



Title	サハリン南部における浅発地震活動
Author(s)	田村, 慎; 一柳, 昌義; 笠原, 稔; Kim, Choon Ung; Sen, Rack Se
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 65, 127-142
Issue Date	2002-03-25
DOI	10.14943/gbhu.65.127
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/14308">http://hdl.handle.net/2115/14308</a>
Type	bulletin (article)
File Information	65_p127-142.pdf



[Instructions for use](#)

## サハリン南部における浅発地震活動

田村 慎・一柳 昌義・笠原 稔

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

KIM Choon Ung

ロシア科学アカデミー海洋地質学地球物理学研究所

SEN Rak Se

ロシア科学アカデミーサハリン地震観測所

(2002年1月9日受理)

## The Shallow Seismicity in the Southern Part of Sakhalin

Makoto TAMURA, Masayoshi ICHIYANAGI, Minoru KASAHARA

Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

KIM Choon Ung

Institute of Marine Geology and Geophysics, Russian Academy of Sciences,

Yuzhno-Sakhalinsk

and

SEN Rak Se

Sakhalin Experimental Methodical Seismological Department,

Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk

(Received January 9, 2002)

We describe shallow seismic activity in and around southern Sakhalin area. In the summer of 2000 and 2001, temporal observations using six DAT recorders were made. In addition to these data, we analysed the data of three temporal observations using DATAMARK recorders, routine observations at EMSD (station YSS), ISV, SMO, and from Hi-Net to monitor the microseismicity in the area.

Sakhalin suffered many big earthquakes, which were thought to occur along a boundary between Okhotsk (North American) and Amurian (Eurasian) plates. But routine observation stations around southern Sakhalin were so sparse to investigate the seismic activity and stress field around this region. Since 1995, Japanese and Russian seismologists have cooperated to study the shallow seismicity in southern Sakhalin, and they have located many earthquakes. However, those observations have been made only around Central Sakhalin

Fault area using three DATAMARK recorders. Therefore, in this survey, we decided to install more seismic stations to cover the whole of southern Sakhalin area.

In result, we found that (1) there was no earthquake occurring in the Okhotsk Sea side area, (2) most earthquakes occurred along the Central Sakhalin Fault area and (3) a remarkable earthquake swarm occurred 40km to the north of station YSS. This swarm activity has started from July 23, 2001. The center of the swarm activity had shifted toward the northwest after the largest earthquake ( $M_w=5.3$ ) during this observation period, on September 1.

## I. はじめに

サハリン島は北海道北端の宗谷岬の北方約 40 km, 北緯 45 度 46 分のクリリオン岬から同 54 度 24 分のエリザベト岬までの南北 950 km, 東西 220 km, 一番狭いところで 25 km あまりの南北に細長い島である。Fig. 1 は日本の東北地方からサハリンにかけての日本海東縁部で 1900 年以降に発生した主な浅発地震の震央 [震源データはアメリカ地質研究所 (USGS) および国際地震センター (ISC)] を示している。日本海東縁部では 1983 年に秋田県沖で  $M_s 7.8$ , 1993 年に渡島半島西方沖で  $M_s 7.7$ , 1940 年に積丹半島はるか沖で  $M_s 7.7$ , そしてサハリンでは 1971 年サハリン南西沖地震 ( $M_s 7.7$ ), 1995 年北サハリン地震 ( $M_s 7.5$ ) 等の大地震がほぼ南北に連なって発生している。これらの地震は, 日本海東縁部にあると考えられているアムール (ユーラシア) プレートとオホーツク (北米) プレートの境界 (中村, 1983; 小林, 1983) で発生したプレート間地震であると考えられている。

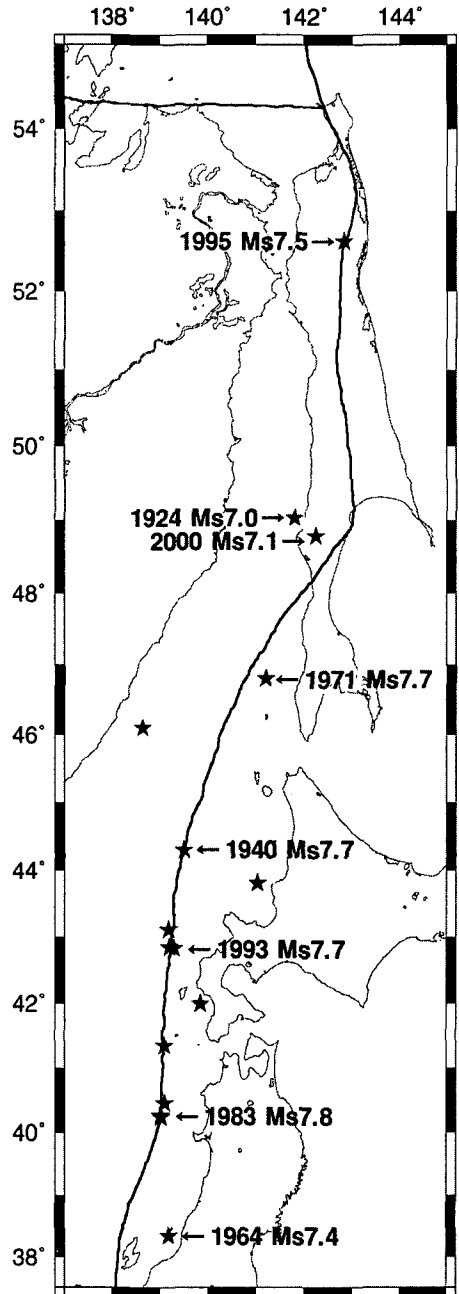


Fig. 1. Map of shallow large earthquakes near Northeastern Japan and Sakhalin area, 1900-2000 (Data source: National Earthquake Center, U. S. Geological Survey and International Seismological Center). The boundary of plates in the eastern margin of the Japan Sea after Wei and Seno (1998) are also shown with solid lines.

サハリン周辺地域におけるプレート運動やテクトニクスについては、Fourmier et al. (1994) が衛星写真、フィールドデータ及び地震のメカニズム解から、北サハリンから日本海南東端にかけて 2000 km にわたる N-S 方向の横ずれ断層の存在を指摘している。また、Wei and Seno (1998) や Heki et al. (1999) では、地震のスリップベクトルデータおよび GPS による地殻変動観測の解析結果からアムールプレートの運動パラメータを推定し、それによりこの地域でのプレート相対運動方向を求め、この地域のおおまかなプレートキネマティクスを明らかにした。しかし、この地域では地震活動が千島、東北日本の海溝部ほど活発でないためにこの地域でのプレート境界の線引きは難しく、特に南サハリンでは Takahashi et al. (1999) や Heki et al. (1999) がユジノサハリンスク (Fig. 2 内 YSS) での GPS データからプレート境界は YSS より東にあるとしているのに対し、瀬野・魏 (1998) では YSS の西にプレート境界があり、そこでのカップリングが YSS の観測結果に影響しているとの見解を示している。これらの問題を明らかにするためには、サハリン周辺、特に南サハリンにおける地震活動を調べるのが重要であり、それによりこの地域での応力場など力学的な意味での現在の活動帯を明らかにすることが可能である。

我々は 1994 年北海道東方沖地震 (Mw 8.3) や 1995 年北サハリン地震を契機に日本・ロシア間で地震研究分野における協力を進めてきた。その結果、北海道大学地震火山研究観測センター (ISV) とロシア科学アカデミー実験・体系的地震観測班サハリン地震観測所 (EMSD) との定常観測データの交換、移動地震観測用データロガー (DATAMARK) を用いた北サハリン地震の余震観測、南サハリンのユジノサハリンスク近郊での臨時地震観測などが行われてきた (笠原・他, 1998)。しかし、南サハリン全域の微小地震活動を明らかにする研究や、北海道、サハリンの両観測網を用いて震源決定精度を上げるといったことは行われてこなかった。

そこで我々は、宗谷海峡から南サハリンにかけての広域的な地震活動の把握を目指し、2000 年および 2001 年の夏期に 6 台の DAT レコーダを用いた臨時地震観測を行った。この 6 観測点のデータに DATAMARK による臨時観測点のデータ、ユジノサハリンスク定常観測点のデータを併合処理し、広範囲にわたる地震観測網を構築した。

本稿では、複数の地震観測網を併合処理した結果えられたサハリン南部における地震活動について報告する。

## II. サハリンでの地震観測と地震活動

Fig. 2 はサハリン地震観測所によって決定された 1906 年から 1987 年までの M 4.0 以上で 50 km より浅い地震の震央分布である。四角印は定常地震観測点を示している。これまでサハリンでは 1924 年のウグレゴルスク付近の地震 (Fig. 1, N 49° 付近, Ms 7.0), 1971 年のサハリン南西沖地震 (Fig. 1, N 46.5° 付近, Ms 7.7), 1995 年の北サハリン地震 (Fig. 1, N 53° 付近, Ms 7.5), そして 2000 年のウグレゴルスク付近の地震 (Fig. 1, N 49° 付近, Ms 7.1) と Ms 7 クラスの巨大地震が過去 100 年間に 4 回発生しており、サハリン島での地震活動は決して低いものではない。また、サハリン地震観測所による定常観測点はサハリン島全域で 4 点、海峡を挟んだ大陸側に 1

点しかない。しかも、ほとんどの地震がこれら全点のデータから震源決定されているわけではなく、1観測点の3成分データから初動の到来方向とS-P時間を用いて算出する震源決定を行っているため、観測点近傍にバイアスのかかった震源分布となってしまう。そのため、サハリンにおける定常的な微小地震活動や地震活動帯の把握は現在の定常観測網のみでは難しい。

南サハリンの場合、ほとんどの地震がYSSでのIRIS 2の広帯域地震計とDATAMARK-LS 8000 SHを用いた3成分データによって地震観測、震源決定が行われている(Kraeva, 1997)。また、1995年以降、夏期を中心にDATAMARKを用いたイベントトリガ方式の臨時地震観測を1~3ヶ月程度行い、多くの微小地震を捕らえている(Kim, 1997; 笠原・他, 1998)。

しかしながら、これまでの臨時観測はユジノサハリンスク周辺、およびサハリン中央断層系の活動を見る目的であったため、観測点自体がそれらの地域を中心に展開されて、検知能力に大きな地域差があった。このため、これらの観測によってえられた地震活動が南

サハリン全域の地震活動を表しているとはいえない。また、観測点数も少なく、4観測点以上のトリガを得られなかったために震源決定に至らなかった地震も数多く観測されている。

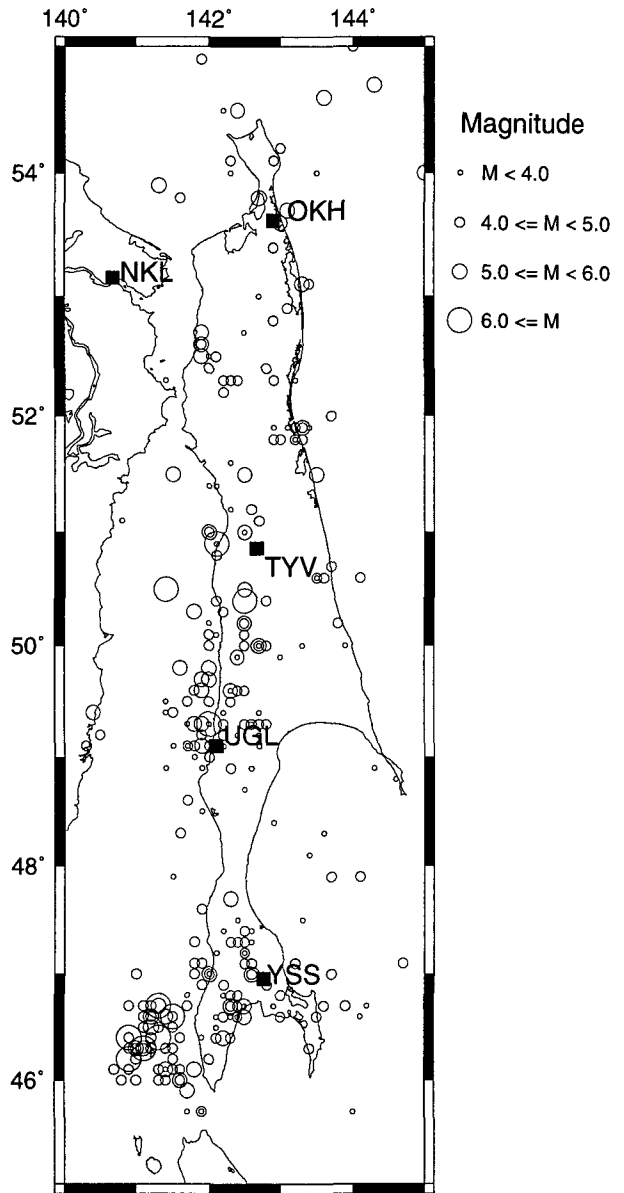


Fig. 2. Map of shallow seismicity ( $M > 4$ ) near Sakhalin, 1906-1987, depth  $< 50$  km, with locations of seismic stations and their codes [Data source: Sakhalin Experimental Methodical Seismological Department (EMSD), Russian Academy of Sciences].

### III. 臨時地震観測とデータ処理

前節で述べた問題点を解消するために、我々は2000年および2001年の夏期にDAT(篠原・他, 1997)及びDATAMARKを用いて南サハリン全域を対象とした臨時地震観測を行った。

今回、DAT観測にはクローバテック社製DATレコーダを用いた。これは1ヶ月以上の連続波形が収録可能なものである。観測に際し、各点に固有周波数1 Hzの地震計(レナーツLE-3 Dlite)を3成分設置した。さらに、GPS時計により6時間毎の時刻校正を行った。電源として12 V 50 Ahのカーバッテリーを利用し、1ヶ月に1回データの回収とバッテリーの交換を行った。

また、2000年の臨時観測に用いた白山工業社製DATAMARK-LS 8000 SHは、イベントトリガ方式で波形データを収録するものである。観測に際し、各点に固有周期4.5 Hzの地震計(Mark Products L-28 B)を3成分設置した。内部時計はGPS時計による時刻校正を6時間毎に行い、電源として6 V 8 Ahのカーバッテリーを使用した。1週間~10日に1回、データの回収とバッテリー交換を行った。データはサハリン側のEMSD、および海洋地質学地球物理学研究所(IMGG)によって回収され、P波、S波の読み取りを行い、イベントと判定されたデータのP、S時刻を北海道大学へ転送した。

我々が2000年に行った臨時観測の観測点分布をFig. 3(a)に示す。観測期間は2000年7月20日から10月20日であり、DATを用いた6点の臨時観測点(Fig. 3(a)内三角印)と、DATAMARK(同星印)による3点の臨時観測

点およびEMSD(同四角印)のユジノサハリンスク観測点のデータを使用し、計10点の地震観測網を構築した。さらに、宗谷海峡を中心とする地域の震源決定精度を向上させるために、北海道

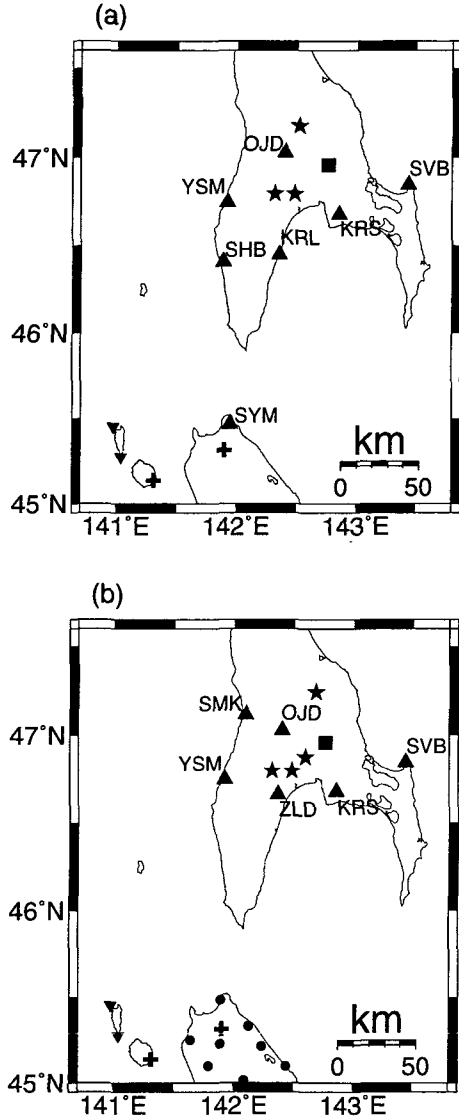


Fig. 3. Map showing the location of temporary seismic stations. Triangles and stars denote locations of seismic stations using DAT and DATAMARK recorders, respectively. Square, inverse triangles, crosses and circles denote locations of routine seismic stations of EMSD, ISV, SMO and Hi-Net, respectively.  
 (a) Seismic stations operated in 2000.  
 (b) Seismic stations operated in 2001.

北端の宗谷岬周辺に DAT レコーダを用いた観測点を設置し、北海道大学 (ISV, 同逆三角印), 札幌管区気象台 (SMO, 同十字印) の観測データと共に震源計算に用いた。

2001 年に行った臨時観測の観測期間は 2001 年 5 月 21 日から 10 月 1 日までである。また、観測点分布は Fig. 3(b) に示す。DAT は 2000 年と同じ場所に 4 点を設置し、2 点を移動させた。一方、DATAMARK 観測点および EMSD の定常観測点は 2000 年と同様に展開されているが、これらの点のデータ解析はまだ終わっていないため、今回の震源決定には用いていない。そのため、本論文では DAT 6 点のみのデータを用いた震源決定の結果のみ報告する。

2001 年の観測点設置にあたり、2000 年の SBH 観測点のノイズが大きく、微小地震の検出が難しいため観測点を移動させた。今回の目的の一つが宗谷海峡付近で発生する微小地震の検出および精度の高い震源決定であったが、SBH, KRL より南側に設置出来なかったため、宗谷海峡の地震検知をあきらめ、北部の SMK に新たな観測点を設置した。さらに、KRL 観測点も ZLD へと若干移動させた。

また、2000 年 10 月より波形データのダウンロードが可能となった防災科学技術研究所の高感度地震観測網 (Hi-Net, Fig. 3(b) 内丸印) の観測点が宗谷岬近辺にも存在するため、DAT は日本側に設置せず、Hi-Net と北海道大学、札幌管区気象台の観測点で観測網を形成した。

DAT を使用した観測点で記録されたデータに対し、イベントトリガ方式でイベントの検出を行った。これは、まず各観測点の連続波形に対して振幅の STA/LTA (0.3 秒平均 / 10 秒平均) 値を計算し、この値があるしきい値をこえた場合にイベントであると判定する方法である。しきい値は観測点のノイズ状況によって異なり、ISV の定常観測網では 2.0 程度、北海道北部で DAT を用いた臨時地震観測 (田村, 1999) では 2.5~4.0 の値であったが、今回の臨時観測点は非常に静かな反面、人工ノイズなどによるトリガがかかりやすくなってしまったため、結局 4.0~5.0 程度の値を設定せざるを得なくなった。

次に、トリガがかかった時刻が含まれる約 20 秒分の波形を WIN (卜部・東田, 1991) 形式で切り出し、その波形を可視化再生してノイズ等を除去した。この作業を全観測点に対して行い、各々でイベントと判定された波形の時刻データを 1 つにまとめた。最終的に、それらの時刻に対応する全観測点の連続波形データを切り出し、1 つの波形ファイルにまとめた。

2000 年の観測データに対しては、DAT 観測と DATAMARK による観測双方のイベント時刻を比較し、一致しないものはそれぞれの波形を再び調査 (DATAMARK はサハリン側に依頼) し、抜けがないようにした。また、一致したものに対しては DAT 観測 (ISV, SMO データ含む) の読み取りファイルに DATAMARK の観測点の読み取りデータ (P, S 到達時および P 波初動の押し引き) を付け加えて読み取りデータを 1 つにまとめあげた。

最終的にイベントと判定したデータの総数は 1202 個 (2000 年 406 個, 2001 年 796 個) であった。そのうち近地の浅いイベントと判定されたのは 814 個 (2000 年 103 個, 2001 年 701 個) で、それ以外は千島列島や北海道の地震や深発地震、遠地地震などによるものであった。最終的に、近地の浅発地震とみなしたもののうち、P 波が 4 観測点、S 波が 1 観測点以上で観測された 481 個

(2000年34個, 2001年447個)の震源決定を行った。

震源決定にはWINに付属しているプログラム HYPOMH (Hirata and Matsu'ura, 1987)を用いた。速度構造は, サハリン南部で行われた構造探査の結果 (Kim, 私信)を参考にした1次元構造 (Fig. 4, 実線)を仮定した。ISVが定常観測で使用している構造 (Fig. 4, 一点鎖線)と比較すると, 今回設定した構造は10 kmより浅部に低速度の層を想定しており, 特に地表付近で極端に遅くなっているのが特徴である。田村 (1999)により求められた北海道北部地域の1次元速度構造 (Fig. 4, 点線)も示すが, 浅部に低速度の層を設定している部分はよく似ている。また, S波速度はISVで用いられているのと同じ $V_P/V_S=1.73$ として計算した。

本章では, サハリンでの今回の臨時観測の結果とこれまでなされてきた研究の結果を参考に, サハリンおよびその周辺地域における地震活動, 地殻変動等の特徴について議論する。

#### IV. サハリン島南部での地震活動の特徴

##### 1. 2000年臨時観測の結果

2000年の臨時観測データから決定された浅発地震の震源分布を Fig. 5に, マグニチュード-時間 (M-T) 図を Fig. 6に示す。この年の地震活動は近年と比較して活動度が低く (Kim, 私信), 震源決定に至ったイベントは合計34個であった。観測中の8月4日には, 今回の観測網から北へ200 kmほどはなれた町であるウグレゴルスク近郊でMs7.1の大地震が発生し, 我々の観測網, および北海道内の定常観測網でも数多くのイベントが検出された。だが, 南サハリンおよび北海道の観測網のデータからは, 本震および直後の余震の精度の良い震源決定は出来なかった。

震源分布でまず特徴的なのは, サハリン島東部のトニノーアニワ半島を含むオホーツク海沿岸で地震が発生していないことである。Fig. 7は東部の微小地震を検知するためにオホーツク沿岸に設置した観測点SVB(b)と, サハリン中央断層近傍に設置した観測点OJD(a)で観測された全地震のS-P頻度分布である。黒い棒は其中で震源決定に使用された地震を示している。これらによると, OJDではS-Pが1秒から10秒以上まで分布しており, かつ震源決定に至らなかったS-P時間の短い地震が数多く見られるのに対し, SVBではS-Pが5秒以下の地震は観測されず, Sを検知できなかった地震も全て震源決定に使用されているため, この観測点近傍での微

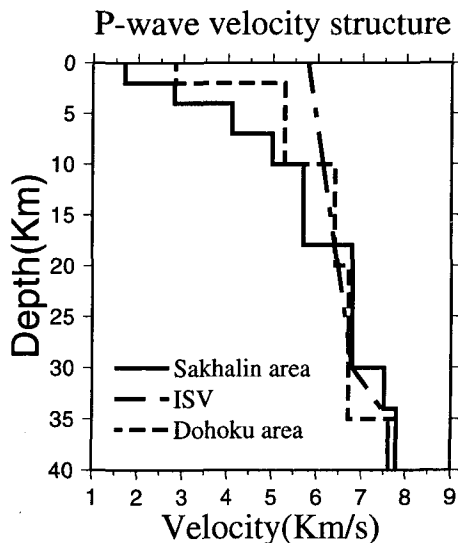


Fig. 4. Velocity structures used in this study: "Sakhalin area" is used in this study. For comparison, "ISV" by ISV and "Dohoku area" calculated from one dimensional inversion by Tamura (1999) are also shown.



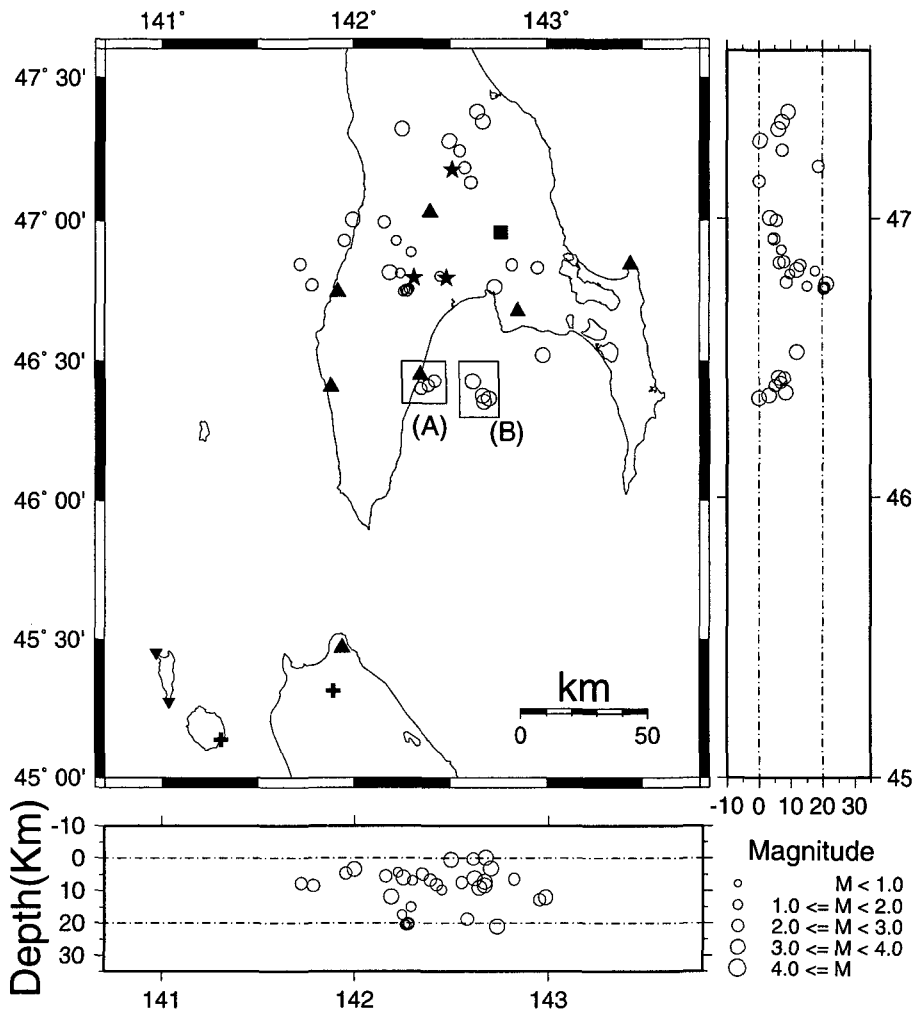


Fig. 5. Hypocenter distribution of shallow earthquakes during the temporary seismic observation in 2000. Boxes (A) and (B) denote areas of earthquake swarm in Aniva Bay.

小地震活動が無かったことがわかる。また、ノイズ等の原因によるトリガの取り逃しが考えられるため、SVB 観測点の連続波形記録を全て視認してみたが、それでも観測点近傍の地震と思われるものはなかった。このことから、今回の観測期間中に SVB を中心とする半径 50 km の範囲で地震が発生していなかったと言える。

田村 (1999) による北海道北部での臨時観測の結果、北海道北部地域では、南北に伸びる 2 つの変成岩帯、神居古潭帯と日高帯の境界線を境に地震活動に大きな差が見られ、中軸部から日本海沿岸にかけての地震活動は活発なのに対し、オホーツク海側の活動度が非常に低い。このラインは北海道中軸部を南北に音威子府<sup>おといわづ</sup>まで北上し、そこで走向をやや東よりに変え、北見枝幸<sup>きたみえさし</sup>付近で海上に出る。さらにこれを北北東に延ばした地域がトニノーアニワ半島部にあたる。このこと

から、南サハリンから北海道北部にかけて地震活動の活発な地域が南北方向に帯状に分布し、その東側の境界がはっきりした。

一方、サハリン中軸部では散発的ながら各所で地震が発生している。特に、州都ユジノサハリンスク (YSS) 西方の東経 142.5° 付近で数多くの地震が分布している。これらの震源は、およそ北北東-南南西に走向を持つ活断層であるアプレロフスキー断層 (鈴木・他, 1998) を含むサハリン中央断層系で発生したものと考えられる。この断層系はサハリン中軸部の低地帯 (ススナイ低地, ポロナイ低地) と西サハリン山脈の境に存在し、ユジノサハリンスク付近で 110 km もの長さを有する大規模な活断層帯である。この活断層系はかつて北海道中軸部を連なる東西プレート間の斜め衝突帯の一部で (竹内, 1997; 岡, 1997), 断層東部の低地帯 (ススナイ低地) は、神居古潭帯と宗谷岬-クリリオン岬複背斜構造との間にある沈降盆<sup>といかんべつ</sup>につながり、さらに南に延ばすと間寒別構造盆地につながるとい意見 (岡, 1990) があることから、中軸部~日本海側で地震活動が活発な北海道北部 (田村, 1999) とのつながりが注目される地域である。但し、地震数が多いとはいえないためにはっきりとした地震帯としてとらえる事は難しい。

宗谷海峡の北にあるアニワ湾では 2 箇所ほどで集中した地震活動が見

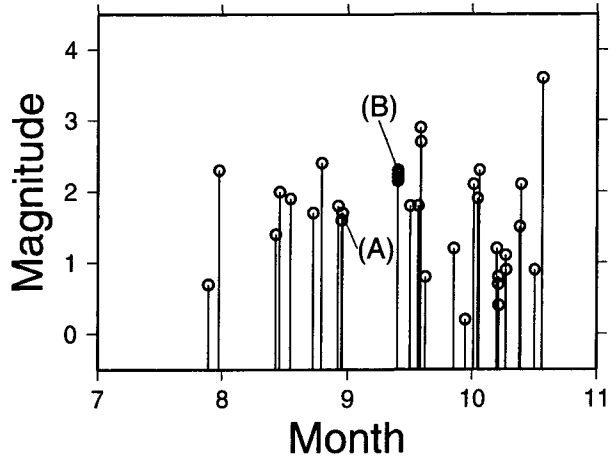


Fig. 6. Magnitude-time diagram of earthquakes obtained from temporary seismic observation in 2000. (A) and (B) denote earthquake swarm in Aniva Bay.

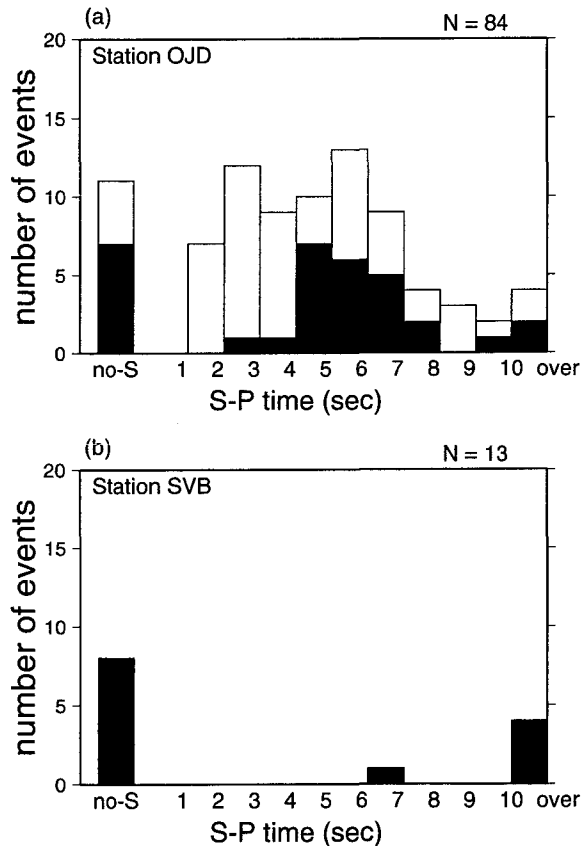


Fig. 7. Frequency distributions of S-P times observed at station at (a) OJD and at (b) SVB. White columns indicate the number of events triggered. Black ones denote the number of hypocenters determined.

られた[Fig. 5内(a), (b)]. これらの活動をM-T図で見ると、その活動期間が数日前後と短く、マグニチュードはほとんど同じものが3, 4個連発していて、小規模の群発地震活動と見られる。これは本谷(1989)や札幌管区気象台(2000)で述べられている北海道北部での群発地震活動がその北側でも継続して見られることを示している。また、北海道側の観測網を含めた震源決定であるが、宗谷海峡の活動自体は最大マグニチュードが2前後と小さく、北海道側の観測点では検知出来なかった。又、この地震群を含め、今回震源決定された地震全てが北海道側では検知出来なかった。

日本海側における活動は散発的で、南西部では震源決定出来たイベントが無かった。これは活動自体があまり活発で無かったためであると考えられるが、南西端の観測点SHBのノイズが高かったこともその原因と考えられ、今後に課題を残す結果となった。

## 2. 2001年臨時観測の結果

2001年の震源分布をFig. 8に、全観測期間のM-T図をFig. 9(a)に示す。この年は観測網のやや北方、サハリン中央断層沿いで顕著な群発地震活動があり、Mw 5.3の地震(2001ドーリンスク地震)に先行した。観測期間全体で444個の震源が求められた。ただし、サハリン中央断層北方の地震活動以外に震源決定出来たイベントはサハリン中央断層沿いの2つ(8月2日, 9月17日)、日本海沿岸で発生した1つ(6月26日)の合計3つ[Fig. 9(a)内黒丸印]のみであった。ただし、本論文ではDATAMARAKの観測結果を用いていないため、震源決定に至らなかったイベントトリガが150個など存在する。また、オホーツク海側では2000年と同様に地震を検知出来なかった。

群発地震はサハリン州の州都であるユジノサハリンスク(観測点YSS)の北北西約40km付近で2001年7月23日22:27(時刻はGMT, 以下、日時は全てGMT)のmb 3.1(EMSDによる)の地震から始まった。その後8月に入り地震回数、マグニチュード共に増加し、群発地震の特徴的な活動様式を示した。8月6日4:53のmb 4.5, 8月8日3:15のmb 4.5と立て続けにM4クラスの地震が発生したものの、これらの地震をピークにいったん活動は収束傾向を見せた。だが、9月1日12:04のmb 4.3の地震から再び活発化し、13:07にmb 5.7(Mw=5.3:USGS)と観測期間内で最大の地震が発生した。この時、近郊の町では日本の震度階で震度4-5の揺れを記録し、家屋の破損などの軽微な被害が発生した。その後、この地震の余震活動が続いた。この活動は今回の観測が終了した後も続いていて、2001年12月現在、震源近傍の観測点SKLでは日に10個程度のレベルの地震活動が継続している(Sen, 私信)。

2001ドーリンスク地震に関連する群発地震のM-T図をFig. 9(b)に、最大地震の発生した9月1日から4日までのM-T図をFig. 9(c)に示す。今回の活動で特徴的なのは、9月1日の地震を境に活動傾向が大きく異なっていることである。8月までの活動は典型的な群発地震の活動状況を示している。一方、9月以降の地震活動はFig. 9(c)を見れば分かるように、前震-本震-余震型である。

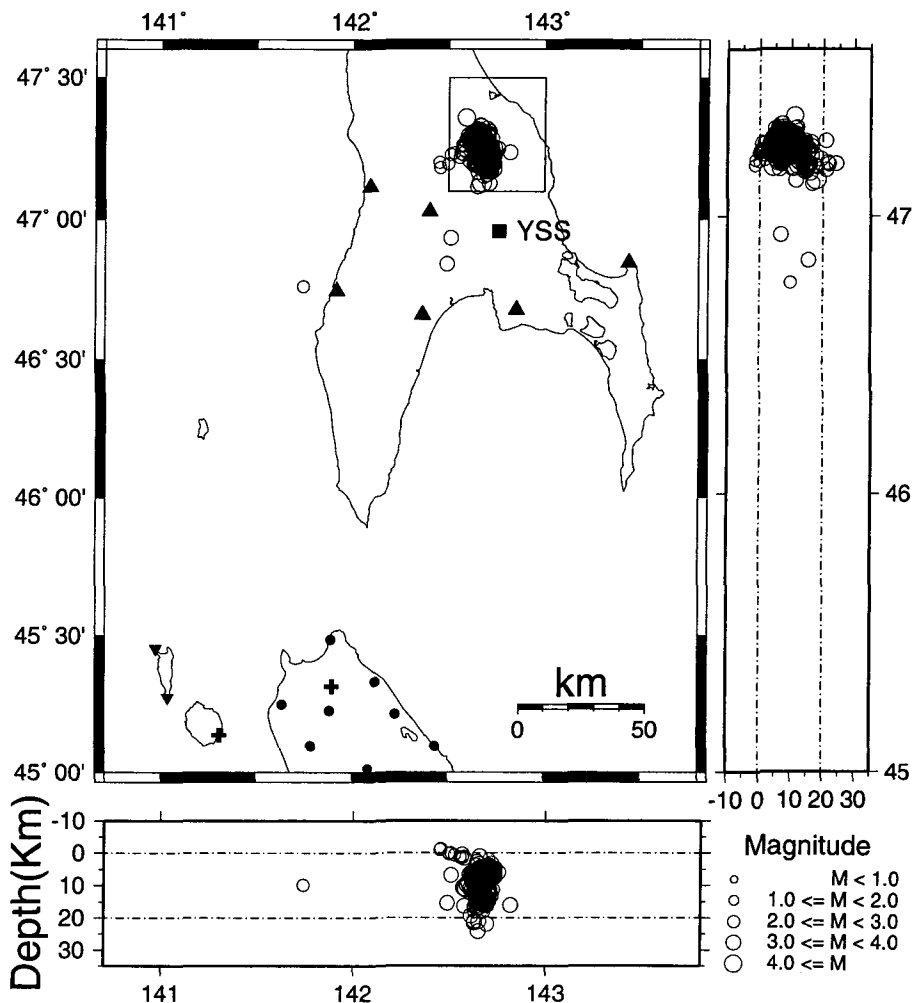
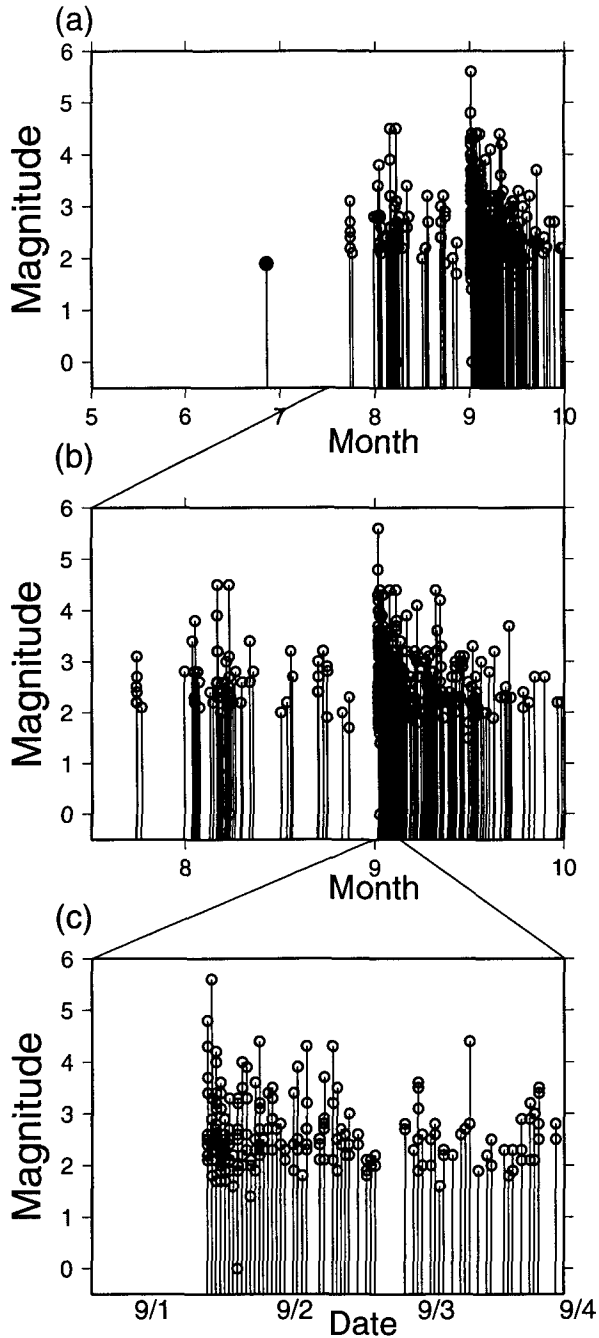


Fig. 8. Hypocenter distribution of shallow earthquakes during the temporary seismic observation in 2001. Boxed area denotes an earthquake swarm area, 40km to the north of station YSS.

これをさらに詳しく見るために、Fig. 8内の四角部分を拡大した震源分布を期間毎に区切ったものをFig. 10(a)–(d)に示す。各々の図は、(a)から順に7/23–8/31, 9/1, 9/2–9/5, 9/6–10/1の期間の震源分布に9月1日に発生した最大地震の震源位置(図内星印)およびUSGSによって求められたメカニズム解を示したものである。

Fig. 10(a)が示しているように、群発地震発生当初の地震は最大地震と離れた場所で発生していて、震央も北北東–南南西の方向に分布している。(b)は最大地震発生日の地震活動であるが、(a)と比べて震央が全体的に北西にシフトし、震央もおよそ南北方向に分布している。また、最大地震より前の地震、いわゆる前震を黒丸で示しているが、これらの地震は最大地震の余震域に発生している。翌日以降の4日間の震央分布を(c)に、さらにそれ以降の震央分布を(d)に示す。

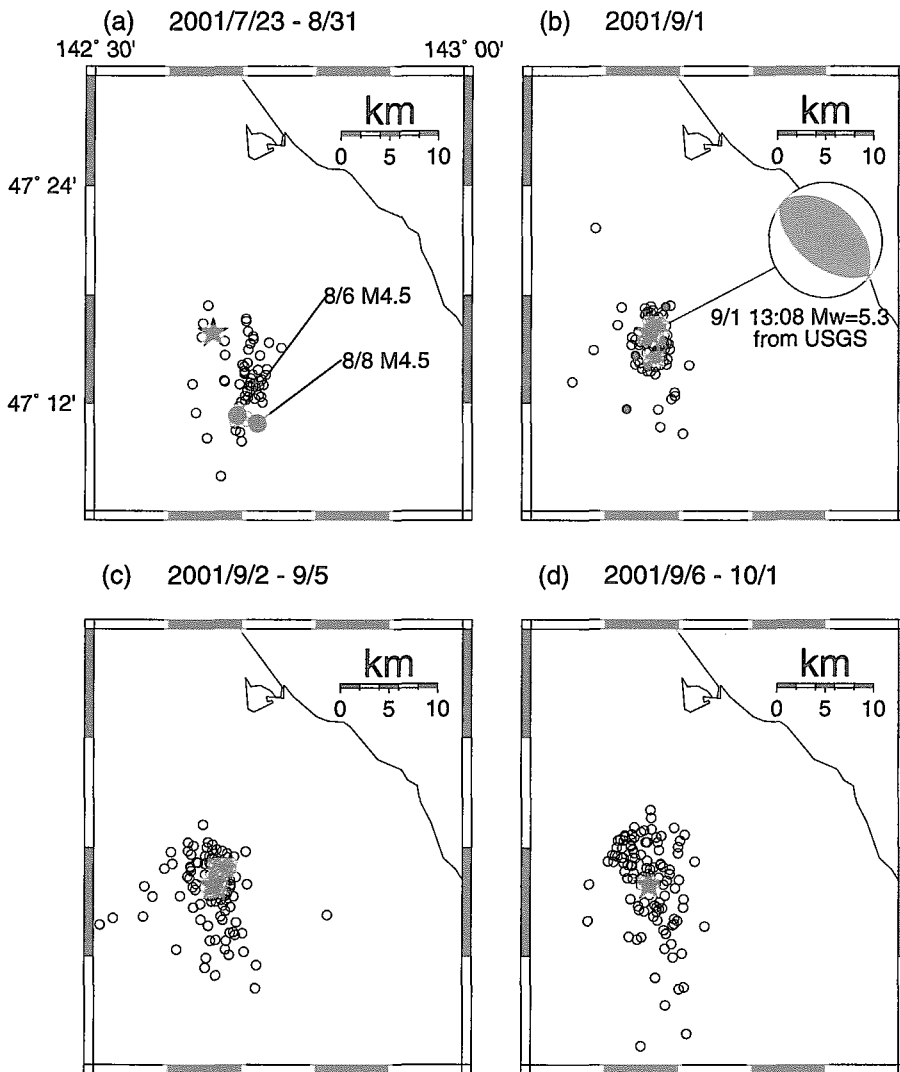


**Fig. 9.** Magnitude-time diagram of earthquakes obtained from the temporary seismic observation in 2001.

(a) From May 1 to Sep. 30, 2001. Open circles indicate earthquakes in the swarm of 2001. Only three events (June 26, Aug. 2 and Sept. 17) are not included in the swarm.

(b) Swarm activity in the boxed area of Fig. 8.

(c) Swarm activity from September 1 to 4.



**Fig. 10.** Maps showing the spatial development of the swarm activity in the boxed area in Fig. 8. Star indicates the epicenter of the largest earthquake on September 1 ( $M_w=5.3$ ).

(a) From July 23 to August 31. Solid circles indicate two largest earthquakes in this term.

(b) On September 1. Mechanism solution of the largest earthquake is also shown. Solid circles indicate foreshock of the largest earthquake.

(c) From September 2 to 5.

(d) From September 6 to October 1.

これらのことから、2001年に南サハリンで発生した群発地震は当初、南北方向のトレンドを持つ散発的な活動であったが、9月1日以降、その時間分布、空間分布が変化し、9月1日の最大地震に対する前震一本震一余震型の活動となったことがわかる。この活動は、7月からの群発地震が誘発したものであると考えられる。

一方、北海道北部の定常観測網では、今回の最大地震を含めた群発地震活動で発生した地震をいくつか検知している。だが、観測網が一方に集中する形になって、震源決定の結果は南北方向の誤差が大きなものとなってしまった。そのため、北海道側の観測点を用いる効果はほとんど見られなかった。また、それ以外のサハリン南部地域で発生したと思われる地震は検知出来なかった。

## V. 結 論

北海道からサハリンにかけての地震活動を把握するために、1995年以降日本・ロシア間で地震観測データ交換やサハリンでの臨時地震観測が行なわれている。だが、定常観測点数が少ないこと、臨時観測が狭い範囲をターゲットとしていたことなどから、広域的な微小地震活動の把握という点では不十分なものであった。そこで、サハリン島南部全体の微小地震活動の把握を目的とし、DAT、DATAMARKの両レコーダを用いた臨時地震観測を2000年、2001年の夏期に南サハリン全域で行った。さらに、日本、ロシア双方の定常観測網データを加えることで、より精度の高い震源決定を試みた。両年とも日本とロシアの隣接地域である宗谷海峡での地震活動が低調かつ微小なものであったため、双方の観測点のデータを用いた震源決定は出来なかった。だが、南サハリンに関しては、臨時観測点の記録から1000を超えるイベントを検出し、うち500個近くの浅発地震に対し震源決定を行うことが出来た。

2000年の地震活動はサハリン中央断層沿いのものが多く、次いで日本海側の活動が見られた。また、サハリンと北海道の隣接地域である宗谷海峡の地震は捕らえられなかったものの、その北側にあたるアニワ湾内で微小な群発地震活動が捕えられた。

2001年の地震活動はユジノサハリンスク北方の群発地震活動がほとんどで、それ以外の場所では地震がほとんど発生しなかった。群発地震は、9月1日のMw 5.3の地震を最高とする規模の大きなもので、観測期間中に400以上の地震に対して震源決定を行うことが出来た。この活動は当初散発的に活動していたが、それが9月1日以降の前震一本震一余震型の活動を誘発し、その時間、空間分布に変化を与えたと考えられる。

今回の結果、地震活動は両年ともにサハリン中軸部で活発にみられ、その活動は群発的なものが多いことがわかった。このような群発地震活動は北海道北部の中軸部から日本海側にかけてよく見られる現象であることから、その関連性が注目される。また、震源分布およびオホーツク海沿岸の観測点の連続記録から、東部のトニノーアニワ半島を含むオホーツク海側で全く地震が発生していないことがわかった。これらのことから、北海道北部からサハリンにかけての地震活動が南北に帯状に特徴付けられ、中軸部から西側の地震活動が活発な地域と東側の極めて活動度の

低い地域に二分されるということが言える。

今後、サハリン南部における臨時観測をさらに続けていくことにより、サハリン南部を中心とする地震活動状況がより明らかになると考えられる。また、北海道、サハリン隣接地域の震源決定能力の向上を目指し、日本・ロシア間のインターネットを用いた定常観測点の検測データ交換はすでに行われている。これら日本・ロシア間の地震研究協力を進め、北海道北部からサハリン島にかけての地震活動帯の把握、および活動度の定量化を進めていくことが、日本海東縁部のプレート運動とその境界を決定していくために重要であると考えられる。

**謝辞** 臨時地震観測に際し、サハリン地震観測所および海洋地質学地球物理学研究所、そしてサハリン島各地に在住する方々に多大なる協力をしていただきました。また、北大地震火山研究観測センターの本谷義信助教、高橋浩晃助手、戸谷雄造氏、ワイダカ・フンジャ氏には原稿をチェックして頂きました。ここに記して感謝致します。

## 文 献

- Fournier, M., L. Jolivet, P. Huchon, K. F. Sergeev and L. S. Osorbin, 1994. Neogene strike-slip faulting in Sakhalin and the Japan Sea opening, *J. Geophys. Res.*, **99**, 2701–2725.
- Heki, K., S. Miyazaki, H. Takahashi, M. Kasahara, F. Kimata, S. Miura, N. F. Vasilenko, A. Ivashchenko and Ki-Dok An, 1999. The Amurian Plate motion and current plate kinematics in eastern Asia, *J. Geophys. Res.*, **104**, 29, 147–29, 155.
- Hirata, N. and M. Matsu'ura, 1987. Maximum likelihood estimation of hypocenter with origin time eliminated using nonlinear inversion technique, *Phys. Earth Planet. Int.*, **47**, 50–61.
- 笠原稔・勝俣啓・一柳昌義・Kim C. U.・Sen R. S., 1998. サハリンおよび北海道北部の浅発地震活動, 月刊地球, **20**, 476–482.
- Kim C. U. and Sen R. S. 1997. The results of seismic investigations in Yuzhno-Sakhalinsk environment, using digital seismic station DATAMARK, *Geodynamics of Tectonosphere of the Pacific-Eurasia Conjunction Zone, Vol. V "Sources of Spring Earthquakes of Far East"*, 163–175.
- 小林洋二, 1983. プレート“沈み込み”の始まり, 月刊地球, **5**, 510–514.
- Kraeva, N. V., 1997. Research of seismicity in the South of Sakhalin in 1992–1996 using IRIS-2 data, *Geodynamics of Tectonosphere of the Pacific-Eurasia Conjunction Zone, Vol. V "Sources of Spring Earthquakes of Far East"*, 149–162.
- 本谷義信, 1989. 群発性地震活動と大地震および火山噴火との関連, 月刊地球, **11**, 184–189.
- 中村一明, 1983. 日本海東縁新生海溝の可能性, 東京大学地震研究所彙報, **58**, 711–722.
- 岡孝雄, 1990. サハリンの地形・地質概要と89年地質見学記(資料), 地下資源調査所報告, **62**, 101–122.
- 岡孝雄, 1997. 北海道とその周辺海域のネオテクトニクスに関する諸問題, 加藤誠教授退官記念論文集, 427–449.
- 札幌管区気象台, 2000. 北海道の地震活動(第2版), pp.310.
- 瀬野徹三・魏東平, 1998. 極東地域のプレート運動: 残された課題, 月刊地球, **20**, 497–504.
- 篠原雅尚・平田直・松田滋夫, 1997. GPS時計付き地震観測用大容量デジタルレコーダ, 地震2, **50**, 119–124.
- 鈴木康弘・渡辺満久・堤浩之, 1998. サハリンの活断層と極東テクトニクス, 月刊地球, **20**, 505–509.
- Takahashi H., M. Kasahara, F. Kimata, S. Miura, K. Heki, T. Seno, T. Kato, N. Vasilenko, A. Ivashchenko, V. Bahtiarov, V. Levin, E. Gordeev, F. Korchagin and M. Gerasimenko, 1999. Velocity field of around the Sea of Okhotsk and Sea of Japan regions determined from a new continuous GPS network data,



*Geophys. Res. Lett.*, **26**, 2533–2536.

- 竹内徹, 1997. 南サハリンの第三紀火山岩類の K-Ar 年代とそのテクトニックな意義, 地質学雑誌, **103**, 67–79.
- 田村慎, 1999. 北海道北部地域の地震活動と地殻構造, 北海道大学理学部, 地球惑星科学専攻修士論文, pp.116.
- ト部卓・東田進也, 1991. ワークステーションによる微小地震観測網波形検測支援システム, 日本地震学会講演予稿集, **1**, 70.
- Wei, D. and T. Seno, 1998. Determination of the Amurian plate motion, in *Mantle dynamics and plate interaction in East Asia*, edited by M. Flower, S. Chun, C. Lo and T. Lee, 337–346.