



Title	浦河周辺の地震活動（1885年—2000年）
Author(s)	本谷, 義信; MOTOYA, Yoshinobu
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 64, 183-193
Issue Date	2001-03-27
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.64.183
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14297
Type	departmental bulletin paper
File Information	64_p183-193.pdf



浦河周辺の地震活動（1885年–2000年）

本谷 義信

北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター

（2001年1月15日受理）

Seismicity near Urakawa, Hokkaido (1885-2000)

Yoshinobu MOTOYA

Institute of Seismology and Volcanology,

Graduate School of Science, Hokkaido University

(Received January 15, 2001)

Using 101 earthquakes of $M \geq 6.0$ in recent 116 years, we investigated seismicity in and around the focal region of 1982 Urakawa-oki Earthquake of $M 7.1$ on March 21, 1982, off Urakawa, Hokkaido. Data source used in this study are the Utsu's earthquake catalog for 1885–1925 and the Seismological Bulletin of Japan Meteorological Agency for 1926–2000.

No shallow earthquake has occurred since a $M 6.0$ event on November 30, 1983 and the very calm state in shallow seismicity has continued over 17 years, the longest interval in recent 116 years. For events of $h \geq 70\text{km}$, on the other hand, 5 of 13 has occurred after 1982 Urakawa-oki Earthquake. Moreover, surrounding earthquakes had concentrated gradually towards the focal region of the 1982 event during a period from about 1925 to its occurrence time.

We suggest that changes in seismicity near Urakawa may be related to large earthquakes nearly $M 8$ occurring in an active seismic period from 1952 to 1973 along the northern Japan – the southern Kuril trench as well as 1982 Urakawa-oki Earthquake and that they affect feedbackly the seismicity after their occurrences.

I. はじめに

北海道浦河沖は北海道とその周辺では地震活動が最も高い地域の1つであり、多くの被害地震も発生している。その中でも、1982年浦河沖地震（ $M 7.1$ ）は浦河町にきわめて近い沖合いを震源とし、その震源域は陸域（三石町）まで広がっていたため、日高地方を中心に広域的に大きな被害を与えた。

この地方の地震活動についてはすでにいくつかの調査研究がなされている（灰野ほか（1987）

など)が、地震データの蓄積が100年を超えたのを機会に、大きな地震に焦点をあてて、あらためて地震活動の調査をした。1982年浦河沖地震がこの地域の地震活動の中で占める位置を考えることが目的である。

II. 地震資料と調査領域

地震資料として、1926年から1960年までの地震が収録されている気象庁(JMA)の改訂地震カタログ(気象庁, 1982), その後はJMAの地震月報を用いた。宇津(1979, 1982 a, 1982 b)による1885年からの日本のM6以上の地震を収録した地震カタログがあるので、1885年から1925年までの地震資料はこれを用いた。また、1976年から北海道大学理学部地震予知観測地域センター(RCEP)^{*)}が北海道内に高感度地震観測網を展開し、微小地震の震源決定が可能になったので、小さな地震のデータとしてはRCEP震源も使った。

調べる全領域Tは(41-43°N, 141-144°E)の範囲である。1982年浦河沖地震に注目するために、全領域を浦河近傍U(41.5-43.0°N, 142.0-143.5°E)とその外周部S(TからUを除いた領域)に分けた。1885年から2000年までに調査対象領域で発生したM \geq 6.0の地震の震央分布を第1図に示す。主な地震をTable 1に掲げ、図中に記号を付けてある。1982年浦河沖地震(☆)の震源域は本震発生後1ヶ月間の余震分布から決めた。

Table 1. List of noticeable earthquakes

Mark	Date	Lat.	Long.	h	M	Remarks
		(N-deg)	(E-deg)	(km)	(JMA)	
d10	1926 Feb. 04	41.667	142.200	100	6.7	only deep event off Urakawa
D	1931 Feb. 17	42.550	142.816	30	6.8	disaster event in Hidaka range
A	1931 Mar. 09	41.200	142.500	0	7.6	the largest event investigated
B	1968 May 16	41.416	142.850	40	7.5	the largest aftershock#1 of 1968 Tokachi-oki Earthquake#2
d8	1968 Sep. 21	41.983	142.800	80	6.9	only event of 80km depth
C	1970 Jan. 21	42.383	143.133	50	6.7	disaster event in Hidaka range
☆	1982 Mar. 21	42.066	142.600	40	7.1	1982 Urakawa-oki Earthquake

Mark is the same as in Figure 1. #1 origin time 19h 39m 01.4s.

#2 1968 May 16 09h 48m 53.1s 40.733°N 143.583°E 0km M(JMA) 7.9

注) 1998年北海道大学大学院理学研究科地震火山研究観測センター(I S V)に改組

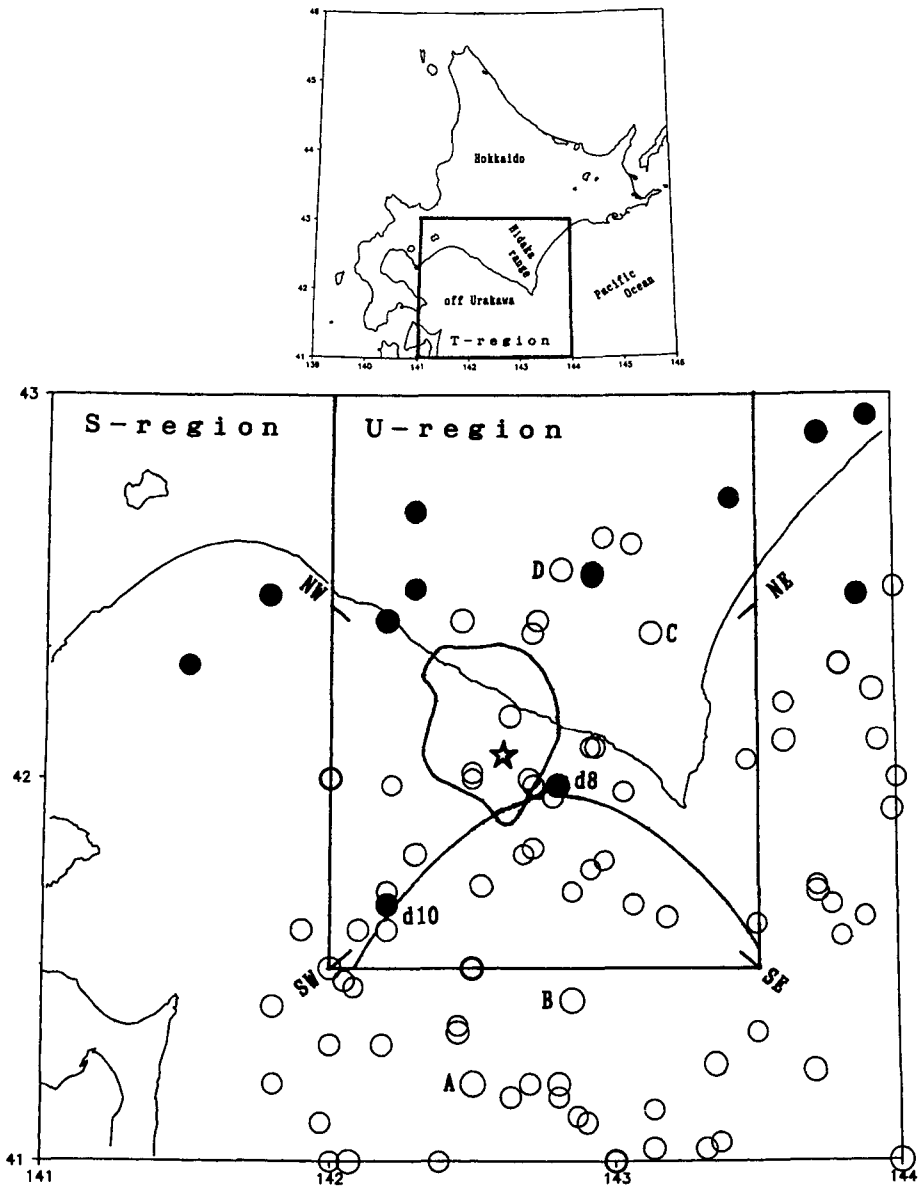


Fig. 1. Map showing research region and epicenters of earthquakes of $M \geq 6.0$ from 1885 through November, 2000. Whole region T is divided into near Urakawa U and its surroundings S. Open symbols show events shallower than 70km and solid ones deeper, respectively. A star represents the epicenter of 1982 Urakawa-oki Earthquake of M7.1 and its focal region is enclosed. Marked earthquakes are listed in Table 1. For an arch-like region, see Figure 4.

III. 地震の時空間分布

1. 地震の発生頻度

全領域 T で発生した $M \geq 6.0$ の地震は、1885 年から 1905 年までの 21 年間に 19 回 (0.90 回/年) 発生しているのに対して、1926 年から 1946 年までの 21 年間には 32 回 (1.52 回/年) 発生している。しかし、第 2 図に示すマグニチュード M の度数分布からは宇津のカタログからもれている地震はないと判断出来るので、実際に地震発生頻度に差があったものと考えられる。

$M \geq 6.0$ の範囲で、Gutenberg-Richter の関係式

$$\text{Log } N(M) = a - bM$$

の b 値を宇津 (1965) の式で最小マグニチュード M_s を 5.95 として計算すると、1926 年の前後でまったく同じ値 $b=0.91$ が得られた。しかし、 $M 7$ クラスの大きな地震の発生回数はこの直線関係から期待される回数よりも明らかに少ない。このことはこの地域の地震活動の特徴の 1 つと言えよう。

$M \geq 6.0$ の地震は 1885 年から 2000 年までの期間に 101 回発生しているので、単純に平均すると、0.87 回/年の発生頻度になる。70 km より深い地震は 13 回あるが、この内の 5 回は 1982 年浦河沖地震以降に発生している。また、60 km より浅い地震については、1983 年 11 月 30 日の $M 6.0$ の地震を最後にその後は M が 6 を越す地震は 1 個も発生していないことも注目される。

深さが 100 km より深い地震は、この地域の下へ北西方向に沈みこんでいる太平洋プレートと陸のプレートとの境界である深発地震面で発生していることが知られている。浦河沖付近で深発地震面の深さは 60 km 程度と考えられているので、1 個だけある深さ 100 km の地震 (第 1 図 d 10) は深過ぎるように思われる。この地震は 1926 年 2 月 4 日に発生したもので、宇津 (1982 a) の表でも深さは 100 km とされている。やや古い地震のことでもあり、この深さで M が 6 を越す地震が本当に発生するかどうかを確かめることは今後に残された問題の 1 つと言えよう。また、浦河沖にもう 1 個あるやや深い地震 (d 8) は 1968 年 9 月 21 日に発生したもので震源の深さは 80 km である。すべての地震

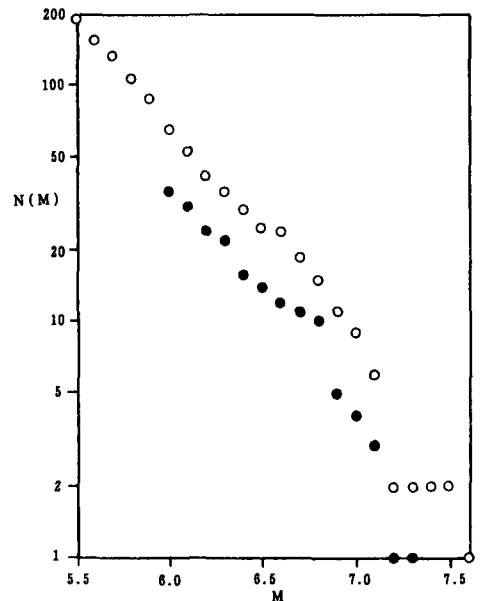


Fig. 2. Cumulative frequency distribution of magnitudes of earthquakes in T-region. Solid circles from 1885 through 1925 and open from 1926 through November, 2000, respectively.

の中で深さが80 kmの地震はこの地震だけである。この地震には余震が観測されており (Motoya, 1974), 深い地震には余震が少ないことを考えると, 80 kmより浅い地震であった可能性もある。

第1図に示してある浦河周辺Uとその外周部Sの各々の領域について, $M \geq 6.0$ の地震の積算回数 (Σn) と積算放出エネルギー量 (ΣE) を第3図に示す。1885年から1900年代の初めまでU領域には地震が発生していないように見えるが, これは見かけだけのことである。宇津のカタログでは地震そのものの記載もれはないと考えてよいが, 最初の頃の地震の震源位置を推定することはかなり困難であつたらしく, $1/2$ 度単位で震央が与えられている地震がかなりある。1898年までに, ($41 \frac{1}{2}^{\circ}N$, $142 \frac{1}{2}^{\circ}E$)に6個(内M7より大きいもの2個)の地震が記載されていて, ここではこれらの地震をすべてS領域に入れているためである。

S領域の ΣE に大きな飛びが2回ある。最初は1931年3月9日の青森県東方沖の地震(深さ $h=0$ km, M7.6, 第1図のA)によるものがある。この地震は調査した地震の中で最大のMが与えられているが, Mが大きい割には被害は小さかったとされている(宇津編, 1987)。もう1つの飛びは1968年5月16日19時39分の青森県東方沖の地震($h=40$ km, M7.5, 同図のB)によるものである。この地震は1968年十勝沖地震(5月16日09時48分, M7.9)の最大

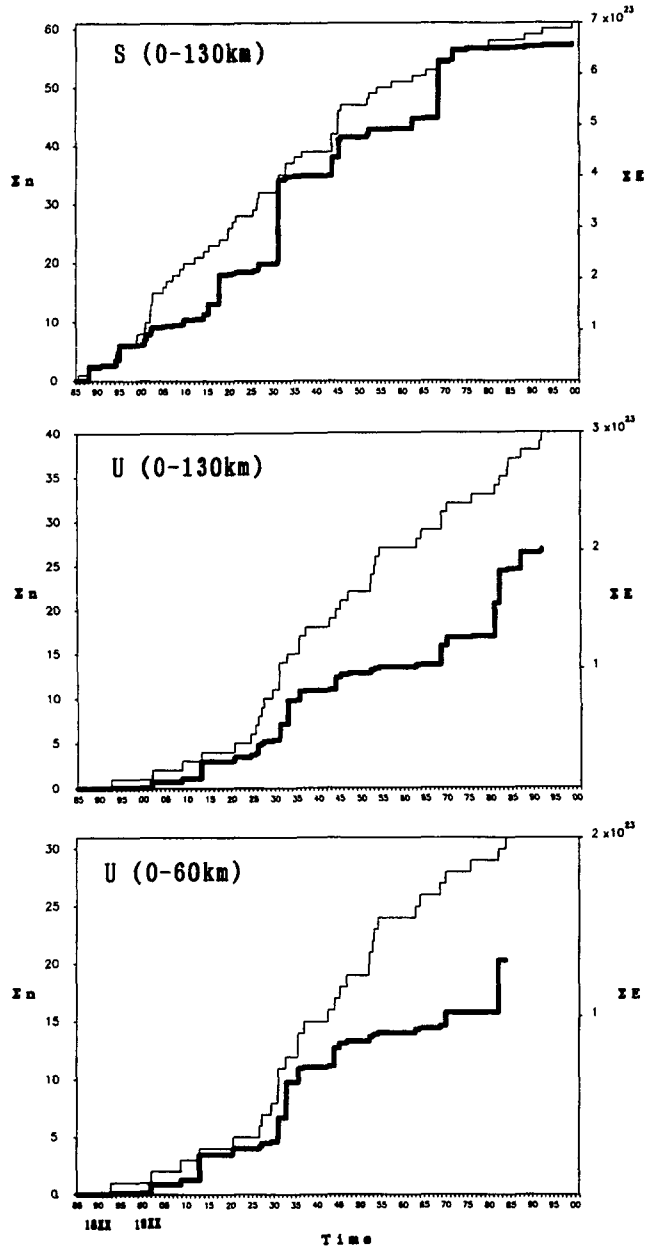


Fig. 3. Cumulative curve of number of earthquakes of $M \geq 6.0$ (thin) and that of seismic energy released by them (bold).

余震で多数の2次余震を伴った。これら2回の飛びを除くと、 ΣE は1973年ころまでほぼ一様に増加しているが、その後は2000年までの27年間にわたって ΣE はほとんど増加していない。大きい地震でみるかぎり、この115年間では最も長い期間静かな状態が続いていることになる。 Σn で見ると、1950年頃を境にして地震発生率が低下したようにみえる。

U領域では1930年代に ΣE の増加率が大きい。また、1968年からも ΣE の増加が著しい(第3図中段)。しかし、これは深い地震の寄与によるもので、60 kmより浅い地震だけでみると、1982年浦河沖地震だけが突出して大きなエネルギーを放出したことがわかる(同図下段)。 Σn からも1925年から10年間程度は地震活動が高かったことがわかる。 $M \geq 6.0$ の地震の発生時間間隔の平均は、1950年の前後で、 (1.31 ± 1.44) 回/年から (3.40 ± 2.36) 回/年に変わり、この領域でも1950年頃から地震発生率が低くなったことがわかる。60 kmより浅い地震だけでみると、 M が6を越す地震は最近の16年間発生しておらず、きわめて静穏な状況が続いていると言える。

2. 震源分布

2.1 地震活動が低い領域の存在

第1図に示すU領域の中で、1982年浦河沖地震の震源域に接して、その南方に弓形で示してある領域には、1926年10月20日から1944年1月31日まで(17.3年)の間 $M \geq 6.0$ の地震が発生していない。1885年から2000年までの期間にはこの領域には19回の地震が発生しているので、17.3年間では3回程度の地震発生が期待される。また、1899年から1944年までの46年間には8-9回の地震発生が期待されるが、実際に起きたのは1919年7月22日と1926年10月19日の2回だけである。1925年以前の地震の位置の不確かさを考えても、この領域の地震活動が低かったことは間違いない。

1930年から1935年までの期間に M の決められている地震の震央をすべてプロットした第4図を見ても、上の述べた領域に震源の決っている地震は1個もない。この図に示した範囲内では地震検知能力に著しい差はないであろうから、 M が6より小さい地震でも地震活動が低かったと言えよう。



Fig. 4. Epicenter distribution of earthquakes from 1930 through 1935. All events are plotted regardless their magnitudes. Seismicity in the arch-like part was very low through the first half of this century.

2.2 震源の集中

U 領域の地震の時空間分布を第 5 図に示す。1926 年以前の地震もプロットしてあるが、震源位置の精度が足りないことは明らかである。浦河沖 (SW) から日高山脈 (NE) の方向へ距離を測った時空間分布をみると (第 5 図左), 1982 年浦河沖地震 (図中の☆印) に向かって震源が集中して行く様子が明瞭に見える。深い地震を除けば, 1970 年 1 月 21 日の日高山脈地震 ($h=50$ km, M 6.7, C) だけが孤立した位置にある。この地震では浦河町などで家屋, 橋などに被害があり, 多数の余震が観測されている (本谷・北構, 1971)。日高山脈で発生した地震で, これに類似した地震としては, 1931 年 2 月 17 日の地震 ($h=30$ km, M 6.8, D) (北田, 1932) があるだけである。

太平洋側 (SE) から海岸に平行に北西 (NE) 方向へ距離を測っても同じ傾向が認められる。

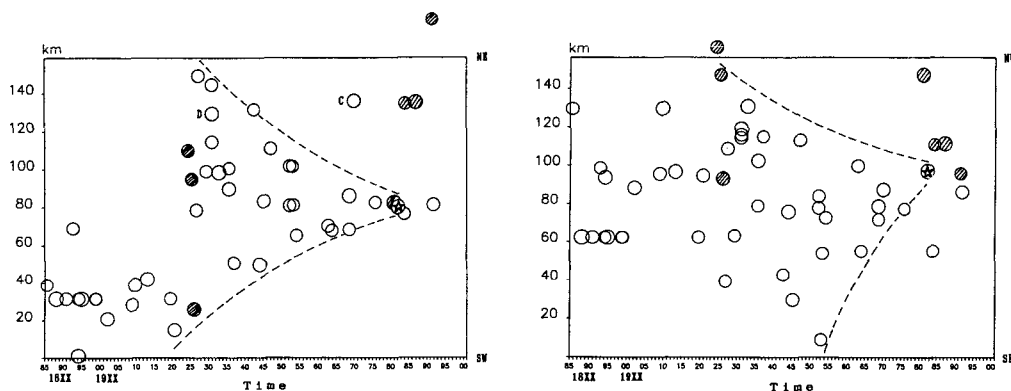


Fig. 5. Space-time distribution of earthquakes of $M \geq 6.0$ whose epicenter are shown in U-Region in Figure 1. Open symbols $h \leq 70$ km, and slant ones $h > 70$ km. Other marks are the same as in Figure 1. Earthquake concentration is suggested as dotted line.

3. 地震の再帰性

領域 U で, M が 6.5 から 6.9 までの地震だけの地震の積算回数を第 6 図左に示す。1950 年の前後で分布の様子が明瞭に異なっていて, 1885 年から 1945 年までの地震はかなり規則的に発生していることがわかる。この期間の発生間隔の平均は (6.2 ± 1.9) 回/年でばらつきも小さい。一方, M が 6.0 から 6.4 までの地震に限ると, 発生間隔の平均は (3.4 ± 3.2) 回/年となり, 規則性は失われてしまう (同図右)。

活断層は各々固有の大きさの地震を繰り返し発生させることが知られている (松田, 1975) が, ここではほぼ一定な時間間隔で発生している地震は 1 つの断層の繰り返し滑りで発生しているものでないことは明らかである。しかし, 規則性の出現が M に依存していることは特定の大きさの断層だけが滑りやすいことを示しているのかもしれない。微小地震の空間分布が大きな地震の震源域と関連していると仮定して, 以下の考察を試みる。

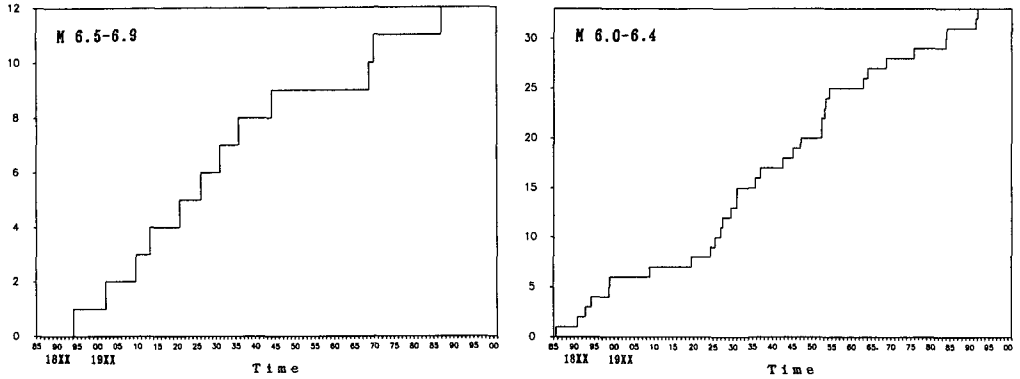


Fig. 6. Cumulative curves of number of earthquakes in U-region.

領域 U の微小地震の震源分布を第 7 図に示す。左は RCEP の観測が始まってから 1982 年浦河沖地震が発生する直前までの 5.7 年間、右は 1991 年から 2000 年まで 10.0 年間の分布である。1982 年浦河沖地震の震源域に相当する領域ではこの大地震の発生前から微小地震が空間的にまとまって発生していたし、本震後 10 年を経過しても余震のかたまりが明瞭に認められる。このほかにも地震のまとまりがいくつもみられる。これらの微小地震の大部分は大きな地震の直接の余

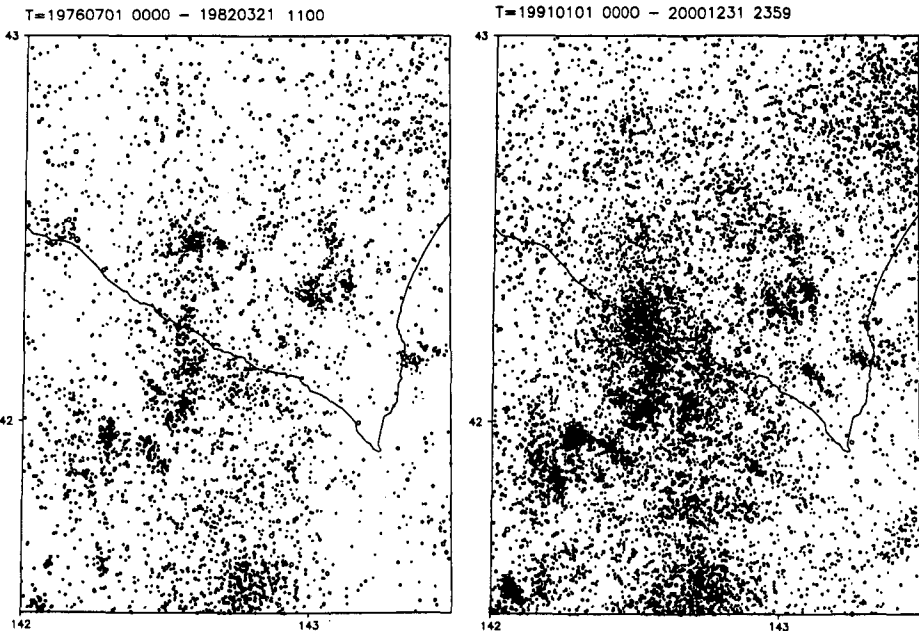


Fig. 7. Epicenter distributions of microearthquakes located by Institute of Seismology and Volcanology (ISV), Hokkaido University. All events are plotted without any restriction for focal depth and magnitude.

震といえるものではないが、地震の空間密度の高い所が大きな地震の震源域と重なっているかどうかを調べた。

Utsu(1969) による余震域の面積 S (km^2) と本震の M との関係を示す経験式

$$\text{Log } S = M - 3.7$$

から M に対応する S を求めて、領域 U をこの面積の大ききで分割する。余震域は正方形であると仮定して、 $M=6.5$ の場合には $80 \times 80 \text{ km}$ のメッシュに分割した。RCEP の観測が始まった 1976 年 7 月から 2000 年 11 月までにこの領域で発生したすべての地震 31899 個を各メッシュ毎に数えて、4000 以上の地震を含むメッシュのみを図示した。この図に $M 6.5$ から 6.9 までの地震(以下本震という) 12 個を $M 6.5$ の余震域の面積に相当する円の大ききで重ねて描いた(第 8 図左)。7 個の円と正方形が重なっており、約 58%の本震が微小地震活動と関連している可能性があると考えた。この数値はメッシュの位置を東西南北に半メッシュずつずらして重ねても変わらなかった。領域の南西端で発生している本震には微小地震活動が対応していないようにみえる。しかし、この付近は ISV の観測網から遠くなるので、地震検知能力が低くなっている影響があるかもしれない。

同様に、 $M=6.0$ の場合の余震域の面積に相当する $14 \times 14 \text{ km}$ のメッシュで分割し、400 個以上

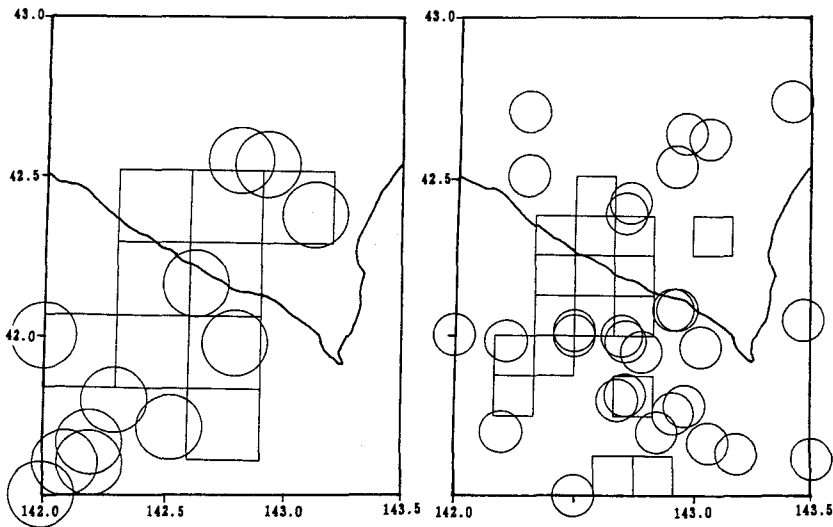


Fig. 8. Map showing spatial relation between large earthquake and cluster of microearthquakes. Left : meshes in which more than 4000 microevents are counted from July,1976 through 2000 are shown. Size of a mesh is $80 \times 80 \text{ km}$ equivalent to size of an aftershock area of $M6.5$ main shock. Earthquakes from $M6.5$ to $M6.9$ are superposed with circles of equivalent size to $M6.5$. Right : same as left, but equivalent size to $M6.0$, mesh size $14 \times 14 \text{ km}$, more than 400 events, and earthquakes of $M6.0$ - $M6.4$.

の地震が含まれるメッシュと M 6.0 から 6.4 までの本震を第 7 図右に示す。この場合には約 36% の本震が微小地震活動と関連していることになる。しかし、大部分のメッシュは M 6.5 のメッシュと見かけ上は重なっていて、この部分での微小地震活動は M 6.5 以上の地震と関連したものと区別出来ない。したがって、M 6 程度の地震だけに対応する微小地震活動はあるとしても見えていないと考えられる。

M 6 クラスの地震の発生間隔には本質的に規則性がないのであろうか。M 6 クラスの地震にも固有の規則性があるとしても、M 6.5 クラスの震源域と重なっている部分では大きい断層の滑りがその規則性を乱している可能性もあり、結果として第 6 図右の分布となっていることも考えられる。

IV. 議 論

M \geq 6.0 の地震を調べると浦河とその周辺の地震活動は 1950 年前後で大きく変わったことがわかった。1950 年頃から地震活動は低下し、とくに 60 km より浅い地震活動では 1982 年浦河沖地震以降過去 115 年間で最も静穏な状態が続いている。

M が 6.5 から 6.9 までの地震だけに限ると、1950 年前後の変化がとくに著しく見える。1950 年を境にして前半の 50 年間では、この範囲の大きさの地震は領域 U 内では平均すると 6.2 年の間隔でかなり規則的に繰り返し発生していたが、後半の 50 年ではこの規則性は見られなくなる(第 6 図)。また、M がこの範囲にない地震ではこのような規則性は見られない。同じ大きさの地震を発生させる断層のみを選択的に滑らせる応力分布がどのようなものであるかはわからないが、1950 年前後で応力分布に変化があったものと推定される。

日本海溝北部から千島海溝南部の海溝沿いの領域では、1952 年十勝沖地震 (M 8.2) から 1973 年根室半島沖地震 (M 7.4) まで大地震が相次いで発生し、1952 年から 21 年間は大地震の活動期であった (宇津, 1984)。上に述べた 1950 年前後の応力分布の変化はこの大地震活動期と関連している可能性が考えられるが、変化が活動期の前に起きたのか、大地震が起きた結果として生じたのかはわからない。本谷 (1983) は 1968 十勝沖地震 (M 7.9) と 1952 年十勝沖地震 (M 8.2) の発生の数年前からここで調べているのと同じ領域で M \geq 5.0 の地震の地震活動が低下したことを報告しており、大地震の震源域よりはるかに広い領域で応力場が変わる場合があることを示唆している。

1982 年浦河沖地震の震源域の南端に接して、その南方に 1900 年頃から 1945 年頃までの間の地震活動が大変低い弓形の領域があった (第 4 図)。この領域は 1968 年十勝沖地震の最大余震の 2 次余震域に近いので、ここでみられた低い地震活動はこの大地震と関係しているかもしれない。さらに南方の地震活動も調べる必要がある。

1982 年浦河沖地震の前兆現象として、本震発生の 3 ヶ月前から震源域とその周辺の地震活動が時空間で系統的に変化したこと、4 時間前から前震が観測されたことが報告されている (本谷ほか (1987))。今回の調査で、より長期的な現象として、1925 年頃から M \geq 6.0 の地震の震源が 1982

年浦河沖地震の震源域へ集中していったことが見いだされた (第5図)。

V. お わ り に

1885年からの2000年まで116年間の地震データを用いて、浦河とその周辺の地震活動を調べた。この領域の地震活動は、1952年から始まる北海道太平洋沿岸に沿う海溝での大地震活動期に関連する活動の変化と1982年浦河沖地震に関連する変化が重なって変動しているものと考えられる。

この116年間に発生した60 kmより浅い地震では、1982年浦河沖地震は突出した地震であることがわかった。その意味では、このような地震は100年に1回の出来事と言えなくもない。しかし、この程度の地震を発生させる断層が浦河沖には他にもあるかもしれないし、弾性歪($\Sigma \sqrt{E}$)の積算からは次ぎのイベントの発生が近づいているという報告(森江・藤井, 1990)もある。今後も地震活動の注意深い監視が必要であり、ここで見いだされた現象が次ぎの大地震の前にも繰り返されるかどうかはわからないが、参考になるに違いない。

文 献

- 灰野博三・丸井信六・田中圭介・輪島 淳, 1987, 浦河付近の最近の地震活動, 験震時報, 51, 21-26.
- 気象庁, 1982, 改訂 日本付近の主要地震の表 (1926-1960), 地震月報別冊, 第6号
- 北田道男, 1932, 昭和6年2月17日北海道浦河の地震報告, 験震時報, 6, 133-154.
- 森江光徳・藤井 孝, 1990, 浦河沖を震央とする地震について, 験震時報, 53, 45-50.
- 本谷義信・北構宗夫, 1971, 1970年1月21日の北海道日高山脈南部地震の調査報告, 北海道大学地球物理研究報告, 25, 141-153.
- Motoya, Y., 1974, Aftershock sequences recorded during a microearthquake observation at Kaminikeusu, Hokkaido (1964-1972), J. Phys. Earth, 22, 245-262.
- 本谷義信, 1983, 1982年浦河沖地震の前兆, 地震活動・b値・走時の変化, 北海道大学地球物理研究報告, 42, 263-274.
- 本谷義信・笠原 稔・森谷武男, 1987, 1982年浦河沖地震とその子知に関連する諸問題, 地震予知研究シンポジウム, 61-68.
- 松田時彦, 1975, 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震, ii, 28, 269-283.
- 宇津徳治, 1965, 地震の規模別度数の統計式 $\log n = a - bM$ の計数 b を求める一方法, 北海道大学地球物理研究報告, 13, 99-104.
- Utsu, T., 1969, Aftershocks and earthquake statistics (I), J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. VII, 3, 197-266.
- 宇津徳治, 1979, 1885年-1925年の日本の地震活動 -M 6以上の地震および被害地震の再調査-, 地震研究所彙報, 54, 253-308.
- 宇津徳治, 1982 a, 1885年-1925年の日本の地震活動 (訂正と補遺), 地震研究所彙報, 57, 111-117.
- 宇津徳治, 1982 b, 日本付近のM 6.0以上の地震および被害地震の表: 1885年-1980年, 地震研究所彙報, 57, 401-463.
- 宇津徳治, 1984, 地震学 (第2版), 共立出版, 160-162.
- 宇津徳治編, 1987, 日本の主な地震の表, 地震の辞典, 朝倉書店, 532.