



Title	群をなす地震でみた北海道とその周辺の地震活動
Author(s)	本谷, 義信; MOTOYA, Yoshinobu
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 62, 15-24
Issue Date	1999-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.62.15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14276
Type	departmental bulletin paper
File Information	62_p15-24.pdf



群をなす地震でみた北海道とその周辺の地震活動

本谷 義信

北海道大学大学院理学研究科附属地震火山研究観測センター

(1998年12月21日受理)

Clustered Seismic Activity in and around Hokkaido

Yoshinobu MOTOYA

Institute of Seismology and Volcanology,

Graduate School of Science, Hokkaido University

(Received December 21, 1998)

We reveal some characteristics in seismicity in and around Hokkaido, paying attention to earthquake clusters defined by a criterion (T_{day} , D_{km}). Successive events in a cluster are required to be within both T_{day} and D_{km} each other. We find out 1,257 clusters (1day, 5km) having three or more members from 27,101 earthquakes occurring from 1993 through 1997, using JMA catalog.

In the focal region of 1993 Hokkaido Nansei Oki Earthquake (M7.8), aftershocks ceased clustering from early 1994 to mid 1995. After that, tendency to grouping recovered by mid 1997, corresponding to a period in which crustal activity increased in and around the Oshima Peninsula. Moreover, aftershocks of 1994 Hokkaido Toho Oki Earthquake (M8.1) stopped clustering abruptly early October, 1995, at just the same time from which Matsumae Earthquake Swarm started roughly 600km apart from the aftershock region.

These phenomena suggest that regional stress state in the crust may change rather quickly and that earthquake clusters have a key to monitor the stress state change.

I. はじめに

地震が時間的空間的に狭い領域に集中して発生することがあり、地殻内の浅い地震の場合にはとくにその傾向が強い。このような地震系列の形態は、本震-余震型、前震-本震-余震型、群発地震型に分類されていて、どの形態になるかは地震発生場の応力状態に依存していると考えられている。

ここでは、時間と空間のフィルターを通して抽出される地震群に注目すると北海道とその周辺の地震活動にどのような特徴が見えてくるかを調べた。地震群に注目した地震活動の解析は、

Yoshida et al.(1994) などによっても行われており、その有効性が確認されている。

II. 資料と地震群の抽出

1. 資料

北海道とその周辺では、1993年釧路沖地震(M 7.8)、1993年北海道南西沖地震(M 7.8)、1994年北海道東方沖地震(M 8.1)と3つの大地震が短い間に続いて発生した。これらの地震が広域の地震活動に影響を与えているとすれば、それも明らかにする目的で、1993年から1997年までに、(40°-48°N, 138°-152°E)の領域で発生した地震を気象庁の震源データによって調べた。

予備的な調べで、1995年の前後で気象庁の地震検知能力に変化があることに気がついたので、最初にM別度数分布を調べた(Fig. 1)。発生数の少ない大きな地震を除くとM \geq 3.0ではほとんど同じ分布を示すが、これより小さい地震の検知能力が1995年から向上したことは明らかである。さらに、調査対象領域は広いので、領域内でも検知能力に差があるであろうが、ここではM \geq 2.5で120 kmより浅い地震を使うことにした。1995年以前にはM 2.5-3.0の地震に観測もれがあるに違いないが、群に注目する解析では、個々の地震を用いる場合よりも、その影響は少ないと思われる。

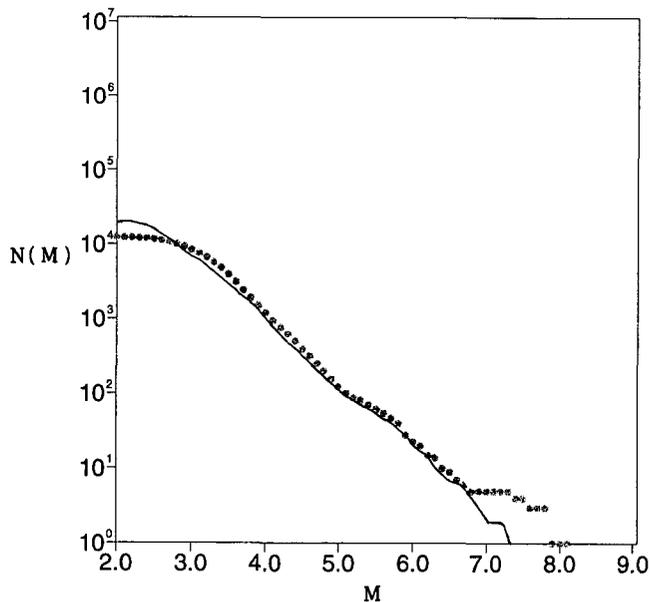


Fig. 1. Cumulative number of earthquakes $N(M)$ plotted against magnitude M . Data source : JMA (Japan Meteorological Agency), Region : (40-48°N, 138-152°E), Depth : shallower than 120km, Time span : 1993-1994 (dots) and 1995-1997 (solid curve), respectively.

2. 地震群の抽出

地震が時間的、空間的にどの程度集中している場合を地震群とみなすかの客観的な基準はない

ので、いくつかのスケール(T日, D km)で地震群を抽出した。ここで、Dは震央からの距離で地震の深さは考慮していない。震源データを時間順に検索し、地震1から条件(T, D)以内に発生した地震2があれば群をなすものとし、地震2から同じように、条件を満たす地震が見つからなくなるまで検索を続ける。この時見つかった地震の総数を1つの地震群に含まれる地震数Nとする。1つの群の継続時間は最初の地震から最後の地震までの時間になる。また、群の空間的広がりは一般的にはDよりも大きくなる。どれかの群のメンバーになった地震は除いて、すべての地震が検索されつくすまで処理を繰り返した。

27,101個の地震から、上に述べた方法で抽出した地震群のデータをTable 1に示す。ここでは群の形態は考慮していない。群を抽出する条件を厳しくすると、群の数が少なくなるのは当然であるが、D=1 kmにすると極端に少なくなる。N=2は群として認められる最低要件であるが、Dが大きい場合には、個々の地震の震源決定精度によっては、本来的には群をなさない2つの地震がD km以内に入って見かけの群を作ることがある。しかし、地震活動度が低い場合にはN=2でも群である可能性が高いと考えられる。

1993年北海道南西沖地震の余震や1994年北海道東方沖地震の余震、1995年10月から始まった松前群発地震などのように、本来的には1つの群のメンバーであることが明らかである地震についても、上に述べた方法では、いくつかの地震群に分割されてしまうことになる。しかし、ここではこれらの地震群をまとめて1つの群にすることはしていない。

III. 群をなす地震でみた地震活動

1. 地震群からみた北海道とその周辺の地震活動

Fig. 2aは1993年から1997年の深さが120 kmより浅く、 $M \geq 2.5$ の地震の震央分布である。Fig. 2bはFig. 2aの地震から抽出した(1日, 5 km以内, $N \geq 2$)の地震群の分布であり、マークの大きさは各群に含まれる地震数Nによって異なる。以下では、地震群に含まれる最後の地震でその群を代表させて図示してある。Fig. 2aとFig. 2bの分布はおおむね似ているが、いくつかの違いが見られる。積丹半島から北の日本海、オホーツク海で発生している地震には群は見られない。この領域では地震そのものが少ないが、ほぼ同じ程度の活動度である北海道北部内陸では地震群も発生していることと対照的である。十勝沖でも群をなして発生する地震は少ない。

Fig. 2aの地震について、東西に距離を測った時空間分布がFig. 3aである。1995年1月を境にして、 143°E より西(距離で0-500 kmの範囲)で地震が多くなっていることが目につくが、これは資料でも述べた地震検知能力の向上による見かけのことと考えられる。Fig. 3aと(1日, 5 km

Table 1. Number of clusters by various criteria.

N	Criterion (Tday, Dkm)				
	(1, 5)	(0.5, 5)	(0.25, 5)	(1, 2.5)	(1, 1)
2	2,133	2,001	1,728	1,639	753
3	627	569	419	399	92
4	269	204	141	130	22
5	144	105	47	41	10
6	83	38	23	24	5
7	51	25	15	9	1
8	19	13	4	8	1
≥ 9	64	24	11	15	2

Total number of earthquakes searched : 27,101,
N : number of earthquakes in each cluster.

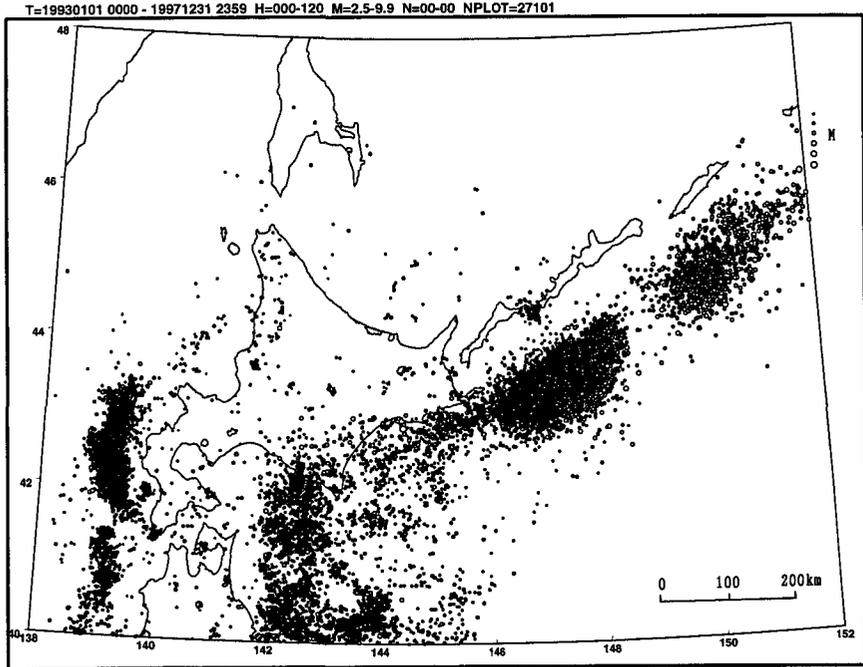


Fig. 2a. Epicenter distribution of earthquakes. Time span : 1993-1997, Depth : ≤ 120 km, Magnitude : ≥ 2.5 .

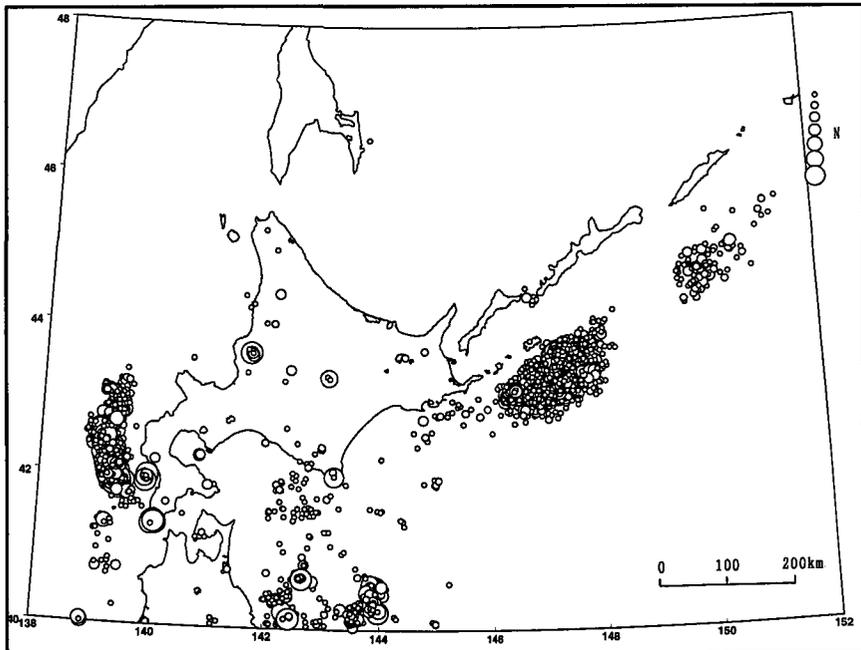


Fig. 2b. Distribution of earthquake sequences defined by a criterion (Tday, Dkm). The last event in a sequence is used for plotting. Successive events in a cluster are required to be within both Tday and Dkm each other. N is total number of earthquakes in each cluster. T=1day and D=5km are taken in this Figure.

以内、 $N \geq 3$ ）の地震群の時空間分布（Fig. 3b）を比較すると、いくつかの興味深い違いが見られる。1993年北海道南西沖地震の余震域（Fig. 3bのa）では、1994年から1995年初め頃まで余震が群をなして発生することは少なくなっていたが、その後に群をなす傾向が復活している。1995年10月に松前群発地震（b）の活動が始まったが、同じ時期から1994年北海道東方沖地震の余震（c）は群をなして発生することがなくなり、その状態が2ヶ月ほど続いた。この大地震の震

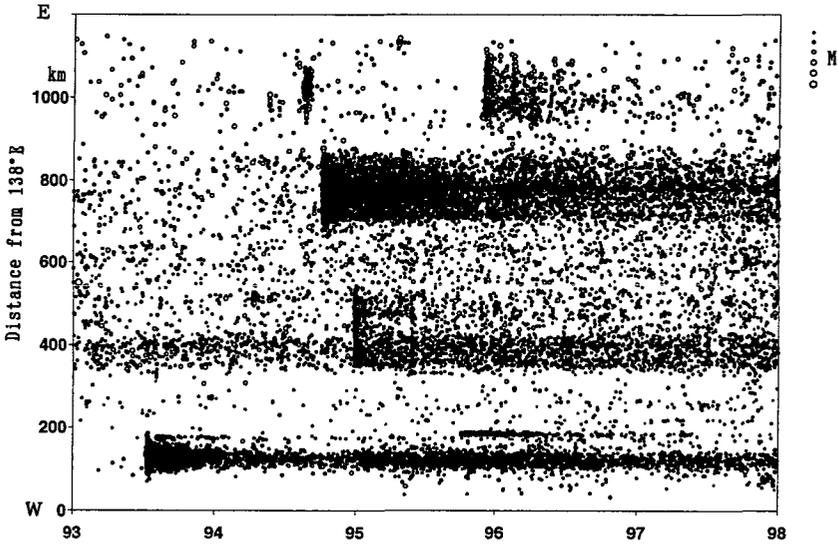


Fig. 3a. Space - time distribution of earthquakes in Figure 2a.

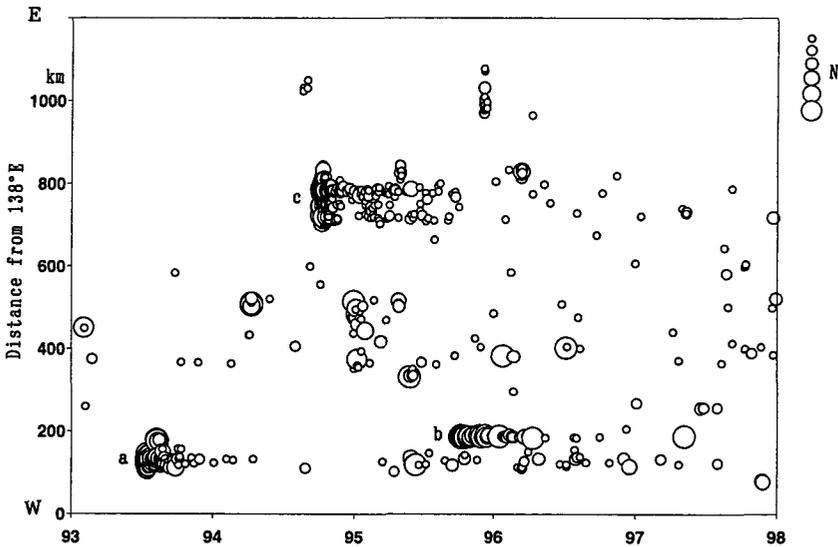


Fig. 3b. Space - time distribution of clusters of $N \geq 3$ in Figure 2b. The last event in a cluster is used for plotting. a : aftershock sequence of 1993 Hokkaido Nansei Oki Earthquake (M7.8), b : Matsumae Earthquake Swarm, c : aftershock sequence of 1994 Hokkaido Toho Oki Earthquake (M8.1).

源域を含む領域（距離で700-900 kmの範囲）では本震発生前には群をなす地震は発生していなかった。これらの特徴は群をなす地震に注目して初めて見てきたものである。

Fig. 4aは（1日、5 km以内、 $N \geq 2$ ）の地震群の時空間分布であるが、1993年と1994年の大地震の余震活動で見られた特徴は消失している。資料でも触れたが、余震のように地震が多い場合には2個の地震がたまたま5 km以内に入ることがかなりあるためと考えられる。地震の空間間隔を1 kmにとると、本当に群をなす地震だけが抽出されて $N \geq 2$ でも Fig. 3bと同じ特徴を

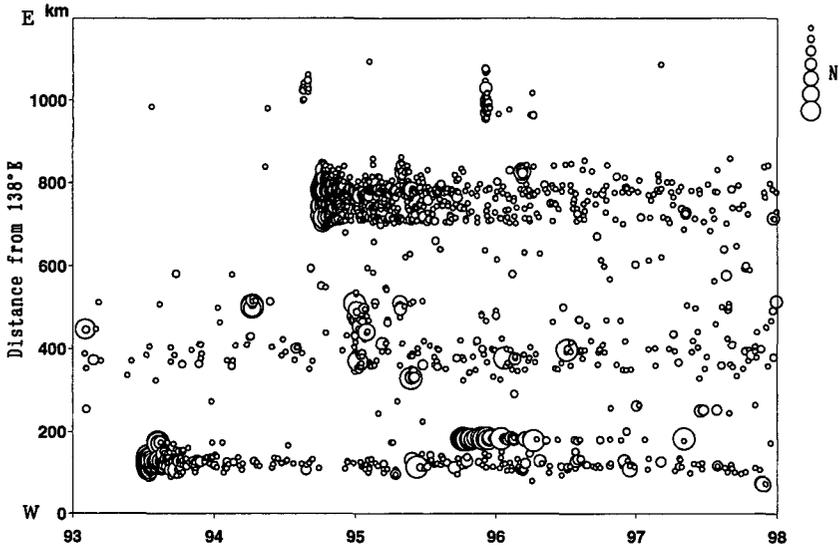


Fig. 4a. Space - time distribution of clusters of $N \geq 2$ defined by a criterion (1day, 5km). Non-clustered earthquakes may contaminate this Figure.

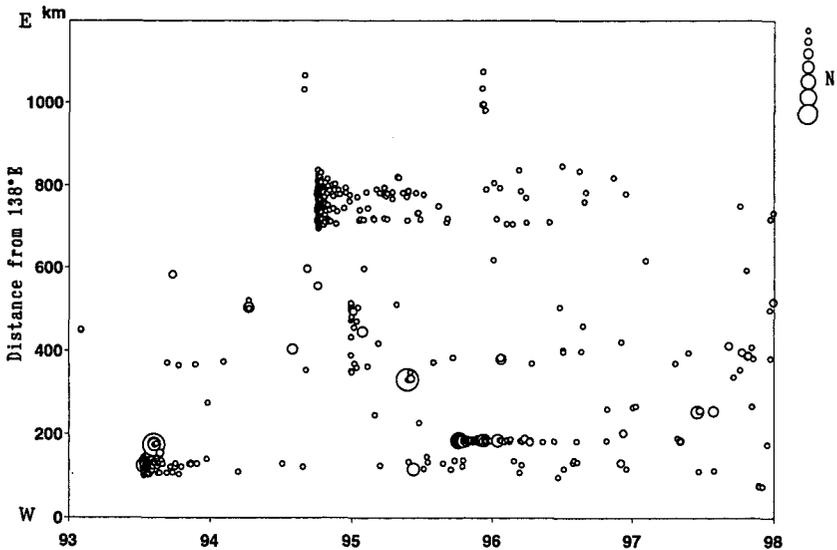


Fig. 4b. Space - time distribution of clusters of $N \geq 2$ defined by a criterion (1day, 1km). Non-clustered events are removed safely.

容易に認めることが出来るようになる (Fig. 4b).

2. 大地震の震源域内で群をなす余震

大地震の余震は総体として1つの地震群を形成していることは言うまでもない。しかし、余震がいくつかの群をなして発生することもあり、大きな余震がそれ自身の余震を伴う2次余震群はその典型である。

1993年7月12日に発生した北海道南西沖地震の場合には、本震から28日後の8月8日に江差沖で発生したM6.3の地震が最大余震とされている。この地震は2次余震を伴っていて、南西沖地震の余震域から離れた所で1つの地震群を形成している。また、奥尻島内では南西沖地震に誘発されたと考えられる群発地震が発生した(本谷, 1994)。Fig. 5は南西沖地震の余震域とその周辺の(1日, 5km以内, $N \geq 2$)の地震群の分布である。余震域内ではどこでも地震群が発生していて、空間的な特徴はとくには認められない。Fig. 6はこれらの地震群の時間的な発生状況を示している。Fig. 3bから群をなして発生する余震は1994年5月頃から1年間は少なく、その後、群をなす傾向が復活したことを指摘したが、その特徴がFig. 6ではより鮮明にみえる。渡島半島では、1995年10月から松前群発地震の活動が始まり、1996年3月5日には駒が岳が54年ぶりで小噴火をした(本谷・笠原, 1997)。また、1996年10月31日には松前半島の七つ岳付近で(北海

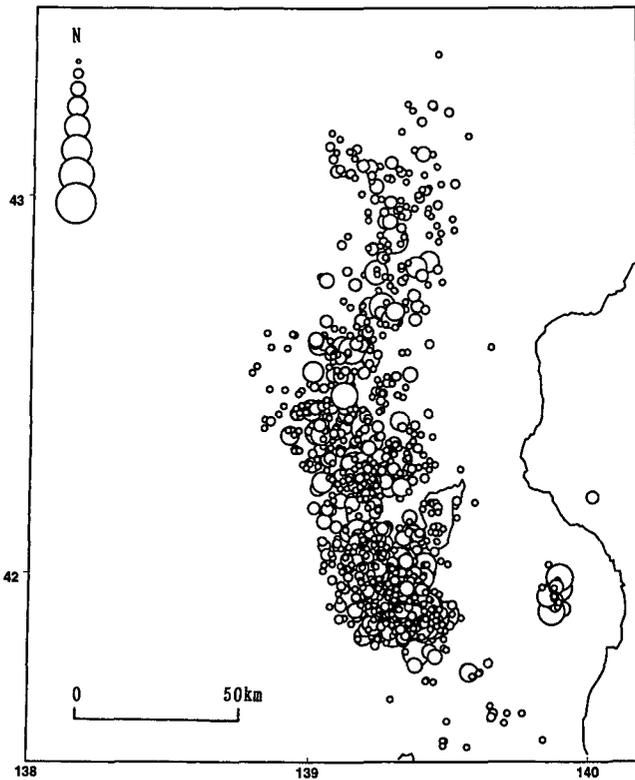


Fig. 5. Distribution of clusters by (1day, 5km) in the after-shock area of 1993 Hokkaido Nansei Oki Earthquake.

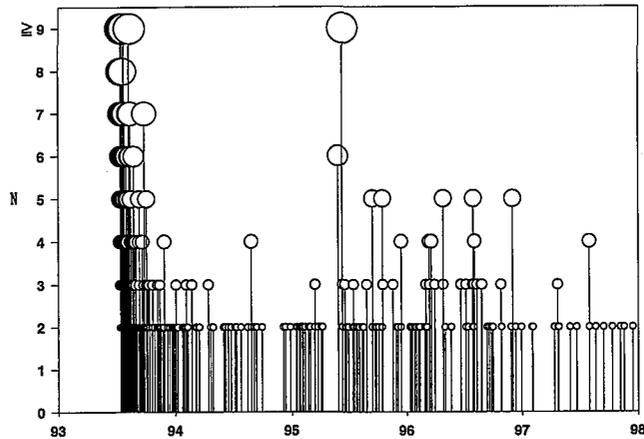


Fig. 6. N - T diagram. N is total number of events in each clusters in Figure 5. Mark is plotted at the end time of each cluster.

道大学理学部, 1997 a), 1997年6月17日には噴火湾で(北海道大学理学部, 1997 b), 各々群発地震活動があった。このように、渡島半島の地殻活動が活発であった時期と南西沖地震の余震が群をなして発生する傾向が強まった時期とは重なっており、同じ応力場の変動に起因している現象であると推測される。

つぎに、1994年北海道東方沖地震の余震域内の(1日, 5 km 以内, $N \geq 2$)の地震群の分布

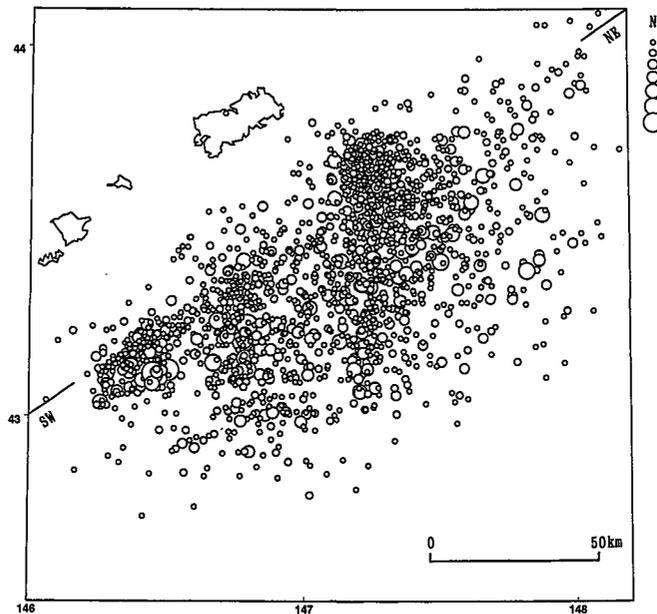


Fig. 7a. Distribution of clusters by (1day, 5km) in the aftershock area of 1994 Hokkaido Toho Oki Earthquake.

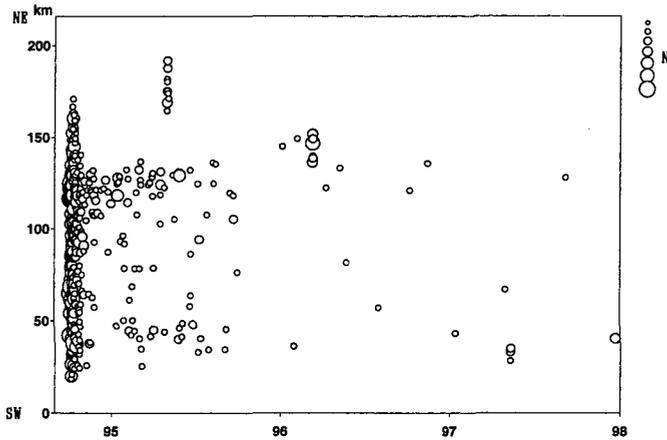


Fig. 7b. Space - time distribution of clusters of $N \geq 3$ in Figure 7a.

(Fig. 7a) と (1 日, 5 km 以内, $N \geq 3$) の地震群の時空間分布 (Fig. 7b) を示す。本震発生後 1 ヶ月間は震源域内のどこでも余震は群をなして発生していたが, その後は震源域の中央付近では群をなす余震は少なくなっている。1995 年 10 月 1 日から松前群発地震活動が始まった。この時, 東方沖地震の余震の活動度にはとくに変化はなかったが, 群をなす余震が突然発生しなくなったことは既に述べた。また, 松前群発地震の活動度が前後で 1 ランク低下した 1995 年 11 月 1 日に東方沖地震の余震活動度も不連続的に低下したことがわかっている (本谷・笠原, 1997)。これらのことは, 約 600 km 離れた地震活動でも影響しあう場合があることを示唆している。

IV. おわりに

群をなす地震に注目して北海道とその周辺の地震活動を調べると, すべての地震を使う解析では分からなかったいくつかの興味深い特徴が見えてきた。地震活動, 火山活動の時空間分布を調べることで, 広域応力場がかなり急に変動することがあることを指摘してきた (本谷・笠原, 1997) が, 地震群に注目することで, このことをさらに確からしくする結果が得られた。

地殻内の局部的に応力集中が著しい場所では地震が群になって発生すると考えられている (茂木, 1981)。この考えに従えば, 1952 年十勝沖地震 ($M 8.2$) の震源域である十勝沖に現時点では群をなして発生する地震は少ないから, 太平洋プレートの沈み込みに起因する歪がほぼ一様に蓄積されていると推測される。地震群の発生状況を監視することが応力場の変化を検知することになり, つぎの十勝沖地震の発生予測に役立つであろう。

文 献

北海道大学理学部, 1997 a, 北海道とその周辺の最近の地震活動 (1996 年 5 月 - 1996 年 10 月), 地震予知連絡会会報, 57, 12-21.

北海道大学理学部, 1997 b, 第 125 回地震予知連絡会資料, 6 - 8.

茂木清夫, 1981, 地震 - その本性をさぐる, 東京大学出版会, pp. 52-55.

本谷義信, 1994, 奥尻島の浅発地震活動, 月刊 海洋, 7, 74-78.

本谷義信・笠原 念, 1997, 1995-96 年松前群発地震と広域地殻活動, 北海道大学地球物理学研究報告, 60, 97-110.

Yoshida, A., M. Maeda, and H. Takayama, 1994, *Spatiotemporal Patterns of Clustered and Non-clustered Seismic Activity in the Shin-etsu and Tokai Regions, Central Japan*, *Geophys. Res. Lett.*, 21, 915-918.