

寄 書

インターネットを通じた日米間  
微小地震波形データの  
リアルタイム伝送実験

北海道大学大学院理学研究科附属  
地震火山研究観測センター\*

勝 俣 啓

Real-time Transmission of Waveforms of Microearthquakes from Japan to U.S.A. through Internet

Kei KATSUMATA

Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, Kita-10, Nishi-8, Kita-ku, Sapporo 060-0810, Japan

Received May 15, 1997;

Accepted May 18, 1998)

§1. はじめに

ト部・高波(1994)はIPネットワーク(インターネット)を利用して微小地震の波形データをリアルタイムで伝送する方法を開発した。日本国内ではインターネットを利用して隣接した地震観測網間等リアルタイムデータ交換が行われている。この伝送方法を用いると原理的にはインターネット上のあらゆるワークステーション(WS)と波形データをリアルタイムで送受信することができる。ある地域に展開された地震観測点の波形データは1ヵ所の観測センターに集められ、WSのハードディスクに蓄積されるようなシステムが現在一般的である。しかたしてこのようなシステムを導入している観測網の中には、日本と外国の地震観測網間であってもリアルタイムでデータを送受信し、波形を共有することが容易に実現できるとはすである。

このような国際的な微小地震観測網の統合は地震学的にも意義のあることである。例えば、日本とロシアの国境付近の地震活動を研究するような場合には観測網の統合が不可欠である。北海道東方沖では1969年に $M=7.8$ の典型的なプレート境界型地震が発生した[Abe(1973)]が、その後1994年にも $M_s=8.3$ の地震がほぼ同じ震源域で再び発生した。震源過程[Kikuchi and Kanamori

(1995), Tanioka *et al.* (1995)]や余震分布[Katsumata *et al.* (1995), Furukawa (1995)], 地殻変動[Tsuiji *et al.* (1995), Ozawa (1996)]等から1994年の地震は沈み込む太平洋プレートをほぼ垂直に切断するようなイベントであったと考えられている。このようなイベントがなぜこの地域に発生するのかを知るためには、微小地震の分布とメカニズム解を高精度で決定し、沈み込むプレートの形状や周辺の応力場を把握することが重要である。現在この地域の地震観測は日本とロシアがそれぞれ独立に行っているが、観測点配置に偏りがあるため震源決定精度はあまり良いとは言えない。インターネットにより観測網が統合され併合処理を行えば震源決定精度が向上するだろう。また、1983年日本海中部地震、1993年北海道南西沖地震、1995年北サハリン地震と近年日本海東縁部の地震活動が活発化している。この付近はオホーツクプレートとユーラシアプレートの境界であると考えられており[Senoo *et al.* (1996)], 大規模な地震が連鎖的に発生する可能性が指摘されている。特に北海道北西沖からサハリン島にかけては第一種地震空白域となっていて、詳細な微小地震活動の把握が急務である。この地域の場合も日本とロシアの地震観測網を統合し両者のデータを併合処理することにより、検知能力および震源決定精度の向上が期待される。

現在、併合処理を行う場合は、地震波到着時やP波初動押し引きなどの検出データのみを交換し、波形データの交換は行わないのが一般的である。しかし波形検出を研究者自身が行いたい場合や波形そのものを解析に使用したい場合が今後増加すると予想されるので、波形データを直接交換するための手法を研究することは重要である。

このように地震観測網を統合するための簡便な方法を確立することは地震学的にも意義のあることである。本研究ではこのようなシステムを実現させるための第一段階として、日本国内で使用されている通信用プログラムをそのまま用いて最も基礎的なリアルタイム送信実験を試みた。

§2. 実験方法および結果

日本国内で使用されている通信用プログラムをそのまま用いて北海道大学理学部附属地震予知観測地域センター(北大地震センター)からアラスカ大学地球物理学研究所(アラスカGI)へのデータ伝送実験を行った。ロシア国内では地震観測網のテレメータ化、デジタル化、WSの導入などが進んでいないため、直ちに伝送実験を行える環境にはない。そこで微小地震観測システムが日本と同程度まで整備されている米国へのリアルタイム伝

\* 〒060-0810 札幌市北区北10条西8丁目

送実験を今回試みることにした。

実験方法を以下に示す。

a. 北大地震センターとアラスカ GI 間の回線がデータ伝送可能状態にあるかどうかを確認する。

b. 北大地震センターから波形データを送信し、アラスカ GI で受信する。また受信したデータをハードディスクに保存し、モニター紙記録をレーザープリンターに出力する。実験実施期間はグリニッジ標準時で 1996 年 11 月 6 日 16 時から 11 月 8 日 18 時までの約 2 日間である。

ちなみに、北大地震センターでは 1993 年 5 月に WS 上で波形データを処理するシステム [卜部・東田 (1992)] が新たに導入された。各観測点から送られてくる波形データはサンプリング周波数 100 Hz で A/D 変換され、WIN 形式 [卜部 (1994)] で圧縮された後、1 秒毎のバイナリファイルに保存される。各ファイルの先頭には時刻ラベルが添付されている。今回伝送に使用した波形データのフォーマットはこの WIN 形式である。

c. モニター紙記録を見て、波形データが正常に受信できた時間とできなかった時間を調べ、インターネット

の安定性を評価する。

実験結果を以下に示す。

a. 外部から WS への不法侵入を防止するために、アラスカ GI では FIRE WALL というネットワーク管理プログラムを使用していた。そのため北大地震センターの WS とアラスカ GI の WS が通信を行えるよう FIRE WALL の設定を変更する必要があった。それ以外に大きな問題はなかった。

b. 最大 60 観測点×3 成分=180 チャンネルの送信に成功した。データ量は約 1.3 メガバイト/分 (約 173.3 KBPS) であった。また、アラスカ GI で受信されたデータが持っていた時刻ラベルとアラスカ GI の WS の内部時計とを比較したところ、時刻ラベルの方が約 10 秒遅れていた。すなわち北大地震センターの WS で 1 秒分の波形データが作成され、米国に向けてデータが送出され、インターネット上を伝播し、アラスカ GI の WS でデータが受信されるまでに要した時間が約 10 秒であったことを意味する。

c. 本実験中にアラスカ GI で受信した波形データのモニター紙記録の例を Fig. 1 に示す。Fig. 1a のように

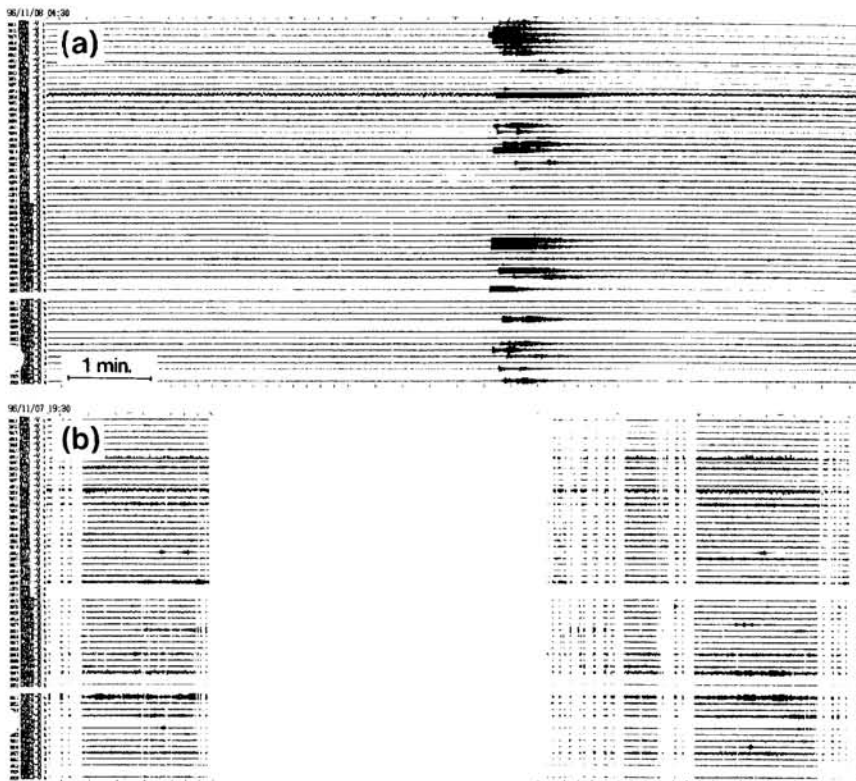


Fig. 1. Waveform data from Japan received at Geophysical Institute, University of Alaska, Fairbanks. Only vertical components of each station are shown. One line corresponds to one station. (a) an example without lost data, (b) an example with lost data.

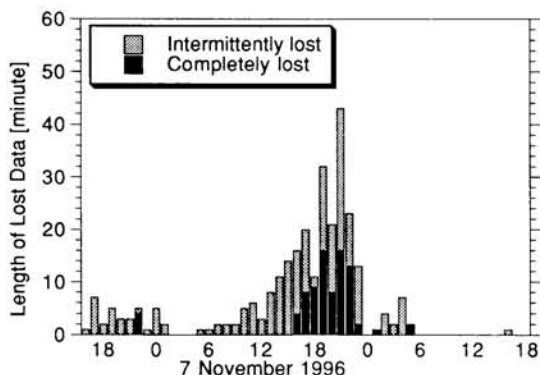


Fig. 2. Length of lost data for each hour when sending waveforms from Japan to U.S.A. The time is in GMT. When the time with no data was more than a few minute, data were found to be completely lost. When the data loss shorter than one minute frequently occurred within several minute, data were found to be intermittently lost.

データの欠落がない時間と、Fig. 1b のようにほとんどデータが受信できない時間とが存在した。Fig. 2 は実験期間中のデータ伝送状況を示す。データが受信できなかったのは恐らくデータの到着が遅れ、受信プログラムが受信を拒否したためと思われる。本実験ではアラスカ GI の WS のメモリー容量の関係で、WS の内部時計より 30 秒以上遅れた時刻ラベルを持つデータは受け取らないように設定した。

### §3. 今後の予定と検討課題

本実験では日本から米国への伝送が可能であることが実証されたが、米国から日本への伝送実験を行う必要がある。私はアラスカ GI の微小地震テレメータ処理システム（通称 ICEWORM）からデータを取りだし、そのデータのフォーマットを WIN 形式に変換するためのプログラムを作成した。これは ICEWORM とデータ伝送用のプログラムとを橋渡しするインターフェースプログラムである。今後これらのプログラムを使用して米国から日本への伝送実験を行う予定である。

本実験で明らかとなった最も大きな問題点は、インターネットの容量不足である。今回は一般に利用されているインターネット回線を使用したためデータの欠落が発生し、安定したデータ送信ができない時間帯が存在した。またインターネット回線は多くの利用者が共有しているものであるため、他の利用者への影響も十分考慮す

る必要がある。

### 謝 辞

本研究に際して北大地震センターの一柳昌義氏、東京大学地震研究所の卜部 卓氏、アラスカ GI の R. Hansen 氏、K. Lindquist 氏および M. Wyss 氏に協力して頂きました。東京大学地震研究所の鷹野 澄氏と匿名の査読者の方および北海道大学の和田直人氏からは有益なコメントを賜りました。

### 文 献

- ABE, K., 1973, Tsunami and mechanism of great earthquakes, *Phys. Earth Planet. Interiors*, **7**, 143-153.
- FURUKAWA, N., 1995, Quick aftershock relocation of the 1994 Shikotan earthquake and its fault planes, *Geophys. Res. Lett.*, **22**, 3159-3162.
- KATSUMATA, K., M. ICHIYANAGI, M. MIWA, M. KASAHARA and H. MIYAMACHI, 1995, Aftershock distribution of the October 4, 1994  $M_w$  8.3 Kurile islands earthquake determined by a local seismic network in Hokkaido, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, **22**, 1321-1324.
- KIKUCHI, M. and H. KANAMORI, 1995, The Shikotan earthquake of October 4, 1994: Lithospheric earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, **22**, 1025-1028.
- OZAWA, S., 1996, Geodetic inversion for the fault model of the 1994 Shikotan earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, **23**, 2009-2012.
- SENO, T., T. SAKURAI and S. STEIN, 1996, Can the Okhotsk plate be discriminated from the North American Plate?, *J. Geophys. Res.*, **101**, 11,305-11,315.
- TANIOKA, Y., L. RUFF and K. SATAKE, 1995, The great Kurile earthquake of October 4, 1994 tore the slab, *Geophys. Res. Lett.*, **22**, 1661-1664.
- TSUJI, H., Y. HATANAKA, T. SAGIYA and M. HASHIMOTO, 1995, Coseismic crustal deformation from the 1994 Hokkaido-Toho-Oki earthquake monitored by a nationwide continuous GPS array in Japan, *Geophys. Res. Lett.*, **22**, 1669-1672.
- 卜部 卓・東田進也, 1992, win-微小地震観測網波形観測支援のためのワークステーション・プログラム（強化版）, 日本地震学会講演予稿集, no. 2, 331.
- 卜部 卓, 1994, 多チャンネル地震波形データのための共通フォーマットの提案, 日本地震学会講演予稿集, no. 2, 384.
- 卜部 卓・高波鉄夫, 1994, IP ネットワークによる地震波形データのリアルタイム伝送, 日本地震学会講演予稿集, no. 2, 385.