



Title	巨大地震発生に先立つ定常地震活動の低下 : 離れた大地震でトリガーされた例
Author(s)	岡田, 弘; OKADA, Hiromu
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 37, 43-51
Issue Date	1978-03-30
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.37.43
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14076
Type	departmental bulletin paper
File Information	37_p43-51.pdf



巨大地震発生に先立つ定常地震活動の低下 —— 離れた大地震でトリガーされた例 ——

岡 田 弘

北海道大学理学部地球物理学教室
(昭和52年10月15日受理)

Premonitory Seismicity Lowering Triggered by a Remote Large Earthquake

By Hiromu OKADA

Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University
(Received October, 15, 1977)

Clear seismicity lowering was found prior to the two major earthquakes which occurred in the Tokachi-oki, the junction of the Kurile and the Tohoku arcs. The cumulative curve of long term felt earthquake frequency cannot be explained simply by the combination of the constant rate background seismicity and the series of aftershock type activity. Seismicity lowering by about 30 % is found at Urakawa prior to the Tokachi-oki earthquake of 1968 ($M=7.9$) not only in the cumulative felt earthquake curve but also in the cumulative frequency curve of JMA hypocenters ($\Delta \leq 100\text{km}$). Seismicity lowering by about 50 % is found at Kushiro prior to the Tokachi-oki earthquake of 1952 ($M=8.1$). The duration time of these premonitory seismicity lowering is 13.2 year and 4.7 year for the earthquakes of 1952 and 1968, respectively. These values are too small compared with those predicted from the empirical relation between the precursor time and the earthquake magnitude. The seismicity lowering started in both cases suddenly at the time of the occurrence of large earthquake several hundreds kilometer away. The great Urup-oki earthquake of 1963 ($M=8.1$) and the series of Shioya-oki earthquake of 1938 (M eq. 8.1) are the trigger events of the 1968 and the 1952 Tokachi-oki earthquakes, respectively. The inferred trigger mechanism of the premonitory seismicity lowering is the stress coupling between the oceanic lithosphere and the island arc block.

I. 有感地震回数の長期間累積曲線の諸特徴

千島列島から東北地方の太平洋沖で発生するマグニチュード8程度の巨大地震は1952年十勝沖地震・1968年十勝沖地震・1973年根室沖地震の際みられたように、地震活動の空白域をその震源域(余震域)によって埋めるように起っている。空白域の時間的的形成過程を長期間にわたり検討吟味するためには、震源資料は少な過ぎたり不均質である。ここでは巨大地震の発生域に近い観測

点で得られた過去数十年から百年近い期間の有感地震回数資料を用い長期間の地震活動の推移を検討する。

東北日本の太平洋沿岸の主な気象管署（根室 NEM，釧路 KUS，浦河 URA，八戸 HAC，宮古 MIY，小名浜 ONA，銚子 CHO）における月別有感地震回数の累積曲線を Fig. 1 に示す。有感地震回数の資料は気象庁地震課による出版物「全国有感・無感地震回数表（1873 年～1974 年）」および札幌管区気象台発行の「北海道地震火山月報」に依った。観測点は互いに 100～200 km 程度離れており沖合で発生する巨大地震の震源域の活動推移をみるためには好都合である。図中上向き矢印で観測点近くの主な地震が示されている。

地震活動が「時間的に一定な定常地震活動」と「大地震の本震——余震活動」の重ね合せであると仮定すると、地震数の累積曲線は「急増し除々に勾配の緩くなる余震型」の部分と「一定勾配の直線型」の部分の結合形になるはずである。Fig. 1 の累積曲線群をみると矢印で示した余震型活動と大雑把にみて似たような勾配を持つ直線状の定常活動（20～40 個/年）がみられる。八戸・宮古・小名浜のように数十年にわたって直線状増加を示す場合もあり、また根室の 1894 年の地震後のように約 50 年の長期にわたりになめらかな余震型曲線を示している場合も認められる。

しかしながら長期間にわたって詳しくみると「余震型+定常活動」の予想曲線に合わない部分がいくつか認められる。対応する余震活動なしに直線勾配が増加する場合（Type 1），および直線部分の勾配が余震型のなめらかな減少とは異った不連続的減少を示す場合（Type 2）がその主なものである。

銚子の累積曲線にみられる 1949 年 9 月の不連続的折れは気象官署の移転（海岸ふちから市街地へ）による影響である。観測点の移転・建物の新增築・人員規模の変更や転勤等の観測体制等有感地震の判定に影響のある要素は多いが、このうち特に始めの二要素は有感地震回数変化の有意性をみるためには必ず点検する必要がある。銚子のこの例を除き Fig. 1 には人為的なものとみられるはっきりした変化は見い出されなかった。

Fig. 1 の釧路の曲線には上に述べた二つのタイプの非余震的活動変化がはっきり認められる。釧路は 1900 年代には極めて低い活動を示しているが 1910 年代に活発化し 1924 年頃から 1938 年の間には 1910 年代の約 4.5 倍の活動を示している。これは非余震的地震活動増加の例で Type 1 である。この期間隣りの根室は 1894 年根室沖地震の余震型活動を続けたのち 1924 年頃にやや活発化を示している。一方釧路の有感回数は 1938 年（Fig. 1 D2 印）から 1952 年十勝沖地震の間再び低い活動（約 50% 減）を示している。この活動低下は非余震的で type 2 の例と考える。1952 年十勝沖地震以後の釧路の直線勾配は再び急で地震前の約 5 割増の活動を示している。

近くの大震災に先立つ有感地震活動の非余震的低下（Type 2）は Fig. 1 からみてかなり一般적으로思われる。1952 年十勝沖地震前の根室（D 1）および釧路（D 2），1968 年十勝沖地震前の浦河（D 3），宮古（D 4）および八戸，1960 年三陸沖地震前の宮古（D 5），1973 年根室沖地震前の根室，1931 年浦河附近の地震前の浦河，1923 年関東地震前の銚子と、ほぼ全ての事例について活動低下が認められるようである。1894 年根室沖地震と 1933 年三陸沖地震は数少い例外

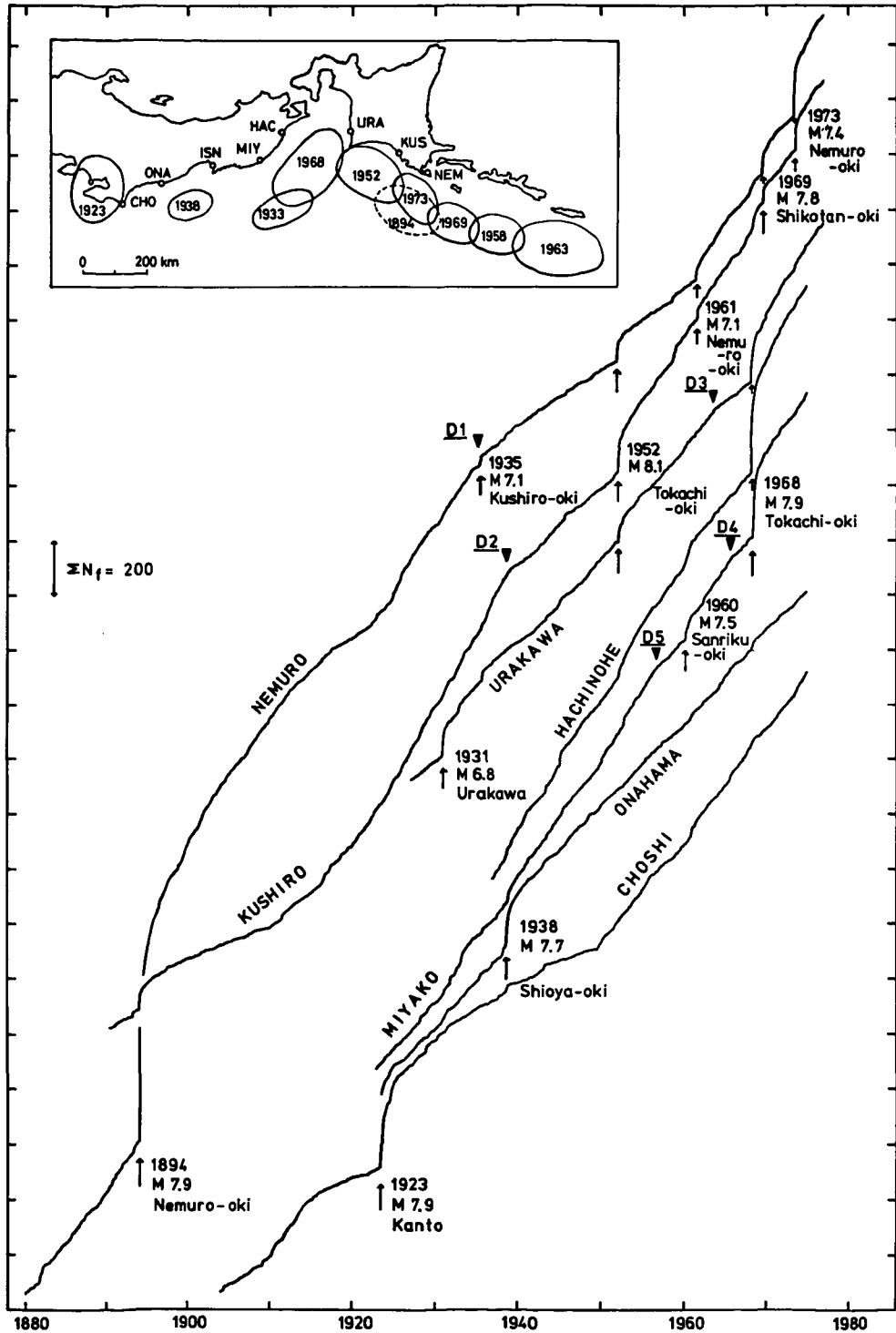


Fig. 1 Cumulative frequency curves of the monthly felt earthquakes at several stations on the Pacific coast.

かもしれない。しかし 1894 年以前の資料が充分でないので 1894 年の例についての詳細は不明である。1933 年三陸沖地震は海溝下の巨大正断層地震としての特殊性があるのかもしれない。また余震自体も極めて少なかったようである。

II. 1952 年および 1968 年十勝沖地震発生前の定常地震活動の低下と引き金地震

大地震発生前の定常地震活動の低下の最も顕著な例として 1952 年十勝沖地震と、資料が入手し易く既に詳しい諸解析がなされている 1968 年十勝沖地震の二例について詳しく検討する。

Fig. 2 に 1968 年十勝沖地震前後の浦河における月別有感地震と浦河周辺で発生した地震数 (JMA 震源, 浦河から 100 km 以内, $M \geq 4.0$) の累積曲線を示す。累積曲線は度数分布そのものに比べて長期間にわたる変動をみるのに適しておりこの場合も累積有感地震曲線は 1963 年 10 月を境に折れており、活動度は 3.0 個/月から約 30% 減少して 2.0 個/月となっていることがわかる。有感地震には観測点からかなり離れた深発地震や大地震の余震群も含まれる。1971 年~1972 年の浦河の有感地震の素姓を調べたところ約 80% は震央距離 150 km 以内であった。幾分離れた所で大中の余震が空間的に集中して発生している場合は、このような近地地震の占める比率は当然小さくなるだろう (浦河測候所, 1977)。Fig. 2 の累積地震数 ($\Delta \leq 100$ km) にも 1963 年 10 月

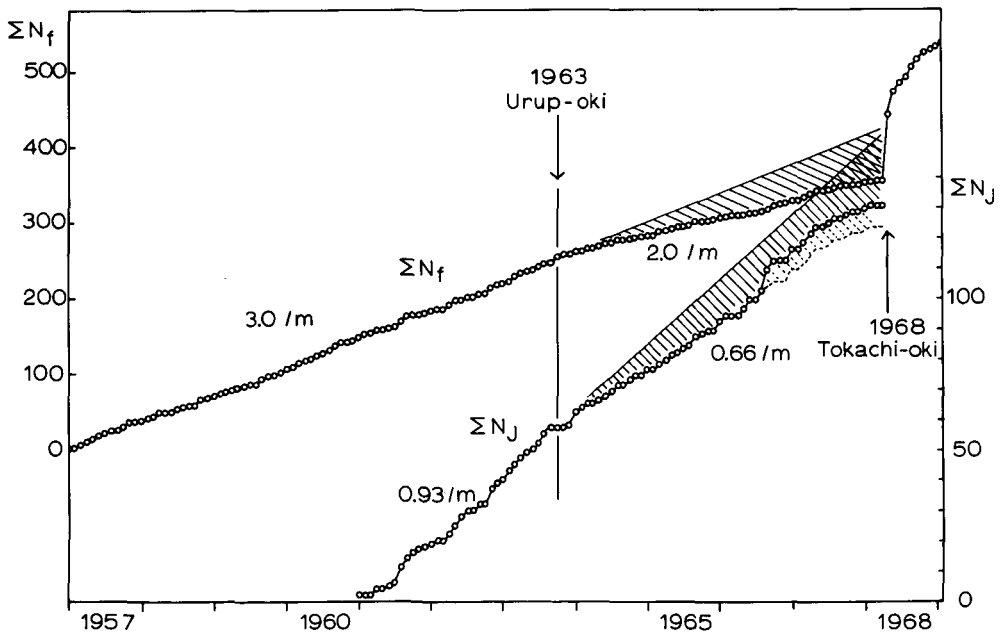


Fig. 2 Premonitory seismicity lowering prior to the great Tokachi-oki earthquake of 1968. The arrow indicates the time of the seismicity lowering which corresponds to the time of the great Urup-oki earthquake of 1963. Note that the cumulative curves of monthly felt earthquakes at Urakawa (URA) (upper curve) and of the JMA hypocenters ($\Delta \leq 100$ km at URA) (lower curve) indicate clear seismicity lowering by about 30 %.

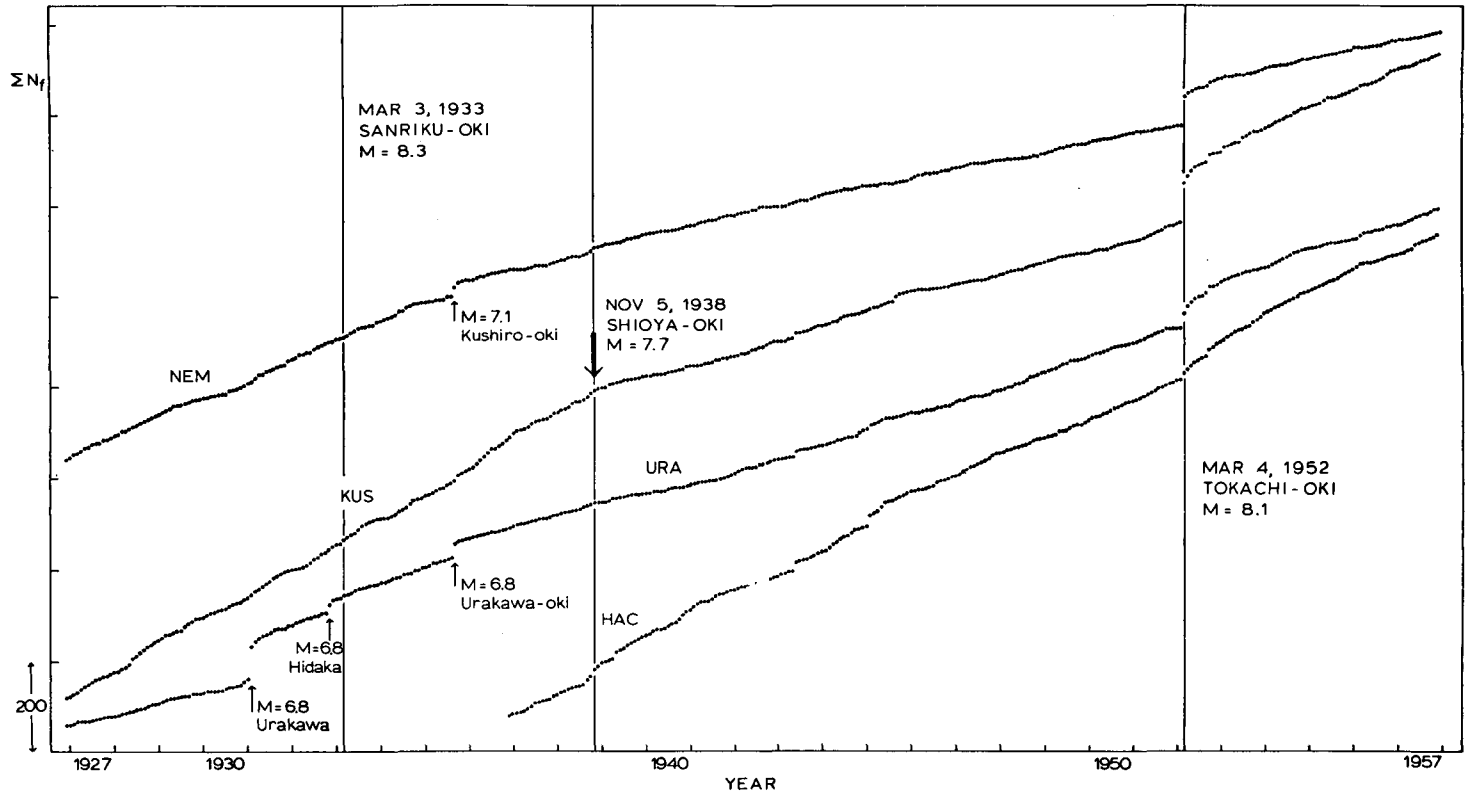


Fig. 3 Premonitory seismicity lowering prior to the great Tokachi-oki earthquake of 1952. The thick arrow indicates the time of the seismicity lowering at Kushiro (KUS) which corresponds to the time of the great Shioya-oki earthquake of 1938.

巨大地震発生に先立つ定常地震活動の低下——離れた大地震でトリガーされた例——

に対応した活動度の低下が認められる。

1963年10月13日 $M_{JMA}=8.1$ のウルフ島沖地震が起っている。この地震は南千島では最大級のもので250 kmの断層長を持つ低角逆断層型である (Kanamori, 1970)。離れているため根室や釧路の有感曲線に顕著な変化はみられないが、浦河でみられる定常地震活動低下の時に一致する。二つの出来事は偶然時を同じくしているのかもしれないが、月単位の精度で一致することおよび次に述べるような1952年の同様な例を考えるとウルフ島沖地震が浦河周辺の定常地震活動低下の引き金作用 (triggering) をはたしたという解釈が可能である。

Fig. 3に1952年十勝沖地震前後の四観測点における累積有感地震曲線の拡大図を示す。1938

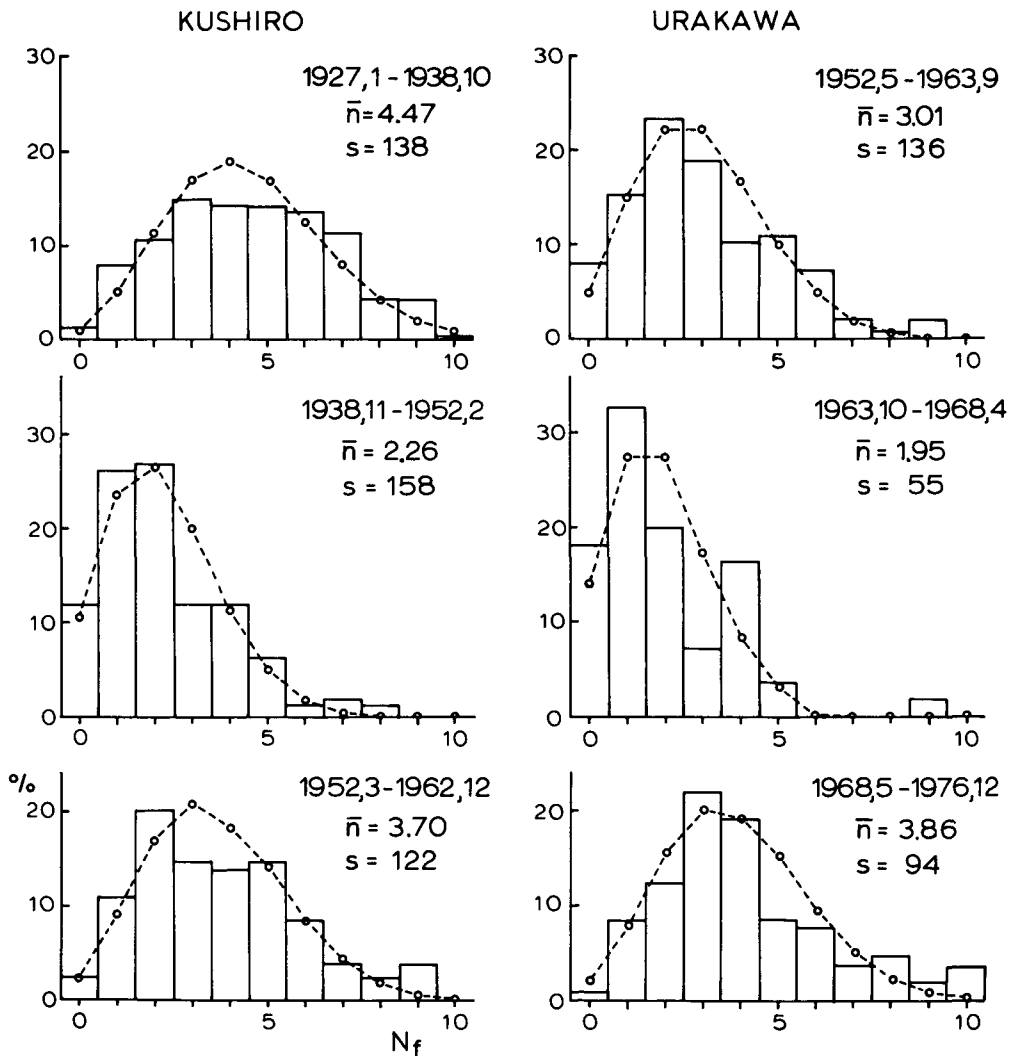


Fig. 4 Distribution of monthly felt earthquake frequency for three stages, before, during and after the seismicity lowering. The dashed curves indicate the corresponding Poisson distributions.

年 11 月頃を境に釧路の有感地震数は約 4.5 個/月から 2.3 個/月に減少している。釧路は 1952 年の震源域に最も近接している。図に示した期間に南千島から東日本で発生した巨大地震としては 1933 年 3 月三陸沖地震 (MJMA=8.3), 1938 年 11 月塩屋沖地震 (MJMA=7.7) および 1952 年 3 月十勝沖地震がある。塩屋沖地震は釧路から約 700 km 離れているが月単位の精度で釧路の有感地震数減少の時に一致する。塩屋沖地震は一ヶ月間に MJMA 7 以上の地震 5 個が連発した特異なもので合わせて MJMA=8.1 に相当する。連発地震の主なものとは低角逆断層型である (阿部, 1976; 辻・阿部, 1976)。先の例と同様塩屋沖地震もまた釧路沖の定常地震活動低下の引き金作用をしたと解釈できる。

III. 大地震発生前の二つの Stage

前節で述べたように 1952 年および 1968 年の十勝沖地震に先立つ定常地震活動の低下は、共に数百 km 離れた別の大地震を引き金にして始ったようである。低定常活動期で区切られる三期間について月別有感地震数の度数分布を Fig. 4 に示す。点線は対応する Poisson 分布である。各期間内では地震発生は偶発的であると考えられる。Table 1 にまとめを示す。

中島 (1974) は 1968 年十勝沖地震の余震域に発生した地震群の発震機構の時間空間的分布様式を調べた結果、「本震直前約 4 年間余震域全体が一様なストレス場であったことを示すように本震

Table 1. Summary of three stages divided by the trigger event and the major earthquake.

	Example-1	Example-2
Major Earthquake (ME) M	1952 Tokachi-oki Earthquake 8.1	1968 Tokachi-oki Earthquake 7.9(7.5,7.2) eq. 8.0
Trigger Event (TE) M	1938 Shioya-oki Earthquake 7.7(7.6,7.5,7.1,7.0)eq. 8.1	1963 Urup-oki Earthquake 8.1
Distance	650 km	750 km
Time Interval between ME and TE	4800 days (13.2 y)	1700 days (4.7 y)
Felt Earthquake Station	Kushiro (KUS)	Urakawa (URA)
Stage-1	4.5/month 1927 Jan - 1938 Oct (excl. 4 m)	3.0/month 1952 May - 1963 Sep (excl. 1 m)
Stage-2	2.3/month 1938 Nov - 1952 Fed (excl. 2 m)	2.0/month 1963 Oct - 1968 Apr
Stage-3	3.7/month 1852 Mar - 1972 Dec (excl. 8 m)	3.9/month 1968 May - 1976 Dec (excl. 10 m)

に類似した発震機構の地震のみが発生していた」ことを指摘している。この現象は浦河に近い余震域の北部から中部にかけて認められその期間は先に述べた浦河周辺の地震活動低下の期間に一致する。この対応関係は定常地震活動の変化（低下）がストレス場変化の重要な指標であることを意味している。

大地震に先立つ前震活動が一様なストレス場で発生している例は Jin et al. (1976) や許 (HSU, 1976) によって Haicheng (海城) 地震等で認められている。彼等は前震の P 波と S 波の振巾比が各観測点で一定値になることを利用しストレス場の一様性を検出し群発地震と前震を区別し地震予知事業に役立てている。

以上の点を考え合えると 1968 年十勝沖地震の準備期は次の二つのステージに分けて解釈できる。

(1) Stage 1; 多様な発震機構を特徴とする地震活動が長期にわたり定常的に続く。領域全体の漸次的歪蓄積が行なわれる。

(2) Stage 2; 1963 年ウルフ島沖地震の引き金作用により海のリソスフェアと島弧ブロックの連結様式(Coupling)が変化し地震活動は低下する。領域のストレス場は一様化し発震機構は揃う。断層となるはずの領域では歪限界に近すぎカタストロフィックな歪解放(=大地震)に至る。

引き金地震がどのようなしくみで数百 km も離れたところの海のリソスフェアと島弧ブロックの連結様式の変化を引きおこすか詳しいことは分らない。連結領域の不均質構造がこのような契機となっても良いかもしれない。Fig. 1 でみられるように隣接点で異った時点に活動度低下を示すものがみられることは広域にわたる均等歪蓄積よりサブブロック的過程を考えた方が良さそうである。

引き金地震から 1952 年および 1968 年十勝沖地震までの Stage 2 の期間はそれぞれ 13.2 年および 4.7 年である。最近種々の地震先行現象が調べられ先行時間 (precursor time) T (単位: 日) とマグニチュード M の間に統計的に

$$\log_{10} T = aM - b$$

という型の関係式が導びかれている。坪川 (1969), Whitcomb et al. (1973), および関谷 (1976) の a , b の値を用いると $M=7.9\sim 8.1$ に対して $T=60\sim 105$ 年となる。南千島から十勝沖で発生する大地震の recurrence time (平均大地震再発時間) は 90~110 年程度と考えられている (宇津, 1972)。実際 1952 年および 1968 年十勝沖地震の領域ではそれぞれ 1843 年 ($M=8.4$, 109 年前) および 1856 年 ($M=7.8$, 112 年前) に大地震が発生している。recurrence time と precursor time の一致は多分に M の小さい資料の無理な外挿に基くと思われるが「地震先行現象」としての特別な意義を失うことになる。Rikitake (1975) や Sholz et al. (1973) の a , b を用いると短い precursor time を与えるがこれらも今回得られた低定常活動期間の 2~6 倍である。数百 km 離れた引き金地震が起る時期は独立の事象であるからこの種の先行時間に大中の不確実性が伴うのは必然である。

関谷 (1976) は定常地震活動の長期変動とは全く逆の立場から大地震発生前の異常(にまとまっ

て起る)地震活動に注目している。この場合1974年伊豆半島沖地震や1969年岐阜県中部地震の例のように、極端に少い資料(約10個)について異常かどうかの判定を必要とする。宇津(1968)は浦河周辺や釧路沖のブロック等に発生したM_{JMA} 5.5以上の地震数累積曲線を1968年十勝沖地震直前の時点で検討しているが1952年十勝沖地震前の釧路沖ブロックの活動に大きな変化なしと述べている。また1968年十勝沖地震前の低定常活動もみられない。これらと今回の結果の差はやはり資料数の違いによるのであろう。諸機関のテレメーター網集中化等による良質多量の高感度観測資料を用いて定常活動および異常活動の両面からの長期間監視は今後の課題である。尚 Fig. 1 でみる限り現在 Stage 2 の低定常活動期と判断し得る所は見当らないようである。

文 献

- 阿部勝征, 1976, 1938年塩屋沖地震の発生機構と地学的意義, 地震学会予稿集 **1**, 23.
許紹燮, 1976, 海城地震の地震活動の特徴, 中国地震考察団講演論文集, 地震学会, 27-41.
JIN, Y., Y. ZHAO, Y. CHEN, J. YAN and Y. ZHOU, 1976, A characteristic feature of the dislocation model of foreshocks of the Haicheng Earthquake, Liaoning Province, *Acta Geophysica Sinica*, **19**, 156-164.
KANAMORI, H., 1970, Synthesis of long-period surface waves and its application to earthquake studies——Kurile Island Earthquake of October 13, 1963, *J. Geophys. Res.*, **75**, 5011-5027.
気象庁地震課, 1976, 全国有感無感地震回数表(1973-1974), 1-89.
中島徹, 1974, 1968年十勝沖地震の前後における発震機構の変化, 北海道大学地球理学研究報告, **32**, 25-42.
RIKITAKE, T., 1975, Earthquake precursors, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **65**, 1133-1162.
関谷博, 1976, 地震発生前の地震活動と地震予知, 地震 **II**, **29**, 299-311.
SHOLZ, C. H., L. R. SYKES, and Y. P. AGGARWAL, 1973, Earthquake prediction: a physical basis, *Science* **181**, 803-810.
坪川家恒, 1969, 地殻変動の継続時間と地震の規模との関係について, 測地学会誌, **15**, 75-88.
辻秀昭・阿部勝征, 1976, 1938年塩屋沖地震のマグニチュードとそのサイズシシティ, 地震学会予稿集 **1**, 24.
浦河測候所, 1977, 日高地方の地震活動(～1975), 1-87.
宇津徳治, 1968, 北海道およびその周辺の地震活動, 北海道大学地球物理学研究報告, **20**, 51-75.
宇津徳治, 1972, 北海道周辺における大地震の活動と根室南方沖地震について, 地震予知連絡会報 **7**, 7-13.
WHITCOMB, J. H., J. D. GARMANY and D. L. ANDERSON, 1973, Earthquake Prediction: Variation of seismic velocities before the San Francisco Earthquake, *Science*, **180**, 632-635.