



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	1997年10月25日富良野市北西部で発生した地震 (M3. 7) について
Author(s)	一柳, 昌義; ICHIYANAGI, Masayoshi; 田村, 慎 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 61, 167-177
Issue Date	1998-03-20
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.61.167
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14267
Type	departmental bulletin paper
File Information	61_p167-177.pdf



1997年10月25日富良野市北西部で発生した地震(M3.7)について

一柳 昌義・田村 慎・笠原 稔

北海道大学理学部附属地震予知観測地域センター

岡崎 紀俊

北海道立地下資源調査所

(1998年1月8日受理)

The Earthquake of October 25, 1997(M3.7), at North-Western Part of Furano City, Central Hokkaido

Masayoshi ICHIYANAGI, Makoto TAMURA, Minoru KASAHARA

Research Center for Earthquake Prediction, Faculty of Science, Hokkaido University

Noritoshi OKAZAKI

Geological Survey of Hokkaido

(Received January 8, 1998)

A shallow earthquake with magnitude M3.7 which occurred on October 25, 1997, at northern end of the Furano active fault zone located at the western part of Furano city, central Hokkaido, is investigated. A foreshock with magnitude 2.1 about 30 hours before and 19 aftershocks with magnitude greater than 1.5 for 6 days after the event were registered by the routine network of Hokkaido region. Focal mechanism solution of the mainshock shows right-lateral strike-slip motion. We deployed 5 temporal seismic stations in and around the focal area to determine more precise hypocenter of the aftershock from October 29 to November 6. Hypocenters are calculated under the P-wave velocity of the uppermost crust of 4.25 km/sec which was estimated with travel times from quarry blasts near the region concerned. Aftershocks are over 3 km in the direction of N52°E and distribute on nearly a vertical plane of 3-5 km in depth.

I. はじめに

1997年10月25日11時56分ころ北海道富良野市の北西部を震源とするM3.7(札幌管区气象台)の地震が発生した。この地震で富良野市と上富良野町で震度2を記録した。その後も地震活動は続き、27日までの3日間に富良野市で震度2の地震が1回と震度1の地震が4回観測された。最大の地震がM3.7であったため、被害はなかったが、震源のそばの島ノ下温泉では、「ドン」という大きな音が聞こえたという証言もあり、震源が浅かったものと推定される。

北海道大学理学部附属地震予知観測地域センター(以下RCEP)では、1996年10月より札幌管区气象台との波形のリアルタイムデータ交換を開始し観測網の充実を図ってきた。Fig. 1に、新しい観測網によるルーチン観測で求めた震源と観測点の位置を示したように、この地震が発生した近傍には地

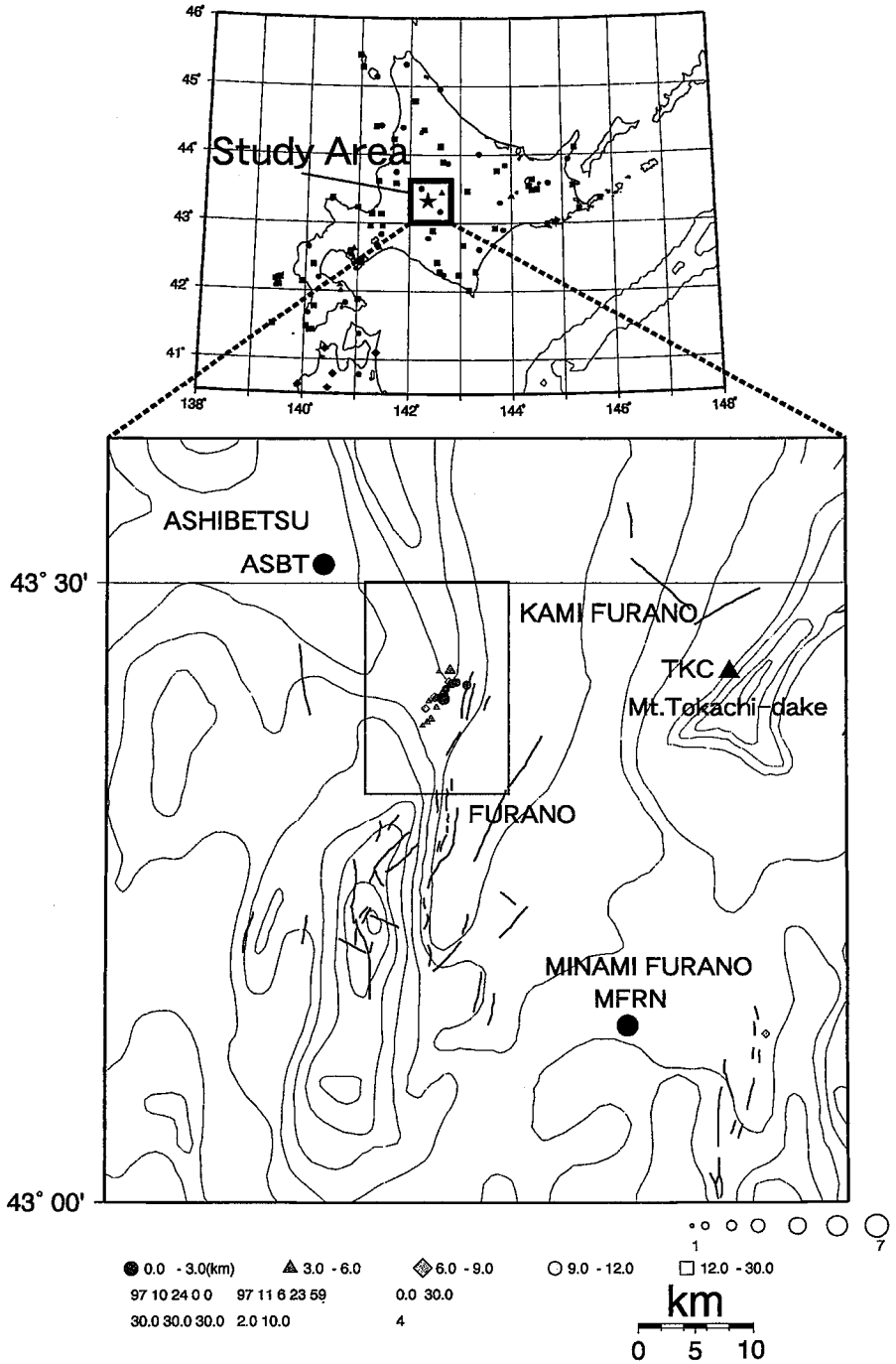


Fig. 1. Seismic station distribution in the Hokkaido by RCEP , UVO(Usu Volcano Observatory Hokkaido University) ,Tohoku University, Hirosaki University and JMA(The Japan Meteorological Agency). Hypocenter distribution of the earthquakes from October 24 to November 6. Thick lines are main active faults. Black square: RCEP stations. Black triangle: UVO stations. Black diamond: Tohoku University and Hirosaki University stations. Black circle: JMA stations.

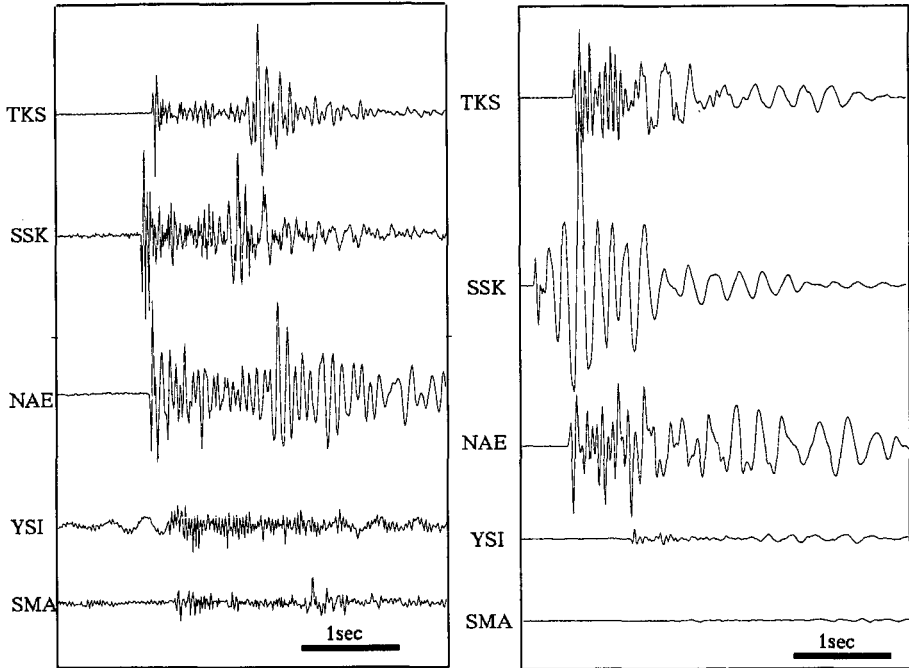


Fig. 3. Examples of seismograms recorded at temporary stations. Left: Natural earthquake. Right: Quarry blast.

地震の波形，また，右側は次に述べるこの付近の速度構造を推定するために用いた奈江碎石場の碎石発破の各観測点での波形である。

2. 碎石発破による地下速度構造の推定

今回設置した SSK 観測点の東約 500 m のところにある奈江採石場では，毎日のように碎石のための発破作業を行っている．今回のイベントトリガー方式の臨時観測でも，6 個の碎石発破による波形データを観測することができた．震源の決定精度向上のためには，地下の地震波速度構造を明らかにする必要があるが，この付近の速度構造は，あまり良く分かっていない．そこで，この波形の初動到着時間を使って，この付近の浅層の P 波速度構造の推定を試みた．Fig. 4 は，今回観測された発破 6 個についての走時曲線である．縦軸に発破の各観測点の初動到着時間，横軸に発破点からの距離を取っている．但し，縦軸の時間は，発破の正確な時刻が分かっていなかったため，便宜上発破点から一番近い SSK 観測点（発破点から 500 m 東）の初動到着時間を 0 秒とした．SSK 以外の観測点での各発破による時刻の差は最大で 0.062 秒なので，発破がほぼ同じ場所で行われたということがわかる．次に，プロットした点から回帰直線を最小二乗法により求めた．この直線は，この地域の平均的な走時曲線を示し，この直線の傾きの逆数から P 波速度の平均値を求めることができる．この方法で浅部の P 波速度構造は 4.25 km/s と求めた．今回求めた速度は，平均値で，この走時曲線から求めた各観測点で，理論走時と観測走時には系統的な時間差があり，この地域がより複雑な速度構造であることを示しているが，三次元的な P 波速度構造を求めるにはアレー観測のように多数の観測点が必要なため，今回はこの値を採用した．

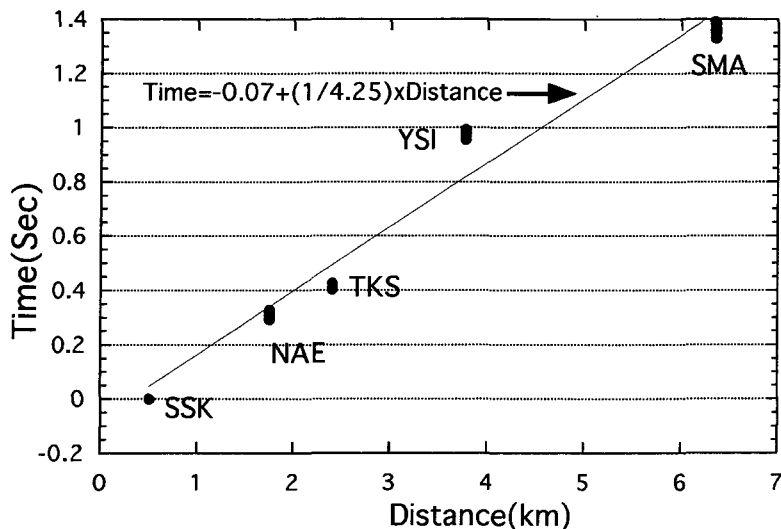


Fig. 4. Travel-time curve of the quarry blast plotted. Regression line obtained by using the data plotted (Solid circles).

Table 1. Station corrections for travel times used in calculation of hypocenters.

Station	Station correction (sec)
SSK	-0.04
NAE	-0.02
TKS	-0.08
YSI	+0.15
SMA	-0.06

3. 震源決定

実際に求められた速度構造の値を用いて震源計算を行った。震源計算のプログラムは Hirata and Matsu'ura (1987) を使った。震源計算では、発破から求めた P 波速度の値をもつ半無限均質の媒質を仮定し、 V_p/V_s 比は、森谷 (1983) が調べた北海道中部の平均的な値 1.75 を用いた。また、各観測点の走時補正值として、先ほどの発破解析の結果、観測された到着時間と回帰直線から計算された到着時刻の差を用いた。Table 1 は各観測点の補正值を示しているが、この中で YSI 観測点の補正值が +0.15 秒と他の観測点よりも際立って遅い値を示している。その原因として、この観測点が神居古潭変成帯を構成する岩帯の露出部からはずれた、P 波速度の遅い火砕流堆積物に覆われた富良野盆地に位置しているためと考えられる。臨時観測期間中に、43 個の震源を決定することができた。

III. 今回の地震活動と震源分布および周辺の地震活動

ここでは、ルーチン観測と臨時観測の両方の結果から、今回の地震活動全体について述べる。Fig. 5 は、RCEP のルーチン観測のデータによる 1 日毎の地震発生回数を示し、また、Fig. 6 には同じ期間の M-T 図を示した。1997 年 10 月 24 日に、この地域で最初の地震 (M 2.1) が発生し、次に 10 月 25 日 11 時 56 分に M 3.7 の地震が発生、引き続いて余震が発生した。M 3.7 の最大地震が発生後、18 時まで

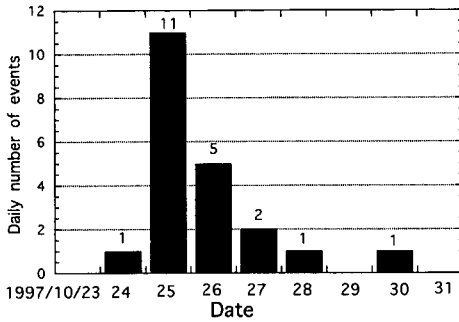


Fig. 5. The daily number of earthquakes from October 23 to October 31.

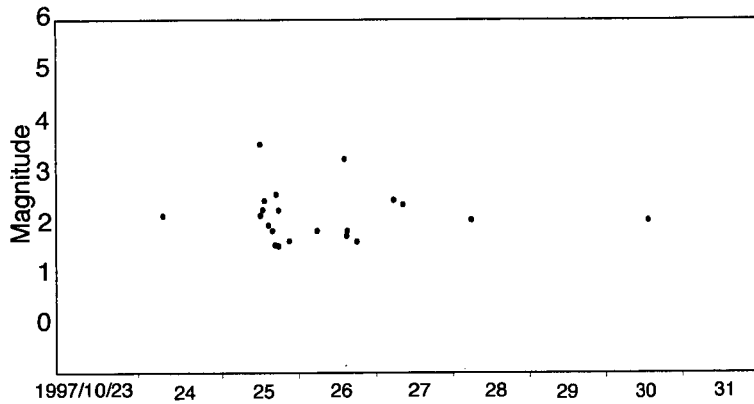


Fig. 6. Magnitude-Time diagram from October 23 to October 31.

Table 2. List of hypocenters in the study area determined by RCEP. (1997.10/24-1997.11/6)

	DATE	TIME	LATITUDE	LOGITUDE	DEPTH	MAGNITUDE
1	1997/10/24	5:30:31	43.4014N	142.3597E	4.0km	2.1
2	1997/10/25	11:56:00	43.4102N	142.3682E	5.2km	3.7
3	1997/10/25	12:02:02	43.4081N	142.3610E	0.9km	2.1
4	1997/10/25	12:47:25	43.3901N	142.3528E	5.0km	2.2
5	1997/10/25	13:17:36	43.4066N	142.3579E	4.9km	2.4
6	1997/10/25	14:27:34	43.3876N	142.3489E	5.0km	1.9
7	1997/10/25	15:59:13	43.3997N	142.3590E	5.0km	1.8
8	1997/10/25	16:52:38	43.3853N	142.3438E	5.0km	1.5
9	1997/10/25	17:14:04	43.4127N	142.3668E	4.9km	2.5
10	1997/10/25	17:37:16	43.4392N	142.3623E	5.0km	1.5
11	1997/10/25	17:43:59	43.4085N	142.3670E	2.3km	2.2
12	1997/10/25	21:06:17	43.4054N	142.3506E	5.4km	1.6
13	1997/10/26	5:34:05	43.4204N	142.3734E	6.5km	1.8
14	1997/10/26	14:21:32	43.4252N	142.3691E	0.0km	3.2
15	1997/10/26	14:50:57	43.3988N	142.3471E	7.6km	1.7
16	1997/10/26	15:01:43	43.4081N	142.3573E	8.9km	1.8
17	1997/10/26	18:14:12	43.4091N	142.3654E	7.2km	1.6
18	1997/10/27	5:49:30	43.4176N	142.3916E	0.0km	2.4
19	1997/10/27	8:44:36	43.4195N	142.3761E	0.0km	2.3
20	1997/10/28	6:11:01	43.4198N	142.3810E	2.2km	2.0
21	1997/10/30	13:59:07	43.4149N	142.3689E	1.9km	2.0

の5時間の間に、地震回数が一時的に増えたものの、その後、徐々に減少していき、10月30日の地震が、ルーチン観測で観測された最後の地震であった(Table 2)。この一連の活動形式は「前震・本震・余震」型に相当し、その活動期間は7日間であった。Fig. 7は、ルーチン観測で決められた地震を東西方向に投影した時空間分布である。この図から、震源分布の時間的な変化を見ることができるが、本震直後の地震は、南西方向に広がって分布していることが分かる。それに対し、10月26日からは、本震をはさんだ反対側の北東方向に地震活動が移り、10月27日からは、南西部分の地震は、観測されなくなった。このことから、本震発生は、ユニラテラルな破壊様式だったことが推定される。本震の断層面は、この本震直後の震源分布に相当するものと推定される。その後、10月26日のM3.2の地震が、北東側に発生し、その周辺での地震活動が高くなったと思われる。臨時観測は、この期間の後になるがルーチン観測では検知されない多数の極微小余震が観測されている。

次に、Fig. 8にルーチン観測、Fig. 9に臨時観測のそれぞれの震源分布を示し、比較してみる。ルーチン観測で北東-南西方向に約6 kmの長さで分布していた震央分布が臨時観測では半分の3 kmになり、震源域自体も北西方向に約1 kmほど移動した。走向も、N 30°E から22°東側に傾斜したN 52°E となった。鉛直断面の分布では、ルーチン観測で深さ0 km-10 kmの広がり分布していたものが、臨時観測の結果では、3 km-5 km

の幅に集中して分布するようになった。この臨時観測の震源分布から、N 52°Eの走向を持つ、ほぼ垂直の断層面が深さ3 km-5 kmに推定できる。この断層面の長さは約3 kmで幅は約1.4 kmである。最大地震M3.7のP波初動押し引きによるメカニズム解は、西北西-東南東(N 112°E)にP軸を持つ横ずれ断層に求まった(Fig. 10)。このメカニズム解から、北東-南西方向の節面が、臨時観測の震源分布と調和的であり、この面が断層面と推定できる。また、この地域にある活断層(活断層研究会, 1991)の走向とも調和的である。これらのことは、今回の地震活動が、北海道の広域的な応力場(例えば、森谷, 1986)での東西方向の圧縮力によって引き起こされた地震であることを示している。

最後に、定常的な上川中部の地震活動との関連を議論するために、Fig. 11にRCEPがテレメータ観測を開始した1976年7月1日から今回の地震群が発生した1997年11月6日までの震源分布と東西方向に投影した時空間分布を示した。この地域の地震活動では大きく3つの領域に分けることができる。領域Aは、十勝岳の火山性地震、領域Bは、南富良野での地震群で、92年ころから継続的な地震活動がつづいている。この地震群とは対称的に今回の地震活動を含む領域Cは、この図から、地震が

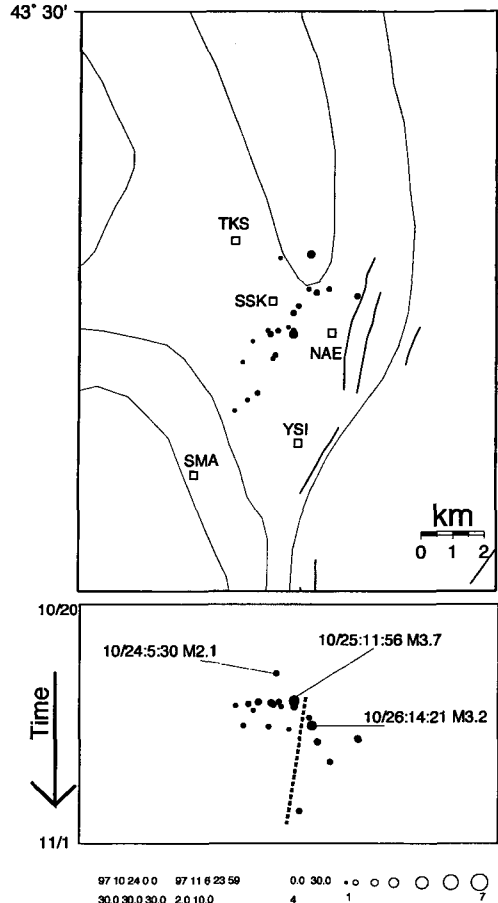


Fig. 7. Location of epicenters from October 24 to November 6 by RCEP (Top). Time sequence of occurrences for the events projected East-West direction (Bottom).

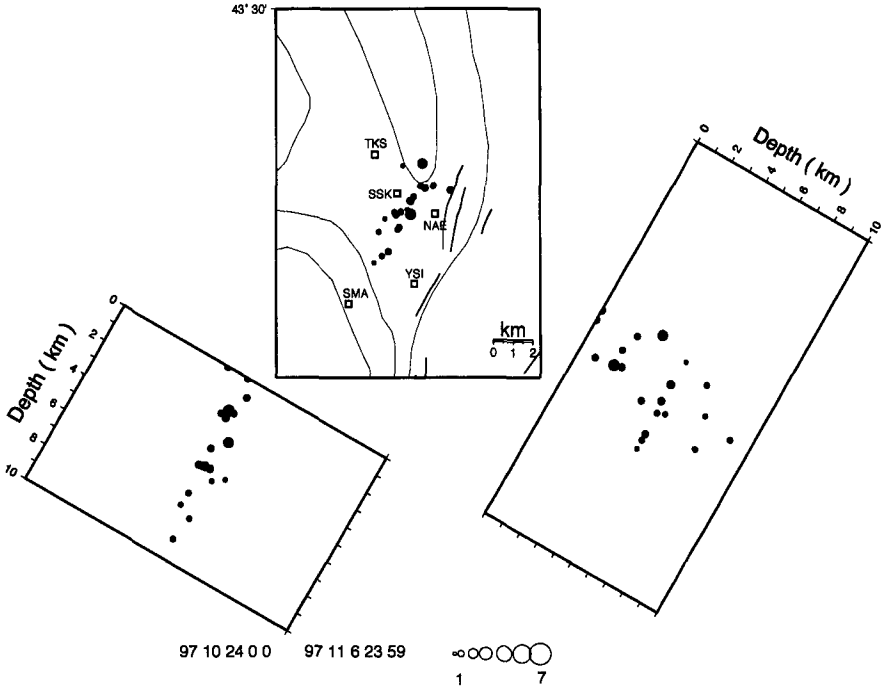


Fig. 8. Epicenters and cross section distribution by routine observation.

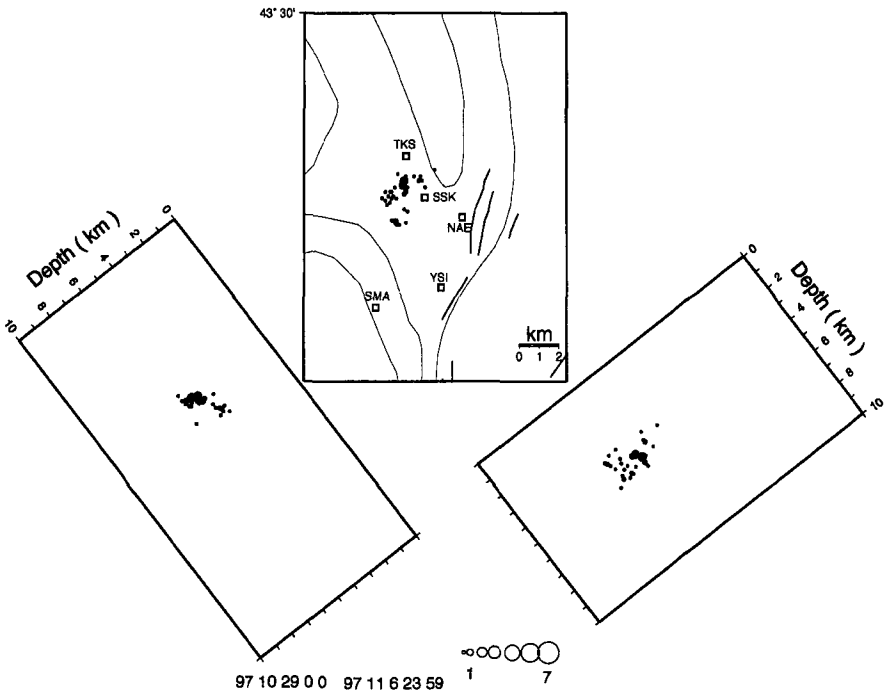


Fig. 9. Epicenter and cross section distribution by temporal observation.

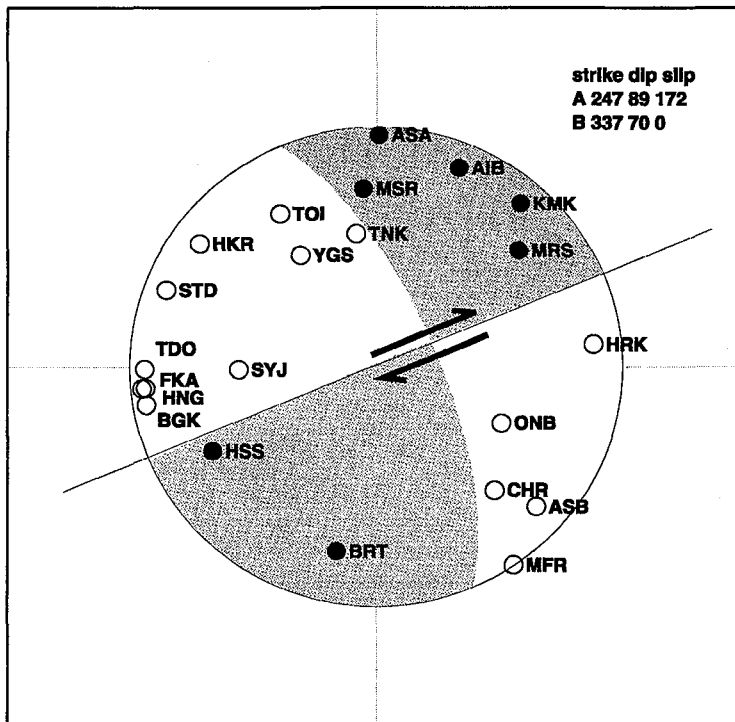
1997 10 25 11:56: 0 43.410N 142.368E 5.1KM M 3.7

Fig. 10. Focal mechanism solution of the mainshock. The first motions of P waves are projected on the lower half of the focal sphere using equal-area projection. Closed symbols and open symbols indicate the compressions and dilatations, respectively.

継続的に発生しているのではなく、ある時間に散発的に発生しているのが分かる。特に今回発生した地震の南側には、1991年終わりから1992年初めにかけて集中して地震が発生している(Table 3)。この時の地震活動は1991年12月14日にM2.4の地震が発生し、9日後の23日にM3.0の地震が発生した。1992年1月4日には、この活動で最大のM3.9の地震(札幌管区気象台)が発生し、この地震の余震が1月6日までに3回観測された。この最大地震は、札幌管区気象台の聞き取り調査の結果、富良野市で震度2-3の揺れを感じたことが分かっている。しかし、この地震以外の地震の震度は、この当時、地震の震源から約50kmはなれた旭川地方気象台でしか観測されていないため、分かっていない。一連の活動で観測された地震は6回で、この地震のマグニチュードや震度は、今回の地震よりも大きいにもかかわらず、震源決定された数が少ないのは、観測点数が現在よりも少なかったためである。M3.9の地震が起こる前の2回の地震も一連の地震活動とすると、活動期間は24日間と今回の地震活動よりも長くなる。しかし、M3.9の地震の前2つを、前震と考えるには本震との時間差が大きく、この活動が今回の地震活動と同型の「前震・本震・余震」型とは言えないかもしれない。しかし、2つの地震群がこの地域に分布する活断層の走向上に並ぶことは注目される。

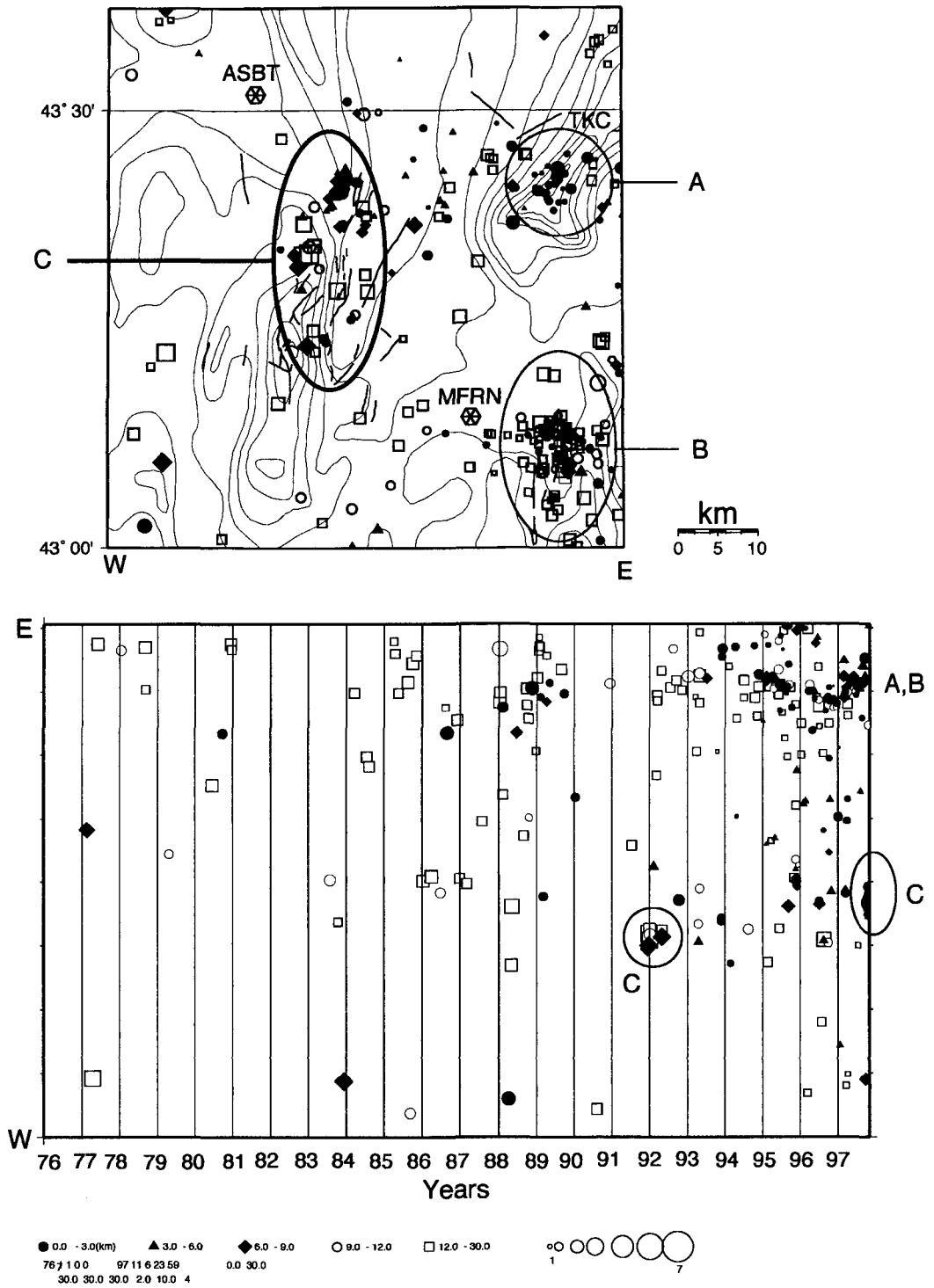


Fig. 11. Location of epicenters from July 1 1976 to November 6 by RCEP(Top). Time sequence of occurrences for the events projected East-West direction(Bottom).

Table 3. List of hypocenters in the study area determined by RCEP. (1991.12/14-1992.1/6)

	DATE	TIME	LATITUDE	LOGITUDE	DEPTH	MAGNITUDE
1	1991/12/14	16:54:44	43.3338N	142.2944E	6.3km	2.4
2	1991/12/23	19:10:16	43.3211N	142.3003E	7.4km	3.0
3	1992/1/4	21:00:39	43.3364N	142.3169E	14.6km	3.9
4	1992/1/4	21:27:16	43.3447N	142.3252E	16.3km	2.9
5	1992/1/5	2:57:17	43.3337N	142.3080E	13.5km	3.2
6	1992/1/6	13:43:41	43.3437N	142.3175E	10.0km	2.6

IV. ま と め

1997年10月25日11時56分ころに、富良野市北西部でM3.7の地震が発生した。この地震活動は、前日に1つの地震があり、M3.7の地震後、明らかな余震が観測された「前震・本震・余震」型で、M1.5以上の地震の活動期間は7日間であった。この地震の震源を正確に求めるための臨時観測を行った。この付近で行われている砕石発破を用いて浅部P波速度構造を求め、 $V_p=4.25$ km/sという値を得た。そして、この値を用いて、臨時観測で観測された極微小余震の震源決定を行った。その結果、震源は、N52°Eの方向で長さ3 kmの長軸方向に分布し、深さ3-5 kmに集中して、ほぼ垂直な面状に分布した。この結果は、最大地震で決めたメカニズム解の一節面と調和的であった。また、P軸の方向は、西北西-東南東で北海道の広域的な応力場とも調和していることが示された。

謝辞 この研究にあたり北海道大学理学部附属地震予知観測地域センターの本谷義信氏、高波鉄夫氏、高橋浩晃氏には原稿を読んで間違いを指摘して頂いた。また、北海道立地下資源調査所の田近淳氏と大津直氏には、この地域の地質について解説を頂いた。札幌管区気象台の宮村淳一氏には、過去の地震資料について便宜を図って頂いた。そして、ルーチン観測のデータは同センターと北海道大学理学部附属有珠火山観測所と札幌管区気象台のスタッフの努力によって維持管理されたデータを使わせて頂いた。また、メカニズム解の節面を計算するプログラムは弘前大学の小菅正裕氏作成のものを使わせて頂いた。これらのごことに対し、記して感謝いたします。

文 献

- ト部卓・束田進也, 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.
- 活断層研究会, 1991. 新版日本の活断層-分布と資料(旭川・夕張岳).
- 札幌管区気象台観測課地震津波火山監視センター, 1992. 1992年1月4日「上川支庁南部」の地震.
- 札幌管区気象台, 1985. 北海道の地震活動.
- 地学団体研究会, 1990. 日本の地質・北海道地方, 15-30.
- 佐藤博之・猪木幸男, 1977. 20万分の1地質図「旭川」, 地質調査所.
- 中川充・渡辺寧・紀藤典夫・酒井彰, 1996. 20万分の1地質図「夕張岳」, 地質調査所.
- Hirata, N, Matsu'ura, M, 1987. Maximum-likelihood estimation of hypocenter with origin time eliminated using nonlinear inversion technique, Phys.Earth Planet. Int, 47, 50-61.
- 森谷武男, 1983. 北海道の地殻上部における V_p/V_s の地域性, 北海道大学地球物理学研究報告, Vol. 42, October, 145-154.
- 森谷武男, 1986. 浅い地震活動と起震歪力から見た北海道のテクトニクス, 北海道の地質と構造運動, 地団研専報, 475-485.