

全国微小地震活動モニタリングシステム

鷹野 澄・宮武 隆・瀧 一起・安永 尚志*

東京大学地震研究所 (*現在国文学研究資料館)

大学の微小地震観測データは7つの地域センターの自動処理システムで震源決定された後、東京大学地震研究所に置かれた全国センターに実時間で転送されている。本稿では、この実時間地震データをグラフィックディスプレイ上にプロットする等により、全国の微小地震活動のモニタリングが可能な全国微小地震活動モニタリングシステムについて述べている。本システムは、微小地震の専門家を対象とし、最新の情報を常時表示したり、その中から適当に切り出して詳細を調べる等が容易に行える。

Seismic Activity Monitoring System (in Japanese)

by

Kiyoshi TAKANO, Takashi MIYATAKE, Kazuki KOHKETSU
Earthquake Research Institute, University of Tokyo
(1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo, 113, Japan)
and Hisashi YASUNAGA
National Institute of Japanese Literature
(1-16-10, Yutaka-machi, Shinagawa-ku, Tokyo, 142, Japan)

Waveform data of high sensitivity seismographs are collected and processed on real time by automatic data processing systems at the seven Regional Observation Centers of Japanese national universities. Resulting informations about hypocenters and arrival times are immediately transmitted to the National Data Center, Earthquake Research Institute, University of Tokyo. We describe the Seismic Activity Monitoring System, which can show the seismic activity in Japan by means of displaying those informations.

By this system researchers can easily look at up-to-date seismic activities and retrieve them as soon as they want.

(1)観測網から得られた地震波形の実時間自動処理方式

(2)自動処理により得られた地震データによる地震活動のモニタリング方法

といった点にある。(1)は、各観測点からテレメータで集められた波形データから地震波を自動的に検出し、P波・S波の到着時刻、振幅、初動方向、継続時間等を自動読み取りし、それに基づき震源やマグニチュード等の自動決定までをリアルタイムで行う自動処理方式に関する問題であり、各地域センターで精力的に研究され開発されてきた。今日では、まだ個々の処理結果を見ると信頼性の点で問題のあるものも含まれているが、かなり実用的なレベルにまで開発が進んでいる。

一方、(2)は、自動処理で求められた震源やマグニチュードあるいは波形の読み取り値等から最新の地震活動の状況を分かり易くモニタリング表示する方式に関する問題である。これについては、次のような3つのレベルのものが考えられる。

<1>データを分かり易く自動的に表示し、必要に応じて異常活動の探索ができるもの。

<2>典型的な活動(例えば、群発的な地震活動や大・中地震の発生等)の状況を自動的に判断し表示できるもの。

<3>非定常的な異常現象(例えば、地震の空白域に小地震が起こったとか、逆に活発な活動が静穏化した等)の発生を自動的に検知し警告等を出すことができるもの。

ここで <1>は最新の地震の発生を地図上に表示したり、その中から適当に切り出して詳細を調べられる事ができるようなもので、群発的な地震活動などの典型的な活動が有るか否かの判断や、非定常的な異常現象の検出は、その道の専門家にまかせるという立場を取る。この方式の場合、データの中に信頼性の低いものがあったとしても専門家により選別されることができるので自動処理システムからの出力に対する条件がゆるくて良い。むしろこの方式では、データのチェック手段を提供し、操作を容易にするといった点が重要となろう。一方、<2>や<3>は、専門家の作業の一部を自動化しようというものである。<2>は地域に特定されない不偏的な知識をもとに、今どこでどのような活動が起きているかを自動的に表示し、専門家の調査の労を軽減するのが目的である。また<3>は地域に依存した様々な知識(例えばある地域は現在空白域であるとか、ある地域は小さい地震が日常的に起きている等)をもとに普段とは異なる活動の発生を自動的に表示し、専門家の注意を促すのが目的である。当然のことだが<2>や<3>では自動処理システムからの出力データに

高い信頼性が要求される。精度の悪いデータが多かったり、欠測があったりすると誤判断、誤報の元となる。

今回我々が開発したものは、上記のうち最も低いレベル<1>に属する。これは、現状ではデータの信頼性について専門家のチェックを必要とすると思われたことによる。また、将来<2>や<3>のレベルのものを開発する場合でも、その検証のための基礎的なシステムとして必要となるものである。

3. システム構成

前出の図-1は、昭和60年10月現在の各大学の微小地震観測点のうちテレメータ化されているものの分布を示したものである。また、図-2は、はじめに述べた地震予知観測情報ネットワークシステムの概要を示したものである。図-1の各観測点で観測された波形データはそれぞれ所轄の地域センターにて常時収録されている。各地域センターではミニコンピュータ等を利用して開発した自動処理システム(APS)により、地震波形の自動検測ならびに震源の自動決定等を行って、得られた実時間地震データを全国センターに転送している。全国センターに送られた実時間地震データは、一旦図-2の網制御処理装置(NCP)に24時間常時蓄えられ、昼間の稼働時間中にホスト計算機に送られている。

全国微小地震活動モニタリングシステムは、図-2のモニター処理装置(MPS)上に開発されたものである。MPSはNCPに接続されており、NCPが受信した実時間地震データを即時に受け取って一定期間(現在は2週間分)蓄えている。MPSもNCP同様24時間常時稼働されており、いつでも最新の情報がモニタリング可能となっている。

モニタリングシステムの利用端末としては、モノクログラフィック端末、カラーグラフィック端末およびパソコン端末(カラーグラフィック端末をエミュレート)が利用できる。MPSの脇にはカラーグラフィック端末が置かれ、常時最新の情報を表示している。また、研究室のパソコン端末からは、ポートセレクタを介してMPSを呼び出して接続し、対話的に利用できる。回線は非同期9600bpsである。

4. システムの機能

モニタリングに用いられる実時間地震データは、地震波形のP波、S波の発現時刻、振幅、初動方向、継続時間等の読み取りデータ(これを観測データとも呼ぶ)と、それに基づいて計算された地震の震源位置、

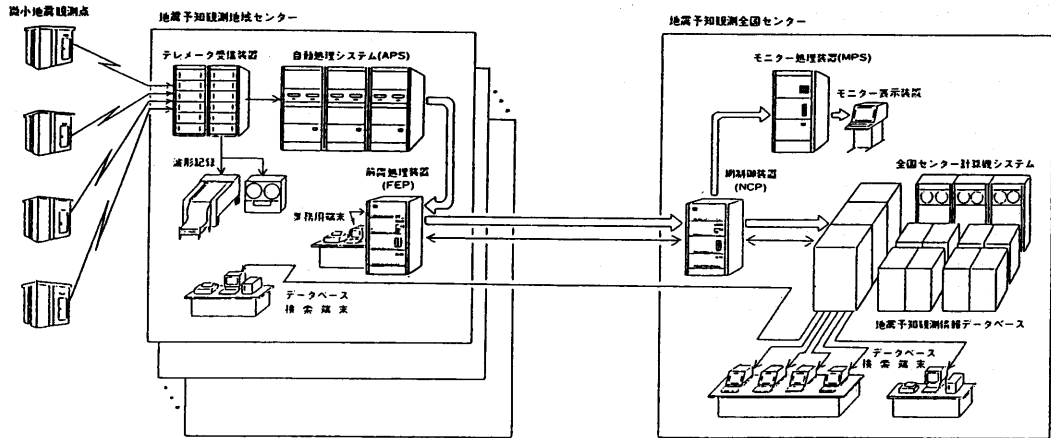


図-2 地震予知観測情報ネットワークシステム

震源時、規模（マグニチュード）等のデータ（これを震源データと呼ぶ）からなる数値データである。MPSはこの実時間地震データをあらかじめ定められた期間分（現在は2週間分）だけ蓄積し、次のような機能を実現している。

モニタリング機能

1) 最新の震央分布図の自動表示

指定した地域の地図上に、最新の指定期間（1時間～14日）内の震源をプロットする。その後受信した震源データがモニタリング地域内のものであれば、即座にプロットされ、カーソルがその位置にて静止（あるいは点滅）する。また30分毎に画面の更新がなされ、そのときに指定期間より古くなった震源は表示されなくなる。このほかに、特定の地域センターから送られてきたデータだけを表示するか、マグニチュードの大きい（小さい）ものだけを表示するか、深さの浅い（深い）ものだけを表示する等の条件を設定できる。

震源のプロットの際に、マグニチュードによって記号の大きさを変えることにより、ある程度その地域の地震活動の動静を見ることができる。またその記号の形状を各地域センター毎に別々にすることにより、1つの地震が複数の地域センターで決められている場合や、その地域センターの観測網から掛け離れた場所に決められている場合のデータの信頼性のある程度の判断ができる。カラー表示のできる端末ではさらに震源の深さ別に記号の色を代え、地震活動が深い所で起こったか浅い所で起こったかを区別している。

2) 最新の受信データの自動ロギング

指定した期間内に発生した地震の震源および観測

データをリストする。その後送られてきたデータについても自動的にリストされる。ここでは震源がうまく決らなかったものも含む全ての震源データと観測データがリストされるので、このデータを見ることにより、震央分布図上に表われなかったものをチェックすることができる。

検索機能

3) 震源のリストと観測データのリスト

指定した地域の指定した期間の震源をリストし、さらにその中の指定した震源に対して、それを求めるのに用いられた観測データのリストを見ることができる。なお、この時、特定の地域センターから送られてきたデータだけを対象にするとか、マグニチュードの大きい（小さい）ものだけを対象にするとか、深さの浅い（深い）ものだけを対象にする等の条件を設定できる。また指定条件内の全ての震源データと観測データをリストすることも可能である。検索の最初に仮定される条件は、モニタリングで使われていたものが自動的に引き継がれる。このためモニタリングしていたデータの詳細を調べるのは容易である。

4) 震央分布図上での検索

3.で指定した条件で震源をプロットした震央分布図上で、カーソルを用いて2点を指定して、より詳細な区域での震源を取り出すことができる。取り出された震源のリストや、それを求めるのに用いられた観測データのリスト等を見ることができる。パソコン端末の場合、グラフィック画面を残すことができるので、同じ震央分布図から何度も小区域を切り出すことができる。また、モニタリングしていた画面をこの検索の画面に利用することもできるので、

モニタリングしていて気になった所をすぐに切り出して調べるのは容易である。

地震活動が活発な地域をこれにより切り出して見ることにより、震央分布図では表現できなかった地震活動の様子がより詳しくわかることが多い。

5) 観測データのプロット

3.4. で検索された震源の観測データをP波の到達時刻順にプロットし、観測点の異常のチェックや震源の位置のおおまかなチェック等を行うことができる。

5. 利用例

ここでは研究室のパソコン端末からの利用例を示す。専用のカラーグラフィック端末でもほぼ同様であるが、グラフィック画面が保存できないので検索が多少不便である。

MPSとの接続と端末種別の指定

まず、ポートセレクタを介してMPSに接続しパスワードを入れると図-3の画面が出てくる。ここでは1.のカラー端末を選ぶ(パソコン上の端末プログラムは、1.のカラー端末をエミュレートしている)。

Welcome to Seismic Activity Monitoring System,

Earthquake Prediction Data Center,
Earthquake Research Institute,
University of Tokyo

Copyright (C) 1985 by Earthquake Prediction Regional Centers
and Earthquake Prediction Data Center.
All rights reserved. No part of this output may be reproduced,
stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by
any means; electronic, mechanical, photocopying, recording or
otherwise, without the prior permission of the copyright owners.

Select your terminal capability

1. Color graphic (D-scan 1104)
2. Monochrome graphic (Tektro 4014)
3. Monochrome graphic (Tektro 4010)

=

図-3 初期画面(端末種別の選択)

Seismic Activity Monitoring System (Ver.4.0) 86-05-02 10:10

Current Monitoring Parameters

Period: 2 days (From 86-04-30 00:00:00)
District name: Japan
Longitude: 135 --> 141 (E) Latitude: 33 --> 36 (N)
Depth: 0 --> 800 (Km)
Magnitude: 0 --> 8
Centers: HKD, THK, TKY, NGY, ABY, UJI, WKY
Miscellanies
kind of output: ORIGINAL
Symbol assignment: to each REGIONAL CENTER

Select Function

1. Change Parameters
2. Start Monitoring (PLOT)
3. Start Logging (LIST)
4. Start Retrieval (SEARCH)
5. Logoff

=

図-4 モニタリング機能選択画面

最新の震央分布図の表示

次いで図-4の画面が出てくる。ここで表示されているモニタリングパラメータを変更したければ1.を選択する。パラメータがこれで良しとなれば、2.を選択すると図-5のような震央分布図が表示されBREAK キーで中断されるまで常に最新の状況が自動的に表示される。表示地域を拡大するにはBREAK を押して図-4の画面に戻り、1.を指定しパラメータを変更する。

最新の受信データのロギング

図-4で、3.を指定すると、最新の受信データを震源の決っていないものまで全て見ることができる。これもBREAK キーを押して中断されるまで常に受信した最新のデータが自動的に表示される。パソコン側での記録をファイルに取りだすこともできる。

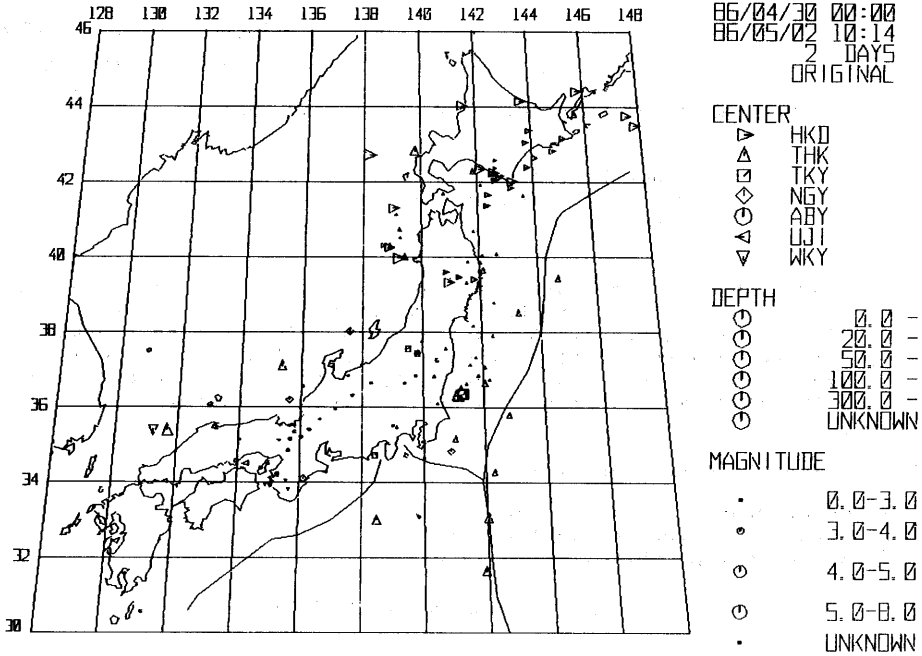


図-5 モニタリング表示 (震央分布図)

Current Retrieval Conditions

Period: 86-04-30 00:00:00 --> 86-05-02 10:14:00
 District name:
 Longitude: 138 --> 142 (E) Latitude: 34 --> 38 (N)
 Depth: 0 --> 800 (Km)
 Magnitude: 0 --> 8
 Centers: HKD, THK, TKY, NGY, ABY, UJI, WKY
 Miscellanies
 kind of output: ORIGINAL
 Symbol assignment: to each REGIONAL CENTER

Select Function

1. Change Retrieval Conditions
2. Plot and Find Hypo. and then List/Plot Obs.
3. List and Select Hypo. and then List/Plot Obs.
4. List All Hypo. with Obs.
5. Exit
6. Find Hypo. without plot.

図-6 検索機能選択画面

検索の開始

図-4で、4.を指定すると、モニタリングデータの検索開始となり、図-6のような画面が出てくる。ここで表示されている検索条件は、直前のモニタリングパラメータが引き継がれている。この検索条件を変更したければ、1.を選択する。

震央分布図上での検索

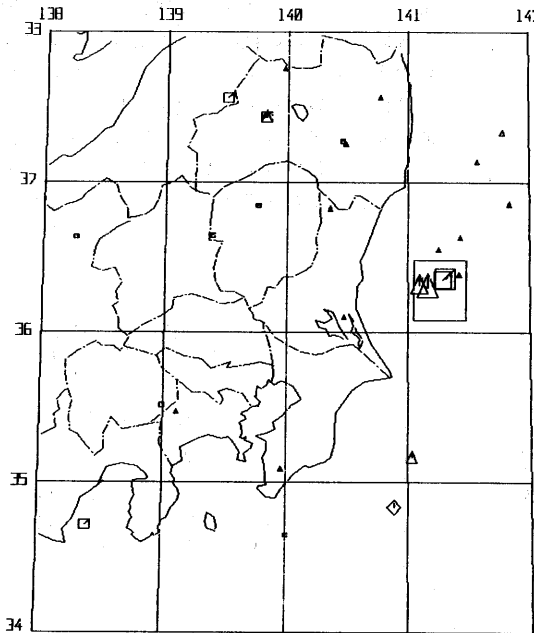
図-6で、2.または6.を指定することにより、図-7のように、震央分布図上で小区域の切り出しができる。2.を指定した場合は検索条件に従って新たに震央分布図が書かれるが、6.を指定すると以前に書かれた

図が仮定される。これは、モニタリング画面からそのまま小区域を切り出す場合や、一度検索した後もう一度やりなおす場合等に大変便利なものである。

図-7でL(List)と入れることにより、図-8のように、切り出された小区域内の震源データがリストされる。ここで更に次のようなことができる。

観測データのリスト

図-8で再びL(あるいはLn, Ln-m, Ln, m, . . . 等)と指定することにより、切り出された小区域の全て(あるいはnやmで指定したものの)の震源の観測データがリストされる。



Select Function (L:List E:Exit R:Redo) =

```

86/04/30 00:00
86/05/02 10:14
      2 DAYS
      ORIGINAL

CENTER
  ▲ HKD
  ▲ THK
  ▲ TKY
  ▲ NGY
  ▲ ABY
  ▲ UJI
  ▲ WKY

DEPTH
  ○ 0.0 -
  ○ 20.0 -
  ○ 50.0 -
  ○ 100.0 -
  ○ 300.0 -
  ○ UNKNOWN

MAGNITUDE
  ● 0.0-3.0
  ○ 3.0-4.0
  ⊕ 4.0-5.0
  ⊙ 5.0-8.0
  ● UNKNOWN
    
```

図-7 震央分布上での小区域の切り出し

Listing of Retrieval data 86-05-02 10:20 Page 1

1	THK0084	86/04/30	23:53:10.63	141.4219E	36.3811N	013.59KM	M=02.92	N=06	O
2	TKY0002	86/05/02	09:37:44.87	141.2897E	36.3497N	020.39KM	M=04.20	N=26	O
3	TKY0003	86/05/02	09:43:11.15	141.3083E	36.3561N	015.30KM	M=05.10	N=27	O
4	THK0034	86/05/02	09:37:45.94	141.0933E	36.3125N	030.59KM	M=04.91	N=15	=
5	THK0035	86/05/02	09:43:12.42	141.1640E	36.2987N	031.69KM	M=05.41	N=19	=

Enter E,EE,...:Exit Ln:List obs. Pn:Plot obs. R:Redo ... =

図-8 小区域内の震源のリスト

観測データのプロット

図-8でPnと指定することにより、n番目の震源の観測データを、P波の到達時刻順にプロットする(図-9)。

検索条件内の全震源のリスト

もとに戻って図-6で、3.を指定することにより、図-6で表示されている検索条件内の全ての震源データがリストされる。ここで更に、前述の観測データのリストやプロットが、まったく同様に行える。

検索条件内の全震源と観測データのリスト

図-6で、4.を指定することにより、検索条件内の全ての震源と観測データがリストされる。

検索の終了

最後に、図-6で、5.を指定し検索を終了する。これにより、最初の図-4が再び表示される。

モニタリングの終了

モニタリングは、図-4で、5.を選択することにより終了する。

6. 考察

1次波形データによるモニタリングとの比較

本モニタリングシステムでは、各地域センターの自動処理システム(APS)によって求められた実時間地震データを利用して地震活動の状況を見ているという点に特徴がある。通常、気象庁などでは、1次波形データにより、地震活動をモニタリングしているようだがそれにくらべて、震源が求められるのが早い(即応性)、監視者が少なくよく、個々の負担も少ない(省力化)などの利点がある。一方で、波形に比べてかなり情報量が少なくなっているため、波形によってのみ得られる細かい情報などが見えず、検知能力の点で劣っている。たとえば、実時間地震データは、地域センターによって多少の差異はあるが、原則として3~4以上の複数の観測点で地震波が検知され震源計算がなされて送られてきたものであるため、たまたま1~2程度の観測点でしか観測されなかったものは、震源計算されずに捨てられ、全国センターでは見ることができないというようなことがある。また送られてはくるが、たまたま震源がうまく決定できなかったもの

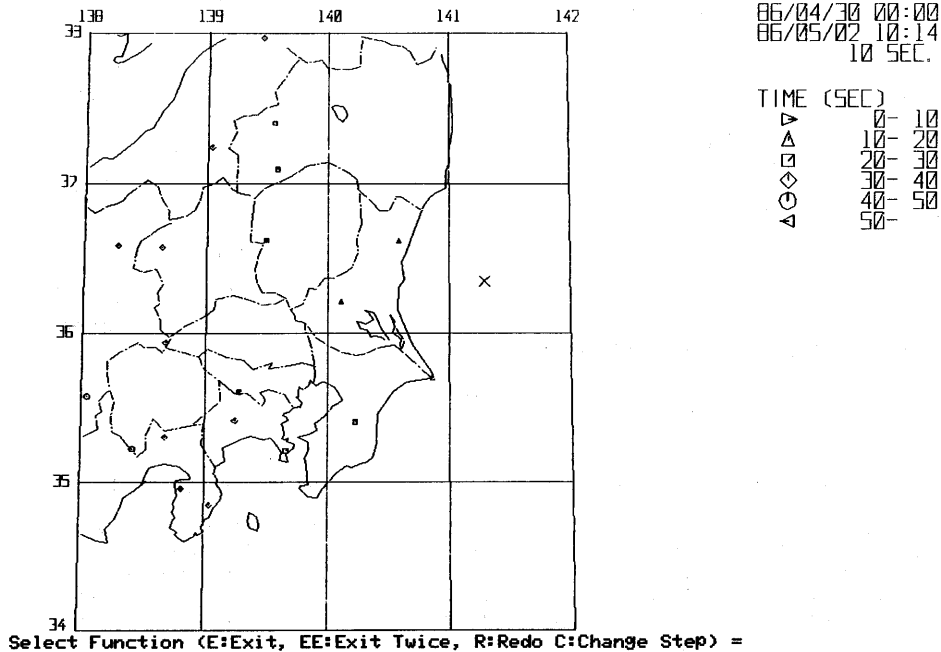


図-9 観測データのプロット

は、震央分布図上に表示されないためこのようなデータが多いと実際の地震活動を正しく把握できない場合が生ずる。このように能力的な限界があるので、当面は、波形のモニタリングと一緒に利用されるのがより確実であろう。

より高度なモニタリングシステムの開発の条件

2. 章で述べたように、群発的な地震活動等をシステムが自動的に判断し表示するというようなより高度なモニタリングを行うためには次のような点の詳細な検討が必要と思われる。

- ・データの重複の対策： 例えば、2つ以上の地域センターが同一の震源を決めた場合、それを同一のものとして判断し重複を避け、正しい1つの震源を決める必要がある。
- ・観測網の不均一さへの対策： 観測点が密な所と粗な所とでは検知能力の差によって活動の表われ方が異なるので、その地域に合ったスレシヨールドの設定等の検討が必要である。
- ・欠測データの対策： 地域センターのAPSがダウンしその間欠測が生じたような場合には、その事が後でもわかるようにしておく等の対策が必要である。
- ・典型的な活動の特徴の整理： 典型的な活動を自動的に判断するために必要な特徴を整理しておく必要がある。

7. おわりに

以上ここでは実時間地震データ転送を利用した地震活動のモニタリングシステムとして全国センターで開発された全国微小地震活動モニタリングシステムについて述べた。各地域センターの精力的な研究により、自動処理システム(APS)の開発が進行した結果今日では、観測網の拡張がなされていない九州を除く全国の微小地震活動が、地震発生から数分～十数分程度で本モニタリングシステムの画面に表示されるようになった。今後は、更に検討を進めて、より高度なモニタリング方式の開発を試みていく予定である。

謝辞

自動処理システムを開発され、実時間地震データ転送を行って頂いている地域センター各位、本モニタリングシステムの開発にあたり議論頂いた津村建四朗元室長、並びに共用システム室、情報処理室の各位、パソコン端末から利用し、有益な指摘をして頂いた阿部勝征、吉井敏尅両室長に感謝します。また、本システムの開発に携わった東海ソフトの関係各位にも感謝いたします。

文献

- 1)安永尚志,1982,地震予知研究の促進とコンピュータシステムの活用,IBM REVIEW,Vol.86,141-158.
- 2)鷹野澄・安永尚志・津村建四朗・宇佐美龍夫,1985,地震予知観測情報ネットワークシステムの設計思想とシステム構成,情報処理学会情報システム研究会6-2.
- 3)山本純二・宗田義雄・宮武隆・安永尚志,1983,地震予知観測情報システムにおける微小地震状況監視システムの開発,情報処理学会第27回全国大会,4M-11.
- 4)宮武隆・纈纈一起・山本純二・宗田義雄・安永尚志・津村建四朗・鷹野澄,1984,地震活動監視システムの開発,地震学会昭和59年春季大会,A30