HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	スタグナントスラブのイメージングのための極東ロシア広帯域地震観測網の構築
Author(s)	宮町, 宏樹; 一柳, 昌義; 前田, 宜浩 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 72, 37-49
Issue Date	2009-03-15
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.72.37
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/38144
Type	departmental bulletin paper
File Information	04_Miyamachi.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学地球物理学研究報告
Geophysical Bulletin of Hokkaido University, Sapporo, Japan.
No.72, March 2009, pp.37-49

スタグナントスラブのイメージングのための極東ロシア広帯域地震観測網の構築

宮町　宏樹
鹿児島大学理学部地球環境科学
一柳　昌義・前田　宜浩・山口　照寛・高田　真秀・高橋　浩晃・笠原　　稔
北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター
平野　舟一郎
鹿児島大学理学部附属南西島弧地震火山観測所
セン・ラク・ス，ミハイロフ・ワレンチン
オクサーナ・ミクリコーワ，ユーリ・レビン
ロシア科学アカデミー　サハリン地震観測所
キム・チュン・ウン，ニコライ・ワシレンコ
ロシア科学アカデミー極東支部　海洋地質・地球物理学研究所
ニコライ・シェスタコフ，ミハイル・ゲラシメンコ
ロシア科学アカデミー極東支部　応用数学研究所
ボルモトフ・ウラジミール，マルガリータ・ルネバ
ロシア科学アカデミー極東支部　テクトニクス・地球物理学研究所
グンビーナ・ラリッサ
ロシア科学アカデミー　マガダン地震学研究所
(2008 年 12 月 26 日受理)

Construction of the broadband seismic network in Far Eastern Russia for imaging the stagnant slab

Hiroki Miyamachi
Department of Earth and Environmental Sciences,
Faculty of Science, Kagoshima University
Masayoshi Ichiyanagi, Takahiro Maeda, Teruhiro Yamaguchi,
Masamitsu Takada, Hiroaki Takahashi, Minoru Kasahara
Institute of Seismology and Volcanology,
Faculty of Science, Hokkaido University

Shuichirou HIRANO
Nansei-toko Observatory, Faculty of Science, Kagoshima University
Sen Rak Se, Mikhaylov Valentin, Oksana Mikrukoba, Yury Levin
Sakhalin Experimental Methodical Seismological Department, Geophysical Service,
Russian Academy of Science, Yuzhno-Sakhalinsk
Kim Chun Ung, Nikolay Vasilenko
Institute of Marine Geology and Geophysics,
Russian Academy of Science, Far-Eastern Division, Yuzhno-Sakhalinsk
Nikolay Shestakov, Mikhail Gerasimeko
Institute of Applied Mathematics,
Russian Academy of Science, Far-Eastern Division, Vladivostok
Bormotov Vladimir, Margarita Luneva
Institute of Tectonics and Geophysics,
Russian Academy of Science, Far-Eastern Division, Khabarovsk
and
Gunbina Larisa
Institute of Seismology, Geophysical Service, Russian Academy of Science, Magadan
(Received December 26, 2009)

During the period from 2004 to 2008, we established the broadband seismic network consisting of 8 stations in Far Eastern Russia, in order to detect seismic waves passing through the stagnant slab distributed in depth range from 660 to 900 km and to clarify the feature of the stagnant slab beneath Far Eastern Russia. At each seismic station, STS-2 broadband seismometer and a short period seismometer are installed using 24 bits analog/digital converter with 100Hz sampling and the records are stored continuously on a nonvolatile memory card. In this paper, we report the seismic network in detail.

Ⅰ．はじめに

太平洋プレートは，千島海溝・日本海溝から年間約 8cm という世界でも有数の早い速度で沈み込みを続け，活発な深発地震活動を深さ 660km 付近まで伴っている．このプレートは，ロシア沿海州・サハリン・オホーツク海下で，南側は 660km 層の上で，北側は 660km 層を突き抜けて深さ 900km 付近で滞留しているものと考えられている（Fukao *et al.*, 2001）．しかしながら，ソビエト連邦崩壊後，この地域では地震計がほとんど稼動しておらず，数少ない IRIS 観測網だけでは十分な地震観測点配置とは言えない．このため，滞留スラブを直接通過した地震波を

観測することが困難となり，極東ロシアは，地震波トモグラフイーで得られるイメージの分解能が著しく低い地域の一つとなっている．本研究では，滞留スラブを「直接」通り抜けてくる地震波形データを取得することにより，滞留スラブ及びその周辺のマントル構造の高分解能イメージングを得ることを目的とし，極東ロシア地域において，広帯域地震計による臨時観測網を展開した．

II．極東ロシア広帯域地震観測網

極東ロシア地域における広帯域地震観測網展開のため，2004 年にロシア側研究者と共同で観測点候補地の現地調査および観測システムを検討した．Fig.1 に本研究で 2005～2007 年の期間に設置した観測点分布を，Table 1 に観測点座標等を示す．

1．観測システム

各観測点の観測システムの概要を Fig.2 に示す．地震計には，G.STRECKEISEN AG 社製 STS2 型広帯域地震計と Mark Products 社製短周期速度型地震計 L-4C-3D（固有周期 1Hz）を採用した．観測波形の収録には白山工業社製 LS7000XT を用い，広帯域地震計および短周期地震計とも，サンプリング周波数 100Hz，24 ビット A/D でデジタイズされ，LS7000XT 内蔵の

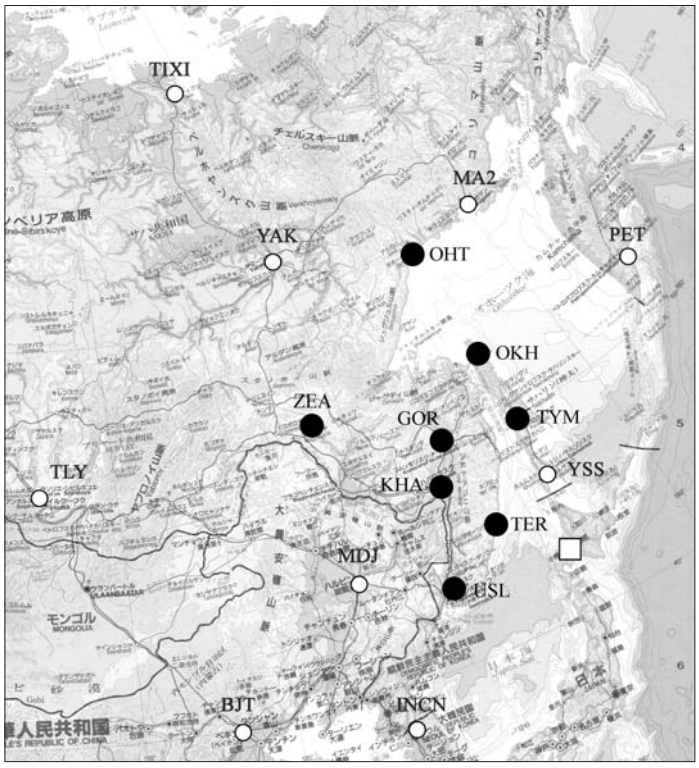

Fig. 1. A distribution of the broadband seismic stations located in Far-eastern Russia. Solid and open circles denote the seismic stations operated in this study and the IRIS seismic stations, respectively. Three-letter station code is attached, which is listed on Table 1. An open square indicates Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University.

Table 1. A list of the seismic stations.

Site	Code	Latitude (N)	Longitude (E)	Height (m)	Observation Start Date
Tymovskoye	TYM	50-51-53.9	142-40-33.1	161	2005-06-25
Okha	OKH	53-36-06.5	142-56-44.4	26	2005-06-27
Khabarovsk	KHA	48-28-23.8	135-03-05.2	111	2005-08-10
Gorny	GOR	50-45-47.4	136-26-57.9	528	2005-08-13
Terney	TER	45-03-43.2	136-36-02.3	30	2005-09-30
Zeya	ZEA	53-45-25.6	127-17-10.0	280	2006-07-28
Ussuriisk	USL	43-42-04.0	132-09-46.4	263	2006-08-23
Okhotsk	OHT	59-21-38.0	143-14-05.6	8	2007-08-14

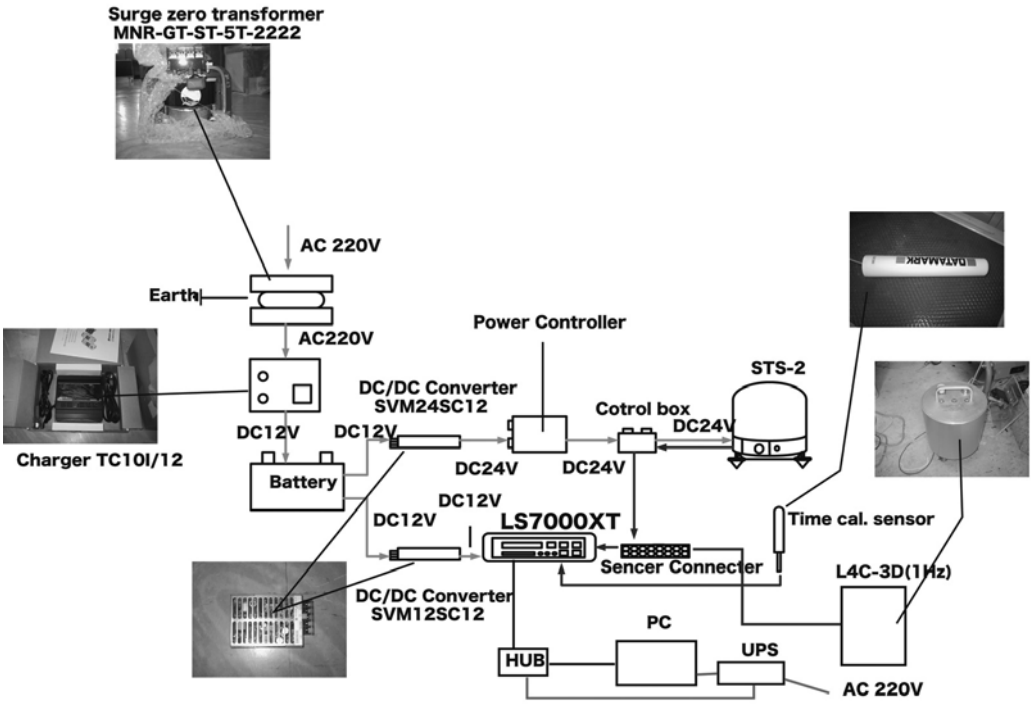

Fig. 2. Illustration of the instrumentation at each seismic station.

コンパクトフラッシュ（CF）カード（容量 2GB：約 90 日間の連続波形データが収録可能）に win フォーマットで連続記録される．LS7000XT の刻時は 1 時間毎に GPS により自動校正される．頻繁に発生する停電の対策として，商用 AC 電源により常時充電されているバッテリー（12V80Ah）から，これらの観測機器すべてに電源が供給されている．また，LS7000XT は内蔵の LAN ポートを経由して，パソコン（SONY 社製 VAIO・PCG－79EP・ロシア語版 Windows XP）に接続され，パソコン上で観測記録のモニターを可能にしている．例として，観測点 OHT の収録装置の設置状況を Photo-1 に示す．

各観測点で CF カードに収録された連続波形データは，オリジナル観測波形保存のため，一時保存用ハードディスクにコピーされる．インターネット網が完備されていないため，波形収録された CF カード（あるいは，それらをコピーしたデータ輸送用ハードディスク）は郵送等により，ユジノサハリンスクのサハリン地震観測所に集約されている．サハリン地震観測所では，集まった全波形データをチェックし，各観測点の観測システムの動作状態を確認後，保存される．一方，イベントごとに集約された波形データはハードディスクにコピーされ，人手を介して，北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センターに届けられる．その後，海洋研究開発機構地球内部変動研究センター内のデータセンターで，win フォーマットから mini-SEED に変換され，保管されている．このうち，イベント波形データについては，ホームページ上で検索とダンウロードが可能で，迅速な波形データの解析を可能にしている．

２．観測点配置

観測点 TYM，OHA，GOR，TER，ZEA の 5 地点は，サハリン地震観測所の極東ロシア地域で展開されている地震観測網を構成している有人地震観測点の地震計室に本観測システムを設置した．ただし，観測点 GOR は集合住宅の 1 階の 1 部屋が観測所であり，その地下の地震計室に設置した（Photo-7 参照）．また，観測点 KHA ではハバロフスク市内の地理学研究所地下室のコンクリート製の堅固な棚に，観測点 OHT は地球物理局マガダン支部のオホーツク高層気象測候所敷地内の地震計室にそれぞれ観測機器を設置した．観測点 USL は，ウスリースク市近郊のグルノタユージネ地区のロシア科学アカデミー極東支部ウスリースク天文台建物群の一棟の地下室に設置した．この地下室には，以前にロシア人研究者が微小地震観測を実施した時に設置した地震計台があり，地震計をこの台に設置した．Photo-2 に，観測点 OHT の地震計設置状況を示す．また，Photo-3 に示されているように，広帯域地震計の温度変化を抑えるため，発泡スチロールの箱で広帯域地震計を覆った．各観測点の様子を Photo-4～Photo-11 に示した．

現地到着後に観測機器の設置に要した時間は，通常 2 日間であった．1 日目に観測機器の設置と調整を行い，2 日目に機器の稼働状態の確認と現地職員への保守方法等の指導をおこなった．現地における観測機器の保守，収録波形データの管理は，各観測所の職員により実施されている．観測機器の交換が必要な場合や現地の職員では対応できない事態が発生した際には，日本から交換機器等を持参し現地に赴いている．日本から現地に着くまでに，十分な事前調整をしても移動だけで 3 日間を要する観測点もある．そのため，迅速な保守作業が困難な場合もあり，ある程

Photo-1. An example of the recording system equipped in each station.

Photo-3. Broadband seismometer at station OHT is covered by a container made of styrofoam.

Photo-5. Station OKH is located at Okha Seismic Observatory belonging to Sakhalin Experimental Methodical Seismological Department. The seismometer vault is in the basement of the observatory.

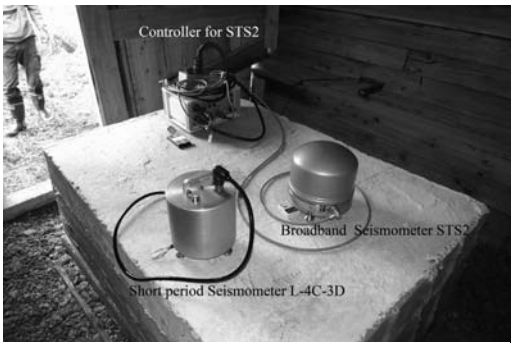

Photo-2. Broadband seismometer STS2 and short period seismometer L-4C-3D at station OHT.

Photo-4. Station TYM is located at Tymovskoye Seismic Observatory belonging to Sakhalin Experimental Methodical Seismological Department. The seismometer vault is near the observatory.

Photo-6. Station KHA is located in a building of Institute of Geography in Khabarovsk. The seismometer vault is of the basement in the building.

Photo-7. Station GOR is located at Gorney Seismic Observatory belonging to Sakhalin Experimental Methodical Seismological Department. The seismometer vault is in the basement of the observatory.

Photo-8. Station TER is located at Terney Seismic Observatory belonging to Sakhalin Experimental Methodical Seismological Department. The seismometer vault is in the basement of the observatory.

Photo-9. Station ZEA is located at Zeya Seismic Observatory belonging to Sakhalin Experimental Methodical Seismological Department. The seismometer vault is in the basement of the observatory.

Photo-10. Station USL is located at a building of Ussuriisk Astronomical Observatory. The seismometer vault is in the basement of the building.

Photo-11. Station OHT is located at Okhotsk Aerological Observatory. The seismometer vault is adjacent to the observatory.

度の期間，欠測が続くケースも発生した．また，観測点設置場所の選定の際，観測機器の管理および盗難防止等を考慮したため，ほとんどの観測点は市街地である．そのため，車両の通行等による人工的な短周期のノイズが大きい傾向がある．

３．観測波形記録

各観測点で記録された広帯域地震計の波形例を以下に示す．ただし，地震波形（変位に変換）は STS2 の周波数特性（0.00833 Hz～50Hz でフラット）に合わせ，0.008Hz の low-cut filter を通している．また，図中の記号 “ bz ” は鉛直成分，“ br ” は radial 成分，“ bt ” は transverse 成分であり，時間はすべて UT である．

はじめに，本研究で展開した観測点で得られた地震波形記録と極東ロシア地域の IRIS 観測網の観測点（MDJ，YSS）の波形記録との比較を Fig.3 に示す． IRIS 観測網の観測点の記録と比較すると、前節で述べたように，多くの観測点が市街地にあり，人工的な短周期ノイズが高いことがわかる．しかし，長周期成分に関しては，良好な記録が得られていると判断できるであろう．

Fig.4 は，2007 年 12 月 9 日 07 時 28 分にフィージー諸島で発生した Mw7.7 のやや深発地震（緯度-26.00，経度-177.51，深さ 153km）の記録例である．観測点 GOR の波形に示されているように，種々の実体波を識別することができる．Fig.5 は，2007 年 12 月 19 日 09 時 30 分にアリューシャン列島で発生した Mw7.2 の地震（緯度 51.50，経度-179.47，深さ 56km）の記録例である．この地震の波線は，その最深点が 400～700km と推定され，スタグナントスラブを通過したと考えられる．Fig.6 は，2008 年 3 月 3 日 9 時 31 分に千島列島で発生した Mw6.5 の地震（緯度 46.41，経度 153.18，深さ 10km）の記録例である．最後に，Fig.7 は，2008 年 5 月 12 日 06 時 28 分に中国で発生した Mw7.9 の四川地震（緯度 31.00，経度 103.32，深さ 19km）の観測記録である．残念なことに，観測機器のトラブルで 4 観測点のみしか稼働してなかったが，表面波が卓越していることがわかる．これらの例でわかるように，地震波形が良好に記録されているといえるであろう．

Ⅳ．ま と め

我々は，2004 年以降，極東ロシア地域において，広帯域地震計と短周期地震計による地震観測網を構築してきた．本研究は，2004～2008 年度・特定領域研究「スタグナントスラブ：マントルダナミクスの研究（研究代表者：深尾良夫)」の中の計画研究「ロシア極東部広帯域地震観測による滞留スラブのイメージング（研究代表者：笠原稔)」の一部として実施されたものである．特定領域研究の期間は終了するが，現在も，この観測網は稼働中であり，有用なデータが得られている．今後も，可能な範囲で，観測網を維持することにより，より多くの有用なデータが蓄積され，解像度が一層上がった詳細なスタングナントスラブの姿を明らかにすることが期待される．

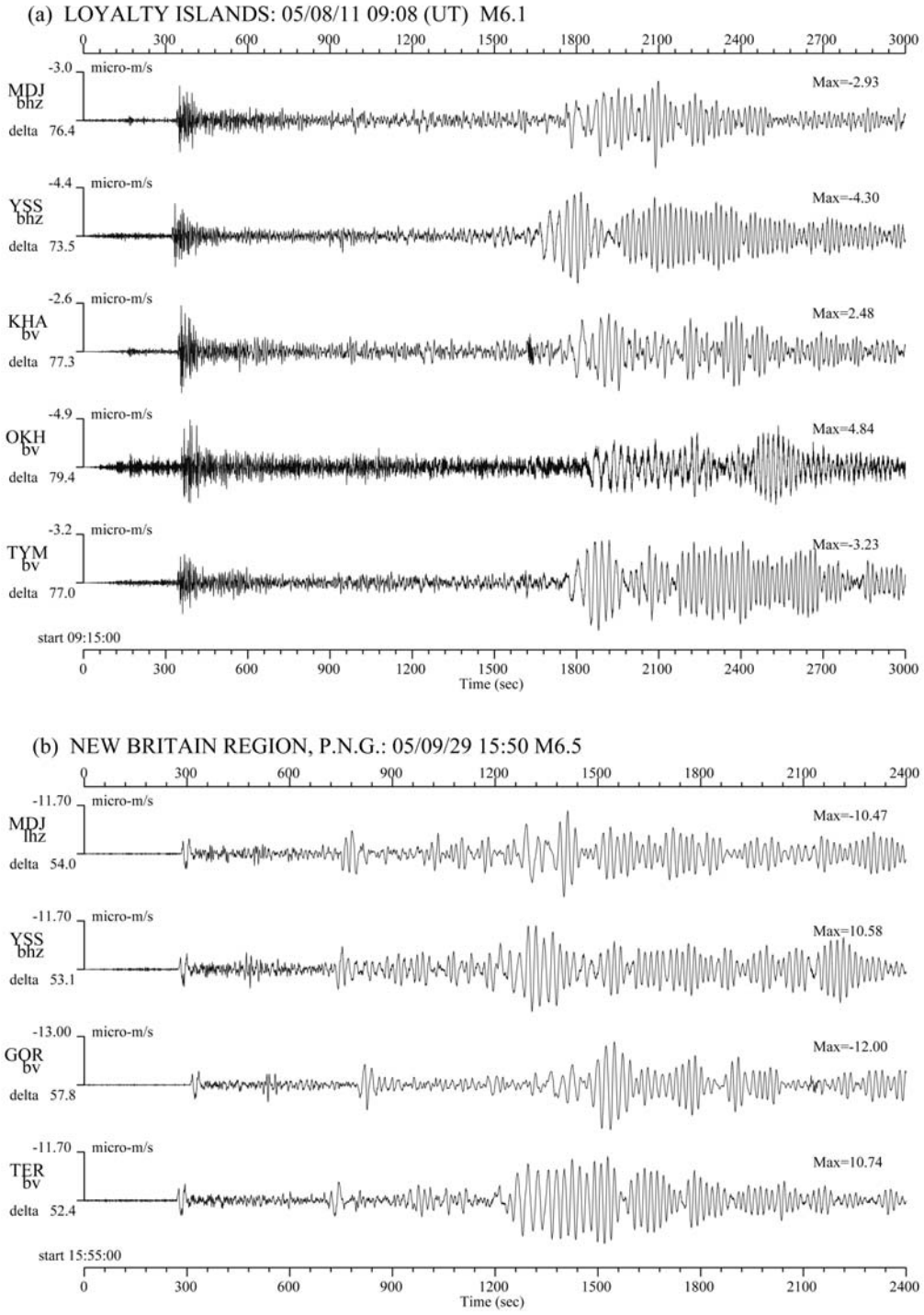

Fig. 3. Comparison of seismic waves observed at our broadband seismic stations with those at the IRIS seismic stations MDJ and YSS; (a) shows seismograms of the Mw6.1 Loyalty Islands earthquake on August 11, 2005, and (b) those of the Mw6.5 New Britain Region earthquake on September 29, 2005.

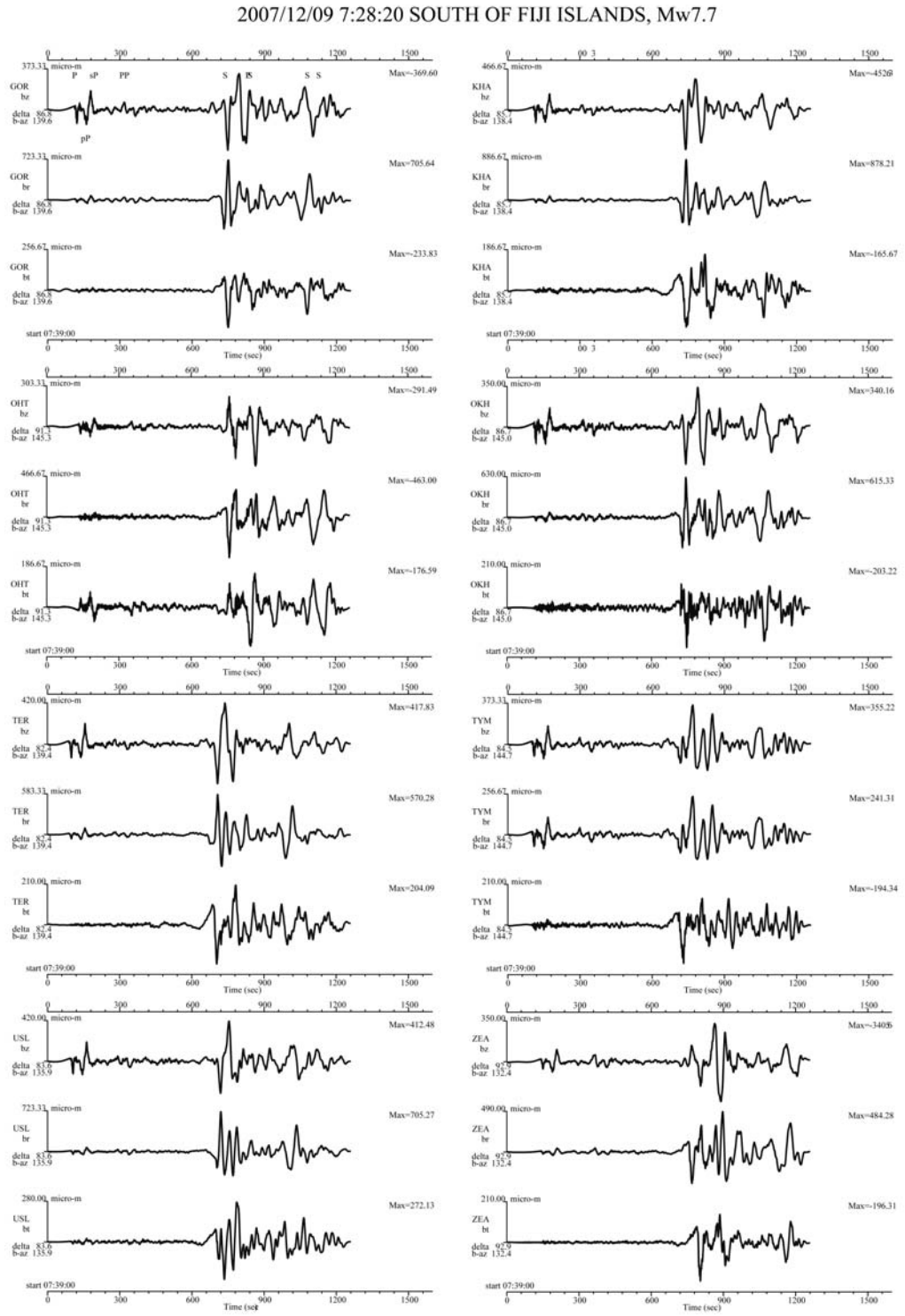

Fig. 4. Seismograms recorded at each station by the Mw 7.7 earthquake occurred at Fuji Islands on 07h28m, December 9, 2007.

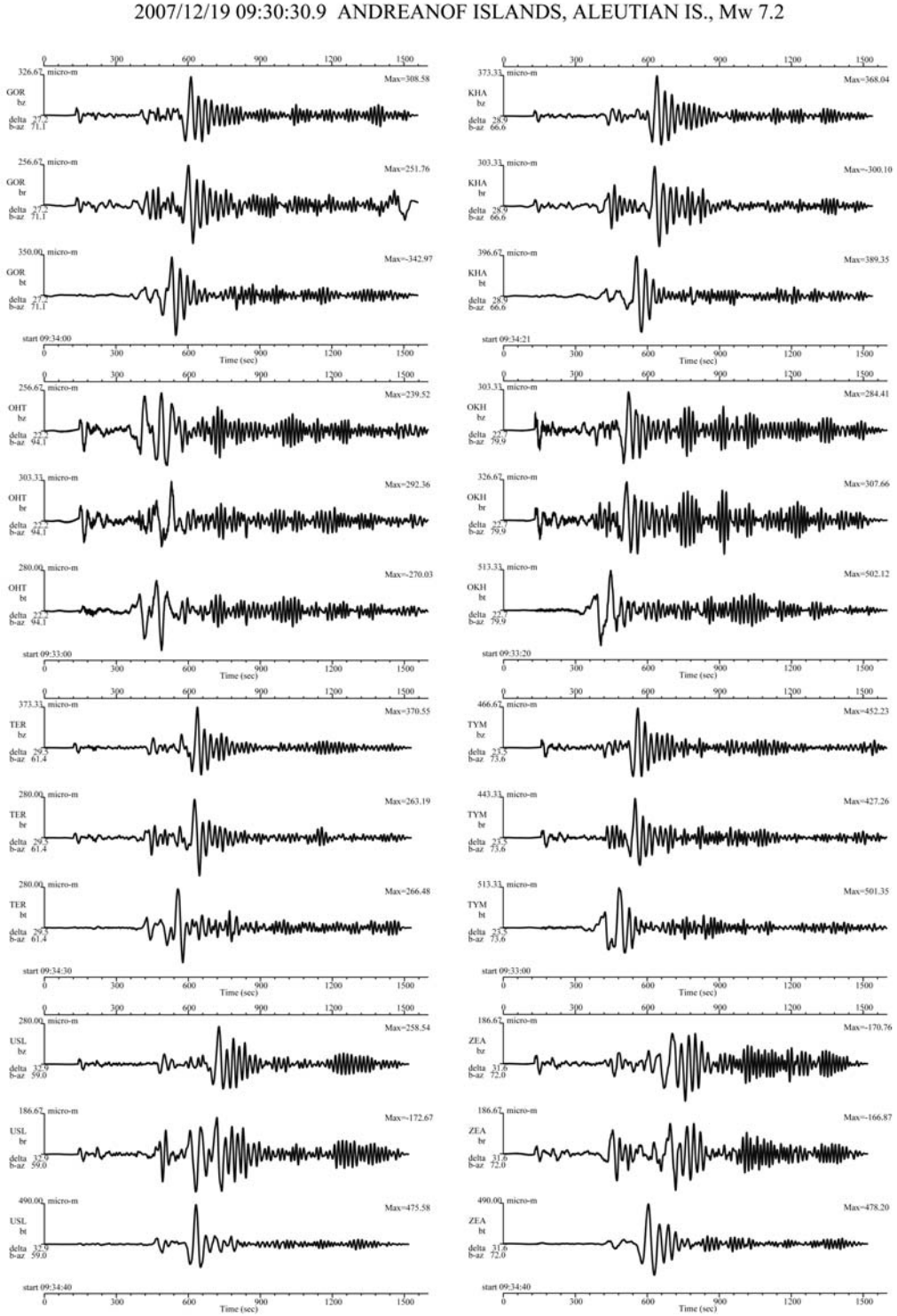

Fig. 5. Seismograms recorded at each station by the Mw 7.2 earthquake occurred at Aleutian Islands on 09h30m, December 19, 2007.

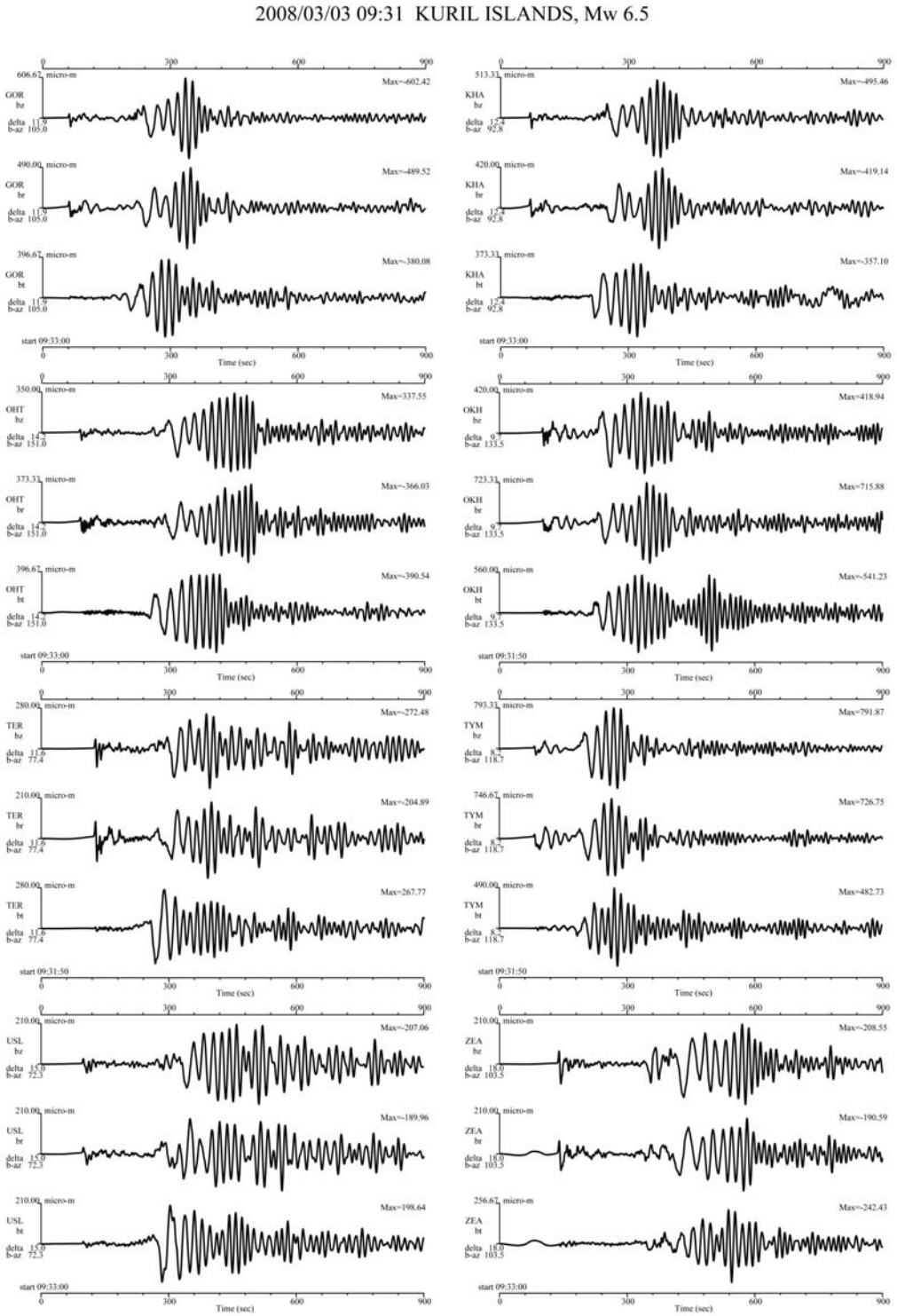

Fig. 6. Seismograms recorded at each station by the Mw 6.5 earthquake occurred at Kuril Island on 09h31m, March 3, 2008.

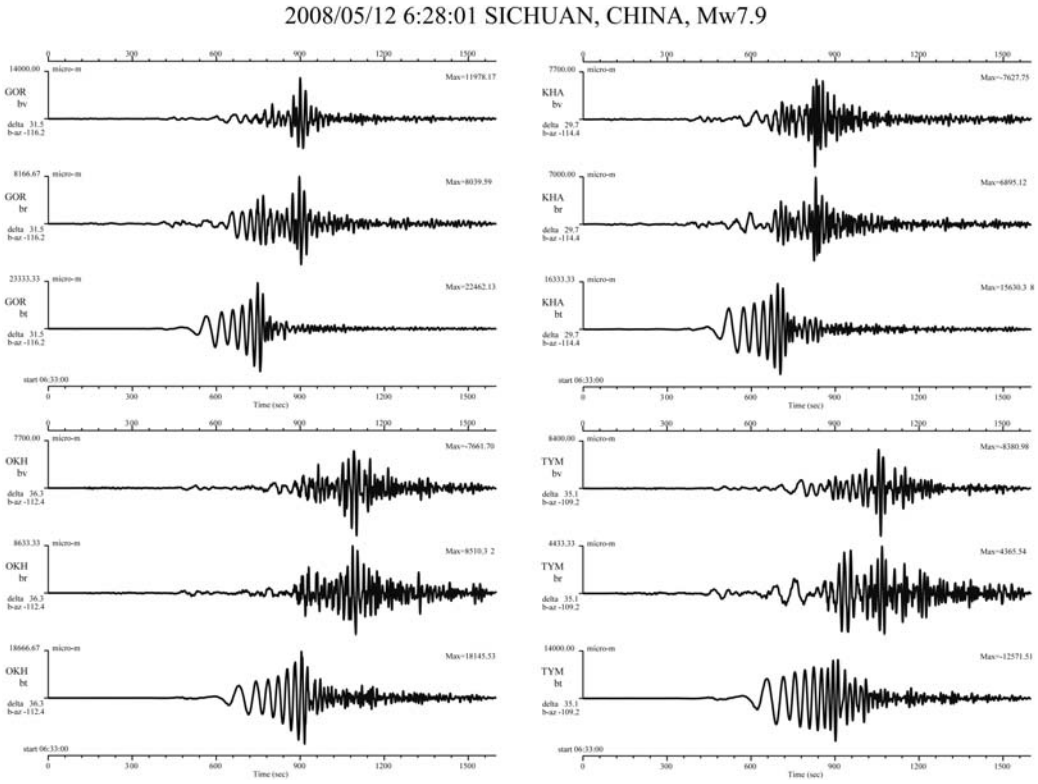

Fig. 7. Seismograms recorded at each station by the Mw 7.9 earthquake occurred in China on 06h28m, May 12, 2008.

謝辞　各観測点の職員や現地の方々の絶大なる協力があり，無事に観測網の展開をおこなうことができたことに対し，ロシア側の周到な準備と対応に心から感謝する．

文　献

Fukao, Y., S. Widiyantoro and M. Obayashi, 2001. Stagnant slabs in the upper and lower mantle transition region, Rev. Geophys., **39**, 291-323.