



Title	4. 浦河地震観測所における地震観測 (I)
Author(s)	本谷, 義信; MOTOYA, Yoshinobu
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 22, 39-48
Issue Date	1969-08-30
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.22.39
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13962
Type	departmental bulletin paper
File Information	22_p39-48.pdf



4. 浦河地震観測所における地震観測 (I)

本谷 義信

(北海道大学理学部浦河地震観測所)

— 昭和44年4月受理 —

I. はじめに

地震予知研究年次計画にもとづいて1965年より全国各地方に微小地震観測所の建設が始められ、北海道においても浦河郡浦河町上杵臼に北海道大学理学部附属浦河地震観測所が1966年度開設され、1967年3月建設工事を完了し、同年7月より連続観測を開始した。

この観測所の目的は北海道周辺の地震活動の監視をし、地震予知研究に有効な資料を得ることにあるが、すでに1968年十勝沖地震の前震・余震を含めて、数多くの地震が観測されている。

この観測所の地点名については、浦河という地名はすでに浦河測候所の地震観測に対して用いられているので、これとの混同を避けるために上杵臼 (Kamikineusu, 国際コード KMU) としている。

観測所の観測結果は、Bulletin of the Urakawa Seismological Observatory として発行し、また別に国際地震センター (ISC) にも資料の送付をしている。

観測所の位置、観測装置、倍率等についてはこの Bulletin に記載されている。高感度の観測をするには土地の雑微動が小さくしなければならないが、地震計は先白亜紀の硬質細粒砂岩の上に設置され、短周期雑微動の振幅は通常 $5 \mu\text{kine}$ 以下で、良好な地震記録が得られている。

以下では、Bulletin にのっている地震のうちで $S-P$ 時間が1分以内の地震について整理した結果についてのべる。これらは福島県沖から北、エトロフ島付近までの範囲の地震である。

II. マグニチュードの決定

地震について調べるときその大きさ、マグニチュード M は基本的な量の1つであるが、ここでは上杵臼の資料からこれを求めることを試みた。

1) 坪井の式を上杵臼で用いること

日本では坪井の式

$$M = 1.73 \log A + \log A - 0.83 \quad (1)$$

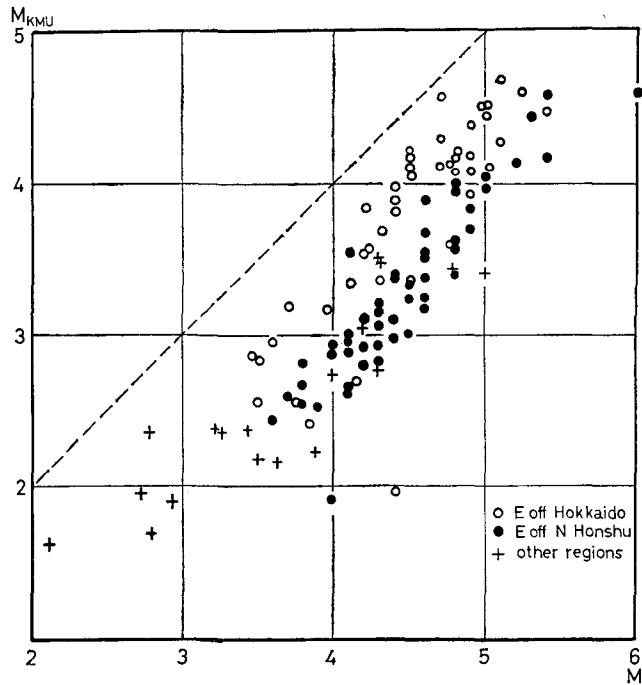
(A は地動の水平成分の合成最大振幅 μ , A は震央距離 km)

により気象庁がきめたマグニチュードが標準的なものとされているので、まず上杵臼でもこの

式を使った場合について調べておくことにした。

1967年7月から1968年8月の間に気象庁(JMA)からマグニチュード M_{JMA} が発表されている地震で、上杵臼(KMU)の振幅値を使用出来る地震125個について、(1)式により計算したマグニチュード M_{KMU} を M_{JMA} と比較した。この中には M が4以下の地震はほとんどないので、資料を「北海道地震火山月報」からとり、札幌管区気象台(SMO)で震央が発表されている地震について(1)式により計算したマグニチュード M_{SMO} を使って、 M の小さい範囲を補足した。

M_{KMU} の方が規準として採用したマグニチュード M_{JMA} , M_{SMO} より小さいことは第1図を一見して明らかであるが、両者の差を ΔM とすると、三陸沖方向の地震については ΔM は約1であるのに対して、エトロフ沖方向の地震については ΔM は約0.5となっている。 ΔM と震央距離との間には明白な関係は認められなかったので、この差異には上杵臼に対する震央の方位が関係していると考えられる。



第1図 M_{KMU} と規準とした M との比較

Fig. 1. Comparison of M_{KMU} with the standard M .

第1図の結果からは、(1)式の定数項0.83を震央の方位に従って1.8および1.3におきかえて用いれば M_{JMA} に一致するマグニチュードを求め得ることがわかる。しかし、この式には震央距離 Δ が含まれており、これからマグニチュードを求めようとする小さい地震では震央は決定されていないので、 Δ に対応するものとして $S-P$ 時間を用いることを考えた。

第1表 $M_{S-P} = \alpha \log(S-P) + \log A_H + \gamma$ の係数

Table 1. Values of α and γ

震 央	資料数 n	α	γ	$\overline{\Delta M}$	標準偏差 S.D.
北海道内陸	22	3.32	-0.49	0.00	0.308
北海道東方沖	36	0.77	3.02	-0.02	0.350
東北地方太平洋岸	42	1.68	2.10	-0.04	0.270
(1968十勝沖余震)	64	1.50	2.36	0.00	0.266
北日本全域	171	1.41	2.37	-0.02	(0.353)

$$\overline{\Delta M} = \sum (M_{S-P} - M_{JMA}) / n, \text{ S.D.} = \sqrt{\sum (\Delta M)^2 / (n-1)}$$

2) 地動最大振幅と $S-P$ 時間よりマグニチュードを
 チュードを求めること

坪井の式にならってマグニチュードを

$$M_{S-P} = \alpha \log(S-P) + \log A + \gamma$$

(A は地動振幅で μ 単位,

$S-P$ 時間は sec 単位)

と仮定して、 M_{JMA} , M_{SMO} に一致するような M_{S-P} が得られるように最小2乗法で係数 α と γ を決定した。 A として地動の水平動合成振幅値 A_H を用いた場合の結果を第1表に示す。坪井の式を用いた場合から震央方位により結果に差のあることが予想されたので、震央グループ別にも計算してある。

つぎに上杵臼では3成分用地震計のほか
 に上下動成分だけさらに高倍率の地震計 (略称 ZX) が動作しているので、Bulletin にはの
 らない小さい地震についてもマグニチュード
 を求めることを考慮に入れて A として上下
 動地動振幅 A_Z を使う場合の計算をした。こ
 こでは使った資料にかたよりのないようにす
 るため、なるべく広い範囲にわたる M_{JMA} を
 用い、経緯度 $10' \times 10'$ に大体1個ずつの地震
 95個を採用した。これらの地震の震央を第2
 図に示す。こうして次の式が得られた。

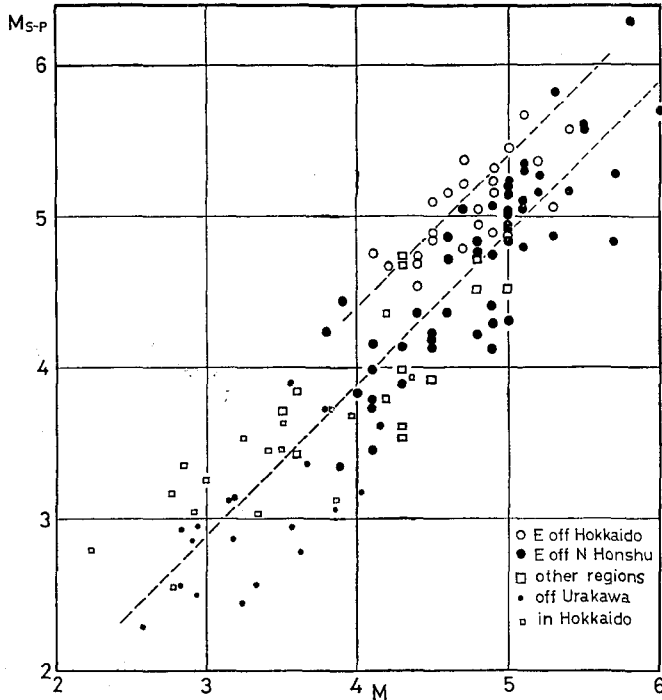


第2図 (2)式を作る時使用した地震の震央分布
 震央の符号は第3図と対応している

Fig. 2. Distribution of epicenters used in
 calculating the coefficient of Eq. 2.
 Marks are the same as in Fig. 3.

$$M_{S-P} = 1.75 \log(S-P) + \log A_z + 2.03 \quad (2)$$

この式による M_{S-P} と M_{JMA} との比較を第3図に示す。両者は大体一致しているが、この結果についても震央方位による違いがみられ、両者の差を ΔM とするとき、三陸沖方向について $\overline{\Delta M} = -0.110$ 、エトロフ沖方向について $\overline{\Delta M} = +0.385$ となる。



第3図 M_{S-P} と規準とした M との比較

Fig. 3. Comparison of M_{S-P} with the standard M .

以上のようにして求められるマグニチュード M_{S-P} の精度については、震央グループ別に考えればやや良くなるとしても、 ± 0.3 位と思われる。とくに、エトロフ沖方向については今回用いた地震は大部分が1968年1月29日の色丹島沖地震 ($M=6.9$) の余震であり、今後これ以外の資料が集まるのを待ってさらに検討する必要がある。

3) さらに小さい地震のマグニチュード

いままでは主として M が4以上の地震について考えてきたが、実際に求めたいのはもっと小さい地震のマグニチュードである。(2)式による ΔM は M が4~5.5の範囲では M に対して系統的な傾向は認められないので、(2)式がそのまま小さい地震にも適用されるかどうかを検討した。マグニチュードが4以下では対比されるべき M_{JMA} は求められていないので、さきに計算した M_{SMO} と M_{S-P} を比較した。これらの地震は大部分が北海道内陸の極浅発地震である。また、浦河沖に余震を伴う地震が何回か発生したので、これらの余震について浦河測候

所の資料を整理してマグニチュード M_{URA} を求めて、これと M_{S-P} とを比較した。これらの結果も第3図と一緒に示してあるが、北海道内陸の極浅発地震では M_{S-P} は概して大きく、浦河沖の地震では小さく求まっているように見える。しかし、ここで規準とした M_{SMO} , M_{URA} の方にも問題があり、 M の小さい方の点も全体としては、大きい方の地震から予想される範囲に入っているので、(2)式は M が 2.5 位までは使ってもよいであろう。

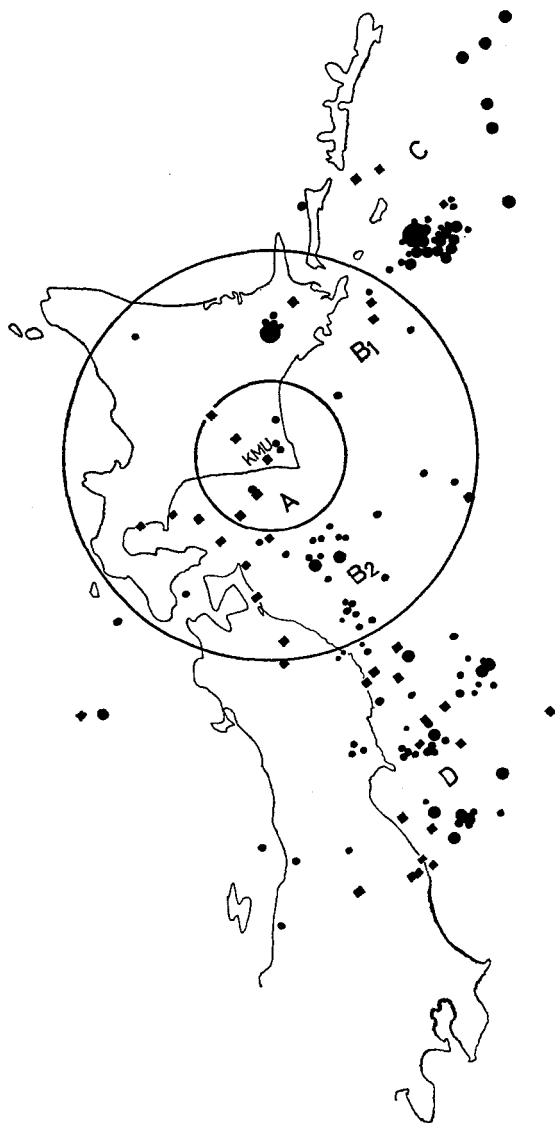
なお、1969年3月10日に上杵臼より距離12kmの地点で薬量2.3tonの採石発破が行なわれ、これによる地震動が記録されその M_{S-P} は 2.0 であった。一方大爆破グループによる薬量2tonの倉吉爆破の M が 2.0 とされている¹⁾ から、今回の発破の M もこの程度のものと考えれば、 M_{S-P} はよく M を推定していることになる。

III. マグニチュードの度数分布

1967年7月に観測が開始されてから1968年十勝沖地震が発生するまでの期間の地震を、 $S-P$ 時間によって第4図に示す4つの地区に分けてマグニチュード別の頻度を調べた。第4図にはこの期間中に気象庁で震央の発表された地震も書き込んである。マグニチュードは震央の方位を考慮して、C地区では(2)式の定数項 2.03 を 1.65 に、それ以外の地区では 2.14 に変えた式で計算した。各地区についてマグニチュードが M 以上の地震の数 N を M に対してプロットしたものを第5図に示す。

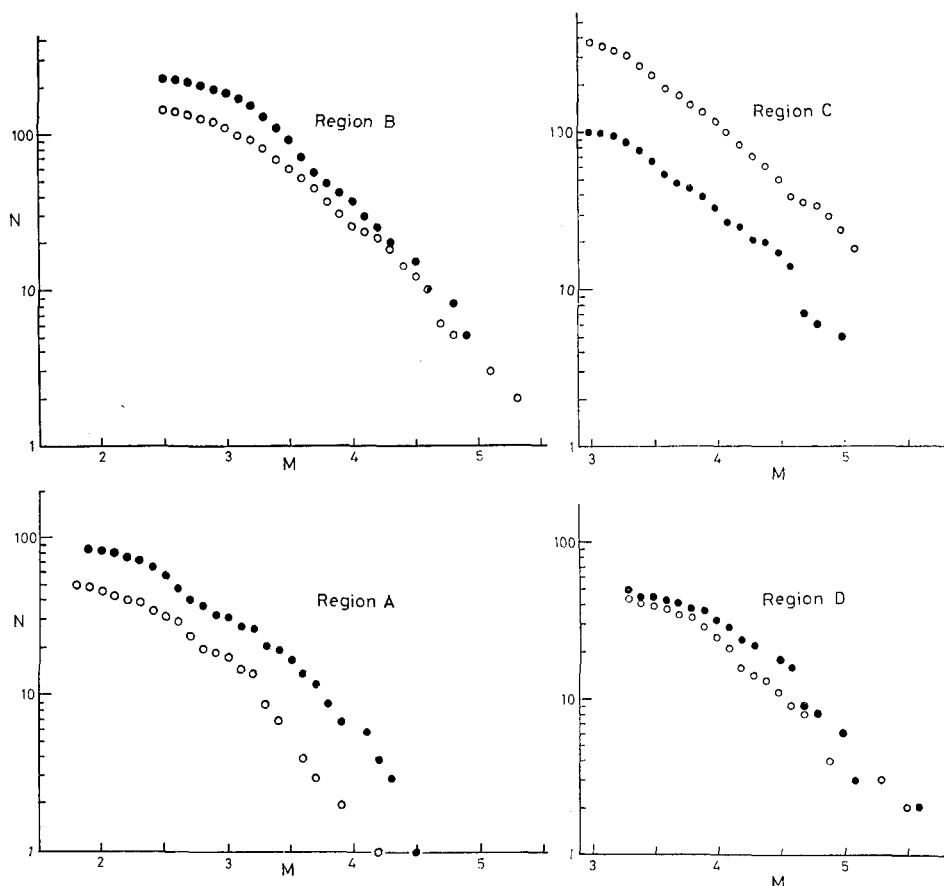
- 1) A地区。 $S-P$ 時間が10秒以内の地震

マグニチュードの分布は



第4図 調査区域分けと気象庁による震央分布
 Fig. 4. Division of areas investigated with epicenters located by JMA during July 1, 1967-May 15, 1968

1) 村松郁榮; Magnitude の定義式について, 地震 (2), 17 (1964), 210-221.



第5図 マグニチュードの累積度数分布

● July-Dec., 1967, ○ Jan.-May 15, 1968.

Fig. 5. Magnitude-cumulative frequency relations.

$$\log N = a - bM \quad (3)$$

で表わされることが一般には認められているが、A地区では M が 3.3 付近で折れまがりが見られる。1967, 68 年を合せた資料について M が 3.3 以上では $b = 0.93$ となるが、 M が 2.3~3.2 の範囲では勾配 0.56 の直線があてはめられる。1967 年にくらべて 68 年の地震活動は全体的に低下しているが、とくに M の大きい方で地震発生回数が少なく、グラフの折れまがりは顕著である。1968 年 12 月 25 日の浦河沖の地震 ($M=5.6$) の余震群について、上下動高倍率地震計 ZX による最大振幅の度数分布を調べたところ、 M が 1.4~2.9 に相当する範囲で石本・飯田の式の係数 m の値として 1.5 が得られた²⁾。よく知られているように、 $m-1=b$ が成り立つとすれば $b=0.5$ となる。このことも考えれば、第 5 図で M が 2.2 以下で地震の数が少なくなっているのは観測もれによるものであろうが、 M が 2.3~3.2 の範囲で $b=0.56$ という小さな値が得

2) 本谷義信；北大地球物理学教室第 43 回談話会で発表。

られたのはデータの不完全さによるものとは思われない。北海道周辺の地震のマグニチュード度数分布については宇津の調査³⁾があり、この A 地区は宇津の I' 地区にほぼ相当し、 $M 5.0$ 以上の地震について $b=0.92$ が得られている。今回調べた期間中で最大の地震は $M 4.5$ であり大きい地震の数が充分とはいえないが、 $M 3.3$ 以上について得られた値 $b=0.93$ はこれとよく一致している。

2) B 地区。S-P 時間が 10~30 秒の地震

M が 3.2 以上の地震はもれなく観測されているものと考えられ、1967, 68 年とも $b=0.79$ が得られた。ここでは 1967 年 11 月 4 日に弟子屈付近で $M 6.5$ の地震があり、その余震約 30 個は含まれているが、震源が決定されていて深さが 100 km より深い地震は除いてある。弟子屈付近で過去何回か発生した地震群については広田の調査⁴⁾があり、いずれの場合にも b の値として 0.76 を得ている。また 1968 年十勝沖地震はこの地区で起きたが、その前震群、余震群について M が 1.7~3.5 に相当する範囲について $m=1.7$ が得られている⁵⁾ ので、 b の値に変化はなかったものと思われる。

3) S-P 時間が 30~60 秒の地震

これについてはエトロフ沖方向 C 地区の地震と宮城・福島沖 D 地区の地震とに分けて考えた。震源が決定されていない地震を C と D に分けることは、堂平微小地震観測所の資料を参考にするによってほとんど完全に行なわれた。1968 年の C 地区の地震はそのほとんどが色丹島沖地震の余震である。C では $M 3.3$ 位まで直線性は良いのに D では M が 4 以下では観測もれがあるようであるが、このことはこの期間には C 地区では S-P 時間が 50~60 秒の地震がほとんど起きていないことにもよるらしい。 M が 4.0 以上について b の値は C では 1967, 68 年とも 0.64, D では 67, 68 年合せて 0.78 である。

日本周辺の M が 6 より大きい地震については $b=1.0$ が標準的な値とされているが、A 以外の各地区では b の値としてこれよりやや小さい値が得られた。このことは、A 地区で M が 3.3 付近で折れまがりが見られたように、他の地区でも M が 4~6 の範囲で b の値が変っていることを思わせるが、もっと長い期間にわたる観測が続けられ、その間に M の大きい地震が適当な数だけ起きればはっきりするであろう。宇津が指摘している³⁾ ように M の分布が (3) 式だけでは M の広い範囲については充分ではない場合もあるようである。

IV. 地震活動

今回の調査期間は 1968 年十勝沖地震の前のほぼ 1 年間にあたるので、この期間の地震活動について調べておくことは重要である。

3) 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.

4) 広田知保; 弟子屈周辺の地震活動 (1926~1968), 北大地球物理学研究報告, 22 (1969), 49-72.

5) 本谷義信; 地震学会 1968 年春季講演会で発表.

マグニチュード度数分布の結果を考
えて、各地区別に10日間毎の地震の数の
変動を第6図に示す。

A 地区では M が 2.3 以上の地震の
回数は、1968 年 1 月迄は減少し、その後
やや増加し 3 月末から再び少なくなっ
ている。 M が 4.0 以上の地震の発生時も図
に示してあるが、1967 年 11 月 16 日
から 68 年 5 月 5 日までの間には 1 回も起
きていない。またはっきりした余震を伴う
地震はなかった。

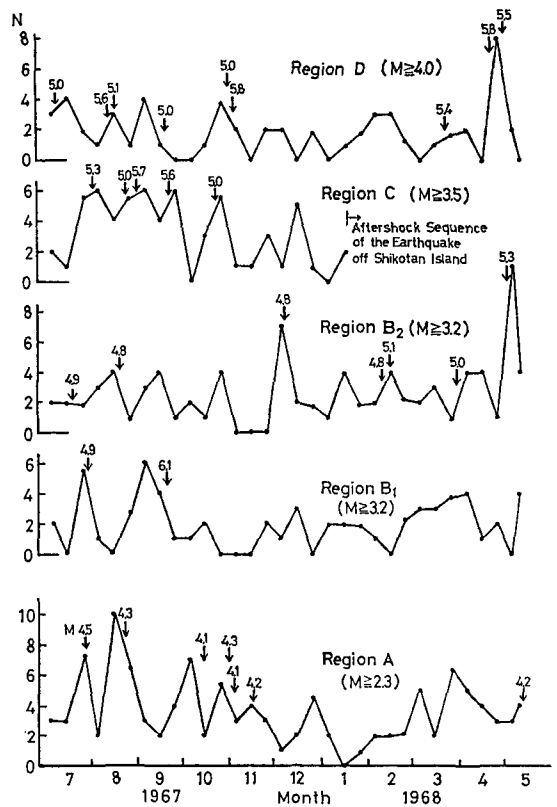
B 地区はすでにわかっている震央分
布からはこの地区を釧路沖 B_1 と青森県
東方沖 B_2 とに分けることが望ましいが、
 M 3.2 以上の地震についてはこのことは
可能であった。

この期間中 B_1 地区では大きい地震
はほとんど発生していない。1967 年 7 月
末と 9 月の初めにやや地震が多かった
が、それ以後は翌年 2 月末まで平静で、
A 地区と同じく 3 月から 4 月に地震回数
がやや多くなっている。弟子屈地震とその余震はこの地区に含めていない。

B_2 地区は 1968 年十勝沖地震の本震が含まれる所である。1967 年 12 月 6 日に本震より
50 km 離れた所で M 4.8 の地震があり、何個か余震もあったと思われるが、この地震以後この
地区の地震活動がやや活発になったようである。この地震までは、地震回数はどちらかといえ
ば減少の傾向にあり、10 日間毎の平均地震回数は 2.1 個であったが、この地震以後には 3.2 個
となり、 M 4.8 以上の地震の発生も目立つ。また 68 年 5 月に入ってから十勝沖地震の前震
活動がみられた。

C 地区では M が 3.5 以上の地震について調べた。1967 年 10 月中頃までは活発であった
が、それから色丹島沖地震までやや静かな期間があったようである。色丹島沖地震の余震活動
については広田の調査⁶⁾があるので省略した。

D 地区では M が 4.0 以上の地震について、ほぼ一様な活動を示しているが、1968 年 4 月
21 日には M 5.8 の地震があり、その余震活動がみられた。この地震は、1968 年 6 月 12 日の



第6図 10日間毎の地震回数
Fig. 6. Variations in the number of
earthquakes per ten days

6) 広田知保; 1968 年 1 月 29 日色丹島沖地震の余震活動, 北大地球物理研究報告, 21 (1969), 33-43.

$M 7.2$ の地震の震央から 100 km 以内の所で起きており、この範囲についてみれば $M 5.0$ 以上の地震は 1967 年 8 月 17 日以来発生していなかった。

V. おわりに

これまでも北海道周辺の地震活動を調べるために、北海道内各地で臨時に地震観測が行なわれているが、そのたびに連続観測の必要性が説かれてきた。浦河地震観測所の発足によりようやくその希望が実現することとなり、観測開始以来すでに貴重な資料が得られつつある。今回は観測所の Bulletin にのっている資料について基礎的な調査を行なったが、その結果マグニチュード M の度数分布について M の小さい範囲では b の値が、日本周辺で大きい地震について得られているものより小さい場合もあること、1968 年十勝沖地震の前には地震活動に変化があったらしいことなどが考えられるので、今後はさらに小さい地震の資料も加えて調査を続けたい。

謝辞 この研究について御指導を頂いた宇津徳治助教授、並びに観測所の地震記象の読取りをされている北構宗夫技術員に厚く御礼申しのべます。

浦河地震観測所の開設にあたっては北海道大学当局ならびに浦河町当局にいろいろと御世話になりました。この機会に関係各位に深甚なる謝意を表します。

4. Earthquake Observations at the Urakawa Seismological Observatory (I)

By Yoshinobu MOTOYA

(Urakawa Seismological Observatory, Faculty of Science, Hokkaido University)

The Urakawa Seismological Observatory, Hokkaido University was established in 1966 under the Earthquake Prediction Research Project of Japan. It is located at Kamikineusu, Urakawa, southern Hokkaido. The station code is KMU. The routine seismic observation was started on July 1, 1967 and the data are published in the form of station bulletin.

In this paper some preliminary results are reported from the analysis of data before the occurrence of the Tokachi-oki earthquake of May 16, 1968 whose epicenter was located about 180 km SSE of the observatory. An empirical formula has been developed to estimate the magnitude of an earthquake from the $S-P$ interval and the maximum amplitude recorded at the observatory. The magnitudes of all earthquakes with $S-P$ less than 60 sec registered in the bulletin have been calculated by this formula. The values of the coefficient b in Gutenberg-Richter's formula $\log N = a - bM$ have been estimated for four regions. The b values are considerably small in the range of magnitude less

than about 4 as compared with the values usually observed in the range of magnitude larger than about 5. The magnitude-frequency relation is not well represented by a single linear equation in a wide magnitude range. The seismicity in the epicentral region of the Tokachi-oki earthquake increased slightly from about half a year before its occurrence and a series of foreshocks was recorded for 15 days prior to the main shock.