



Title	1982年浦河沖地震の前兆、地震活動・b値・走時の変化
Author(s)	本谷, 義信; MOTOYA, Yoshinobu
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 42, 263-274
Issue Date	1983-10-25
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.42.263
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14115
Type	departmental bulletin paper
File Information	42_p263-274.pdf



1982年浦河沖地震の前兆，地震活動・b値・走時の変化

本谷 義信

北海道大学理学部地震予知観測地域センター

(昭和58年3月16日受理)

Precursors to the 1982 Off Urakawa Earthquake, Hokkaido : Seismicity, b-value, and Seismic Velocity Change

By Yoshinobu MOTOYA

Research Center for Earthquake Prediction, Faculty of Science,

Hokkaido University

(Received March 16, 1983)

On March 21, 1982, a large earthquake of magnitude 7.1 occurred off Urakawa, Hokkaido and caused severe local damage in the Hidaka District, near the focal region. A series of systematic change in time-space pattern of seismicity in and around the focal region, from early December, 1981 to just before the event, was recognized as a precursor. Foreshock activity began four hours prior to the main shock.

In this paper we investigate other precursors of longer-term and found the following items : 1) seismic activity decreased from 1976, 2) magnitude-frequency relation for earthquakes larger than M 5 changed from 1971, and 3) seismic P-wave velocity increased from 1974 and recovered before the large earthquake. These precursory phenomena appeared in wider region southwest off Urakawa, than the focal region.

I. はじめに

1982年3月21日北海道浦河西方沖に発生したマグニチュードM7.1の地震は浦河、三石、静内の各町の一部で震度VIに達し多大の被害を与えた。この地震については現地調査も含めて既に多くの研究が行なわれている(酒井, 1983)。前兆現象についても、本震の約4時間前から前震が発生していたこと、本震の約4ヵ月前から本震周辺に発生した地震の時空間分布が系統的に変化して本震発生に至ったこと、などが報告されている(本谷, 1983)。ここでは、さらに以前にさかのぼって、長期的な前兆現象があったかどうかを調べた結果をのべる。

II. 地震活動

最近、気象庁(JMA)は1926-1960年の地震資料を追補して震源要素を再計算した新しい地震カタログ(気象庁, 1982)を刊行した。ここでは、1960年以前はこのカタログ、その後はJMA地

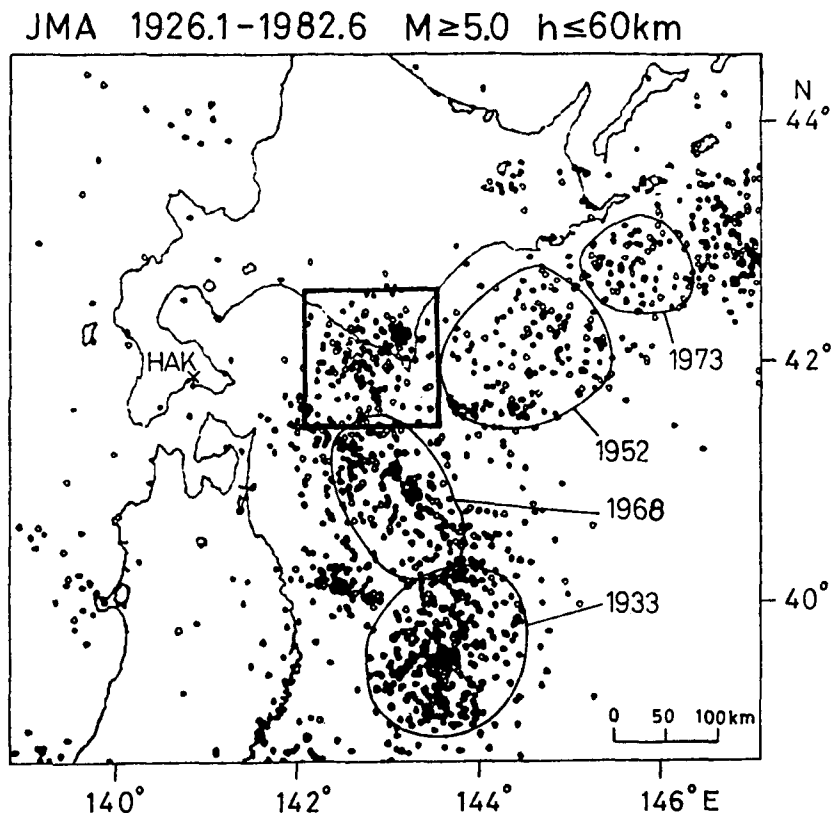


Fig. 1. Map of Hokkaido and northern Honshu, Japan. Seismicity by Japan Meteorological Agency (JMA) is shown. Encircled areas show focal regions of large earthquakes. HAK indicates location of a station of JMA used in this study. Star denotes location of March 21, 1982 event, M 7. 1. Boxed area represents area of investigation surrounding the March event.

震月報, の資料を用いて、1926年1月から1982年6月までの地震活動を調べた。

1982年浦河沖地震の震央を囲む領域 (Fig. 1の太い線で囲んだ内部, 以下浦河周辺という) をとりあげる。ある地域の地震活動を調べるためには、そこに発生するマグニチュードM以上の地震をもれなく含んでいる地震資料が必要である。JMAの地震観測能力は時代とともに向上しており、最近ではM3程度の地震でも観測されるようになったが、1926年までさかのぼって均質な資料を用いるためには、あるマグニチュードM以上の地震のみを扱う必要がある。

一般に、地震のM別発生頻度は GUTENBERG-RICHTER の統計的關係式

$$\log N(M) = a - bM \quad (1)$$

に従うことが知られている。ここで、 $N(M)$ はマグニチュードがM以上の地震回数、 a と b は定数。浦河周辺の深さ h が 70 km より浅い地震のM別度数分布を調べて Fig. 2 が得られた。Mの小さい地震で観測もれがある場合には、観測される地震数は式 (1) から期待される数より少なく

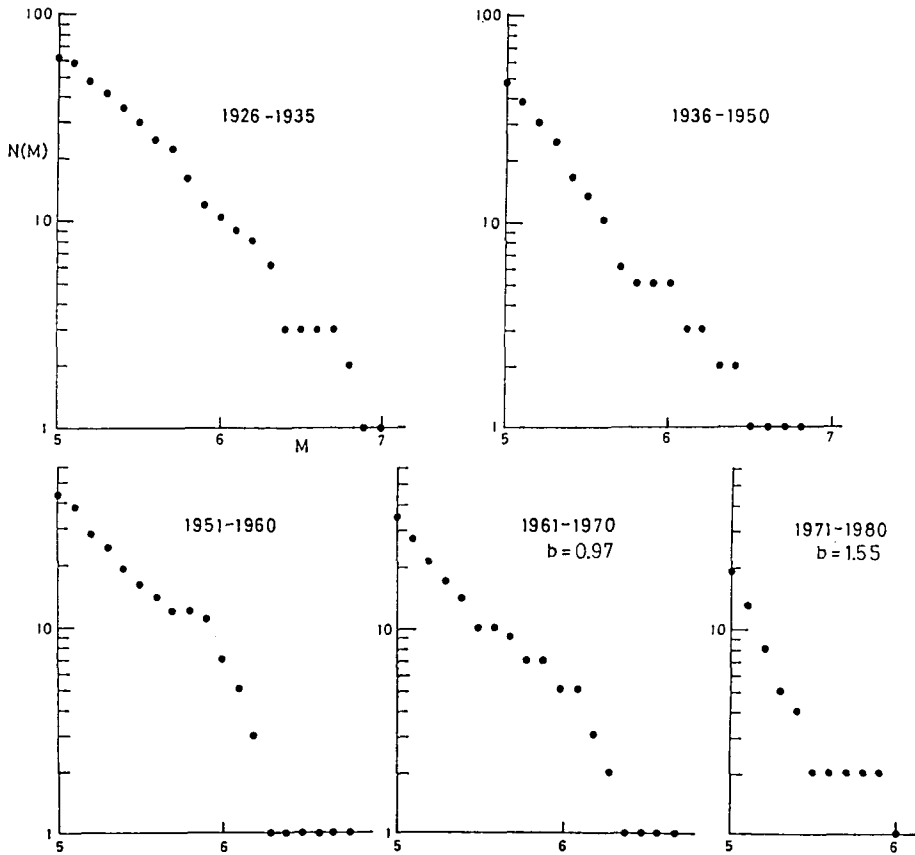


Fig. 2. Magnitude-cumulative frequency distributions of earthquakes.

なるはずであるが、Fig. 2によれば、1936年以降ではM 5.0以上の地震では観測もれはないと考えられる。1935年以前にはM 5.5以下の地震に若干の観測もれがあるかも知れない。しかし、ここではその影響はあまり大きくないものとみなして、以下ではM 5.0以上の地震をとり扱うことにする。

1926年から1982年6月までの期間に浦河周辺では $h \leq 60$ km でM 6.5以上の地震は7回発生しているが、1982年浦河沖地震 (M=7.1) はこれまでで最も大きい地震であった (Fig. 3)。えりも岬南東沖の1952年の地震 (M=6.8) は1952年十勝沖地震 (M=8.2) の余震であり、えりも岬周辺とその東側

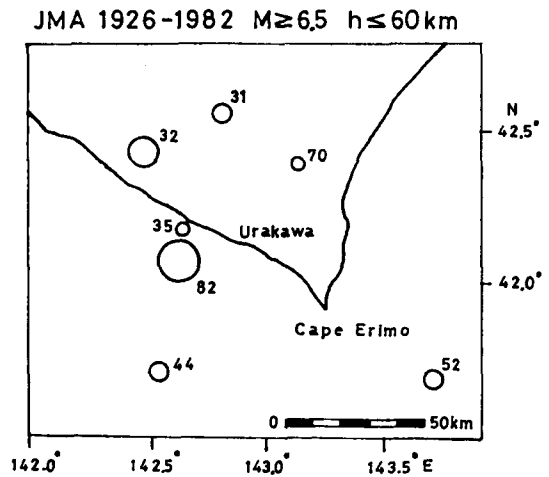


Fig. 3. Epicenters of large earthquakes. Symbol size corresponds to magnitude. Numeral indicates year of occurrence.

には独立した大地震は発生していない。1970年日高山脈南部の地震は深さが少々深く別系統の地震で、1982年浦河沖地震は1930年代前半の3個の地震と同じ系統の地震である可能性が考えられる。

浦河周辺の地震により放出されたエネルギー積算量を Fig. 4 に示す。1930年代前半にエネルギーの著しい放出があり、その後エネルギー放出率は次第に減少を示していて、1982年浦河沖地震発生に至ったことがわかる。

放出エネルギーはいくつかの大地震によって大きく規制されるので、別な観点から地震活動度をみるために、地震回数の積算曲線を作った (Fig. 5)。1930年代前半の地震発生率は明らかに高く、この時期は放出エネルギーの点からも地震発生率の点からも地震活動が活発であったといえる。1936年から1976年3月までは大局的にはほぼ一様な地震発生率で地震活動が続いており、この期間にエネルギー放出率は次第に小さくなっていったことを考えると、地震数で大きく寄与する小さな地震の発生頻度は変わらず、大きな地震が少なくなっていったことがわかる。

大地震の発生前後で、その震源域からかなり離れた地域でも地震活動に変化のみられることがあるので、浦河周辺の地震活動を Fig. 1 に震源域を示してある海溝付近に発生した大地震との関連で考える。宇津 (1982) が指摘しているように、Fig. 5 にみられる1930年代前半の著しい地震活動は、1931年3月9日の青森県東方沖地震 ($M=7.6$) や1933年3月3日の三陸沖地震 ($M=8.1$) などの南方の大地震と関連している可能性がある。また、1948年頃からみられる地震発生率の低下は1952年3月4日の十勝沖地震 ($M=8.2$) に関連しているかも知れない。この地震の震源域は、本震発生の前約20年間にわたって地震活動空白域であったことが知られている (井上, 1965; 宇津, 1968)。浦河周辺は直接の震源域にはなっていないが、その影響は及んでいたものと考えられる。さらにまた、1965年頃から浦河周辺の地震発生率がそれまでの傾向からはずれてくるのは、1968年5月16日の十勝沖地震 ($M=7.9$) に関連する地震活動の変化であるかも知れない。他方、1973年6月17日の根室半島沖地震 ($M=7.4$) は規模がやや小さかったためかその影響は現われていない。

大地震の前にその震源域とその周辺で地震活動が低下することはかなり一般的に認められる現象であり、浦河周辺で1976年3月頃からみられる地震発生率の低下は1982年3月21日の浦河沖地震 ($M=7.1$) と関連している可能性が高い (Fig. 5, 点々の部分)。すでにみたように、海溝付近に発生する大地震によっても浦河周辺の地震活動は影響をうけており、1982年以前では1968年十勝沖地震の影響が考えられる。しかし、浦河周辺は十勝沖地震の直接の余震域にはなっておらず、1970-75年の地震発生率はかなり一様であるので、68年の地震の余効効果があるとしてもその影響は小さいと考えてよいであろう。

北海道大学地震予知観測地域センター (RCEP) の地震観測が開始された1976年7月には1982年浦河沖地震の前兆とみられる地震活動の低下が既にはじまっていたと考えられるが、その後の観測で本震の前に数年間にわたる地震活動空白域は存在しなかったことがわかっている (鈴木・本谷, 1983)。また、はじめにのべたように、地震の時空間分布の変化、直前の前震活動、の短期

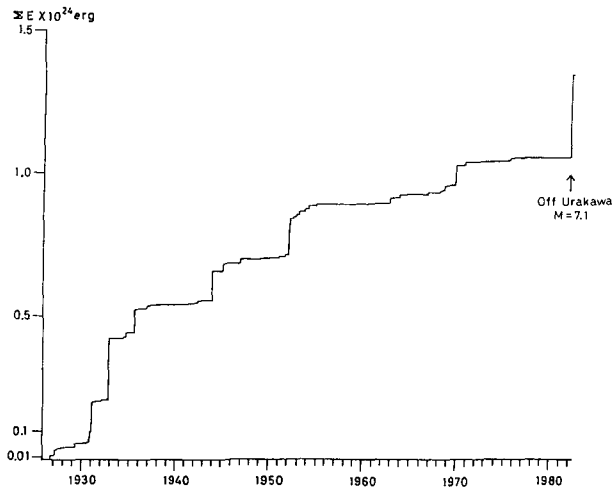


Fig. 4. Cumulative seismic energy released by earthquakes.

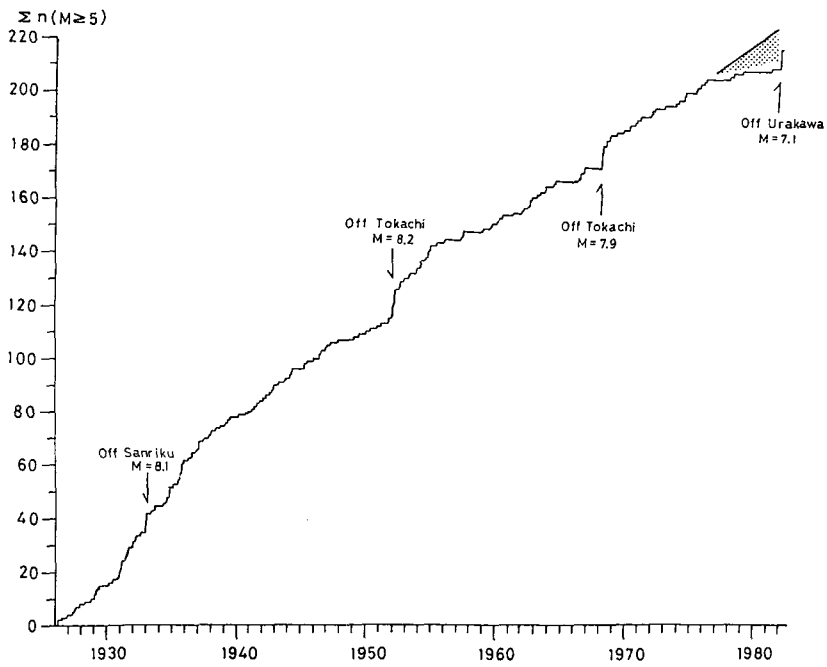


Fig. 5. Cumulative number of earthquakes. Dotted part shows decrease of seismicity with relation to the 1982 event.

的前兆現象も見出された。

III. b 値

地震のM別度数分布の様子が1961-70年と1971-80年の期間で異なっているように見える (Fig.2) ので、M別度数分布を表わす式 (1) の係数 b の値を調べた。 b は 1.0 程度の値となることが多く、1971-80年 (実際には1980年には $M \geq 5$ の地震は発生していない) の地震に対して得られた $b = 1.55$ はかなり大きな値である。これらの地震のMと発生時系列を Fig. 6 に示す。ここでは、地震はすべて式 (1) に従うものと仮定して、宇津 (1965) の式により b 値を計算した。採用する地震のMの下限を $M_s = 4.95$ として、1981年12月からさかのぼって地震が発生する毎に、それまでに発生した地震をデータセットとして b 値を計算した (Fig. 6)。得られた値はすべて1961-70年の値 $b = 0.97$ より大きい。各々の b 値と $b = 0.97$ ($n = 35$) との差を宇津 (1967) の方法で統計検定した。Fig. 6 の記号の大・中・小は、各々95%、90%の有意水準で $b = 0.97$ とは差があるといえること、90%の有意水準では差があるとはいえないことを示している。1971年以降の b 値がそれまでの値より大きいといってもよいであろう。

ここで得られた b 値が大きくなった変化を1982年浦河沖地震の前兆とみなすと、前震群の b 値は余震群の b 値より小さいといういくつかの報告 (例えば、SUYEHIRO *et al.* (1964)) とは逆の結果になる。しかし、ここでとりあげた地震は狭義の前震ではなく、浦河南西沖に定常的に発生している地震である。

ところで、Fig. 7 に示すように、M 5.0 以下の地震のM別度数分布は1970年の前後でもほとんど同じ分布をしており、Mの下限を $M_s = 4.45$ としてM 5.0以上の地震も含めて b 値を計算すると、1961年-70年が $b = 0.93$ 、1971-80年が $b = 1.00$ で、同じ値となることがわかった。 b の値が同じ母集団から抽出した地震群でも出現度数の小さいMの大きな地震は種々の発生様式をとり得ることが示されている (茅野, 1982)。

以上のことから、1982年浦河沖地震の前に b 値が変わったというよりは、大きな地震の発生様式に変化があったというべきであろう。

IV. P 波走時残差

大地震の発生に先立ってその震源域を含むある領域内で地震波速度の変化した例がかなりの数見出されている。そのようなことがあるとすれば走時残差にその影響が現われることが期待されるので、1968年以降に浦河周辺で発生した $M \geq 4.5$ 、 $h \leq 60$ km の地震 (1968年だけ $M \geq 5.0$) について、国際地震センター (ISC) のBulletinにより北海道大学の地震観測点の1つである上杵臼 (KMU) の走時残差、O-Cの時間変化を調べた。予備的調べの結果、1973年前後でO-Cが変わっているようにみえたが、この前後で地震が各々別の所で発生している場合にはO-Cの時間変化をみているのではなく、O-Cの場所による違いをみている恐れがある。そこで、期間を1973年の前後に分けて、ある地震から距離20km以内にほかの地震が前後の期間に

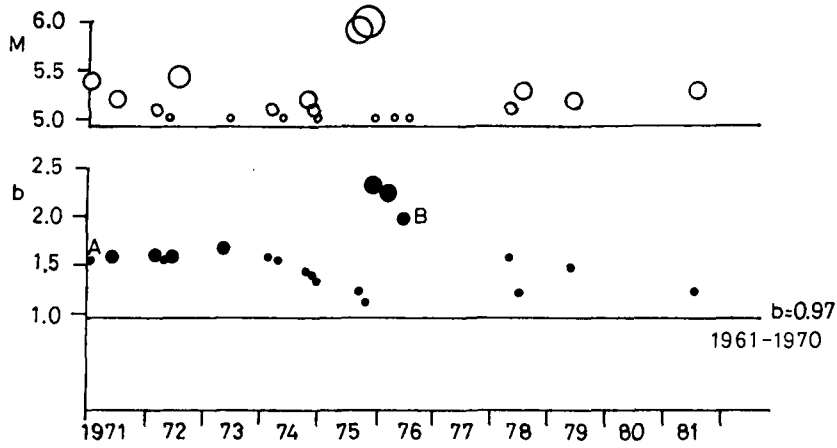


Fig. 6. Upper : Magnitude-time diagram. Lower : b-value plotted against time. $b=0.97$ is obtained for earthquakes in the period 1961-1970. Significance of the difference between each b-value and $b=0.97$ was tested. Big and middle circles indicate the difference at significance levels of 0.05 and 0.1, respectively. For A and B, numerals are $F = 1.552 < F_{0.05} (40, 70) = 1.559$ and $F = 1.958 < F_{0.025} (10, 70) = 1.964$, respectively.

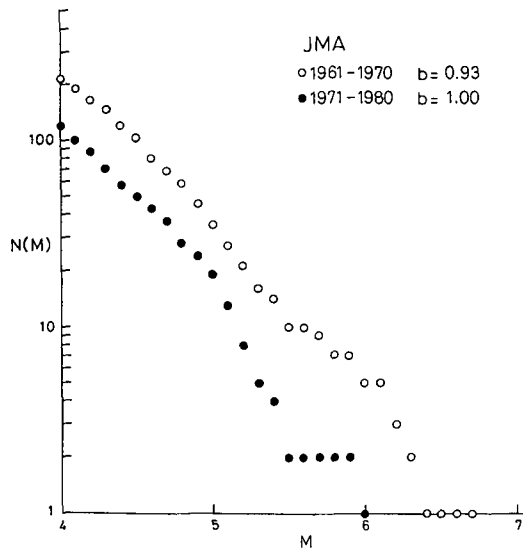


Fig. 7. Magnitude-cumulative frequency distributions of earthquakes. Events of smaller than M 5.0 are added.

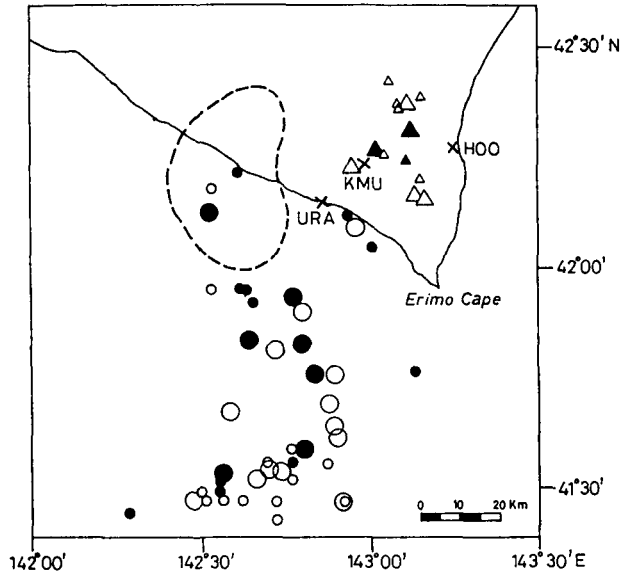


Fig. 8. Epicenters of earthquakes used in O-C investigation. Open and solid symbols show events before and after 1973, respectively. Large and small symbol sizes show $M \geq 5.0$ and $5.0 > M \geq 4.5$, respectively. Crosses show seismic stations: KMU (Hokkaido University), URA and HOO (JMA). Enclosed area shows the focal region of the 1982 Off Urakawa Earthquake.

発生している地震だけを使うことにした。用いた地震の震央分布を Fig. 8 に示すが、前後の期間で地震の地域的分布に著しいかたよりはないとみてよいであろう。これらの地震の深さ分布にも大きな差はない。

浦河沖と日高山脈の地震に分けて、KMU の O-C を時間に対してプロットした (Fig. 9)。日高山脈の地震の O-C はほとんど変化していないように見えるし、1974 年以降のデータが少ないので、以下では浦河沖の地震だけについて考える。

KMU の観測は 1967 年 7 月に北海道大学浦河地震観測所の観測点として観測がはじめられ、1976 年 7 月からデータは RCEP へテレメーターされている。この観測体制の変更が観測値に影響を与えていることも考えられるが、KMU の近くにある JMA の浦河測候所 (URA) の O-C も大変よく似た変化傾向を示している (Fig. 10) ので、KMU の観測値に問題があるとは思われない。

KMU および URA の観測資料は震源要素の決定に用いられている場合もあり、地震波速度が変化すれば、O-C は震源要素を決定するときの影響もうけているはずである。その影響は使用する観測点の組合せなどによって複雑に変わるのであろうが、全体として走時残差を小さくするように震源決定をする以上、震源決定には使用されていない観測点にくらべると O-C の変化は小さく現われる傾向にあるものと考えられる。また、局所的に地震波速度の異常がある場合には、その場

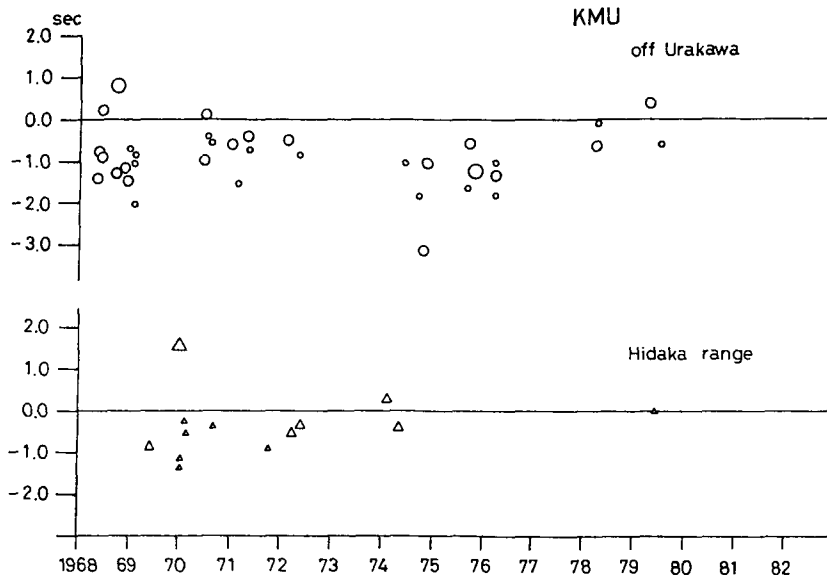


Fig. 9. P-wave travel time residual, O-C, plotted against time. Hypocenters and origin times reported in ISC bulletin are used. For off Urakawa and Hidaka range, circle and triangle events in Fig. 8 are used, respectively.

所を含む地域的な地震観測網（ここでは JMA）により得られる震源要素よりも、世界的なデータにより得られる ISC の震源要素を用いる方がその影響は小さいと考えられる。

以上のことを考えながら、O-C が時間的に変わったかどうかを検討する。時系列データの変化傾向を推定するために、基本的には相続く 3 点のデータの中位数を採用する方法 (TUKEY, 1977) により得られた結果を 1 年程度の短かい期間では著しく変動しないように平滑化して傾向曲線を引いた (Fig. 10, Fig. 11)。ISC の震源要素に基づく Fig. 10 では KMU と URA で 1974-76 年に最大 2 秒におよぶ O-C の減少がみられるが、JMA の震源要素に基づく URA の O-C にはこの変化は現われていない (Fig. 11)。しかし、JMA の震源決定には使用されていない KMU ではこの期間で O-C に若干の減少がみられるし、1972 年までは KMU と URA の O-C の変化傾向はよく似ているのに対して 1974 年以降に両観測点で違いが現われてくるのは、この時期に地震波速度に変化があったことを暗示していると考えられる。局地的な観測網である JMA のデータでは、URA の本来は意味のある走時異常を小さくするように震源要素が決定されてしまい、結果として URA の O-C には変化が現われていないのであろう。KMU は JMA の震源決定には使用されていないけれども、決定された震源要素の影響はうけており、その影響がより小さいと思われる ISC の震源要素を用いると O-C の変化が大きく現われてくることもいまのべた考えを支持している。函館 HAK (Fig. 1) の O-C には対応する変化は現われていない (Fig. 10) から、異常を起している領域は浦河周辺の比較的狭い場所であると思われる。

これまでに知られている地震波速度の変化は、まず速度が減少した後回復して地震発生に至るも

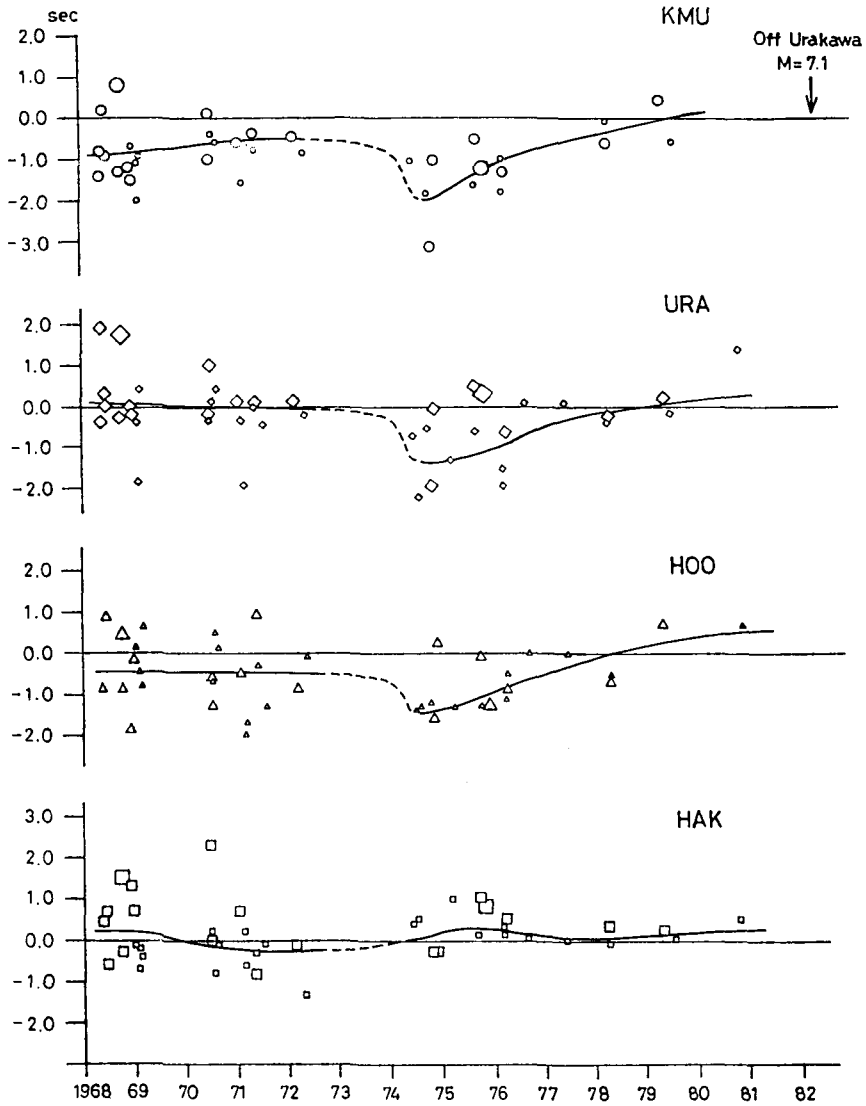


Fig. 10. O-C in four stations plotted against time. Earthquakes off Urakawa are used. Hypocenters and origin times are based on ISC bulletin.

のである。しかし、ここで見出されたO-Cの減少を地震波速度変化に結びつけて考えると、1974年頃に速度がかなり急に増加した後次第に回復して1982年浦河沖地震発生に至ったものと見ることが出来よう。震源域を地震波が通過する地震は3個しかないので震源域の中はよくわからないが、異常が現われた領域は少なくとも震源域に隣接した浦河南西沖の一部には及んでいると思われる。

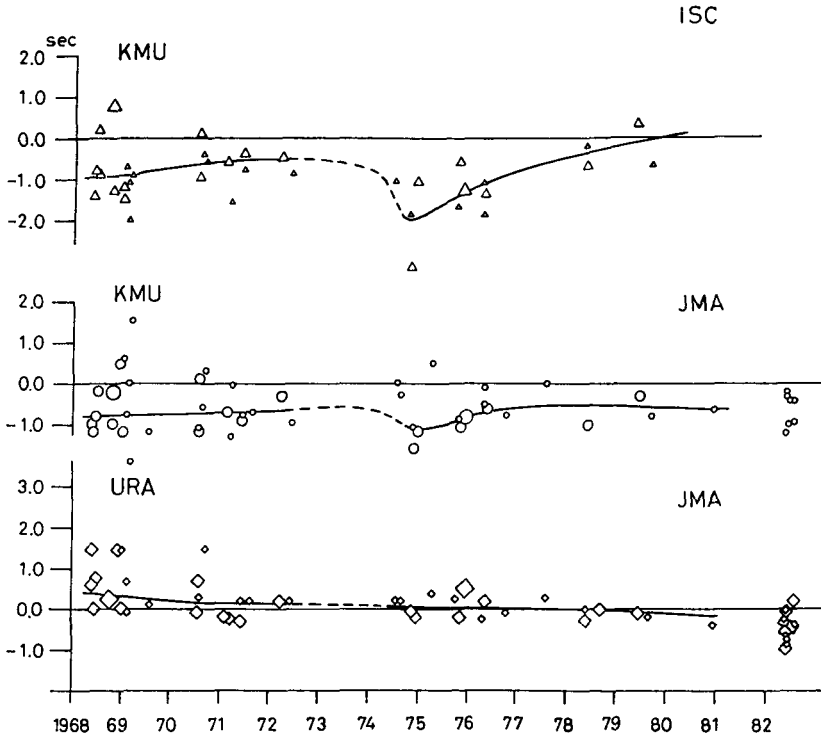


Fig. 11. O-C in KMU and URA plotted against time. Earthquakes off Urakawa are used. Hypocenters and origin times are taken from ISC and JMA bulletin, respectively.

V. おわりに

1982年浦河沖地震のやや長期的な前兆地震現象として、数年前からはじまる地震活動の低下、大きな地震 ($M \geq 5$) の発生様式の変化、地震波速度の変化、があった可能性を示した。これらの現象が現われたのは、震源域よりも広く浦河南西沖にわたっていた。この調査で最も問題となるのは、調査する領域の設定、とりあげる地震のMの下限についてあらかじめ決めておく規準がないことである。いずれにせよ、地震観測資料を注意深く調べれば前兆現象が見出される可能性はあり、調査事例が増加すれば、調査規準も明らかになってゆくものと期待される。

なお、浦河沖周辺の地震の余震活動（余震を伴う地震の割合、本震と最大余震のMの差など）も調べたが、1968年以降でとくに目立った変化は認められなかった。

謝辞 この報告をまとめるにあたり、議論して頂いた北海道大学理学部地震予知観測地域センターの各位に感謝致します。図は屋代玲子さんに準備して頂きました。

文 献

- 井上宇胤, 1965. 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**, 31-36.
- 茅野一郎, 1982. 地震群の一特性——大きい地震の大きさ分布に関する指標——. 震研彙報, **57**, 317-336.
- 気象庁, 1982. 改訂 日本付近の主要地震の表 (1926~1960年). 地震月報別冊 6.
- 本谷義信, 1983. 1982年浦河沖地震に関連する地震活動概報. 1982年浦河沖地震調査報告, 13-20.
- 酒井良男, 1983. 1982年3月21日浦河沖地震調査報告. 1982年浦河沖地震調査報告.
- SUYEHIRO, S., T. ASADA and M. OHTAKE, 1964. Foreshocks and Aftershocks Accompanying a Perceptible Earthquake in Central Japan. Pap. Met. Geophys., **15**, 71-88.
- 鈴木貞臣・本谷義信, 1983. 1982年浦河沖地震前後の地震活動の時間的变化. 1982年浦河沖地震調査報告, 57-70.
- TUKEY, J. W., 1977. Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley, Reading, Mass.
- 宇津徳治, 1965. 地震の規模別度数の統計式 $\log n = a - bM$ の係数 b を求める一方法. 北大地球物理研究報告, **13**, 99-104.
- 宇津徳治, 1967. 二つの地震群に対する b 値の違いの有意性の検定. 地震, **2**, **20**, 54-56.
- 宇津徳治, 1968. 北海道およびその周辺の地震活動. 北大地球物理学研究報告, **20**, 51-75.
- 宇津徳治, 1982. 浦河周辺の地震活動 (1885~1981年). 地震予知連絡会報, **28**, 19-20.