



Title	7. 浦河地震観測所における地震観測（Ⅱ）：読み取り精度と走時
Author(s)	本谷, 義信; MOTOYA, Yoshinobu
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 26, 99-108
Issue Date	1971-09-30
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.26.99
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14010
Type	departmental bulletin paper
File Information	26_p99-108.pdf



7. 浦河地震観測所における地震観測 (II)

— 読み取り精度と走時 —

本谷 義信

(北海道大学理学部浦河地震観測所)

— 昭和46年4月受理 —

I. はじめに

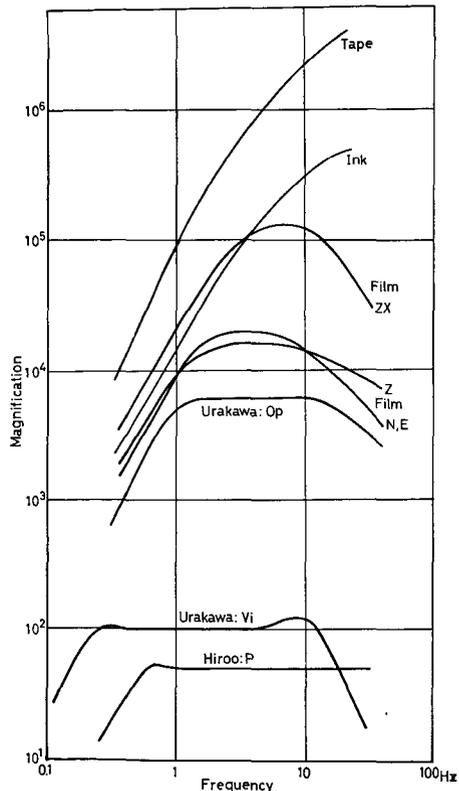
前報¹⁾では、浦河地震観測所(上杵臼)で観測された地震の振幅を用いて求められるマグニチュード M について考えた。ここでは、地震の観測時刻をとりあつかう。まず、地震記象から発震時を読み取る際の精度について検討し、つぎに上杵臼における走時の調査をした。

II. 地震観測時刻の読み取り精度

上杵臼では、毎時分ごとに刻時マークのはいっている光学式フィルム記録で、地震の初動時刻を1/10秒単位で日常的に検測している。よく知られているように、時間の読み取り精度は、刻時時計の精度、記録用ドラムの回転むら、記録の状態(光点の輝度およびピント、ドラムへのフィルムの巻きつけ方など)等によると考えられる。

刻時用として水晶時計(東洋通信機製の59型地震計用50CCP装置時計部)を使用し、標準電波JJYと毎日比較更正している。そのやり方はいわゆる「耳目法」である。その精度を調べるために、同じ記録紙上に並べて記録した時計からの刻時マーク信号とJJY信号とを約1か月にわたり比較したところ、0.1秒の精度は確保されていると考えてよいことがわかった。

フィルム記録装置(明石製作所製の59型光学式電磁式地震計フィルム記録装置)のドラムは水晶時計部において得られた標準50c/sを電力増幅



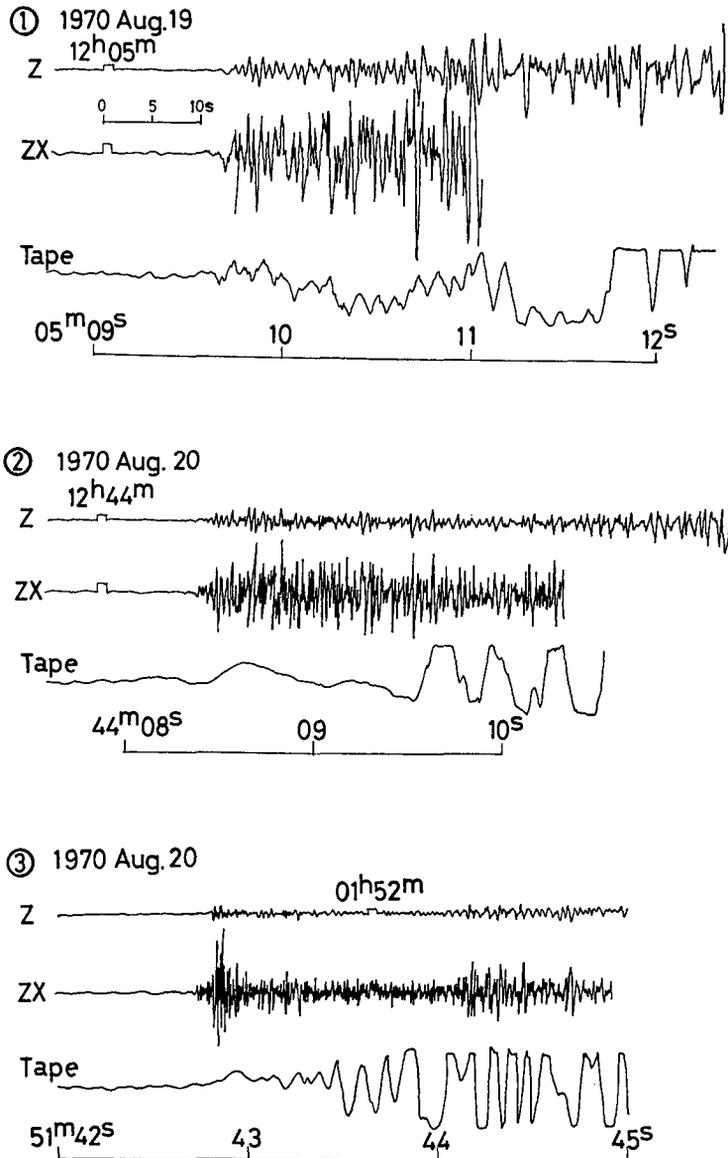
第1図 地震計の倍率曲線

Fig. 1. Frequency response curves of seismographs

1) 本谷義信: 浦河地震観測所における地震観測 (I), 北大地球物理報告, 22 (1969), 39-48.

した出力で、同期モーターを用いて駆動しており、駆動機構も精密に工作されているので、回転精度は高いはずである。

記録の状態が読み取りにおよぼす影響を評価することはむづかしい。さらに、読み取り精度の問題とはやや離れているかも知れないが、実際には地震の初動の判定が重要な問題となる。震源に近い場合をのぞいては初動の振幅は小さいのが普通なので、地震計の感度が低い場合には真の初動が記録されていないことがあるかも知れない。



第2図 地震記録の例

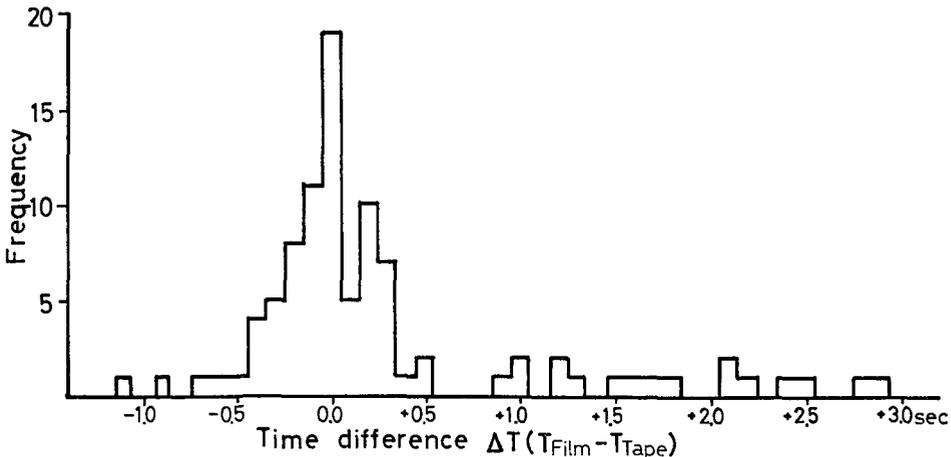
Fig. 2. Examples of seismograms recorded at Kamikineusu (KMU).

そこで、ここでは同じ地震について、フィルム記録での読み取り時刻とテープ記録での読み取り時刻とを比較することにより、地震の立ち上がりの問題も含めた意味での読み取り精度の推定をした。地震計の倍率曲線を第1図に示す。5cm/secの記録紙送り速度で作ったテープの再生記録には充分よくチェックされた秒マークを入れてあるので、時間の精度は爆破地震動観測などの場合と同じ位で1/100秒単位と考えられる。記録の例を第2図に示す。フィルム記録で読み取り規準以上の振幅をもつ地震については、テープ記録ではすべて真の初動から記録されていることが確められた。なお、記録系の周波数特性が著しく異なる場合には発震時に差の生じることがある²⁾かも知れないが、ここでは両方とも短周期地震計でありこの影響は問題にならないであろう。

フィルム記録とテープ記録の読み取り時刻の比較。

1970年8月の資料について調べた。上杵臼で日常的に検測している地震の読み取り精度を問題としたいので、この調査のために特別にフィルム記録を読み直すようなことはせず、上杵臼のBulletinに掲載される値をそのまま用いた。

フィルム記録で検測されたすべての地震についてその読み取り値 T_{Film} とテープ記録の読み取り値 T_{Tape} との差 ΔT の頻度分布を第3図に示す。フィルム記録では真の初動が小さくて見えない地震があるかも知れないから、 T_{Tape} より T_{Film} の方が遅いものも多く、したがって ΔT の分布は正の側に片寄るのではないかと考えられたが、実際には、 ΔT が1秒以内では0を中心としてほぼ正規分布に近いものとなった。この範囲では、フィルム記録でもテープ記録でも発震時刻として真の初動付近を読み取っているものと考えられるが、第2図の記録例にも



第3図 フィルム記録とテープ記録の発震時刻の差 ΔT の頻度分布

Fig. 3. Frequency distribution of the difference ΔT between arrival times read on photographic films and ones read on reproductions of the magnetic tapes.

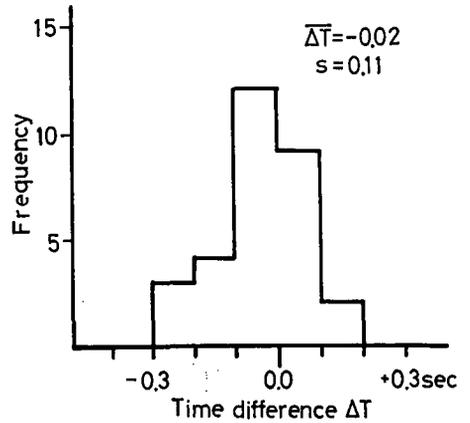
2) S. Suyehiro; Pseudo Dispersion in Body Waves and Unusal Region near Northeast Japan, Pap. Met. Geophys., 21 (1970), 460-471.

みられるように、記録上で読み取るべき立ち上がりの位置の判定には多少の任意性が残されていることが多い。さらに、時計そのほかの誤差の要因が含まれているとしても、 ΔT は全体としては ± 0.5 秒を越えることはまずないと考えられる。

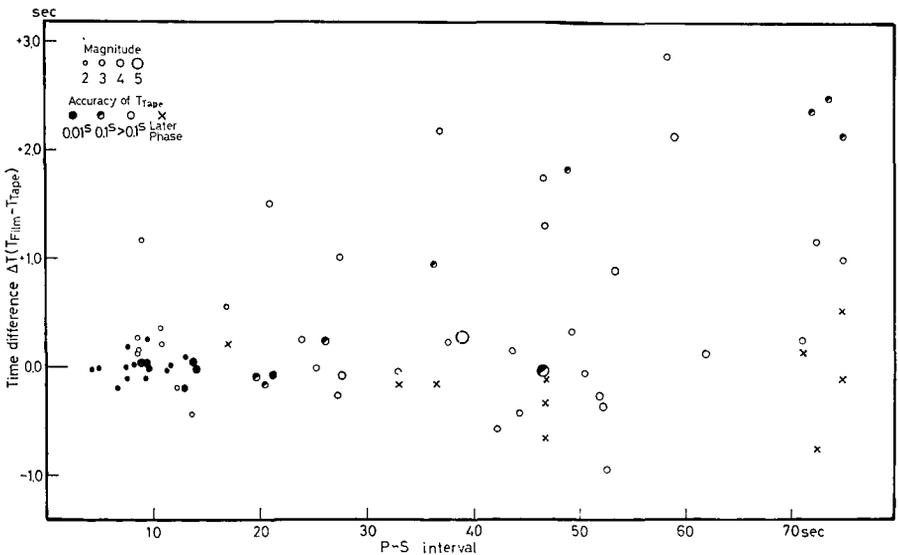
つぎに、 T_{Film} が1秒以上遅れている地震がいくつかあるが、これらの地震のテープ記録を調べると、初動につづいて大振幅の明瞭な Later phase が認められ、フィルム記録では真の初動は記録されておらず、Later phase を eP として検測していることが確かめられた。

やや主観的ではあるが、記録検測の習慣に従って、読み取り時刻の精度を示す目安として上枠印でも iP , eP の区別をつけている。 iP の資料だけについて ΔT の分布を示したものが第4図である。この場合には初動位置の不確かさは0.1秒以下であり、全体としての精度も eP を含めた場合よりよく、 ± 0.3 秒を越えることはない。

マグニチュード M および震央距離 A に対して ΔT の様子を調べたものが第5図である。ここで震央距離に相当するものとして P - S 時間を用いた。 T_{Film} とテープ記録にみられる Later phase の読み取り時刻との差は \times 印で示してある。読み取り精度は A が小さいほど良いのは当然であるが、 M にはあまり依存していないようにみえる。



第4図 iP の資料だけによる ΔT の頻度分布
 Fig. 4. Same as Fig. 3, but the data are limited to iP readings.



第5図 ΔT のマグニチュードと P - S 時間に対する関係
 Fig. 5. ΔT in relation to earthquake magnitude and P - S interval.

III. 上杵臼における走時

気象庁による震源要素を採用して上杵臼で観測された地震の走時の調査をした。調べたのは1967年7月~68年5月(十勝沖地震以前)と1970年5~11月の地震である。観測された走時 T_{obs} から、和達・鷲坂・益田の理論走時 T_{cal} を引いて作った差 $O-C$ の頻度分布を第6図に示すが、震央の地理的分布によって著しく差のあることがわかる。ここでは北海道周辺(A地区)、北緯40°以南の東日本(B地区)、エトロフ島周辺(C地区)の3つに分けて考える(第7図)。震源の深さによる $O-C$ の違いはここでは考えずに、60 km より浅い地震を一緒にしてある。走時曲線を第8図に示す。

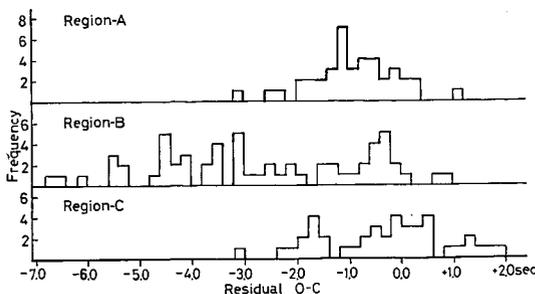
北海道周辺に発生する地震は上杵臼では理論走時より約1秒早く観測される。さきに調べたように、1秒の差は読み取り精度を越えている量と考えられる。

関東地方から伊豆小笠原海溝に沿って発生する地震は理論走時よりあきらかに早く観測され、その量は上杵臼で3~5秒以上にもおよぶ。本州内陸に入って、松代地震などの走時は理論とよい一致を示す。

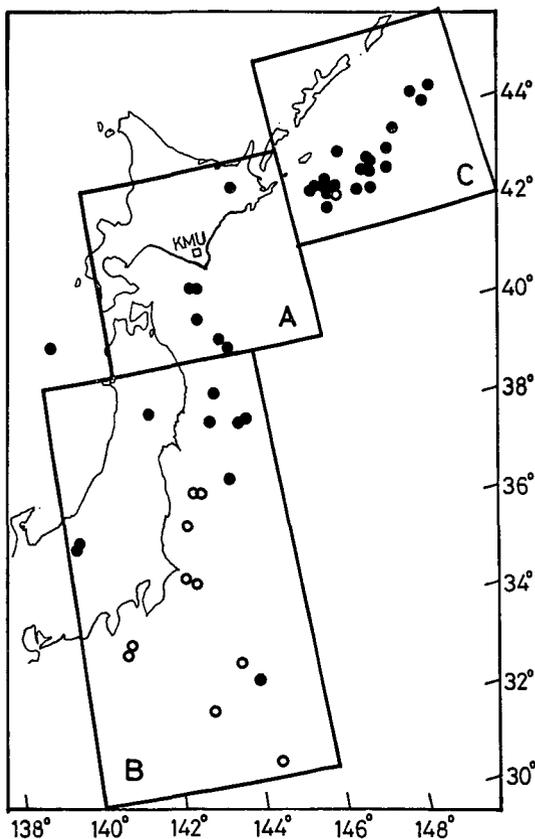
エトロフ島周辺の地震の観測値は比較的よく走時曲線にのっているようにみえるが、この地域の地震については後で考察する。

上杵臼と浦河測候所の走時の比較

つぎに、上杵臼の走時と浦河測候所(浦河)の走時とをくらべてみる。

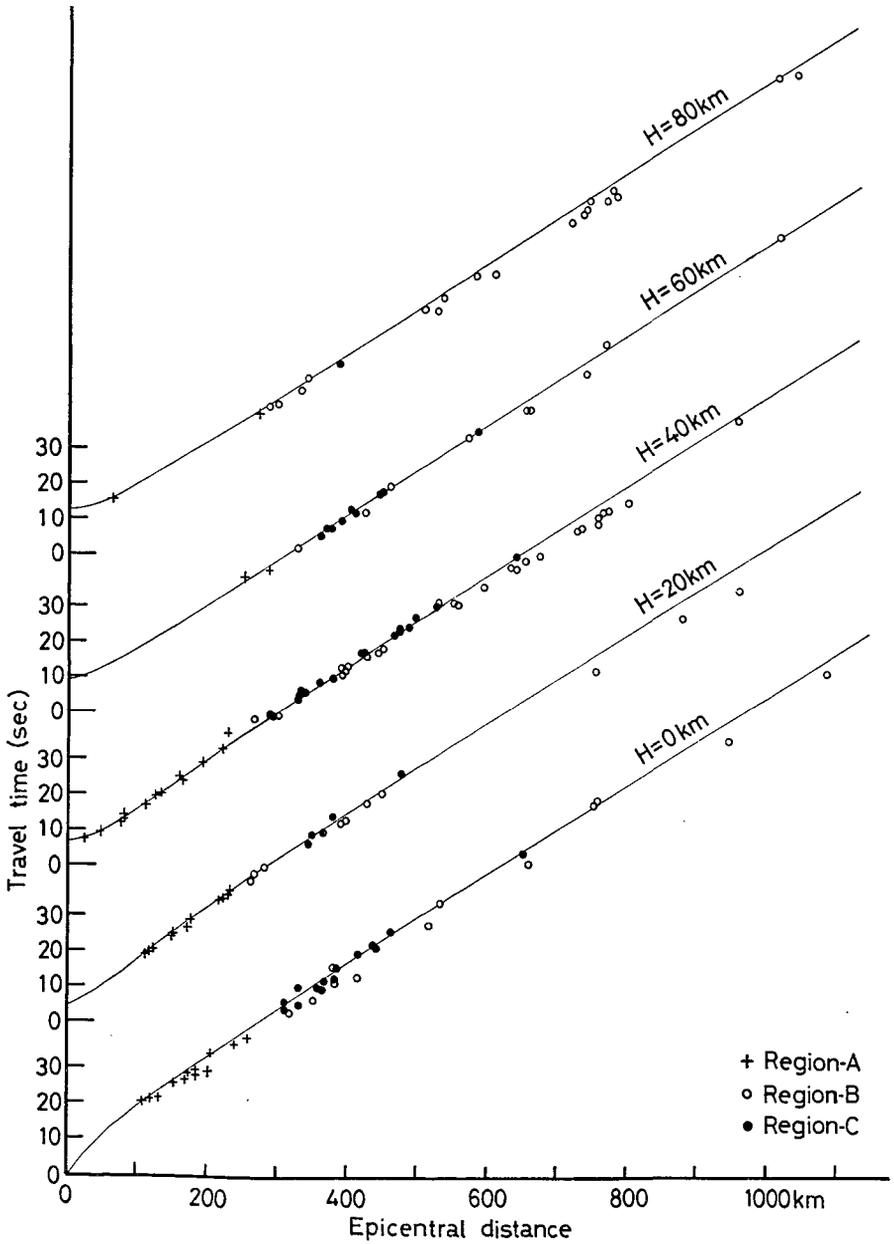


第6図 上杵臼における走時偏差の頻度分布
Fig. 6. Frequency distributions of travel time residuals.



第7図 調査期間中に発生した M が5.0以上の地震の震央分布。白丸は走時偏差が2秒以上におよぶ地震。

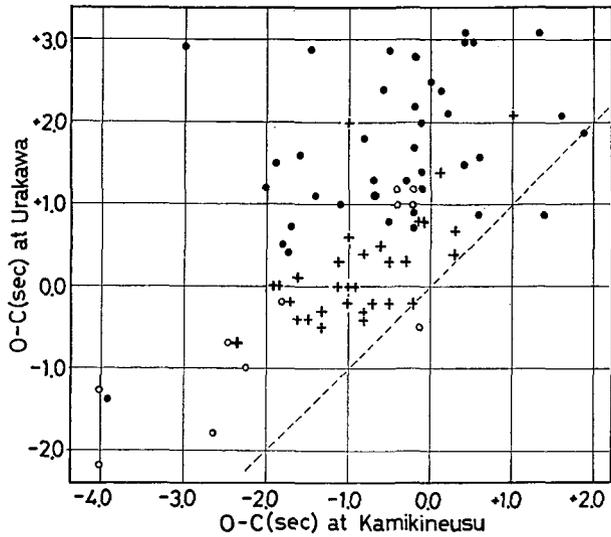
Fig. 7. Epicenters of earthquakes with $M \geq 5.0$ used in this study. Open circles indicate earthquakes with travel time residual larger than 2.0 sec.



第 8 図 上杵臼で観測された走時

Fig. 8. Travel times to Kamikineusu. Curves indicate the theoretical travel time of Wadati *et al.*

浦河の地震計の倍率曲線は第1図に示してある。同じ地震について上杵臼のO-Cと浦河のO-Cとの関係を示したものが第9図である。浦河ではA地区の地震の走時は理論走時とかなりよい一致を示すが、B地区では上杵臼と同じく理論走時より相当早く観測される。これらの地区の地震については、上杵臼では浦河にくらべて全体的に1秒ほど早く観測される傾向がみえる。走時の地域的異常については古くから多くの研究があり、B地区の地震の走時が早いことは確立された事実といえよう。



第9図 浦河と上杵臼における走時偏差の比較
記号は第8図と同じである。

Fig. 9. Relation between travel time residuals at Kamikineusu (KMU) and at Urakawa (URA). Symbols are the same as in Fig. 8.

C地区の地震については、上

杵臼では走時異常はなく、浦河の走時は和達・鷺坂・益田の理論走時より2秒ほど遅れているようにみえるし、観測値のばらつきも大きい。しかし、これは次にのべるように震源要素の決定に関連する見かけ上のことのように思われる。日本列島付近の地震は島弧周辺に見出される地震波速度の異常のために、震央位置に系統的なずれのあることが指摘されている³⁾。気象庁の観測網でエトロフ島周辺の地震の震源を決定するときには、震源に対して片側だけのかかなり遠い観測点しか利用出来ないで、震央位置のずれは特に大きくなる。長宗は千島南部の地震について震源要素としてUSCGSかISCのものを用いると、浦河の観測走時は和達・鷺坂・益田の理論走時よりいくらか早くなることを見出している⁴⁾。日本列島弧に沿って異常震域、地殻熱流量、火山と海溝の分布などの地球科学上のいろいろな情報を考え合せると、C地区の地震の走時もB地区と同様に早い方が確からしく思われる。

C地区に発生する地震を上杵臼で観測すると、ほとんどすべての場合に初動 P_1 から2~3秒遅れて大振幅の明瞭なLater phase P_2 が出現する。 P_1 の振幅は P_2 にくらべて大変小さいので、長宗⁴⁾ものべているように、 P_1 は記録されずに P_2 を初動として報告することが起り得る。たとえば、第2図の記録③をZ成分で検測するとすれば、真の初動はたぶん読みとれないであろう。しかし、気象庁で震源を決定出来る位に大きな地震については、 P_1 を初動として読み取

3) T. UTSU; Anomalies in Seismic Wave Velocity and Attenuation Associated with a Deep Earthquake Zone (I), J. Fac. Hokkaido Univ. Ser. VII, 3 (1967), 1-25.
4) T. NAGAMUNE; Seismic Waves Associated with the Anomalous Zone in the Upper Mantle, Geophys. Mag., 35 (1971), 123-135.

っていることが確かめられた。

広尾測候所の走時

上杵臼と浦河に近い観測点である広尾の走時も調べた。広尾の地震計の倍率曲線も第1図に示してある。低倍率地震計のために走時の資料が得られる地震の数は少ないが、O-Cの頻度分布を第10図に示す。これらの地震のほとんどは震央距離100 km以内の近いものであった。同じ地震について、上杵臼と浦河の結果も第10図と一緒に示してあるが、広尾の走時は浦河にくらべて早く、上杵臼に近いことがわかる。えりも岬付近に震源をもつ地震について飯塚が得た結果⁵⁾ほど数値は大きくはないが、広尾と浦河の走時偏差について同じ傾向が認められた。機械式低倍率地震計でも近い地震の初動はかなりよく読み取られていると考えられる。

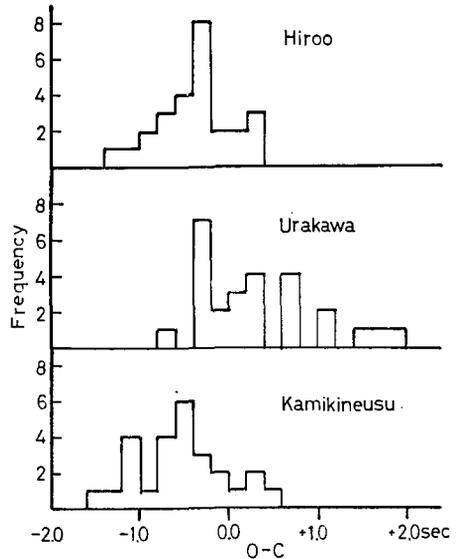
ここでみられる走時偏差には、観測点付近の地殻の構造の違いが反映していると考えられる。浦河沖には重力の著しい負の異常があることが知られており、地震波の周波数解析から得られた浦河付近の地殻モデルでも地震波速度の遅い第1層がかなり厚いとされている⁶⁾。これらのことは浦河の走時が上杵臼、広尾にくらべて相対的に遅いことに対応しているのであろう。

IV. 日本付近の地震に対する上杵臼の検知能力

走時の調査をするときに、気象庁で震源の決められている地震が上杵臼で観測されているかどうかを調べることから始めたので、このことについて簡単にふれる。1970年7~12月の期間について得られた結果を第11図に示す。ただし、7月の日向灘地震(M6.7)と10月の岩手県南部地震(M6.2)の余震はこの図では省略してある。気がついたことをのべれば次の通りである。

北海道周辺の地震を上杵臼の現在の計器で観測すると記録上の振幅が大きくなりすぎて、振幅および波形に関して利用出来るデータは得られにくい。発震時の精度はよい。

関東地方に多くみられる深さ70~100 kmの地震は上杵臼ではほとんど観測されていないが、150 kmより震源が深い、やや深発、深発地震については、気象庁で震源の決定されているものはほとんどすべて上杵臼でも観測されている。そして、これらの記録の大部分は大変き

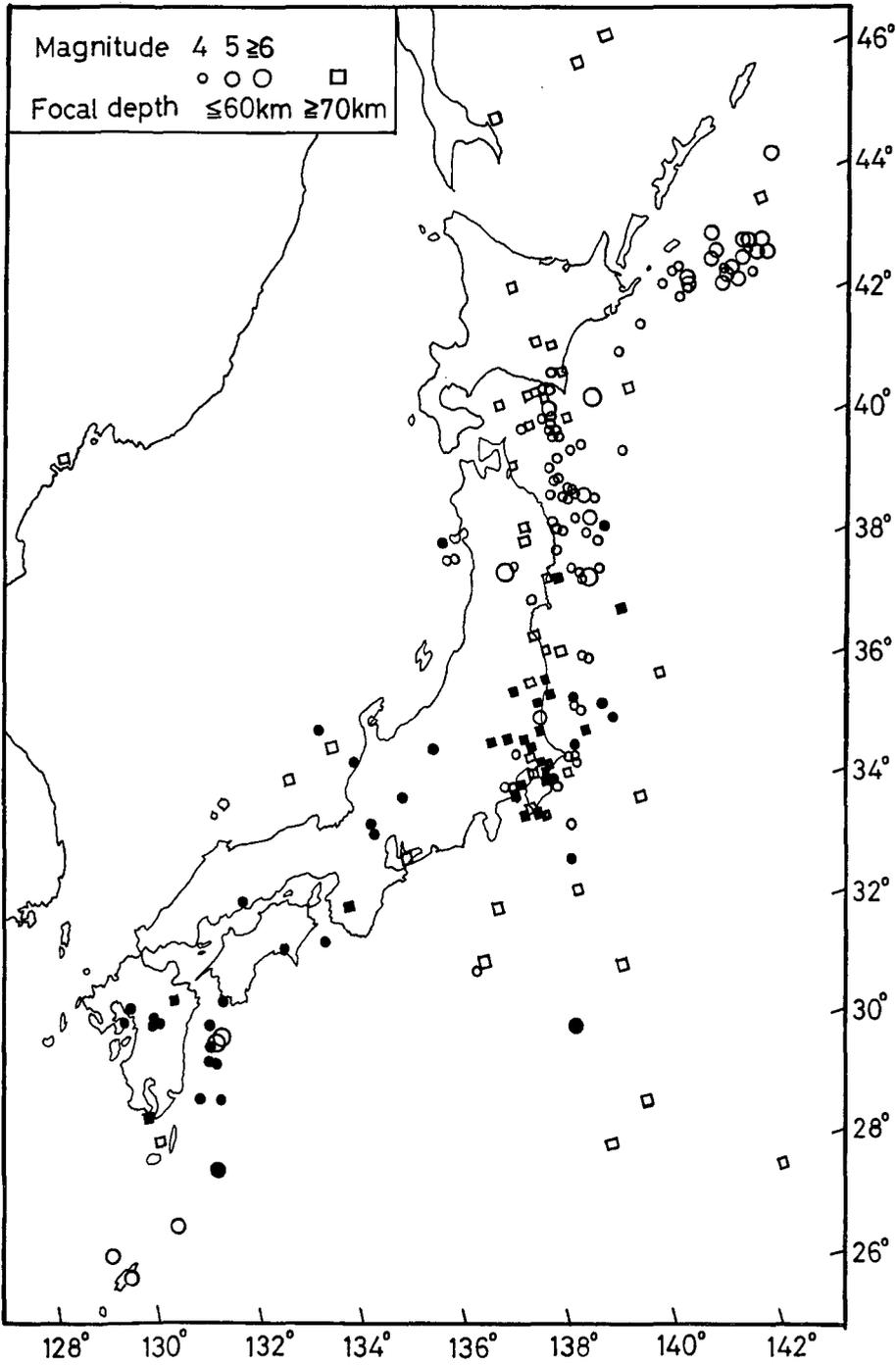


第10図 広尾・浦河・上杵臼の走時偏差の頻度分布

Fig. 10. Frequency distributions of travel time residuals at three stations.

5) 飯塚 進; 走時偏差の地理的分布, 北大地球物理報告, 10 (1963), 111-118.

6) 高波鉄夫; 地震波の周波数解析と地殻モデル—浦河—, 北大地球物理談話会 (1970年12月) で発表。



第 11 図 1970 年 7~12 月の震央分布 (気象庁による)。白い記号は上杵白で観測された地震、黒い記号は上杵白で観測されなかった地震を示す。

Fig. 11. Earthquake epicenters during July-December, 1970 (after JMA). Open symbols indicate earthquakes recorded at KMU and black ones indicate earthquakes not recorded at KMU.

れいなものである。

V. おわりに

上杵臼で観測される地震の走時について調べた。資料としては上杵臼の観測報告 (Bulletin of the Urakawa Seismological Observatory) に掲載されている読み取り値だけを用いた。

上杵臼では原則として光学式フィルムの上下動高倍率 (ZX) の記録で発震時刻を読みとることにしている、その精度は 0.5 秒以内と思われる。ただし、北海道東方沖から千島方面にかけて発生する M が 4 以下の地震では Later phase を $eP ZX$ として報告してあることがあるかも知れない。また、低倍率の記録 (Z, N, E) で eP として検測してあるものは真の初動が小さく読めていない場合があるかも知れない。 iP の場合にはどの地震計によってもその精度は 0.3 秒以内と思われる。

走時調査のさいの震央距離の計算は北海道大学大型計算機センターで行なわれたことを記して御礼申し上げます。

7. Earthquake Observation at the Urakawa Seismological Observatory (II)

By Yoshinobu MOTOYA

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

In this paper some preliminary results are reported from an analysis of data obtained at the Urakawa Seismological Observatory, Hokkaido University (KMU). Comparing two arrival times for the same earthquake read by two types of sensitive seismographs, one using magnetic tapes and the other using photographic films, it is estimated that the accuracy of the time of commencement of an earthquake published in the station bulletin is generally better than 0.5 sec. The accuracy better than 0.3 sec is obtained when the data are limited to iP readings.

Travel times of P wave are plotted in Fig. 8 using origin times and hypocentral coordinates determined by JMA. The difference between the observed and theoretical arrival times are considerably large for earthquakes located in the eastern part of Tohoku and Kanto districts. This result is considered to be related to the anomalous zone for the seismic wave velocity in the upper mantle as pointed out by many seismologists. Travel times for earthquakes occurring in the Kurile Islands region may also be earlier than the theoretical ones when hypocentral data given by USCGS or ISC is adopted. Travel time residuals at the Urakawa Weather Station of JMA are larger by about one second than those at KMU. This difference may be attributable to local seismic velocity variation beneath the stations.