

# 気象庁速報検測データを北海道大学地震データ処理 (WIN) システムの自動処理検測データに 自動的に併合するプログラムの開発

一柳昌義\*・笠原 稔\*

## The Development of a Program to Merge JMA Data into WIN System Data and Its Performance Test

Masayoshi ICHIYANAGI\* and Minoru KASAHARA\*

### はじめに

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（以下北大）では、1993 年 5 月よりワークステーションを用い地震データの収録を開始した。収録されたデータから、WIN システム（卜部ほか、1992）によって地震判定を行った後、暫定的な自動震源決定がされている。その後、北大では、1 日遅れで目視による P 波・S 波相及び最大振幅などの読み取りを行って最終的な震源を決定する作業を行っていた。1996 年 10 月より気象庁との NTT 専用回線を利用したリアルタイムでの波形データ交換が開始され、北海道や東北地方北部にある気象庁の地震観測点（図 1）の波形データも北大のデータと同時に処理されるようになった。また、1 年後の 1997 年 10 月からは札幌管区気象台（以下 SMO）でもデータ交換で伝送された北大観測点の大部分のデータを用いて、目視による検測処理（一元化処理）が開始され、SMO と北大との間で同じ地震の同じ波形データに対し検測処理が行われるようになった。北大では、SMO が検測処理を開始した 1997 年 10 月より、同じ地震を 2 度検測するのは無駄であると考えて、作業の効率化を図ることにした。SMO で震源決定された地震については、検測値を電子メールにより北大に送ってもらうこととし、北大では SMO の読み取り値のある地震に関しては、SMO の値を採用し、読み取り作業を行わないこととした。また、SMO が検測しなかった地震についてのみ、再

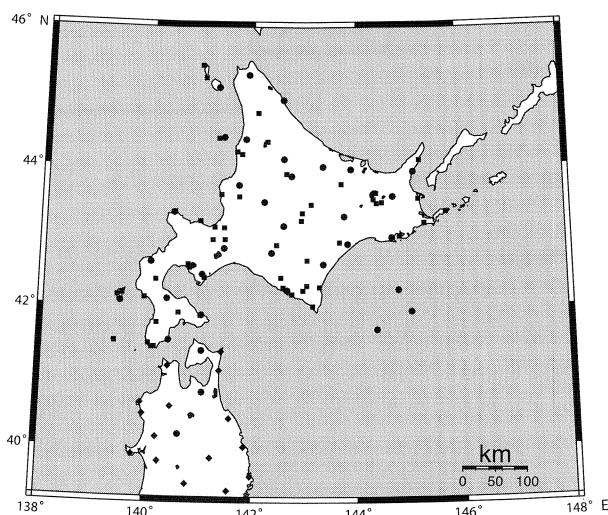


図 1. 北海道大学がデータ収録している地震観測点  
■は北海道大学、◆は弘前大学と東北大学、●は札幌管区気象台の地震観測点（ただし、釧路沖の海底地震計は、海洋科学技術センターの地震観測点）。

検測を行うようにした。

本稿では、北大の自動処理で収録された地震イベントデータの中から SMO が検測した地震と同じ地震を検索し、自動処理の結果を SMO の検測値データに自動的に入れ換えをするシステムを開発したので報告する。また、そのシステムを運用した結果について考察する。

### 検測値データ処理プログラムの構成

このプログラムを運用するために、地震検知及び自動震源決定処理をしている富士通製（Sun micro systems 社製

2001 年 8 月 31 日受付, 2001 年 10 月 17 日受理

\* 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。

\* Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University.

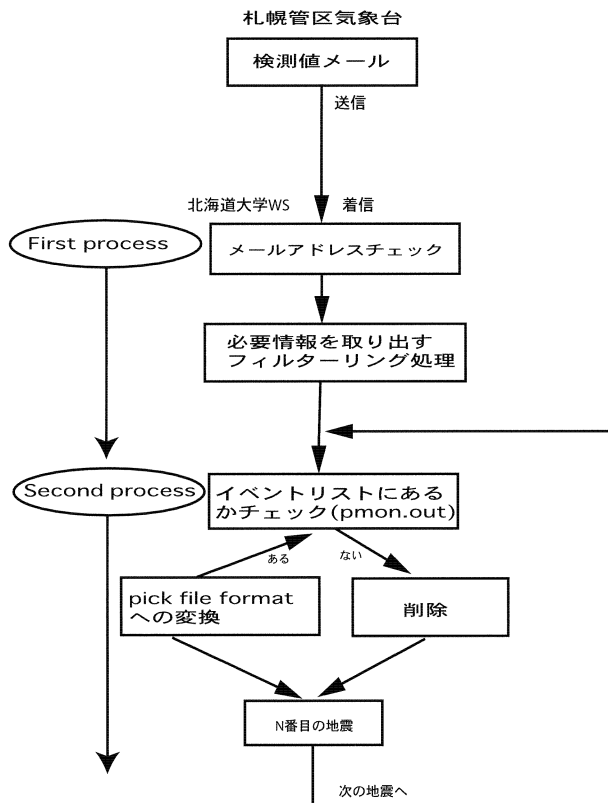


図 2. 検測データ変換プログラムのフローチャート

OEM 製品) ワークステーション (以下 WS) の Sun-SPARC-11 (OS は UNIX) を用いた。使用するプログラミング言語は UNIX 環境で利用できる FORTRAN と C 言語, 更に C-shell を用いてプログラミングを行った。

このプログラムのフローチャートを図 2 に示す。前節で述べたとおり SMO からは前日の地震について再検測処理が終了後, 電子メールによって北大内にあるデータ処理用 WS 宛てに検測値データが送信されてくる。処理用 WS では, 数分間隔 (間隔の指定は可変) で検測値メールが来ないかどうかをチェックし, SMO のメールアドレスからメールを受信した場合は次のプロセス (1 次処理) に進む。実際の検測値メールの例を図 3 に示すが, メールには複数個の地震の検測値が入っている。またメールには, メールアドレスなどのヘッダー情報など, 処理に不要な部分が付いているので, 1 次処理で検測データの必要部分だけを抜き出し各地震ごとのファイルに直して 2 次処理に進む。

2 次処理では, 各地震に対して北大側の地震イベントリストにデータがあるかどうかの照合を行う。その際, 北大側の地震のイベントリストに WIN システムのトリガーリスト pmon.out を用いる。WIN の pmon プロセスでは, 観測点ごとに連続波形振幅の長時間平均値 (LTA) と短時間平均値 (STA) の比 (STA/LTA) を計算し, この値が

複数観測点 (北大では, 2 観測点) 以上で, 予め設定したあるしきい値 (北大では, 2.5) を超えた場合に地震と判定する。地震と判定した場合には設定したプレトリガー (地震波到着前) 時間を考慮に入れた時刻のデータから, STA/LTA 比がしきい値を下がるまでの間の波形データをトリガーイベントとして収録している。また, 地震と判定されたイベントのトリガー時刻とトリガー終了時刻を 1 ヶ月ごとの pmon.out ファイルに書き込んで, そのファイルをイベントリストとしている。図 4 に示すように, SMO から送られて来た各イベントの検測値の中で一番早い P 波到着時刻が pmon.out ファイルの各イベント波形データの開始時刻と終了時刻の間に入っていた場合には同一地震とみなし, SMO の検測値をフォーマット変換して北大の WIN の検測値ファイル (pick file) と入れ換える。もし, SMO の P 波時刻が北大のイベントファイルにない場合は, そのイベントは北大のリストにはないものとして使用されない。入れ替え後の pick file を図 5 に示す。WIN では, 図 5 に示すファイルからデータを読み取って, 画面上に波形と P 波・S 波と最大振幅を図 6 のように表示している。

北大では, SMO からメールが送られてきた次の日に人手で再検測処理を行っている。その際に SMO の検測値に入れ替わったイベントも, 読み取りミスや間違っ入れ替わったイベントではないかを確認する。また, SMO へ伝送していない観測点の波形で検測可能なものについては検測を行った後, 北大のルーチンで用いられている地震波速度構造で震源の再計算を行う。

## 実 際 の 運 用

このプログラムは, 気象庁で大学との一元化処理が開始された 1997 年 10 月から同時に運用を開始した。以下では, 運用した結果や問題点について述べる。

図 7 は, 2000 年 11 月の 1 ヶ月間の震源分布である。上段の図は北大と SMO 双方の機関のイベントリストにある地震の震源分布, 中段の図は北大のイベントリストにある地震の震源分布, 下段の図は SMO のみの震源分布である。地震総数は 859 個で, そのうち 44% (385 個) の地震が北大と SMO の双方で検知されている。それに対し, 35% (297 個) の地震は SMO のリストにはない北大のみのイベントである。さらに, 20% (177 個) の地震が SMO のリストにはあるものの北大の震源リストに入っていない地震である。これらの差は, 図 8 に示してある北大と SMO でのトリガー信号を発生する観測点地域分けの設定の違いから生じていると考えられる。北大では地震が発生する領域を考慮して観測点をグループ化し, 各観測点グループのうち 2 観測点で STA/LAT 比が予め設定しておいたしきい値を越えた場合に地震と判定し, 波形のイベン

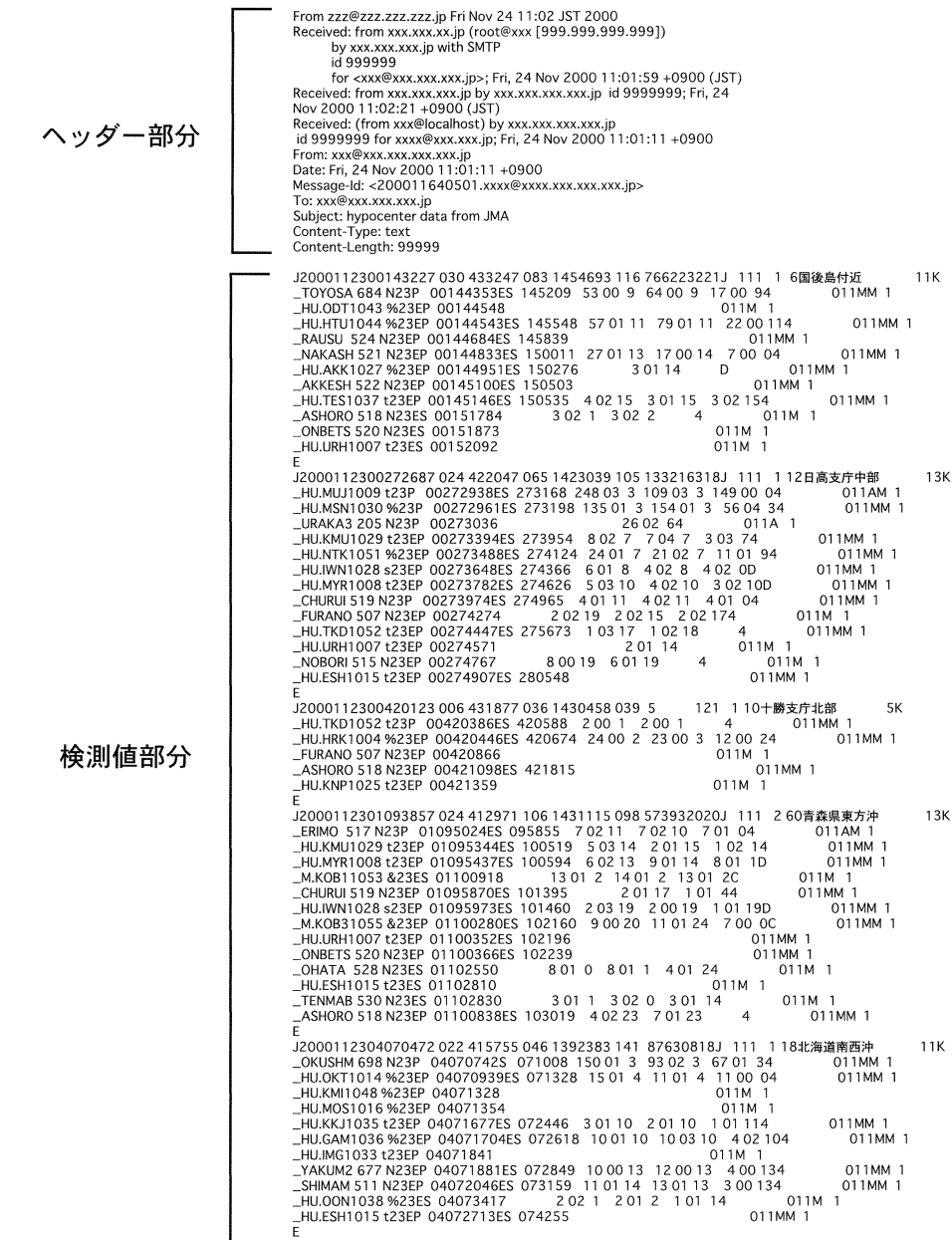


図 3. 札幌管区気象台検測値メールの例. 1 つのメールには、複数個の地震の検測値が含まれている。

ト収録を行っている。その際トリガーの対象になっている観測点は、原則的に北大の観測点だけにしている。そして、観測点の地域分けは重複していない。また、十勝支庁北部地域（領域 D）や弟子屈北部（仁伏）地域（領域 E の北部）では近くに他の観測点がないことも考慮して、この地域の極微小地震活動を把握するため 1 観測点のみのグループも設定している。これに対し SMO では、基本的に全観測点をトリガー対象観測点とし、観測点グループ地域が重なり合っている。また、太平洋プレートの沈み込みに伴うやや深い地震を対象とするために、太平洋岸の観測点を 2 つに分けてトリガー対象とした太平洋岸グループも設定してい

る。このため図 7 の領域 A の地震は、以上のことが影響して SMO でしか観測されていないものが多くなっている。松前沖付近（領域 B）・十勝支庁北部（領域 D）・弟子屈地域（領域 E）での地震活動を把握する目的で、北大ではこれらの地域に高密度の地震観測網を展開している。SMO では、北海道内の観測点密度を均等にする方針を採っており、北大が狭い地域に密に展開しているこれらの観測点を全て利用すると観測点間間隔が近すぎることになる。したがって、SMO にこれらのデータは送信されていない。その結果これら地域では、北大の方が SMO に比べて検知能力が高くなっている。

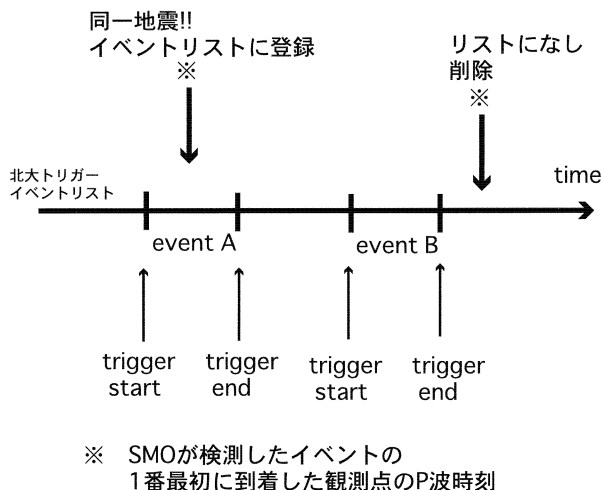


図 4. 地震照合の仕方のフローチャート。横軸が時間で、トリガーリストにある event A、B のデータ収録開始時刻 (trigger start) と終了時刻 (trigger end) が図のようになっていた時、SMO の P 波到着時刻が収録時刻内に入っていた場合同一地震とみなし、検出ファイルを SMO の検出値に入れ換える。そうでない場合は、SMO の検出値は削除される。

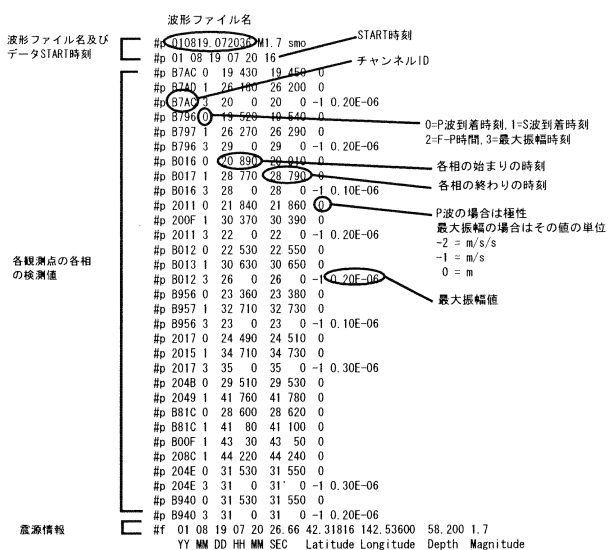


図 5. 出力 (WIN の pick file 形式) の例

次に、奥尻島付近の領域 C について調べた。この地域では、1993 年 7 月 12 日に発生した北海道南西沖地震 (M 7.8) の余震が現在でも多く発生している。また、北大と SMO 双方が別々に検知している地震が多い。北大では図 8 のように、この領域の地震を検知するために奥尻島内にある 4 観測点のうち北大の 3 観測点 (OKS, KIW, OKT) を奥尻グループとしてトリガー対象にしている。SMO は、観測点密度を均等にするため、OKT と OKST の 2 観測点のデータしか検出とトリガー対象にしていなかった。また

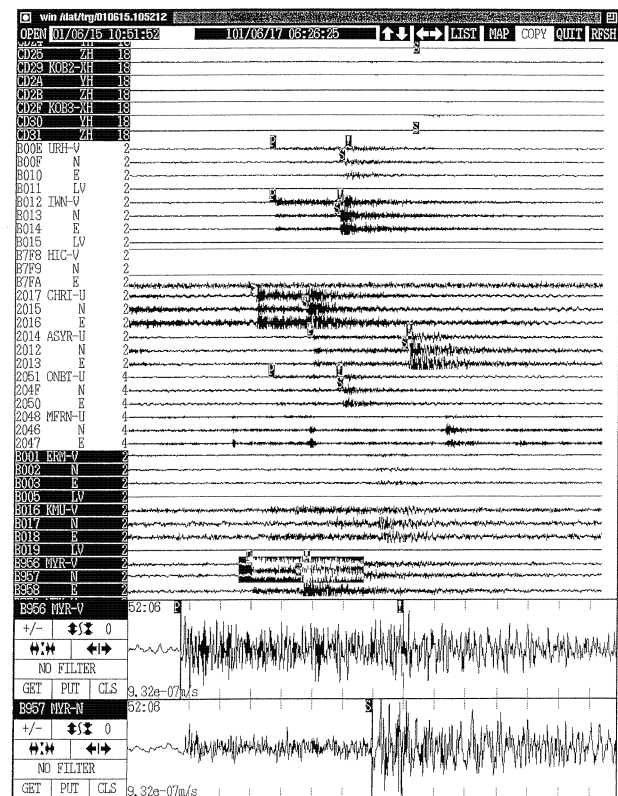


図 6. WIN の北大の自動処理検出値を SMO の検出値に置き換えた波形表示画面。3 文字コードは北大、4 文字コードは SMO の観測点。

OKS 観測点には、地下 100 m にボアホール型地震計を設置しており、他の観測点に比べてノイズが小さい。したがって、北大ではノイズの少ない観測点や奥尻島内では SMO に比べて多くの観測点のデータをトリガー対象としているので、基本的には、この地域の地震の検知能力は SMO より高いはずである。しかしながら、この領域でも SMO のみに検知された地震がほぼ同数存在している。図 9 に 2000 年 11 月 26 日 00 時 56 分に発生した領域 C の地震を示した。このうち KIW 観測点は海に近いので、波浪によるノイズの影響で、地震波がノイズに隠れた状態になっている。また OKT 観測点のデータは、ダイナミックレンジ 10 ビットで AD 変換後伝送して、中継点で一度 DA 変換した後、16 ビットで AD 変換し直して北大まで伝送している。このため地動の波形が階段状になってしまっており、小さな地震では地震波の振幅が階段状の波形に埋もれてしまうため、OKT では STA/LTA 比がしきい値を越えることが OKS や KIW に比べると少なくなる。イベント判定は、奥尻グループで 2 点以上の観測点でしきい値を越えた場合にイベント収録するので、天候が悪く波浪の影響で KIW 観測点のノイズレベルが高い場合、北大では、OKS 観測点でしきい値を越えない。しかし SMO では、渡島半島の観測点も同一のグループにしているため、

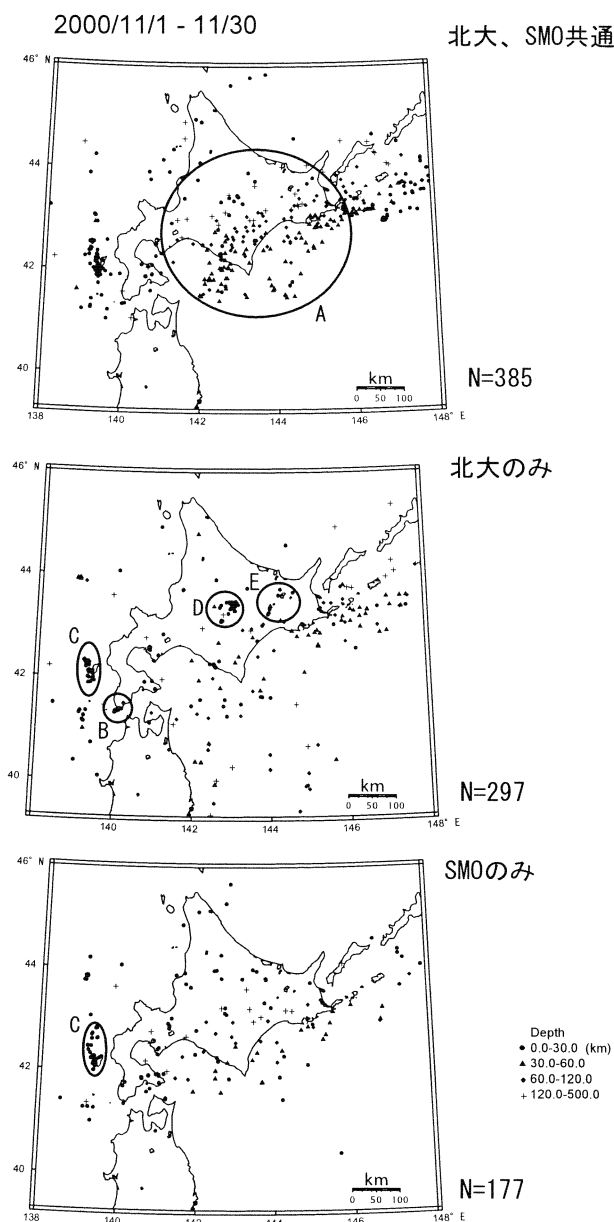


図 7. 北大と SMO の震源分布の比較

上から北大と SMO 両機関で観測された地震の震源分布. 北大のみ観測された地震の震源分布. SMO のみ観測された地震の震源分布. A~E は、それぞれの場合の特徴的な震源分布の地域. N は、地震数.

奥尻島内の観測点の 1 点でしかしきい値を越えなくても、渡島半島の観測点でしきい値を越えればイベント収録が行われる. このようなことが原因で、北大で検知されない地震が SMO では検知される結果となっているのであろう.

SMO の検測値と北大のイベントリストの照合では、図 4 に示したように、単純に SMO 検測値の各イベントの最初に P 波が観測された観測点の P 波到着時刻が、北大で収録されたイベントリスト (pmon. out) の各イベントに対する収録開始時刻と終了時刻の間にあるかどうかで識別

している. このため、イベント収録時間中に 2 つ以上の地震が発生する場合には最初の地震は次の地震に上書きされてしまうため、収録時間内の最後の地震しか検測値は入れ換わらないことになる. したがって、群発地震が発生した場合に多くの地震の検測値が削除されることや、別の地震の検測値に書き換わることが頻発するのではないかと懸念されたので事例を調べた. 2000 年 3 月に起きた有珠山噴火に伴う地震活動では、噴火前に有珠山周辺地域に連続的に地震が発生した (大島ほか, 2000; 一柳ほか, 2001). 図 10 は、有珠山に設置している気象庁有珠 A 点と有珠山から約 30 km 離れた北大の登別観測点で観測された一連の活動の中で、地震がもっとも多く発生した 2000 年 3 月 30 日 17 時の連続波形記録である. A 点の波形記録を見ると 1 分間に複数の地震が起きており、連続的に発生しているのが分かる. このような場合、震源に近い観測点 (A 点) は連続して地震を観測するため、STA/LTA 比のうち LTA (長時間) の値が大きくなってノイズレベルが大きい状態と同じようになるため、よほど大きな地震でない限りデータ収録基準のしきい値を超えることが少なくなり、トリガー信号が発生しなくなる. それに対し震源よりやや遠い観測点 (登別) では、A 点に比べて震源からの距離が遠いために規模の大きな地震しか観測されない. したがって A 点に比べると観測される地震は少ない. その結果 A 点で起きていたように連続的に発生する地震によって LTA の値が大きくなる現象は起きないので、しきい値を越えて収録される地震は A 点に比べると多くなる. この状態は、北大だけではなく SMO でも同じように起きているので、北大に比べ SMO が多くの地震を検測するわけではない. 以上の結果から、SMO から送られてくる検測値を、このプログラムは問題なく処理することが確かめられた.

## お わ り に

SMO の検測値を北大の自動処理による検測値と自動的に置き換えるプログラムを開発し、1997 年 10 月から運用を開始した. 検測値を SMO から地震が発生した次の日に電子メールで送ってもらい、その検測値を北大で収録した地震のイベントリストと自動的に照合し、自動検測値データをそれに置き換え、北大での再検測処理時に同じイベントの検測作業をしなくても良いようにして作業の軽減に努めている. 北大では、北大独自の観測点増強や気象庁との波形データ交換、また、衛星テレメーターシステム (衛星通信テレメタリンググループ, 1996) の導入によって全国に設置した大学や気象庁の地震観測点のデータなど、多くの観測点のデータが同時に処理されるようになった. 更に 2002 年 3 月には、防災科学技術研究所が全国に設置した微小地震観測網 Hi-net (岡田ほか, 2000) のデータも大学に衛星回線を利用して入ってくる予定であり、再検測作業量

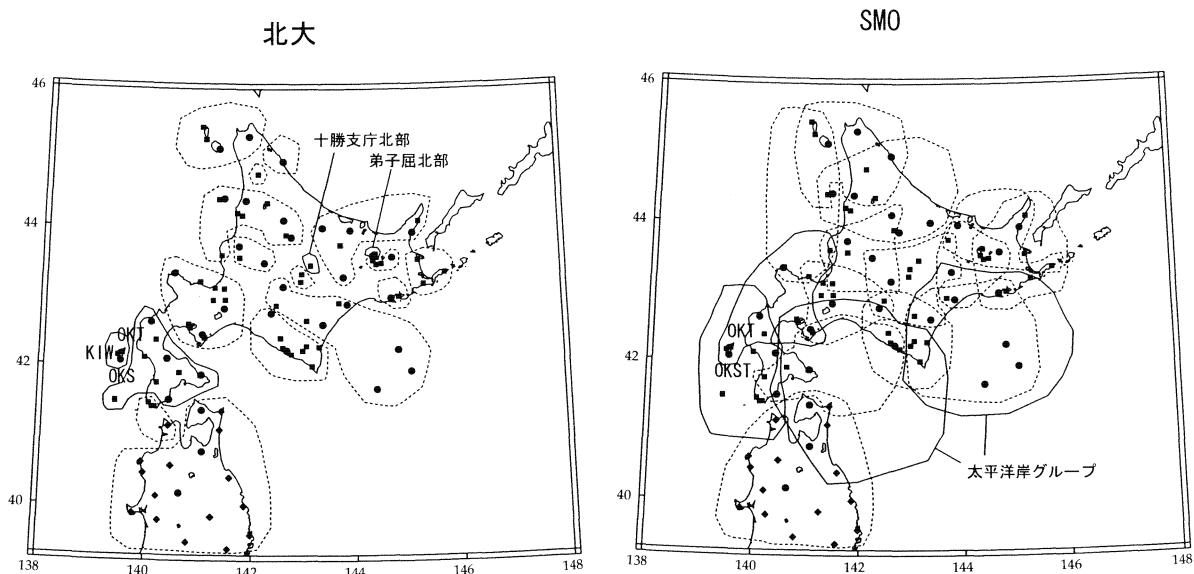


図 8. 北大と SMO のトリガー信号発生観測点のグループ分け。実線は、両機関の震源分布に違いがでている原因となっている観測点グループ。

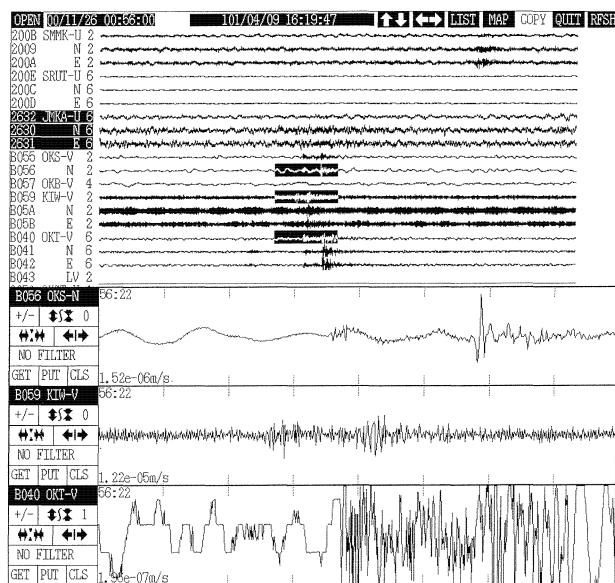


図 9. 2000 年 11 月 26 日 00 時 56 分に発生した奥尻島付近の地震波形

の増大が懸念されている。今回開発したプログラムは、気象庁から検測値をもらうことによって、北大の検測作業の軽減に役立つものと思われる。

謝 辞：本稿をまとめるに当たり、北海道大学地震火山研究観測センターと札幌管区気象台の地震波形データを使用させて頂きました。当時の札幌管区気象台の大西功一地震情報官には、このプログラムを開発するにあたり、検測値データを電子メールで北大に配信して頂くことに便宜を図って頂きました。また、桑山辰夫技術専門官（現在、気象庁地震火山部地震津波監視課）には、気象庁の検測値の

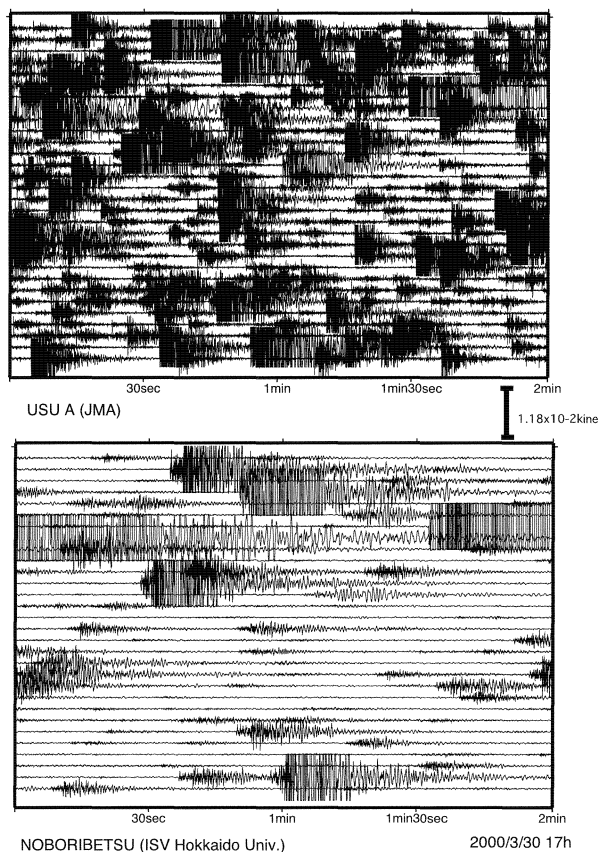


図 10. 2000 年 3 月 30 日 17 時から 1 時間分の有珠山気象庁 A 点と登別観測点の連続波形

フォーマットについて親切に教えて頂きました。さらに、東京大学地震研究所地震地殻変動観測センターのト部卓助教授には WIN システムについて何度も御教授頂きまし

た。また、北海道大学地震火山研究観測センターの本谷義信助教授と高橋浩晃助手には、本稿を読んで頂き間違いを指摘して頂きました。そして、東京大学地震研究所地震予知情報センターの阿部勝征教授には、本稿を改善する上で有益なコメントを頂きました。以上の方々に対して、記して感謝致します。

## 文 献

- 衛星通信テレメタリンググループ, 1996, 衛星通信による地震観測テレメタリングシステムの基本設計, 日本地震学会講演予稿集, 2, 22.
- 一柳昌義・田村 慎・笠原 稔, 2001, 広域地震観測網で得られた有珠山 2000 年噴火に伴う地震活動と P 波初動メカニズム解の決定, 北海道大学地球物理学研究報告, 64, 115.
- 岡田義光・笠原敬司・堀 貞喜・小原一成・青井 真, 2000, Hinet (1): 概要, 日本地震学会講演予稿集, 003.
- 大島弘光・森 済・前川徳光・吉田邦一・田村慎・一柳昌義・岡田 弘・浜口博之・西村太志・青山 裕・辻 浩・植平賢治・宮町宏樹・八木原寛・須藤靖明・高山鐵朗, 2000, 2000 年有珠山噴火に伴う地震活動, 日本火山学会講演予稿集, 2, 33.
- ト部 卓・東田進也, 1992, ワークステーションによる微小地震観測網波形検測支援システム, 日本地震学会講演予稿集, 2, 331.