

## 千屋断層帯における人工地震観測

岩崎貴哉<sup>1)</sup>・加藤 亘<sup>1)\*</sup>・阿部信太郎<sup>2)</sup>・一ノ瀬洋一郎<sup>1)</sup>・海野徳仁<sup>3)</sup>・岡田知巳<sup>3)</sup>  
越谷信<sup>4)</sup>・小菅正裕<sup>5)</sup>・坂 守<sup>1)</sup>・佐藤比呂志<sup>1)</sup>・清水信之<sup>6)</sup>・武田哲也<sup>1)</sup>・津村紀子<sup>7)</sup>  
野田 賢<sup>4)</sup>・長谷川昭<sup>3)</sup>・平田 直<sup>1)</sup>・渡邊和俊<sup>5)</sup>・井川 猛<sup>6)</sup>・大口健志<sup>8)</sup>

<sup>1)</sup> 東京大学地震研究所 <sup>2)</sup> 電力中央研究所 <sup>3)</sup> 東北大学大学院理学系研究科

<sup>4)</sup> 岩手大学工学部 <sup>5)</sup> 弘前大学理工学部 <sup>6)</sup> 地球科学総合研究所

<sup>7)</sup> 千葉大学理学部 <sup>8)</sup> 秋田大学鉱山学部

\* 現在JR東日本株式会社

## Seismic Refraction Observation at the Sen'ya Fault Zone, Northern Honshu, Japan

Takaya IWASAKI<sup>1)</sup>, Wataru KATO<sup>1)\*</sup>, Shintaro ABE<sup>2)</sup>, Yoichiro ICHINOSE<sup>1)</sup>,  
Norihiro UMINO<sup>3)</sup>, Tomomi OKADA<sup>3)</sup>, Shin KOSHIYA<sup>4)</sup>, Masahiro KOSUGA<sup>5)</sup>,  
Mamoru SAKA<sup>1)</sup>, Hiroshi SATO<sup>1)</sup>, Nobuyuki SHIMIZU<sup>6)</sup>, Tetsuya TAKEDA<sup>1)</sup>,  
Noriko TSUMURA<sup>7)</sup>, Ken NODA<sup>4)</sup>, Akira HASEGAWA<sup>3)</sup>, Naoshi HIRATA<sup>1)</sup>,  
Kazutoshi WATANABE<sup>5)</sup>, Takeshi IKAWA<sup>6)</sup>, Takeshi OHGUCHI<sup>8)</sup>

<sup>1)</sup> Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, <sup>2)</sup> Central Research Institute of  
Electric Power Industry, <sup>3)</sup> Graduate School of Science, Tohoku University, <sup>4)</sup> Faculty of Engi-  
neering, Iwate University, <sup>5)</sup> Faculty of Science and Technology, Hirosaki University, <sup>6)</sup> Japex  
Geoscience Institute Inc., <sup>7)</sup> Faculty of Science, Chiba University, <sup>8)</sup> Faculty of Engineering and  
Resource Science, Akita University

\* Present address : East Japan Railway Company.

### Abstract

In 1997, Akita Prefectural Government conducted a deep seismic reflection experiment to investigate an active fault zone developed along the eastern boundary of the Yokote Basin. We deployed additional thirty-six temporal seismic stations to record five dynamite shots for this experiment for the purpose of a refraction/wide-angle reflection crustal study. Our data provide important constraints on the velocity structure including lateral heterogeneity due to the fault system. This paper outlines our observations together with travel-times and record sections.

**Key words** : crust, structure, refraction, Senya fault.

### 1. 緒 言

1997年10月, 秋田県深部構造調査委員会によって, 千屋断層帯の地下構造調査が行われた(秋田県, 1998; 大口他, 1998; 岩崎他, 1998). この調査は, 地震調査研究推進本部

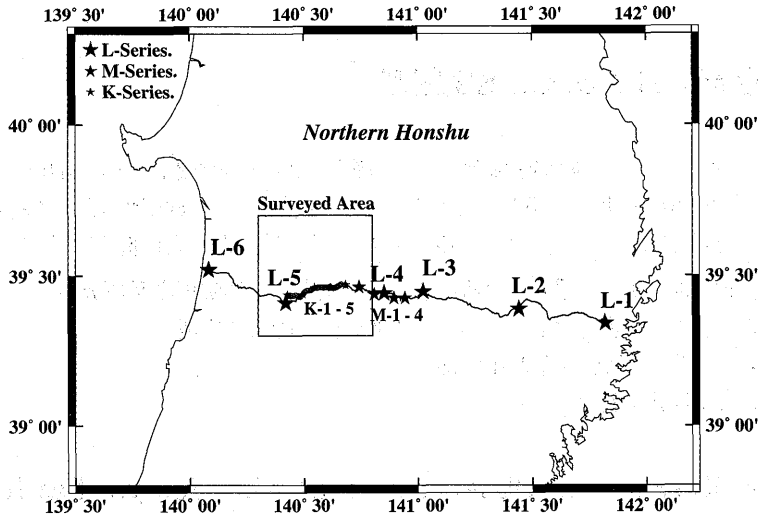


Fig. 1. Location map of 1997 seismic experiments conducted in Northern Honshu. Small stars showed shot points conducted by Akita Prefectural Government (K-1 to 5). Solid circles are our observation points. A seismic refraction experiment by the 7<sup>th</sup> Earthquake Prediction Program was carried out on an E-W line, on which ten shots (L-1 to 6 and M-1 to 4) were detonated.

の活断層調査の一環として行われ、反射法を主体とした地震探査から、1896年陸羽地震 (M=7.2) の地震断層 (千屋断層) の地下深部における地質学的特性の解明を目指したものである。一方、この調査と同じ時期に、第7次地震予知計画に基づいて、東京大学地震研究所をはじめとする全国の大学・関係機関が東北地方を横断する大規模構造探査を行った (長谷川, 1998; 爆破地震動研究グループ, 1998)。これは、屈折法及び反射法地震探査から詳細な地殻構造断面を求め、東北日本弧の地殻変形過程の解明を目的として実施されたものである。秋田県による探査と大学による探査は、特に東北脊梁山地に発達する断層帯の解明という目的のもとに、密接な連携のもとに実施された。実際、両調査の測線は、横手盆地周辺においてほぼ一致するように設定されている (Fig. 1)。

秋田県による調査では、制御震源として起震車 (パイプロサイズ) の他にダイナマイトが用いられた。我々は、このダイナマイト震源を屈折法的に利用することによって、横手盆地東縁断層帯周辺の地震波速度構造の詳細を明らかにすることを計画し、off-line レコーダを設置して観測を行った。得られたデータは、千屋断層近傍の詳細な速度構造を求める上で貴重であり、大学が行った探査のデータと総合的に解釈することによって東北脊梁山地の深部断層に対する新しい知見が得られるものと期待される。本報告では、この観測の概要とともに、得られた波形データ及び走時データを示す。尚、これらのデータの解析結果については、別途報告する。

## 2. 観測の概要

1997年の秋田県による反射法探査は、全長 12.7 km の測線で行われた (Fig. 2)。ダイナ

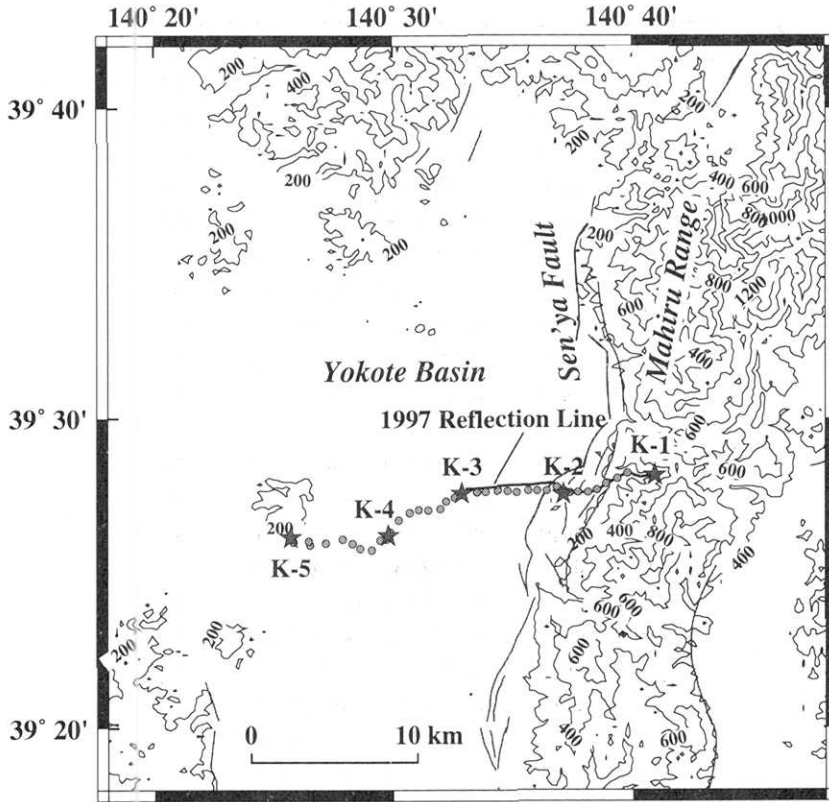


Fig. 2. Detailed map of our observation area. The thick line indicates the seismic reflection line by Akita Prefectural Government. Our observation sites and shot points are denoted by circles and stars respectively. Thin lines running in almost a N-S direction are fault traces in the western margin of the Yokote Basin.

Table 1. Shot times, locations and charge sizes of five explosions conducted by Akita Prefecture in 1997.

Shot	Latitude	Longitude	Height(m)	Date	Shot Time	Charge (kg)
K-1	39-28-09.73	140-40-54.13	386	1997.10.18	15:21:43.947	50
K-2	39-27-33.30	140-37-05.11	115	1997.10.18	14:32:49.204	50
K-3	39-27-34.16	140-32-49.93	32	1997.10.18	16:05:14.736	30
K-4	39-26-12.55	140-29-45.55	25	1997.10.18	15:47:14.817	30
K-5	39-26-09.18	140-25-40.43	74	1997.10.18	14:51:58.789	50

マイト発震点は、地下深部のイメージングを目的として反射法測線及びその西側延長上の5箇所 (K-1 から K-5) に設けられた。各発震点の位置、薬量、ショット時刻は、Table 1 にまとめてある。我々は、これらの発震点を結ぶ全長 22.2 km の測線上に 36 点の off-line

岩崎 貴哉 他

Table 2. Locations of observation sites.

Station Name	Latitude	Longitude	Height (m)
1 thk36	39-28-08.40	140-40-56.28	380
2 thk39	39-28-13.80	140-39-45.72	250
3 thk41	39-27-52.92	140-38-52.08	190
4 thk42	39-27-40.68	140-38-28.68	170
5 thk43	39-27-36.00	140-38-07.44	155
6 thk44	39-27-36.00	140-37-41.88	135
7 thk45	39-27-35.28	140-37-22.08	130
8 thk46	39-27-46.80	140-36-47.52	115
9 thk47	39-27-38.88	140-36-23.40	100
10 thk48	39-27-39.24	140-35-58.92	80
11 thk49	39-27-39.24	140-35-35.52	70
12 thk50	39-27-35.28	140-35-07.80	60
13 thk51	39-27-37.80	140-34-44.40	53
14 thk52	39-27-38.88	140-34-19.92	45
15 thk53	39-27-37.44	140-33-50.04	37
16 thk54	39-27-36.72	140-33-28.80	33
17 eri21	39-27-31.38	140-32-45.06	31
18 eri22	39-27-25.88	140-32-32.31	29
19 eri23	39-27-18.75	140-32-11.14	29
20 eri24	39-27-04.25	140-31-57.12	30
21 eri25	39-27-01.08	140-31-26.78	30
22 eri26	39-27-02.00	140-31-02.37	29
23 eri27	39-26-56.82	140-30-39.34	27
24 eri28	39-26-42.75	140-30-12.23	26
25 eri29	39-26-19.04	140-29-50.72	26
26 eri30	39-26-05.56	140-29-40.71	26
27 eri31	39-26-03.51	140-29-25.36	26
28 eri32	39-25-44.71	140-29-03.14	27
29 eri33	39-25-47.71	140-28-34.87	25
30 eri60	39-25-56.85	140-28-15.55	25
31 eri61	39-26-05.28	140-27-52.25	25
32 eri62	39-25-57.61	140-27-09.64	25
33 eri63	39-25-54.25	140-26-29.86	35
34 eri64	39-26-01.63	140-26-27.05	55
35 eri65	39-25-59.38	140-25-47.94	47
36 eri66	39-26-06.07	140-25-43.95	65

レコーダを設置した (Fig. 2 及び Table 2). このうちの東側の 16 観測点では, 長時間型デジタルレコーダ (DAT-2GC, グローバートック社製) を用いた 3 成分観測を行った. また, 西側の 20 点は, 白山工業社製 LS 8000 SH のデジタル型レコーダによる上下動 1 成分観測である. また, 最西端部の 7 点以外の点は, 大学による探査の観測点を兼ねている. 使用した地震計はすべて Mark Products 社製の L-22 D 型地震計 (固有周波数 2.2 Hz) で, damping 定数を 0.7 に設定した. 各レコーダの sampling 周期は, 10 ms に統一してある. レコーダ内部の clock は, GPS 信号によって補正されており, その刻時精度は, sampling 周期に比べて十分高い (数 ms 以下).

### 3. 観測結果

長時間型レコーダ (DAT-2GC) の観測データについては, 各機関において WS 上のハードディスクにコピーし, ショット部分を切り出した. また, LS 8000 SH で記録されたデータは, 現場でパーソナルコンピュータに吸い上げられた. これら全てのデータは, 東京大学地震研究所に転送され, データの編集作業を行った. 最終的なトレースデータは, 初動のおよそ 5 秒前から 45 秒間の部分とし, 観測点名, 震央距離 (offset distance), 先頭データの走時及び使用した地震計の特性を補正した絶対振幅を header 情報としてつけ加えた.

Fig. 3 に各ショットのレコードセクションを示す. それぞれの記録は各トレースの最大振幅で規格化して示してある. K-2 から K-5 までのショットでは, ほぼ測線全体にわたってかなり明瞭な初動を確認することができる. しかし, K-1 は, 震央距離 5 km 以遠の観測点で殆ど観測されていない.

Table 3 は, 各観測記録から読み取った初動走時である. この走時データには, ノイズレベル, 刻時精度, 相の明瞭度などを考慮して, 読み取りの精度が  $\pm 0.01$  s 以内の時は "A",  $\pm 0.03$  s 以内の時は "B", それ以上の誤差を含むと考えられるものは "C" としてランクづけを行なっている. ランク情報の後の  $\pm$  は読み取った相の極性で,  $+$  が地動の上向き,  $-$  が下向きであることを意味する.

全体の走時図を Fig. 4 に示した. これらの図から, 表層の速度は, 2-2.5 km/s であることがわかる. また, その厚さが, 断層帯を挟んで厚さに違いがある. 即ち, K-2 の走時曲線の非対称性や, 測線東端 5 km の部分での見かけ速度の増加から判断して, 断層の東側では堆積層が薄くなっている. 更に, K-2, K-4, K-5 のデータによれば, 表層の下に速度が 4-5.5 km/s の層の存在が推定される. 断層の西側では, いわゆる 6 km/s 層は, 深さ 2-3 km に位置するのに対し, 東側では, 深さ 1 km 程度と浅くなる. 先にのべた K-1 の初動振幅の著しい減衰は, K-2 付近に存在する断層帯における構造の急激な変化に起因する可能性が高い.

### 4. まとめ

1997 年 10 月, 地震調査推進本部の活断層調査の一環として, 秋田県深部構造調査委員会による横手盆地東縁断層帯の反射法構造調査が行われた. この調査測線は, 1896 年陸羽地震 ( $M=7.2$ ) の地震断層 (千屋断層) を東西に横断するものである. 我々は, この調査で行われた 5 点のダイナマイト発震を, 反射法測線及びその延長上の 36 点に offline レ

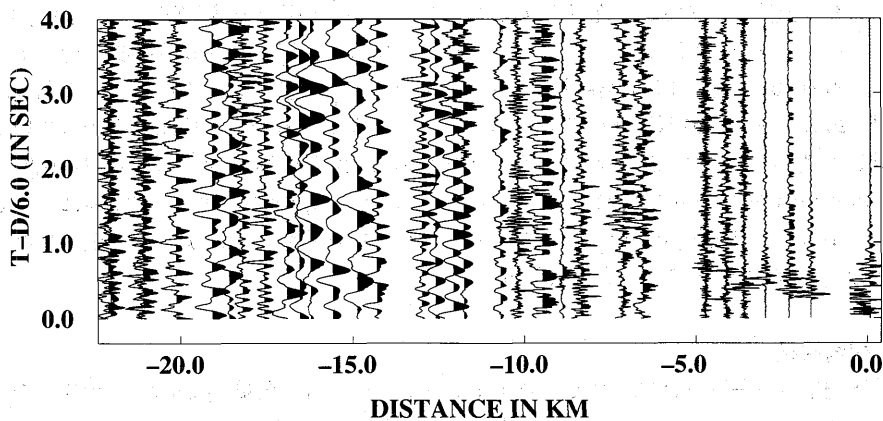


Fig. 3-1. Record section for K-1. The reduction velocity is taken to be 6 km/sec. Horizontal axis is an offset distance between the shot point and the individual observation site.

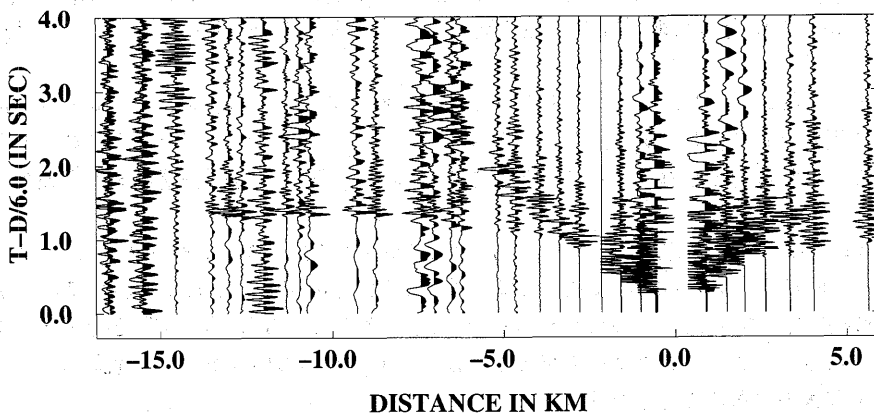


Fig. 3-2. Record section for K-2.

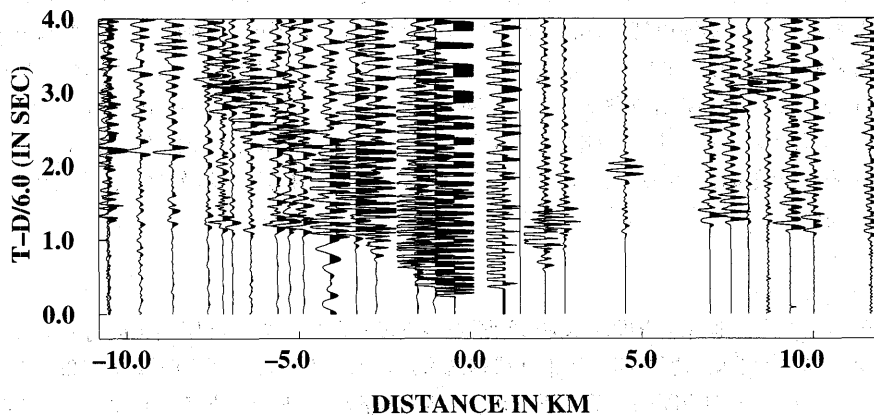


Fig. 3-3. Record section for K-3.

千屋断層帯における人工地震観測

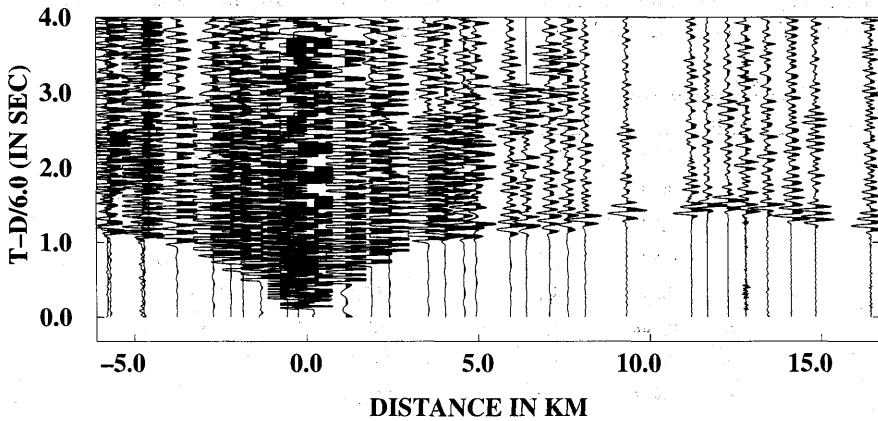


Fig. 3-4. Record section for K-4.

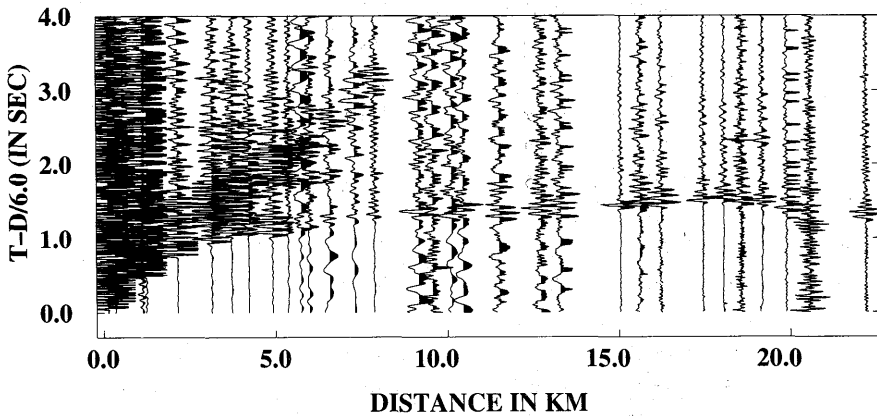


Fig. 3-5. Record section for K-5.

コードを配置して観測し、同地域の速度構造を屈折法的に求めることを試みた。我々の測線は全長 22.2km であり、ほぼ同時期に第 7 次地震予知計画の一環として行われた東北日本弧横断大規模地殻構造探索測線にほぼ含まれる。

各ショットについて作成した走時データを見ると、断層帯を挟んでその東西で見かけ速度、原点走時等にかかなりの違いがある。これは、断層帯近傍の不均質構造を反映しているのであろう。この観測で得られたデータを、東北横断地殻構造探索のデータと総合的に解析することで、内陸地震断層をはじめとする島弧地殻内の不均質構造について新しい知見が得られるものと期待される。

岩崎 貴哉 他

Table 3. Travel-time data. Ranks of "A", "B" and "C" show data quality indicating "very good", "good" and "fairly good", respectively.

Shot K-1

Station	Distance(km)	Azimuth(deg.)	Travel Time(s)
1	thk36	0.07	0.04 A+
2	thk39	-1.64	274.4 0.50 A+
3	thk41	-2.96	259.9 0.91 B+
4	thk42	-3.59	255.6 0.95 B+
5	thk43	-4.12	255.4 1.29 C+
6	thk44	-4.71	257.3 1.39 C+
7	thk45	-5.18	258.2
8	thk46	-5.94	263.2
9	thk47	-6.54	261.7 2.33 C+
10	thk48	-7.12	262.4 2.33 C+
11	thk49	-7.67	263.0
12	thk50	-8.35	262.7
13	thk51	-8.89	263.7
14	thk52	-9.47	264.3
15	thk53	-10.19	264.4
16	thk54	-10.69	264.6
17	eri21	-11.75	264.3
18	eri22	-12.07	263.6
19	eri23	-12.60	262.9
20	eri24	-12.99	261.1
21	eri25	-13.73	261.2
22	eri26	-14.30	261.7
23	eri27	-14.87	261.4
24	eri28	-15.58	260.1
25	eri29	-16.22	257.9
26	eri30	-16.55	256.7
27	eri31	-16.92	256.8
28	eri32	-17.58	255.3
29	eri33	-18.21	256.1
30	eri60	-18.59	257.3
31	eri61	-19.08	258.5
32	eri62	-20.13	258.4
33	eri63	-21.08	258.6
34	eri64	-21.10	259.3
35	eri65	-22.03	259.6
36	eri66	-22.09	260.1



千屋断層帯における人工地震観測

Table 3. (continued)

K-2

Station	Distance(km)	Azimuth(deg.)	Travel Time(s)
1 thk36	5.63	78.9	1.82 A+
2 thk39	4.04	72.0	1.41 A+
3 thk41	2.63	76.7	1.15 A+
4 thk42	2.01	83.5	0.95 A+
5 thk43	1.49	86.8	0.70 A+
6 thk44	0.88	84.6	0.41 A+
7 thk45	0.41	81.4	
8 thk46	-0.59	314.7	0.35 A-
9 thk47	-1.01	279.8	0.55 A+
10 thk48	-1.59	276.6	0.77 A+
11 thk49	-2.15	274.9	
12 thk50	-2.80	271.3	1.33 A+
13 thk51	-3.37	272.4	1.48 A+
14 thk52	-3.95	272.5	1.62 C+
15 thk53	-4.66	271.6	1.77 A+
16 thk54	-5.17	271.2	1.88 B+
17 eri21	-6.22	269.5	2.12 B+
18 eri22	-6.53	268.0	2.19 B+
19 eri23	-7.04	266.4	2.37 B+
20 eri24	-7.42	263.1	2.44 C+
21 eri25	-8.15	263.0	
22 eri26	-8.72	263.7	2.73 B+
23 eri27	-9.29	263.1	2.84 A+
24 eri28	-9.99	261.1	
25 eri29	-10.63	257.6	3.05 B+
26 eri30	-10.96	255.8	3.07 C+
27 eri31	-11.34	255.9	3.18 A+
28 eri32	-12.00	253.8	
29 eri33	-12.63	255.1	3.32 A+
30 eri60	-13.01	256.8	3.45 A+
31 eri61	-13.49	258.4	3.54 A+
32 eri62	-14.54	258.3	
33 eri63	-15.49	258.7	
34 eri64	-15.51	259.6	
35 eri65	-16.45	259.9	4.08 C+
36 eri66	-16.51	260.7	4.03 C+

岩崎 貴哉 他

Table 3. (continued)

K-3

Station	Distance(km)	Azimuth(deg.)	Travel Time(s)	
1	thk36	11.67	84.8	2.90 B+
2	thk39	10.01	83.0	2.69 A+
3	thk41	8.68	86.1	2.51 C+
4	thk42	8.10	88.5	2.49 B+
5	thk43	7.59	89.5	2.43 A+
6	thk44	6.98	89.5	2.29 A+
7	thk45	6.51	89.7	
8	thk46	5.69	86.1	
9	thk47	5.10	88.3	
10	thk48	4.52	88.0	1.73 B+
11	thk49	3.96	87.7	
12	thk50	3.30	89.4	
13	thk51	2.74	87.6	1.03 B+
14	thk52	2.16	86.1	0.91 A+
15	thk53	1.44	86.0	
16	thk54	0.93	85.1	0.48 A+
17	eri21	-0.14	233.6	
18	eri22	-0.49	238.8	0.30 A+
19	eri23	-1.04	242.9	0.52 A+
20	eri24	-1.56	233.9	0.64 A+
21	eri25	-2.23	242.8	
22	eri26	-2.76	248.9	1.15 A+
23	eri27	-3.33	249.8	1.35 A+
24	eri28	-4.09	247.2	1.67 B+
25	eri29	-4.87	241.6	1.77 A+
26	eri30	-5.28	238.9	1.84 A+
27	eri31	-5.63	240.3	1.89 A+
28	eri32	-6.39	238.1	2.10 B+
29	eri33	-6.93	241.7	2.13 B+
30	eri60	-7.21	245.4	2.22 B+
31	eri61	-7.63	249.0	2.34 B+
32	eri62	-8.66	249.9	2.55 B+
33	eri63	-9.59	251.3	2.70 C+
34	eri64	-9.59	252.7	
35	eri65	-10.50	253.9	2.93 B+
36	eri66	-10.54	255.1	2.97 B+

千屋断層帯における人工地震観測

Table 3. (continued)

K-4

Station	Distance(km)	Azimuth(deg.)	Travel Time(s)
1	thk36	16.43	77.4 3.82 A+
2	thk39	14.83	75.3 3.64 A+
3	thk41	13.43	76.6 3.53 B+
4	thk42	12.80	77.7 3.44 B+
5	thk43	12.27	77.9 3.40 A+
6	thk44	11.67	77.2 3.31 A+
7	thk45	11.21	76.8 3.17 A+
8	thk46	10.50	73.9 3.02 A+
9	thk47	9.88	74.3
10	thk48	9.32	73.3 2.73 B+
11	thk49	8.78	72.3
12	thk50	8.12	71.7 2.50 A+
13	thk51	7.61	69.8 2.33 B+
14	thk52	7.08	67.9 2.20 A+
15	thk53	6.40	65.9 2.08 A+
16	thk54	5.93	64.0 2.00 A+
17	eri21	4.93	60.5 1.80 A+
18	eri22	4.58	60.4 1.73 A+
19	eri23	4.04	59.6 1.62 A+
20	eri24	3.53	63.1 1.54 A+
21	eri25	2.85	58.3 1.44 C+
22	eri26	2.39	50.3 1.21 A+
23	eri27	1.88	43.3 0.96 A+
24	eri28	1.13	34.4 0.61 A+
25	eri29	0.24	31.7 0.13 A+
26	eri30	-0.24	208.2 0.13 A+
27	eri31	-0.56	240.0 0.32 A+
28	eri32	-1.33	229.8 0.66 A+
29	eri33	-1.86	245.6 0.89 A+
30	eri60	-2.21	257.3 1.05 A+
31	eri61	-2.72	265.3 1.22 A+
32	eri62	-3.76	263.0 1.55 A+
33	eri63	-4.71	263.1 1.79 A+
34	eri64	-4.76	266.0 1.81 A+
35	eri65	-5.70	265.9 1.99 A+
36	eri66	-5.78	268.0 2.04 A+

岩崎 貴哉 他

Table 3. (continued)

K-5

Station	Distance(km)	Azimuth(deg.)	Travel Time(s)	
1	thk36	22.20	80.4	4.84 B+
2	thk39	20.57	79.2	
3	thk41	19.19	80.3	4.54 B+
4	thk42	18.58	81.2	4.49 B+
5	thk43	18.06	81.4	4.43 A+
6	thk44	17.45	81.1	4.35 A+
7	thk45	16.98	80.9	
8	thk46	16.23	79.3	4.07 A+
9	thk47	15.62	79.7	3.96 B+
10	thk48	15.05	79.3	3.82 A+
11	thk49	14.50	78.9	
12	thk50	13.82	78.9	
13	thk51	13.29	78.1	3.43 B+
14	thk52	12.72	77.4	3.35 B+
15	thk53	12.02	76.9	
16	thk54	11.52	76.4	3.11 B+
17	eri21	10.46	75.9	2.99 A+
18	eri22	10.13	76.5	2.85 A+
19	eri23	9.58	77.0	
20	eri24	9.17	79.3	2.75 B+
21	eri25	8.43	79.0	
22	eri26	7.87	78.0	2.51 A+
23	eri27	7.30	78.4	2.34 B+
24	eri28	6.58	80.9	2.21 B+
25	eri29	5.99	87.1	2.09 A+
26	eri30	5.75	91.1	2.02 A+
27	eri31	5.38	91.8	1.90 A+
28	eri32	4.91	98.8	1.76 A+
29	eri33	4.22	99.0	1.67 B+
30	eri60	3.73	95.8	1.58 A+
31	eri61	3.15	92.2	1.41 A+
32	eri62	2.16	99.5	1.07 A+
33	eri63	1.27	111.3	0.67 A+
34	eri64	1.14	101.8	0.61 A+
35	eri65	0.35	149.3	0.18 A+
36	eri66	0.13	138.7	0.05 A+

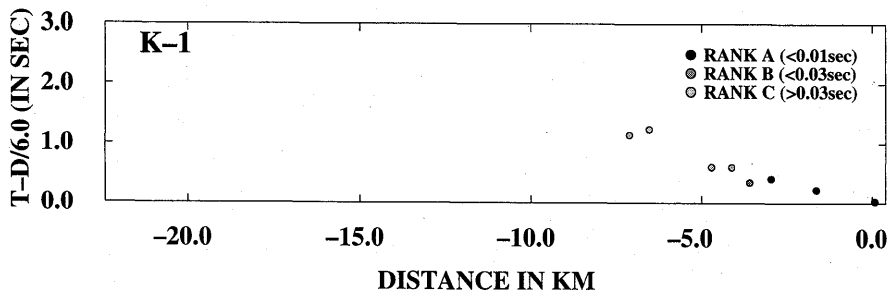


Fig. 4-1. Travel-time plot for K-1. The reduction velocity is taken to be 6 km/sec. Horizontal axis is an offset distance between the shot point and the individual observation site. The quality of the travel time data is shown by different symbols (see the text for explanation).

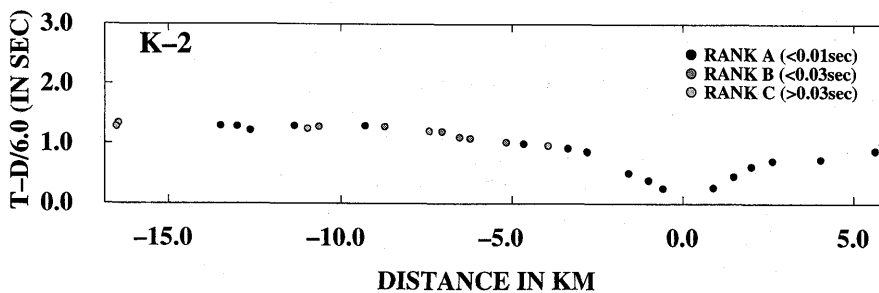


Fig. 4-2. Travel-time plot for K-2.

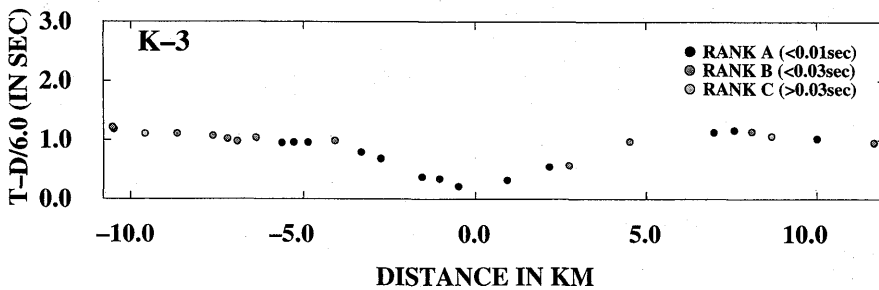


Fig. 4-3. Travel-time plot for K-3.

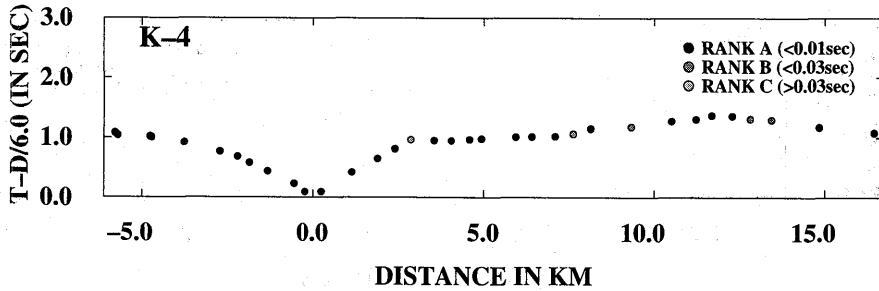


Fig. 4-4. Travel-time plot for K-4.

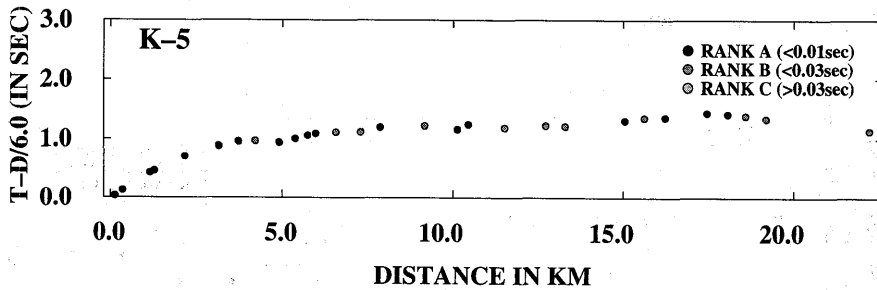


Fig. 4-5. Travel-time plot for K-5.

参考文献

秋田県, 1998, 平成9年度地震関係基礎調査交付金 横手盆地東縁断層帯に関する調査 成果報告書 第II編 深部構造調査.  
爆破地震動研究グループ, 1998, 東北地方横断屈折法地震探査の概要, 1998年地球惑星科学関連合同大会予稿集, pp360.  
長谷川昭, 1998, 1997年東北日本合同地震観測・構造探査実験, 1998年地球惑星科学関連合同大会予稿集, pp360.  
岩崎貴哉, 加藤 巨, 武田哲也, 一ノ瀬洋一郎, 坂 守, 佐藤比呂志, 平田 直, 越谷 信, 野田賢, 海野徳仁, 岡田知巳, 小菅正裕, 渡邊和俊, 津村紀子, 阿部信太郎, 大口健志, 清水信之, 1998, 屈折法地震探査による横手盆地東縁断層帯の浅部地殻構造, 日本地震学会講演予稿集 1998年度秋季大会, A 41.  
大口健志, 井川 猛, 伊藤谷生, 岩崎貴哉, 海野徳仁, 狐崎長琅, 佐藤比呂志, 清水信之, 長谷部功, 横倉隆伸, 吉田武義, 1998, 千屋断層の深部地殻構造探査, 1998年地球惑星科学関連合同大会予稿集, pp361.

(Received May 31, 1999)

(Accepted August 23, 1999)