

## 歪集中帯を中心とする大学合同地震観測

— 跡津川断層域を中心として —

歪集中帯大学合同地震観測グループ\*

## The Japanese University Joint Seismic Observations at the Niigata-Kobe Tectonic Zone

The Japanese University Group of the Joint Seismic Observations at NKTZ\*

### Abstract

Analyses with a spatially dense GPS array detected a zone with a high strain rate in the area from Niigata to Kobe. The high strain rate zone is called the Niigata-Kobe Tectonic Zone (NKTZ). An understanding of the NKTZ structure is important to know the mechanism of stress and strain accumulations in the Japanese Islands. The Atotsugawa fault, which is a right-lateral fault, is located in the NKTZ. Many small earthquakes are located along the Atotsugawa fault. A large heterogeneous structure was obtained at the Atotsugawa fault. This area is also important to know the mechanisms of inland earthquakes. Japanese University Group of the Joint Seismic Observations at NKTZ is conducting seismic observations at NKTZ for the five years period started from 2004.

Seismic observations are being performed by many universities; e.g., Hokkaido University, Hirosaki University, Tohoku University, the University of Tokyo, Nagoya University, Kyoto University, Kyushu University, and Kagoshima University. The 73 seismic stations are located in an area of 100 km × 100 km. The seismic network consists of 63 seismic stations with telemetry system and 10 seismic stations with portable recorder. We are planning to understand the seismic activity, crustal structure and mantle structure at the area. Synthetic simulation studies suggest that the network will be effective to know the seismic structure of the area. Many groups are organized for the analyses of data, e.g., seismicity, seismic tomography, receiver function, source mechanism, reflection and scattering studies, shear-wave splitting, low-frequency earthquake, modeling, auto-picking system, and Q structure. The results of the analyses will greatly contribute to reveal the mechanisms of inland earthquakes.

**Key words:** Niigata-Kobe Tectonic Zone, Joint Seismic Observations, Atotsugawa Fault

### 1. はじめに

活断層で発生する内陸地震は、たとえ中規模の場合でも震源域が都市の近くに位置する場合には、我々の生活を直接脅かすこととなる。そのため、内陸地震の予測は地震防災上非常に重大な課題であるが、活断層で発生する地震の再来周期は数百年から数千年と極めて長いために観測が困難で、その発生メカニズムを理解するための研究が、プレート境界地震に比べてかなり遅れていた。

近年、国土地理院のGPS観測網であるGEONETにより、空間的に高密度に配置されたGPSの観測から、日本列島の変形の様子が急速に明らかになりつつある(多田・他1997)。その大きな成果の一つとして、新潟から神戸にかけて歪速度が大きい歪集中帯が見出された(宮崎・他, 1998; 鷺谷・他, 1999; Sagiya *et al.*, 2000)。この新潟-神戸歪集中帯は、日本列島内に存在する主要な構造線とともに、日本列島の内陸域への歪・応力の蓄

\* e-mail: iidaka@eri.u-tokyo.ac.jp (〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1)

積・集中に重要な働きをしているものと考えられる。そのため、この新潟-神戸歪集中帯の成因は、様々な研究者によって議論されてきた(例えば, Shimazaki and Zhao, 2000; Iio *et al.*, 2002; Hyodo and Hirahara, 2003; Yamasaki and Seno, 2005)。それらは、(1)日本列島内のプレート境界である(例えば, Miyazaki and Heki, 2001; Heki and Miyazaki, 2001)、(2)日本列島を形成するプレートの内部変形集中帯である(例えば, Mazzotti *et al.*, 2000; Iio *et al.* 2002; Yamasaki and Seno, 2005) という2つの考え方に分類される。(2)ではさらに、歪はプレート境界地震の発生によって弾性的に解放されるという考え(Yamasaki and Seno, 2005)と、下部地殻内の強度の弱い領域の塑性変形を反映しているという考え(Iio *et al.* 2002)の2つに分けられる。(1)については、デタッチメントモデル(平原・他, 1998)、衝突モデル(Shimazaki and Zhao, 2000)、バックスリップモデル(Nakagawa *et al.*, 2001)などいくつかの運動学的モデルが提案されている。このように様々な立場からの説明が試みられており、活発な議論が行なわれているが、これらのモデルに共通しているのは、地震発生域より下部に不均質構造を仮定することである。特にIio *et al.* (2002)などは、内陸地震発生に関する下部地殻の役割を重視したが、(1)の運動学的なモデルにおいても、地震発生域の深部にデタッチメントを仮定したり(平原・他, 1998)、最上部マントルに粘性の不均質を仮定する(Yamasaki and Seno, 2005)など、内陸プレートの中深部の不均質構造がモデルの鍵となっている。

また、歪集中帯の中には、右横ずれ断層として知られている跡津川断層が存在し、この断層に沿って面上に微小地震活動が観測されている。この跡津川断層においても、これまでに様々な研究がなされてきた。震源分布の研究から、断層に沿っての顕著な面状の震源分布が報告されている(たとえば, Ito and Wada, 2002)。震源は断層面上に一様に分布せず、中央部の浅いところでは地震活動度が低く、その東側と西側においては活動が活発であるという不均質な分布となっている。また、国土地理院による精密基線測量網による距離測量の観測結果から、跡津川断層中央部のかなり浅い部分に1.0-1.5 mm/年程度のすべり速度を持つクリープ運動があることが示唆されている(多田, 1998)。このような地震発生域の断層上での運動特性の違いは、アスペリティのような断層上の特定の領域にどのように応力が集中するのかを考える上で非常に重要である。

以上のように、内陸地震の発生メカニズムを解明するためには、この地域で集中的な地震観測を行うことが重

要である。これらのことから、全国の大学は、「地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)」(科学技術学術審議会, 2003)の一環として、この新潟-神戸歪集中帯を中心とする跡津川断層を取り囲む地域において、平成16年度から5カ年の予定で地球物理的な大規模共同総合観測の実施を開始した。本論文では、この総合観測研究の内、地震観測研究についての観測の目的と概要を報告する。

## 2. 大学合同地震観測の概要

### 2.1 地震観測

総合観測の一環としての大規模な地震観測への参加機関は、北海道大学、弘前大学、東北大学、千葉大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、金沢大学、福井工業高等専門学校、九州大学、鹿児島大学である。この地震観測では、跡津川断層を含む約100 km四方の地域において、73点の自然地震観測を実施している(Fig. 1, Table 1)。

本総合観測の重要なターゲットの一つは、地震発生域より下部の不均質構造の解明である。そのためには、理想的には広域に高密度の観測点を展開することが望ましいが、機材数の制約から、新潟-神戸歪集中帯を横断する長さ200 km程度の直線状のアレイと、それよりやや狭い領域における2次元的な観測網を併用することとした。直線状のアレイでは、レーザー関数解析等により、断層深部における不均質構造の精細な把握を、2次元的な観測網では、トモグラフィー等による大局的な不均質構造をとらえることを目指している。

衛星通信を用いたテレメータシステム(Urabe *et al.*, 1998)を63箇所で使用し、リアルタイム観測を実施している(Fig. 2)。今回の調査地域は、冬季の積雪が大きいことを考慮し、電柱を建てて高い位置にアンテナを設置したり(Fig. 2-(a))、高いやぐらを組みアンテナの位置を高くするなどの工夫を凝らしてある(Fig. 2-(b))。また、やぐらを組む際は不安定にならないよう土台となるコンクリートブロックを脚に固定し、コンクリートブロックを地中に埋め込むようにしてやぐらの安定を保つことも行った(Fig. 2-(c))。

また、本研究対象領域は山岳地域を含むため、電源の確保ができない地域もある。そのような地域においてオフラインのレコーダ(篠原・他, 1997)を10点設置し、研究対象領域全体を覆うように設置し、観測の空間的な空白域が無いように努力している(Fig. 2-(d))。このように、本研究は自然地震を詳細に観測することによって、当該地域の地震活動を把握するとともに地下深部ま

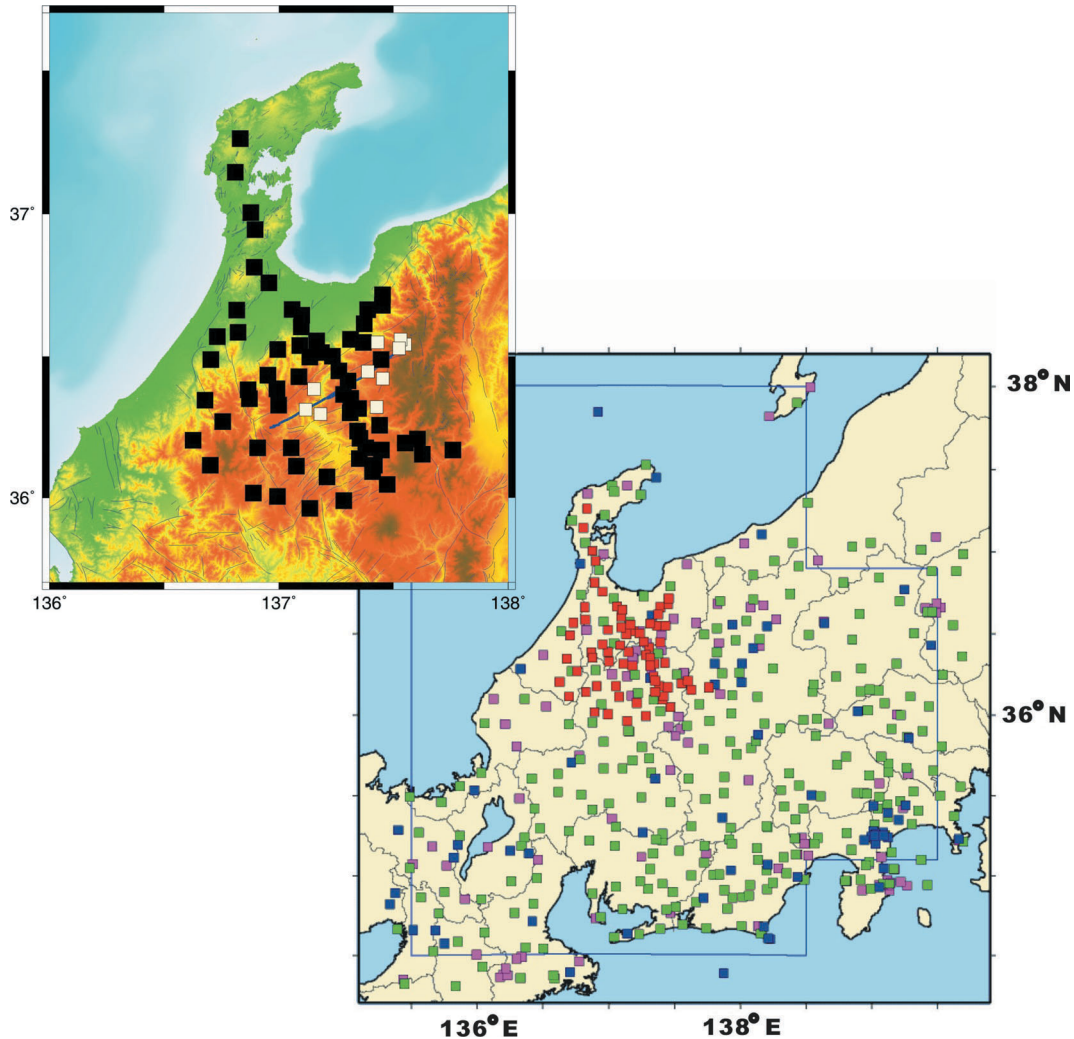


Fig. 1. Map of seismic stations. The seismic stations deployed by this project are shown by red squares and inset. The blue squares indicate Japan Meteorological Agency (JMA) seismic stations. Green squares indicate Hi-net stations which are operated by National Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED). Seismic stations operated by universities are shown by purple squares. In the inset, the seismic stations using the telemetry system are shown by black squares. Open squares indicate seismic stations with off-line recorder. Atotsugawa fault is shown by thick blue line.

での構造を明らかにしようとするものである。

地震計は、多くは固有周期1秒の地震計を用いた。新潟-神戸歪集中帯を横断する直線状のアレイの9点においては中周期地震計(50 Hz-30 秒)を設置した。これは、レーザ関数解析や低周波地震の検出に有効であると考えられる。

## 2.2 伝送・収録システム

臨時観測点で収録された地震観測データは、衛星テレメータシステム (Urabe *et al.*, 1998) のほか、フレッツ・ISDN とフレッツ・グループ (NTT 西日本) またはフレッツ・グループアクセス (NTT 東日本) によって構築されるプライベートネットワーク、さらに JGN2 ネット

ワーク (鷹野他, 2005) などによって東京大学地震研究所と京都大学防災研究所に送られる (Fig. 3)。東京大学地震研究所と京都大学防災研究所には、データ収録・解析用として、1.5 TB の容量の外部ストレージ (RAID 5) を持つ FreeBSD ベースのデータサーバが設置しており、臨時観測点のほか、Fig. 1 に示す観測点の連続データを収録している。2 箇所のサーバは同じ仕様として、データのバックアップ機能を持たせた。

得られた連続データから、種々の解析テーマに利用できるように、数種類のイベント波形データベースを作成している。それらはそれぞれ、以下の条件のデータとなっている。

Table 1. List of the Seismic Stations.

テレメータ

観測点名	緯度(°)	経度(°)	高度(m)	
HU.IKK	36.16880	137.76000	674	
HU.SHN	36.15380	137.62580	1322	
HU.NKU	36.20780	137.60490	1364	
HU.HRU	36.19390	137.55130	1254	
HU.IWI	36.16850	137.44790	923	
HR.MTS	36.49708	137.13475	320	
TU.HKO	36.11440	136.70020	821	
TU.KWS	36.20316	136.62664	530	
TU.KAS	36.48840	136.70330	213	
TU.UCH	36.34500	136.67750	330	
TU.KIT	36.52420	136.99570	282	
TU.MRM	36.53810	137.09180	247	
TU.SMN	36.43390	136.95330	253	
TU.NRD	36.35080	136.87190	385	
TU.KMT	36.38210	136.86661	404	
E.AKIS	37.26286	136.83157	140	※
E.AKRH	36.58456	136.82241	130	
E.AOSK	36.20971	137.35410	740	
E.AKRT	36.51310	137.18588	280	※
E.ATRG	37.14518	136.80972	40	
E.ATKN	36.75795	136.95638	30	
E.ASTN	36.64446	137.09961	90	
E.ASTB	36.55411	137.16517	160	
E.ATRB	36.56852	136.73187	60	
E.AHRB	36.60375	137.09825	150	
E.ATRT	36.71601	137.45279	250	
E.ANKB	36.30132	137.31159	580	
E.ANMI	36.13896	137.35128	750	※
E.AKZO	36.09217	137.40917	920	
E.AKUE	36.94461	136.89665	70	
E.AKRK	36.66211	136.81624	260	
E.ADIR	36.66450	137.05866	70	※
E.AYKM	36.44809	137.26189	220	
E.ASET	37.00423	136.87751	20	※
E.ASOI	36.81321	136.89203	50	※
E.AOIW	36.66376	137.38751	140	
E.AORT	36.68012	137.45151	320	
E.AKTK	36.50028	137.23416	420	
E.AASY	36.31568	137.34688	630	
E.AMIY	36.11452	137.41632	960	※

## 歪集中帯を中心とする大学合同地震観測

E.AIKG	36.04661	137.47248	1140	
E.AMRB	36.23624	137.34269	860	
E.AGMB	36.17622	137.37952	739	※
E.AKMO	36.35120	137.31434	895	※
NU.HRS	36.17639	136.90778	635	
NU.HRG	36.01667	136.88833	970	
NU.ATK	35.98980	137.28287	612	
NU.IMT	36.07348	137.20994	726	
NU.KMO	36.11152	137.07648	933	
NU.EGR	36.17609	137.05389	775	
NU.OKG	35.96244	137.13552	682	
NU.TRK	36.00462	136.99463	920	
DP.ARMD	36.48870	137.44620	1105	
DP.HSHC	36.26900	136.75540	660	
DP.KZYM	36.25650	137.43970	610	
DP.OGGD	36.54832	137.36911	430	
DP.WRIS	36.36583	137.28250	407	
DP.HKDO	36.41340	137.30260	305	
KU.AKUM	36.55971	137.31216	338	
KU.ATO2	36.61473	137.37315	216	
KU.AMZN	36.32747	136.99992	910	
KU.AOKB	36.38539	136.99114	610	
G.SUGA	36.42812	137.08676	685	

## オフライン

観測点名	緯度(°)	経度(°)	高度(m)	
DP.DSW	36.54160	137.55130	1390	
DP.MZT	36.55900	137.53160	1120	
DP.SGD	36.52780	137.52380	1120	
DP.HGD	36.42160	137.45340	1,360	
UTBO	36.38450	137.15400	868	
USSK	36.31275	137.11800	545	
SUGO	36.29658	137.18140	937	
KNKD	36.32052	137.42660	653	
OTW3	36.44587	137.38825	1258	
WDGW	36.54885	137.43058	599	

Seismic station with middle-period seismometer was shown by ※.

(1) JMA カタログから選択した、Fig. 4-(a) の範囲に発生した M 1.5 以上の地震。

(2) JMA カタログから選択した、日本全域で発生した地震のうち M 5.0 以上の地震。

(3) QED カタログから選択した、M 6.0 以上の地震

(Fig. 4-(b)).

それらは主に、トモグラフィ解析やレシーバ関数解析等に使用することを考慮して収集しているものであるが、他の解析テーマに利用することも容易であると考えられる。これらの他に、地震活動の解析等に資するため

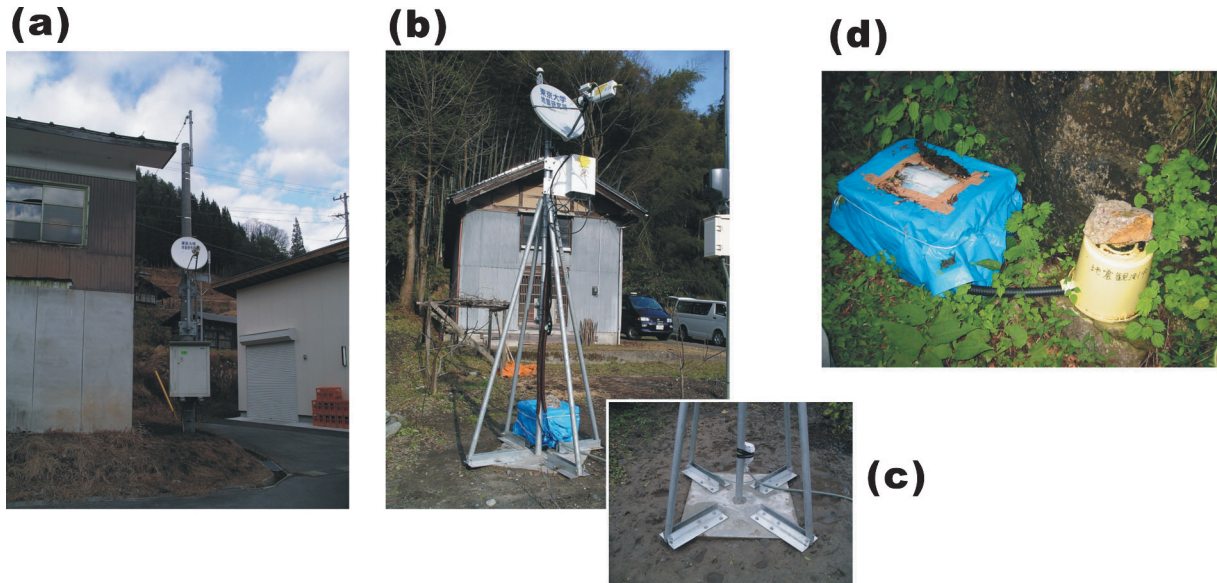


Fig. 2. Images of seismic stations. The seismic stations with parabolic antenna set up at pole (a) and stand (b). The basement of the stand-type parabolic antenna is shown in (c). The image of the off-line seismic station is shown in (d).

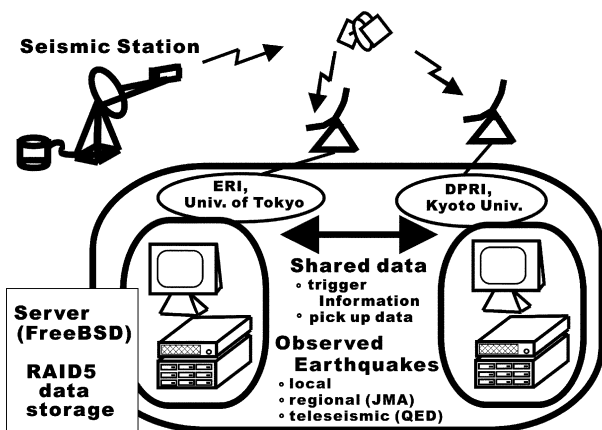


Fig. 3. Schematic figure of observation systems. The same specification servers are set up at ERI, University of Tokyo and DPRI, Kyoto university.

に、京都大学防災研究所上宝観測所のトリガ論理で収録した地震も収録し、上宝観測所において再検出処理を行っている。このカタログの中から跡津川断層周辺地域の震源分布の例を Fig. 5 に示す。同時期に気象庁によって決定された震源分布と比較すると6倍程度の震源を決定しており、詳細な震源分布が明らかになることが期待できる。

データサーバ上では、上記の他に、臨時観測点の波形記録 (Fig. 6), それぞれのデータベースに収録された地震の分布等をウェブベースで提供することで、観測点の

稼動状況のチェックやデータの収録状況の確認が他機関からも容易に可能となっている。さらに、データ利用者の便宜を図るため、それぞれのデータベースの検索を行なってダウンロードを行うシステム (大見, 2006) が実装されており、全国の大学からのデータアクセスが可能となっている。

### 2.3 解析グループ

この総合観測の一環としての大規模な地震観測は、GPSの観測グループや地球電磁気の観測グループとも密接に連絡を取り、総合的に歪集中帯を理解することを目標としている。そのため、地震学の分野においても様々な角度から、この歪集中帯を調べることを心がけた。そのため、解析を組織的かつ効果的に行うことを目標に、数名で構成される解析グループを組織した。その解析グループは、震源分布、トモグラフィー、レシーバー関数、メカニズム解、反射・散乱、S波スプリッティング、低周波地震、地震発生モデル、自動処理、減衰構造などからなり、歪集中帯の総合的な解明を目指した。今後、これらの解析グループから最新の成果が出てくることが期待される。

### 3. トモグラフィー解析の分解能テスト

我々は、本合同地震観測の観測網により、どの程度の分解能で速度不均質の分布が推定できるかを知るために、トモグラフィーの分解能向上についての調査をおこなった。解析対象領域は、緯度  $35.5^{\circ}\text{N}$  -  $37.0^{\circ}\text{N}$ 、経度

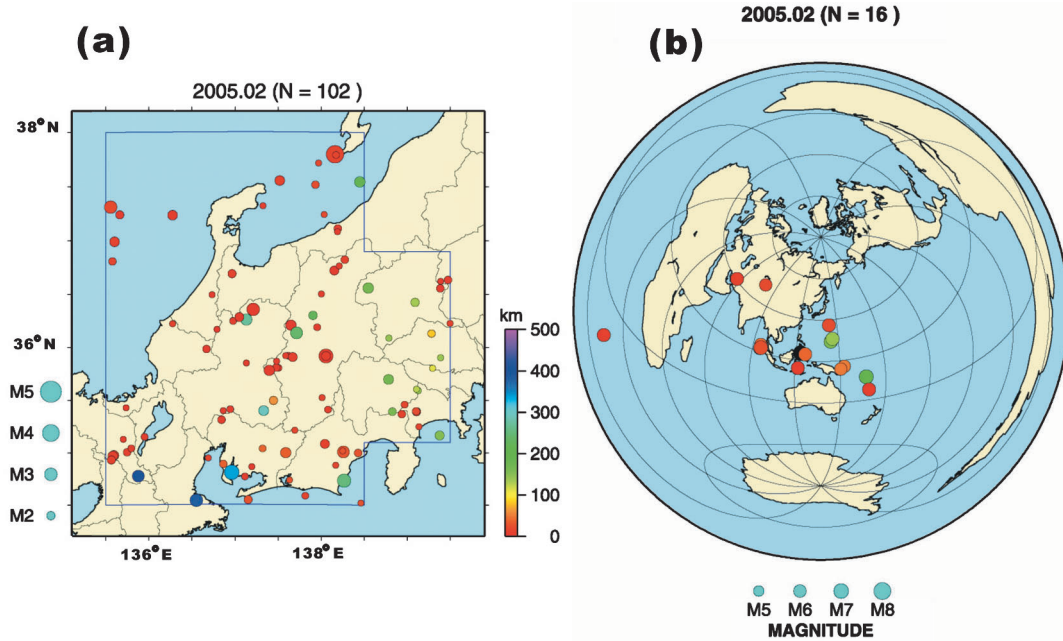


Fig. 4. The areas of the earthquakes used in this project are shown. Local earthquakes with a magnitude larger than 1.5, which occurred in the area surrounded by blue lines, are recorded (a). Regional earthquakes with a magnitude larger than 5.0, which is determined by JMA, are also recorded by the seismic stations. Telesismic earthquakes with a magnitude larger than 6.0, which is determined by United States of America Geological Survey are recorded (b).

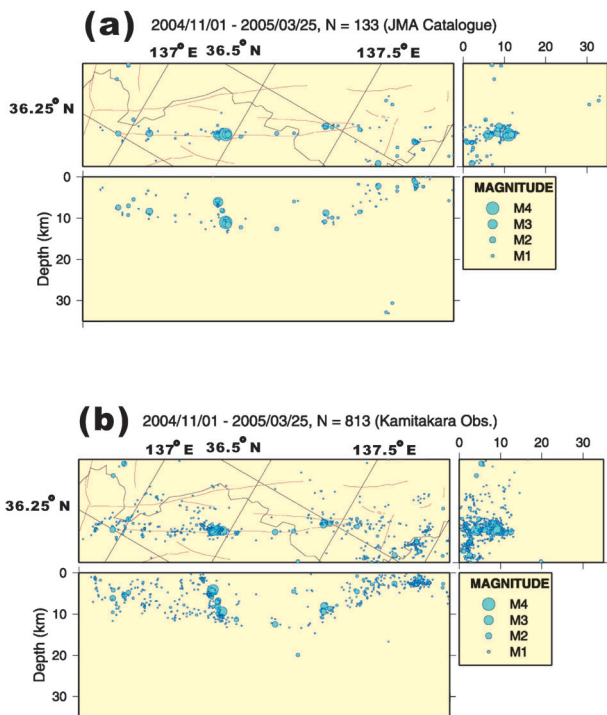


Fig. 5. Comparison of seismicity maps in the research area. Seismicity maps from Nov. 1, 2004 to Mar. 25, 2005 obtained by JMA (a) and by our seismic network (b). The number of earthquakes obtained by JMA is 133. On the other hand, our system detected 813 earthquakes in the same area.

136.5°E-138.0°E, 深さ 0-300 km の範囲においてチェッカーボードと擬似の不均質構造を入れた模擬テストを行った。

### 3.1 テストデータ

震源は 2001 年から 2003 年にかけての M 1 以上の地震 6,141 個を使用した (Fig. 7). 観測点の配置を, 気象庁一元化処理で使用されている定常観測網観測点を使用した場合 (定常観測点モデル) と定常観測網観測点に本合同地震観測の観測点を加えた場合 (想定臨時観測点モデル) とで比較検討を行った (Fig. 8). 読み取り値については, 現存する観測点については気象庁一元化処理の読み取り値が存在する観測点を使用した. また, 想定臨時観測点については, 以下の方法を用いて理論的な走時を計算した.

- 1) 各地震において, 一元化処理で読み取られている一番遠い観測点の震央距離を計算する.
- 2) 上記の震央距離内の臨時観測点について, 理論走時を計算する. ただし, P 波は対象臨時観測点のうち 75%, S 波は 50% の観測点をランダムに選択し, それらの観測点に対する走時を計算してデータセットに加える.
- 3) 各地震において, 一元化処理データと 2) の理論走時データを合わせたものをデータとして使用する. P

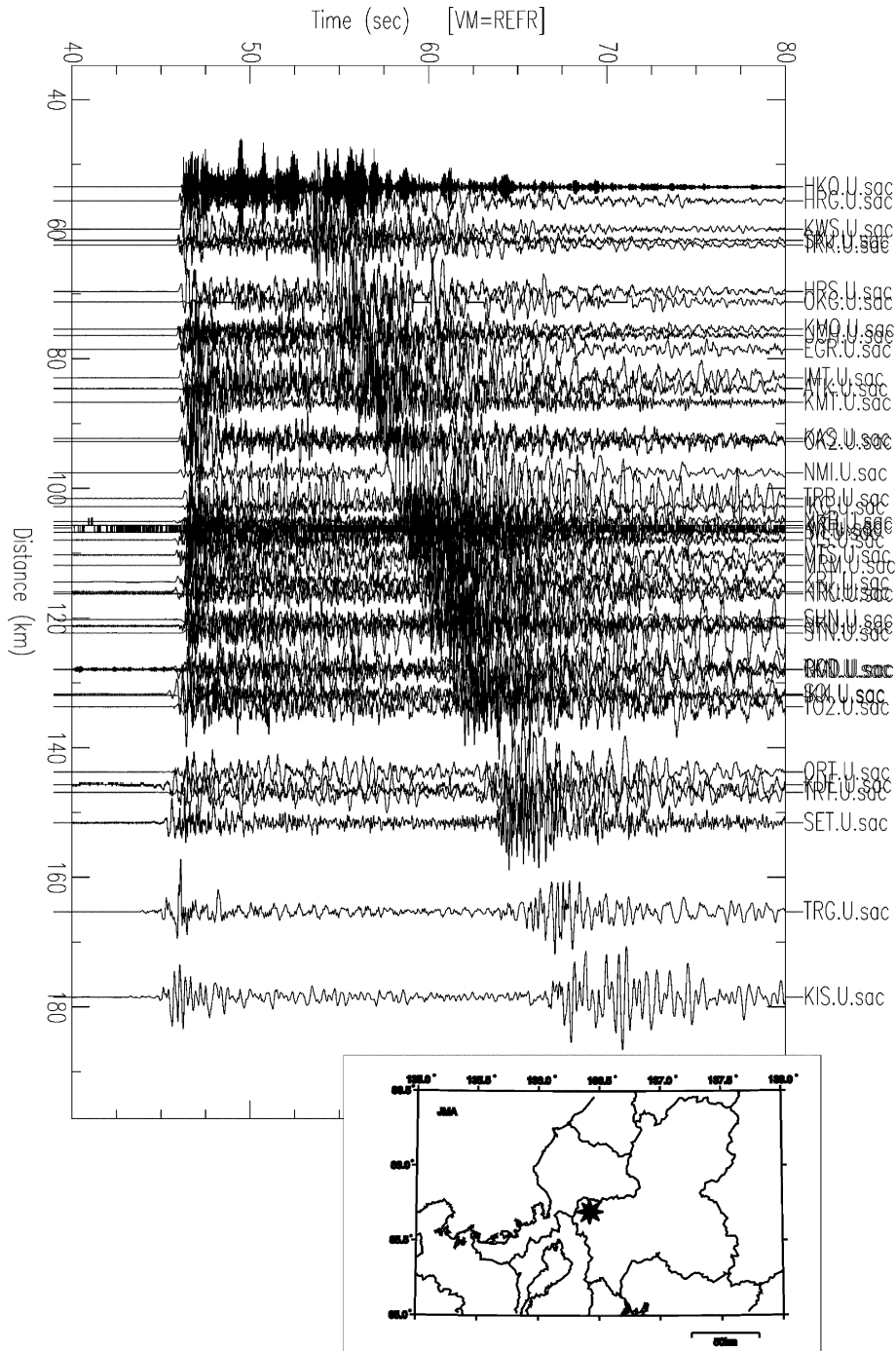


Fig. 6. Example of waveforms for earthquake that occurred on Feb. 16, 2006. The magnitude of the earthquake was 4.4.

波には標準偏差 0.1s, S 波には 0.2s のノイズを与える.

4) Zhao *et al.* (1992) の方法を用いてインバージョン解析を行う. その際, コンラッド面の深さは 18 km とし, モホ面の深さは 36 km に設定した.

トモグラフィー解析のグリッド間隔は, 跡津川断層近傍 (136.6°E-137.6°E, 36.0°N-36.8°N) で 0.1°, その他の

地域では 0.2°とした. また, 鉛直方向には 0, 5, 10, 15, 25, 40, 70, 100, 140, 190, 240, 300 km にグリッドを配置した.

### 3.2 テスト結果

チッカーボードのテスト結果を Fig. 9 と Fig. 10 に示した. このチェッカーボードのテスト結果は, 跡津川断



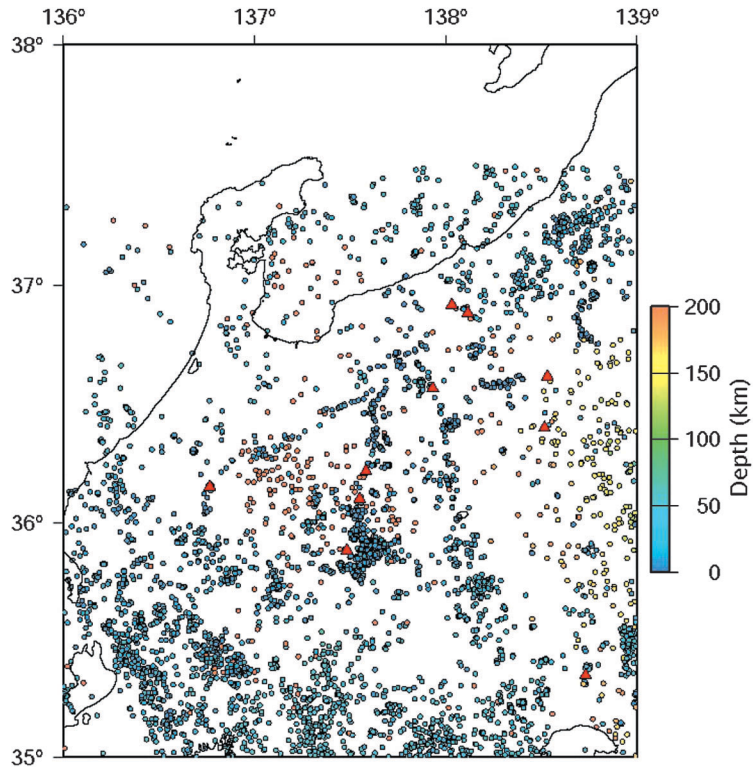


Fig. 7. Location map of the earthquakes used for the resolution test on the tomography analysis with a synthetic simulation. The earthquakes are from 2001 to 2003 with a magnitude larger than 1.0. The hypocenter parameters are determined by JMA.

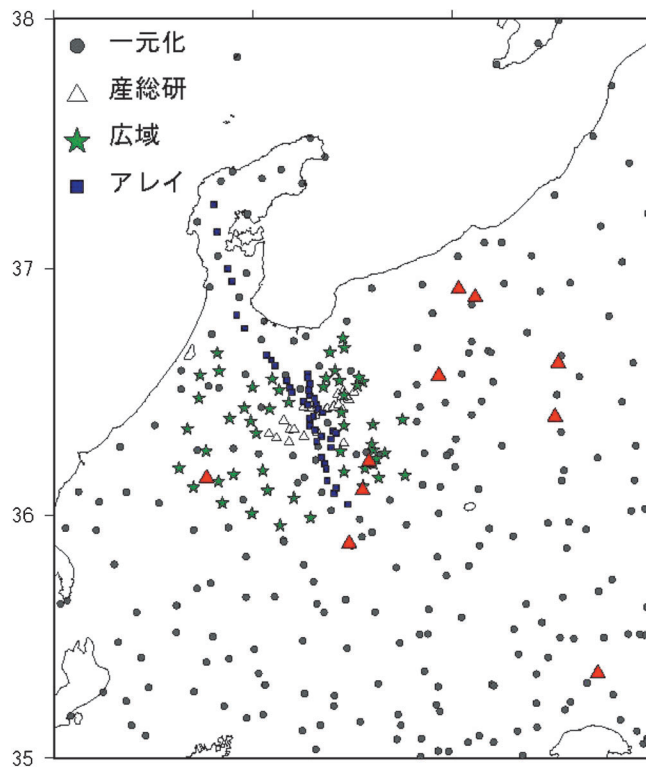


Fig. 8. Location map of seismic stations used in the synthetic simulation study. The resolution test on the tomography analysis was done using the seismic stations.

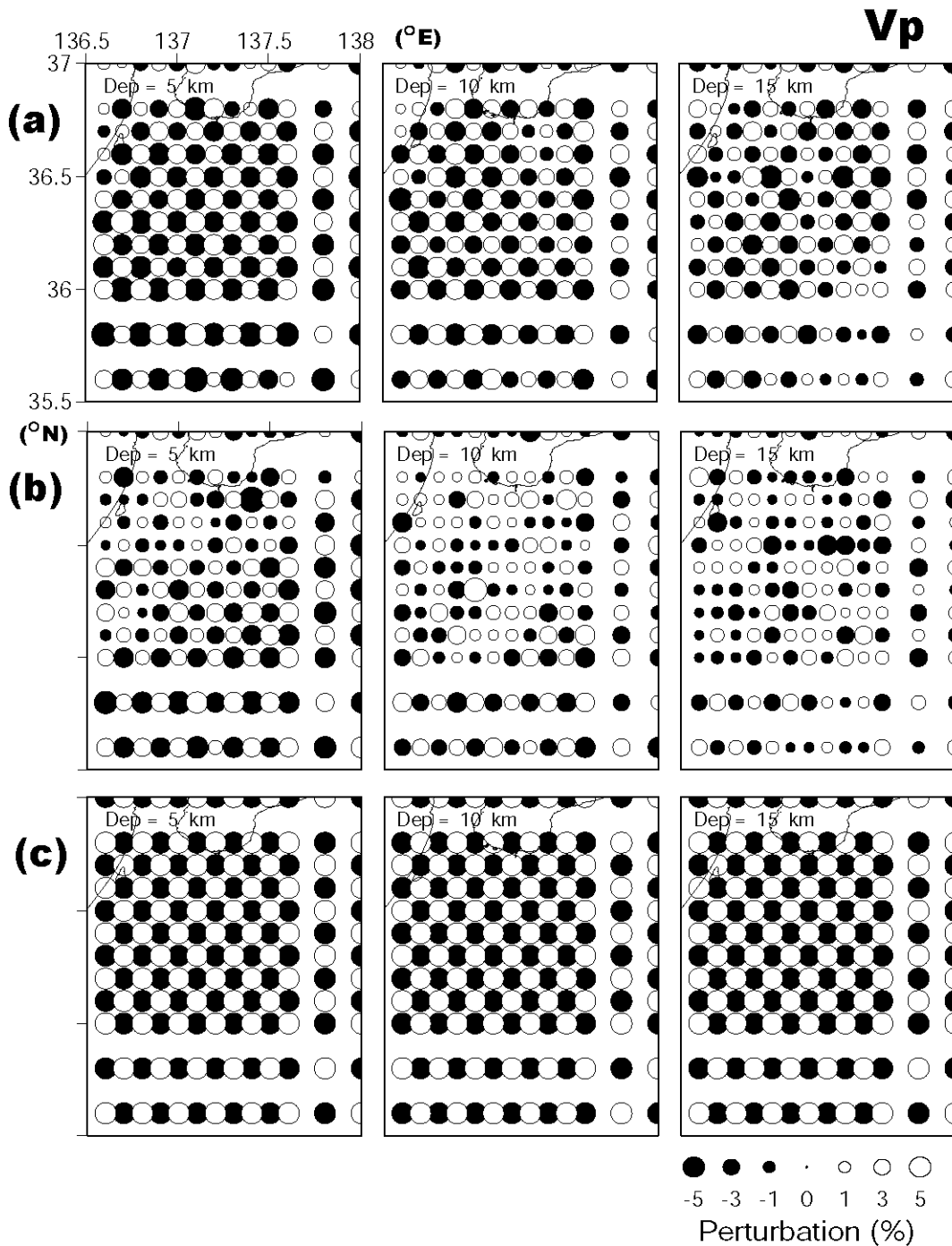


Fig. 9. Result of checkerboard resolution test for Vp structure at depths of 5 km, 10 km, and 15 km. The grid node separation is 0.1 deg within the area of 136.6°E-137.6°E, 36.0°N-36.8°N. In the surrounding area, the grid node separation is 0.2 deg. The recovered checkerboard data with seismic stations planned by this project and current network (a) and with the currently available seismic stations (b) are shown. The original checkerboard is shown in (c).

層近傍の 0.1° のグリッド間隔の地域において、どの程度安定した結果が得られるかについて、定常観測点モデルと想定臨時観測点モデルについて、P 波と S 波の両方の解析事例において比較検討したものである。想定臨時観

測点モデルは、P 波、S 波ともに、深さ 5 km, 10 km, 15 km のすべての深さにおいて、定常観測点モデルの結果より明らかに安定した結果が得られている。このことは、この臨時観測点のデータが、歪集中帯の中に存在す

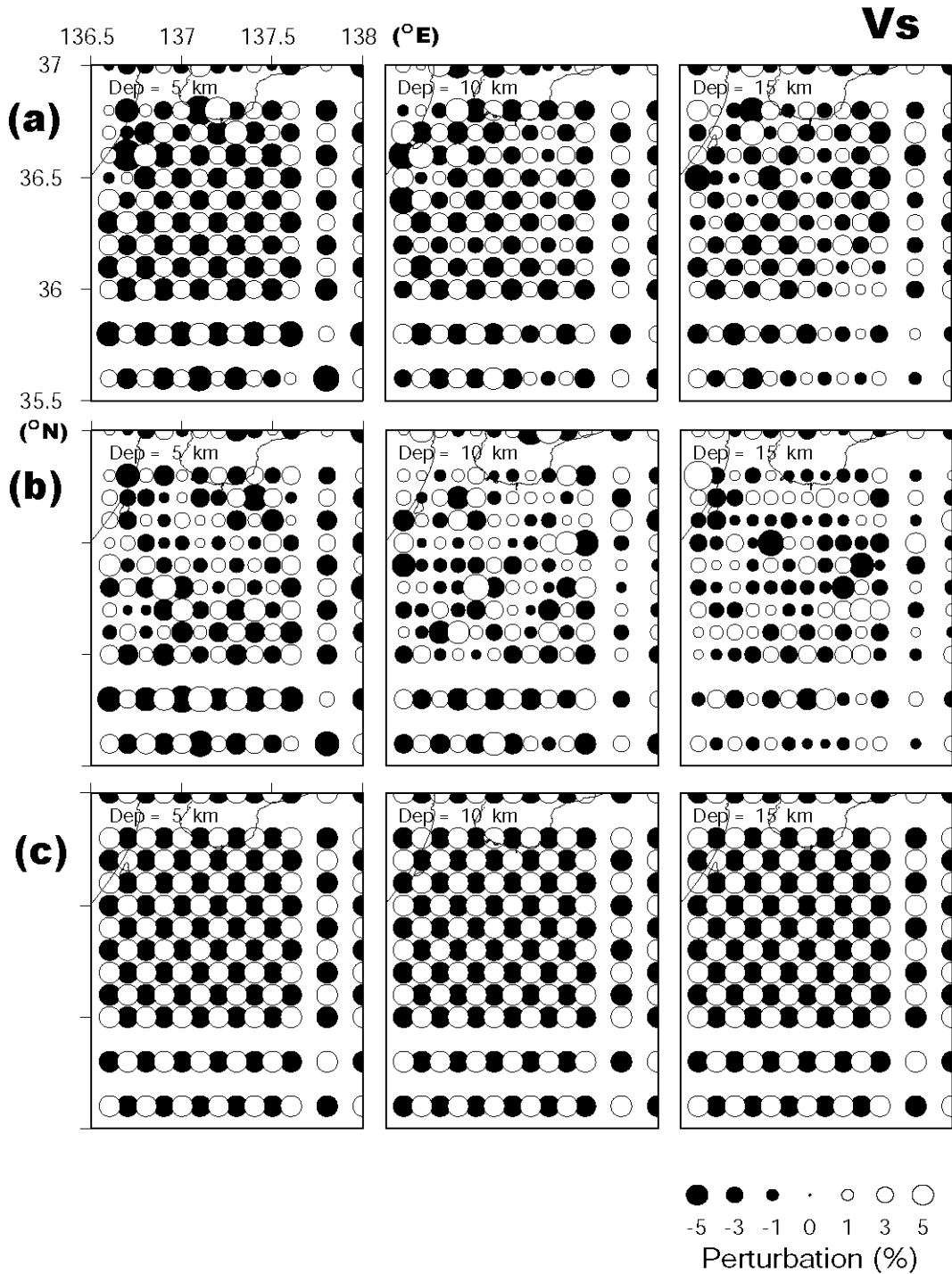


Fig. 10. Result of checkerboard resolution test for Vs structure at depths of 5 km, 10 km, and 15 km. The grid node separation is 0.1 deg within the area of 136.6°E-137.6°E, 36.0°N-36.8°N. In the surrounding area, the grid separation is 0.2deg. The recovered checkerboard data with seismic stations planned by this project and current network (a) and with the currently available seismic stations (b) are shown. The original checkerboard is shown in (c).

る跡津川断層周辺の微細な速度の不均質構造を知るために、非常に役立つことを示している。

次に、実際に存在する不均質構造を検出できるかを知

るために、北アルプス下に低速度領域の存在を仮定して、その低速度域が検出できるかについて調べた (Fig. 11, Fig. 12)。まず、北アルプス下に経度方向に 0.2°, 緯

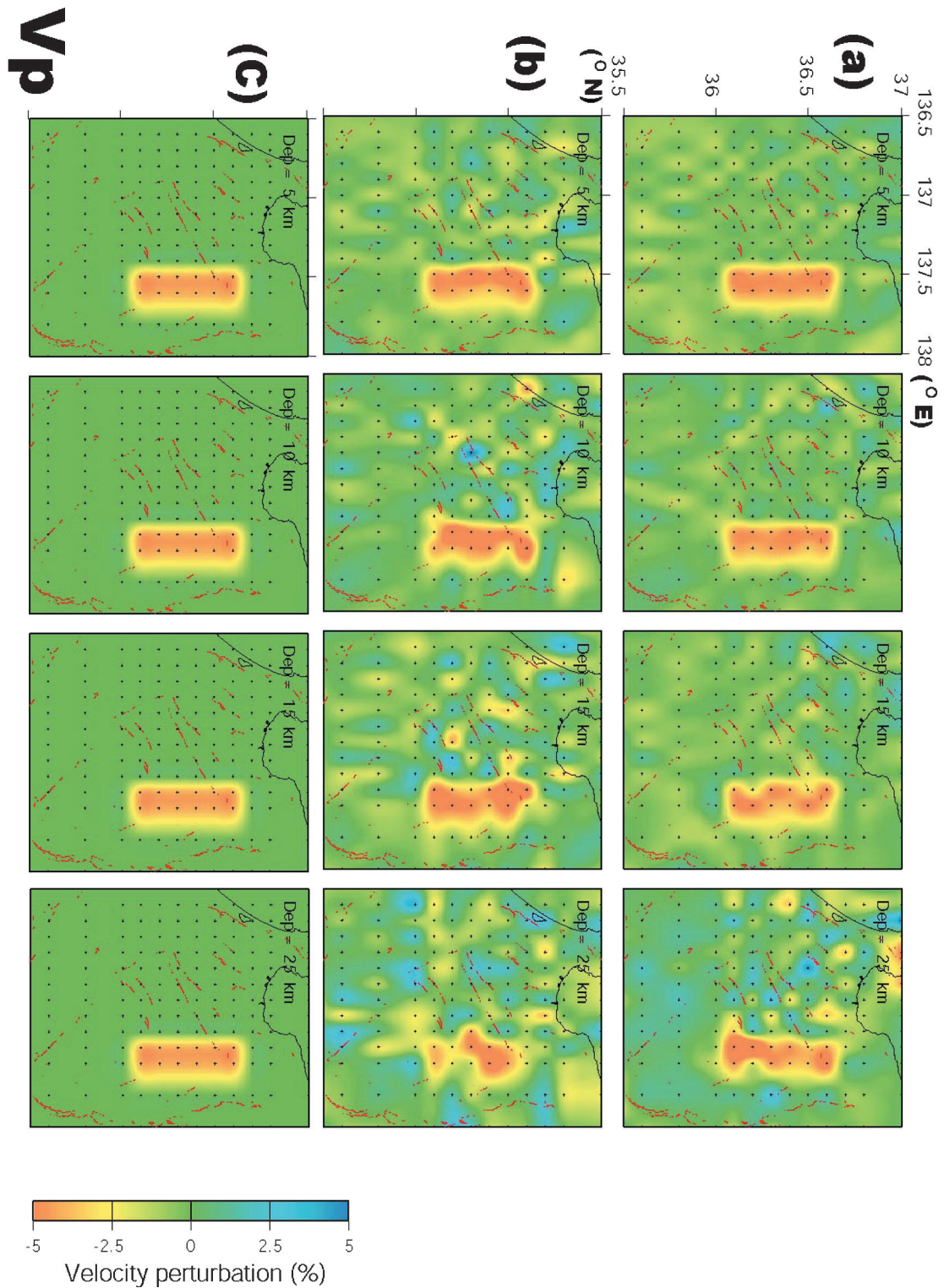


Fig. 11. Results of the synthetic test of  $V_p$  structure. The recovered data for  $V_p$  structure are shown by (a) and (b). The assumed low-velocity zone with a scale of  $0.2^{\circ}$  width,  $0.6^{\circ}$  length, and 0–25 km depth, is shown by the red area (c). The recovered data with the currently available seismic stations are shown in (b). The figures of (a) indicate the recovered data from seismic networks with the stations planned by this project and current available seismic stations.

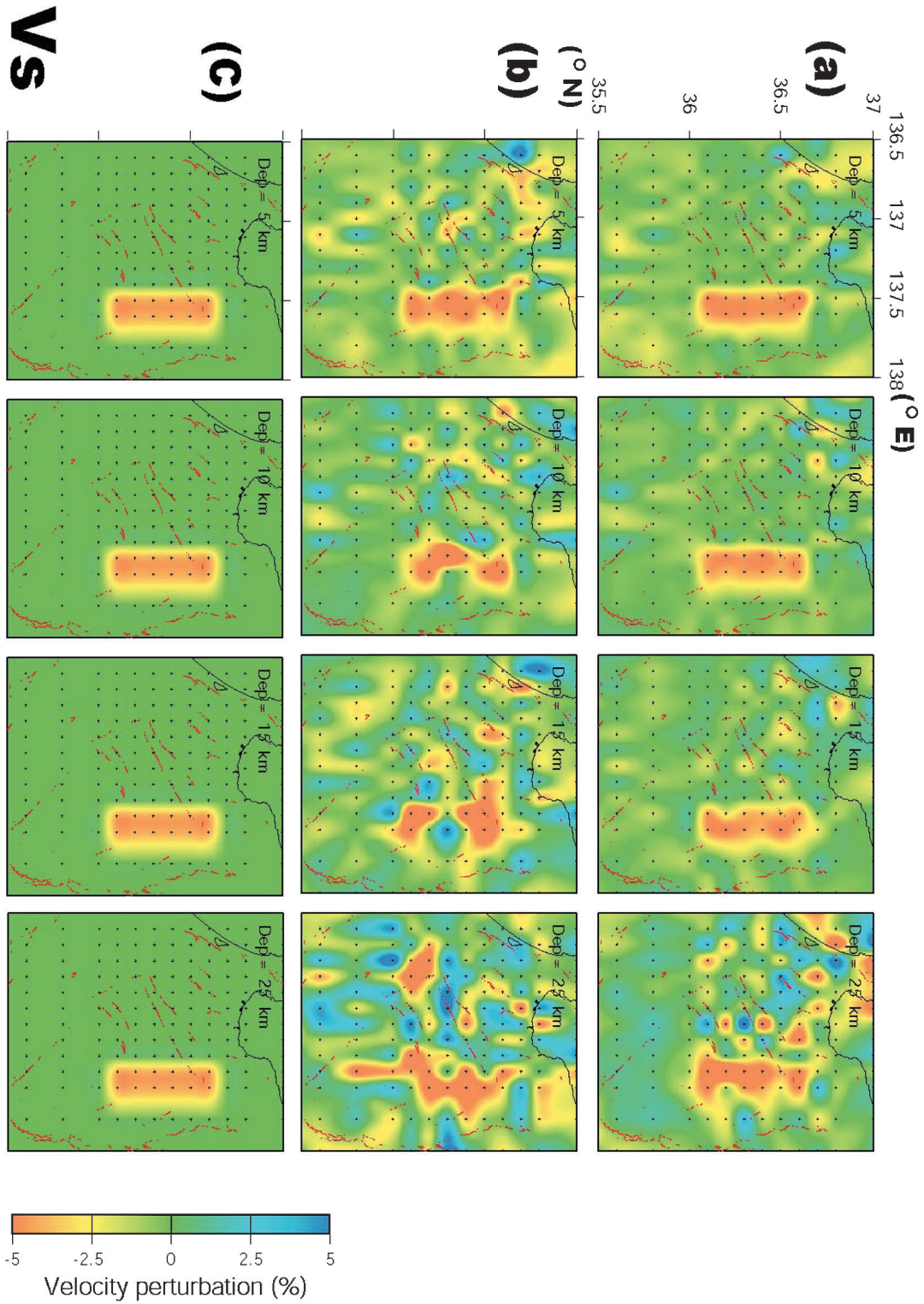


Fig. 12. Results of the synthetic test of Vs structure. The recovered data for Vs structure are shown by (a) and (b). The assumed low-velocity zone with a scale of  $0.2^\circ$  width,  $0.6^\circ$  length, and 0–25 km depth, is shown by the red area (c). The recovered data with the currently available seismic stations is shown in (b). The figures of (a) indicate the recovered data from seismic networks with the stations planned by this project and current available seismic stations.

度方向に  $0.6^\circ$ 、深さ方向に 0-25 km まで -5% の低速度域を仮定した (Fig. 11-(c), Fig. 12-(c)). その低速度域が存在するモデルを用いて P 波速度構造と S 波速度構造の両方について調べた。P 波構造の結果では、想定臨時観測点モデルでは、深さ 5 km, 10 km, 15 km, 25 km のすべての場合について、低速度領域が非常に良く検出できている (Fig. 11-(a)). 一方、定常観測点モデルでは、深さ 5 km, 10 km ではよく求まっているものの、深さ 15 km では徐々に解像度が悪くなり、深さ 25 km では低速度域の存在は検出できるものの、その形状は不明確になっていることが分かる (Fig. 11-(b)). 一方、S 波構造では、想定臨時観測点モデルでは、深さ 5 km, 10 km, 15 km 程度まで低速度領域を検出できるが、深さ 25 km ではその形状は不確かなものになっているのがわかる (Fig. 12-(a)). しかしながら、定常観測点モデルでは深さ 10 km 程で不明瞭になり始め、深さ 15 km や 25 km では、本来の形と異なるような低速度域が求まってしまっている (Fig. 12-(b)).

これらのことから、この研究計画における観測網の確立は、歪集中帯の構造やその中に存在する跡津川断層周辺の不均質構造を知るために、非常に重要であることがわかる。

#### 4. ま と め

内陸地震は、プレート境界の地震に比べて再来周期も長く、発生メカニズムを理解することが困難であった。この合同地震観測は、この内陸地震を理解するために全国の大学が集結し、日本の中で最もふさわしい研究地域を議論し、跡津川断層域を中心とする新潟-神戸歪集中帯を研究対象とした。そして、この地域において、空間的に高密度な地震観測網を設置して観測研究に臨んだものである。また、同時に他のグループにより電磁気観測や GPS 観測も行われており、最終的にはこれらの結果と併せて、この地域を総合的に理解しようとするものである。その結果、日本列島内陸域への歪・応力の蓄積・集中のメカニズムが明らかになるものと考えられる。また、それらの成果を踏まえて、内陸地震の発生メカニズムが解明されることを目標としている。今後、この観測研究から多くの新たな知見が得られることが期待される。

#### 謝 辞

この観測研究は「地震予知のための新たな観測研究計画 (第 2 次)」1. 地震発生に至る地殻活動解明のための観測研究の推進, (2) 地震発生に至る準備・直前過程にお

ける地殻活動イ. 内陸地震発生域の不均質構造と歪・応力集中機構 ([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu6/sonota/04080901/keikaku/002.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu6/sonota/04080901/keikaku/002.htm)) として実施されている。また、気象庁一元化処理による震源データおよび読み取り値のデータを使用させていただいた。ここに記し深く感謝する。査読者、望月公廣博士によって適確なご指摘や重要なご意見をいただいた。ここに感謝する。

#### 参考文献

- Heki, K. and S. Miyazaki, 2001, Plate convergence and long-term crustal deformation, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 2313-2316.
- 平原和朗・安藤雅孝・細 善信・和田安男・中野健秀, 1998, GPS 観測から断層の動きを追う, *月刊地球*, **225**, 149-153.
- Hyodo, M. and K. Hirahara, 2003, A viscoelastic model of interseismic strain concentration in Niigata-Kobe Tectonic Zone of central Japan, *Earth Planets. Space*, **55**, 667-675.
- Iio, Y, T. Sagiya, Y. Kobayashi and I. Shiozaki, 2002, Water-weakened lower crust and its role in the concentrated deformation in the Japanese Islands, *Earth. Planet. Sci. Lett.*, **203**, 245-253.
- Ito, K. and H. Wada, 2002, Observation of microearthquakes in the Atotsugawa fault region, central Honshu, Japan—Seismicity in the creeping section of the fault, in “Seismogenic Process Monitoring”, ed. By H. Ogawara, T. Yanagidani and M. Ando, Balkema, Tokyo, 229-243.
- 科学技術・学術審議会, 地震予知のための新たな観測研究計画 (第 2 次) の推進について (建議), 15 科・学審第 25 号, 2003.
- Mazzotti, S., X. Le Pichon and P. Henry, 2000, Full interseismic locking of the Nankai and Japan-west Kurile subduction zones: An analysis of uniform elastic strain accumulation in Japan constrained by permanent GPS, *J. Geophys. Res.*, **105**, 13159-13177.
- 宮崎真一, 多田 堯, 鷺谷 威, 1998, GPS 連続観測から明らかになった現在の日本列島の地殻変動, *月刊地球*, 号外 **25**, 146-151.
- Miyazaki, S. and K. Heki, 2001, Crustal velocity field of southwest Japan: Subduction and arc-arc collision, *J. Geophys. Res.*, **106**, 4305-4326.
- Nakagawa, Y., I. Kawasaki and Y. Ishizaki, 2001, A model of steady state faulting at depths for GPS surface displacements and the stress field in the Hida mountains in the Chubu district, central Honshu, Japan, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **76**, 135-143.
- 大見土朗, 2006, WIN フォーマット微小地震データの検索・ダウンロードシステムの製作, 準備中
- 鷺谷 威, 宮崎真一, 多田 堯, 1999, GPS でみた日本列島の变形, *月刊地球*, **21**, 236-243.
- Sagiya, T., S. Miyazaki and T. Tada, 2000, Continuous GPS Array and Present-day crustal deformation of Japan, *Pure. Appl. Geophys.*, **157**, 2303-2322.
- 篠原雅尚, 平田 直, 松田滋男, 1997, DAT を用いた GPS 時計付き低消費電力大容量デジタルレコーダ, *地震*, **50**, 119-

124.  
 Shimazaki, K. and Y. Zhao, 2000, Dislocation model for strain accumulation in a plate collision zone, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **52**, 1091-1094.  
 多田 堯, 鷺谷 威, 宮崎真一, 1997, GPS でみた変動する日本列島, *科学*, **67**, 917-927.  
 多田 堯, 1998, 跡津川断層における地殻変動, *月刊地球*, **20**, 142-148.  
 鷹野 澄, 卜部 卓, 鶴岡 弘, 中川茂樹, 三浦 哲, 松澤 暢, 岡田知己, 中島淳一, 中山貴史, 平原 聡, 伊藤武男, 大見士朗, 植平賢司, 松島 健, 2005, 超高速ネットワーク JGNII によるリアルタイム地震波形データ交換システムの構築実験, *日本地震学会予稿集*, C098, 157.  
 Urabe, T., N. Hirata and K. Takano, 1998, A nation-wide seismic telemetry network in Japan using satellite communication, *EOS*, **79** (45), F569.  
 Yamasaki, T. and T. Seno, 2005, High strain rate zone in central Honshu resulting from the viscosity heterogeneities in the crust and mantle, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **232**, 13-27.  
 Zhao, D., A. Hasegawa and S. Horiuchi, 1992, Tomographic imaging of P and S wave velocity structure beneath northeastern Japan, *J. Geophys. Res.*, **97**, 19909-19928.  
 (Received March 10, 2006)  
 (Accepted March 20, 2006)

## 付表 歪集中帯大学合同地震観測グループ名簿 (各機関あいうえお順)

---

北海道大学: 一柳昌義, 勝保 啓, 山口照寛  
 弘前大学: 小菅正裕, 渡邊和俊  
 東北大学: 海野徳仁, 岡田知己, 河野俊夫, 立花憲司, 中島淳一, 中山貴史, 長谷川昭, 平原 聡, 堀修一郎, 本堂周作, 松澤 暢  
 千葉大学: 津村紀子, 森 智之, 山本修治  
 東京大学: 飯高 隆, 岩崎貴哉, 卜部 卓, 荻野 泉, 加藤愛太郎, 金澤敏彦, 蔵下英司, 小林勝, 坂 守, 芹澤正人, 田上貴代子, 橋本信一, 羽田敏夫, 平田 直, 平田安廣, 三浦禮子, 渡辺 茂  
 名古屋大学: 伊藤武男, 田所敬一, 光井能麻, 山崎文人, 山田 守  
 京都大学: 飯尾能久, 伊藤 潔, 上野友岳, 大見士朗, 片尾 浩, 瀧谷拓郎, 辰己賢一, 土井一生, 中尾節郎, 西上欽也, 平野憲雄, 廣瀬一聖, 松村一男, 三浦 勉, 宮澤理稔, 森下加奈子, 和田博夫  
 金沢大学: 岩月晃一, 臼井佑介, 菅谷勝則, 田中敬介, 中山和正, 長山泰淳, 山内順公, 東 直矢, 平松良浩, 渡辺朋子  
 福井工業高等専門学校: 岡本拓夫  
 九州大学: 植平賢司, 河野裕希, 松島 健, 松本 聡, 渡邊篤志  
 鹿児島大学: 後藤和彦, 平野舟一郎, 八木原寛

---

ホームページ (<http://alps.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/rg/members.html>) にて, 随時最新改訂版を掲載.