



Title	3. 日高地方における微小地震観測 1965
Author(s)	本谷, 義信; MOTOYA, Yoshinobu
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 18, 45-52
Issue Date	1967-08-10
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.18.45
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13929
Type	departmental bulletin paper
File Information	18_p45-52.pdf



3. 日高地方における微小地震観測 -1965-

本谷 義信

(北海道大学理学部浦河地震観測所)

—昭和42年4月受理—

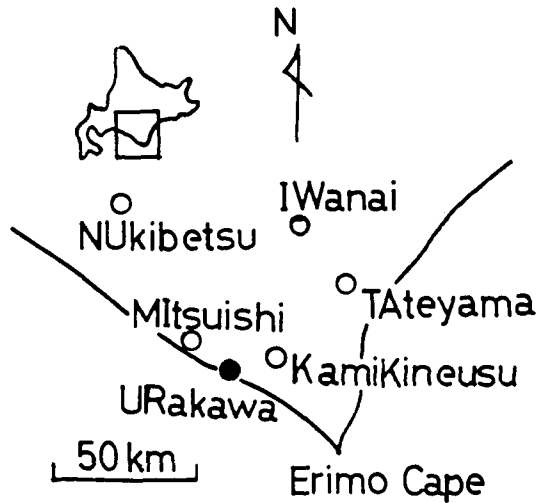
I. はじめに

北海道とその周辺の地震活動を調べる目的で、日高地方において1962年から4回にわたって高感度の地震観測を行なってきた。また1964年5月から浦河町上杵臼において連続観測を行なっており、これらの結果、地震の時間的・空間的分布などについてある程度の情報が得られている¹⁾。しかし、地震活動の調査では震源が求められることが基本的に重要であるのにこの地方の微小地震の震源についてはまだわからないことが多いので、今回は震源を求めることを主な目的として多点観測を行なった。

II. 観測の状況

1965年8月13日~29日の期間に、日高山脈をはさむ5点、貫別・三石・上杵臼・館山・岩内の各点で観測を実施した(第1図)。

上杵臼では日高地方微小地震観測の基地として電磁式上下動速度計により媒煙書き記録方式で感度 $100 \mu \text{ kine/mm}$ 、送り速度 12 cm/min で連続観測を行なっているが、今回の観測期間中は送り速度を 24 cm/min とした。1964年8月の観測点であった下豊似では今年は機械を保守出来な事情になったので、北へ約5km離れた館山が選ばれた。岩内では今回は露岩の上に地震計を設置したが、前回とほとんど同じ位置である。また前回の西川と上歌別はともに土地のノイズが大きかったので、今回は観測点配置が震源決定のために適当であること、地盤の良いこと、さらに広い範囲の地震活動を調べ



第1図 観測点、大文字は各点の略符号を示す

Fig. 1. Observation points.

○ temporary station; ● Urakawa weather station (routine observation by Japan Meteorological Agency). The two capitals in each station name show the abbreviation.

1) 日高地方における微小地震観測, 北大地球物理学報告, 11 (1963), 77, 12 (1964), 81, および 14 (1965), 73.

第 1 表

Table 1.

観測点	略符号	位置		記録方式	刻時方式	記事
		ϕ	λ			
上杵臼 Kamikineusu	KK	42° 13.9'	142° 58.0'	スス書き	水晶時計 (分)	100 μ kine/mm
貫別 Nukibetsu	NU	40.6'	16.3'	スス書き	ルロア時計 (秒)	
三石 Mitsuiishi	MI	16.0'	35.6'	テープ	J. J. Y.	3点観測
館山 Tateyama	TA	27.3'	143° 13.6'	テープ	J. J. Y.	
岩内 Iwanai	IW	39.8'	01.8'	スス書き	水晶時計 (秒)	

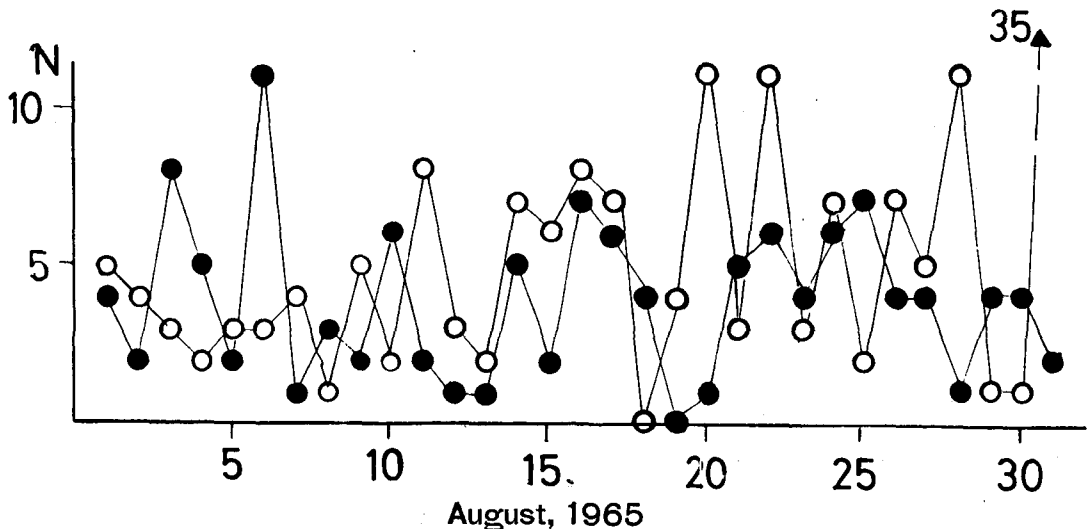
* 地震計は各点とも上下動 1 c/s.

ることを考慮して、三石と貫別が選ばれた。

各点の位置、機械などを第1表に示す。三石と館山ではノイズの大きい昼間はさけて夜間のみ観測を行なったので、震源の決定などにはその他の観測点でも夜間の記録のみを用いた。

III. 地震発生の概況

今回の観測期間中の地震の発生状況を概観するために上杵臼で記録された地震のうちで、速度振幅 100 μ kine 以上のものについて日別頻度を示す (第2図)。8月31日には弟子屈付近で M=5.0 の強震があり、9月上旬まで余震の発生が続いたが、今回の観測期間中には余震を伴なう地震はなかった。地震発生頻度の時間的経緯については、連続観測により得られた資料を整



第 2 図 地震の日別頻度

Fig. 2. Daily frequency of earthquakes observed at KK with maximum velocity-amplitude larger than 100 μ kine.

- earthquakes originating near Cape Erimo
- earthquakes in and near Hokkaido (excluding ●)

理して別の機会にのべるが、この期間の地震活動は普通の状態であったと思われる。

IV. 微小地震の震源

今までも日高地方において、多点観測により S-P 時間を使って微小地震の震源決定がなされているが、震源分布について不明の点も多い。とくに 1964 年 8 月の観測では、日高山脈中に深さ 40 km より浅い地震がかなりの数が求められているが、これらに対する大森係数 k の値は 1~2 km/sec と異常に小さく、再検討の必要があると考えられた。そこで今回は刻時精度を良く保つように注意するとともに、日高山脈の両側の 2 点三石・館山では 3 点観測により波の伝播方向をおさえようと試みた。

1. 発震時による震源決定

5 点全部に記録されている地震のうちで、初動の立ち上がりがはっきりしており、かつ刻時の保守が良いと思われる地震は 9 個あった。これらの発震時 t_i を使って震源の座標 (x, y, z) 、震源での発震時 t_0 、媒質の速度 v_P を未知数とする方程式を解く方法で、震源決定を試みたが、もっともらしい解の求まったものは 1 個もなかった。ただ 1 個だけ震源は日高山脈北部で深さ 12 km と求められたが v_P が 17 km/sec となり信用出来ない。

一般に 5 点以上の観測点が利用出来て、最小 2 乗法により各未知数を求める場合にはこの方法は有効であるが、5 点しか観測点がない場合にはうまくゆかぬことが多い。この方程式の基礎にある一様半無限媒質の仮定が成り立っていないのかも知れない。

三石・館山では J・J・Y を直接利用したし、岩内では水晶時計による秒マークを J・J・Y で較正しているので刻時精度は良い。一方上杵臼では水晶発振による標準 50 c/s の出力で記録ドラムを駆動したが、水晶時計によるタイム・マークは毎分のみしか利用出来なかったし、貫別ではルオア時計で毎秒タイム・マークを入れて一日数回ラジオ時報で較正したが、やや精度が悪くなるのはやむを得ないと思われる。このこともうまく震源がきまらない理由になっているのであろう。

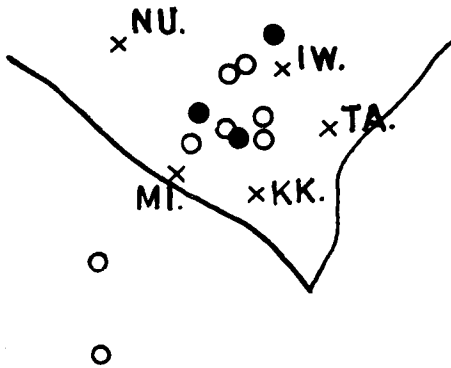
2. S-P 時間による震源

4 点以上で S-P 時間を読みとれた地震は 14 個あった。これらの S-P 時間を用いて、震源の座標 (x, y, z) 、広義の大森係数 k を未知数とする方程式を解くことにより震源決定を試みた。震源の求まったものは 11 個で中 9 個は日高山脈中にあり、 k の値は 2.7~5.0 km/sec で 10 km より浅い地震はなかった。また浦河沖には 2 個の震源が求まり k の値は 7.1 km/sec と 8.8 km/sec であった(第 3 図)。この結果は今までの観測で得られている結果とよく一致している。

3. 3 点観測の結果

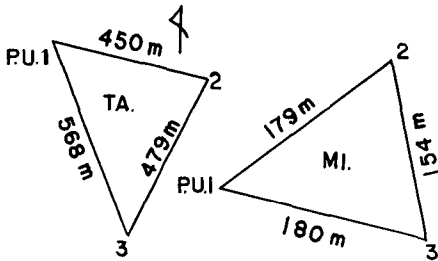
館山と三石では 3 点観測を行なっている(第 4 図)。磁気テープにとられた記録をインク書きオッシログラフにより 2.5 cm/sec または 5.0 cm/sec の紙送りで再生して解析した。

館山 3 点での波の到達時間差から、波の伝播方向と見かけの速度が求められた地震は



第3図 4点観測による震央

Fig. 3. Epicenters determined from observations at four stations.
● $h > 50$ km, ○ $h < 50$ km



第4図 3点観測網

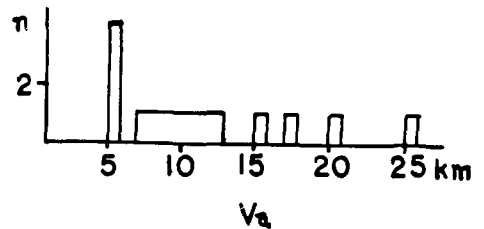
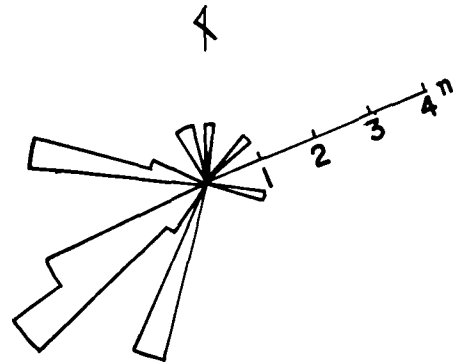
Fig. 4. Tripartite nets.

20個あった。伝播方向の頻度分布では南西方向（浦河沖方向）にピークがあり，広尾・十勝沖方向に1個しかない。見かけの速度は5~6 km/secにピークがあり，これより速度の大きい所では，一様に分布しているようである（第5図）。伝播方向と見かけの速度との間に相関はみられなかった。

次にこれらの地震の震源決定を試みた。

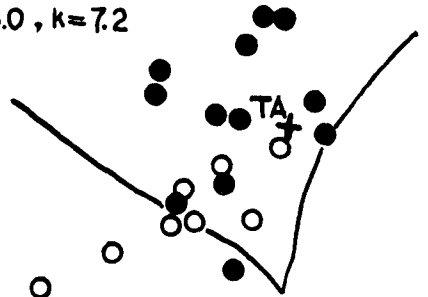
3点観測から震源を求めるには地下構造について知る必要があるが，この地方については全くわからない。前述したように日高山脈中では2.7~5.0という k の値が得られているので，ここでは第1層は厚さ40 km, $v_p = 5.0$ km/sec, $k = 4.5$ km/sec その下は $v_p = 8.0$ km/sec; $k = 7.2$ km/sec (ポアソン比 $\sigma = 0.25$) の半無限であると仮定した場合について震源決定を試みた（第6図）。

三石 館山で伝播方向が決定された地震について，三石でも伝播方向が求められた地震は9個あった。三石ではP.U.2と3の間の高度差はほとんどないが，P.U.1はこれらより50 m



第5図 館山における波の伝播方向と見かけの速度
Fig. 5. Frequency distribution of directions of wave propagation and apparent wave velocities observed at TA.

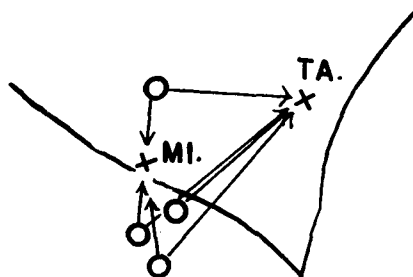
$$\begin{aligned} & \overline{V_{p1}} = 5.0, k = 4.5 \quad 40 \text{ km} \\ & \overline{V_{p2}} = 8.0, k = 7.2 \end{aligned}$$



第6図 3点観測により求められた震央
Fig. 6. Epicenters determined from TA tripartite observation.
● $h > 40$ km, ○ $h < 40$ km

高くなっている。従って最大傾斜の方向が $S71^{\circ}W$ で水平面となす角が 18° の斜面上に3点があると考へて、3点の波の到達時間差から求められた伝播方向と見かけの速度に対して傾斜補正をほどこした。その際に真の速度 v_P の値が必要であるが、補正する前の見かけの速度は最小 1.87 km/sec で、 3.10 km/sec より小さいものが7個もあったので、 $v_P=1.5 \text{ km/sec}$ と仮定した。

館山と三石に対する各々の伝播方向を逆に延長した直線が交わる例は4個しかなく、3個は浦河沿岸、1個は日高山脈中に震源があると思われる(第7図)。三石での傾斜補正の際に v_P の値を変えてもこの結果は変らなかつた。三石では3点観測網が小さすぎたし、館山では入射角が小さいため3点での波の到達時間差のわずかの違いが伝播方向に大きくきいてくるためあまり良い結果が得られなかつたのかも知れない。



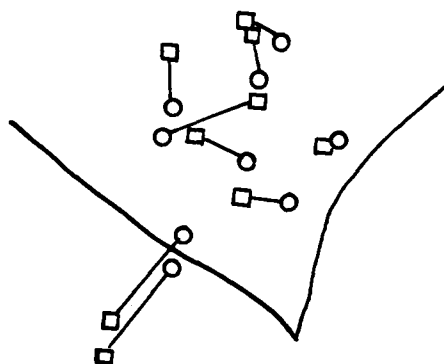
第7図 二つの3点観測より推定した震央
Fig. 7. Epicenters determined from two simultaneous tripartite observations.

V. 考 察

1. 震源決定のまとめ

館山での3点観測により結果の得られた20個の地震の中、3点以上でS-P時間の読めたものは15個あり、 $k=7.2 \text{ km/sec}$ と仮定して作図法で震源決定が出来たものは9個であった(第8図)。種々の k の値を仮定して作図し、3点観測の結果と比較したが $k=7.2 \text{ km/sec}$ のとき最もよく一致するようである。前述したように4点のS-P時間で震源決定をすると k は $2.7\sim 5.0 \text{ km/sec}$ の値をとるが、これらの地震は大部分が 50 km より浅いのに對して、今求められた地震はもっと深く、あるいは深さによって k の値が違ふのかも知れない。

日高山脈中の地震については、 $k=7.2 \text{ km/sec}$ と仮定して求めた震源は3点観測により求めた震央と大体一致するようである。これに對して震源が浦河沖にあると思われる地震については、S-P時間で震源を決定出来たのは2個にすぎずこれも一致は良くない。館山での地震記象型をみる



第8図 3点S-Pを使った震央□と3点観測による震央○の比較

Fig. 8. Comparison of epicenters for the same earthquake connected by a bar.
□ determined from observations at three stations, assuming $k=7.2 \text{ km/sec}$
○ determined from tripartite method

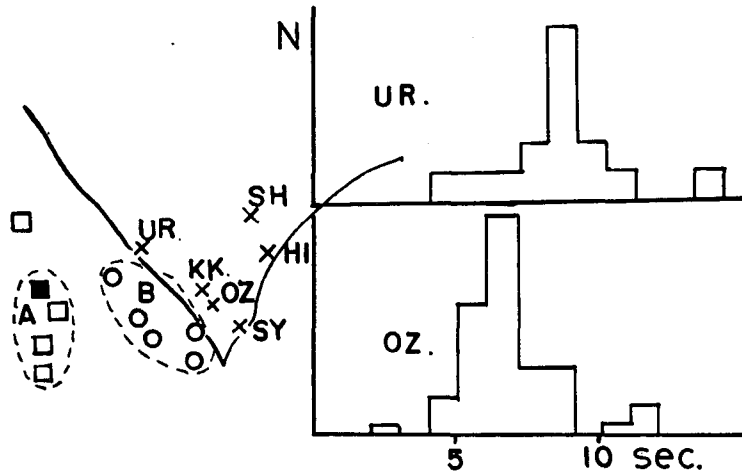
と、山脈中のものは初動の立ち上がり急でP部分の振幅が大きく、いわゆる深発地震型に近いのに對して、浦河沖と思われるものは初動の立ち上がりゆるい。館山での3点観測により震源を決定する際に仮定したように2層構造を考えると、山脈中の地震については各観測点に

対する入射角が小さいので、層の境界面での波線の屈折によるまがりが少なく、このために近似的に半無限媒質を考える作図法でも震源が決定されるのであろう。一方浦河沖の地震については屈折の影響が大きいためS-P作図ではうまくゆかぬのではないと思われる。なおこの場合には屈折の際に生ずる種々の相をS相と間違ふこともあると思われるが、上下動一成分の記録だけでは相の確認は不可能であった。

2. 浦河沖の地震に伴う余震の震源

1963年8月の観測の際に、 $M=4.9$ の地震が浦河沖で発生し、その後約50回の余震が観測されている²⁾。これらの余震について調べれば浦河沖の微小地震の震源を求めるのに有効な情報が得られるであろう。

大泉、庶野、広尾、下豊似でのS-P時間を用いて余震の震源決定をする。 $k=5.0$ km/secとして求められた震央は第9図に示す領域(B)に集中している。一方本震と余震の中で大きい



第9図 1963年8月の浦河沖地震の余震 (■: 本震)

Fig. 9. (Left) Aftershocks of an earthquake off Urakawa in August, 1963. Epicenters of larger aftershocks were located in A (J. M. A.), while epicenters of smaller ones determined from the temporary observation in B. ■: main shock, (Right) Distributions of S-P interval of aftershocks.

ものは我々の観測では記録が振切れて震源決定は出来ないが、気象庁の常時観測により震源が求められていて、それらは領域(A)にかたまっている。(A)+(B)が余震域であって、余震の中で観測点に近いものだけの震源がきめられたのであろうか。宇津・関の公式により余震域の大きさを見積ると $M=4.9$ に対しては 10 km^2 以下になり、この領域では全く大きすぎる。走時曲線を検討してみると本震および大きな余震の震源は大体正しく決められているようで、(B)に含まれることはあり得ない。 k の値を大きくとれば震央距離は大きくなり(B)は(A)に

2) 前出1). 12 (1964), 81.

一致するようにも思われるが、例えば $k=7.2$ km/sec とすると大泉での S-P が他の点に比較して小さすぎてほとんどの余震は震源が求まらなくなってしまう。

大泉と浦河測候所での S-P の頻度分布を調べると浦河では 8 秒、大泉では 6 秒のところにピークがある。ところが領域 (A) に対しては浦河の方が近いのである (第 9 図)。このことから大泉では S-P を短かく読みすぎているのではないかと思われるが、この理由としては S と思っているものが真の S ではないこと、地下構造の影響で S-P が短くなることなどが考えられる。いずれにしても、かなりの数が観測されているから何らかの相であると思われる。領域 (B) を (A) に近づけるには大泉・庶野に対して $k=10\sim 12$, km/sec 下豊似、広尾に対して $k=7.2$ km/sec とすることにより実現される。

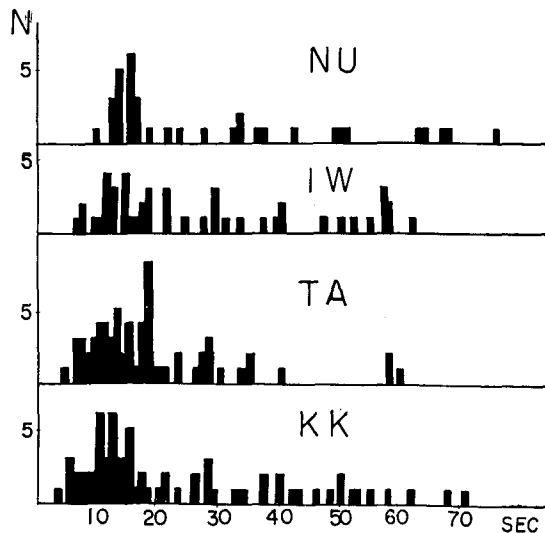
以上のことはこの地域全体について k が一定ではないことを示しているように思われる。1962 年 12 月 21 日には $M=6.2$ の地震が浦河沖に発生し、その余震についての考察がなされているが、この場合にも同じような傾向が認められるので、既に求められている余震源の分布は多少変るのではないかと思われる。

VI. ま と め

気象庁の常時観測の結果によれば、日高山脈中に発生する地震は大部分が 50 km より深いものであり、浅いものはほとんどない。今日の観測でも確かに微小地震は山脈中にも発生していることがわかったが、全て深いものであった。各観測点の S-P の頻度分布を第 10 図に示すが、5 秒以下の S-P のものはほとんどないことによってもこのことは裏付けられる。なお、山脈中で異常に小さな k の値 $1\sim 2$ km/sec を示すものは見出されなかったので、1964 年 8 月の観測でこの点についての結果は間違いであるように思われる。

浦河沖の地震についてはあまりよく震源決定が出来ないようである。しかし S-P の頻度分布のピークが上杵臼、館山、岩内、貫気別の順に北へゆくほど長い方へづれていることは浦河沖に地震が多いことを示すものであろう。日高山脈中では $k=5$ cm/sec 位であるが浦河沖では k は相当大きいらしい。

今回の観測では震源の決定された地震の数も少なく、若干の問題を提起したにすぎない。



第 10 図 各観測点での S-P 時間の頻度分布
 Fig. 10. Distributions of S-P intervals in August, 1965.

今後の観測により明らかにされてゆくであろうが、特に3成分の記録により相の確認の出来るような観測をしなければならない。

最後に、終始御指導下さいました横山教授、宇津助教授、観測に従事し熱心に討論して頂いた地球物理学教室の皆様に深く感謝します。館山での観測では建木氏に大変世話になりました。厚く御礼申し上げます。

3. Observation of Microearthquakes in Hidaka District, Southern Hokkaido -1965-

By Yoshinobu MOTOYA

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

Since 1962, seismometrical observations of high sensitivities were carried out in the vicinity of Erimo Cape in southern Hokkaido and some results about space and time distributions of earthquakes in this region were already reported in previous volumes of this bulletin. In order to get more precise informations about the seismicity, it is essentially necessary to have sufficient data with which hypocenters of earthquakes can be determined. We have little known the peculiarity of this region which may have an effect on the determination of hypocenters. Intending to decide hypocenters precisely as far as possible, an observation was again carried out in August, 1965, that consisted of five temporary stations two of which had tripartite networks.

Hypocenters of the same earthquake were determined by different methods. While hypocenters of microearthquakes are relatively well located beneath the Hidaka mountain range, we find out few ones off the coast of Urakawa where larger shocks occurred frequently. It is suggested that the value of $k \left(= \frac{v_P v_S}{v_P - v_S} \right)$ is not uniform over this region but considerably larger off Urakawa than beneath the mountains. Therefore it may be wrong to make use of S-P intervals in determinations of hypocenters in this region assuming a constant k value.