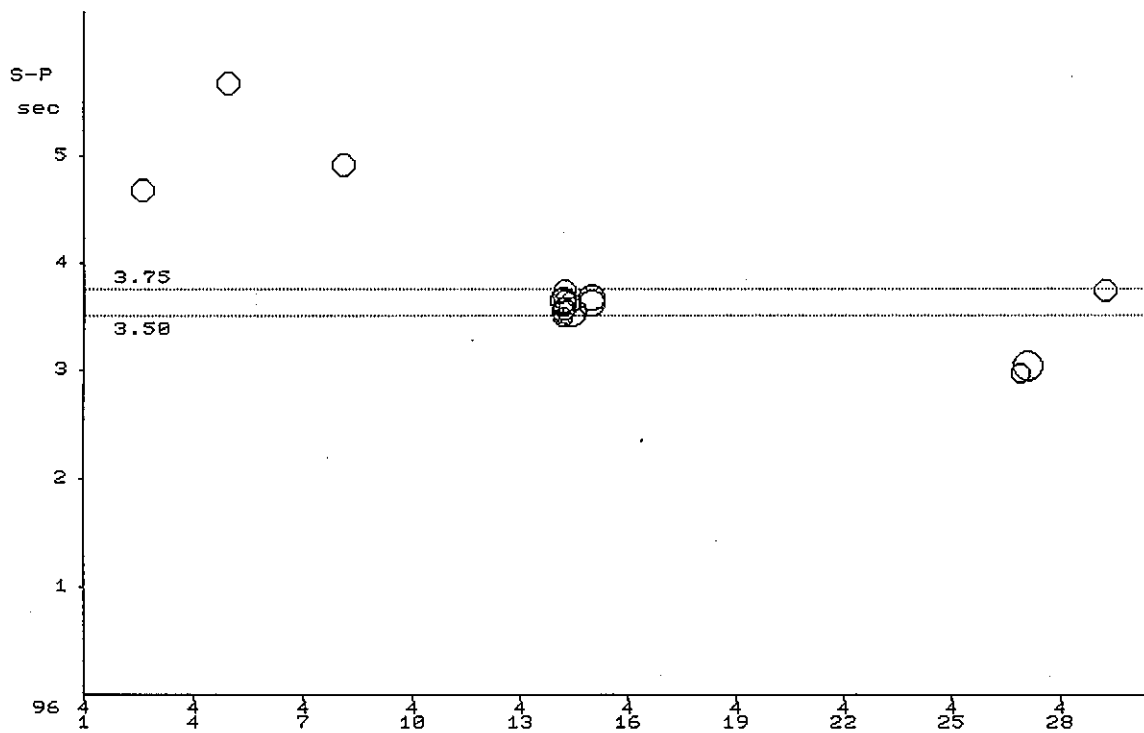


図 4.16.20 幌延近傍の地震活動。(1996年4月1日～4月28日)

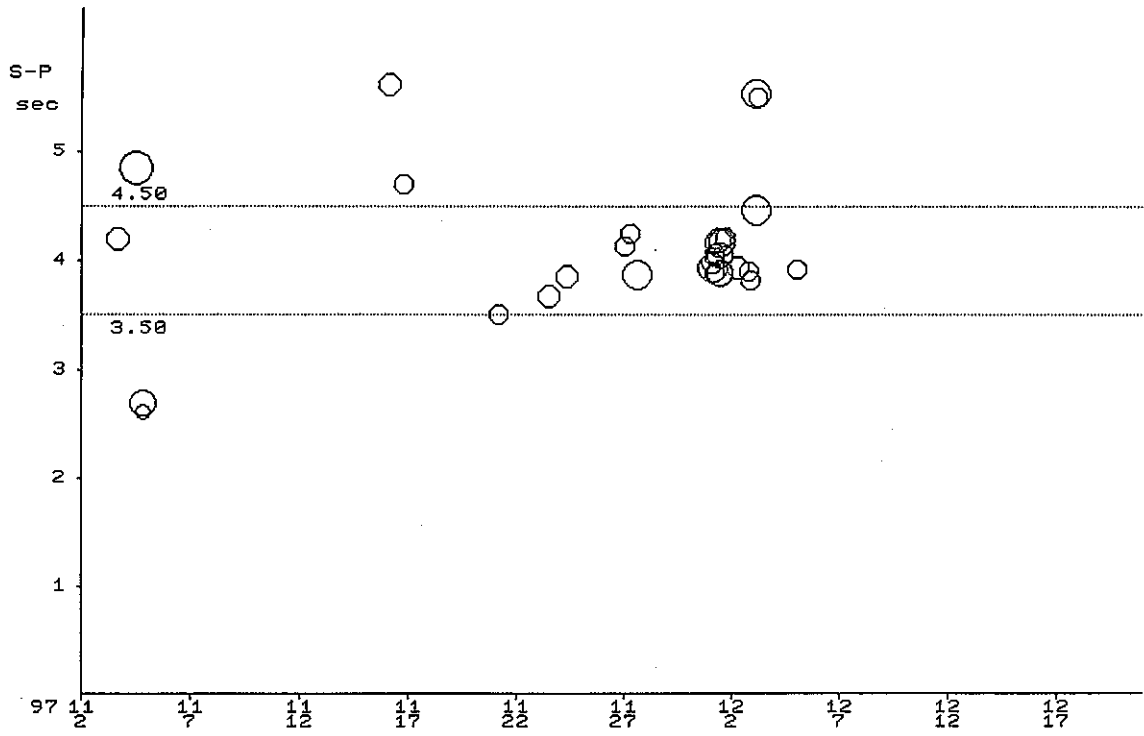


図 4.16.21 幌延近傍の地震活動。(1997年11月2日～12月17日)

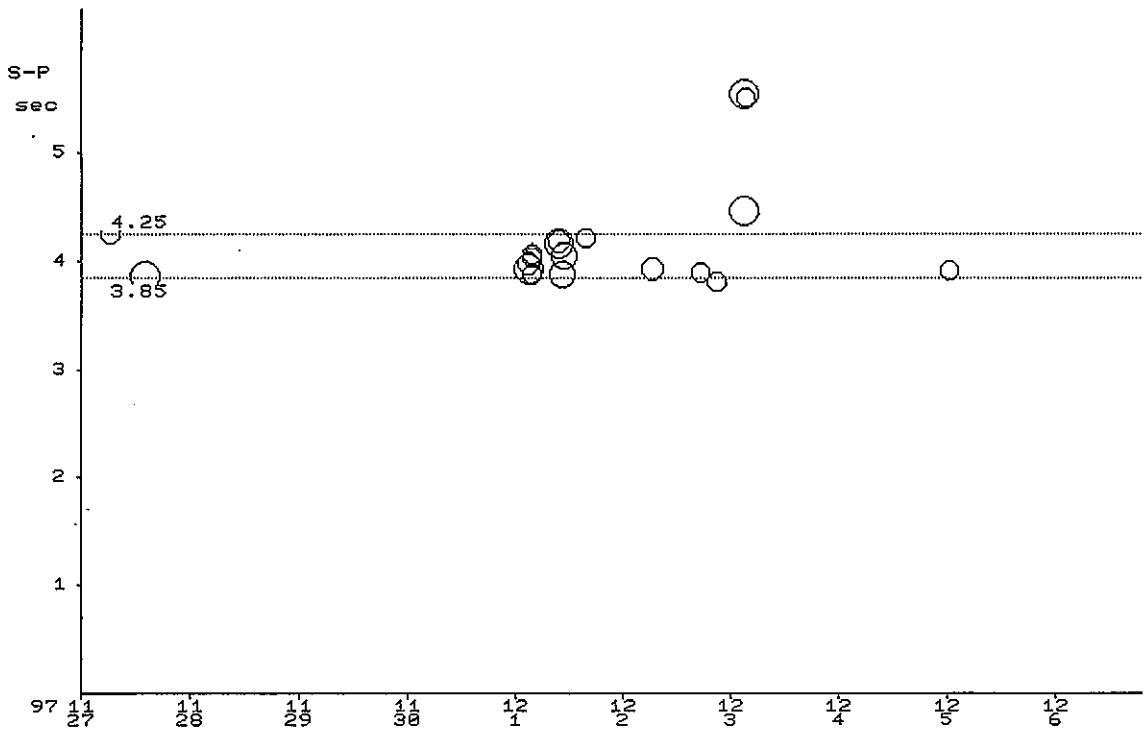


図 4.16.22 幌延近傍の地震活動。(1997年11月27日～12月6日)

表 4.1 併合処理による震源決定に用いた地殻速度構造モデル

厚さ	V _p	V _s	V _p /V _s
km	km/sec	km/sec	
1	2.6	1.50	1.732
1	3.5	2.02	1.732
8	5.4	3.12	1.732
10	6.4	3.70	1.732
15	6.7	3.87	1.732
∞	7.8	4.50	1.732

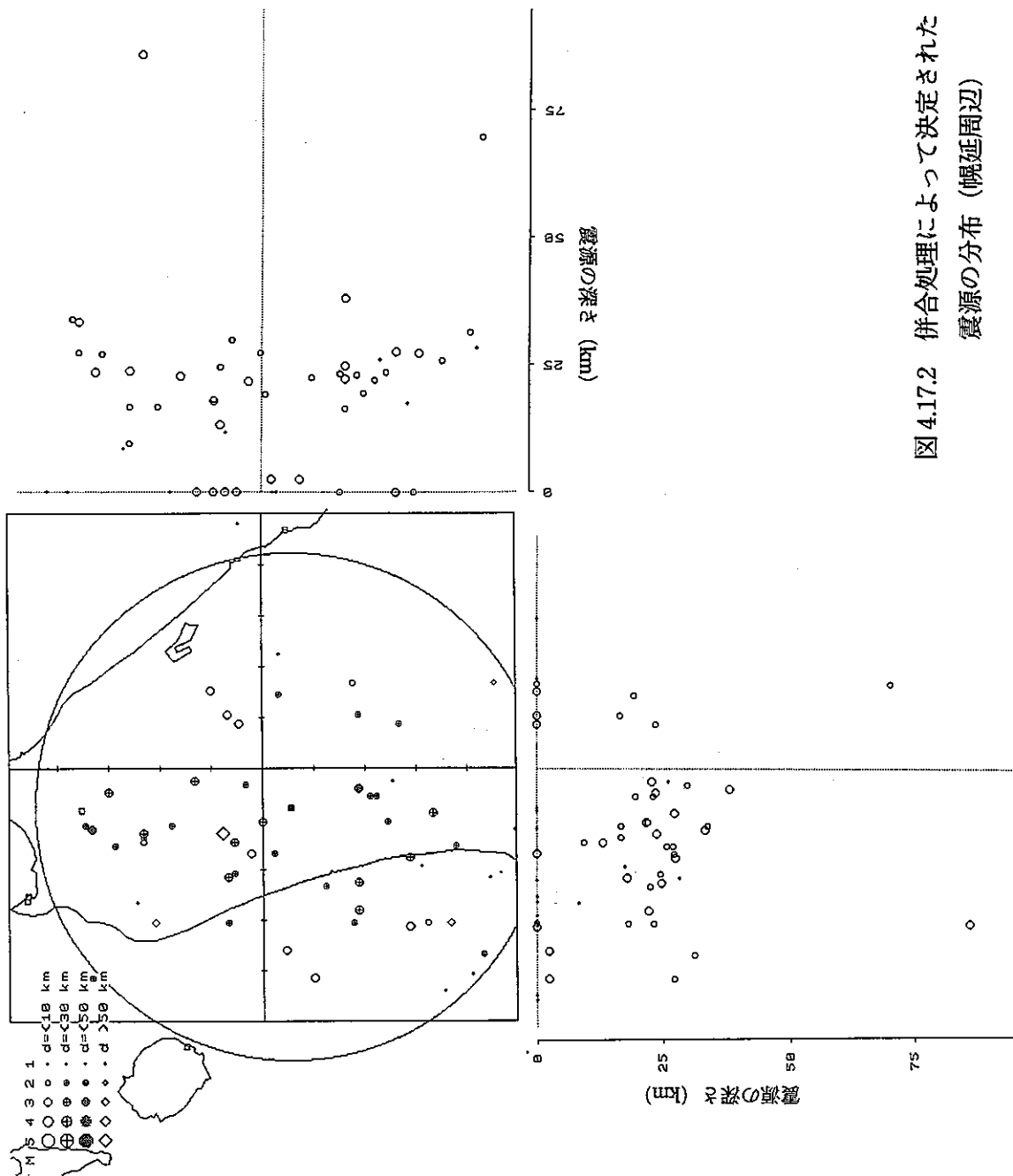


図 4.17.2 併合処理によって決定された
震源の分布 (幌延周辺)

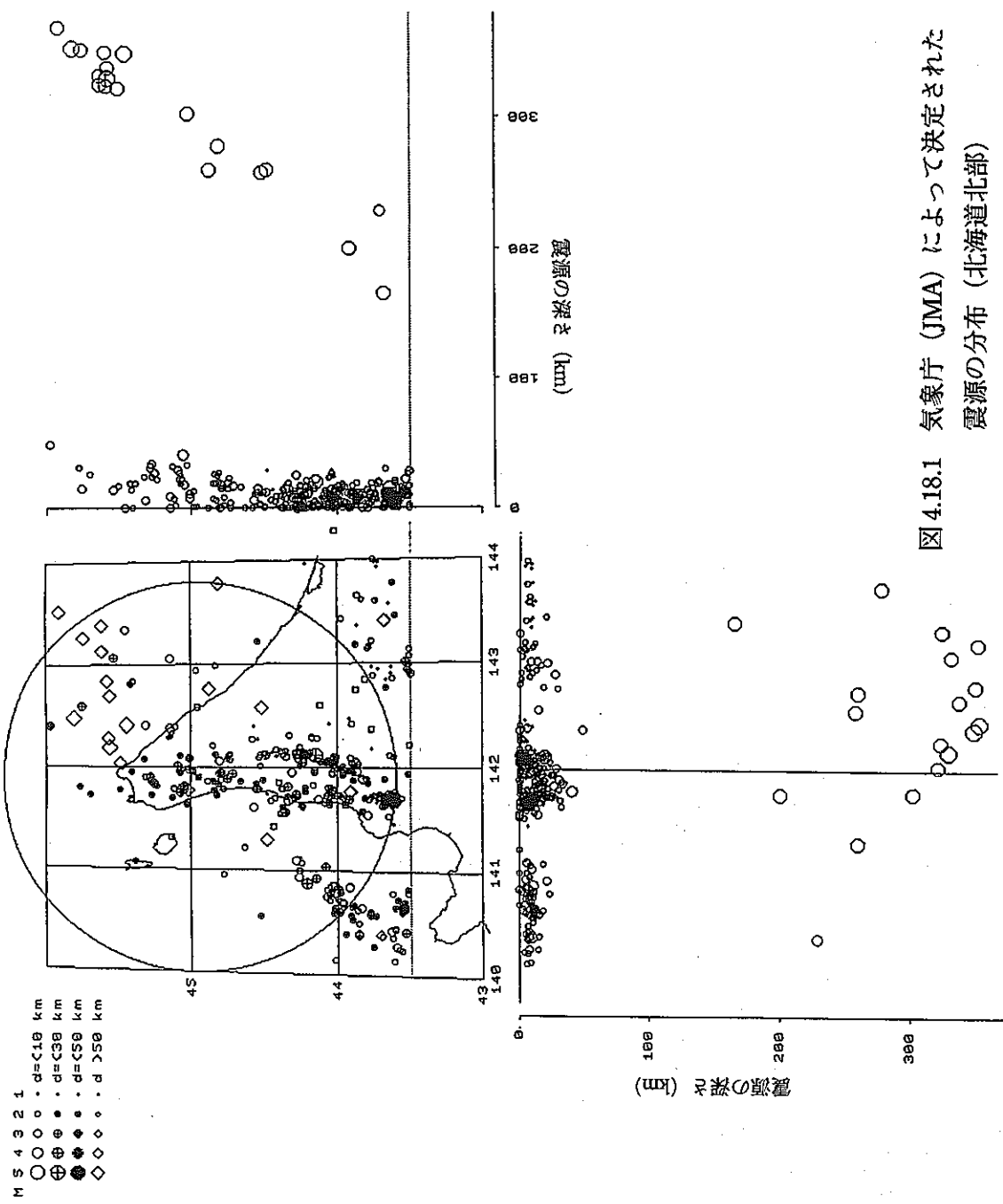


図 4.18.1 気象庁 (JMA) によって決定された
震源の分布 (北海道北部)

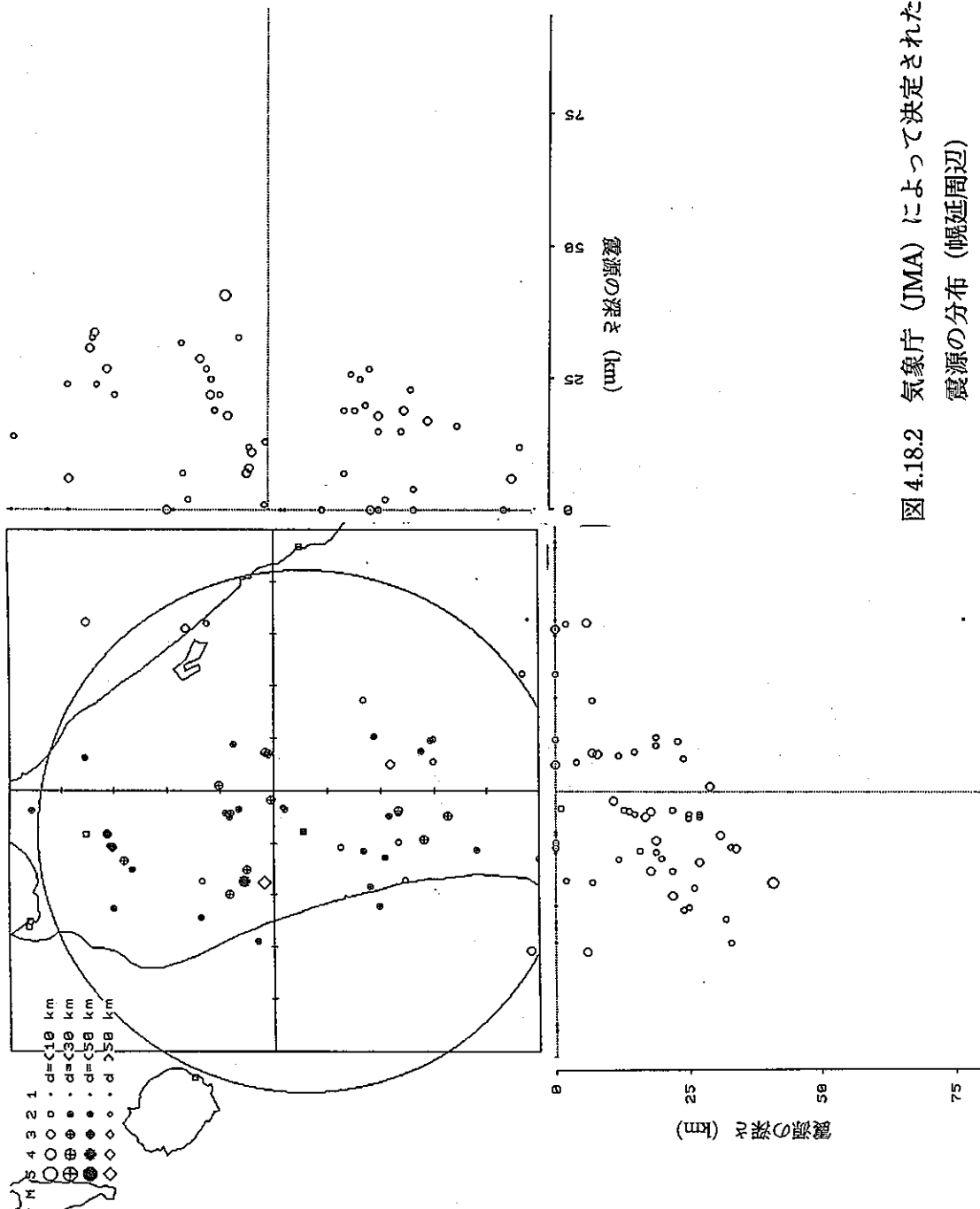


図 4.18.2 気象庁 (JMA) によって決定された
震源の分布 (幌延周辺)

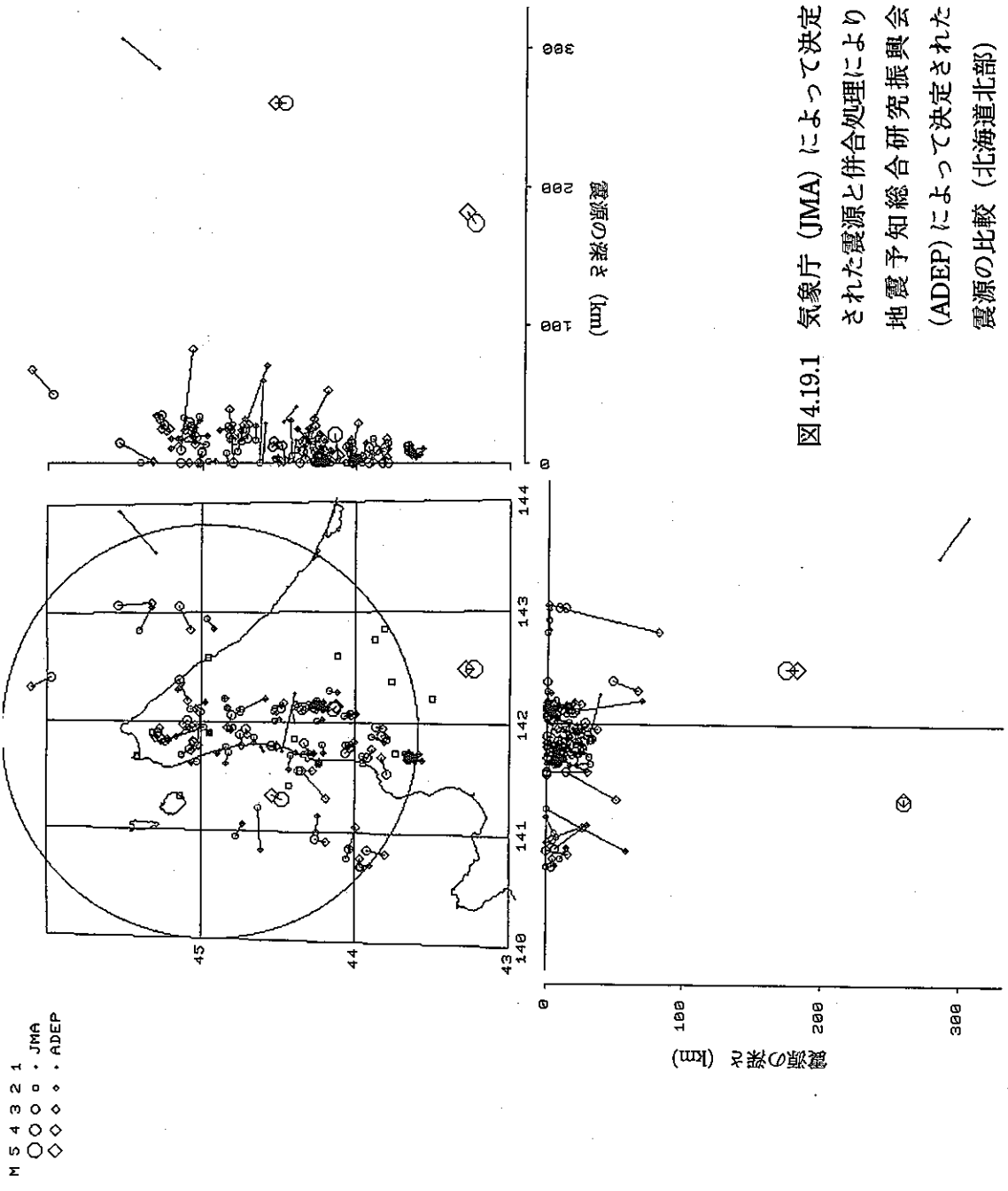


図4.19.1 気象庁 (JMA) によって決定
 された震源と併合処理により
 地震予知総合研究振興会
 (ADEP) によって決定された
 震源の比較 (北海道北部)

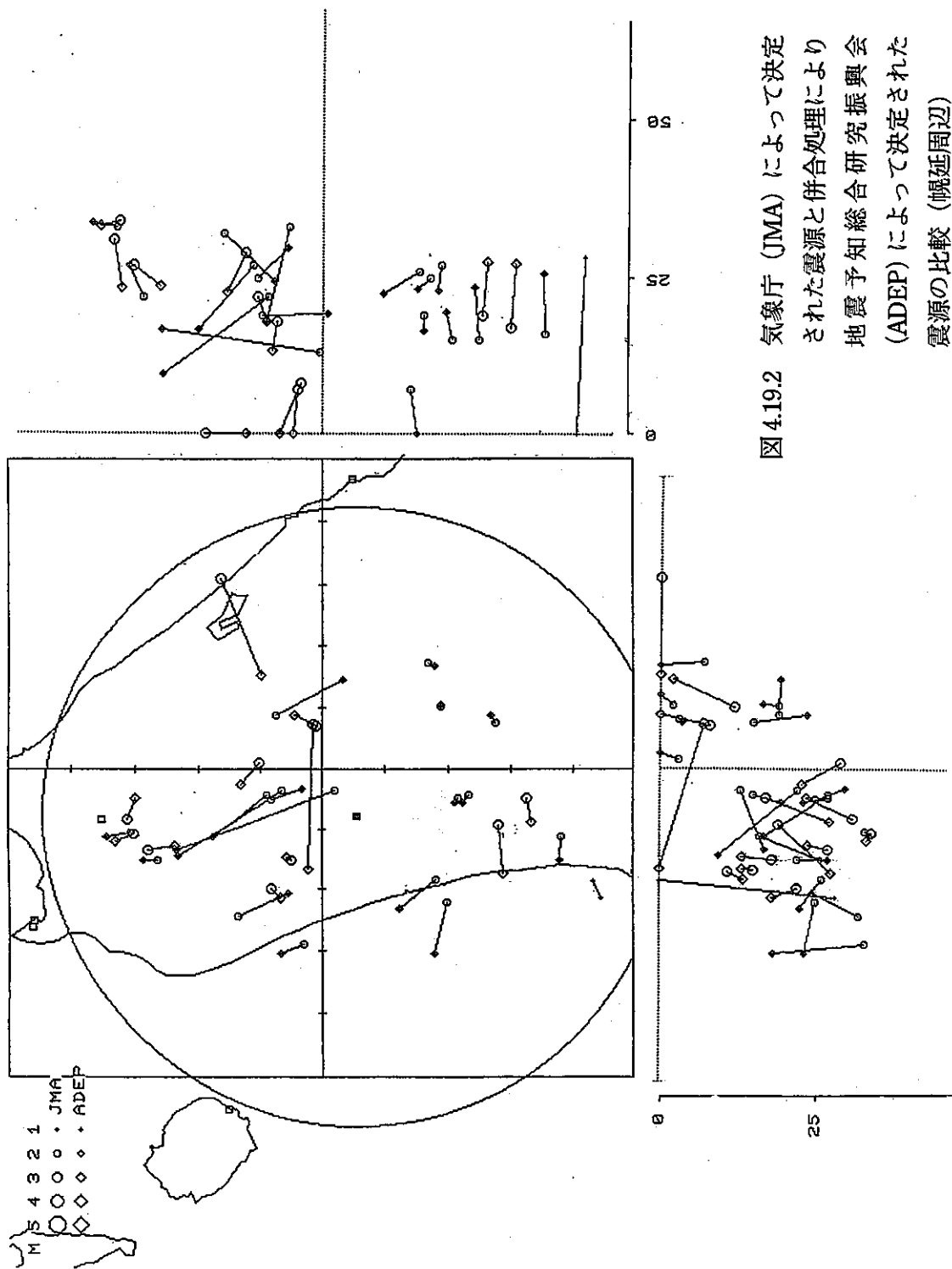


図4.19.2 気象庁 (JMA) によって決定された震源と併合処理により地震予知総合研究会 (ADEP) によって決定された震源の比較 (幌延周辺)

表 4.2.1 1989 年 11 月 4 日～18 日天塩郡天塩町更岸沖の地震の震源

ADEP:併合処理により地震予知総合
 研究振興会が決定した震源
 M : マグニチュード
 Δ : 幌延からの震央距離

年月日	時分	緯度	経度	深さ	M	Δ	
891110	558	44.83	141.72	24.7	3.6	19.7	ADEP
891110	822	44.83	141.65	22.3	3.8	24.1	ADEP

表 4.2.2 1990 年 10 月 30 日～11 月 26 日雨竜郡幌加内町添牛内付近の地震の震源

ADEP:併合処理により地震予知総合
 研究振興会が決定した震源
 JMA : 気象庁が決定した震源
 M : マグニチュード
 Δ : 幌延からの震央距離

年月日	時分	緯度	経度	深さ	M	Δ	
901111	907	44.22	142.13	2.3	3.2	83.1	ADEP
901112	1153	44.21	142.13	7.5	4.0	84.2	ADEP
901112	1234	44.22	142.15	16.2	3.5	83.4	ADEP
901113	342	44.22	142.15	17.3	3.3	83.4	ADEP
901113	349	44.21	142.13	18.2	3.1	84.2	ADEP
901113	357	44.24	142.16	2.1	2.8	81.5	ADEP
901112	405	44.273	142.132	0.0	4.6	77.4	JMA
901112	907	44.255	142.145	0.0	3.2	79.6	JMA
901112	1040	44.257	142.083	0.0	3.3	78.3	JMA
901112	2049	44.245	142.142	0.0	3.3	80.6	JMA
901113	1153	44.263	142.122	0.0	3.8	78.3	JMA
901114	342	44.282	142.133	1.0	3.3	76.4	JMA
901114	357	44.288	142.152	1.0	2.8	76.1	JMA

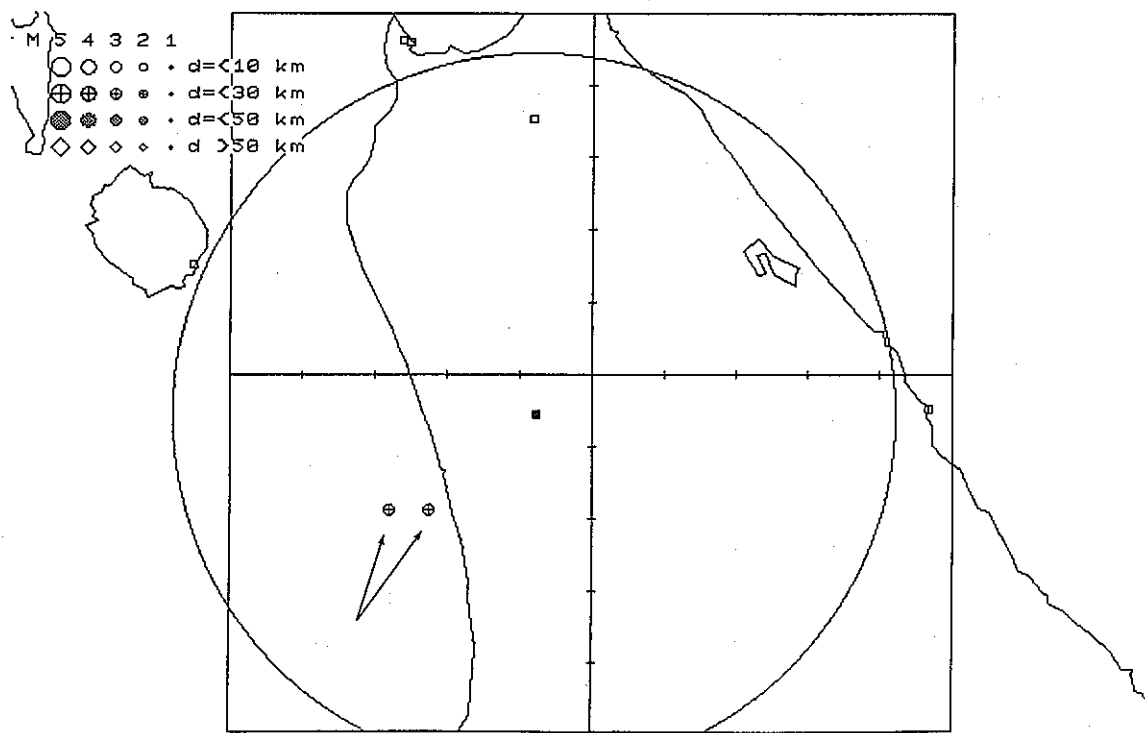
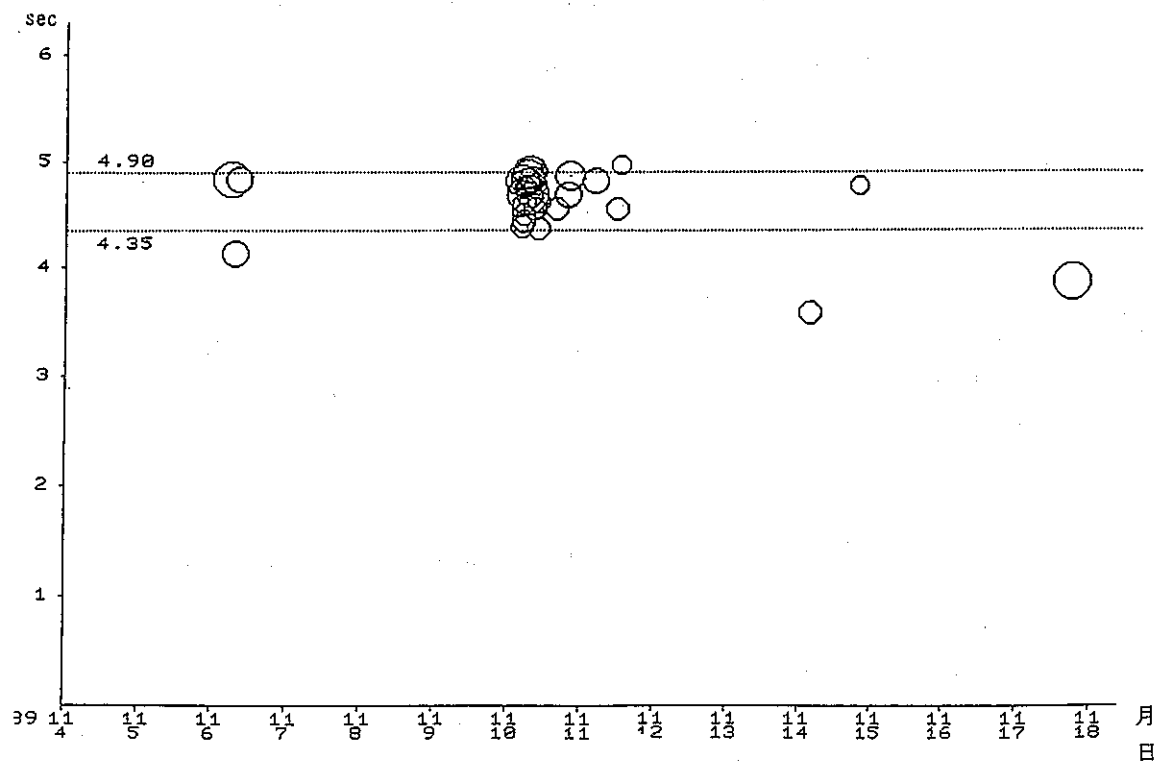
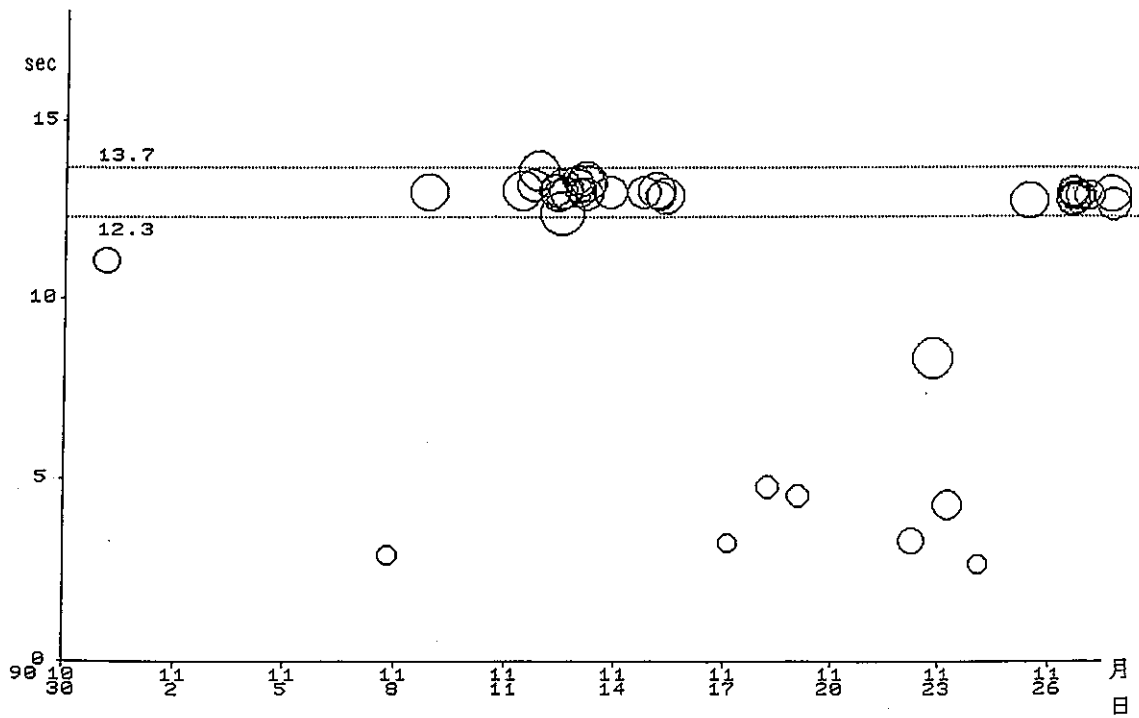


図 4.20.1 幌延周辺の地震活動の時系列（上段）と震源分布（下段）。
 （1989年11月4日～18日，天塩町更岸沖）



- M 5 4 3 2 1
- ○ ○ ○ ○ • d < 10 km
 - ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ • d < 30 km
 - ● ● ● ● • d < 50 km
 - ◇ ◇ ◇ ◇ ◇ • d > 50 km

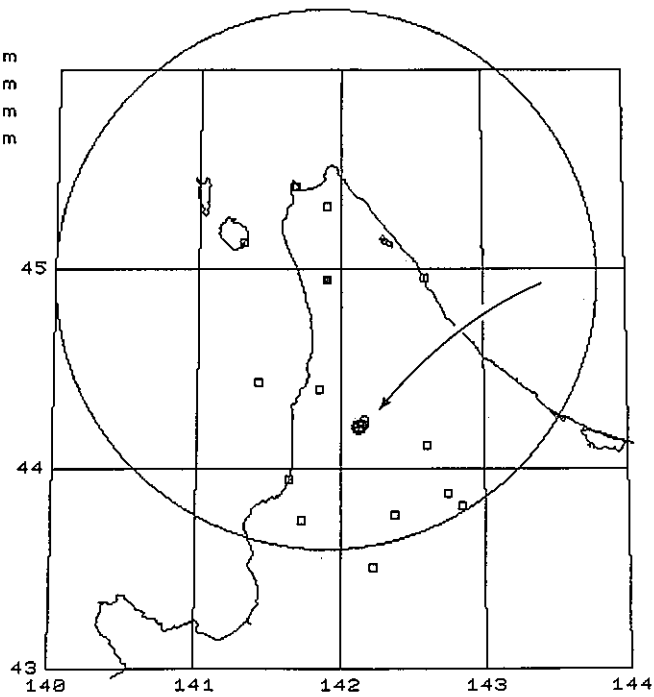


図 4.20.2 幌延周辺の地震活動時系列 (上段) と震源分布 (下段).
(1990年10月30日～11月26日, 幌加内町添牛肉付近)