

Freesia Projectによる広帯域地震観測

著者	福山 英一，石田 瑞穂，堀 貞喜，関口 渉次，綿田 辰吾
雑誌名	防災科学技術研究所 研究報告
巻	57
ページ	23-31
発行年	1996-12
URL	http://doi.org/10.24732/nied.00001078

Freesia Project による広帯域地震観測

福山英一*・石田瑞穂*・堀貞喜**・関口渉次*・綿田辰吾*

Broadband Seismic Observation Conducted under the FREESIA Project

By

Eiichi FUKUYAMA*, Mizuho ISHIDA*, Sadaki HORI**, Shoji SEKIGUCHI*, Shingo WATADA*

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

**Solid Earth Research Division, **Earthquake Research Center*

Abstract

We have developed a broadband seismic observation network as well as a waveform data center under the Freesia project. We have been installing broadband seismometers all over Japan. At each station, an STS-1 type very broadband seismometer (natural period is 360 seconds) as well as a VSE 311 type strong motion velocity seismometer whose maximum input velocity is 0.4 m/s have been installed. All waveform data are transmitted to the data center via TCP/IP network, which uses digital leased telephone lines (64 Kbps). At the data center, all data are continuously stored in the 1TB data mass storage with a few minutes delay. All users can access the real-time continuous waveforms by electronic mail. The WVSERV program enables users to access the broadband database automatically. This system serves research on earthquake source mechanics as well as the structure of the earth's mantle and core.

キーワード：広帯域地震観測 (Broadband Seismic Observation), 広帯域地震学 (Broadband Seismology), 震源過程 (Earthquake Source Process), マントルおよび核の構造 (Mantle and Core Structure)

1. はじめに

近年、地震学において、地震波形データの重要性が指摘されている。1980 年代に始まった、地震の震源過程の逆解析 (Kanamori and Given, 1981; Kikuchi and Kanamori, 1982; Hartzell and Heaton, 1983; Ruff and Kanamori, 1983; Nabelek, 1985; Fukuyama and Irikura, 1986; Takeo, 1987; Yoshida and Koketsu, 1990 など) において、高品質で十分な密度の波形データは不可欠であった。また、地球内部構造の解析においても、走時のデータのみならず、地震波形データを用いることで、より鮮明な地球モデル (Woodhouse and Dziewonski, 1984; Shearer, 1991; Revenaugh and Jordan, 1991; Zhang and Tanimoto, 1993; Su et al., 1994) が得られ、コア-マントル境界 (Lay and Helmberger, 1983; Gaherty and Lay, 1992; Vidal and Benz,

1992; Kendal and Shearer, 1994) やプレート沈み込帯の微細構造 (Suetsugu, 1989; Comier 1989; Iidaka and Mizoue, 1991; Ohtaki, 1995; Zhou and Chen, 1995) を得ることが可能になった。

一方、地震観測技術の進歩も目覚ましく、広帯域高ダイナミックレンジの地震計の開発 (Wielandt and Streichen, 1982) と、その地震計の性能を十分発揮させるデータロガーの開発 (Steim, 1996) により、地震波形を高精度に取得することが技術的に可能になった。

しかしながら、精度の良い観測のためには、非常に多くの労力と多額の予算を必要とするため、日本では系統的な観測網の構築が遅れていた。科学技術庁防災科学技術研究所の特別研究「地震素過程と地球内部構造に関する総合的研究 (Freesia Project)」は、地震観測施設を有する国内の各大学の協力の下、広帯域地震観測網を全国に展開することとなった。大学が全国に所有する地殻変動観測のための横穴は、広帯域地震計の設置には非常に適した場所であり、防災科学技術研究所の広帯域地震計の観測技術と組み合わせることで、日本全国をカバーす

防災科学技術研究所

*地圏地球科学技術研究部

**地震調査研究センター

る系統的な広帯域地震観測網を構築できる。

Freesia Project の目的は、以下の3つである。

1. 震源過程の研究
2. 地殻／上部マントルの微細構造に関する研究
3. 地球深部の構造に関する研究

これらの目的の達成のためには、日本全国に観測点が一様に分布する広帯域地震観測網を構築することが必要不可欠である。

本論文では、Freesia Project によって展開されている広帯域地震観測網の概要及びそのデータ収録システムの概要を紹介し、最後に、収録されている観測地震波形例を示す。

2. 観測システム

観測システムの概要を Fig.1 に示す。地震計として、Streckeisen 社製の STS-1 型地震計及び東京測振製の VSE 311 型地震計を用いている。STS-1 型地震計は、広帯域高ダイナミックレンジ地震計で、周期 360 秒から 0.1 秒まで平坦な振幅応答特性をもち 140 dB の入力レ

ンジを持っているが、最大入力速度が 0.008 m/s と、日本で使用する地震計としては若干小さく、気象庁震度 2 以上の場所での観測波形は解析に適さない。そこで、速度型強震計である VSE 311 を併用することで、強震から微小地震、ローカルな地震から遠地地震までカバーすることができるようになる。VSE 311 は、最大入力速度が 0.4 m/s であり、100 秒から 0.01428 秒まで平坦な応答を示す (Fig. 2)。この 2 つの地震計を併用することで、日本における広帯域高ダイナミックレンジ地震観測が実現できる。また、横穴の観測施設が利用できないなど、設置条件のそれほどよくない観測点には、簡易型広帯域地震計である STS-2 地震計を STS-1 地震計の代わりに用いている。この STS-2 地震計は、120 秒まで平坦な特性を示す。それぞれの地震計の伝達関数は、以下の式で表せる。単位は Vsec/m である。

$$STS1(\omega) = -\frac{2400\omega^2}{-\omega^2 + \frac{\sqrt{2}\pi}{180}i\omega + \left(\frac{\pi}{180}\right)^2} \times \frac{400\pi^2}{-2\omega^2 + 24.94\pi i\omega + 400\pi^2} \quad (1)$$

$$STS2(\omega) = \frac{71200\omega^2}{0.00025\omega^4 - 47.4\omega^2 + 0.124 + i(-0.0624\omega^3 + 4.62\omega)} \quad (2)$$

$$VSE311(\omega) = \frac{125000}{4997.5 + i\left(\omega - \frac{188.65}{\omega}\right)} \quad (3)$$

ここで、 ω は角周波数 ($2\pi f$, f は周波数) である。 i は虚数単位を表わす。これらの伝達関数を振幅特性と位相特性にわけて描いたものが図 2 である。振幅特性に関しては、最大値で正規化を行っている。

データ収録装置は、Quanterra 社の Q 680 を用いている。AD 変換部は、入力幅 40 V の電圧に対し 24 bit の分解能を持ち、最大 80 Hz でサンプリングされる。Q 680 は OS/9 のオペレーティングシステムを持ち、その上で稼働しているデータ収集ソフト (UltraSHEAR) によりデータの取り込みが行われ、80 Hz, 20 Hz, 1 Hz, 0.1 Hz, 0.01 Hz の各サンプリング周波数のデータが作成される。これらのデータはすべて Q 680 のハードディスク上のリングバッファに蓄えられる。Q 680 上では、UltraSHEAR 上で稼働しているデータ通信ソフト (dacomm) が TCP/IP のプロトコルを用いて、データセンタの計算機上で稼働しているデータ収集サーバプログラム (comserv) と情報のやり取りを行いながらデータの転送を行っている。

時刻に関しては、Q 680 自体が高精度の内蔵時計を持っており、GPS から供給される時刻信号を用いて常時校正が行われている。データファイルには、Q 680 の内蔵

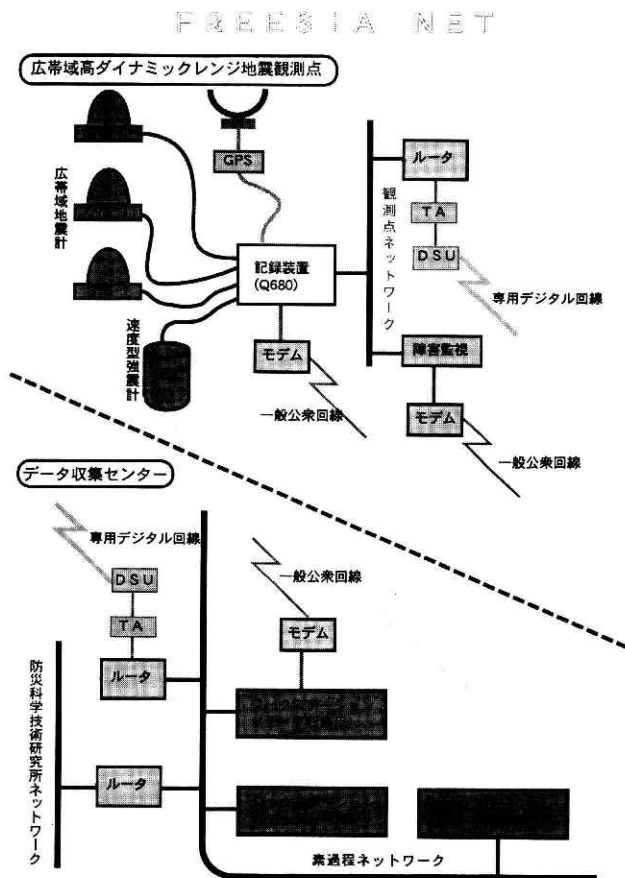


Fig. 1 Freesia-net の構成図。(上) 各観測点の機器構成図。(下) データセンタの機器構成図

Configuration of "Freesia network." (Upper) Configuration of instruments at each observation station. (Lower) Configuration of instruments at the Freesia data center.

Seismometer Response

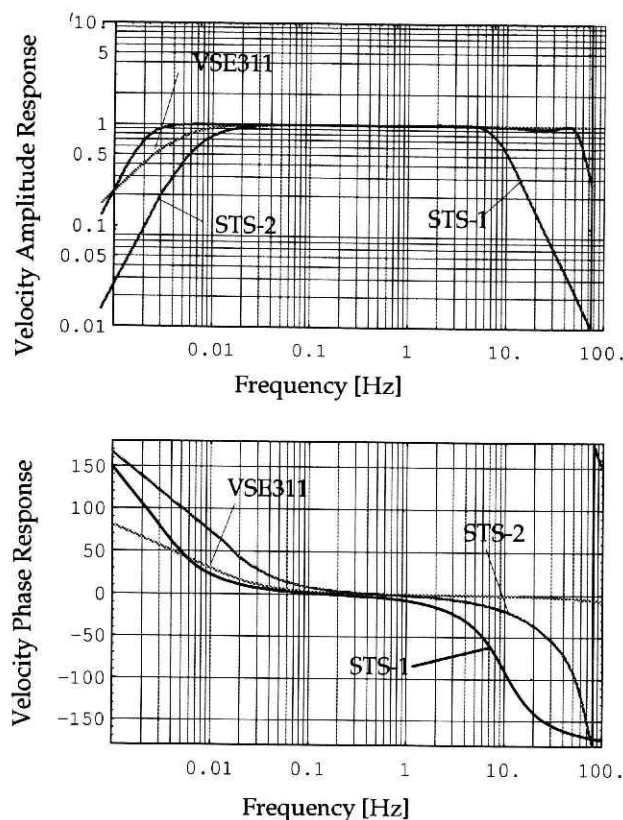


Fig. 2 地震計の応答関数。(上)振幅応答, 最大値で正規化されている。(下)位相応答。

Transfer function of seismometers. (Upper) Amplitude response, which is normalized by maximum amplitude. (Lower) Phase response.

時計の時刻と GPS によって得られた時刻の両方が記載されており, GPS による時刻校正のロックが外れた時間帯に対しても高精度な時刻が得られるようになっている。

各観測点において, TCP/IP を用いたネットワークが構築されている。観測点のネットワークは, Cisco 製のルータ 2501 により, 高速デジタル回線 (64 Kbps) を介し, つくばの防災科学技術研究所のデータセンタ内のネットワークとつながれている。このネットワークを用いて観測点のデータがデータセンタまで運ばれる。この種のネットワーク技術は広く一般に普及した手法であるので, 接続機器のハードウェア/ソフトウェアの信頼性も高く非常に安定したシステムである。しかも, 需要が多いので, 安価に機器を入手できるというメリットがある。

データセンタにおいては, Sun Microsystems 社製のデータマスストレージ Sparc Server 2000 E / Sparc Storage Array 200 が稼働しており, 約 1 TByte のディスク空間上に収録されているすべてのデータがおかれる。データ量は 1 日平均 1 観測点当たり 30 MByte であ

り, 30 観測点のデータを 3 年間蓄えられる容量を有している。このストレージはディスクアレイであり, RAID 0+1 レベルでディスクの 2 重化が行われており, ディスクのバックアップの役目を果たす。これとは別に, 3 年以上経ったデータの保存及び, 外部に対しての大量のデータの提供のために, CD-R 及び 8 mm データカートリッジの入出力装置を有している。

このデータマスストレージ上で, データ通信ソフト (comserv) が稼働しており, 各観測点の Q 680 上で動いている dacommm と連動してデータの転送を行っている。comserv は netmon という監視ソフトウェアによってコントロールされ, データ収集に障害が起きると, 障害の情報を電子メールで管理担当者に知らせる仕組みになっている。この電子メールをポケットベルと連動することで, より早い障害への対応/復旧が可能となる。netmon が comserv の起動/停止のコントロールも行っており, 通常の管理は, netmon に対して行うだけで十分となっている。

しかしながら, 各種の障害 (たとえば, 専用回線の切断, 長期にわたる観測点の停電, データマスストレージのハードウェアの障害) の場合は, このシステムによるデータの連続性は失われる。しかし, 観測点に設置されている Q 680 のディスク上には 80 Hz データであれば約 1 日分, 20 Hz データは約 2 週間分保存されているリングバッファを持っている。これらの期間内に, データマスストレージから finger コマンドを発行してデータ収集を手動で行う perl スクリプト retrieve を動かすことで, 各種のトラブルにより欠測となったデータを修復することが可能となる。これは, 今まで行われてきた連続観測では決して行うことのできなかったことである。また, この種の障害の監視は, Sun Net Manager によって SNMP のプロトコルをとおして行われ, 障害が発生すると電子メールで直ちに管理者に通知されるとともに, コンソールに障害のあった機器が表示される。

3. 自動データ提供システム

Freesia project では, データマスストレージに蓄えられているデータを有効利用するためのシステム WVSERV を用意している。WVSERV とは, 電子メールにより地震波形データベースにアクセスするためのソフトウェアである。WVSERV を利用するには, wvserv@geo.bosai.go.jp 宛てにコマンドを本文に持つ電子メールを送ればよい。すると, WVSERV が自動的にコマンドに対応する処理を行った後, 処理結果がユーザに送り返されるという仕組みである。

WVSERV は 2 つの部分からなっている。1 つは, 要求のあった情報ファイルを送り返す部分であり, もう 1 つは, 波形データベースにアクセスし, 要求のあった波形をきりだし, 送り返す部分である。前者は, 波形に関するさまざまな情報, 波形を使いやすくするためのユーティリティプログラムなどの提供を行うものであり, 後者は, 観測波形自体を提供する部分である。

このシステムは、電子メールを媒体としてデータのやり取りを行うので、非常に柔軟性が高く、この上でいろいろなアプリケーションを動かすことが可能である。たとえば、電子メールで配布されている震源速報をトリガとして、人手を介さずに WVSERV にアクセスし、得られたデータを自動解析し、震源のメカニズムを自動的に得て、その結果をまた電子メールを用いて発信するという利用法も可能である。また、現在、ほとんどの研究者が電子メールを利用できる環境にあるので、だれでも簡単に波形データベースにアクセスできるという利点がある。

具体的なコマンドは、Appendix 1 に示すとおりである。help コマンドによりコマンド一覧が取得できる。将来、コマンドの変更／拡充の可能性があるので、help コマンドにて、コマンド一覧を取得し、利用する前に、コマンド体系に変更がないかどうかの確認をされたい。station コマンドにより、現在利用可能な観測点リストが得られる。trouble コマンドによりデータの欠測状況のリストが得られる。response コマンドにより、地震計の特性に関する情報が得られる。get コマンドにより、データサーバーにアクセスし、データを取得することが出来る。データは、MSEED フォーマットで提供される。このフォーマットは圧縮率はいいが、あまり一般的なフォーマットではないので、MSEED フォーマットを読むためのいくつかのプログラムが用意されている。decode_f コマンドにより、得られたデータの Fortran 言語による読みだしのためのサンプルプログラムを得ることが出来る。このプログラムは、ascii text としてデータの値を出力するので、ascii text へのフィルタとしても利用できる。decode_c コマンドにより C 言語によるデータ読み出しのサンプルプログラムが得られ、このルーチンを用いてユーザの希望するフォーマットへの変換プログラムを書くことが出来る。sac_conv コマンドにより、SAC フォーマットへ変換するフィルタのプログラムを得ることが出来る。

WVSERV の本体は、Perl script [Wall and Schwartz, 1990] で記述されている。約 200 行程度のプログラムであり、しかも、その大部分は、環境変数を定義している部分である。Perl を用いることで、非常に簡潔な表現で、非常に高度なことが実現されている。Perl はインタプリタ言語であるので、テキストエディタでプログラムを編集し、セーブするとすぐに走りだし、プログラムの変更がすぐに動作に反映されるため、このようなリアルタイムの自動処理には適している。

最近急速に普及している World Wide Web でもアクセスできるように Web によるページももうけた。<http://nova.geo.bosai.go.jp:10080/qconv-form-j.html> へアクセスすると、データへのアクセスのための手段が用意されてる。ただし、このアドレスは将来変更となる可能性がある。その場合は、<http://www.bosai.go.jp/> からたどれるようにしておく予定である。

4. 収録されている波形例

これまで収録されている典型的な波形例を示す。Fig. 3 は、埼玉県中部のやや深発地震の P 波部分の SGN 観測点での 80 Hz サンプリングの波形である。一番上の波形は STS-1 地震計によるもので、一番下は VSE 311 地震計によるものである。STS-1 地震計は 10 Hz よりも高周波の波に対して感度が落ちてしまう特性である (図 2) が、VSE 311 は、70 Hz まで平坦な振幅応答特性をもっている。この特性の違いが、この 2 つの波形のわずかな違いとなって現れている。そこで、STS-1 地震計の特性を補正して、高周波部分も、平坦な特性にしたものが中央の波形である。この波形と一番下の波形を比べると、ほぼ一致することがわかる。STS-1 地震計では、80 Hz の波形は地震計自体の振幅特性が 10 Hz より落ちるので、その有用性が疑問視されてきたが、十分なダイナミックレンジをもつ収録器で収録し、正確に特性を補正することで、高周波数成分を多く含むローカルな地震の波形解析に十分利用可能であることがわかる。

もう一つ、Quanterra 社のデータ収録装置について言われてきたことに、デジタルフィルタのノイズがあげられる。量子化の精度を上げるために、デジタルフィルタをかけた後にサンプリング周期を減らすという操作が行われる。この操作で波形の位相を保持するためには、デジタルフィルタがリニアフィルタでなければならない。しかしながら、リニアフィルタはコーザリティを満たさないで、立ち上がりの急峻な波形に対しては、立ち上がりの前にノイズが出ることがある。Fig. 4 はその例である。上の trace は、20 Hz サンプリングのデータで、P 波の前に何かフェイズらしき物がある。これだけでは判断できないが、同じ時間の 80 Hz のデータ (図 4 下) を見ると、この信号は認められず、20 Hz の波形に現れていたのは、デジタルフィルタの際のノイズであることがわかる。

この障害を解決する方法は、ミニマムフェイズフィルタを用いることであるが、このフィルタは位相を保持しない (ゆがめる) ため、地震波形として用いるためには、逆フィルタをかけ位相情報を戻してやる必要がある。波形を見るのにいちいち逆フィルタを通すのはかなり面倒なので、このシステムでは、リニアフィルタを用いる。急峻な立ち上がりを持つ波形の直前にはこのノイズがのっている可能性があり、ノイズかどうかの識別手段としては、異なるサンプリング周波数のデータを比較することを指摘しておく。最近、Quanterra 社以外のデータ収録装置にも 24 bit の分解能を備えたものがあるが、これらの多くは AD 変換の IC chip の中にデジタルフィルタが設定されており、ユーザが目的に応じて最適化することはできない。ここで用いているデータ収録装置 Q 680 は、configuration ファイルにデジタルフィルタのタイプと係数を指定することができるので、目的に応じた設定が可能であり、デジタルフィルタのノイズを最小限にとどめることができる。

Fig. 5 は 1995 年 5 月 27 日のサハリンの地震の波形で

Eastern Saitama 1995/08/04,14:53:57.84

35.906N 139.797E 82.4km M14.2

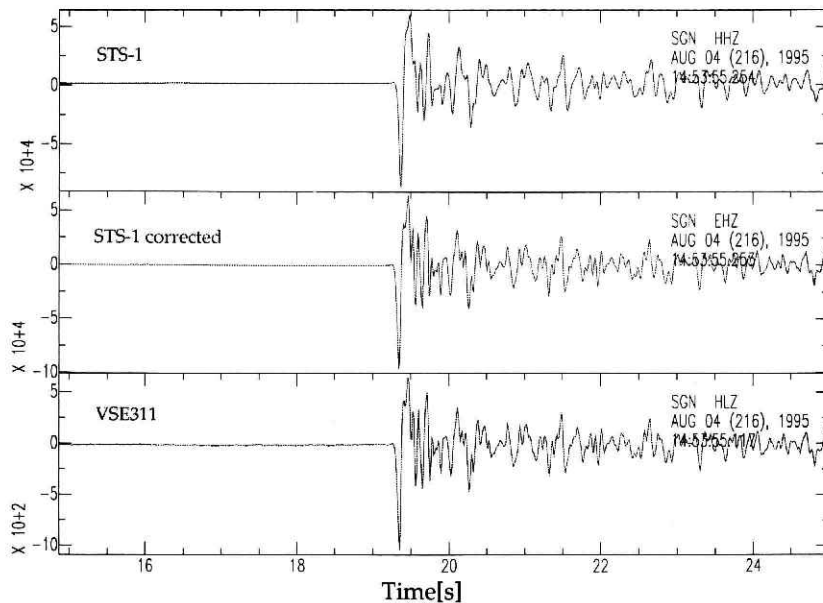


Fig. 3 埼玉県東部の地震のSGN観測点での観測波形例。いずれも上下動成分で、上段はSTS-1による観測波形、中段は上段の記録に対し地震計の応答特性を考慮し地動速度に戻した波形、下段はVSE311による観測波形。

An example of waveforms at SGN station due to the Eastern Saitama earthquake. All traces are up-down components. (Upper) Waveforms observed by the STS-1 seismometer. (Middle) Ground velocity reproduced from the upper trace by taking into account the instrumental response. (Lower) Observed waveforms by the VSE311 seismometer.

Eastern Saitama 1995/08/04,14:53:57.84

35.906N 139.797E 82.4km M14.2

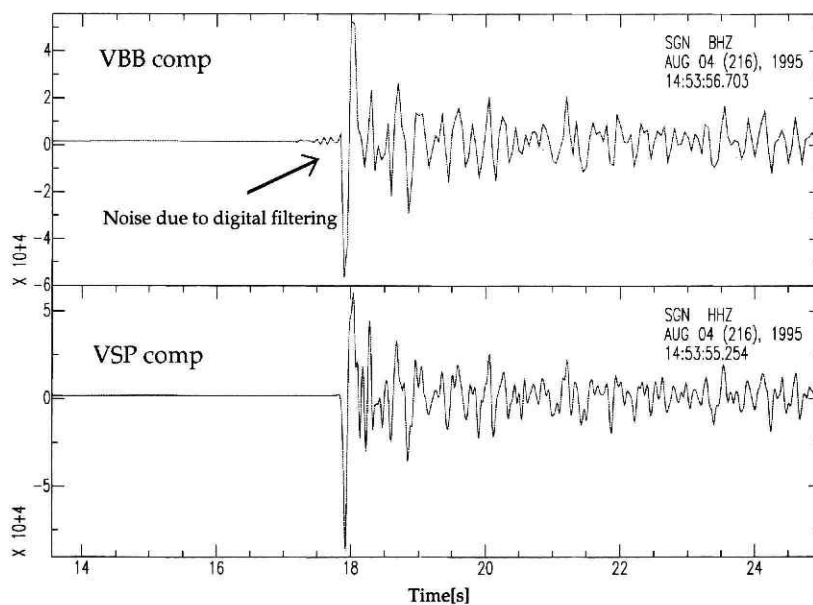


Fig. 4 埼玉県東部の地震のSGN観測点での上下動成分の観測波形例。(上段)20Hz サンプリングのVBB成分。(下段) 80Hz サンプリングのVSP成分。

An example of up-down component waveforms at SGN station. (Upper) VBB component, whose sampling rate is 20 Hz. (Lower) VSP component, whose sampling rate is 80 Hz.

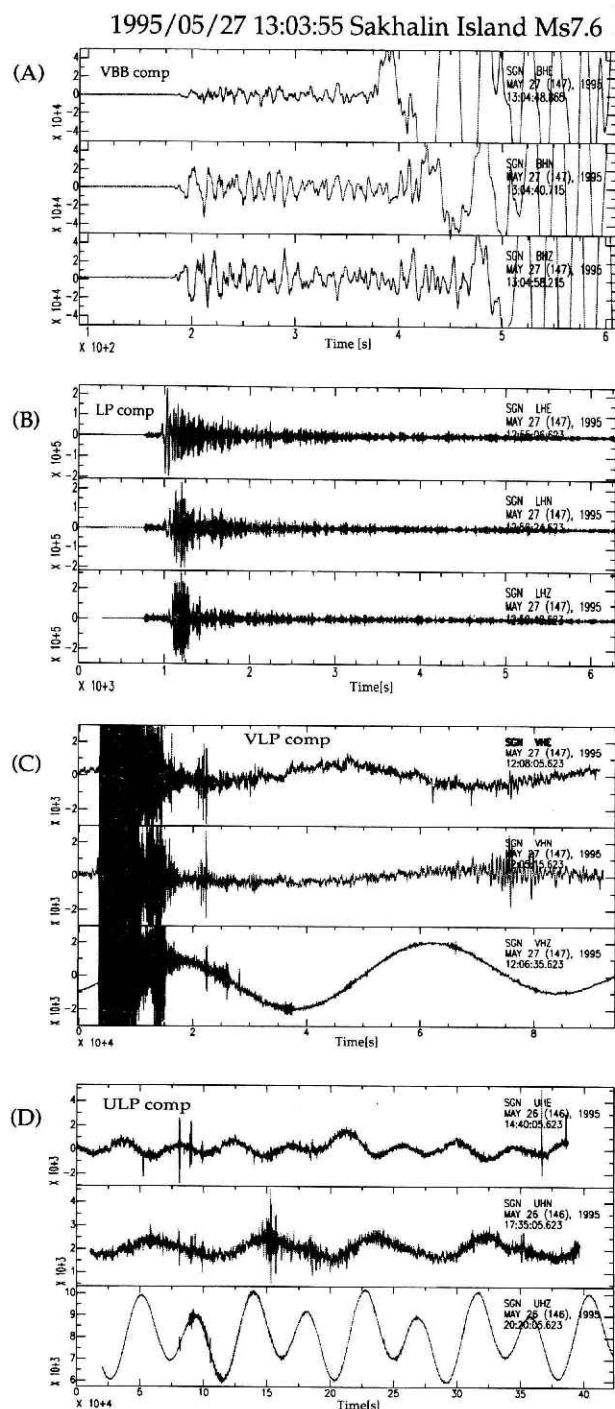


Fig. 5 サハリンの地震のSGN観測点における観測波形例。各パネルは3成分の波形で、上から、東西動、南北動、上下動を示す。(A) VBB成分(20 Hz サンプリング)。(B) LP成分(1 Hz サンプリング)。(C) VLP成分(0.1 Hz サンプリング)。(D) ULP成分(0.01 Hz サンプリング)。

An example of three component waveforms at the SGN station due to the Sakhalin Island earthquake. (A) VBB component whose sampling interval is 20 Hz. (B) LP component whose sampling interval is 1 Hz. (C) VLP component whose sampling interval is 0.1 Hz. (D) ULP component whose sampling interval is 0.01 Hz.

ある。(a) 20 Hz, (b) 1 Hz, (c) 0.1 Hz, (d) 0.01 Hz サンプリングのデータである。これをみると、同じ地震でも、非常に短周期の波から、非常に長周期の波まで精度よく得られ、それぞれの解析に適したサンプリング周波数となっていることがわかる。図上で振り切れているように見える部分は、実際は振り切れていない。細かいフェイズを強調するために、拡大して描いてあるためである。

5. 最後に

Freesia Project の下で展開されている広帯域地震観測網の概要について紹介した。この広帯域地震観測網の整備が進むことにより、均質な地震観測網によって観測された広帯域高ダイナミックレンジ地震波形データベースが構築される。このデータベースを用いての、地震の震源過程及び地球の内部構造の研究の進展が期待される。

また、ここで紹介したシステムは、だれもが自由に Freesia Project の広帯域地震データにアクセスできる。多様なアイデアにより、これらのデータを解析し、有用な結果を生み出すことにより、地震学が飛躍的に進歩することを期待する。ただし、このデータは、Appendix 2 に挙げるように、研究目的に限り自由に利用してよく、結果を Freesia Project までフィードバックしてもらえればよい。

謝辞

観測点の計画、建設にあたっては、以下の機関の方々の協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。鹿児島大学理学部、金沢大学理学部、九州大学理学部、京都大学防災研究所、東京大学地震研究所、東北大学理学部、北海道大学理学部(順不同、アイウエオ順)。また、今後の観測点の拡充にあたっては、上記以外の機関の協力を得るかもしれないことを申し添えておく。

参考文献

- 1) Comier, V. F., Slab diffraction of S waves, *J. Geophys. Res.*, **94**, 3006-3024, 1989
- 2) Fukuyama, E. and K. Irikura, Rupture process of the 1983 Japan Sea (Akita-Oki) earthquake using a waveform inversion method, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **76**, 1623-1649, 1986
- 3) Gaherty, J. B. and T. Lay, Investigation of laterally heterogeneous shear velocity structure in D'' beneath Eurasia, *J. Geophys. Res.*, **97**, 417-435, 1992
- 4) Hartzell, S. H. and T. H. Heaton, Inversion of strong ground motion and teleseismic waveform data for the rupture history of the 1979 Imperial Valley, California, earthquake, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **73**, 1553-1583, 1983
- 5) Iidaka T. and M. Mizoue, P-wave velocity struc-

- ture inside the subducting Pacific plate beneath the Japan region, *Phys. Earth Planet. Interi.*, **66**, 203-213, 1991
- 6) Kanamori, H. and J. W. Given, Use of long-period waves for rapid determination of earthquake -source parameters, *Phys. Earth Planet. Interi.*, **27**, 8-31, 1981
 - 7) Kendal, J. -M. and P. M. Shearer, Lateral variations in D'' thickness from long-period shear wave data, *J. Geophys. Res.*, **99**, 11575-11590, 1994
 - 8) Kikuchi, M. and H. Kanamori, Inversion of complex body waves, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **72**, 491-506, 1982
 - 9) Lay, T. and D. V. Helmberger, A lower mantle S - wave triplication and the shear velocity structure of D'', *Geophys. J. Roy. astr. Soc.*, **75**, 799-838, 1983
 - 10) Nabelek, J., Geometry and mechanism of faulting of the 1980 El Asnam, Algeria, earthquake from inversion of teleseismic body waves and comparison with field observations, *J. Geophys. Res.*, **90**, 12713-12728, 1985
 - 11) Ohtaki, T., Slab geometry beneath the Izu-Bonin arc - An implication for the fate of slabs, Ph. D. Thesis, University of Tokyo, 1995
 - 12) Revenaugh, J. and T. H. Jordan, Mantle layering from ScS reverberations: 2, the transition zone, *J. Geophys. Res.*, **96**, 19763-19780, 1991
 - 13) Ruff, L. and H. Kanamori, The rupture process and asperity distribution of three great earthquakes from long-period diffracted P-waves, *Phys. Earth Planet. Interi.*, **31**, 202-230, 1983
 - 14) Shearer, P. M., Constraints on upper mantle discontinuities from observation of long-period reflected and converted phases, *J. Geophys. Res.*, **96**, 18147-18182, 1991
 - 15) Stein, J. S., Open Internetworking of the GSN field sites, draft, February 9, 1995
 - 16) Su, W.-J., R. L. Woodward and A. M. Dziewonski, Degree 12 model of shear velocity heterogeneity in the mantle, *J. Geophys. Res.*, **99**, 6945-6980, 1994
 - 17) Suetsugu, D. Lower mantle high-velocity zone beneath the Kurile as inferred from P-wave travel time and amplitude data, *J. Phys. Earth*, **37**, 265-295, 198
 - 18) Takeo, M., An inversion method to analyse the rupture process of earthquakes using near-field seismograms, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **77**, 490-513, 1987.
 - 19) Vidale, J. E. and H. M. Benz, A sharp and simple section of the core-mantle boundary, *Nature*, **359**, 627-629, 1992
 - 20) Wall, L. and R. L. Schwartz, Programming Perl, O'Reilly and Associates, Inc., 1990 (日本語訳: 近藤嘉雪訳, Perl プログラミング, ソフトバンク, 1993)
 - 21) Wielandt, E. and G. Streckeisen, The leaf-spring seismometer: Design and performance, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **72**, 2349-2367, 1982
 - 22) Woodhouse, J. H. and A. M. Dziewonski, Mapping the upper mantle: Three dimensional modelling of Earth structure by inversion of seismic waveforms, *J. Geophys. Res.*, **89**, 5953-5986, 1984
 - 23) Yoshida, S. and K. Koketsu, Simultaneous inversion of waveform and geodetic data for the rupture process of the 1984 Naganoken-Seibu, Japan, earthquake, *Geophys. J. Int.*, **103**, 355-362, 1990
 - 24) Zhang, Y.-S. and T. Tanimoto, High resolution global upper mantle structure and plate tectonics, *J. Geophys. Res.*, **98**, 9793-9823, 1993
 - 24) Zhou, H. and G. Chen, Waveform response to the morphology of 2-D subducted slabs, *Geophys. J. Int.*, **121**, 511-522, 1995

(原稿受理: 1996 年 7 月 17 日)

Appendix 1

データ利用の手引きである help ファイルの内容は以下のとおりである。ただし、これは、随時更新されるので、データ利用の際は、最新のものを確認されることをお進めする。

LAST UPDATE: 96/06/05 10:55:20 (JST)

FREESIA 広帯域地震波形データセンターへようこそ

電子メールによるデータ取得の方法の説明。

wvserv@geo.bosai.go.jp 宛に以下に挙げるコマンドを本文に含むメールを送って下さい、自動的にメールが返送されます。サブジェクトは無視します。

以下に挙げるコマンドを本文の各行に記述すると(最初に空白を入れてはいけません), そのコマンドが示す動作を行ない, その結果を電子メールで送り返します。一つのメールでいくつコマンドを書いても構いません。

なお、エラーのチェックは最低限しか行なっていません。コマンドに記述に誤りがある場合は、そこで作業を中止し、メールの発信者には一切エラーの警告を行ないません。また、特に注意していただきたいのは、一度にあまりたくさんのデータを request されますと、貴方に、大量のメールが送られ、貴方の spool を溢れさせる可能性があります。くれぐれも、データの時間ウィンドウの指定には、誤りなきようお願いします。

コマンドリスト★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

help: このファイルを送ります。

station: 現在利用可能な観測点のリストを送ります.

response: センサーの特性表を送ります.

trouble: 障害履歴を送ります。

compress: データは、gzip によって圧縮されて送付されますが、このコマンドを指定すると、compress によって圧縮します。

注：gzip が計算機にインストールされていない方はこのコマンドを指定して下さい。

address [送付先アドレス]: コマンド実行結果の送り先を指定します。

注：このコマンドは、特別な宛先に送る際に必要なもので、普通は指定する必要はありません。その場合，“Reply -To:”，“From:”の順で、送られてきたメールのヘッダを参照し送り先のアドレスを決めます。

注：MIME encoding には対応していませんので，“Reply-To:”あるいは“From:”がMIME encoding されている場合は、自分のアドレスをこのコマンドで明示的に指定した方がよいでしょう。

get [観測点名] [成分名] [開始時刻] [終了時刻]: このコマンドにより波形データが送付されます

注：観測点名，成分名は，観測点リストに載っているものでないといけません。また，正規表現（*，?など）は使えません。

注：開始時刻，終了時刻は，UT (JST-9) で，yy/mm/dd, hh:mm:ss というフォーマットでなければなりません。

注：データが存在しない期間を指定した場合は、空のデータが送られてきます。指定した期間のデータが存在するかどうかは、trouble コマンドで確認して下さい。

注：コマンドのフォーマットに誤りがあっても、エラーを促すメールは送りません。もう一度コマンドのフォーマットを確認して下さい。フォーマットに誤りが見つからない場合は、help コマンドのみを送り、メールの環境が正常に動作しているかどうか確認をしてみてください。

注：データは、gzip(default)+uuencode+shar で加工され、100 kB 毎に分割してメールで送られます。あまり大量なデータウィンドウを指定すると、貴方のメールのプールを溢れさせるかも知れないので、開始時刻と終了時刻の指定は十分気をつけましょう。

注：送られてきたデータを解凍するには、メールのヘッダを切りとった後、

%/bin/sh [メールの本文の入ったファイル名]

という風に shell に渡せば自動解凍されます, unshar というコマンドがあれば、ヘッダを切りとる手間が省けます。

注：解凍されたデータは mseed というフォーマットで書かれています

sac_conv; このコマンドを指定すると, mseed を sac binary に変換するプログラム (read_kdata, 綿田辰吾氏より提供) を送ります.

decode c; このコマンドを指定すると、mseed を解凍する C のサンプルプログラムを送ります。

decode f; このコマンドを指定すると, mseed を解凍する Fortran のサンプルプログラムを送ります.

例題★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

例題 1. station ファイルと response ファイルを取り寄せる.

station

response

例題 2. SGN 観測点の BHZ, BHN, BHE 各成分の 1995 年 4 月 10 日 0 時 0 分 0 秒から 0 時 1 分 0 秒までの 1 分間を取り出す。

```
get SGN BHZ 95/04/10,00:00:00 95/04/10,00:01:00
get SGN BHN 95/04/10,00:00:00 95/04/10,00:01:00
get SGN BHE 95/04/10,00:00:00 95/04/10,00:01:00
```

例題 3 . JIZ 観測点の LLZ, LLN, LLE 各成分の 1995 年 4 月 10 日 0 時 0 分 0 秒から 1 時 0 分 0 秒までの 1 時間を
aaa@bbb.ccc.ddd というアドレスに送る.

```
address aaa@bbb.ccc.ddd
get JIZ LLZ 95/04/10,00:00:00 95/04/10,01:00:00
get JIZ LLN 95/04/10,00:00:00 95/04/10,01:00:00
get JIZ LLE 95/04/10,00:00:00 95/04/10,01:00:00
```

もし、何か不明な点、問題点等ありましたら、wvserv-admin@geo.bosai.go.jp 宛にメールを送って下さい.

防災科学技術研究所 福山英一

Appendix 2

データの利用にあたっての注意事項として、データとともに送られて来る文面は以下のとおりである.

Copyright notice

!!!!!!IMPORTANT!!!!!!

(In Japanese)

当データは、防災科学技術研究所に属するものです。当データを研究目的に使用する限り特に制限を設けませんが、その成果を論文等で発表するに際しては、防災科学技術研究所のデータを使用した旨を明記し、印刷物のある場合は下記へお送り下さい。

〒 305 茨城県つくば市天王台 3-1
防災科学技術研究所 地震活動研究室

(In English)

These data belong to the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention. There is no restriction on using these data for purposes of scientific research. If you use all or part of these data in a publication, you are requested to acknowledge the data source and to mail one copy of your publication to the following address.

Seismic Activity Laboratory
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention
3-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305, JAPAN

Thank you very much.
