HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	11. 1968年十勝沖地震の余震活動
Author(s)	岡田, 弘; OKADA, Hiromu; 本谷, 義信 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 24, 141-165
Issue Date	1970-09-18
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.24.141
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13987
Type	departmental bulletin paper
File Information	24_p141-165.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

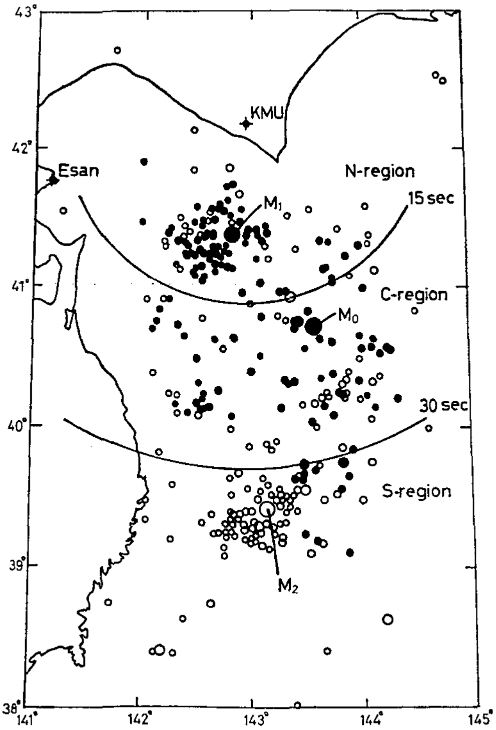
11. 1968年十勝沖地震の余震活動

岡田　弘・本谷義信*
(北海道大学理学部地球物理学教室)

—昭和45年4月受理—

I. はじめに

1968年5月16日09時50分頃襟裳岬の南方約120 km沖にマグニチュードが8に近い大地震が発生し，北海道南西部と青森県東部を中心に，地震動および津波により多大の被害を受けた。気象庁の発表では，この地震の震源は，東経143°35′，北緯40°44′，深さ0 km，$M=7.9$であり，1968年十勝沖地震と命名された。この地震については，地球物理学・地震工学などの分野で数多くの調査・研究が行なわれている[1]。北海道大学地球物理学教室では道南地方の恵山に於いて余震観測を実施した。ここでは，余震活動について，マグニチュードの比較的大きな余震は主に気象庁の資料により，さらに小さな余震は恵山および北大浦河地震観測所で得られた資料に基づき，調査した結果を述べる。また本震の周辺地域について，この地震の発生以前の地震活動についても調べた。



第1図　本震および余震の震央分布（気象庁による）浦河地震観測所に対する等 *S-P* 線も同時に示されている。

Fig. 1. Epicenters of the mainshock and aftershocks (determined by JMA)
M_0; the mainshock
M_1; the largest aftershock
M_2; the second largest aftershock

II. 比較的大きな余震の活動の特徴

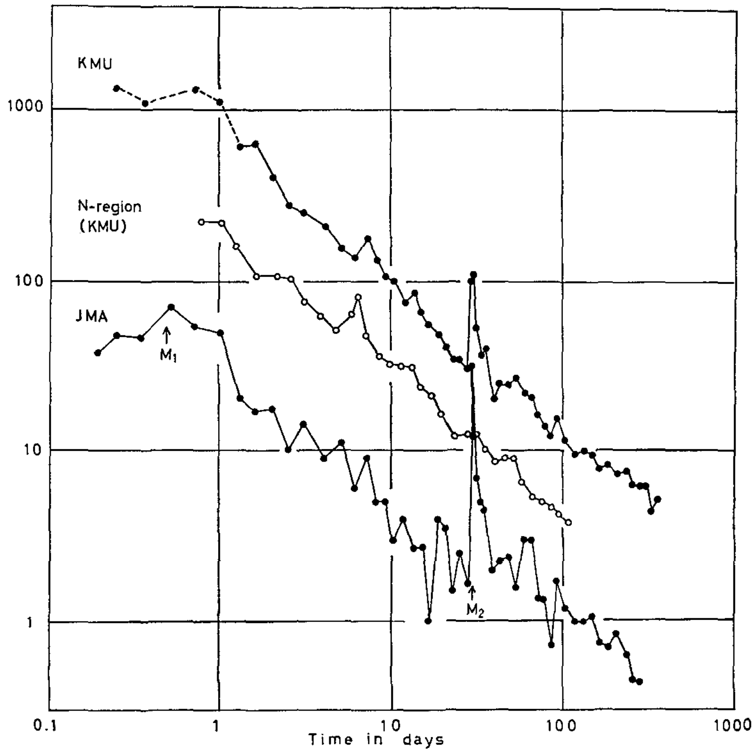
本震から7月末までの期間に，気象庁(JMA)により震源の決定された余震は323個である。その震央分布を第1図に示す。また本震からの時間に対する余震の数の減り方を

---

* 北海道大学理学部浦河地震観測所

1) 1968年十勝沖地震調査報告 (1969), 1968年十勝沖地震調査委員会, 1–847.
1968年十勝沖地震調査報告, 気象庁技術報告, **68** (1969).

示したものが第2図である。この地震による余震活動のあらましは，本震 ($M_0=7.9$) および最大余震 ($M_1=7.5$)，2番目に大きな余震 ($M_2=7.2$) により次のように述べることができる。



第2図　余震の数の減衰

Fig. 2.　Decline of the daily frequency of aftershocks.

第1期　本震より最大余震までの期間

この期間は本震に伴う余震発生が著しく，余震の記録の重複等のため JMA により震源が決定されているのは，マグニチュードが6以上の比較的大きな余震にほぼ限られ，大きな余震についての資料も必ずしも完全ではない。この期間に発生した余震のうちで JMA および米国沿岸測地局 (USCGS) のカタログに震央の記載されている地震をすべて第1表に引用した。最大余震 (No. 31) は本震 (No. 1) の約 100 km 北西よりの地点で発生した。この期間の余震域の形成および発展段階を詳しくみるために，第3図に余震発生順の番号を付け，第1表の震央をプロットした。15時37分にはこれら余震群の中では最大の余震 ($M=5.9$, No. 18) が発生したが，これ以前の余震を白丸，以後のものを黒丸で表わしてある。白丸が本震側に，黒丸が最大余震側に分布しているのが特徴的であり，本震により発生した余震群は，始めは本震のほぼ南側に位置していたが， No. 18 の余震発生を契機にしたかのように本震の北西部の活動が高まり，最大余震から第2期へ展開していったと考えることが出来る。

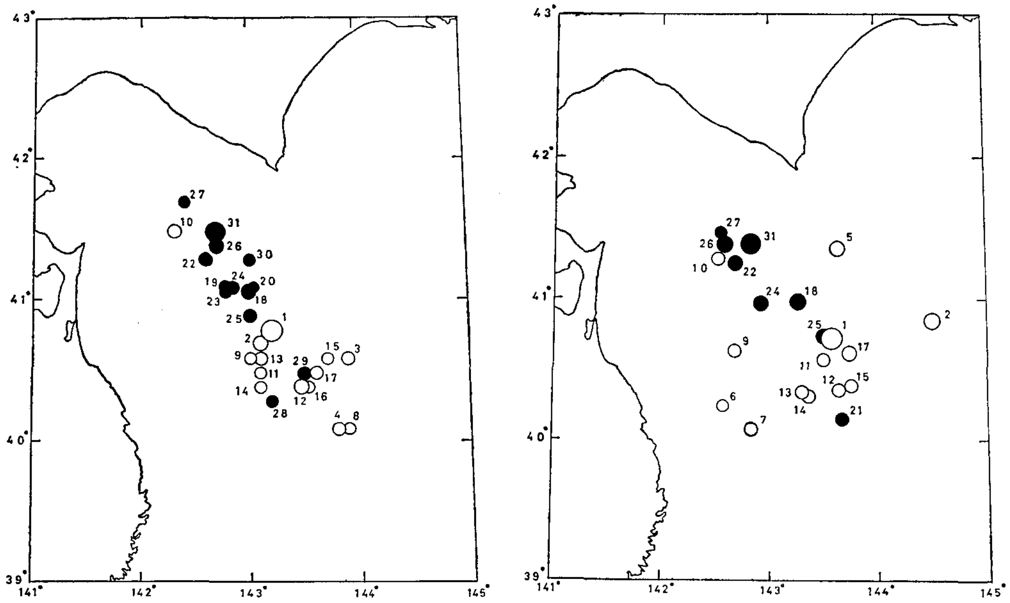
この期間の余震数の時間的変化も興味深いものである。気象庁発行の地震月報に記載され

ているすべての地震について，1時間ごとの地震数の推移を第4図に示す。また札幌管区気象台発行の北海道地震火山月報により北海道内の2ヵ所以上の気象官署から報告のある地震のうちあきらかに余震でないと思われるものをのぞいた地震の数も同時に示されている。本震から最大余震まで余震数が減少していたことは明らかであろう。第2図で最大余震発生以前の余震数が時間的に増加しているのは，震央の決定された余震だけを用いているためにすぎない。

第1表 本震から最大余震までの余震の表

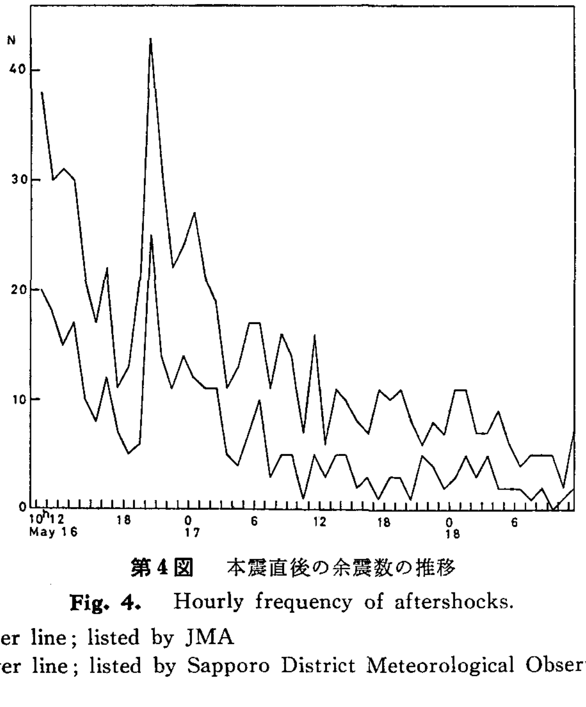
Table 1. List of mainshock and aftershocks (May 16, 09 h 49 m～19 h 39 m).

No.	Date and Time		JMA				USCGS		
		h・m	LONG	LAT	*H*	*M*	LONG	LAT	*m*
1	May 16	0949	143°35′E	40°40′N	00 km	7.9	143.2°E	40.8°N	
2		1005	144 31	40 52	80		143.1	40.7	5.7
3		1027					143.9	40.6	5.0
4		1032					143.8	40.1	5.0
5		1052	143 38	41 23	10	5.5			
6		1158	142 35	40 16	10	4.6			
7		1236	142 51	40 06	00	4.9			
8		1245					143.9	40.1	4.4
9		1316	142 42	40 39	00	4.8	143.0	40.6	4.5
10		1335	142 32	41 18	40	5.1	142.3	41.5	5.1
11		1358	143 30	40 36	50	4.8	143.1	40.5	4.4
12		1412	143 39	40 23	70		143.5	40.4	4.9
13		1415	143 18	40 22	60	5.0	143.1	40.6	4.9
14		1432	143 22	40 21	40	4.9	143.1	40.4	4.3
15		1445	143 47	40 24	50	5.2	143.7	40.6	4.6
16		1518					143.5	40.4	4.4
17		1530	143 46	40 38	00	5.4	143.6	40.5	5.2
18		1537	143 15	41 00	40	5.9	143.0	41.1	5.7
19		1551					142.8	41.1	4.3
20		1607					143.0	40.1	4.1
21		1628	143 41	40 11	40	5.1			
22		1649	142 42	41 17	10	5.5	142.6	41.3	5.1
23		1702					142.8	41.1	4.4
24		1720	142 57	40 59	40	5.3	142.8	41.1	4.8
25		1747	143 30	40 46	00	5.3	143.0	40.9	4.8
26		1758	142 36	41 24	10	5.8	142.7	41.1	5.4
27		1815	142 34	41 34	10	4.7	142.4	41.7	4.4
28		1835					143.2	40.3	4.3
29		1912					143.5	40.5	4.8
30		1936					143.0	41.3	4.4
31		1939	142 51	41 25	40	7.5	142.7	41.5	



第3図 第1表の地震の震央分布

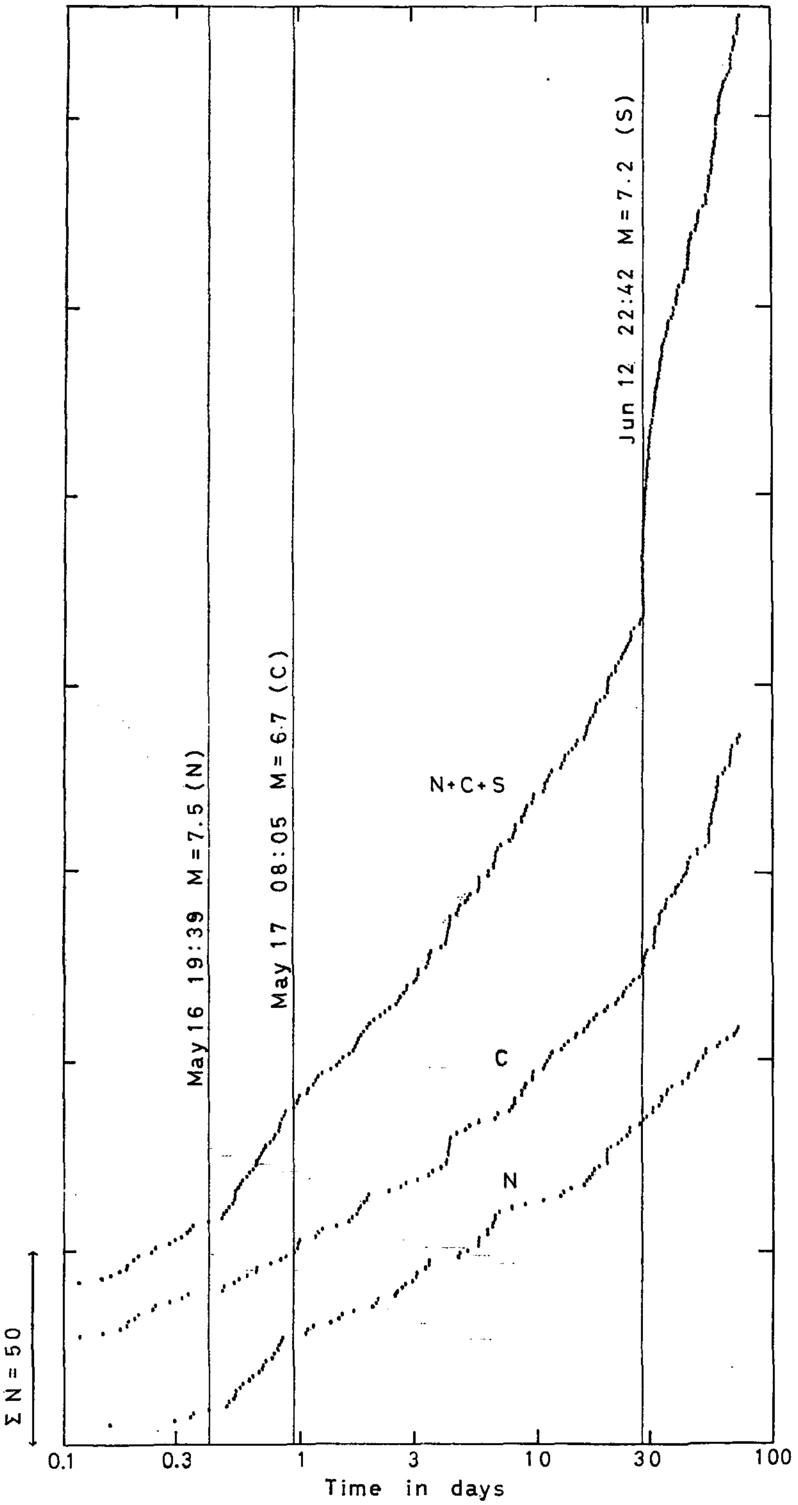
Fig. 3. Epicenters of earthquakes listed in Table 1.
right; determined by JMA
left; determined by USCGS
open circle; from No. 1 (M_0) to No. 17
solid circle; from No. 18 to No. 31 (M_1)



第4図 本震直後の余震数の推移

Fig. 4. Hourly frequency of aftershocks.

Upper line; listed by JMA
Lower line; listed by Sapporo District Meteorological Observatory



第5図 余震の数の累積頻度分布

Fig. 5. Cumulative frequency of aftershocks plotted against the time from the mainshock.

第2期　最大余震の発生より2番目に大きな余震までの期間

この期間は5月16日19時39分の最大余震に伴う余震，すなわち本震からみると二次的余震とみなせる余震群が，本震の北西約100 kmのところで，直径約60 kmのほぼ円形の範囲に集中して発生し，余震活動は全体として減少してゆく期間である。

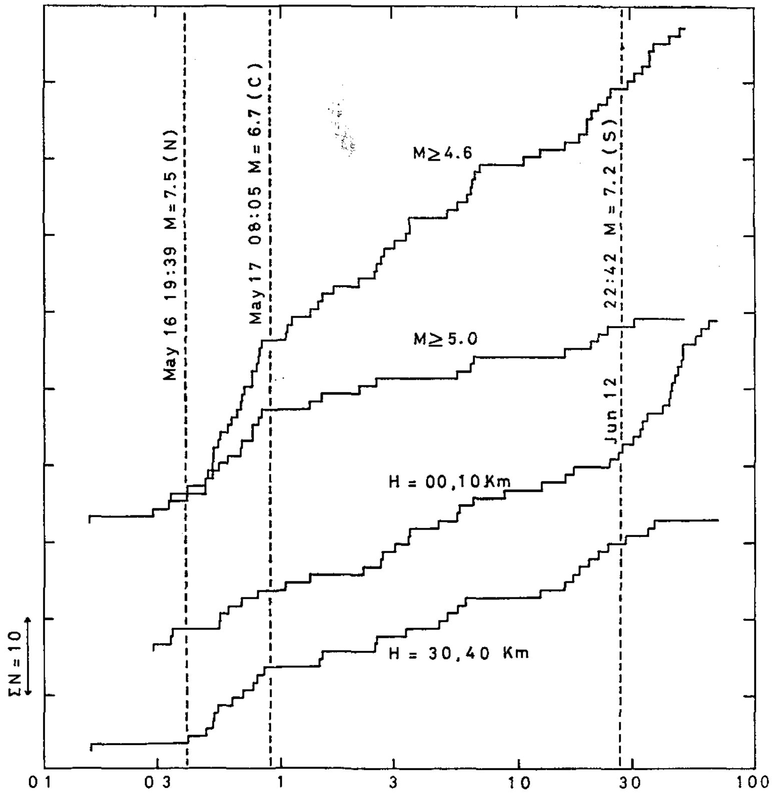
以上の第1期および第2期に発生した余震の震央は第1図では黒丸で示されている。

第3期　2番目に大きな余震以降7月末まで

6月12日22時42分に三陸海岸より約100 km沖合に $M=7.2$ の大きな地震があり，この地震を含む直径約50 kmの領域に多数の余震が集中的に発生した。この領域には第1期，第2期を通じて5月16日の本震に直接関係していると思われる余震は発生しておらず，顕著な二次的余震を伴うこの地震の発生によって，余震域が不連続的に拡大されたことがわかる。この期間の震央は第1図では白丸で示されている。

以上の余震発生過程の大まかな特徴を考慮して，第1図に示されている余震を地域的に三つのグループに分類して更に検討を加えた。グループ分けは次のように行なった。

N地域；最大余震およびその余震が集中的に発生した余震域の北側の部分



第6図　N地域の余震数の累積頻度分布

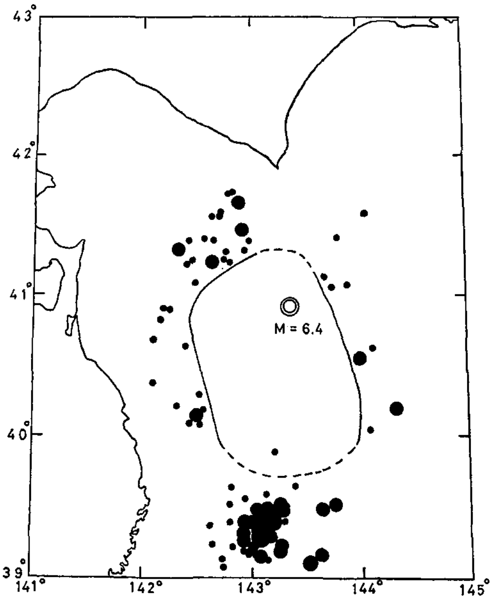
Fig. 6. Cumulative frequency of aftershocks in N-region.

C 地域；本震を含む余震域の中央の部分

S 地域；2番目に大きな余震およびその余震が集中的に発生した余震域の南側の部分

N 地域，C 地域および余震域全体について本震からの経過時間に対する余震の数の累積頻度分布を作った (第5図)。S 地域については6月12日までに発生した余震の数が少ないので省略した。前に述べた三つの期間の活動がこの累積頻度分布を特徴づけていることがわかる。N 地域では5月16日19時39分の $M=7.5$ の地震につづく第2期に不連続的に急傾斜を示しているが，C 地域では第1期第2期の累積頻度曲線はむしろなめらかに続いている。このことは N 地域の活動は $M=7.5$ の最大余震に支配されていて，それ自身独立性があり，C 地域の余震活動には大きな影響は与えていないことを意味するであろう。

第5図の累積頻度曲線で更に注目される点として5月17日08時 ($t \fallingdotseq 0.9$ 日) 頃の不連続がある。これは N 地域の曲線に著しく，活動が相対的に低下したことを示している。この部分を更に詳しく調べるために数える余震のマグニチュードの下限を指定したり，地震の深さを考慮した場合の結果を第6図に示す。これによると $t=0.9$ 日頃の不連続は非常に顕著であり，それらは主として深さ 30～40 km の余震によるものであることが示されている。このような不連続が何故起るのかは非常に興味深いことであるが，本震から1日以内のまだ余震活動度の極めて高い時期であり，資料の不完全さ等のためこれ以上の解析はむずかしい。この時点の余震域全体の活動で目立つのは，本震の約 110 km 南で発生した5月17日08時05分 ($t=0.929$ 日) の地震 ($M=6.7$) である。この地震はすでに述べたマグニチュード7以上の三つの地震に次いで4番目に大きな規模の地震であり，これら三つの地震が1968年十勝沖地震とその余震発生過程を特徴づけていることを考え合せると，この $M=6.7$ なる地震も何等かの作用を果しているかもしれない。しかし，ここでは余震域の南方でこの地震により多くのエネルギーが放出された時点に余震域の北の方で比較的深い余震の活動が相対的に低下した事を指摘するに止める。



第7図 6月1日～6月17日20時53分 ($M=6.4$) の期間の震央分布

Fig. 7. Distribution of aftershocks from June 1 to June 17, 20 h 35 m.
◎; June 17, 20 h 35 m $M=6.4$
A remarkable gap exists in the central part.

第5図では，第3期を特徴づける6月12日の $M=7.2$ の地震は C 地域の活動を幾分活発にしたが，N 地域の余震活動にはほとんど何の影響も与えていないようにみえる。しか

し第6図からはこの地震の前後でN地域の活動域が30～40 km の深さから 0～10 km の浅い所へ移動したと思われる。

6月始めから6月17日20時53分の余震 (M=6.4) が発生するまでの期間に発生した余震の震央分布を第7図に示す。余震域の中央部分に二重丸で示したかなり大きな余震が発生するまでに，少なくとも震央の決定される程度に大きな余震が発生していないことは注目すべきことであろう。

このような例が単に偶然の事象にすぎないものかどうかは，今後更に他の余震系列の解析の蓄積に待たねばならないが，今回の大地震の余震域は大きな余震とそれに伴う二次的な余震による幾つかのブロックによって形成されており，それらのブロック間の複雑な相互関係がこのような事象として現われていると考えることも出来よう。

III. 微小余震

1. 用いた資料

北海道亀田県尻岸内町恵山において5月17日より6月22日まで臨時に高感度余震観測を実施した。また北大浦河地震観測所（上杵臼）でも多数の余震が観測された。これらの資料に基づき気象庁の常時観測網で観測される余震よりも更に小さな余震について調査した。恵山および上杵臼に於ける観測の概要を第2表に示す。

第2表　観測の概要

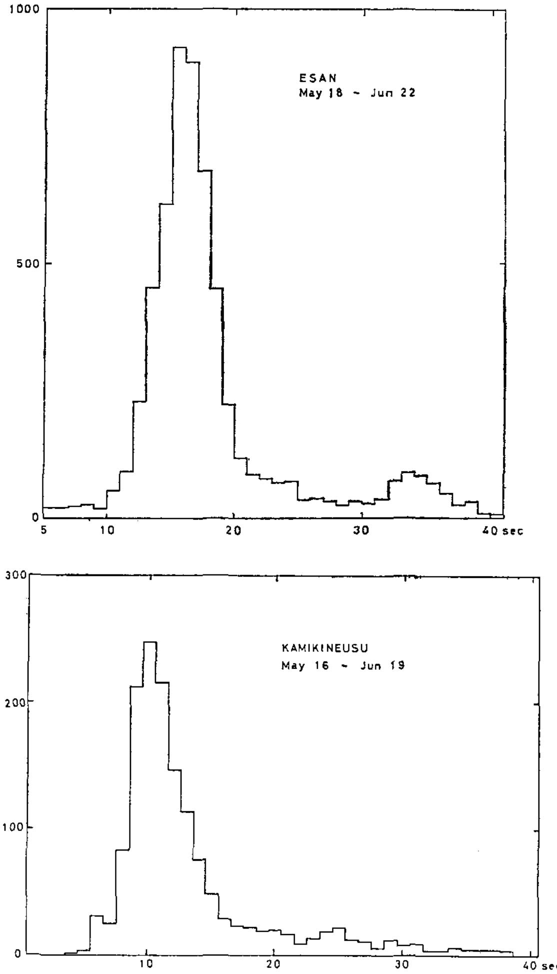
Table 2. Outline of the observation.

Station	Period	Seismometer	Recorder	Magnification
Kamikineusu, Urakawa-mati, Urakawa-gun, Hokkaido Latitude: 42° 14′ N Longitude: 142° 58′ E	Permanent	1 c/s 3-Component 1 c/s Z-Tripartite	Micro-film Data Recorder	15,000–19,000 0-4 mm/μ kine
Esan, Shirikeshinai-mati, Kameta-gun, Hokkaido Latitude: 41° 47′ N Longitude: 141° 09′ E	May 17–June 22	1 c/s 3-Component 1 c/s Z-Tripartite	Pen-recorder Data Recorder	20-40 μ kine/mm (50–70 db)

The menbers who participated in the observation at Esan are as follows (in alphabetical order): T. HIROTA, K. KAKIICHI, K. NARIGASAWA, Y. NISHIDA, H. OKADA, S. SUZUKI and T. UTSU

2. 空間分布

上杵臼における S–P 時間の頻度分布を第8図に示す。S–P 時間は大部分8～15秒の範囲におさまり，これらはN地域の余震に対応している。C地域とS地域で発生したとみられる余震は上杵臼ではS波の始まりが著るしく不明瞭な記象型である。6月12日に始まるS地域



第8図 *S*–*P* 時間の頻度分布

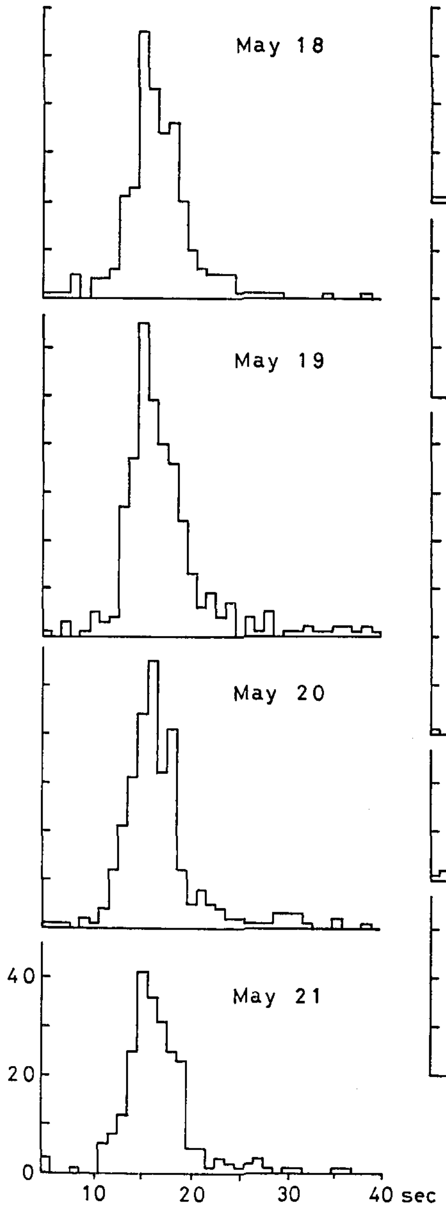
Fig. 8. Frequency distributions of *S*–*P* intervals.

での余震活動に対応する *S*–*P* 時間のところに何のピークもみられぬ理由もそのためであろう。次に恵山で得られた *S*–*P* 時間の頻度分布を第8図及び第9図に示す。12秒から19秒の間に大部分の余震が含まれているが，32秒から36秒付近のS地域の活動に対応するピークもみられる。N地域の活動に対応する分布の形は全期間を通じて極めて安定している。

恵山と上杵臼の2点 *S*–*P* 時間より大雑把な震央分布を調べた。2点の *S*–*P* 時間の差と2点のP波発震時の差の関係を利用し，対応の良いもののみを用いた。結果の一部を第10図に示す。地震は全て2点を結ぶ線の南東側とし，鷲坂–竹花の深さ40 km の *S*–*P* の表を用いている。N地域に極めてまとまった一群となって分布していることが分る。また第10図の二つの期間を比べると，始めの期間の方がよりまとまった群をなしている。

3. 大きな余震に伴う余震活動の変化

II の項で述べたようにマグニチュードが 7 を越える大余震は全余震過程を特徴づけている。更に $M=6$ 程度の地震の前後で余震活動に変化がみられたかどうかを調べるため，微小余震を先程と同様に N・C・S 地域に分けた。S–P 時間の他に上杵臼と東大地震研究所の筑波観測

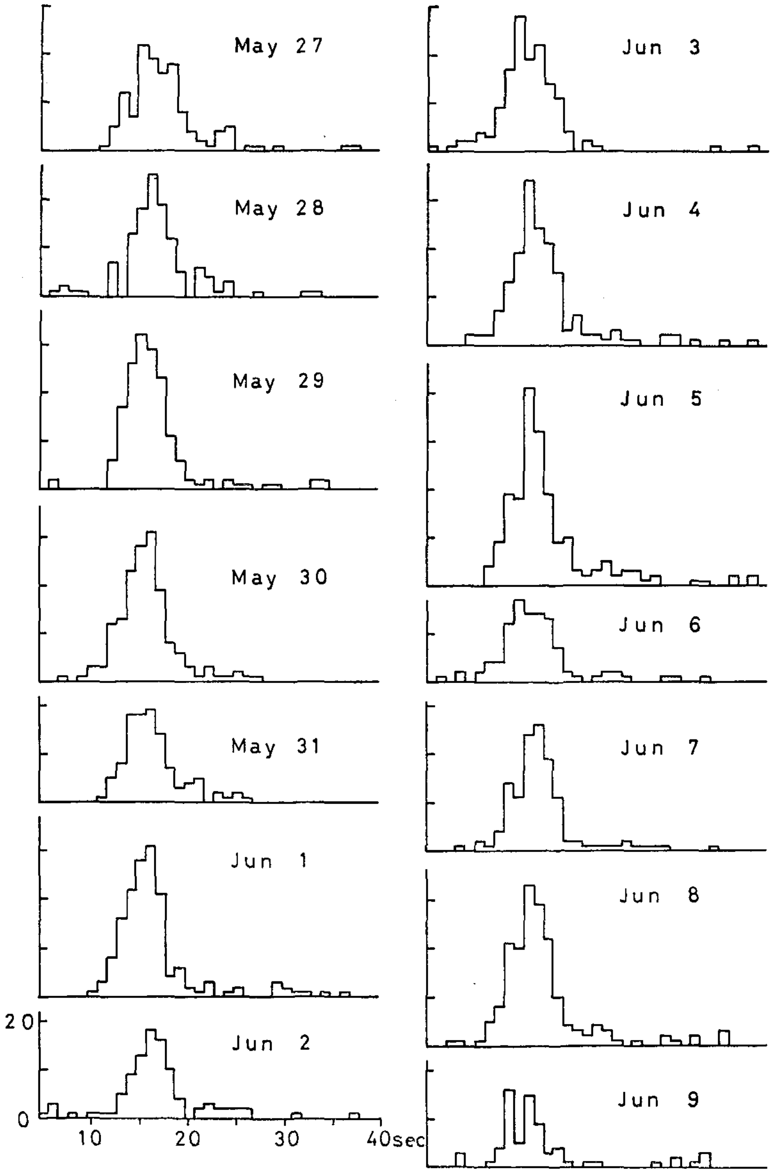


第9図 (a) 恵山における日別 S–P 頻度分布

Fig. 9 (a). Daily frequency distributions of S–P intervals at Esan.

点[2] の 2 点に於ける P 波初動時刻の差を利用した。地域分けの規準は次のとおりである。

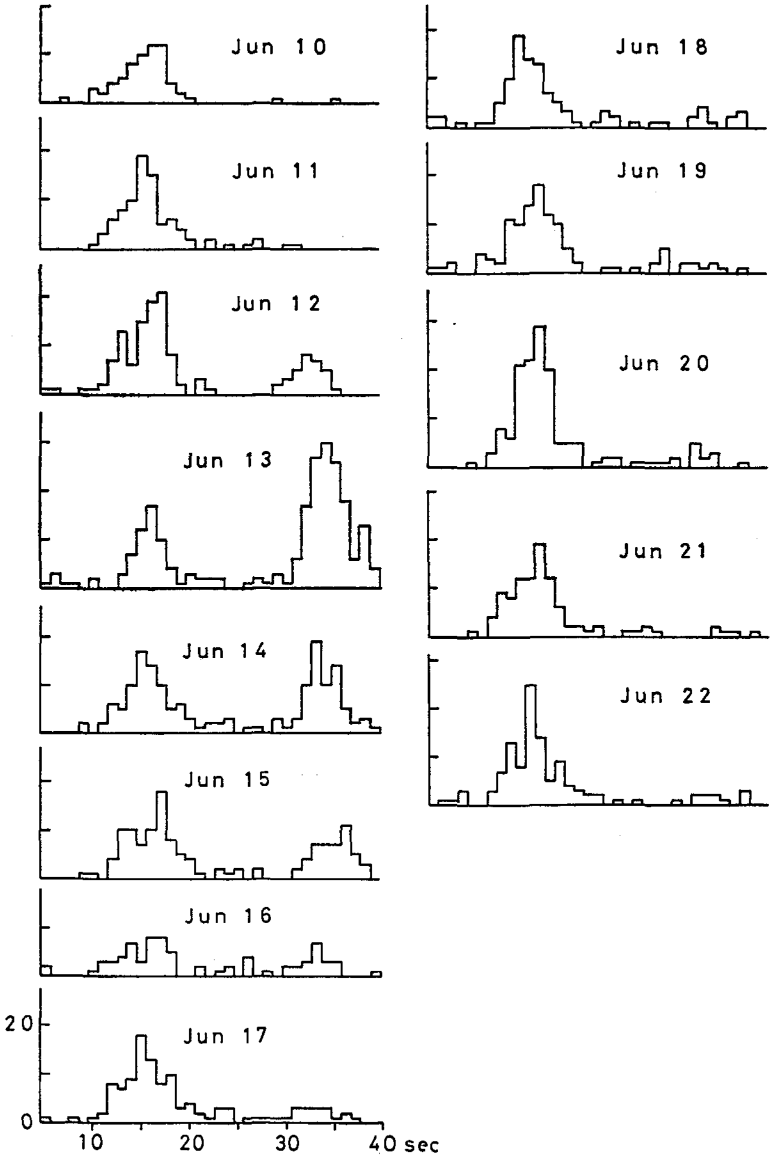
	t_p (上杵臼)$-t_p$ (筑波)	S-P 時間 (上杵臼)
N 地 域	−55～−75 秒	15 秒以下
C 地 域	−30～−55 秒	15～30 秒
S 地 域	0～−30 秒	30～45 秒



第 9 図 (b) 恵山における日別 S-P 頻度分布

Fig. 9 (b). Daily frequency distributions of S-P intervals at Esan.

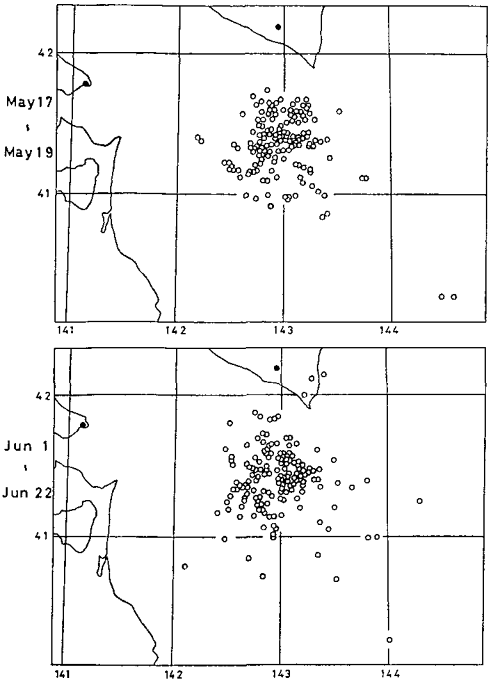
2) Preliminary Bulletin of the Dodaira Micro-earthquake Observatory and its Substation (1968).



第 9 図 (c)　恵山における日別 *S–P* 頻度分布

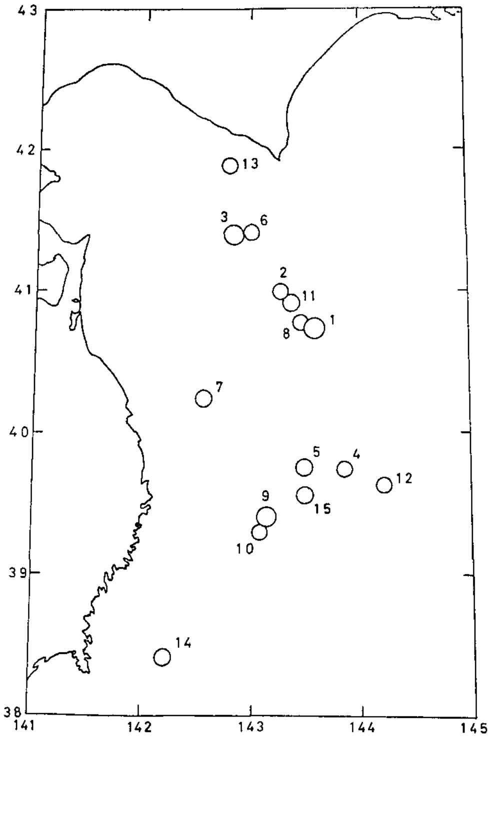
Fig. 9. (c)　Daily frequency distributions of *S–P* intervals at Esan.

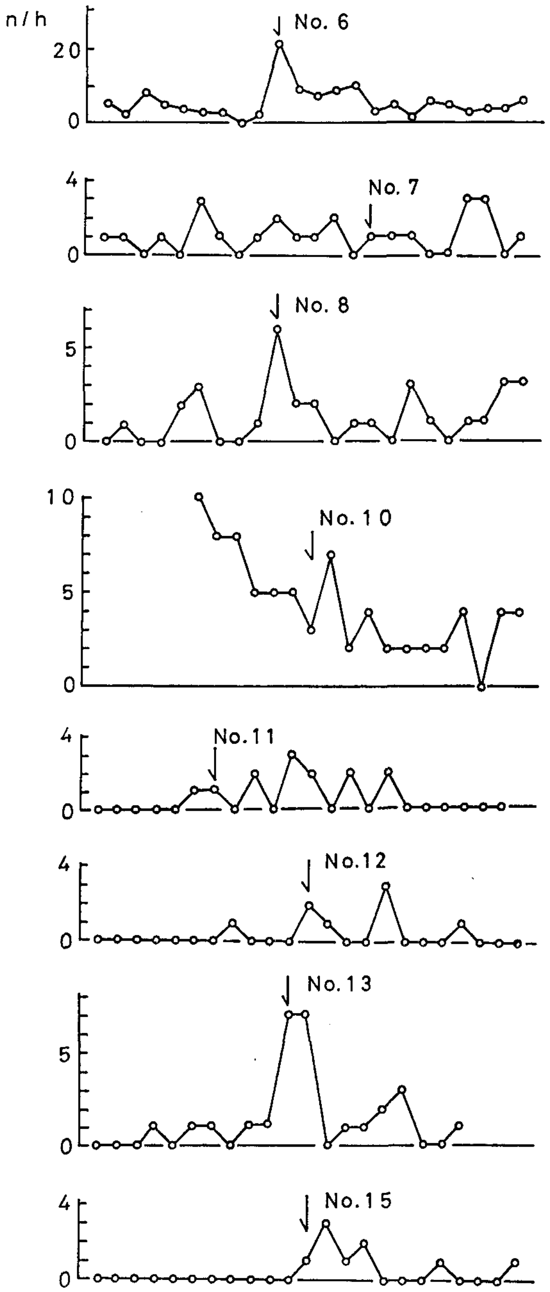
M が 6.0 以上の余震の前後の活動を調べるため，その地震が含まれる地域の 1 時間毎の余震数を調べた。結果の一部を第 11 図に示す。ここで *M* が 6.0 以下でもあきらかに変化の見られた余震二つも一緒に示されている。第 3 表に II の項の結果と共にまとめられている。またこれらの震央分布を第 12 図に示す。



第 10 図　微小余震の震央分布

Fig. 10. Distribution of epicenters of microaftershocks.





第 11 図　大きな余震前後の 1 時間毎の地震の数

Fig. 11. Hourly frequency of microaftershocks before and after large aftershocks.

第 12 図　第 3 表の地震の震央分布

⇐ **Fig. 12.** Distribution of epicenters of earthquakes listed in Table 3.

第3表 大きな余震の表

Table 3. List of large aftershocks.

No.	Date and Time (J.S.T.) 1968 h・m	LONG. E	LAT. N	H (km)	M	Remarks
1	May 19 09 49	143°35′	40°44′	00	7.9	本震 (M_0)
2	15 37	143 15	41 00	40	5.9	M_0 (No. 1) と M_1 (No. 3) の間の期間中で最も大きな余震。最大余震 (M_1) の前震群発生の契機となったと思われる。(第3図, 第1表参照)
3	19 39	142 51	41 25	40	7.5	最大余震 (M_1)。それ自身の余震を数多く伴い，顕著なほぼ円形の余震域の一ブロックを形成する。N 地域の本震と考えられる。(第1図, 第2図)
4	17 01 13	143 52	39 46	50	6.1	余震活動に特別の変化は認められない。No. 5 の近くに位置する。
5	17 08 05	143 29	39 46	30	6.7	3番目に大きな規模の余震 (M_3)。本震の約 110 km 南方に位置するが，N 地域の深さ 30~40 km の余震活動が，相対的に不連続的に低下した時に起っている。(第5図及び第6図)
6	22 19 52	143 00	41 26	50	5.9	顕著なそれ自身の余震を伴った。(第9図)
7	23 04 29	142 34	40 15	30	6.3	余震活動に特別の変化は認められない。M_0, M_1, M_2 の系列よりはずれた久慈沖に位置する。(第9図, 第10図)
8	24 23 06	143 27	40 47	40	6.2	それ自身の余震を伴った。(第9図)
9	Jun 12 22 42	143 08	39 25	00	7.2	2番目に大きな規模の余震 (M_2)。それ自身の余震を多数伴い，新しい余震ブロック (S 地域) が南方に附け加った。S 地域の地震群の本震と考えられる。(第1図, 第2図, 第5図)
10	13 06 57	143 05	39 19	40	6.1	S 地域の余震の急速な減少中であるが，それ自身の余震を伴った。(第7図)
11	17 20 53	143 22	40 56	10	6.4	それ自身の余震 (群発型) が認められる。余震域中央部の活動を再び活発化させた？ (第7図, 第9図)
12	18 03 57	144 13	38 38	40	6.0	群発型の活動が認められる。(第9図)
13	26 19 23	142 49	41 54	40	5.7	顕著なそれ自身の余震を伴った。(第9図)
14	Jul 5 20 28	142 13	38 26	50	6.4	余震活動に特別の変化はみられない。全体の余震域から南西方向にはずれた所に位置している。(第10図)
15	12 09 44	143 29	39 34	40	6.4	それ自身の余震を伴った。(第9図)

4. 微小余震のマグニチュード

余震発生過程の詳細な解析のためにはより小さな地震までの資料の完全性が望まれる。また種々の比較のためにもマグニチュードが扱いやすい。このため次の様にして微小余震のマグニチュードを決定した。

本震より1日後の5月17日09時49分から9月末日までに上杵臼で観測された記録振幅 0.5 mm 以上のものを扱った。$M=\log A_M+\alpha \log \tau_{S\text{-}P}+\gamma$ なる形の式を用い (A_M; 最大振幅, 1 c/s 上下動, 最大倍率 19,000, $\tau_{S\text{-}P}$; S–P 時間, α, γ; 定数), 気象庁のマグニチュードに一致するように最小自乗法により α, β を決め，標準偏差 (S.D.) を求めた。N 地域の余震の中には振幅が大きく S–P 時間の読み取れぬものも多く，これらに対しては $M=\log A_M+\gamma$ とした形の式で資料を補い，更に気象庁の浦河官署の振幅資料を考慮しデータの完全性を期した。$\tau_{S\text{-}P}$

第4表 α および γ の値

Table 4. Values of α and γ.

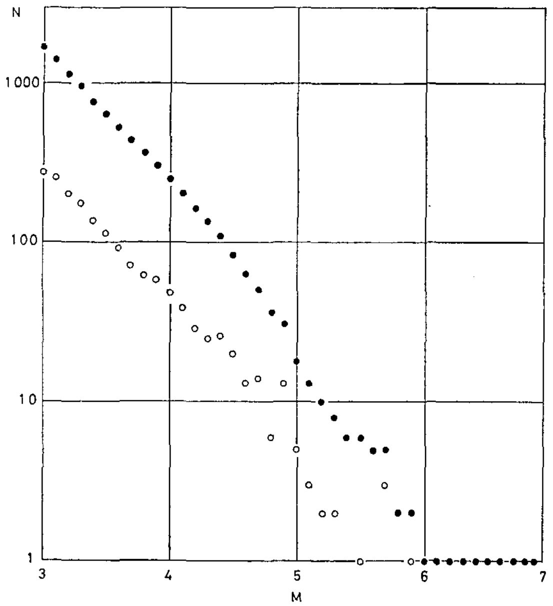
地震群		式の形	資料数 n	α	γ	標準偏差 S.D.
1968年十勝沖余震	全余震域	(1)	158	1.66	1.27	0.30
	全余震域	(2)	268	1.94	−0.88	0.25
	N 地域	(3)	71	—	3.05	0.29
本谷による	北海道内陸	(1)	22	3.32	−0.49	0.31
	北海道東方沖	(1)	36	0.77	3.02	0.35
	東北地方太平洋沖	(1)	42	1.68	2.10	0.27
	北日本全域	(1)	171	1.41	2.37	0.35
坪井による	日本とその周辺	(2)		1.73	−0.83	

(1) $M=\log A_M+\alpha\log\tau_{S\text{-}P}+\gamma$ (2) $M=\log A_M+\alpha\log\Delta+\gamma$ (3) $M=\log A_M+\gamma$

の代りに Δ(km) を用いたいわゆる坪井の式の係数および本谷が北海道付近のマグニチュードを決めた結果[3]と共に第4表に示す。

S-P時間および最大振幅の読み取れた全ての余震のうち気象庁でマグニチュードの決めた158個の資料より $\alpha=1.66$ なる値が得られた。この値は本谷が東北地方太平洋沖の地震群について得た $\alpha=1.68$ と良い一致を示している。γ の値の違いは，本谷が水平動合成振幅（最大倍率15,000）を用いたのに対し，上下動振幅（最大倍率19,000）を用いたためであろう。

こうしてマグニチュードの決められた微小余震はN地域で3,068個あるが，データの完全性を考え，$M=3.0$ 以上の1,697個の余震群について検討する。N地域の規模別度数分布および累積分布を第13図に示す。この分布の勾配の b 値を最尤法により求めると，

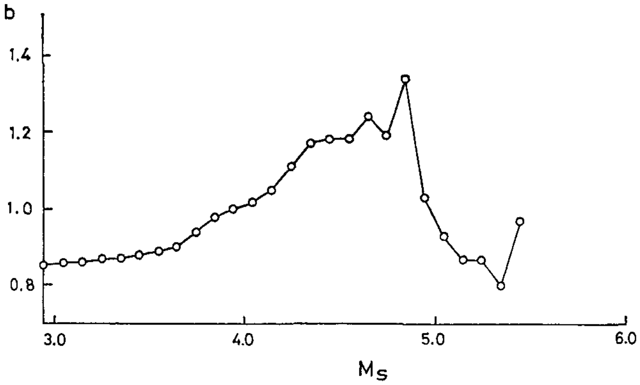


第13図 N地域の余震の規模別度数分布

Fig. 13. Magnitude distribution of aftershocks in N-region (open circles). Solid circles indicate the cumulative frequency distribution.

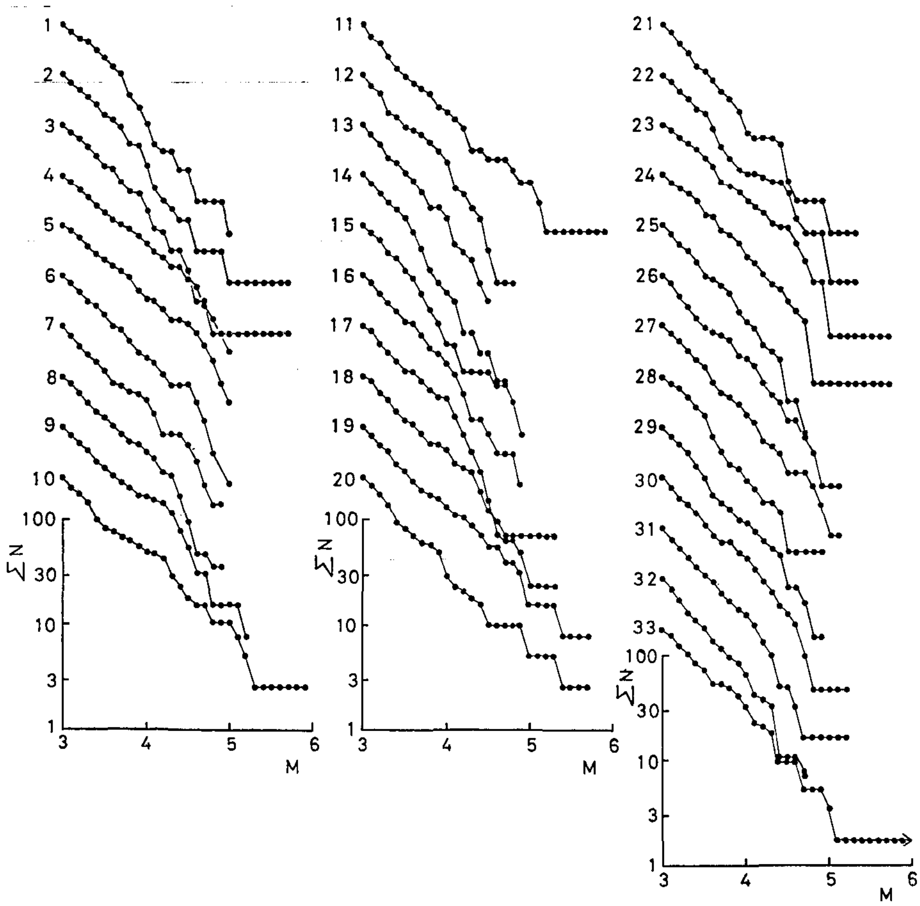
$$b=0.85 \qquad (n=1697,\ M_s=2.95,\ \text{N 地域})$$

3) 本谷義信；浦河地震観測所における地震観測 (1), 北大地球物理研究報告, **21** (1969), 39–48.



第14図　マグニチュードの下限を変化させた時の b 値

Fig. 14. b-value in Fig. 13, plotted against M_s. M_s; the smallest magnitude

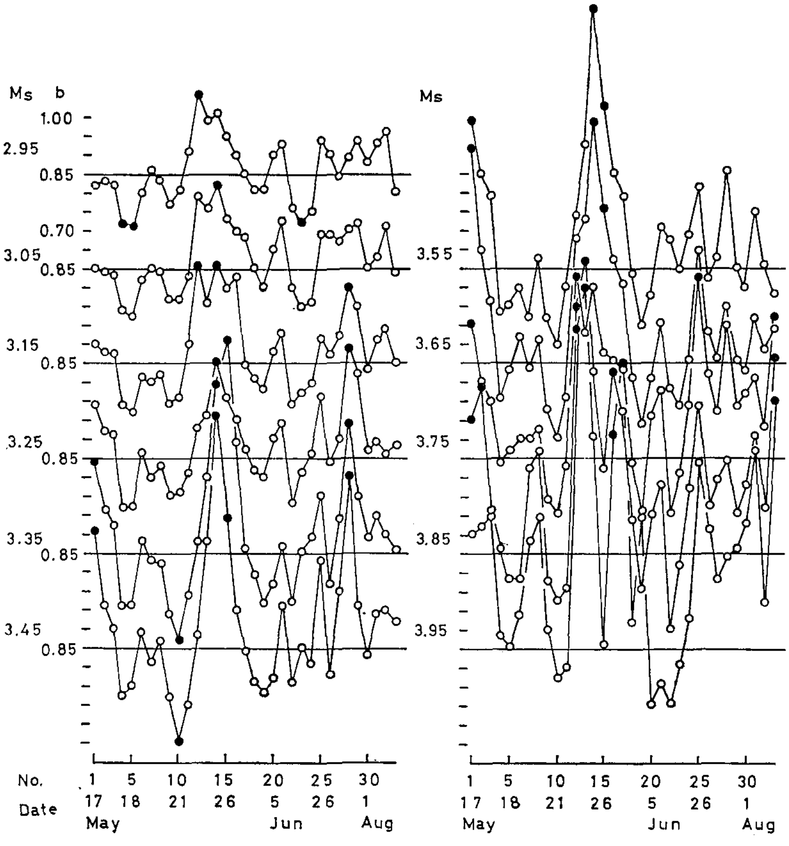


第15図　N 地域の相続く 33 群の規模別累積度数分布

Fig. 15. Cumulative frequency diagrams of magnitude in N-region for $n=100$.

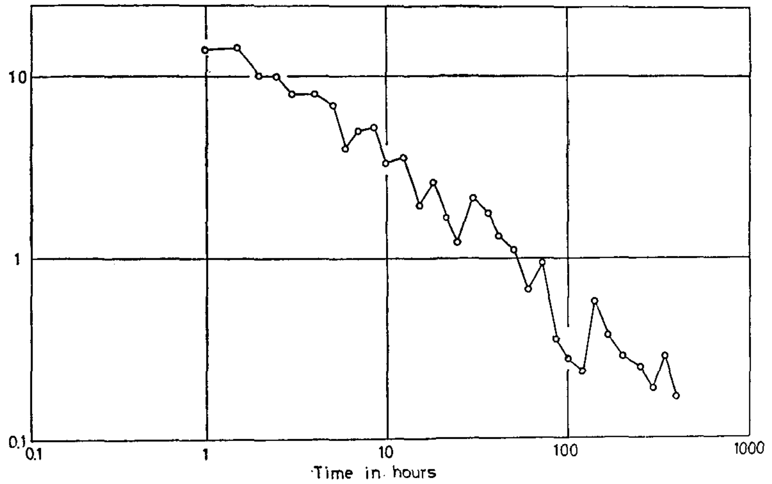
となる（ここで M_s は扱ったマグニチュードの下限で n は地震数である)。M_s をパラメーターとした時 b 値は第14図の様に変化する。M_s が2.95より4.85まで b 値が系統的に増加しているのは度数分布が上に凸の傾向を持っているためであり，M_s が4.95以上での変動は資料数の少ないこと及びこの期間の最大余震 (M=6.9, 9月22日) の影響である。マグニチュードの下限が3.7以下になると b 値は安定な値をとり0.85～0.90の範囲におさまる。

N地域における b 値の時間的変動をみるために M_s=2.95, n=1697の余震群を50個ずつずらせ相続く100個毎のグループに分けた。33グループの累積頻度分布を第15図に示す。これらの分布に特徴的なことは，M=3.0～4.0の範囲で曲線の傾向が全期間通してほぼ一様で，マグニチュードが5.0以上の地震を含むかどうかにより曲線の乱れが起っていることである。M_s を3.0より4.0まで変化させ，33グループの b 値の時間的変化の様子は第16図に示されている。母集団の b 値を0.85と考え，5%の危険率で有意の差が認められる集団は黒丸で示される。M_s=2.95の系列を見るとNo. 12が規準より大きくNo. 4, 5, 23が小さな値を示している。全体としての傾向はNo. 11 (5月23日) までは b 値は0.80程度であり，No. 12～15



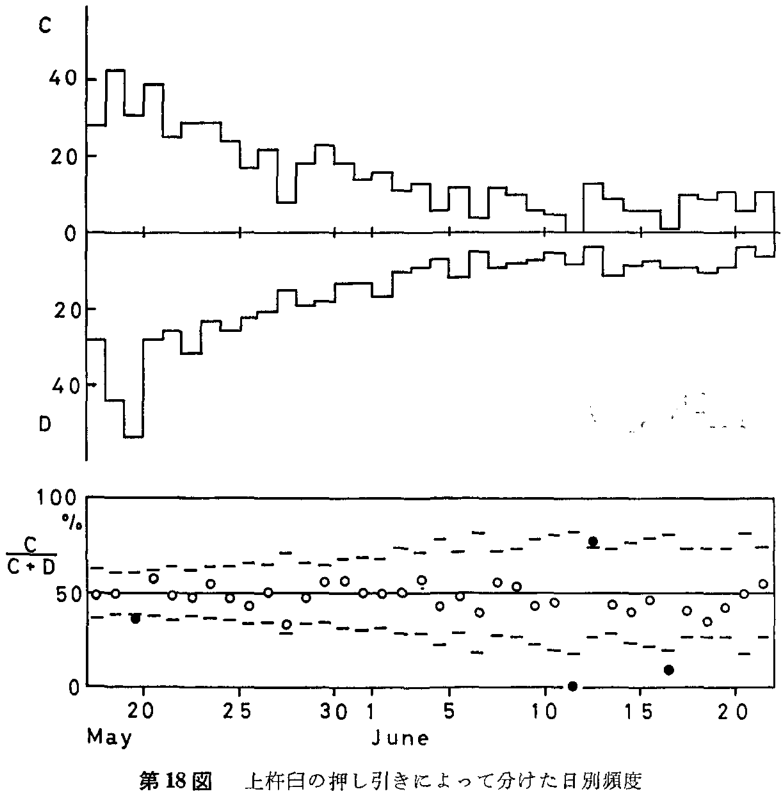
第16図 b 値の時間的な変化，M_s がパラメーターになっている。

Fig. 16. Time variation of b-value for various M_s in N-region.



第17図 S地域の余震の数の減衰曲線，$M=7.2$ の地震からの時間の対しプロットしてある。

Fig. 17. Decline of the hourly frequency of aftershocks in S-region.



第18図 上杵臼の押し引きによって分けた日別頻度

Fig. 18. Daily frequency of aftershocks classified by the directions of initial motion at Kamikineusu.

C; compression D; dilatation

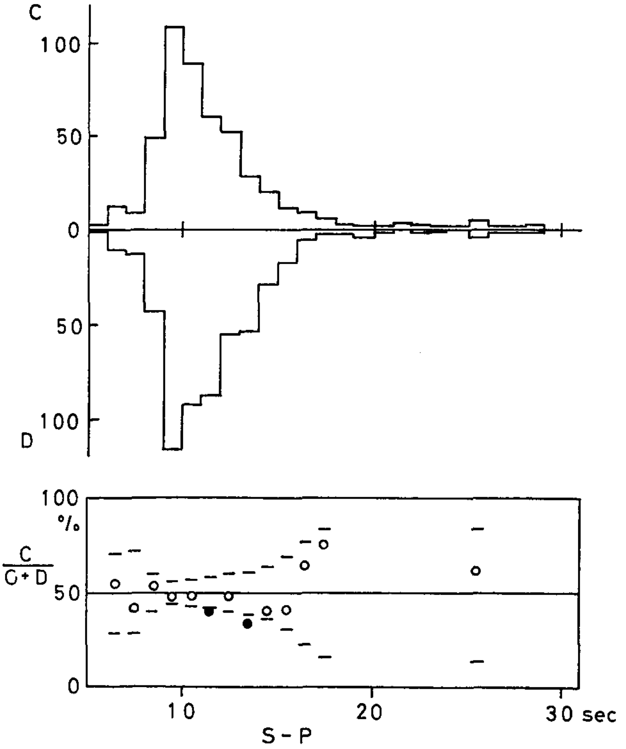
(5月23日 ~28日) で0.95~1.05と大きくなり，それ以降は平均して0.90となっているようにみえる。M_s の値を大きくすると資料数が少なくなるため b 値変動は激しくなったように見えるが，b 値の変化傾向は余り変らない。No. 12~No. 15の b 値の大きい事が共通している。この期間 $M \geqq 3.0$ なる200個の余震の中にマグニチュードが5を越えるものは一つもない。この直前の No. 10, 11のグループには $M=5.9$ なる大きな余震が含まれており，この地震は第3表で述べた No. 6の地震 (5月22日19時52分) で顕著なそれ自身の余震を伴っていた。この地震以後数日間 b 値が大きかったのかもしれない。

5. N および S 地域の余震の減り方

N地域の余震のうちマグニチュード3.0以上のものが100個起るに要する時間より換算して余震の日別頻度曲線を作った。結果は第1図に示されている。このN地域の頻度を最大余震即ちN地域の本震と考えられる地震を時間の起点としてとると，$n(t)=A/t^p$ (A, p は定数) として $t=0.5$~100日で $p=0.85$ となる。本震を原点にすると $p=0.91$ である。また上杵臼の記録中より主に S-P 時間と記象形で判断されたS地域の余震につき頻度曲線を作った。結果を第17図に示す。$t=1$~400時間で $p=0.81$ となる。これらの値はかなり小さめである。

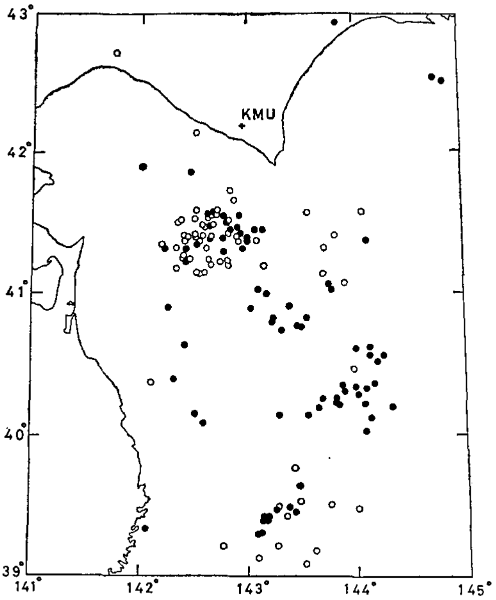
6. 余震の初動の押し引き

上杵臼で初動方向の読み取れた余震の日別頻度分布を第18図に示す。図の下半分には $C/(C+D)$ の値の時間的変化を % で表示した。$C/(C+D)$ が50% である場合の95% の信頼限界を横線で示した。この境界よりはずれている点は36点のうち4点であるが，上杵臼では押しで観測され場合と引きの場合がほぼ半々であると考えてさしつかえないだろう。次に S-P をパラメーターに取った時の分布を第19図に示す。2点下にはずれる点がある。そこでの観測数は少なくないのでN地域の余震は上杵臼で引きで観測される場合がやや多いかもしれない。次に比較のため気象庁により震源の決められている比較的大きな余震につい



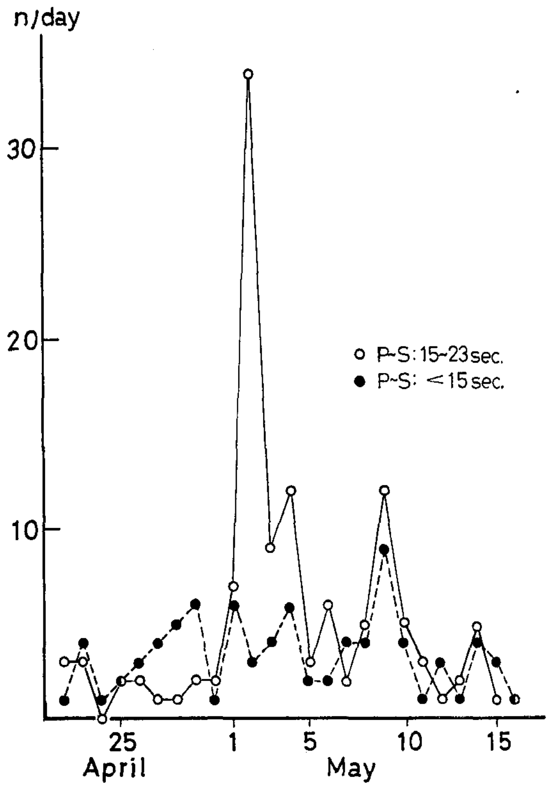
第19図 上杵臼の押し引きによって分けた S-P 分布

Fig. 19. Frequency distribution of S-P classified by the directions of initial motion at Kamikineusu.



第20図　上杵臼の押し引きによって分けた震央分布

Fig. 20. Epicenters classified by the directions of initial motion at Kamikineusu.
open circle; dilatation
solid circle; compression



第21図　本震の前1カ月間の日別頻度

Fig. 21. Daily frequency of microearthquakes at Kamikineusu before the mainshock. A remarkable foreshock sequence started on May 2.

て押し引きによって分けた震央分布を第20図に示した。N地域の群となった所には押しが21個，引きが41個ありやはり上杵臼で引きで観測される余震が多いようである。一方，C地域は圧倒的に押しの初動を与えている。S地域には数は少ないが押し引き共混在している。

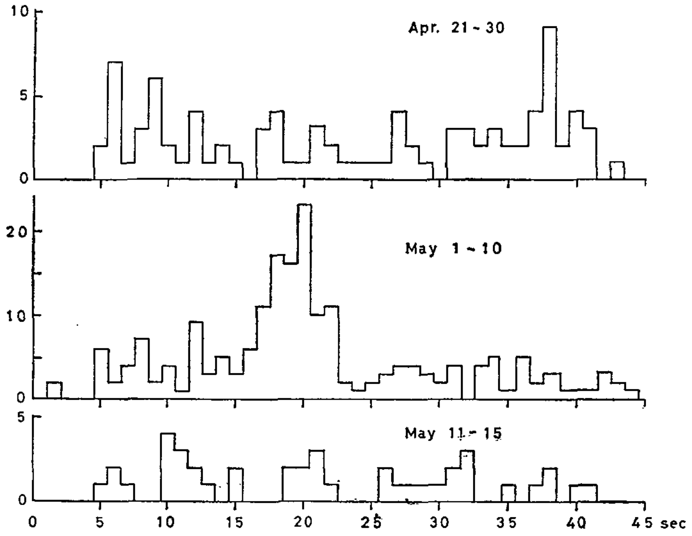
IV. 前震について

前震活動の有無を調べるために，本震の約1カ月前以降の期間について，上杵臼のフィルム記録でBulletin掲載の読み取り規準以下の小さな地震まで読み取って調べた。その結果次の2回の異常地震活動が見られた。

4月21日17時34分に三陸はるか沖に発生した地震 (38°36′N, 143°28′E, $H=60$ km, $M=5.8$) には顕著な余震活動が認められた。この余震域は1968年十勝沖地震の余震域の中に含まれず，従ってこれらが直接の前震とはみなせないと思われる。

5月2日04時13分に青森県東方沖 (40°50′N, 142°37′E, $H=40$ km, $M=5.3$) に発生した地震の後に上杵臼でS-P時間が20秒前後の地震がかなりの数観測された。これらは恐らく直接の前震と考えてまちがいないであろう。S-P時間23秒以下の地震の日別頻度を第21図に

示す。S-P 時間が 15 秒以下の地震数についてはこの期間に特に多くなっているとは思われない。南雲等[4] は三陸沖で海底地震計により観測した結果前震は浦河沖から三陸沖にかけてかなり広い範囲に発生したらしいと述べているが，その観測は5月11日から本震直前までのものであり，この期間に発生した地震をすべて前震であると考える限りでは，上杵臼における S-P 時間の頻度分布 (第22図) からもその結論は肯定される。しかし5月2日から始った主要な前震の活動域は，本震から約 70 km 離れたところに起きた M=5.3 の地震の周辺の比較的狭い範囲にあったことは間違いない。



第22図　本震前1ヵ月間の S-P 分布

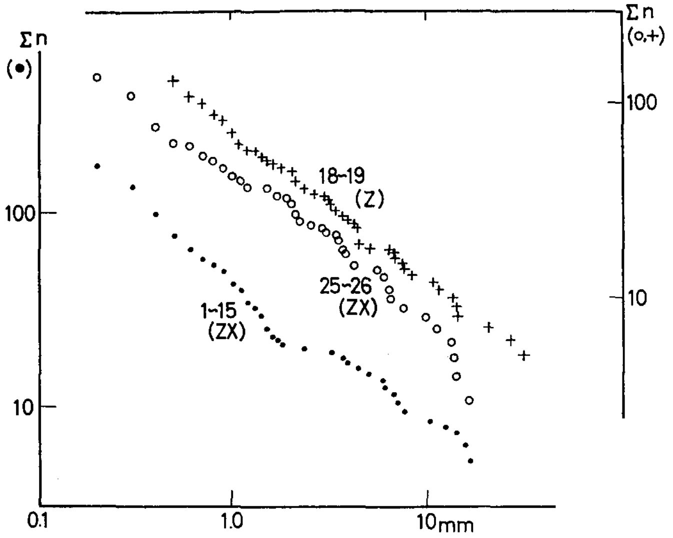
Fig. 22. Distributions of S-P intervals at different periods at Kamikineusu before the mainshock.

地震のマグニチュード分布が GUTENBERG-RICHTER の式に従い，その係数 b は前震群と余震群で異なるという考えがある[5]。ここでは b の代りに同様の意義を持つ石本・飯田の式の係数 m の値を調べた。前震群としては S-P 時間が 15～23 秒の地震をとり，余震は5月18～19日および 25～26 日の資料を用いた。結果は第23図に累積分布で示されている。前震部分で m=1.86，25～26 日の余震で m=1.78 が得られ，前後で違いはみられない。本震直後の余震の m 値についてはわからないが，前震の m の値が特に小さいことはなさそうである。

4) 南雲昭三郎・小林八平郎・是沢定之；三陸沖の海底地震計で観測された1968年十勝沖地震の前震現象，震研彙報，**46** (1968), 1355-1368.

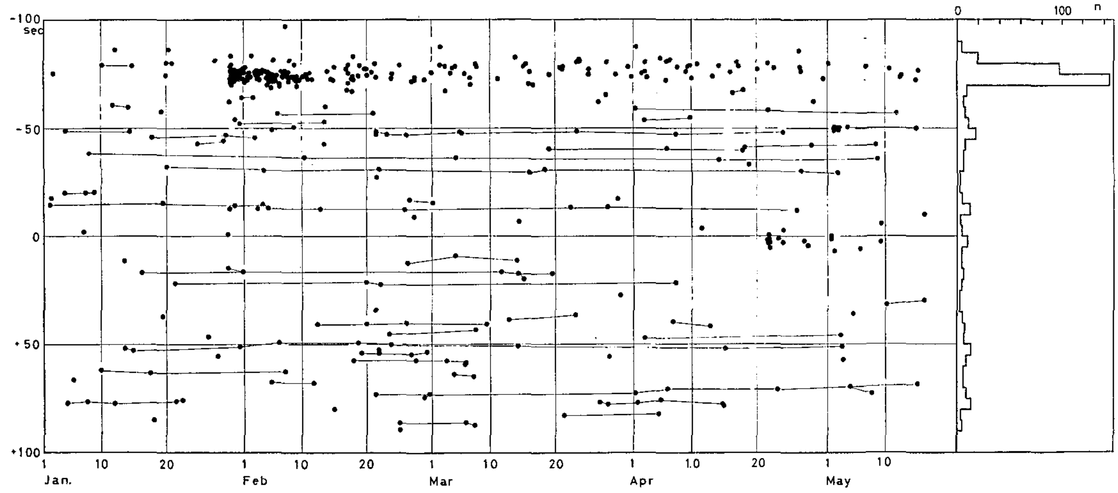
5) S. SUYEHIRO; Difference in the Relationship of Magnitude to Frequency of Occurrence between Aftershocks and Foreshocks for an Earthquake of Magnitude 5.1 in Central Japan, Papers Met. and Geophys., **20**, No. 2 (1969), 175-187.

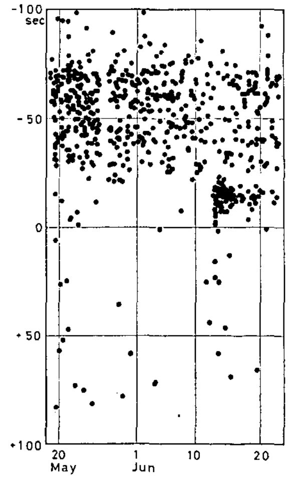
S. SUYEHIRO; Difference between aftershocks and foreshocks in the relationship of magnitude to frequency of occurrence for the Great Chilean Earthquake of 1960, Bull. Seis. Soc. Am., **56** (1966), 185-200.



第23図 前震および余震群についての最大振幅累積分布

Fig. 23. Cumulative frequency distributions of maximum amplitude for foreshocks and aftershocks at KMU.





第24図 上杵臼と筑波のP波発震時の差の分布

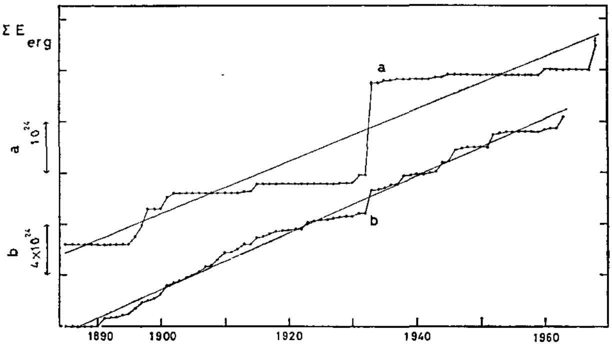
Fig. 24. Time distributions of the differrences of first arrival time at Kamikineusu and Tsukuba.

次に1968年1月以降のこの地域の活動を調べた。上杵臼と東大震研筑波観測点 (36°12′N, 140°06′E) の対応する地震のP波発震時の差を利用した。第24図に活動の推移を示した。縦軸の上下がほぼ北・南に対応する。但し ±70秒より差の大きな部分は，千島方面や本州南方沖の活動が含まれている。例えば1月29日以降の −75秒付近の活動は色丹島沖地震とその余震活動である。本震以前の活動で注目されるのは5月2日の −50秒付近のグループと4月21日の0秒を中心とする活動である。5月2日に始まるものは先に述べた前震群で時間的空間的に極めて狭い範囲に発生している。これに対し4月21日に始まる活動はかなり広い範囲に発生している。また発震時の差がほぼ一定の所に幾つかの地震が連っている傾向も認められるようである。これらは互いに横線で結んである。

余震の分布は0〜−75秒に分布している。S地域の活動に対応する部分は6月12日まではやはり空白である。震央分布ではN地域が比較的孤立した余震集中域として考えられたのに対し，この図ではNとCの両地域の違いはあまりはっきりしていない。震央分布や *S–P* 分布は観測点の分布に強く影響されるが，2点でのP波初動の差を用いるとこれらにはさまれた地域では比較的地震規模の下限がそろうためであろう。

V. 過去の地震活動

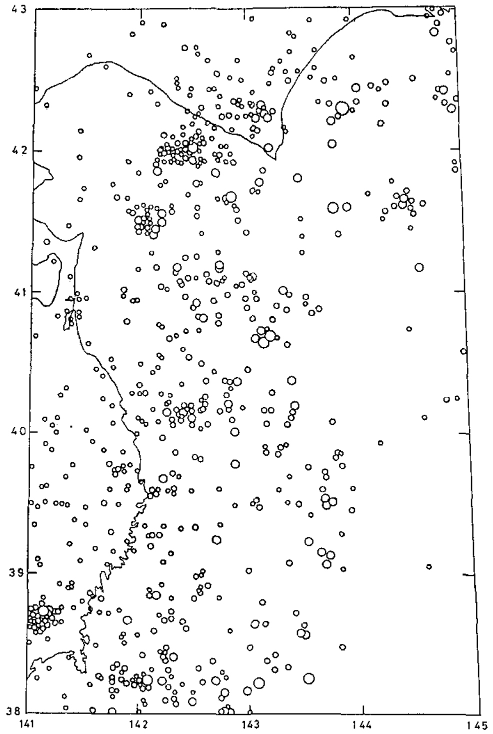
1968年十勝沖地震の余震域一帯は，過去の地震活動から見ても特に活発な地域の一つである。1855年以降に発生したマグニチュード7.0以上の地震について $\log E=1.5M+11.8$ なる式を用い，エネルギー積算曲線を作った。坪井[6]による日本およびその周辺に於ける同様の曲線と共に第25図に示す。この地域の活動は，1896年から数年にわたるマグニチュードが7.0を超える大きな地震の群発した時期・1933年の三陸沖地震 ($M=8.3$)・および今回の1968年十勝沖地震とその余震群の三つの大きなエネルギー放出期で特徴づけられる。これらの間隔は共に30余年である。年間当りの平均エネルギー放出量は 0.5×10^{23} erg/year であり，坪井による日本およびその周辺における 2.2×10^{23} erg/year と比べるとほぼ22% に達する。



第25図 エネルギーの積算放出量

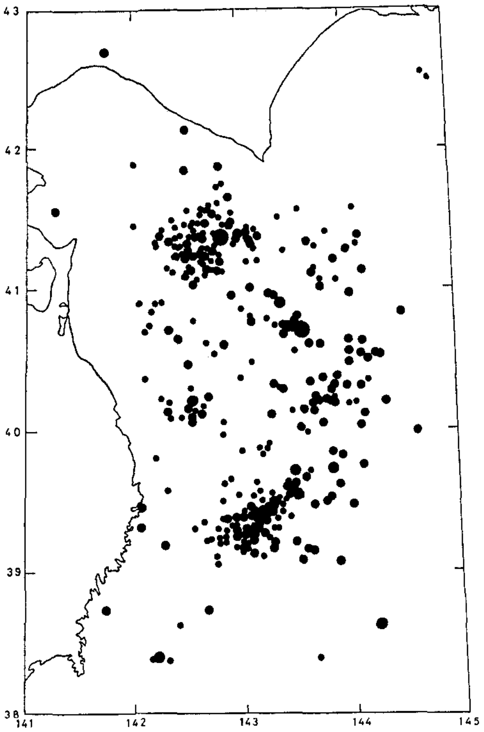
Fig. 25. Cumulative sum of energy released by earthquakes.
a; aftershock region of the TOKACHI-OKI earthquake
b; in and near Japan (after Tsuboi)

6) C. Tsuboi; Time Rate of Energy Release by Earthquakes in and near Japan, Journ. Phys. Earth, **12**, No. 2 (1964), 25–36.



第26図　1961年から本震までの全ての震央分布

Fig. 26. All earthquake epicenters located by JMA for 1961- May 15, 1968.



第27図　本震および余震の震央分布

Fig. 27. Epicenters of the mainshock and aftershocks for May-July 31. (after JMA)

次に1961年から1968年十勝沖地震までの期間に気象庁の決めた全ての震央を第26図に示す。これを本震から7月末までの余震分布（第27図）と比べてみる。本震以前の震央分布は幾つかの群ったブロック状をなしており，それらは余震域の輪郭部に位置するようにみえる。この傾向はN地域周辺で著るしい。N地域は従来地震活動の明瞭な境界として取り扱われていた。過去の地震活動の空白部を埋めるように大地震とその余震群が発生した例はこれまでにも幾つか報告されている[7]。

VI. む　す　び

1968年5月16日09時50分頃襟裳岬南方約120kmに発生した1968年十勝沖地震とその余震群について調査した。5月16日19時39分の最大余震および6月12日22時42分の2番目に大きな余震はそれ自身の多数の余震を伴いそれによって余震域の拡大をなした。マグニチュードが6程度の余震もそれ自身の余震を伴うものが多く認められた。これらの二次的余震は

7) 井上宇胤；新潟地震前における震央付近および隣接地域の地震活動について，験震時報，**29** (1965), 139-144.
宇津徳治；北海道およびその周辺の地震活動，北大地球物理研究報告，**20** (1968), 51-75.

新たなブロックを形成する顕著なものや，余震域を幾つかの地域に分けて始めて検出される程度の限られた狭い地域で起っているものがあり，全余震過程はこれら大小ブロックで発生した単純な余震系列の重ね合せと考えることができる[8)]。また本震から最大余震までの余震活動の移動の様子や，南方に大きな余震の起った時，北のブロックのある深さの余震活動に変化を与えたと思われる事等は，幾つかのブロック間の複雑な相互関係を反映しているものと考えられる。

11. Aftershock Sequence of the TOKACHI-OKI Earthquake of 1968

By Hiromu OKADA
(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)
and
Yoshinobu MOTOYA
(Urakawa Seismological Observatory, Faculty of Science, Hokkaido University)

A large earthquake with magnitude 7.9 occurred off the south coast of Hokkaido on May 16, 1968. Numerous aftershocks accompanied this earthquake. For observing microaftershocks a temporary station was set up at Esan, the Oshima Peninsula, southern Hokkaido. The data at Esan were investigated together with the data recorded by sensitive seismographs at the Urakawa Seismological Observatory, Hokkaido University. Data on large aftershocks supplied mainly from the Seismological Bulletin of the Japan Meteorological Agency were also referred to.

The largest aftershock (M=7.5) of May 16 and the second largest one (M=7.2) of June 12, which were accompanied by many aftershocks of their own activated new seismic blocks and thus enlarged the aftershock region. Moreover, it was shown that aftershocks with magnitude larger than 6 were mostly followed by secondary aftershock sequences. A main feature of the aftershock activity is the multiple occurrence of rather simple aftershock sequences. The rate of the occurrence of aftershock activity in the northern block showed appreciable changes at the time of two large aftershocks (M=6.7 and 7.2) which occurred about 200 km south of this block. These phenomena may reflect the complicated mutual relation between blocks.

A remarkable foreshock sequence was observed 15 days prior to the mainshock.

8) 宇津徳治；地震の時間的分布に関する諸問題（その 3），北大地球物理研究報告，**23** (1969)，49–71.
T. UTSU; Aftershocks and Earthquake Statistics (I), J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VII, **3**, No. 3 (1969), 117–195.