

地震データベース利用システムの開発

東京大学地震研究所	}	宮 武 隆
		瀬 瀬 一 起
日 本 I B M		吉 田 昌 信
東京大学地震研究所		鷹 野 澄
気 象 庁		津 村 建 四 朗
東京大学地震研究所	}	宇 津 徳 治
		宇 佐 美 龍 夫

(昭和 59 年 7 月 31 日受理)

要 旨

第4次地震予知計画の一環として地震予知観測情報ネットワークシステムが作成されつつある。これにより全国の7地域の大学の地震予知観測地域センターなどから地震の読み取り値と震源データがオンラインで地震研究所の地震予知観測情報センターに集められ、データベース化されて蓄積される。また JMA, NOAA, 古地震などのデータもデータベース化されている。

これらのデータベースを対話的にグラフィックディスプレイを使って検索するためのシステムが作成された。本システムはコマンドにより対話的に検索・処理ができ、結果はグラフィックディスプレイに分布図、時系列図などの形でモニターできる。これにより地震学、特に地震活動の研究が効率よく行なえる。本システムを使って地震学、および地震予知の研究が進展するものと期待される。

1. はじめに

現在、地震研究所地震予知観測情報センターと、全国の7地域の大学の地震予知観測地域センター等とをつなぎ、オンラインで地震データ（震源データと読み取りデータ）を収集する計画（地震予知観測情報ネットワークシステム）が進行中であり、これらはデータベースとして蓄積されつつある [安永・宇佐美 (1981a, b), 安永 (1982)]. これ以外にも、気象庁地震データベース（地震月報データ、速報版震源データ）、NOAA 震源データベース、古地震データベース（宇佐美による）も作成されている。ISC 震源データベースは作成中である。

このようにデータは蓄積されつつあるのだが、これを利用するための道具としては、会話検索用のものはなく、データベースからリストまたはファイル出力を取るバッチジョブしかなかった。

しかし地震データはリストの形よりもマップなどにしないと用をなさないことが多い。また地震データを扱う際、試行錯誤的にいろいろな観点から地震データを図に描き、これを見ながら考えることが多い。

これに対し現状では例えば震源分布図一枚描くのに、まず上記のバッチプログラムを流

して順データセットを作り、ジョブの終了後、別のジョブで図を作るプログラムを実行させなければならなかった。これでは非常に能率が悪い。データベースを対話的に検索してこれを直ちに震源分布図や時系列図にしたり、震源分布図上で範囲指定をしてデータベースを検索できることが望ましい。また最近では TSS による会話的利用が計算機の利用の主流になって、カード入力を知らない世代の利用者が多くなってきており、上記バッチスタイルのような時代後れのシステムは使われない傾向にある。

このような要求から開発されたのがこの『地震データベース利用システム』（以下『利用システム』または“SEIS”と呼ぶ）である。会話的検索が前提なので必然的に TSS のもとでデータベースをグラフィックディスプレイと連動させて会話的に使うことになる。なお、地震などの地球科学データを扱うためのデータベースシステムとしては、これまでに GEODAS [弘原海 (1975), 弘原海 (1980)], CAPE [宇佐美・島崎・牧・宮武・額額・宇野 (1981), 宇野・額額・宮武・牧・島崎・宇佐美 (1981), 東京大学地震研究所宇佐美グループ・日本 IBM (1982)] などがある。

2. システム概要

本システムの特徴は以下の5点ある。

1) コマンドによる対話処理

SEIS はコマンドによって処理が進められるシステムである。またパラメータの入力を容易にするためメニュー画面が多数用意されている。

2) 何種類かの端末をサポートする

このシステムは端末として、文字型端末 (IBM 3277, 3278, 3279), カラーグラフィック端末 (IBM 3279), モノクログラフィック端末 (IBM 3277+TEKRONIX 618), パーソナルコンピュータ (IBM 5550) が使える。

これらの端末は機能が異なり、使うプログラムも別になる。このような端末の識別はシステム起動時に自動的に行うようにしている。

3) グラフィックディスプレイでの表示, 検索

地震学は理論にしてもデータ解析にしても研究上、図を描く作業が大変多い。データから何か得ようとする、いろいろな観点から試行錯誤的に図を描き、それを見ながら考えることになる。

この目的にグラフィックディスプレイは不可欠であり、本システムではこれを使った以下の図の作成のためのコマンドが用意されている。

- (1) 震央分布図 (深さ別)
- (2) 活断層分布図
- (3) 震源の垂直断面分布図
- (4) 時空間分布図
- (5) 時系列図
- (6) マグニチュード頻度分布図
- (7) 震央分布図上での検索

4) ワークファイル

- SEIS でデータベースを条件検索すると、検索結果の内、データベースのキイ情報とその他緯度・経度など若干のデータを一旦ワークファイル上におとす。このワークファイルは順に WORK 01 から WORK 10 まで最大 10 個まで使える。10 を越すと WORK 01 から再利用する。このワークファイルに対して内容の表示、震源分布図、時系列図などを作成するといったコマンドが使える。これらのコマンドはワークファイルを読んでデータベースのキイ情報を得、これによりデータベースを効率よく読み必要な処理をする。条件検索のコマンド SELECT は勿論データベースが対象であるが、WORK 01 から WORK 10 までのワークファイルも検索対象にできる。従って条件検索したデータからさらに条件検索してデータを絞りこんでいくことができる。(Fig. 9)
- 5) 対象データベースは地震予知観測情報ネットワークシステムで作成されたデータベースと利用システムのために作成した VSAM データファイルである。

3. コマンドとメニュー

このシステムはコマンドにより対話的に処理が進められる。コマンドが入力されると多くの場合、さらに次に必要な処理のためのフルスクリーンの入力画面が表示される。このメニュー画面には使用者の便宜のため、あらかじめデフォルト値がセットされている。コマンドは以下のようなものが用意されている。

1) ユーザサポートコマンド: HELP, INFORM

使用者にシステムの使い方を表示したり、また使用可能なデータベース、データファイル名を知らせる。

```

REQUEST : SELECT JMA I < , > 47032 RECORDS
SPECIFY RETRIEVAL CONDITIONS.
1. DATE E YYYY/MM/DD (+ 1980 / 01 / 01) -- (+ 1980 / 12 / 31)
2. TIME HH:MM:SS.SS (00 : 00 : 00 . 00) -- ( 23 : 59 : 59 . 99)
3. LONGITUDE DDD.DDDD ( 138 . 0000 )(E) -- ( 140 . 0000 )(E)
4. LATITUDE SDD.DDDD ( 34 . 0000 )(N) -- ( 36 . 0000 )(N)
5. DEPTH KKK.KK ( ( . 00) -- ( 100 . 00)
6. MAGNITUDE SM.MM ( -9 . 99) -- ( +9 . 99)
7. INCLUSION OF UNDETERM. DATA < Y/N >.
   LON_LAT ( N )
   DEPTH ( N )
   MAGNITUDE ( N )
   PASSWORD ( )
--->

```

Fig. 1. Select—Entry panel.

```

REQUEST : BROWSE WORK01 < JMA , I > 729 RECORDS
DATE NO TIME LON. LAT. DEP. H LOCATION
A 19800112 1259 36.7 138.133E 35.666N 010. 2.2 CENTRAL CHUBU
B 19800114 1647 24.0 138.500E 35.066N 010. 2.5 S COAST OF CHUBU
C 19800118 2313 35.5 139.633E 35.716N 040. 2.3 SOUTHERN KANTO
D 19800120 1631 31.5 138.066E 34.816N 020. 2.8 S COAST OF CHUBU
E 19800122 1132 11.5 138.916E 35.433N 030. 2.4 CENTRAL CHUBU
F 19800130 2126 19.0 139.233E 34.266N 030. 2.6 S OFF CHUBU
G 19800207 2308 11.1 139.966E 35.116N 050. 3.4 TOKYO BAY REGION
H 19800214 0045 25.2 138.966E 34.766N 010. 2.6 IZU PEN REGION
I 19800214 1558 02.2 138.966E 34.766N 010. 2.6 IZU PEN REGION
J 19800215 0154 00.5 138.966E 35.500N 030. 3.2 CENTRAL CHUBU
K 19800215 0221 01.0 138.866E 35.483N 010. 2.2 CENTRAL CHUBU
L 19800218 1253 21.7 140.000E 35.866N 040. 2.8 SOUTHERN KANTO
M 19800221 0213 06.0 138.966E 35.500N 020. 2.8 CENTRAL CHUBU
N 19800229 1736 24.0 138.000E 35.316N 010. 2.2 SOUTHERN CHUBU
O 19800301 0539 29.6 139.500E 35.650N 050. 2.4 SOUTHERN KANTO
P 19800304 1532 12.9 139.283E 35.763N 060. 3.1 SOUTHERN KANTO
Q 19800305 0221 06.8 139.616E 35.200N 090. 3.0 SAGAMI BAY
R 19800306 0625 22.1 139.466E 35.200N 050. 3.4 SAGAMI BAY
S 19800306 1141 32.1 138.966E 35.516N 020. 3.0 CENTRAL CHUBU
T 19800309 2222 08.8 139.966E 35.666N 060. 3.3 SOUTHERN KANTO
---> _

```

Fig. 2. A display of earthquake data by "browse" comand.

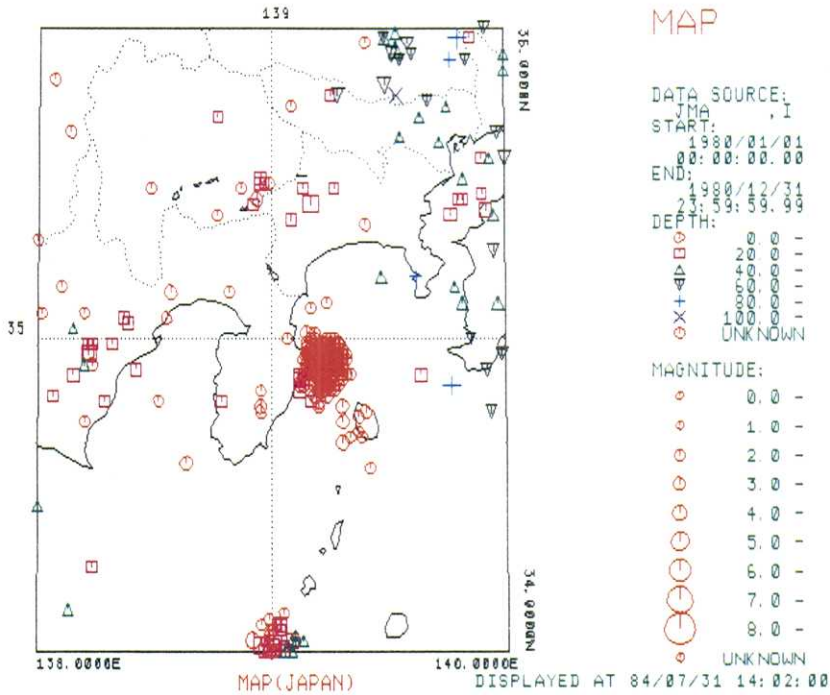


Fig. 3. A display of epicentral map by "map".

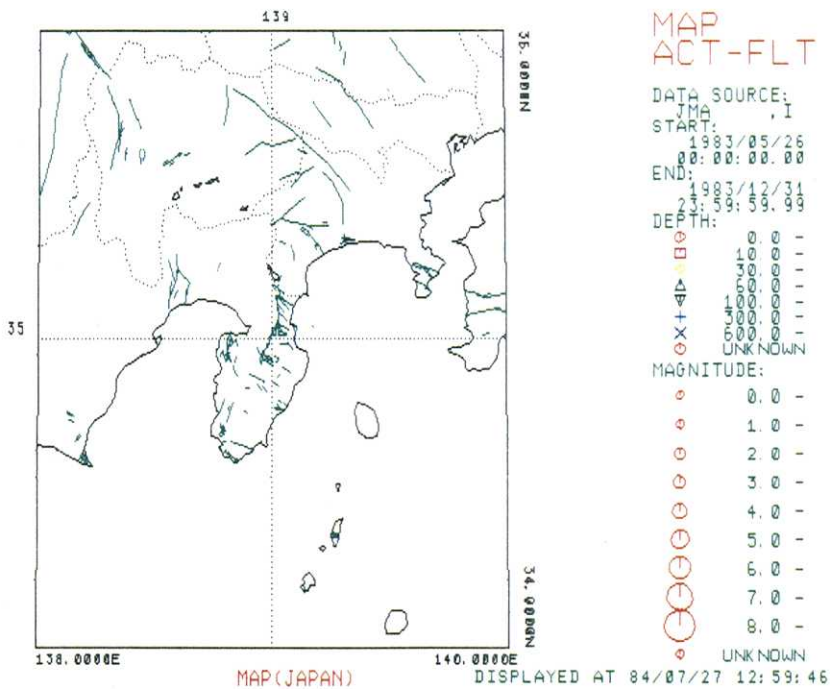


Fig. 4. A display of the active faults near the Izu peninsula by "map".

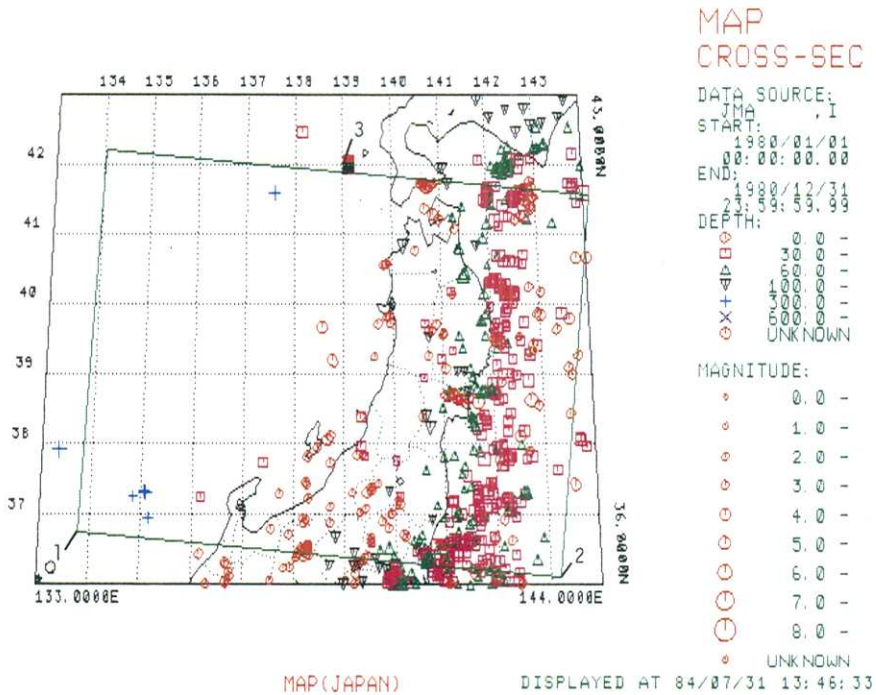


Fig. 5(a). Operation in "map cross-section".

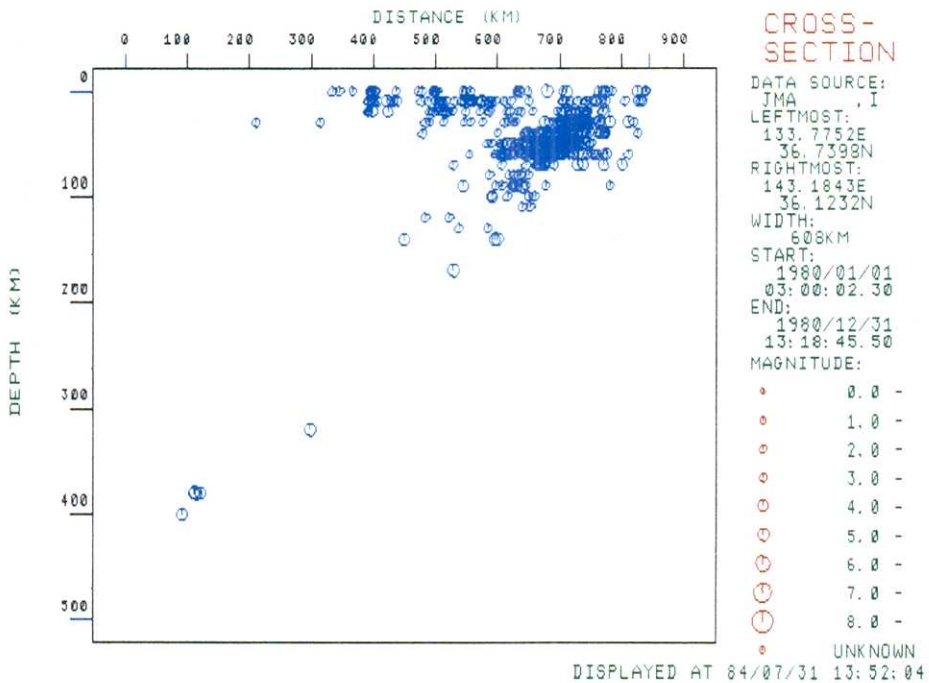


Fig. 5(b). Vertical cross-section of hypocenter distribution in the Tohoku area.

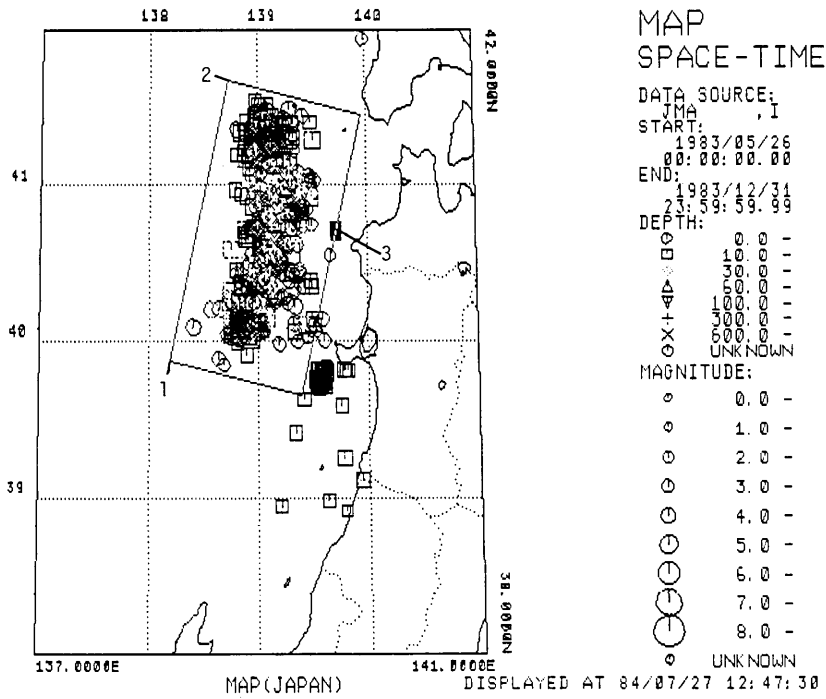


Fig. 6(a). Operation in "map space-time".

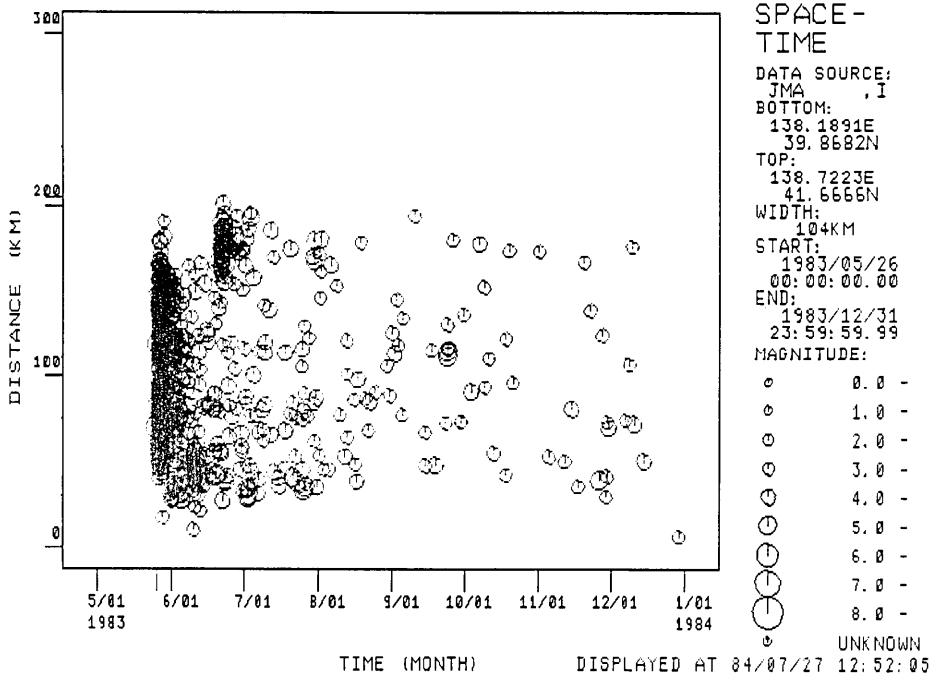


Fig. 6(b). A space-time plot by "map space-time".

- 2) データベース及びデータファイル検索コマンド: **SELECT**
データベース, データファイルの検索を行う。
- 3) データ表示コマンド: **BROWSE, LIST**
検索結果を表示する。
- 4) グラフィックコマンド: **MAP, TIME, MAGNITUDE, STATION**
検索結果をグラフィックディスプレイに図示する。(Fig. 2)
- 5) 検索データ管理コマンド: **SAVE, KEEP, DELETE, SORT**
検索結果のファイルの管理を行う。

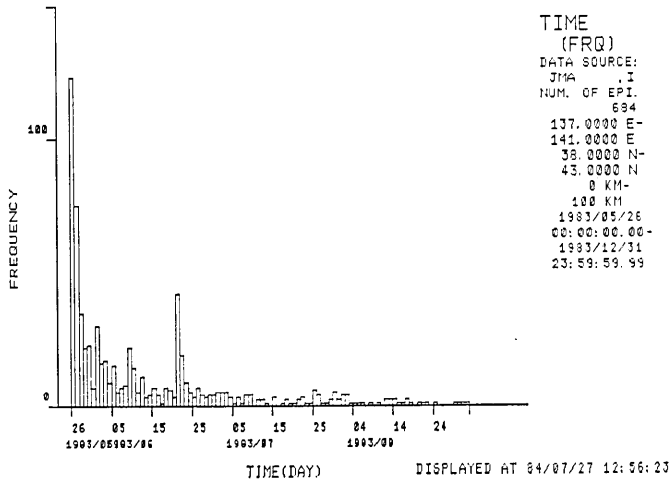


Fig. 7. A time-frequency plot by "time".

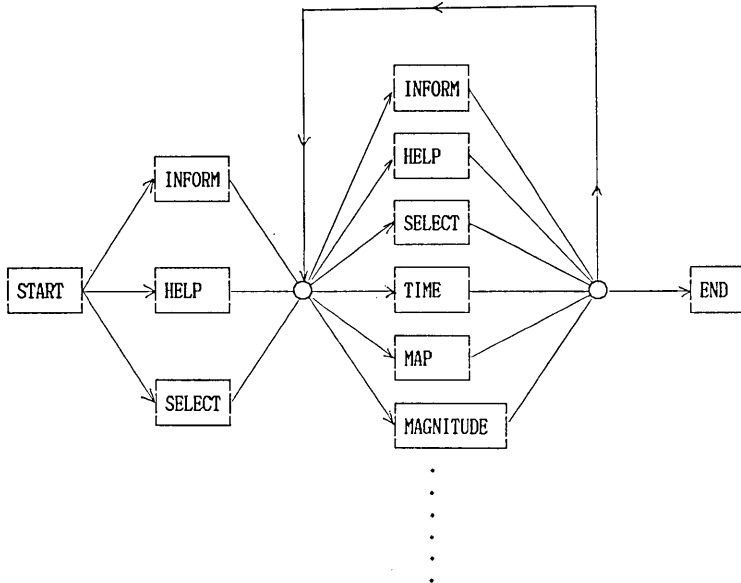


Fig. 8. Operation flow in "SEIS".

前節に述べたように本システムは検索結果からキーから成るワークファイルを作り、これを中心に処理が進められる。従ってシステム起動直後入力できるコマンドはワークファイルを入力として使わないコマンド(上記 1, 2) だけである (Fig. 8)。データベースを検索すればワークファイルが作られるので、その後は全コマンドが入力可能である (Fig. 9)。

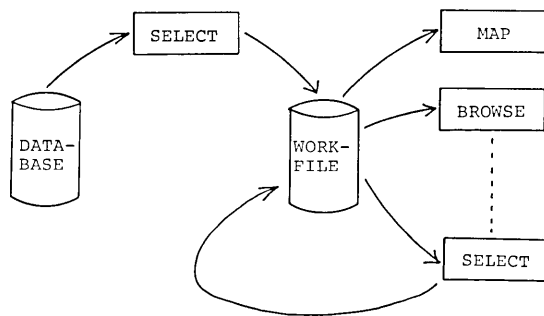


Fig. 9. Relation between command and workfiles.

コマンドの詳細は表 1 に示す。このうち MAP コマンドは機能が大きく多少複雑なので操作の基本的流れを Fig. 10 に示してある。

MAP コマンドに関連して地図の投影法についてふれる。本システムでは CAPE システム [東大震研・日本 IBM (1982)] と同様サンソン図法の近似である以下の投影法を使う。

$$x = \lambda \cos \phi_0 - (\phi - \phi_0)(\lambda - \lambda_0) \sin \phi_0$$

$$y = \phi$$

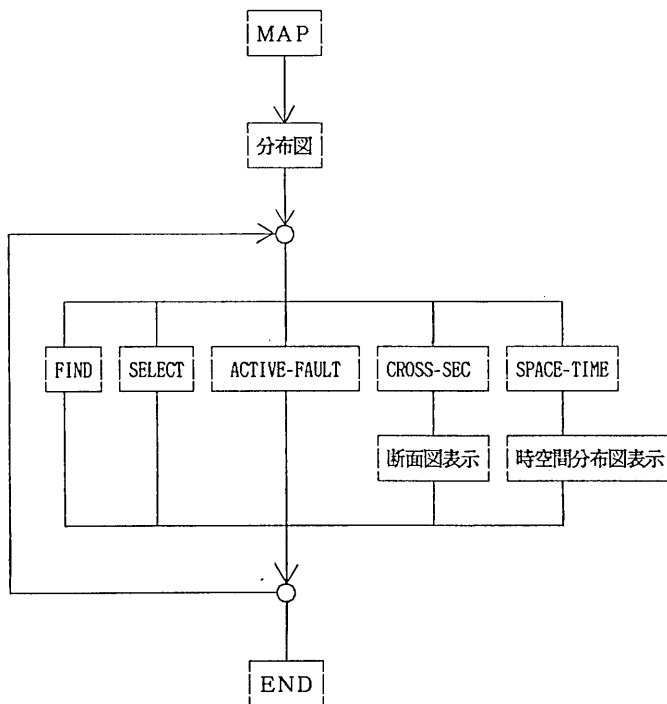


Fig. 10. Operation flow in "MAP".

表 1

HELP	利用システムでのコマンドの機能、使い方などを表示する。
INFORM	利用できるデータベース、データファイル、ワークファイルの情報を表示する。
SELECT	地震データベースまたはワークファイルを条件検索する。コマンド入力後、地震の日時、位置、規模などの範囲の検索条件を指定するメニュー画面に変わる (Fig. 1)。結果の一部 (データベースのキイ情報など) はワークファイルに書き出される。
BROWSE	SELECT により選択されたワークファイルを対象にして地震データを表示する (Fig. 2)。表示画面のなかで、サブコマンド SHOW により指定した地震データの観測値データも表示できる。
LIST	BROWSE に似ているのだが震源データと観測値データを一緒に表示する点で異なる。
MAP	SELECT で選んだデータから震央分布図を作成し (Fig. 3)、さらにこの図でデータの検索、活断層の表示、断面図、時空間分布図表示などができる。これらは以下のサブコマンドでおこなわれる。 1) FIND 震央分布図上で中心と円周上の1点または半径をカーソルなどで指定し、この円内の地震データの情報を画面上に表示する。 2) SELECT 震央分布図からカーソル指定により地震データを選び出す。このデータからはワークファイルが作られる。 3) ACTIVE-FAULT 震央分布図上に活断層分布図を重ねて描く (Fig. 4)。【活断層研究会 (1980)】 4) CROSS-SECTION 震央分布図上から軸、幅を指定して断面図を描く (Fig. 5a, b)。 5) SPACE-TIME 震央分布図上で軸、幅を指定して時空間分布図を描く (Fig. 6a, b)。
TIME	SELECT により選択されたワークファイルから時系列図を作成する (Fig. 7)。なお横軸は時間であるが、縦軸は頻度またはマグニチュードのどちらか選択できる。さらに横軸縦軸とも (縦軸は頻度の場合だけ) 対数をとることもできる。
MAGNITUDE	SELECT されたデータのマグニチュード頻度分布図を作成する。
SAVE	SELECT されたデータを標準の順データセットに出力する。
KEEP	SELECT されたワークファイルをそのまま恒久ファイルにコピーする。
DELETE	SAVE, KEEP により作成されたファイルを消去する。
SORT	ワークファイルを地震発生日、発震時、緯度、経度、マグニチュード、深さの内3項目以内で降順、昇順に並び換える。結果は新しいワークファイルにとられる。
STATION	日本の大学の微小地震観測点と気象庁の地震観測点の情報を表示する。なおマップ上にプロットすることもできる。

なお、 ϕ_0 , λ_0 は領域の中心の緯度、経度である。この図法は計算が簡単（特にカーソル読み取りの際の逆変換）なので対話プログラムに有利である。

MAP コマンドのなかで CROSS-SECTION, SPACE-TIME で軸・幅の指定が要求される。このやり方は以下の通りである。まず2点を指定し、これを結んで軸とする (Fig. 6a で図中の番号 1, 2 の点)。次にもう1点を指定して幅と投影方向を決める (Fig. 6a で番号 3 の点)。この際、軸を赤道とする座標系に変換し、幅を緯度とし、はじめの2点と経度が同じ等緯度の2点を求め、球面上の4角形をつくる。CROSS-SECTION, SPACE-TIME では、変換された座標系の経度が使われる。

これら3点の座標（または軸を指定する2点の座標と km 単位で指定した幅）は数値で入力することも、震央分布図上でカーソルにより指定することもできる。

4. データベース/データファイル

このシステムで使えるデータベースとしては、地震予知観測情報ネットワークシステムで作られた、リアルタイムデータベース (7 地域分)、再観測データベース (7 地域分)、全国震源データベース、気象庁地震データベース、NOAA 震源データベース、ISC 震源データベースがある。またこれ以外にもこのシステムのために VSAM ファイルを使った気象庁地震データファイル、NOAA 地震ファイルがある。これ以外の地震データを格納するため、個人用地震ファイルがある。このファイルには、ある決まった形式で地震データを入力できる。そして決められた形式でデータを用意すれば、VSAM から構成される個人用地震データファイルを作成するプログラムが用意されている。個人用地震ファイルは、各 TSS で作成できる。また他の TSS ユーザーからのアクセスもパスワードにより可能である。なお宇佐美による古地震データは個人用地震ファイルの一つとして格納されている。

オンライン系のデータベースは IMS/VS というデータベース管理システムを使っているが、このデータベースのなかで震源データ・観測データはリアルタイムデータベース、気象庁地震データベース等のデータ種別毎に全く別のフィールドをもっている。一方 VSAM 系の地震ファイルは地震データ・観測値データを日時、位置、規模などの地震データ共通部と表面波マグニチュード、実体波マグニチュード、地名、管理項目などの各地震ファイル固有の部分に分けてある。

VSAM ファイルはキイを複数作れるという特徴がある。そこで VSAM 系の地震ファイルには、年月日によるキイと位置（緯度経度 1 度メッシュ）によるキイの 2 種類をもたせた。これを使うと特定の日時の地震を検索する場合や、特定の地域を検索する場合に有効である。IMS 系でも副次索引の機能はあるが、オンライン系でこれを使うとデータ収集の効率に影響するため実際には使えない [日本 IBM (1979)]。

これ以外に補助的なファイルとして、日本の海岸線、世界の海岸線、日本の活断層のファイルがある。これらのデータは MAP の中で使うもので、対話処理のため迅速にファイルアクセスの必要がある。このためデータは $1^\circ \times 1^\circ$ のメッシュに分割し、キイを持たせた VSAM ファイルとして格納した。

5. 地震学の応用的研究

現在、このシステムは出来上がったばかりで、研究成果の発表は今後に期待されている。一例として最近著者の一人によって行われた以下のような研究を簡単に紹介しよう [宮武 (1984)].

震源過程と余震分布：弾性体内に切れ目（地震断層）を入れるとこの端で応力集中が起こる。内陸の横ずれ断層などで断層の両端に、この応力集中が原因らしい余震の集中が存在することが多い (Fig. 11)。このような余震は断層両端に同じように発生してよいはずなのに、よく見ると片方の端にのみ多く起こることがある。最近の震源過程の研究から、その余震の多い片端というのは、どうやら震源過程の破壊停止端らしい。そのような例の

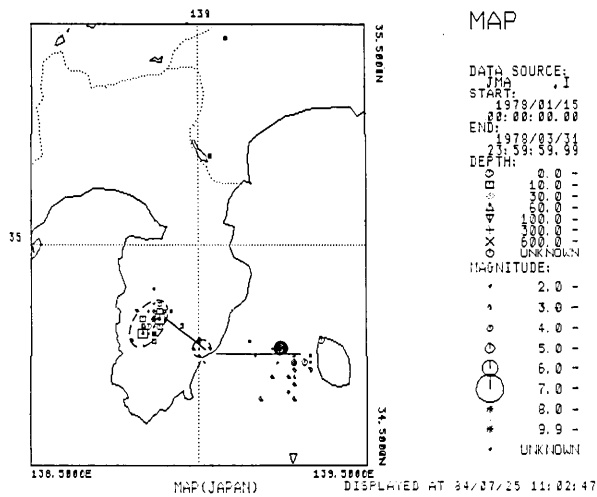


Fig. 11. (a)

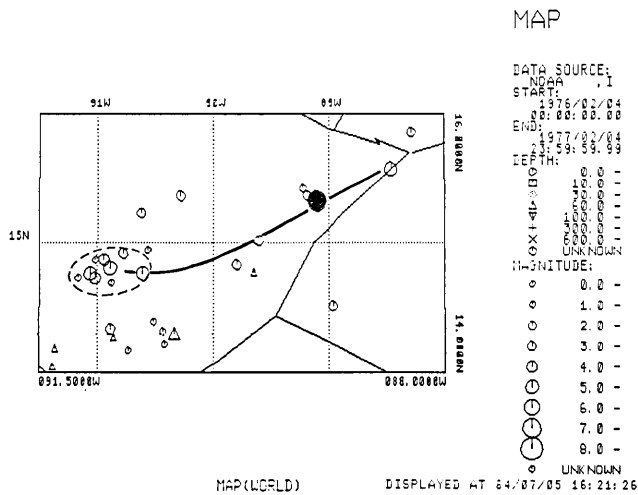


Fig. 11. (b)

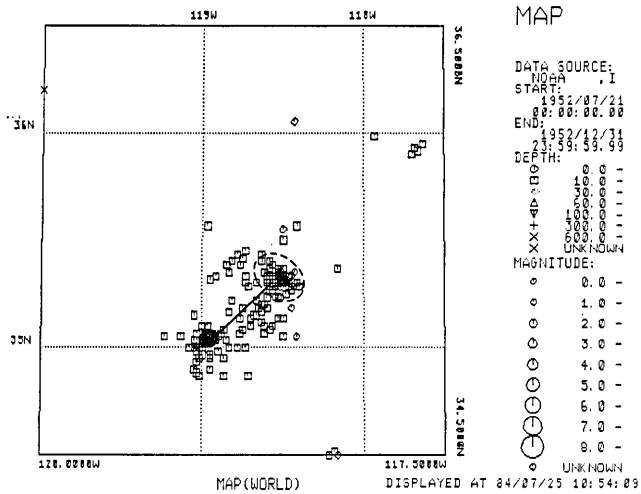


Fig. 11. (c)

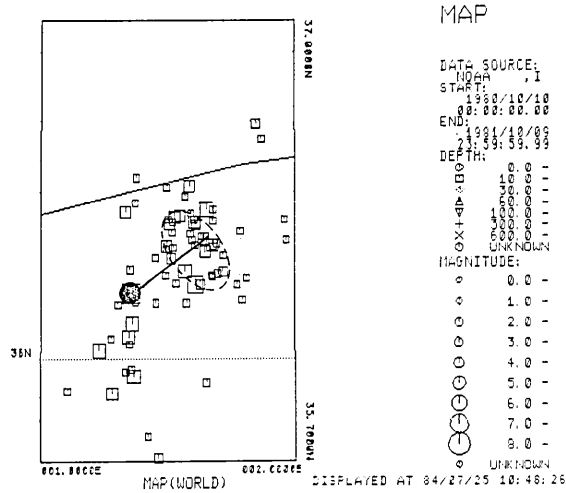


Fig. 11. (d)

Fig. 11. (a) Aftershock distribution of 1978 Near Izu-Oshima earthquake. Closed circle and solid lines signify the epicenter and earthquake fault of main shock. (b) Aftershocks of the 1976 Guatemala earthquake. (c) Aftershocks of the 1952 Kern County earthquake. (d) Aftershocks of the 1980 El Asnam earthquake.

いくつかを、地震データベース利用システムで示そう。コマンドは SELECT, MAP を使った。Fig. 11 で (a) は 1978 年伊豆大島近海地震 (気象庁震源データ), (b) 1976 年 GUATEMALA 地震 (NOAA 震源データ), (c) 1952 年 KERN COUNTY 地震 (NOAA 震源データ), (d) 1980 年 EL ASNAM 地震 (NOAA 震源データ) について示す。これらの地震の震源過程はすでに解析されており、破壊伝播過程はほぼユニラテラルの地震である。これらを見ると『ユニラテラルの地震では破壊の停止端付近に余震が多い』ように

思える。これ以上の議論は、他の地震も含めて、本震直後の精度の良い余震観測の結果を使っておこなわなければならない。詳細は宮武 (1984) に述べる。しかしいま示したように、あとで精密な処理をやるにしても、最初の段階で仮説を確かめるのにかなり有効であった。

6. 議 論

このシステムは震源データを使うほとんどの図（震央分布、時系列、時空間、マグニチュード頻度分布、断面図）をデータベースから対話的に描くことができる。これ以外の特殊なものは一旦 OS ファイルに出力して各自のプログラムで行なえる。これに対し、他のデータベースシステム、例えば CAPE は各自のプログラムをシステム内にコマンドとして簡単に登録でき、CAPE システム内で CAPE コマンドと同じように実行できる。この点、本システムはまだ不十分である。

このシステムはもともと現在進行中の地震予知観測情報データベースシステムのデータを使いやすくする目的で作成されたものである。データベースを改良すると本システムが効率良く動く可能性もあったが、この方法は取らなかった。この点も今回の開発の限界の一つであった。

データベースにも関係あるのだが現時点で全体にパフォーマンスが悪い。この点について現在、方式から検討・改良中であり、今後改善される予定である。

以上のような問題を持ってはいるが、このシステムは TSS で対話的にデータベースを検索し結果をグラフィックディスプレイでモニタできる点で大変すぐれていて、震源データを使う研究が効率良くできる。他の研究でも地震カタログを調べるような時には直接カタログを調べるのに比べはるかに能率的である。

もう一つの重要な利点は利用者が震源データを図に描くプログラムを作らなくてよいことである。データ検索もそうなのだが、図を描くプログラムは意外と労力が必要である。研究者が仮説の検証などで震源データを扱おうとした時、まずそのためのプログラムを用意する必要が生じる。地震活動を専門に調べている研究者であれば、すでにその目的のプログラムは多少は用意しているかもしれない。しかし地震活動以外の研究者の場合まずこのようなプログラムの蓄積はない。このための労力は問題によっては大変なものであり場合によっては研究自体中止せざるを得ないこともある。今回開発した利用システムを使って、このバリアーを飛び越し、地震学及び地震予知の基礎的研究が大いに進展することを期待する。

謝 辞

このシステムの開発の前半に我々の組織のリーダーとして開発に加わった、現在国文学研究資料館の安永尚志助教授、開発のためのミーティングに毎回加わった情報処理室・共用システム室、日本 IBM の方々に感謝いたします。また地震データの扱いに苦労されたプログラマー、システムズエンジニアの方々に感謝いたします。最後に細かい所まで原稿を査読して下さった査読者の方々に感謝いたします。

文 献

- 活断層研究会, 1980, 日本の活断層——分布図と資料, 東京大学出版会.
- 宮武 隆, 1984, 断層の破壊過程と余震分布, 準備中.
- 日本 IBM, 1979, IMS/VS データベースシステム入門.
- 東京大学地震研究所宇佐美グループ・日本 IBM, 1982, パートナースhipプログラム地震予知研究基礎システム協同研究報告書.
- 宇野 栄・額額一起・宮武 隆・牧 正・島崎邦彦・宇佐美龍夫, 1981, CAPE システムのデータベース, 地震学会講演予稿集, No. 2, P 03.
- 宇佐美龍夫・島崎邦彦・牧 正・宮武 隆・額額一起・宇野 栄, 1981, CAPE システムの基本構想, 地震学会講演予稿集, No. 1, C 38.
- 弘原海清, 1975, 地質科学用データベース・システム (GEODAS) の背景とシステム概念——GEODAS の解説, 情報地質, No. 1, 8-12.
- 弘原海清, 1980, 大阪大学大型計算機センターに導入された地球学データベースシステム, 情報地質, No. 5, 49-61.
- 安永尚志・宇佐美龍夫, 1981a, 地震予知観測情報 ネットワークシステム, 情報処理学会 全国大会, 1E-6.
- 安永尚志・宇佐美龍夫, 1981b, 地震予知研究のための観測情報 ネットワークシステムの構成, 情報処理学会分散処理システム, 11-6.
- 安永尚志, 1982, 地震予知研究の促進とコンピューター・システムの活用, *IBM Review*, 86, 141-158.
-

*An Interactive System to Use Earthquake Database
by Graphic Display*

Takashi MIYATAKE, Kazuki KOHKETSU

Earthquake Research Institute

Masanobu YOSHIDA

IBM Japan, Ltd

Kiyoshi TAKANO

Earthquake Research Institute

Kenshiro TSUMURA

Japan Meteorological Agency

Tokuji UTSU, and Tatsuo USAMI

Earthquake Research Institute

The University Information System for Earthquake Prediction has been developed as a part of the fourth earthquake prediction program. In this system, data of arrival time and hypocenter are corrected at the Earthquake Prediction Data Center in the Earthquake Research Institute, University of Tokyo from regional centers for earthquake prediction of universities, and these data are stored in the database system. The JMA earthquake data of hypocenters and arrival times, Usami historical earthquake data and NOAA earthquake data are also compiled. An interactive system of graphics displaying these databases called the SEIS system is developed. The SEIS system has the following features,

- 1) interactive system in TSS,
- 2) command driven system, and
- 3) graphic monitor.

This system is of much use in seismology, especially in the study of seismicity. It is expected that seismology and earthquake prediction study will be developed by this system.