

# 地震データ利用のためのプログラムシステム

岡田義光\*

国立防災科学技術センター

## Program System for Utilization of Seismic Data

By

Yoshimitsu Okada

*National Research Center for Disaster Prevention, Japan*

### Abstract

In order to promote the extensive utilization of the seismic data that is accumulated in the Analyzing System for Precursors of Earthquakes, a program system consisting of the following five routines was newly developed. ① ECROSS displays the general seismicity showing the cross relations between two arbitrary items of focal parameters (space, time, magnitude) and earthquake number. ② ELIST outputs various lists of seismic data. ③ EMECHA output lists and diagram of mechanism data. ④ NRHYPO is used for re-determination of the hypocenter using various optional functions. ⑤ NRMECA is used for re-evaluation of the focal mechanism solutions.

These routines are designed to have an all-purpose nature, simple access and abundant graphic outputs to various devices. In addition, the need to treat standardized input/output files in a way so as to ensure the organic connection of the programs and the data has been kept in mind.

### 1. はじめに

国立防災科学技術センターでは、新しく導入された地震前兆解析システムに蓄えられる地震データの効率的な利用の便を図ることを目的として、震源分布図・時空間分布図等のSeismicity表示ルーチン、地震データのリスト出力ルーチン、発震機構解表示ルーチン、震源再計算・発震機構解再計算用ルーチン等からなる、基本的な地震データ利用システムの整備を行いつつある。

---

\*第2研究部地震活動研究室

本稿では、このシステムの概要と特徴について述べるとともに、いくつかの実際の出力例を紹介する。

## 2. 地震データ利用システムの基本的考え

地震データを利用するためのプログラム群を「システム」化するため、開発にあたっては、以下のような点に特に留意がなされた。

- (1) 処理内容は、出来る限り汎用性の高いものにする。
- (2) 汎用性と裏腹にプログラムへ与える入力パラメータが複雑になるのを避けるため、指定省略時の標準値を全面的に採用し、なるべく簡便な利用が可能にようにする。
- (3) 処理結果は単なるリストや図の出力のみでなく、ユーザファイルへの出力を重視する。
- (4) データの入出力は高い融通性をもたせる半面、いくつかの標準形式を設定し、それらの標準化・共通化された入出力ファイルを介して、個々のプログラムが有機的に結びつけられるようにする。
- (5) 地震データを利用する上で図出力は重要な役割を果たすので、データの入力源、選択条件、除外条件、プロット数、凡例等をなるべく同一図面上に表示するようにして、計算機の出力リストを対照しなくとも、図だけで独立した情報が得られるようにする。
- (6) 図の出力は、各種の図形出力機器(レーザプリンタ、XYプロッタ、グラフィックディスプレイ等)に自由に出力できるようにする。

この最後の項目については、より一般的な要請にも応えるため、「MAPシステム」と名付けるグラフィックサブルーチンパッケージを開発した。これは、図1に示す如く、図形出力をいったん仮想プロッタへのストロークデータとして中間ファイルに書き出した後、各図形出力機器に固有のドライバルーチン(オープン処理を行うMAPOPN、クローズ処理を行うMAPCLS、ごく基本的な図形変換を行うMAPNEWの3種よりなる)を介して、実際の図形に変換するものである。このような方式は、必ずしも個々の図形出力機器の特質に見合った最大効率は見えないものの、①図形出力プログラムの本体を書く際に個々の出力機器のハードウェアや操作言語を意識する必要がない、②異なる図形出力機器や異なる計算機システムへの移植が容易、③図形出力中間ファイルの保存および各種加工を施した上での図形再出力が可能、といった大きな利点がある。

## 3. 地震データ利用システムの構成

現在までに整備を終えた地震データの利用システムは、リレーショナルデータベースを中心とする各種データファイル群と、下記の5つのコンプリートプログラムより構成されている。

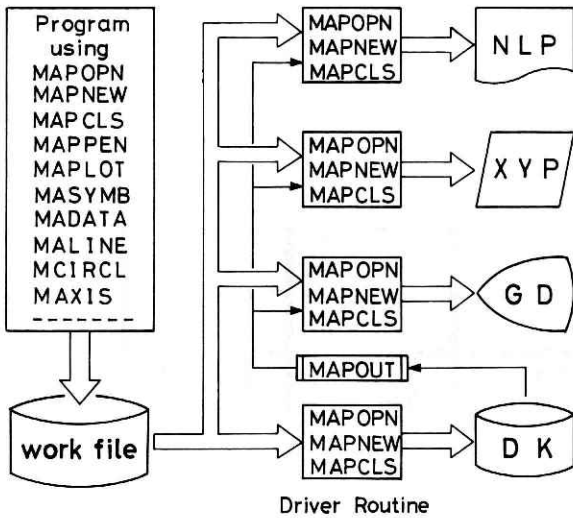


図1 図形処理パッケージ「MAPシステム」の概念

Fig. 1 Concept of the graphic subroutine package, "MAP system".

- (1) ECROSS : 震央分布図, 断面図, 時空間図等のSeismicity表示
- (2) ELIST : 震源, 検測, 波形情報各データのリスト
- (3) EMECHA : 発震機構解のリスト及び図表示
- (4) NRHYPO : 震源計算
- (5) NRMECA : 発震機構解計算

図2に本地震データ利用システムの全体構成図を示すが, 前節の(4)項に述べた如く, 上記の5つのプログラムは標準化された入出力ファイルを介して有機的に結合されており, あるプログラムの出力結果を別のプログラムの入力ファイルとしてそのまま使えるような設計がなされている。

各プログラムは, 登録されたカタログドプロシージャによる簡単なジョブ制御文と入力パラメータ群を与えてバッチジョブ形式で実行するか, または, 登録されたコマンドの投入により起動して対話式に入力パラメータ群を与えるTSS形式で実行される。いずれの場合でも, 殆どすべての入力パラメータは, その既定標準値が設定されているか, または自動的に適切な値がセットされるようになっており, ユーザは必要な項目のみを指定すればよいように設計されている。また, 震源分布図や発震機構解図などの図出力は, レーザプリンタ, XYプロッタ, グラフィックディスプレイ等, いずれの図形出力機器にも自由に出力できるようになっている。

次に, 以下の各節で, 本地震データ利用システムの各コンポーネントについて詳述する。

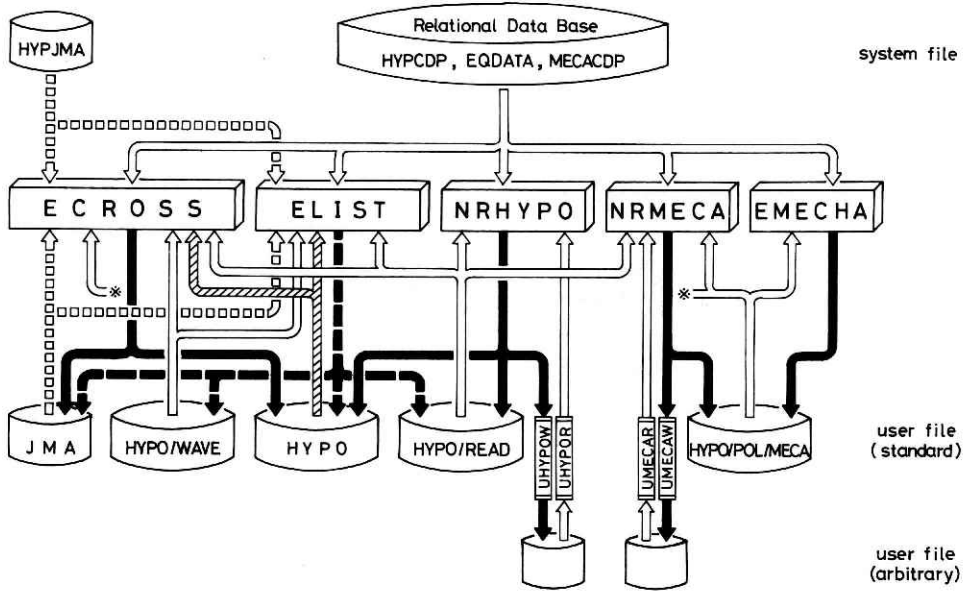


図2 地震データ利用システムの全体構成図

Fig. 2 Composition of the program system for utilization of seismic data.

#### 4. ECROSS : 汎用Seismicity表示ルーチン

震源データの構成要素である空間位置, マグニチュード(M), 発震時, 及び地震の発生回数

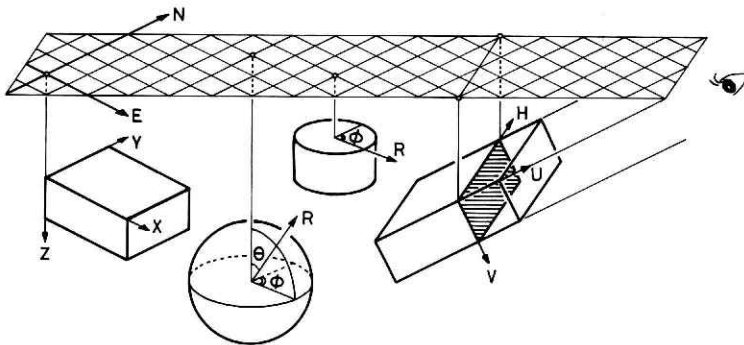


図3 地震データ選択時に指定可能な領域の種類

Fig. 3 Type of volume to select seismic data.

の諸量について、その任意の2つの間の相互関係を図示するためのルーチンである。対象とする地震は、発震時及びM範囲による選択条件並びに誤差や観測点数等による除外条件を課して指定する。対象領域としては、図3に示すように、経緯度領域(またはX-Y領域)、任意に傾いた直方体領域、円柱領域、球領域のいずれかを選択できるので、上記の空間位置に関しては9種の量が指定可能である。また、発震時に関しては時刻及びその対数の2種、発生回数についても区間回数・積算回数及びそのそれぞれの対数の4種が指定できる上、M及び地震回数に関する表示では、点グラフ式表現と線グラフ式表現のいずれかを選択できる。結局、縦軸・横軸に指定できる要素の組合せとしては、表1に○印で示すすべてが可能である。

これらの組合せのうち、主要なものの例を以下に幾つか示す。

- (1) 震央分布図：横軸に東西距離、縦軸に南北距離をとったものであり、図4に、時間範囲以外の各種パラメータをすべて既定標準値とした場合の出力例を示す。なお、震央分布図にはオプションとして、活断層、海溝軸、等水深線、観測点等のプロットを行う機能

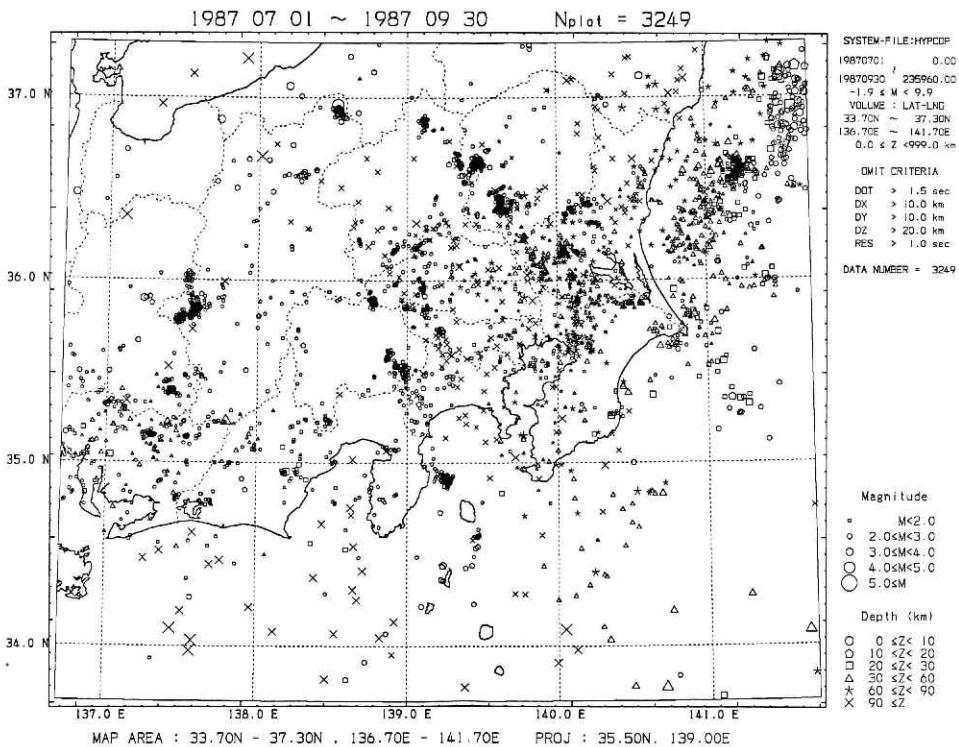


図4 震央分布図出力例(標準仕様)

Fig. 4 An example of the epicentral map (standard form).

表1 ECROSSで指定可能な縦軸・横軸量の組み合わせ。○：指定可，×：指定不可，△：地震回数nの代りに地震発生率f(回/日)を使用，塗りつぶされた組み合わせは図4～図10に出力例が示されている。

Table 1 Combination of the items used in ECROSS. ○：possible, ×：not allowed, △：occurrence rate f(/day) is adopted instead of number n. Closed symbols indicate that output samples are shown in Figs. 4 to 10.

abscissa ordinate	X	Y	Z	H	U	V	R	$\phi$	$\theta$	M	T	log T	Remarks
X	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	EW distance
Y	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	NS distance
Z	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Depth
H	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Horizontal distance
U	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Perpendicular distance
V	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Vertical distance
R	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Radial distance
$\phi$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Azimuth angle
$\theta$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Zenith angle
M	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	Magnitude (a)
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Magnitude (b)
T	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Time
log T	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
n	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	Number of earthquakes in division (a)
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	Number of earthquakes in division (b)
log n	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
N	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	Accumulated number of earthquakes (a)
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	Accumulated number of earthquakes (b)
log N	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

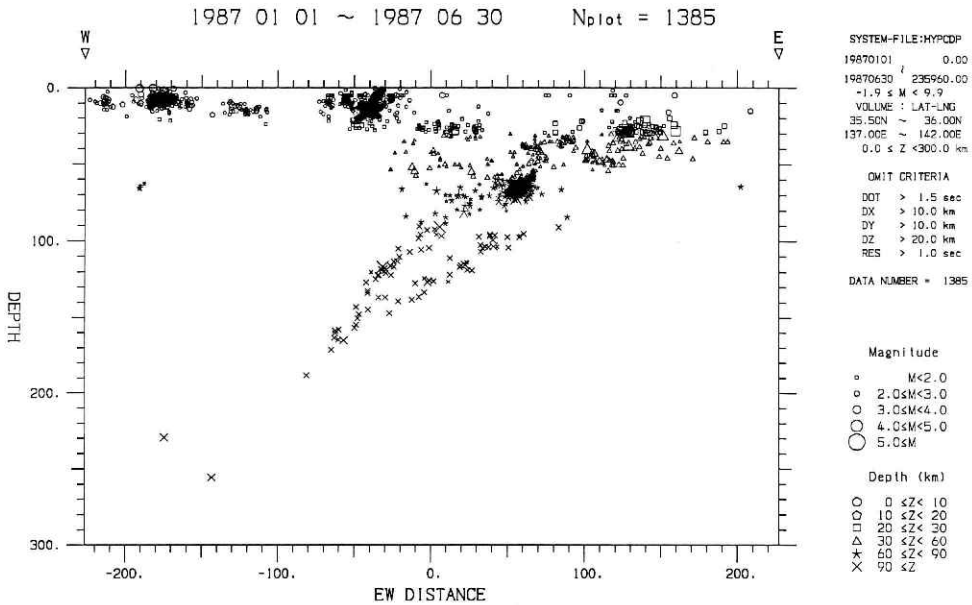


図5 震源断面図出力例

Fig. 5 An example of the cross section of hypocenter distribution.

がある。また、以下のすべての図についても共通することであるが、震源プロットに用いるシンボルの大きさのMによる区分け、シンボルのマーク及び色の、深さや発震時による区分けなどは、きめ細かな指定が可能である。

- (2) 震源断面図：横軸に東西・南北または任意の水平距離，縦軸に深さをとったものであり，図5にその出力例を示す。
- (3) 時空間分布図：一方の軸に時間，他方に任意の空間量をとったものであり，図6にその出力例を示す。なお，時間軸に付与される目盛等は，時間の始点と終点とから自動的に最も適切な表現がなされるようになっている。
- (4) 時系列図：横軸に時間，縦軸にMをとった例を，点グラフ式表現と線グラフ式表現の双方について，図7に示す。
- (5) 地震回数累積図：横軸に時間，縦軸に積算地震回数をとった例を，点グラフ式表現と線グラフ式表現の双方について，図8に示す。この場合，点グラフ式表現では区間地震数の単なる積算となるが，線グラフ式表現では横軸連続量に対する地震1個づつの積算がアナログ的に示される。
- (6) マグニチュード頻度分布図：横軸にM，縦軸に積算地震回数の対数をとって，線グラフ式表現で出力した例を図9に示す。このような図は，b値の算定に有用である。なお，積

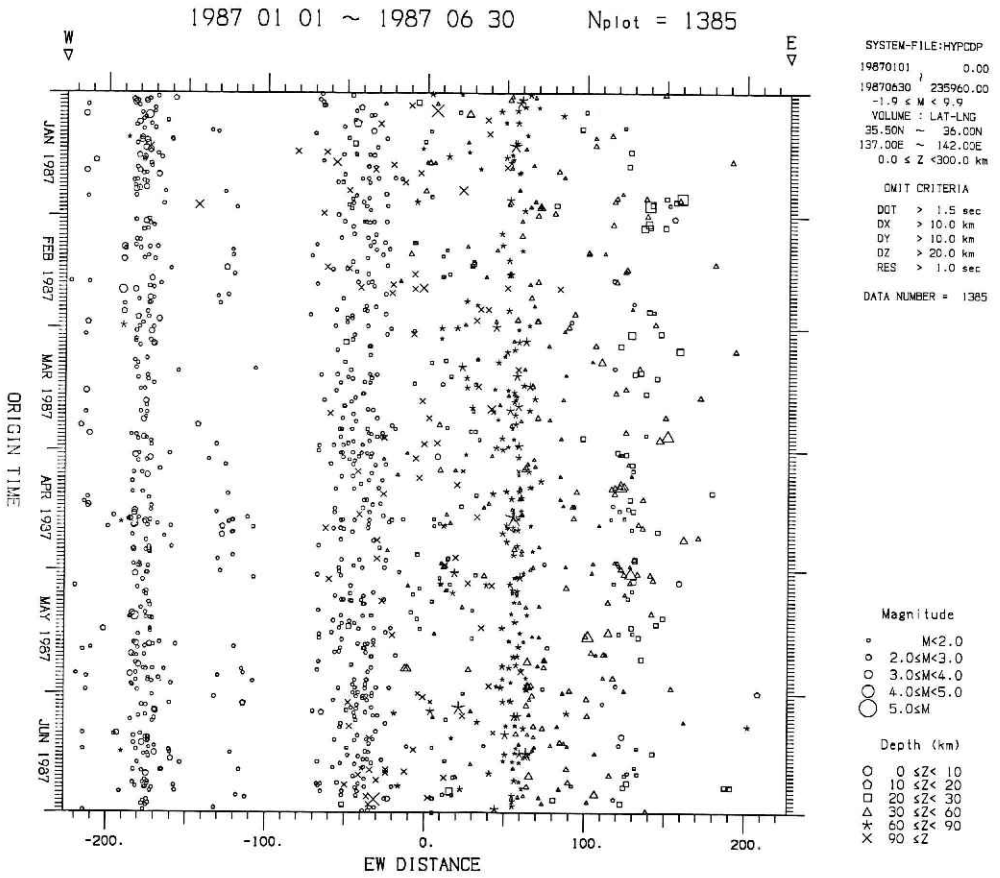


図6 時空間分布図出力例  
 Fig. 6 An example of the space-time plot of seismicity.

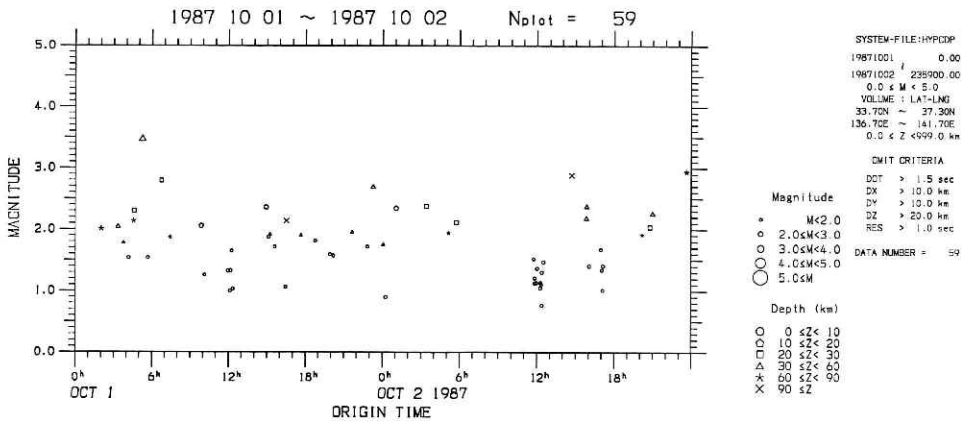


図7 (a) 時系列図出力例 点グラフ式表現  
 Fig. 7a An example of the time series plot. Point graph.



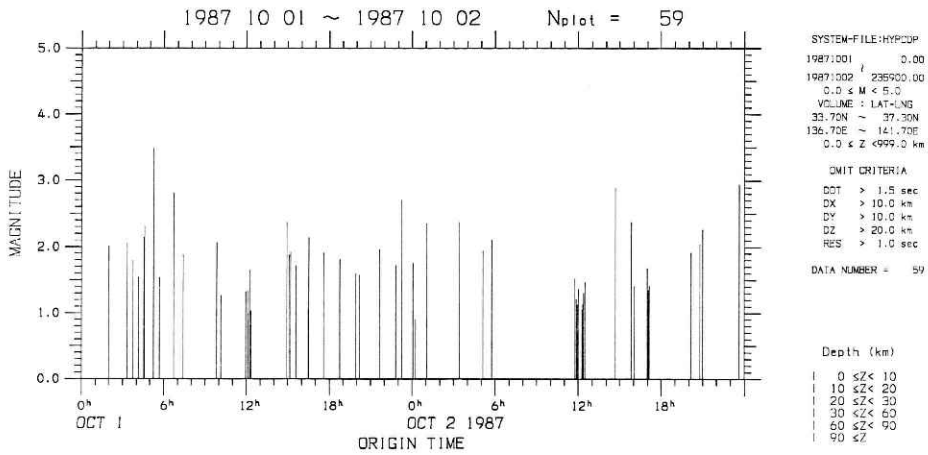


図 7 (b) 時系列図出力例 棒グラフ式表現  
**Fig. 7b** An example of the time series plot. Bar graph.

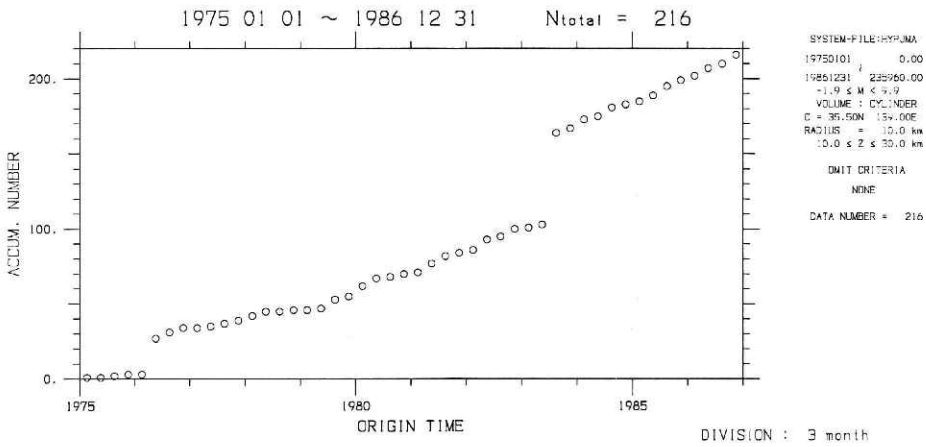


図 8 (a) 地震回数累積図出力例 点グラフ式表現  
**Fig. 8a** An example of the accumulated earthquake number plot. Point graph.

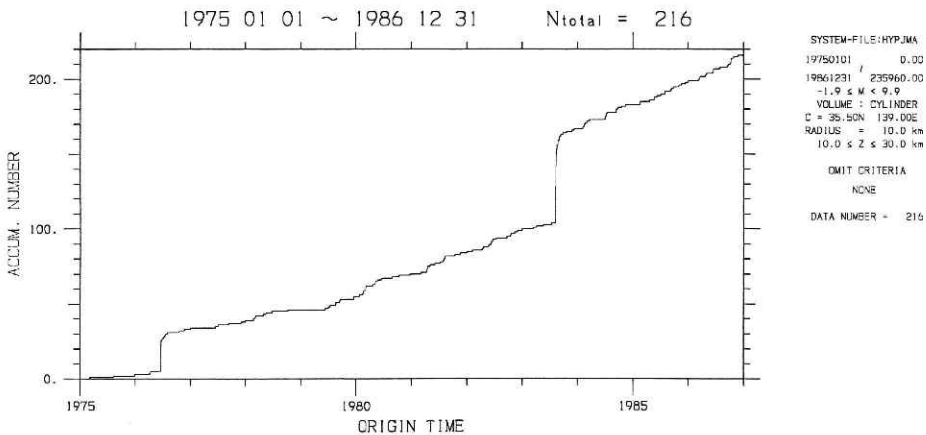


図 8 (b) 地震回数累積図出力例 線グラフ式表現  
**Fig. 8b** An example of the accumulated earthquake number plot. Line graph.

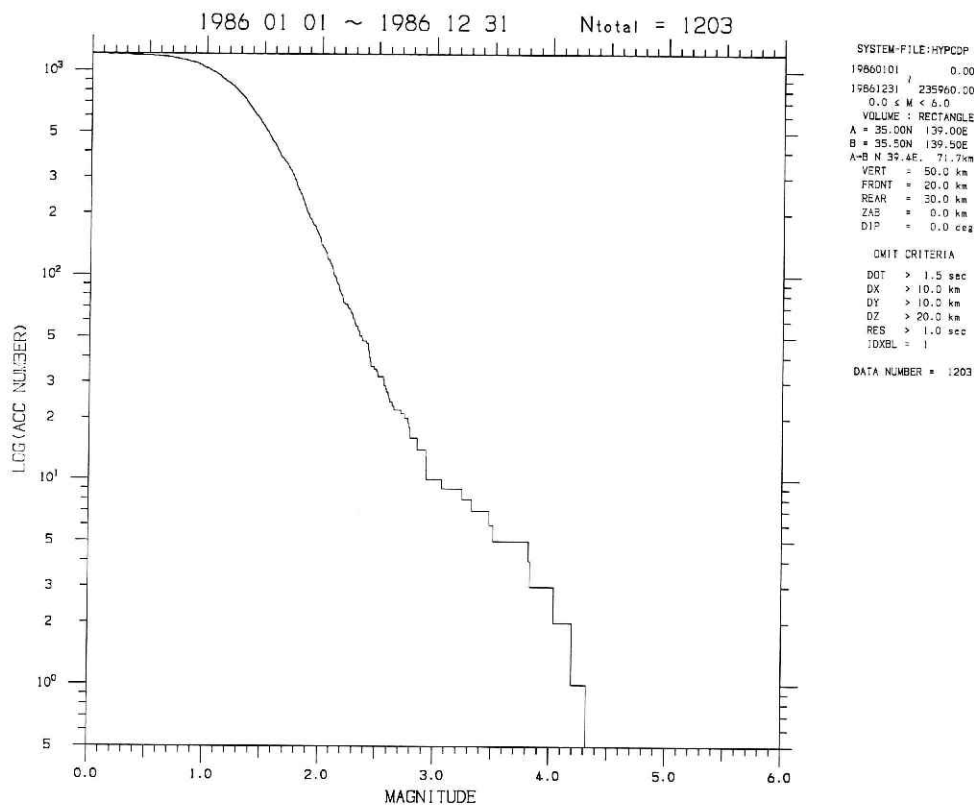


図9 マグニチュード頻度分布図出力例  
 Fig. 9 An example of the plot of magnitude-frequency relation.

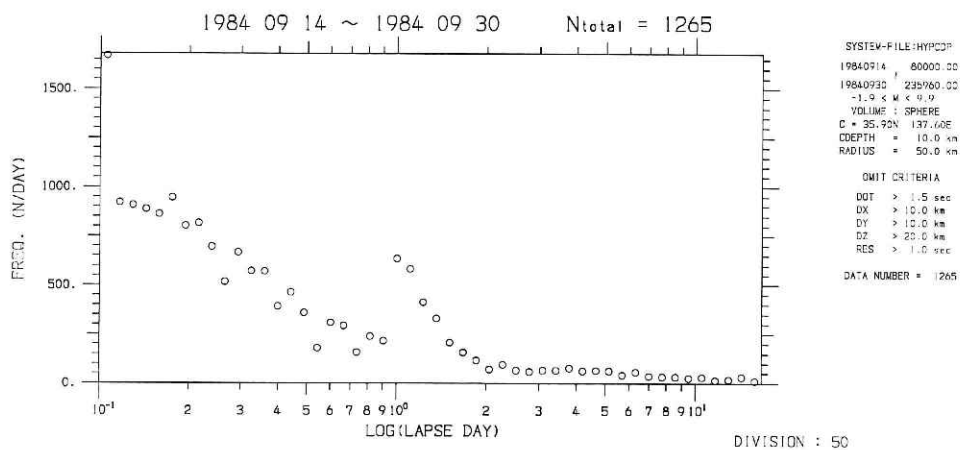


図10 地震発生率変化図出力例  
 Fig. 10 An example of the plot of earthquake occurrence rate.

算地震回数は、通常横軸量のある値より小さいものの数をとるが、MについてはあるMより大きいものを数える。

- (7) 地震発生率変化図：横軸に時間の対数、縦軸に区間または積算地震回数を指定した場合、特例として、縦軸の量は時間の対数を均等に分割してその中に含まれる地震の1日あたりの発生率を表わす。図10にその出力例を示すが、このような図はいわゆる大森公式の検証に有用である。

以上に例示したほか、たとえば深さ別の地震回数分布であるとか、円柱領域内での地震に関する中心からの距離分布や方位分布といった、様々の表現がこのルーチンで可能である。

## 5. ELIST：地震データリストルーチン

データベースに蓄えられる、震源情報並びに約80項目に及び地震波検測及び波形情報(松村・岡田・堀, 1988)を下記のような幾つかの種類に分けてリスト出力を行うルーチンである。出力対象とする地震は、ID番号や発震時で直接指定するか、またはECROSSと同様の選択及び除外条件を与えて指定する。

- (1) 簡易震源リスト：発震時・震源座標とその誤差、及びM、震央の領域名称等を出力する。
- (2) 標準震源リスト：発震時・震源座標とその誤差、及びM、観測点数、標準誤差等を出力する。
- (3) 震源／検測情報リスト：上記(2)に加え、各観測点における初動極性、P、Sの着震時・検測精度・振幅・O-C、及びS-P、F-P、M、震央距離、震源からの方位等を出力する。
- (4) 震源／波形情報リスト：上記(2)に加え、各観測点におけるP波の初動極性・初動振幅・最大振幅・最大振幅時・初動パルス巾、S波の最大振幅・最大振幅時、S-P、F-Pを出力する。
- (5) 震源／波形／スペクトル情報リスト：上記(4)に加え、各観測点におけるP波・S波の卓越周波数とそのパワー、2、4、8、16Hzのバンド別パワー、全体及び2、4、8、16Hzのコーダ波減衰定数及びコーダ振幅、P波共分散テンソル等を出力する。

これらのリスト及びユーザファイル出力にあたっては、発震時順、緯度順、経度順、深さ順、M順の何れかでソートが可能である。

## 6. EMECHA：発震機構解のリスト及び図表示ルーチン

データベース内に蓄えられる発震機構解情報のリスト及び下記のような図出力を行うルーチンである。出力対象とする地震は、ID番号や発震時で直接指定するか、またはECROSSと同様の選択及び除外条件を与えて指定する。

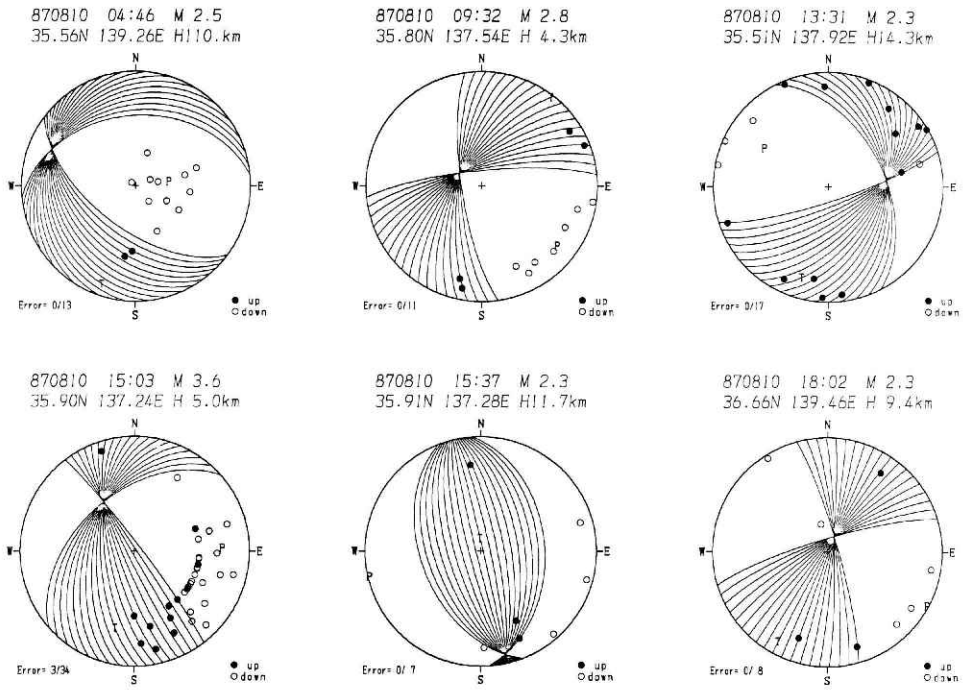


図11 発震機構解図出力例(標準仕様)

Fig. 11 An example of the mechanism diagram plot (standard form).

P, T DIAGRAM NDATA = 17

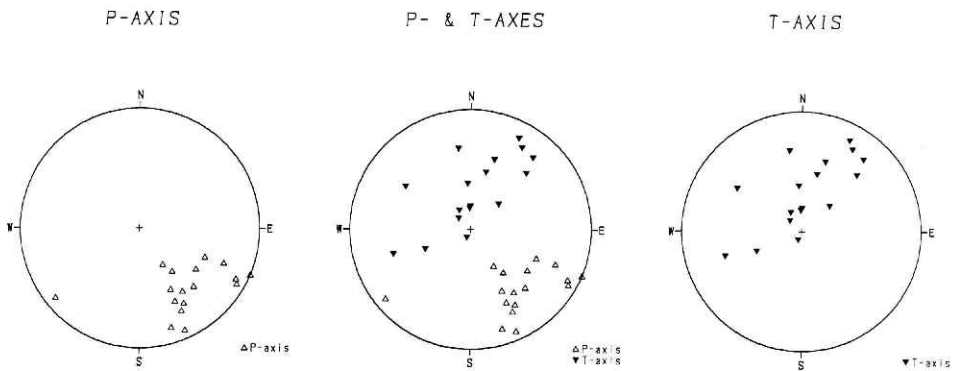


図12 P軸・T軸集成図出力例

Fig. 12 An example of the diagram showing P- and T-axis distribution.

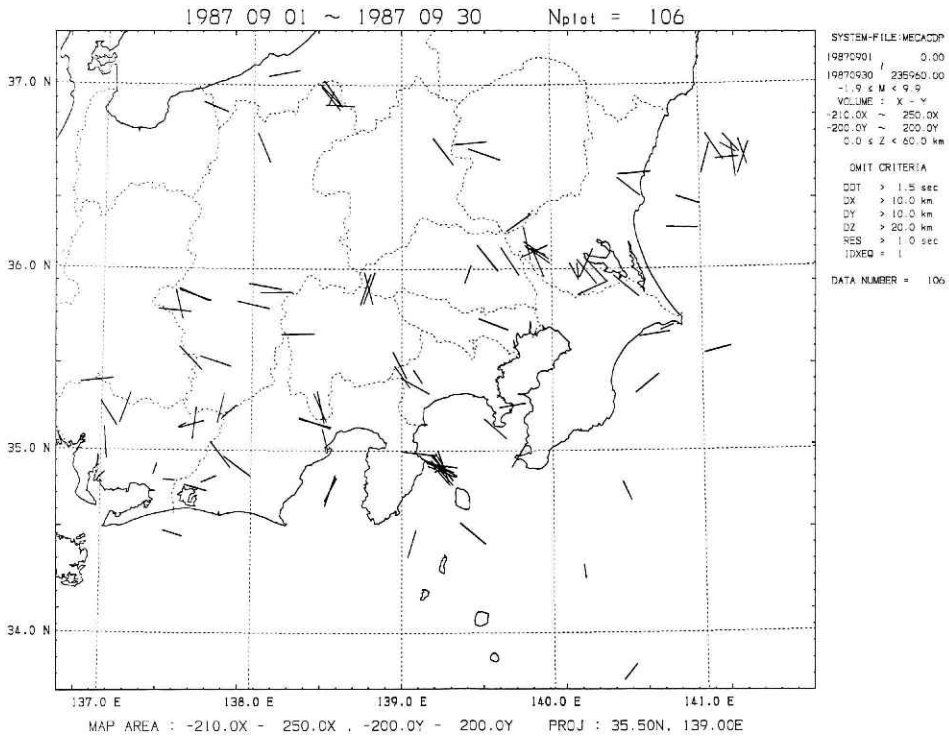


図13 P軸方位分布図出力例

Fig. 13 An example of the P-axis distribution map.

- (1) 発震機構解図：任意の視線方向から見た発震機構解図を表示する。標準の下半球等積投影の場合の出力例を図11に示す。押し引きのシンボルのマーク，大きさ，色は任意に指定可能である。
- (2) P軸・T軸集成図：指定された全地震の発震機構解のP軸・T軸の位置を，任意半球への等積投影図上に集成して表示する。図12に出力例を示す。
- (3) 発震機構解分布図：発震機構解図そのもの，またはP軸・T軸の方向を，地図上または東西・南北断面図上の震源位置に表示する。後者の場合，単に方向だけを示すモードと投影長で示すモードを選択できる。なお，任意直方体領域の地震を指定した場合は，任意方向から任意の俯角で覗き込んだ同様の図を出力する機能を有している。図13に，地図上にP軸方位をのせた出力例を示す。

## 7. NRHYPO：震源計算ルーチン

地震データ処理の定常作業で用いられている震源計算プログラム(岡田, 1988)を汎用の用途に拡大したものであり, 下記のような機能を有している.

- (1) 震源計算に使用する観測点の追加, 除外, または限定
- (2) 入力読取り値の修正および追加
- (3) 観測点補正値の組み入れ
- (4) 震源計算を行うP, Sの読取数基準値の変更
- (5) 深さが負になった際に固定する深さの数およびその値の変更
- (6) 収束判定の基準値および判定打ち回数の変更
- (7) 読取りデータを除外するO-Cの基準値および除外作業打ち回数の変更
- (8) 震央の(X, Y)座標を求めるための基準緯度・経度の変更

## 8. NRMECA：発震機構解計算ルーチン

地震データ処理の定常作業で用いられている発震機構解計算プログラム(岡田, 1988)を汎用の用途に拡大したものであり, 下記のような機能を有している.

- (1) 発震機構解計算に使用する観測点の追加, 除外, または限定
- (2) 入力極性読取り値の修正及び追加
- (3) 発震機構解計算を行う極性読取数基準値の変更
- (4) 解を探索する格子点の間隔及び軸回転刻みの変更
- (5) 発震機構解の出力数の指定(最大20種まで)

## 9. おわりに

現在までに整備を終えた地震データ利用ルーチンは, いずれも基礎的なものばかりである. しかしながら, 個々のルーチンには可能な限りの機能を詰め込んだため, プログラム自体は相当に複雑なものとなっている. あらゆる機能の組み合わせについて完全なチェックが行われた訳ではないので, ユーザの使用によって発見されたバグの修正を積み重ねることによって, より完全なものに近づけていく必要がある. その意味で, 本システムの整備は, 当センター第2研究部構成員の共同作業であるといえよう. 今後は, 現在のシステムを更に拡充するため, 他の種類のデータの利用ルーチンや, 地震, 地殻変動の理論計算プログラムを加える等して, より有用なシステムの整備を図っていきたい.

参 考 文 献

- 1) 岡田義光(1988)：震源計算・発震機構解計算プログラムの改良・国立防災科学技術センター研究報告, 41, 153-162.
- 2) 松村正三・岡田義光・堀貞喜(1988)：地震前兆解析システムにおける地震データ(高速採取データ)の処理. 国立防災科学技術センター研究報告, 41, 45-64.
- 3) 防災センター第二研究部(1987)：APE0システムマニュアル. 内部資料.

(1987年11月18日 原稿受理)