

地震予知観測情報ネットワークにおける リアルタイム地震データの統合処理

地震研究所 { 額 纈 一 起
鷹 野 澄
坪 井 誠 司
宮 武 隆
阿 部 勝 征
萩 原 幸 男*

(平成元年 8 月 17 日受理)

要 旨

地震予知計画の下で国立大学により運営されてきた地震予知観測情報ネットワークでは、各構成機関により維持・管理されている約 160 点の地震観測点の波形データが、全国 7 箇所の地域センター等を集められ、そこでそれぞれ独自に開発された自動処理システムにより、地震波到着時刻の読み取り・震源位置の決定などがリアルタイムで行なわれている。この処理結果はオンラインで地震研究所の地震予知観測情報センター (EPDC) に転送され、リアルタイム地震データとしてデータベースに保存されている。EPDC ではこのデータを統合し、TSS により表示できるようにしたシステムを開発した。

統合処理は 2 つのジョブが前処理と本処理を担当する。前処理ではデータを震源時順に並べ替えることと、震源時と震央座標が近い地震を同一地震と仮判定することが行なわれる。この結果がさらに本処理に送られ、親子法による同一地震の本判定と震源再決定が実行される。震源再決定で得られた統合処理結果は、ユーザの TSS ごとに起動される検索プログラムで表示させることができる。

1 カ月間の処理結果を気象庁の震源速報と比較したところ、海の地震の深さが異なるのが目立つ程度で、マグニチュード 3 半ばより大きい地震はよく一致した。それより小さな地震では全般的に気象庁より検知能力が高いが、観測網が粗い中国・四国地方やまったく観測点がない九州地方は気象庁が優れている。

本システムの今後の課題は、現在大きな地震のデータ統合を優先しているため、小さい地震の分離能力が弱い点を改善することである。また、現在情報不足で困難となっているマグニチュードの独自決定も課題であろう。

1. はじめに

地震予知計画の下で国立大学により運営されてきた地震予知観測情報ネットワークは以下の機関で構成され、

* 現在 国立防災科学技術センター

- 北海道大学理学部: **地震予知観測地域センター**, 浦河地震観測所, えりも地殻変動観測所, 札幌地震観測所
- 弘前大学理学部: 地震火山観測所
- 東北大学理学部: **地震予知・噴火予知観測センター**, 秋田地殻変動観測所, 北上地震観測所, 三陸地殻変動観測所, 本荘地震観測所
- 東京大学地震研究所: **地震予知観測情報センター地震予知観測室**, 大島火山観測所, 白木地震観測所, 信越地震観測所, 堂平微小地震観測所, 富士川地殻変動観測所, **和歌山微小地震観測所**, 地震予知観測情報センター共用システム室
- 名古屋大学理学部: **地震予知観測地域センター**, 高山地震観測所
- 京都大学理学部: **地震予知観測地域センター**, 徳島地震観測所
- 京都大学防災研究所: 上宝地殻変動観測所, 鳥取微小地震観測所, 北陸微小地震観測所, **地震予知観測地域利用センター**
- 高知大学理学部: 高知地震観測所

各構成機関により維持・管理されている約 160 点の地震観測点の波形データが, 太字で示した全国 7 箇所の地域センター等 (以下では地域センターと略記する) にテレメータで集められている. Fig. 1 には地域センターにテレメータされている観測点の分布を示す. 地域センターはそれぞれ独自に開発された自動処理システム (Table 1) により, 地震波到達時刻の読み取り・震源位置の決定などがリアルタイムで行なわれている. 処理結果はオンラインで地震研究所地震予知観測情報センター (以下では EPDC と略す) に転送され, リアルタイム地震データとしてデータベースに保存されている. EPDC ではこのデータを受信し次第即座に統合し, TSS により表示できるようなシステムを開発した.

Table 1. References for the automatic processing systems.

Regional Center and Observatory	Reference
Research Center for Earthquake Prediction Faculty of Science, Hokkaido University	SUZUKI <i>et al.</i> (1988)
Observation Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions Faculty of Science, Tohoku University	HASEGAWA <i>et al.</i> (1986)
Earthquake Prediction Observation Section Earthquake Research Institute, University of Tokyo	MIZOUE <i>et al.</i> (1980) YOKOTA <i>et al.</i> (1981)
Regional Center for Earthquake Prediction Observation School of Science, Nagoya University	YAMAZAKI <i>et al.</i> (1984)
Regional Center for Earthquake Prediction Faculty of Science, Kyoto University	WATANABE <i>et al.</i> (1982) MAEDA (1985, 1986)
Regional Data Center for Earthquake Prediction Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University	TSUKUDA <i>et al.</i> (1985a, 1985b)
Wakayama Microearthquake Observatory Earthquake Research Institute, University of Tokyo	ISHIGETA <i>et al.</i> (1985)

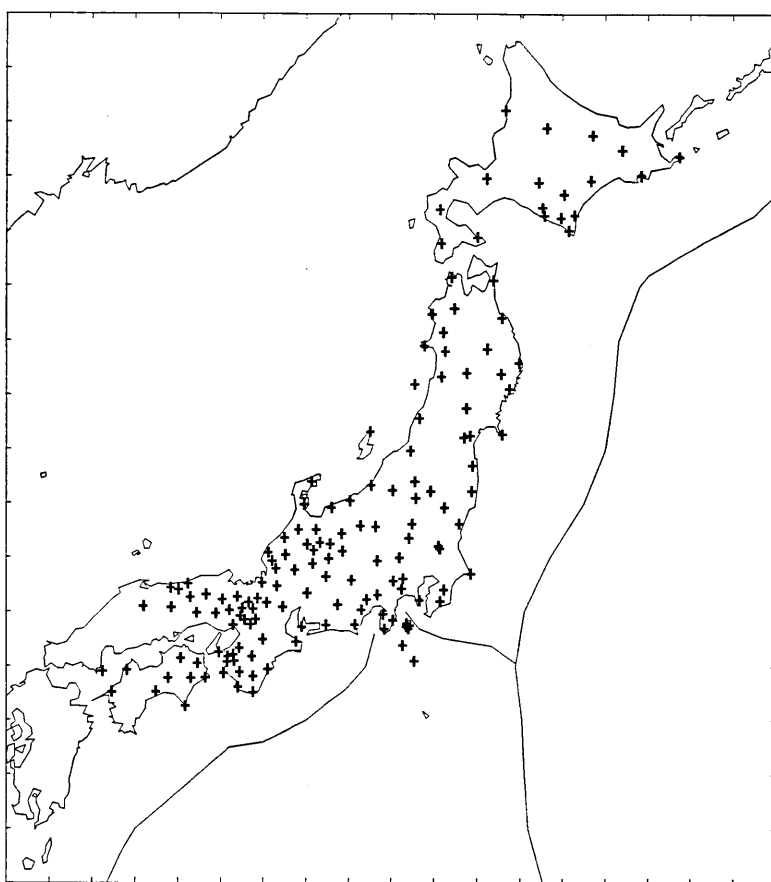


Fig. 1. Seismic stations of the University Information System for Earthquake Prediction Research.

2. システムの全体像

7 地域センターによる自動処理は、隣接地域センター同士が波形データを交換している点を除いて、地域センターごとにまったく独立に行なわれている。そのため同一地震であるにもかかわらず、独立に処理されることにより微妙に異なる震源情報が、複数の地域センターから送られてくるという事態が発生する。こうした事態に対処するため、EPDCでは以下のような統合処理を行なう。

- (1) 1 分ごとに地域センターからの入電をチェックし、新しいデータがあればそれを震源時順に並べ替える。
- (2) (1) において震源時及び震央座標が近いものは、同一地震と仮判定する。それ以外は独立した地震として扱う。
- (3) 独立地震とされたものはそのまま震源決定を行なう。
- (4) 仮判定された地震の読み取り値を集め、長谷川・他 (1986) の親子法で同一地震の

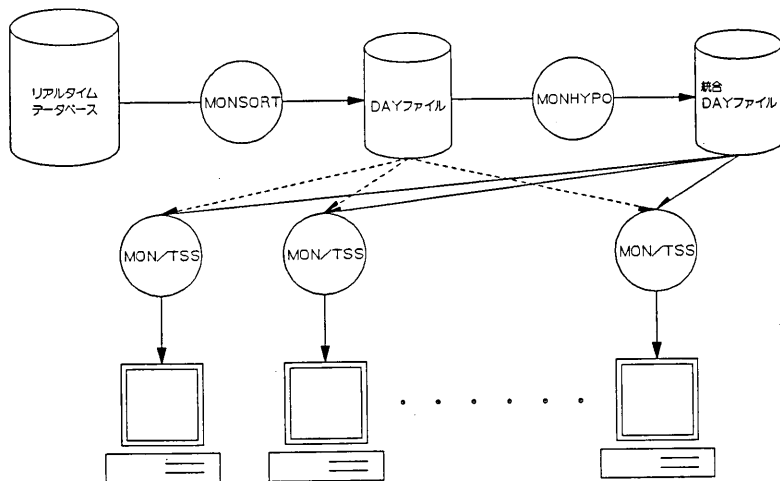


Fig. 2. A total overview of the system.

読み取りか否かを再判定する。

- (5) 再判定で同一地震のものとなった読み取り値を用いて震源決定を行なう。
- (6) 再判定及び震源決定で全読み取り値が棄却された地域センターがあった場合、別地震として棄却データのみで再度震源決定を行なう。

EPDC の大型計算機には 2 つのジョブ、MONSORT と MONHYPO が常駐している。上記の統合処理のうち、前処理に相当する (1)～(2) を MONSORT が担当し、本処理である (3)～(6) を MONHYPO が担当する。MONSORT・MONHYPO 間のデータ受渡しはディスク上の作業ファイル (DAY ファイルと呼ぶ) を介して行なわれ、最終的な処理結果も作業ファイル (統合 DAY ファイルと呼ぶ) に蓄えられる。また処理結果の表示を行なうプログラム MON はユーザの TSS ごとにコマンドで起動され、統合 DAY ファイルを参照しながら情報表示を行なう。以上のシステム全体像を Fig. 2 に図示した。

3. 前 処 理

MONSORT は概略、Fig. 3 に示したフローチャートに従って統合処理の前処理を実行する。地域センターの自動処理データをリアルタイムで収集し、それをデータベース化するネットワーク・システムはすでに完成している [鷹野・他 (1985)]。リアルタイム・システムとはいいいながら、ネットワークの障害などの不可抗力でデータの入電がその日のうちに行なわれないことは、それほど珍しいことではない。そこで統合処理は過去 1 週間 (当日を含めると 8 日間) を遡って行なわれる。MONSORT が朝起動されると、まず 1 週間前のデータをデータベースから検索し、この検索結果をバブル・ソートで震源時順に並べ替える。その際、震源未決定の地震は、もっとも早い読み取り値を持った観測点を仮の震央とし、その読み取り値を仮の震源時とした。

並べ替えた後、地域センター自動処理による震源時が 90 秒以内、震央位置が 5° 以内

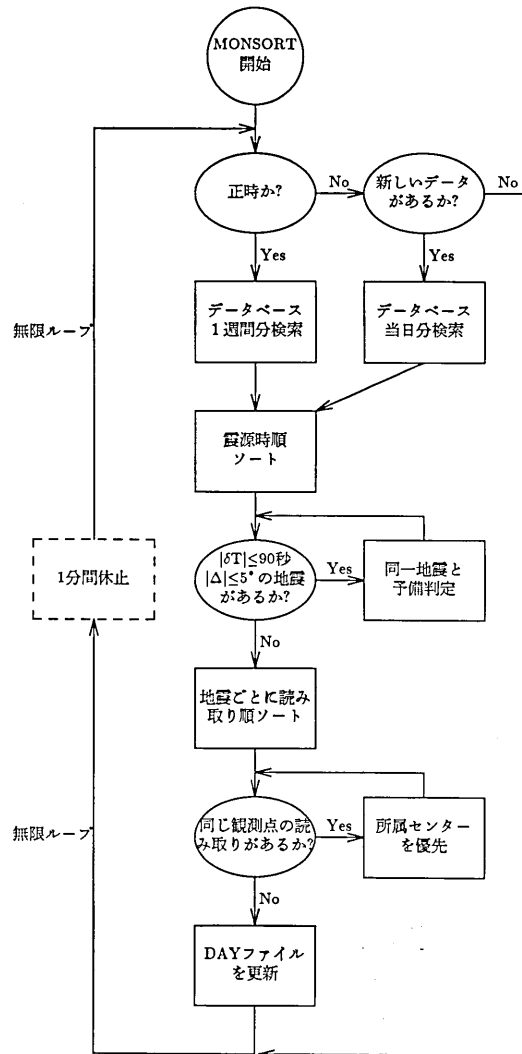


Fig. 3. Flow chart of the preliminary process carried out by MONSORT.

の地震は、同一の地震がみかけ上別々になったと仮判定する。この基準は非常に緩いので、別の地域に起きた小さな地震を同一と判定してしまう危険性が高い。しかし、マグニチュード6を越えるような大きな地震の震源を、観測ネットが遠い地域センターが自動処理で決めた場合、この程度ずれることはしばしば起こるので、現状ではこの値を採用している。つまり、小さな地震を分離することより、大きな地震を統合することを優先したパラメータ設定になっている。同一と仮判定された地震群については、それぞれに属する読み取り値もひとつにまとめられ、やはり時刻が早い順に並べ替えられる。ここで波形データが隣接間で交換されていることにより、ひとつの観測点のひとつの位相に対して、地域センターごとに複数読み取り値が発生することも起こり得る。そうした場合には、観測点が

属する地域センターによるものを優先する。自動処理データの並べ替えが完了したならば、その結果は DAY ファイルに書き込まれる。以上の操作を 1 週間分繰り返し、MONSORT の初期化は終了する。

初期化の後は 1 分間 SLEEP した後、当日分のデータを再び検索し直し、データ数が前回よりふえていたら、当日分に対して並べ替えと仮統合の処理を行なう。また SLEEP からさめた時刻が正時ならば、以前のデータが遅れて入電してきた可能性に対処するため、初期化とまったく同じく 1 週間分のデータを処理し直す。MONSORT はこれを無限ループで繰り返す。従って新規データの入電に対してシステムはトリガーで処理するのではなく、1 分間隔のポーリングで対応している。

4. 本 処 理

MONHYPO による本処理も、前処理と同じように 1 分間隔のポーリングである。(Fig. 4). MONSORT の処理結果である DAY ファイルをチェックして地震数をカウントし、新しいデータがあれば震源決定処理を行なう。また初期化時および正時には、1 週間分の震源決定を全面的にやり直す。

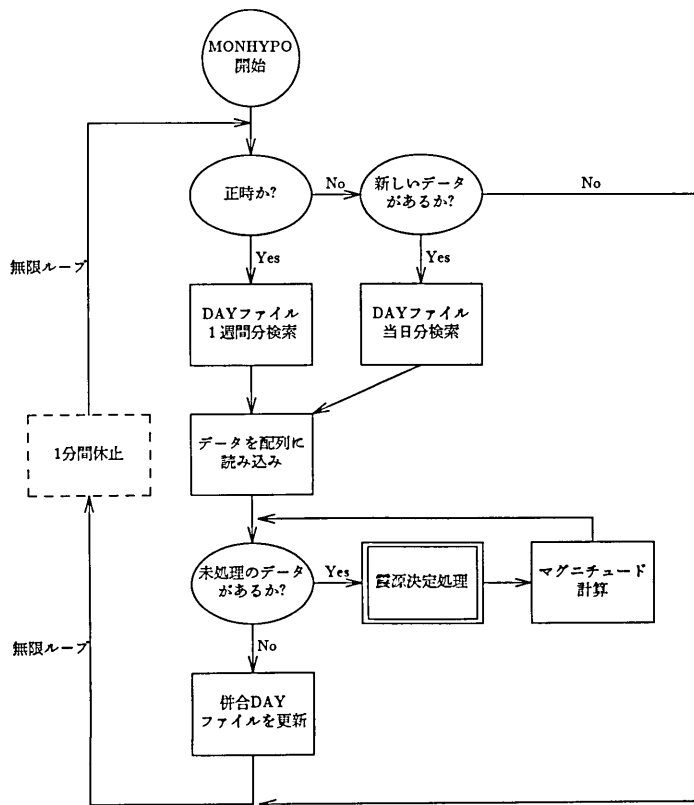
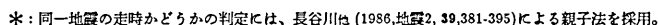


Fig. 4. Flow chat of the main process carried out by MONHYPO.



震源決定処理の具体的な内容は Fig. 5 に示した。まず仮判定で同一地震と判定されたものに対して、長谷川・他 (1986) が開発した親子法により、再度同一地震か否かの判定を行なう。もっとも読み取り時刻が早い観測点 (複数) を親とし、そこからのみかけ速度が決められた値以上の観測点を子として取り込む。次に子を新たな親として同様の操作を、新しい子が出て来なくなるまで繰り返し、最終的に取り込まれた観測点全体をひとつの地震のものとなす方法である。ここではみかけ速度の値として長谷川・他 (1986) と同じく、親子間の震央距離が 40 km 以内なら 4.8 km/s、それ以外では 5.8 km/s を採用した。親子法で同一地震となった観測点の読み取り値に対して、初めて実際の震源決定を実行

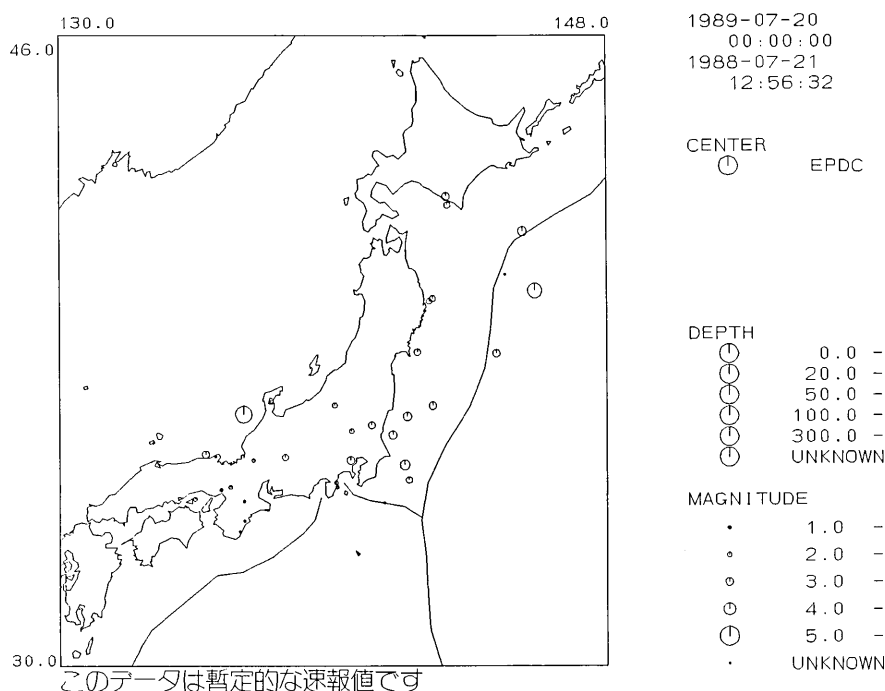


Fig. 7. Epicenter distribution made by MON.

地震活動モニタ・震源リスト 89-07-20 13:36:38 Page 001

01	EPDC0017	89/07/20	06:35:18.87	E	N	KM	M=	N=006	X
02	EPDC0018	89/07/20	06:36:48.14	136.0562E	36.8068N	394.33KM	M= 4.68	N=029	O
03	EPDC0019	89/07/20	07:35:09.63	135.6265E	35.5019N	022.50KM	M=	N=003	O
04	EPDC0020	89/07/20	07:48:52.75	E	N	KM	M=	N=003	X
05	EPDC0021	89/07/20	08:07:45.95	139.5759E	35.5908N	138.96KM	M= 3.08	N=018	O
06	EPDC0022	89/07/20	09:06:36.40	137.4151E	35.6718N	073.38KM	M= 2.60	N=004	O
07	EPDC0023	89/07/20	09:11:31.56	144.3815E	38.3728N	050.62KM	M= 2.92	N=008	O
08	EPDC0024	89/07/20	09:19:02.59	140.2650E	36.5274N	108.06KM	M= 2.86	N=013	O
09	EPDC0025	89/07/20	11:40:05.61	135.1305E	35.6907N	580.54KM	M= 0.09	N=005	O
10	EPDC0026	89/07/20	12:02:52.23	142.7260E	42.2530N	033.84KM	M= 3.04	N=006	O
11	EPDC0027	89/07/20	12:25:14.26	134.4591E	34.5672N	006.76KM	M= 1.65	N=014	O
12	EPDC0028	89/07/20	12:55:19.63	137.3816E	35.2880N	065.86KM	M= 2.80	N=040	O
13	EPDC0029	89/07/20	13:05:43.20	E	N	KM	M=	N=003	X
14	EPDC0030	89/07/20	13:23:20.06	135.6709E	35.0931N	006.40KM	M= 1.45	N=006	O

このデータは暫定的な速報値です (実行, CR:次ページ E:中断) ==>

Fig. 8. A list of hypocentral parameters made by MON.

データセットが変更された場合、そのデータセットで再びイタレーションに入る。変更されなかったら得られた収束値を解として、統合 DAY ファイルに書き込む。次に親子法および震源決定で棄却された読み取り値を集め、これだけを用いて震源決定を行なう。親子法や震源決定がうまく機能していれば、この操作により同時に起きた別の地震を見い出せるはずである。

以上が EPDC における地震統合の本処理であるが、自動処理によるデータはやはり雑音が多く、本処理の結果をそのまま情報として提供するの危険すぎる。そこで次のようなフィルタをかけ、これに引かなかった地震は震源未決定として扱うことにした。

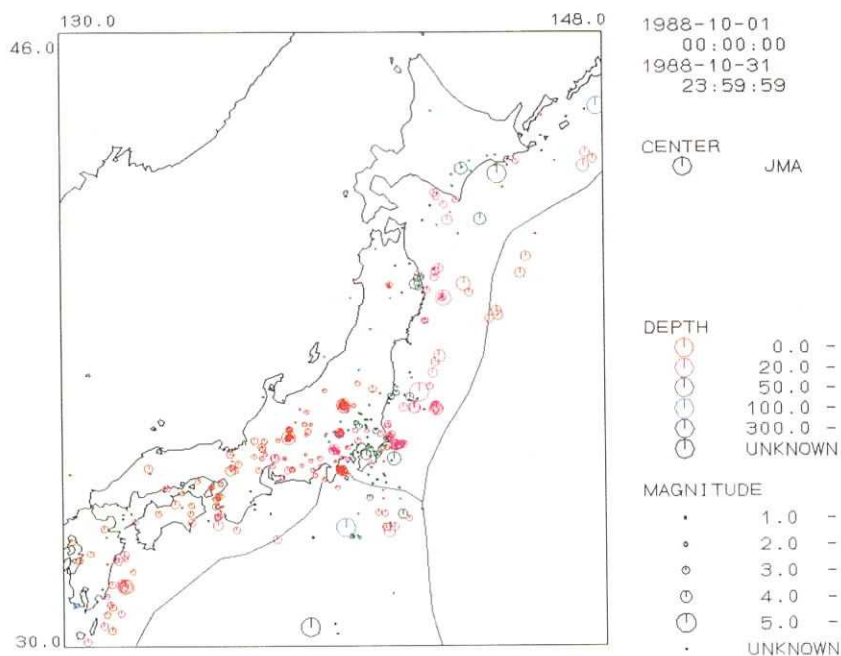


Fig. 9. Epicenter distribution of earthquakes located by EPDC during October, 1988.

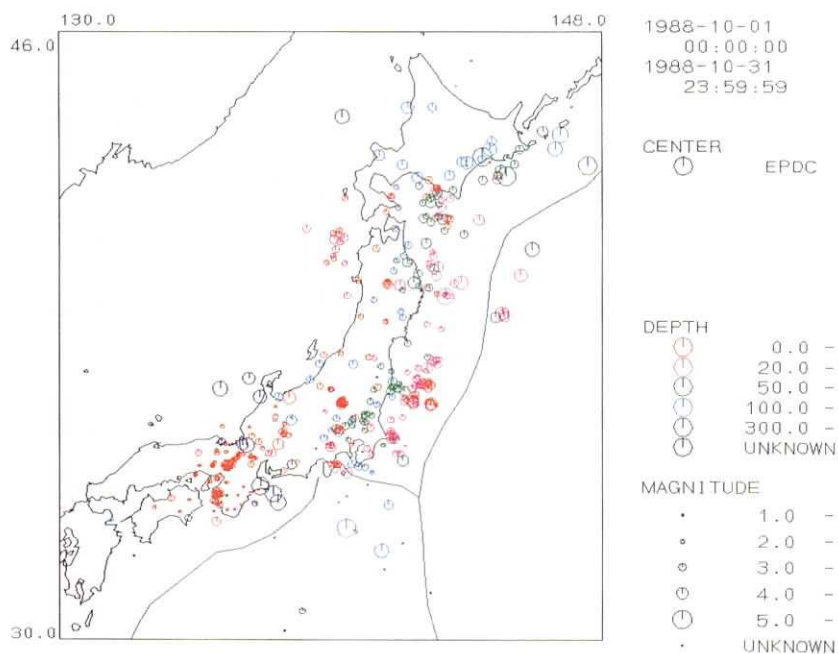


Fig. 10. Epicenter distribution of earthquakes located by JMA during October, 1988.

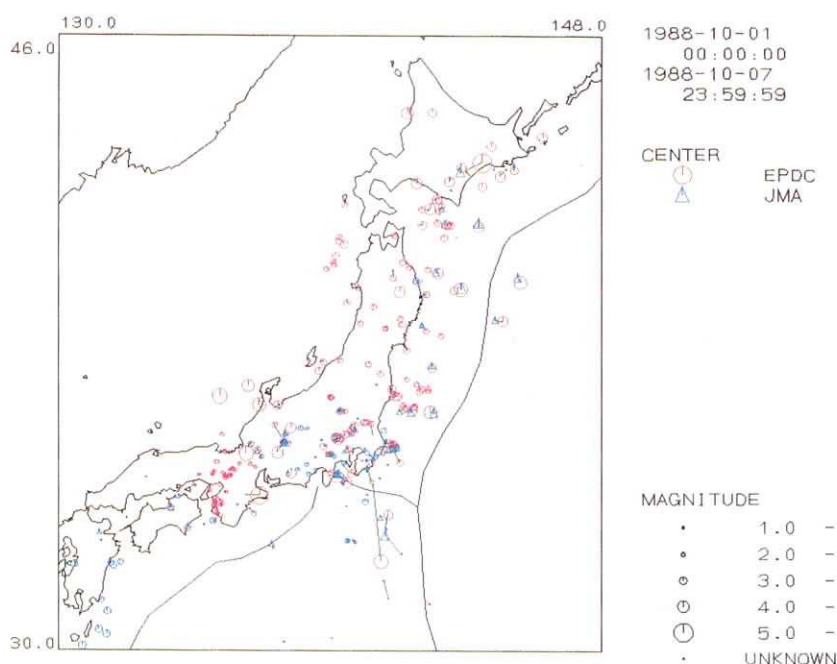


Fig. 11. Epicenter distribution of earthquakes located by EPDC (red circle) and JMA (blue triangle) for the period from October 1 to October 7, 1988. The difference between corresponding epicenters is indicated by a green line.

- (1) すべての地域センターが震源未決定としている。
- (2) 走時残差の自乗平均 > 1.5 秒。
- (3) すべての地域センター震源から震央距離 200 km 以上離れている。
- (4) 震央が $30^{\circ} \leq \text{緯度} \leq 46^{\circ}$, $130^{\circ} \leq \text{経度} \leq 148^{\circ}$ の範囲に入らない。

また棄却データを集めて再度震源決定する際も、全読み取り値が棄却された地域センターが存在する場合に限ることとした。

最後にマグニチュードについて触れておく。地域センターから入電するデータの中でマグニチュード決定に関係するもの（最大振幅、振動継続時間など）は、現状ではもれなく含まれているという状態にない。従って EPDC で独自にマグニチュードを決めるには情報不足であるので、地域センターの自動処理によるマグニチュードの単純平均を、統合処理におけるマグニチュードとして用いている。

5. TSS による表示

モニタ表示プログラム MON は TSS コマンドにより起動され、統合処理された震源情報をユーザに表示する。Fig. 6 のようなメニューにおいてユーザが指示することにより、震央分布を地図上にプロットしたり、(Fig. 7), 震源情報をリスト出力することが (Fig. 8) できる。起動後はユーザが中止を指示するまで、30 秒ごとに統合処理結果の入った統合

DAY ファイルをチェックし、常に最新の情報を表示する。従って地域センターから新規データが入電した時、統合処理と表示に最大

数十秒 (統合処理の時間)+1 分 (MONSORT)+1 分 (MONHYPO)+30 秒 (MON) の時間が EPDC におけるオーバーヘッドとしてかかる。ここで第 2 項以降は () 内のプログラムにおけるポーリング時間である。

6. 処理結果

以上の統合処理から得られる結果を気象庁の震源速報と比較して、地震予知観測情報ネットワークにおける地域センターおよび EPDC による自動処理 (統合処理もすべてを計算機が自動的に行なう自動処理である) の特徴を検討してみた。なお、気象庁の地震月報と比較しなかったのは EPDC による自動処理が、速報的性格のものだからである。Fig. 9 は 1988 年 10 月の 1 カ月分の処理結果を地図上にプロットしたものである。同じ期間における気象庁の震源速報を Fig. 10 に示した。まず気象庁の速報では 2, 3 の例外を除いて、100 km 以深の地震を未決定または震源が決定されていてもマグニチュード未決定にしているため、深発地震の比較例は少ないことに注意しなければならない。この点と検知能力を除くと、両者の大きな違いは次の 3 点に要約できる。

- (1) 日本海溝北部から千島海溝にかけての海溝付近の地震は、気象庁が深さを 20 km 未満と浅く決めているのに対し、自動処理は 50 km 前後の深さに決めている。
- (2) 相模トラフの南側の地震は、気象庁が深さを 50 km 前後に決めているのに対し、自動処理は 100 km より深く決めている。
- (3) 気象庁が九州や日向灘で決めている地震を自動処理はまったく決めていない。

(1) の原因はよくわからないが、大学も気象庁もこの付近の海に地震計を持たないので、どちらが正しいかも不明である。しかし HASEGAWA *et al.* (1978) によれば、東北大学の地震予知・噴火予知センター (当時、青葉山地震観測所) が人手によって決めた震源位置も 50 km 前後の深さを持っている。従って大学の観測点のデータを使う限り、この程度の深さに決まるのは致し方ないようである。(2) は明らかに大学の観測網が弱いのが原因であり、気象庁の値が正しいと思われる。伊豆諸島では大学が三宅島までしか観測点を置いていないのに対して、気象庁は八丈島に観測点を持っており、小笠原の観測点もまじえて南側から震源位置を押えることができる。(3) も同様に、Fig. 1 からわかるように大学は九州に自動処理用の観測点をまったく持たない。また四国や中国地方西部も観測点分布がかなり粗いので、九州地方の地震が震源決定できなくてもやはり致し方ないと思われる。

九州地方を除いた陸上および沿岸の地震の検知能力を、気象庁と自動処理で比べてみると次の通りになる。北海道から東北地方、さらに茨城県沖にかけては自動処理の方が検知能力が高い。特に秋田県沖に見られる 1983 年の日本海中部地震の余震は、自動処理により本震の震源域が判別できるほど決められているのに対し、気象庁は 1 つしか決めていない。関東および中部地方は両者が拮抗しており、房総沖や東海地方などでは気象庁しか震

源を決めていない地震も見られる。しかしこれらの地域では人工密集地を襲う巨大地震の危険性が叫ばれており、そのため気象庁があえて細かい読み取りを行なっている可能性が高い。従って単純な比較ができないと考えられる。紀伊半島を含めた関西地方は明らかに自動処理の方が検知能力が高い。最後に中国・四国地方は、前述したように大学は粗い観測点網しか持っていないので気象庁の方が検知能力が高い。

もう少し詳細な比較を行なうため 10 月 1 日から 1 週間分の地震について、自動処理

```

03 EPDC0003 88/07/12 00:16:57.04 139.3509E 36.9053N 117.52KM M= 2.41 N=025 O
01 THK 0002 88/07/12 00:16:56.33 139.5023E 36.7031N 120.04KM M=02.41 N=009 D
02 ABY 0002 88/07/12 00:18:13.95 135.7566E 36.2165N 005.26KM M=02.55 N=008 D
03 UJI 0001 88/07/12 00:18:15.52 135.8063E 36.1291N 019.79KM M=02.06 N=010 D
O THK 0049 YNZ 00:17:15.31 U S-P=013 F-P=020 O-C=-01.33 DST=0079 AZM= 085
O THK 0050 MAI 00:17:15.49 D S-P= F-P= O-C= 00.04 DST=0061 AZM= 055
O THK 0053 KNY 00:17:16.09 U S-P= F-P=019 O-C= 00.98 DST=0057 AZM= 018
O THK 0056 SBT 00:17:19.37 D S-P= F-P=019 O-C=-00.47 DST=0118 AZM= 004
O THK 0058 IWK 00:17:20.90 U S-P= F-P=037 O-C=-01.26 DST=0140 AZM= 074
O THK 0060 KTA 00:17:24.45 D S-P= F-P= O-C= 00.08 DST=0162 AZM= 056
O THK 0062 SNR 00:17:43.29 D S-P=035 F-P=019 O-C= 00.14 DST=0323 AZM= 040
O THK 0063 OGA 00:17:43.83 U S-P= F-P= O-C=-00.71 DST=0335 AZM= 006
O THK 0064 KGJ 00:17:45.47 D S-P= F-P=019 O-C= 00.68 DST=0336 AZM= 034
X UJI 0001 UGK 00:18:18.36 D S-P= F-P=035 O-C= 34.54 DST=0329 AZM=-126
X UJI 0010 FKJ 00:18:21.35 U S-P=003 F-P=032 O-C= 40.76 DST=0302 AZM=-106
X UJI 0008 HKJ 00:18:23.31 D S-P=005 F-P=030 O-C= 42.93 DST=0301 AZM=-110
X UJI 0007 IMJ 00:18:25.82 D S-P=004 F-P=028 O-C= 45.55 DST=0299 AZM=-113
X UJI 0009 KAJ 00:18:26.96 D S-P=003 F-P=027 O-C= 50.22 DST=0270 AZM=-110
X UJI 0005 MHJ 00:18:27.39 U S-P=008 F-P=026 O-C= 42.34 DST=0339 AZM=-115
X UJI 0004 AZJ 00:18:30.19 D S-P=001 F-P=023 O-C= 48.06 DST=0314 AZM=-119
X ABY 0013 WTJ 00:18:32.34 U S-P=011 F-P=031 O-C= 40.10 DST=0398 AZM=-115
X ABY 0014 BHO 00:18:32.43 D S-P=011 F-P=024 O-C= 44.43 DST=0363 AZM=-119
X UJI 0006 ITD 00:18:32.60 D S-P=009 F-P=021 O-C= 56.40 DST=0265 AZM=-117
X ABY 0015 KHK 00:18:33.59 D S-P= F-P=027 O-C= 43.15 DST=0383 AZM=-119
X ABY 0016 OHM 00:18:34.03 D S-P=012 F-P=028 O-C= 47.54 DST=0351 AZM=-122
X ABY 0018 KGM 00:18:35.63 U S-P=014 F-P=022 O-C= 45.33 DST=0382 AZM=-121
X ABY 0019 YGI 00:18:35.70 U S-P=014 F-P=005 O-C= 43.08 DST=0401 AZM=-119
X ABY 0020 TNJ 00:18:37.45 U S-P=015 F-P=008 O-C= 41.69 DST=0427 AZM=-118
X ABY 0021 MYO 00:18:38.35 U S-P=016 F-P=004 O-C= 44.19 DST=0413 AZM=-121

```

(a)

```

01 EPDC0047 88/07/11 23:08:34.32 139.1543E 34.7462N 021.93KM M= 1.09 N=025 O
01 TKY 0014 88/07/11 23:08:34.40 139.1203E 34.8708N 028.39KM M=01.09 N=006 D
02 WKY 0034 88/07/11 23:09:20.80 135.2069E 33.9866N 001.00KM M=01.59 N=019 D
O TKY 0092 OSI 23:08:38.88 U S-P=008 F-P=009 O-C=-00.27 DST=0019 AZM= 096
O TKY 0093 HOK 23:08:39.04 U S-P=003 F-P=008 O-C= 00.06 DST=0015 AZM=-042
X TKY 0095 MBS 23:08:43.68 U S-P= F-P=007 O-C= 05.17 DST=0023 AZM= 104
O TKY 0096 OYM 23:08:44.80 D S-P=007 F-P=010 O-C= 00.35 DST=0075 AZM= 006
X TKY 0097 MNI 23:08:47.68 U S-P= F-P=007 O-C= 40.24 DST=0029 AZM=-102
X WKY 0214 ARD 23:09:20.64 U S-P=001 F-P=014 O-C=-06.70 DST=0374 AZM=-100
X WKY 0215 ONO 23:09:21.92 U S-P= F-P=022 O-C=-05.39 DST=0366 AZM=-100
X WKY 0216 OIS 23:09:22.24 U S-P=002 F-P=016 O-C=-04.32 DST=0359 AZM=-100
X WKY 0217 WKM 23:09:22.56 U S-P=002 F-P=011 O-C=-05.51 DST=0371 AZM=-099
X WKY 0218 HNM 23:09:22.72 U S-P=002 F-P=016 O-C=-07.44 DST=0388 AZM=-103
X WKY 0219 OKZ 23:09:23.04 U S-P=002 F-P=015 O-C=-03.97 DST=0366 AZM=-098
O WKY 0220 KIS 23:09:23.68 U S-P=003 F-P=020 O-C=-02.12 DST=0358 AZM=-098
O WKY 0221 KKW 23:09:24.48 D S-P=003 F-P=018 O-C= 02.67 DST=0353 AZM=-104
X WKY 0222 SRT 23:09:28.64 D S-P=006 F-P=015 O-C= 07.24 DST=0319 AZM=-100
X WKY 0223 MJV 23:09:28.64 U S-P=006 F-P=011 O-C=-07.02 DST=0428 AZM=-103
O WKY 0224 SHR 23:09:28.80 D S-P=005 F-P=012 O-C= 01.31 DST=0366 AZM=-108
O WKY 0225 OZK 23:09:28.96 U S-P=000 F-P=002 O-C=-01.03 DST=0389 AZM=-097
X WKY 0226 HGU 23:09:29.60 D S-P=008 F-P=017 O-C= 09.71 DST=0328 AZM=-107
X WKY 0227 KZG 23:09:32.32 U S-P= F-P=003 O-C= 09.92 DST=0340 AZM=-112
X WKY 0228 KUM 23:09:34.08 D S-P=010 F-P=016 O-C= 21.04 DST=0293 AZM=-106
X WKY 0229 ISI 23:09:39.04 D S-P= F-P=002 O-C= 04.36 DST=0438 AZM=-099
O WKY 0230 AOU 23:09:41.28 U S-P= F-P=003 O-C=-00.94 DST=0506 AZM=-101
X WKY 0231 MZT 23:09:44.80 D S-P= F-P=021 O-C= 11.94 DST=0431 AZM=-083
X WKY 0232 HBR 23:09:48.00 U S-P= F-P=001 O-C= 09.94 DST=0291 AZM=-095

```

(b)

Fig. 12. (a) Successful and (b) failed examples of separating small events.

による震央と気象庁による震央を個々に対応をつけて線で結んだものが Fig. 11 である。これにおいても前述の検知能力の違いは同様に見られる。しかしマグニチュード 3 の半ばより大きい地震は、両者の震央が確実に対応している。対応しているだけでなく、北海道十勝地方や長野県西部などのわずかな例外を除いて、震央位置そのものも非常に近い。

7. 今後の課題

3 節で述べたように、前処理では大きな地震の統合を優先した処理を行なっている。従って、小さな地震が誤って統合されて本処理に送られるということは、かなりしばしば起こる。これを本処理の親子法と震源決定が分離するわけであるが、常にうまくいくとは限らない。Fig. 12 は (a) が分離に成功した例で、(b) が失敗した例である。最上段に EPDC が決めた震源情報、続いて地域センターによる震源情報、最後に P 波初動の読み取り値が列記してある。ここで THK, TKY, NGY, ABY, UJI, WKY は東北大、震研、名大、京大理学部、京大防災研、震研和歌山の地域センターを示し、読み取り値の先頭の○×は EPDC で震源決定に用いられたか否かを示している。(b) では各地域センターの読み取り値が少しずつつまみ食いされ、一見もっともらしい位置に震源が決ってしまっている。(b) が失敗であるということは、地域センターの自動処理による震源時、震源位置から判断できるのであるから、この情報を前処理の段階で活用すれば分離の失敗はかなり減少すると思われる。しかし統合処理運用前の実験では、必ずしもこの情報が有効に働くとは限らず、裏目に出る場合もしばしばであったので、現状では積極的な活用ははかっている。

また親子法は、震源決定後棄却された読み取り値を集めて再び震源決定を行なわなければ、万全に働くとは言えない。しかし自動処理による読み取り値に対してこれを行なうと、雑音が統合されて架空の地震となってしまうことがしばしば起こる。そのため 4 節で述べたように、全読み取り値が棄却された地域センターが存在する場合しか再度震源決定を行なわない。従って、ほぼ同時に起きた一方の地震は取りこぼすことがある。

このほか、EPDC では独自にマグニチュードが決められず、統合処理がマグニチュードに及んでいないのも今後の課題である。

謝 辞

長谷川昭先生、海野徳仁博士にはいろいろご指導いただきました。特に、東北大学地震予知・噴火予知センターの自動処理システムで使われている震源決定プログラムのソースを拝見できたことは、システムを作る上で大変有益でした。また各地域センターの方々には、自動処理に関して各種の情報をいただきました。さらにファコム・ハイタック(株)の水田・鈴木両氏と東海ソフトの宗田・地主両氏には、計算機へのインプリメントに関しサポートをいただきました。記して感謝致します。

参 考 文 献

- BULLEN, K. E. and B. A. BOLT, 1985, *An Introduction to the Theory of Seismology, Fourth Edition*, Cambridge University Press, London, 499 pp.
 HASEGAWA, A., N. UMINO and A. TAKAGI, 1978, Double-planed structure of the deep seismic zone in the northeastern Japan arc, *Tectonophysics*, **47**, 43-58.

- 長谷川 昭・海野徳仁・山本 明・高木章雄, 1986, 微小地震観測網データの自動処理システム, 地震 2, 39, 381-395.
- 市川政治・望月英志, 1971, 近地震用走時表について, 気象研究所研究報告, 22, 229-290.
- 石柘征夫・徳島地震観測所・高知地震観測所・白木微小地震観測所・和歌山微小地震観測所, 1985, 地震予知計画による南海観測網の完成, 地震学会予稿集, No. 2, 87.
- 額額一起, 1989, 深さが負にならない震源決定, 地震 2, 42, 325-331.
- LIENERT, B. R., E. BERG and L. N. FRAZER, 1986, HYPOCENTER: An earthquake location method using centered, scaled, and adaptively damped least squares, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 76, 771-783.
- 前田直樹, 1985, 地震波自動処理システムにおける読み取りおよび評価, 地震 2, 38, 365-379.
- 前田直樹, 1986, 地震波自動読み取りにより得られる結果の信頼性について, 地震 2, 39, 555-566.
- 溝上 恵・中村 功・萩原弘子・千葉平八郎・吉田 満, 1980, 1980年伊豆半島沖の群発地震のリアルタイム検測 —システムの稼働実験—, 地震研究所彙報, 55, 949-1015.
- 斎藤正徳, 1983, 最小二乗法の計算法, 物理探鉱, 36, 24-38.
- 鈴木貞臣・高波鉄夫・本谷義信・中西一郎, 1988, 北海道大学におけるリアルタイム地震波自動処理システム, 地震 2, 41, 359-373.
- 鷹野 澄・安永尚志・津村建四郎・宇佐美龍夫, 1985, 地震予知観測情報ネットワークシステム, 情報処理学会研究報告, 情報システム研究会 6-2.
- 坪井誠司・額額一起・鷹野 澄・宮武 隆・阿部勝征・萩原幸男, 1989, 国立大学観測網地震カタログの震源決定処理, 地震 2, 42, 277-284.
- 佃 為成・岡田修一・辻川光一, 1985a, 地震波自動検測システム「SWARMS」, 地震学会予稿集, No. 2, 89.
- 佃 為成・竹内文朗・小泉 誠・栗山 知・岸本兆方, 1985b, 防災研究所の微小地震定常観測システム, 地震学会予稿集, No. 2, 90.
- 渡辺 晃・黒磯章夫・橋本民雄, 1982, 阿武山における自動処理システム, 地震学会予稿集, No. 1, 81.
- 山崎文人・大井田徹・山田 守, 1984, 実時間自動処理データはどこまで使えるか, 地震学会予稿集, No. 2, 106.
- 横田 崇・周 勝奎・溝上 恵・中村 功, 1981, 地震波データの自動検測方式とオンライン処理システムにおける稼働実験, 地震研究所彙報, 56, 449-484.
-

*Integration of Real-Time Earthquake Data Acquired
Through the University Information System for
Earthquake Prediction Research*

Kazuki KOKETSU, Kiyoshi TAKANO, Seiji TSUBOI,
Takashi MIYATAKE, Katsuyuki ABE
and Yukio HAGIWARA*

Earthquake Research Institute

About 160 seismic stations are telemetered to seven regional centers through the University Information System for Earthquake Prediction Research, which is operated by Japanese national universities under the national program for earthquake prediction. The automatic processing systems developed by the regional centers pick up arrival times from acquired seismograms, and independently determine hypocentral parameters in real time. These data are transmitted to the Earthquake Prediction Data Center (EPDC) of the Earthquake Research Institute, and compiled in the database system. They are automatically integrated by EPDC.

Two jobs, which carry out preliminary and main processes of integration, are always running on the mainframe computer of EPDC. In the preliminary process, the data are sorted according to their origin times, and events with similar origin times and hypocentral coordinates are temporarily marked. The results are transmitted to the main process, where the system judges with the so called 'parent-child method' if marked events are identical or not, and determines hypocentral parameters. Seismologists can look at final results through the monitoring program on TSS.

Our results for events having M greater than 3.5 agree well with the results of the Japan Meteorological Agency (JMA). However, depths of events near trenches are sometimes different between our results and JMA's. In general, the University Information System has higher ability to detect small events than JMA except for those in Chugoku, Shikoku and Kyushu.

The current system prefers integrating data of a large event, so it sometimes fails to separate data for different small events. We cannot now determine M by ourselves because of the lack of data necessary for magnitude estimation.

* Now at National Research Center for Disaster Prevention