

ワークステーションにおける地震活動解析ソフトの開発

鶴 岡 弘*

Development of Seismicity Analysis Software on Workstation

Hiroshi TSURUOKA*

Abstract

A software which analyzes earthquake activity was newly developed on workstations, and was implemented on the following platforms : SPARCstation, SunOS 4.1.x and Solaris2.x. The FORTRAN language was used for the development of the main part of this software, but C language is used for the display of graphics. X window was adopted in the window system.

This software offers us the improvement in the works of retrieval, display, analysis and output of the earthquake catalogs. It is expected to contribute to the study of seismology, especially in research of seismicity.

Key words : earthquake catalog, seismicity, workstation, software, X window

はじめに

インターネットに代表される広域ネットワークの整備、CD-ROMなどの電子媒体の普及により、地震カタログを含む様々なデータが現在電子的に利用可能になってきている。例えば、防災科学技術研究所の震源カタログ、ハーバード大学で決定されているCMTデータなどをWorld Wide Web (WWW), anonymous ftpを利用して入手できる。ただし、これらのデータは数値データ（リスト形式）であり、地震活動を調査するためには、これらを地図に表示し可視化することが必要である。地図表示のための汎用ツールであるGMT-SYSTEM (Wessel, P. and W.H.F. Smith, 1991) などを用いて表示を行うことは可能であるが、表示のためには地震カタログから時間、領域、深さ、マグニチュードなどの条件で分類しデータセットを作成する前処理が必要である。これらの作業は試行錯誤的に繰り返されるため、実際問題として効率がよくない。これらのツールは本来、解析の最終結果を出力するのに適しており、そのように利用されている。そのため、地震カタログの検索、表示、解析を統合的に行うソフトの開発が行われてきた（宮武ほか, 1984 ; 石川ほか, 1985 ; 岡田, 1988 ; 関

口, 1993 ; 額・吉井, 1994 ; 鶴岡, 1995 ; 横山, 1997)。これらのソフトのプラットフォームは大型計算機から、UNIX, PCと多岐にわたっているが、計算機の処理速度が格段に進歩した最近では、UNIXまたはPC上でソフト開発を行うのがほとんどである。データをすべて自分の計算機において使うスタンドアロン型の例が多いが、サーバのみにデータを保存してクライアントからサーバへ検索要求を出し、ネットワークを通して結果を受け取って表示・解析を行うクライアント/サーバ型のものもある（額・吉井, 1994）。クライアント/サーバ型はデータを一元的に管理できるため、複数のカタログ整備の扱いには有効である。今回のソフト開発にはワークステーション（UNIX）を利用し、マウスを用いて地震カタログの検索、表示、解析、出力の一連の操作がスムーズに行えるように開発を行った。そのため地震活動解析が直接行えるので、大幅な作業の簡便化が図られている。ただし、データの持ち方はクライアント/サーバ型でなくソフトウェアの開発が簡単なスタンドアロン型の仕組みを採用している。また、ソフトウェアの開発にあたっては、UNIXマシンに標準で搭載されているXウィンドウシステムを採用し、移植性の高いシステムの開発を目指した。特に、集中観測などで決定される独自の地震データについても簡単にシステムに取り扱うことができるように配慮している。現在、東京大学地震研究所をはじめ各地震研究機関で利用されている。

1997年10月6日受付, 1997年10月28日受理.

* 地震予知情報センター, (東京大学地震研究所).

* Earthquake Information Center, (Earthquake Research Institute, University of Tokyo).

システム概要

本ソフトの特徴は以下である。

1) マウスおよびポップアップウィンドウを用いた対話処理

メニュー部分をマウスでクリックすることによって、検索、解析、表示、出力が可能である。特に、領域の設定は、地図上に震源表示がされている画面上でマウスを用いて選択可能であるので、直感的な操作が実現されている。また、時間やマグニチュードなどの条件設定は、ポップアップウィンドウを通して変更可能であるため、試行錯誤的な解析が簡便にできる。

2) 豊富な地震活動表示機能

以下で述べるように、地震活動を見るための基本的なルーチンがシステムに組み込まれており、利用者は必要な震源データを作成するだけでよい。

- 震央分布図
- 任意方向の断面図
- M-T 図
- 時空間分布図
- 深さの時間変化分布図
- 深さのヒストグラム表示
- 地震回数ヒストグラム
- 地震回数積算図
- M 別度数分布図 (b 値の表示)
- メカニズム表示 (P 軸, T 軸, 震源球表示)
- 震源決定誤差のヒストグラム表示
- 複数領域の地震活動比較
- 地震の時期の色分け表示
- 地震エネルギー分布表示
- b 値分布図, b 値時間変化表示

3) プリンター出力機能

画面に表示された図はポストスクリプトファイル (モノクロ・カラー) に出力されるため、画面のハードコピーに比べてクオリティのよいものが得られる。また、ワープロなどに簡単に取り込むことが可能である。

4) 単純な震源データフォーマットの採用

本システムで扱う地震データは、多種多様なカタログを取り込めるように、フリーフォーマット形式で読み込めるデータフォーマットとした。また読み込んだデータは、バイトオーダーの問題をクリアした独自のデータフォーマットに変換可能である。このデータはネットワーク透過であり、高速なデータ読み込みが実現される。

5) 検索条件設定ファイルの保存および読み込み

作業中の検索条件を保存し、読み込む機能を有している。この機能により、厳密な地震活動解析を行うことができる。

6) 活断層など補助的地図データの表示機能

地震活動を議論する際には、活断層との位置関係が必要な場合があるが、これらを表示する機能を有している。また、データを作成することによって、火山の位置を表示させたり、地震の震源域を表示することも可能である。

開発環境および動作環境

ソフトの開発は、

- SUN OS 4.1.3, Solaris 2.5
- X ウィンドウシステム (Openwindows を含む)
- FORTRAN コンパイラ (構造体をサポート)
- C コンパイラ
- ポストスクリプトプリンター

の環境において行った。OS が UNIX であり、X ウィンドウが動作する環境であれば、簡単に移植可能である。現在 Solaris, HP-UX において動作を確認している。

データファイル

本ソフトで使用するファイルは以下の 4 ファイルである。

1) 地図データファイル

日本周辺の海岸線および県境は小竹ほか (1975)、世界の海岸線および国境は ISC により作成されたデータを利用した。地図表示の高速化を図るため、石川ほか (1985) と同じように、日本周辺においては、 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 、世界の場合には、 $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ のランダムアクセスファイルを作成し、さらに地図を書く際に必要なブロックのみのデータを読み出すことができるように各ブロックのインデックスを格納してある。

2) 震源データファイル

本ソフトでは、ある特定のフォーマットの震源データだけを取り扱う目的で開発していない。そのため、複数の震源カタログを調査して、共通あるいは必要と考えられるデータ要素を扱えるように開発を行った。表 1 にそのデータ要素を示す。表 1 においてデータの型は決めているが、その長さは決めていないことに注意されたい。厳密には、データの精度とデータ表現が関連するが、データのハンドリングの容易さを主眼においていることによる。最も簡単な震源データは、表 2 に示すように、1 レコードが地震の発生時間 (年月日時分秒)、位置 (経度、緯度、深さ)、マグニチュードの 10 フィールドのデータである。また読み込んだデータは、独自のフォーマットであるランダムアクセスファイルに変換することができ、この変換されたデータを用いることによって、データサイズの縮小、データ読み込みの高速化が実現される。通常は、このランダムアクセスファイルを作成してデータベースを構築することになる。

3) 検索条件設定ファイル

時間、領域、深さ、マグニチュードなどの検索条件をこのファイルに記述し、この検索条件に従って震源データファイルから計算機のメモリ上に読み込む。データ解析・表示は、このメモリ上にある震源データに対して行われるので、高速である。

4) 環境設定ファイル

このファイルを修正することによって、個々の震源を示すシンボルを深さによって変えたり、マグニチュードによってシンボルの大きさを変えることができる。また、色・線の設定なども行う。ファイルが存在しない場合は標準設定が採用されるように設計されている。

利用 の 実 際

本ソフトの起動画面は図1である。図1では、メインウィンドウのみが表示されているが、実際には、メニューと震央分布を表示するメインウィンドウと、解析結果など

表 1. データ要素。データのフォーマットはA0からA3までの4種類があり、必要なデータ要素が○で示されている。

ELEMENT	TYPE	A0	A1	A2	A3
YEAR	INTEGER	○	○	○	○
MONTH	INTEGER	○	○	○	○
DAY	INTEGER	○	○	○	○
YEAR	INTEGER	○	○	○	○
MINUTE	INTEGER	○	○	○	○
SECOND	REAL	○	○	○	○
SECOND(ERROR)	REAL		○		○
LONGITUDE	REAL	○	○	○	○
LONGITUDE(ERROR)	REAL		○		○
LATITUDE	REAL	○	○	○	○
LATITUDE(ERROR)	REAL		○		○
DEPTH	REAL	○	○	○	○
DEPTH(ERROR)	REAL		○		○
MAGNITUDE	REAL	○	○	○	○
NO OF STATION	INTEGER		○		○
STRIKE1	INTEGER			○	○
DIP1	INTEGER			○	○
RAKE1	INTEGER			○	○
STRIKE2	INTEGER			○	○
DIP2	INTEGER			○	○
RAKE2	INTEGER			○	○

を表示するサブウィンドウの2つのウィンドウが生成される。利用者はメインウィンドウのメニューをマウスでクリックすることによって、一連の作業を行う。簡単のため地震活動解析フローを図2に示した。利用者は初期検索条件に従って、データベースから初期検索条件に一致するデータをメモリに読み込み、その後任意の検索条件を設定して試行錯誤的に地震活動の解析を行う。図3から図10に解析例の一部を示す。なお、これらの図はこのソフトの出力そのものを利用している。このソフトを利用して、震源カタログの解析を行うだけでなく、地震研究機関からの震源速報データのメール配信、例えばQEDから、震源速報データ用のフィルターを作成して、データを蓄積することによって、準リアルタイムの地震活動モニターなども可能であろう。

お わ り に

このソフトは、地震発生と地球潮汐との相関関係を解析するために作成したツール群から、汎用に使えてもらえる機能をまとめたものであるが、まだまだ改善の余地がある。現在のところ以下のような課題がある。

1) データベース作成、更新機能

新規のデータを追加するためには、現状では1から再作成しなければならない。既存のデータに簡単に追加する機能が必要である。

2) マクロ機能

本ソフトの特徴であるグラフィカルユーザインターフェースを利用したシステムは対話的に解析を進めるためには優れているが、何らかの作業をまとめて自動的に行うといったマクロ機能がない。このような機能も必要であろう。

3) 地震活動解析ルーチンの拡充

現在の地震活動解析ルーチンは基本的なものがほとんどである。これらのルーチンの拡充が今後の最大の課題であろう。また、本ソフトに直接組み込むだけでなく、既存のプログラムとの連携システムを作成する必要もあると

表 2. データフォーマット (A0) サンプル。(YEAR: 年, MON: 月, DAY: 日, HOUR: 時, MIN: 分, SEC: 秒, LON: 経度, LAT: 緯度, DEP: 深さ, MAG: マグニチュード)

YEAR	MON	DAY	HOUR	MIN	SEC	LON	LAT	DEP	MAG
1991	6	25	12	49	18.47	141.052	36.668	34.6	5
1992	10	1	11	31	29.18	141.075	36.658	31.1	5.4
1992	11	1	0	10	35.49	141.227	36.753	25.3	5.7
1992	11	6	7	35	49.59	140.689	36.487	59.5	5.7
1993	11	21	16	18	49.24	141.221	36.464	28.2	5.2
1993	12	13	5	41	31.16	141.065	36.408	31.4	5.4
1994	8	30	1	55	5.47	140.753	36.466	48.4	5.1
1994	9	6	19	0	4.3	140.558	36.496	50.3	5.2
1995	4	12	14	23	7.77	140.613	36.468	47.1	5
1996	5	2	2	50	28.25	141.076	36.387	28	5.1
1996	10	7	6	3	25.24	140.897	36.34	26.6	5.1
1997	4	11	8	30	14.09	140.57	36.338	57.3	5.1

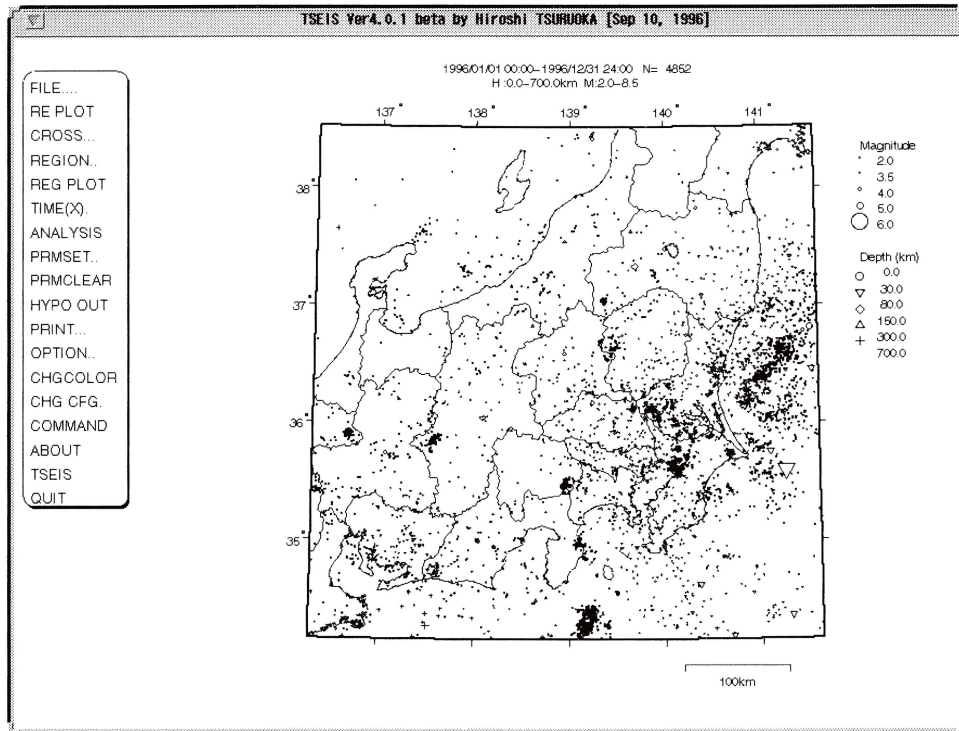


図 1. ソフト起動時の画面例

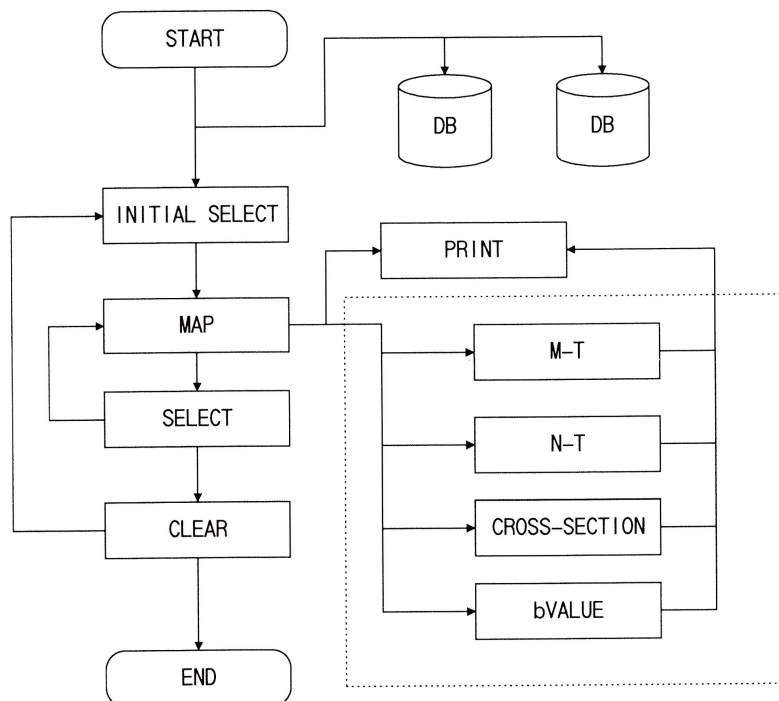


図 2. 地震活動解析フロー

(プログラムがSTARTすると地震カタログデータベース (DB) を初期パラメタ (INITIAL SELECT) に従って必要なデータを読み、震央表示 (MAP) を行う。さらにパラメータを変更 (SELECT) し震央表示 (MAP) を行う。震央表示に対して種々の解析 (M-T, N-T, CROSS-SECTION, bVALUE) を実行できる。又、震央表示も含めて解析結果をプリント (PRINT) できる。パラメタの初期化は (CLEAR) であり、プログラムの終了は (END) である。)

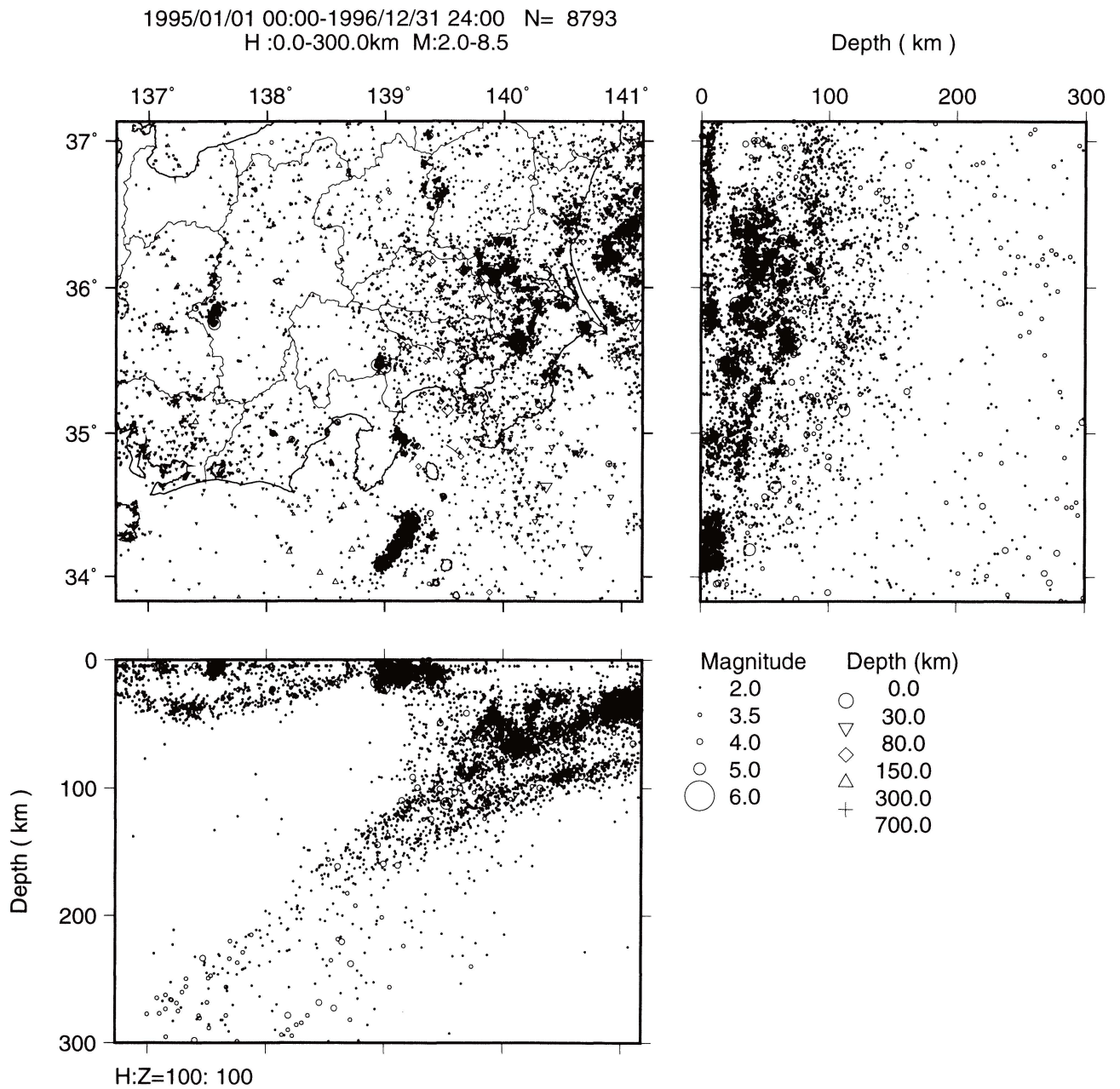


図 3. 断面図表示例. 水平方向/鉛直方向の比はパラメタで変更可能

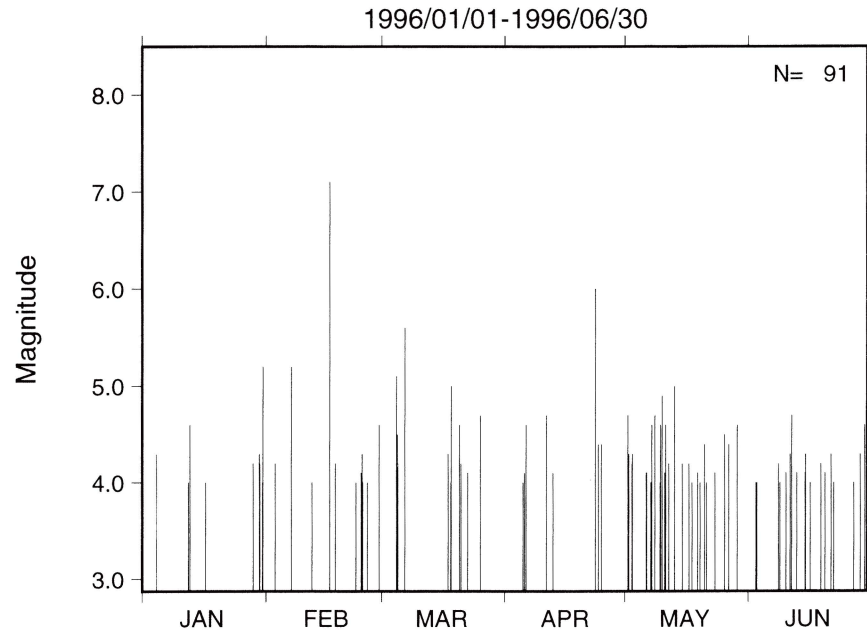


図 4. M-T 図表示例. 時間軸の目盛りは自動的に最適な値が付けられる.

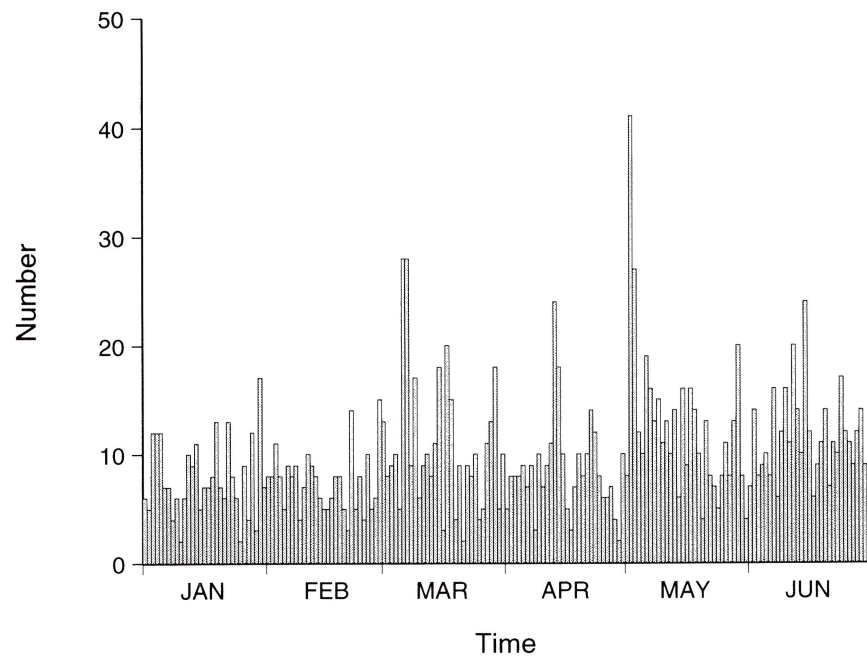


図 5. 地震回数ヒストグラム表示例. 時間幅は任意にとることができる.

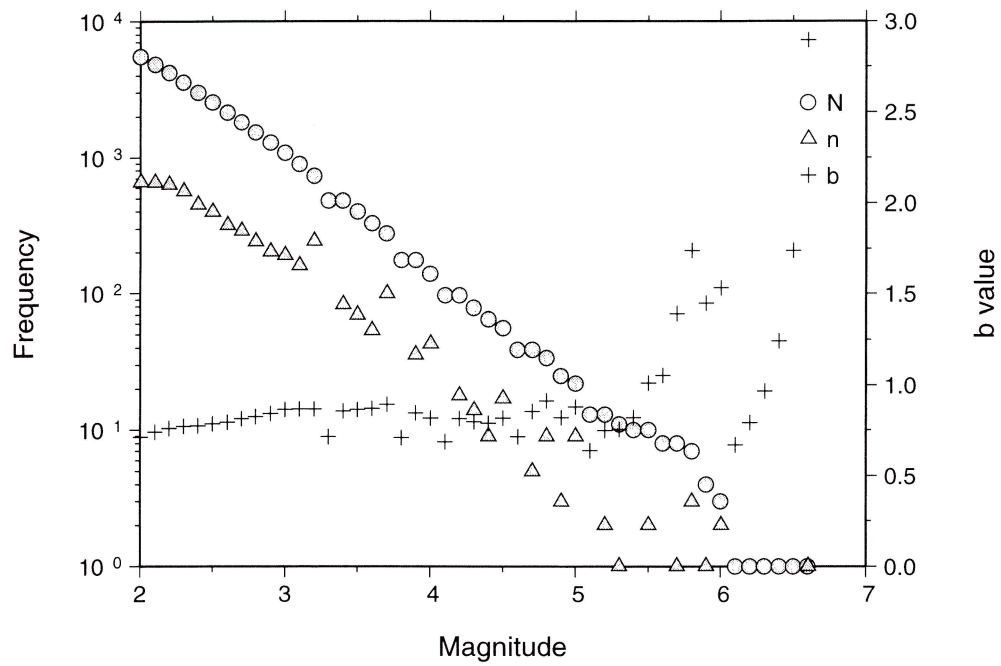


図 6. M 別度数分布, b 値表示例 (N: 累積度数, n: M 別度数, b: b 値)

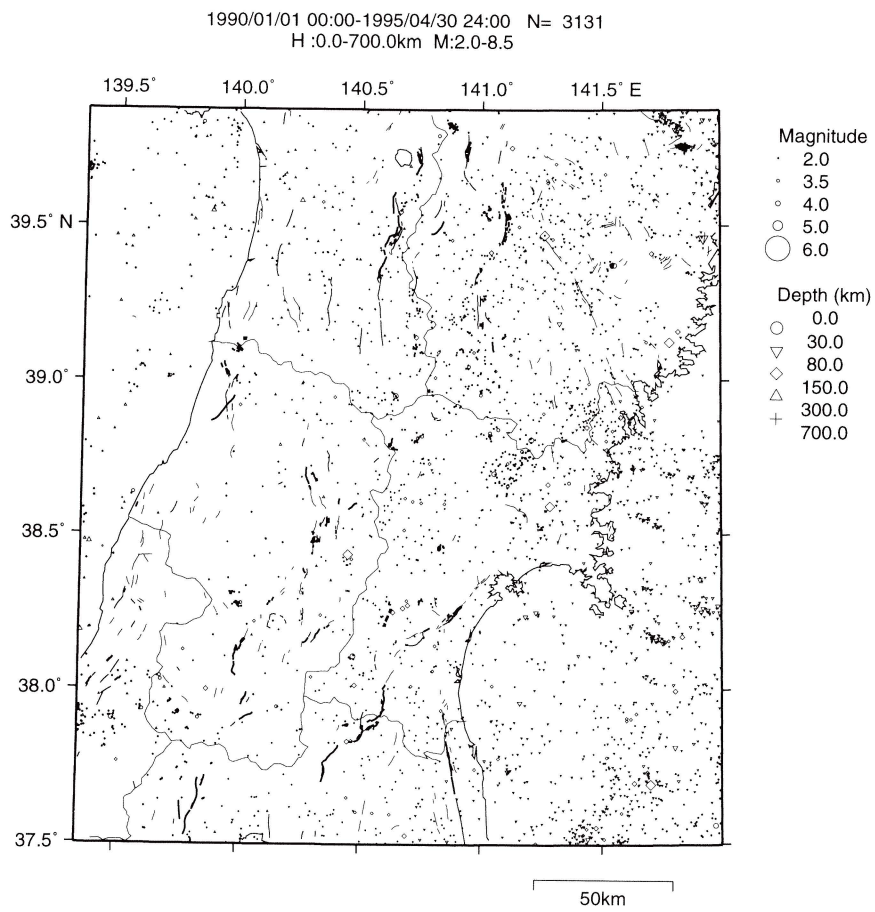


図 7. 活断層および震央同時表示例

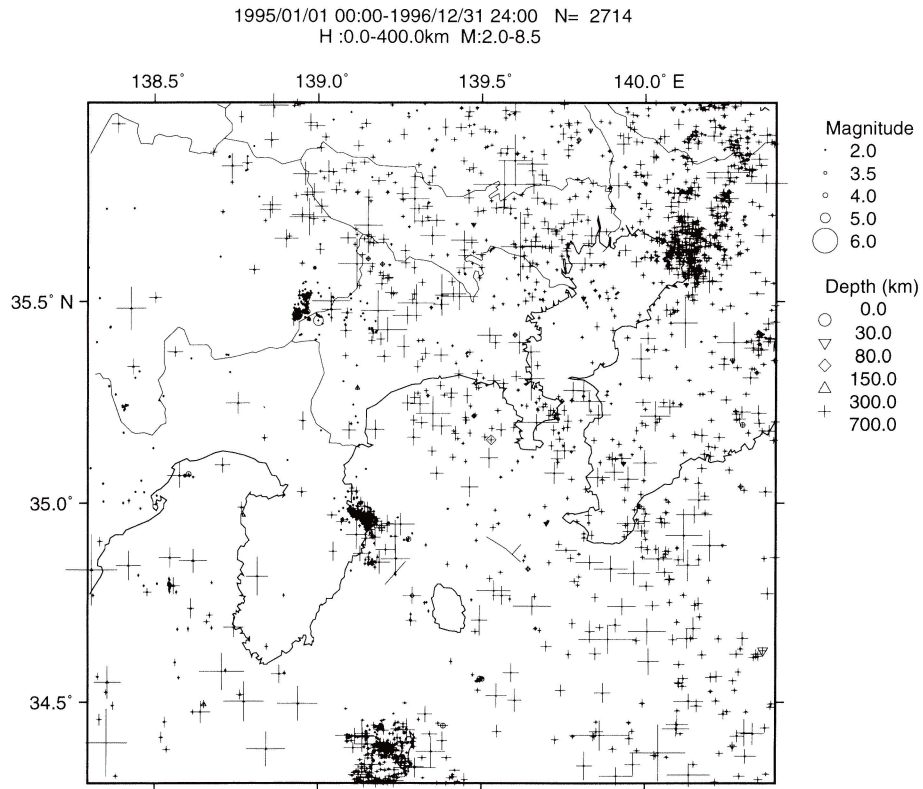


図 8. 震源決定誤差（水平方向）表示例

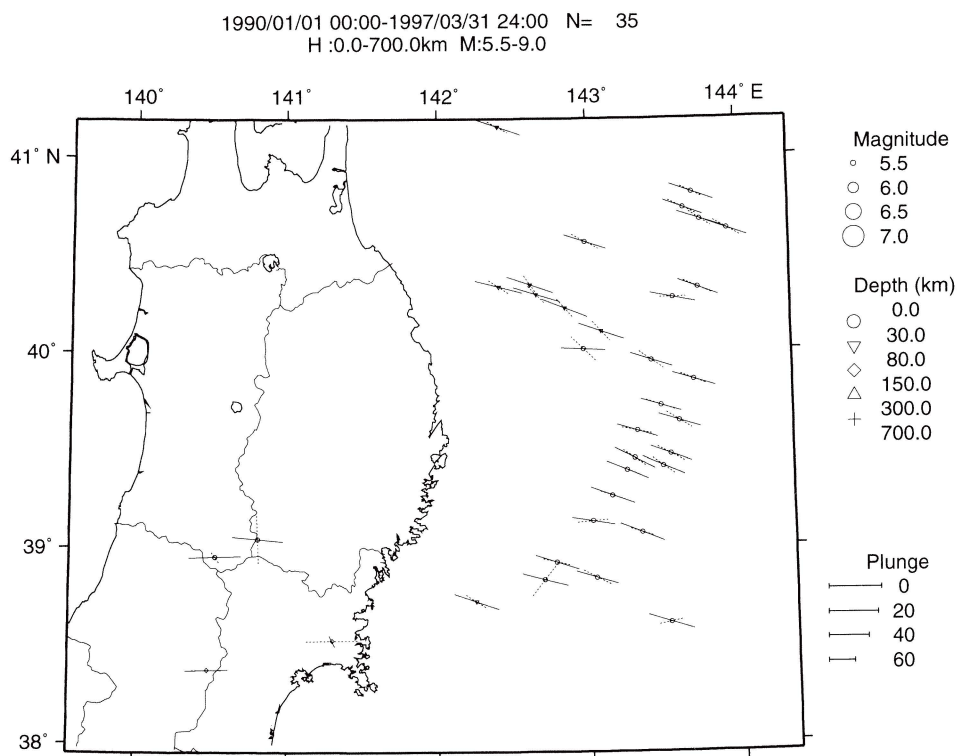


図 9. メカニズム（P 軸, T 軸）表示例

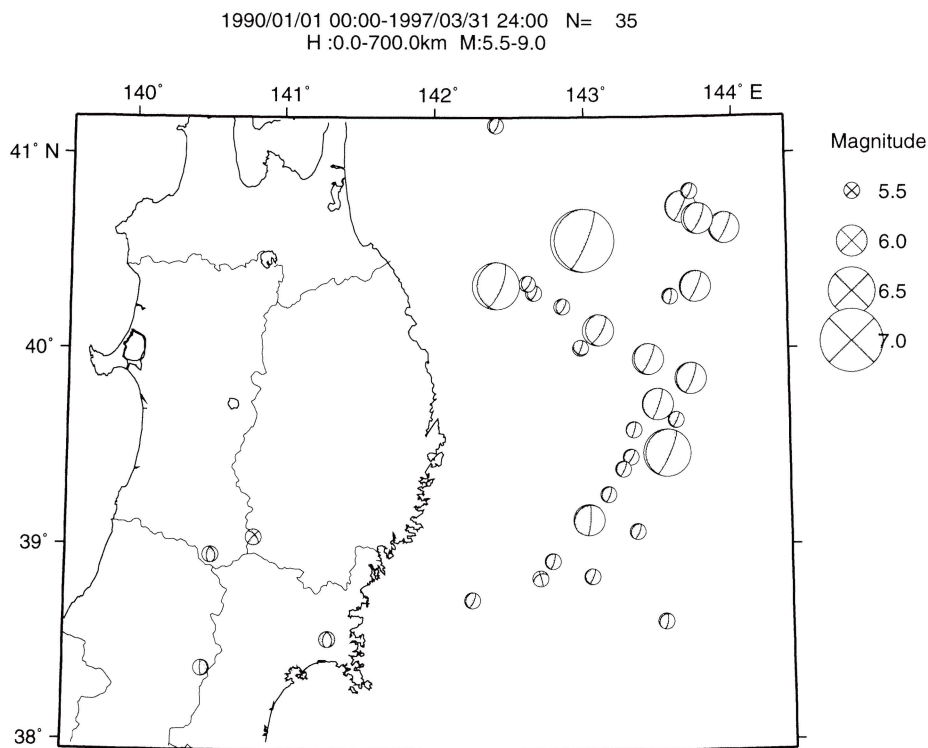


図 10. メカニズム (震源球) 表示例

思われる。

4) 地震波形データベースとの連携

震源決定に用いた波形データが参照できると便利である。ただし、システムが複雑にならないよう設計には十分気をつける必要がある。

本ソフトを作成するにあたって、意外に時間をとられた部分は地図表示であった。これは、地図データ整備もあるが、地図投影のためのライブラリが特定のプロットツールでかかれていることが多いため最初から作り直したことによる。最近では、GIS などの地図システムがソフトウェアとして市販されており、これらとうまく融合できるとこのような地震活動解析ツールが迅速に開発できるだろう。

最後に、本ソフトを用いることによる地震学、特に地震活動分野の研究の進展を期待したい。

謝 辞：図の作成にあたっては、防災科学技術研究所、東北大学地震予知・噴火予知観測センターの震源カタログを使用しました。ここに記して感謝します。

文 献

- 石川有三・松村一男・横山博文・松本英照, 1985, SEIS-PC の開発-概要-, 情報地質, **10**, 19-34.
- 額綱一起・吉井敏尙, 1994, クライアント/サーバ型地震活動データベースシステム: SeisView, 地球惑星科学関連合同学会 1994 年合同大会予稿集, 111-P 84, 342.
- 小竹美子・吉田 満・佐藤泰夫・浜田和朗, 1975, 日本および世界地図を描くためのデジタル・マッププログラム, 地震研究所彙報, **50**, 53-72.
- 宮武 隆・額綱一起・吉田昌信・安永尚志・鷹野 澄・津村建四朗・宇津徳治・宇佐美龍夫, 1984, 地震データ・ベース利用系システムの開発, 地震研究所彙報, **59**, 407-421.
- 岡田義光, 1988, 地震データ利用のためのプログラムシステム, 国防防災技術センター研究報告, **41**, 137-151.
- 関口渉次, 1993, X-Window 上で動作する地震データ利用プログラム, 防災科学研究所研究報告, **53**, 63-79.
- 鶴岡 弘, 1995, WS における地震活動解析ソフトの開発, 地球惑星科学関連合同学会 1995 年合同大会予稿集, Z-P 62, 649.
- Wessel, P. and W.H.F. Smith, 1991, Free software helps map and display data, EOS Trans. AGU, Washington, D.C., **72**, 441.
- 横山博文, 1997, X ウィンドウシステムを用いた地震活動解析プログラム, 地震時報, **60**, 37-51.