

地震データベース利用システムSEISの システム構成、性能評価と改良

鷹野 澄, 瀬瀬 一起, 官武 隆 (東大・地震研), 吉田 昌信 (日本IBM)

1. はじめに

地震データベース利用システムSEIS (以下単にSEISと呼ぶ) は、対話方式で地震データベースを検索し、検索結果の震央分布図、垂直断面図、時空間分布図、時系列図などのグラフ表示や検索結果のリスト表示、ファイル出力など、地震データベースを効果的に利用する手段を提供するものである(1)(2)。本稿では、SEISのシステム構成、性能評価と改良について述べる。

2. SEISのシステム構成

SEISシステムの構成要素を大別すると次の5つがあげられる(図-1)。以下これらについて述べる。

- (1)検索の対象である地震データベース群
- (2)処理の過程で参照する補助データベース群
- (3)検索結果を格納する作業ファイル群
- (4)検索結果を出力する出力ファイル群
- (5)SEIS利用端末群

2.1 地震データベースの種類と構成

表-1は、SEISが検索対象としている地震データベースの一覧である。地震予知観測情報ネットワーク(3)により各大学から収集された実時間および再検測地震データは、表-1に示すようにそれぞれ各大学別にデータベース化され、それぞれ各大学の管理下に置かれている。これらの実時間および再検測地震データベースは、データの格納・

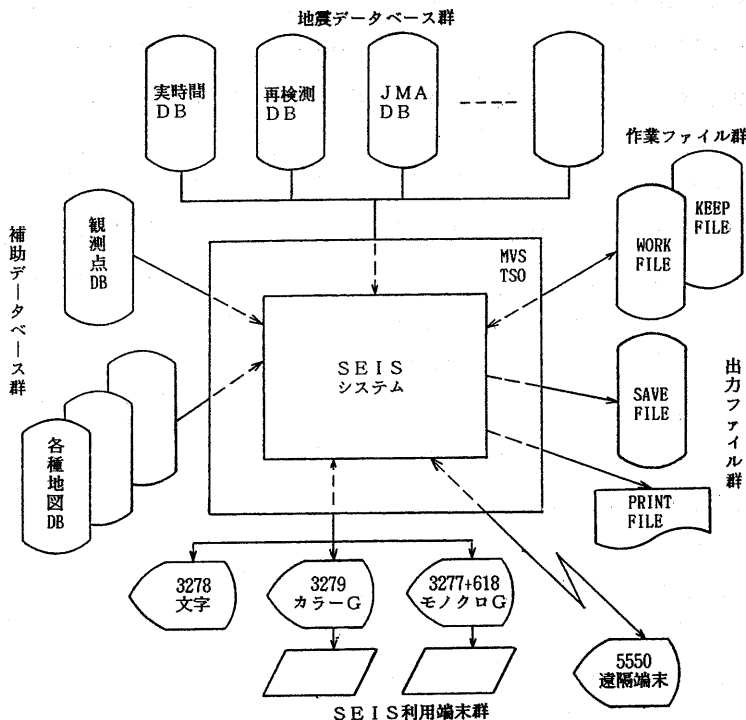


図-1 SEISシステムの構成要素

表-1 地震データベース一覧

データベース名称	略称	内 容	DBMS
北海道実時間データベース	HKD,P	北海道地域の实時間転送による震源および観測データ	IMS
東 北	THK,P	東 北地域の	"
関 東	TKY,P	関東信越地域の	"
名古屋	NGY,P	東海中部地域の	"
阿武山	ABY,P	近 畿地域の	"
宇 治	UJI,P	北陸中国地域の	"
和歌山	WKY,P	南 海地域の	"
北海道再検測データベース	HKD,R	北海道地域の再検測転送による震源および観測データ	IMS
東 北	THK,R	東 北地域の	"
関 東	TKY,R	関東信越地域の	"
名古屋	NGY,R	東海中部地域の	"
阿武山	ABY,R	近 畿地域の	"
宇 治	UJI,R	北陸中国地域の	"
和歌山	WKY,R	南 海地域の	"
全国震源データベース	JPN	各地の再検測データをまとめて再決定した震源データ	IMS
気象庁データベース	JMA	気象庁で観測した全国の震源および観測データ	IMS ☆
I S Cデータベース	ISC	I S C (英国国際地震センター) による震源データ	IMS ☆
NOAAデータベース	NOA	NOAA (米国海洋大気局) による震源データ	IMS ☆
古地震データベース	HUSAMI	古文書などから宇佐美が求めた震源データ	VSAM
(利用者データベース)	Hxxxxx	利用者が所有する震源 (および観測) データ	VSAM

☆VSAMでも可

修正・追加などが、各大学からオンラインで行なえるオンラインデータベースである。このため、データコミュニケーション (DC) 機能に実績がありリカバリ機能も優れたIMSを用いている。

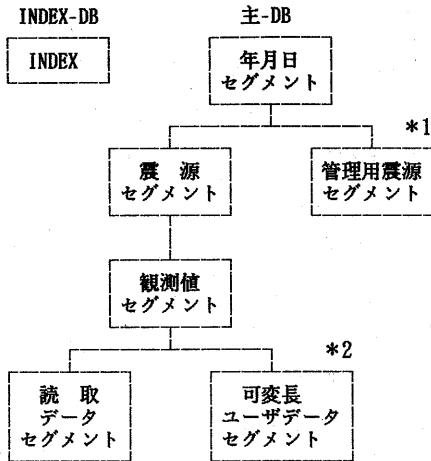
全国震源、気象庁、ISC、NOAAの各データベースも、オンラインではないが、データが大量で更新も少なくないので、同様にIMSにて構築している。

一方、利用者自身が集めた地震データもSEISで利用可能である。この利用者管理データベースの場合は利用者の扱いやすさを重視し、VSAMファイルを用いている。表-1の古地震データベースは、このような利用者管理データベースがセンター管理下に移行したものである。

地震データは、収集機関によって多少異なるが、おおむね震源データとそれに付随した各観測点の観測データから成る。データによっては観測データが無く震源だけのものもあるが、各大学から送られて来る観測データのように、P波S波の初動時刻や振幅といった詳しい波形読み取りデータ (フェーズデータ) を含むものもある。

IMSでは、階層型データモデルを取ることで、このような構成から成る地震データに対し図-2に示すような階層構造を定義し格納している。ここで、

- ・年月日セグメント：IMSのルートセグメントで、年月日が置かれる。この下に、その日の震源セグメントが置かれる。
- ・震源セグメント：震源データが置かれる。これに関連した各観測値がこの下の観測値セグメントに置かれる。
- ・観測値セグメント：観測点で観測された地震波形の読み取りデータを要約したものが置かれる。さらに各波形の読み取りデータがある場合は、この下に読取データセグメントが置かれる。
- ・読取データセグメント：P波、S波といった各波形毎の読取りデータが置かれる。



*1 構造は震源セグメントと同じ。変更の履歴を有する。

*2 フォーマットはユーザ定義。

図-2 地震データベースの構造 (IMS-HIDAM)

である (可変長ユーザセグメントおよび管理用震源セグメントは、実時間および再検測地震データベースのみ存在するもので説明は省略する)。震源データしか無い場合は、年月日セグメントと震源セグメントのみから構成される。データ編成は、更新が頻繁であること、高速検索が望まれることなどから、IMSのHIDAM (階層索引直接アクセス) を採用している。

一方、VSAMの場合、震源、観測データは次のように格納している (図-3)。

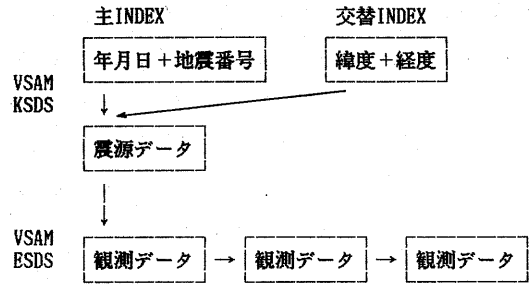


図-3 地震データベースの構造 (VSAMの場合)

・震源データ： VSAMのKSDS上に、年月日と地震番号を主インデックス、緯度経度を交替インデックスにして格納する。観測データがある場合は、それへのポイントをセットする。

・観測データ： VSAMのESDS上に、格納する。

2.2 補助データベースの種類と構成

表-2にSEISの補助データベースを示す。このうち、日本地図や世界地図、活断層データは、地図上の海岸線等をデジタル化した順次データである。SEISでは、ある地域の地図を切り出して表示することが多いが、その都度この順次データを先頭から読むとするなら、高速な処理

表-2 補助データベース一覧

データベース名称	略称	内 容	DBMS
日本地図メッシュデータ	JAPAN	日本を緯度経度一度ごとにメッシュ化した座標	VSAM-KSDS
同 スプラインデータ		メッシュ内の日本地図のラインデータ	VSAM-ESDS
世界地図メッシュデータ	WORLD	世界を緯度経度一度ごとにメッシュ化した座標	VSAM-KSDS
同 スプラインデータ		メッシュ内の世界地図のラインデータ	VSAM-ESDS
活断層 メッシュデータ	ACTIVE	日本を緯度経度一度ごとにメッシュ化した座標	VSAM-KSDS
同 スプラインデータ	FAULT	メッシュ内の活断層のラインデータ	VSAM-ESDS
観測点データ	STAT	日本国内の大学と気象庁所属の観測点の各種情報	順DS
ユーザ管理データベース	—	ユーザ名、使用許可情報、各ファイル制御情報等	IMS-HDAM
ユーザファイル管理データ	—	ユーザファイルの管理情報	VSAM-KSDS
地震ファイル管理データ	—	地震ファイルの管理情報	VSAM-KSDS

は望めない。そこで、SEISでは、弘原海らによるGEODAS(4)で用いているメッシュ化技法を参考に緯度・経度一度づつのメッシュに区切り、その座標をVSAMのKSDSに、メッシュ内のラインデータをVSAMのESDSに格納している(図-4)。観測点データは、大学および気象庁に所属する観測点のコードや位置、その他の情報である。ユーザ管理データベース、ユーザファイル管理データベース、地震ファイル管理データベースは、SEISのために作られたものである。

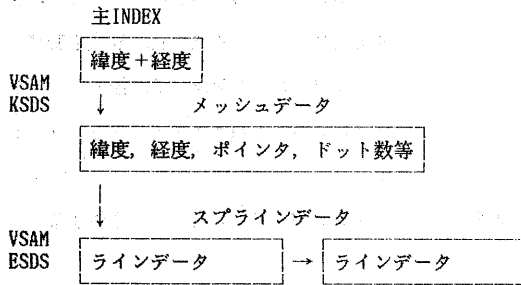


図-4 地図データベースの構造

2.3 作業ファイル

SEISの作業ファイルは、検索された地震データの年月日、地震番号、緯度経度、深さ、マグニチュードを格納する順データセットである(図-5)。この作業ファイルにはSEISにより検索処理された結果をSEIS終了後も保存し、後で再利用可能とするもの(KEEPファイル)と、SEIS終了時に消去されるもの(WORKファイル)の2種類がある。図-6に、これらの作業ファイルとSEISシステムのコマンドとの関連を示した。

SEISのSELECTコマンドで表-1の地震データベース等から検索されたデータは常にWORKファイルに入れられる。これから更に2次、3次の検索もでき、その都度新たなWORKファイルに格納される。このほかに、

SORTコマンドでソートしたもの、MAPコマンド内のSELECT機能で地図上で検索したものもWORKファイルに格納される。WORKファイルは、WORK01, WORK02, ..WORK10の10個のファイルから成り、自動的にWORK01から順にサイクリックに使われる。

KEEPファイルは、SEISのKEEPコマンドによりWORKファイルから作られる。その構成はWORKファイルと同じであり、SEISのMAP, PRINT, SAVEその他の各コマンドの入力ファイルとしての使われ方も、WORKファイルとほぼ同等である。KEEPファイルの名称は、ユーザが任意に付けられる。作成できるKEEPファイルの数は、現時点では10に制限している。なお、KEEPファイルはSEIS内で管理されているため、その消去は(SEISの外のTSOコマンドではなく)SEISのDELETEコマンドで行なわれる。

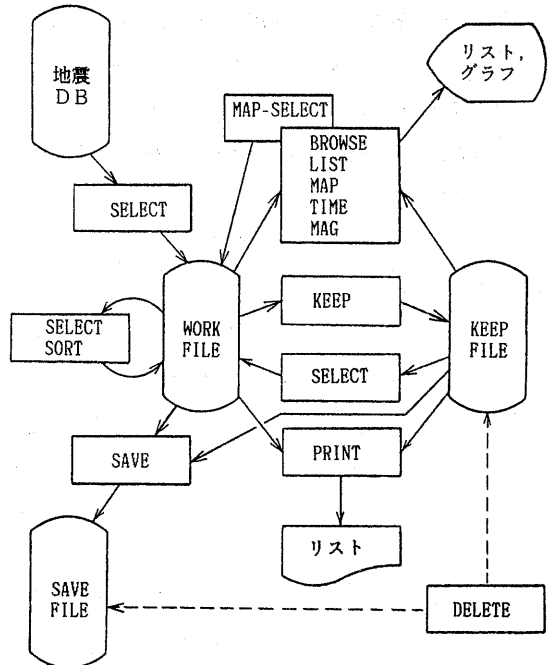


図-6 WORK, KEEPファイルとSEISコマンドの関連

BC/AD	年月日	時刻	緯度	経度	深さ	マグニチュード	地震番号	予備
-------	-----	----	----	----	----	---------	------	----

図-5 WORK/KEEPファイルのレコード構成 (64B)

2.4 出力ファイル

SEISは、後でユーザプログラム等から利用できるようにSAVEファイルと呼ばれる順編成ファイルに検索結果を出力することができる。SAVEファイルの名称もユーザの任意で、数も10個まで取れる。出力フォーマットは、後の処理に応じて、短縮、標準およびASISの3種類から選べる。前2種は全ての地震データベースで共通な、ASISは各地震データ毎のオリジナルなフォーマットである。SAVEファイルもSEIS内で管理されているので、その消去はSEISのDELETEコマンドで行われる。

SEISの出力ファイルにはこのほかに、プリンタへの震源、観測データの出力、5550端末への図形データのRJE出力といったものがある。表-3に主な出力ファイルの種類と出力情報を示した。

2.5 SEIS利用端末

表-4にSEISを利用可能な端末の種類と、各端末毎の機能を示した。ホストセンター内では、3279-3X カラーグラフィック端末、3277ビデオ端末とそれに接続された618モノクログラフィック表示装置、3278ビデオ端末から、遠隔地からは、専用回線で接続され地域センターに置かれた5550パソコン端末（又は3276ビデオ端末）から利用できる。このうちのどれが使われているかはSEIS起動時に調べられ、無効なコマンド入力チェックに使われる。

3. SEISシステムのソフトウェア

SEISは端末から起動される1つのTSOコマンドである（多くの場合LOGONしたら自動的に起動される）。起動後は、図-7に示すようにSEISの中で、コマンド入力とその実行が対話型で行われる。プログラムは、図-8に示すように、メインプログラムの下に各コマンドの処理ルーチンが置かれ、それらの共通サブルーチンがその下に置かれている。

表-3 出力ファイルの種類と出力情報

出力ファイル	出力先	レコード・フォーマット	主な出力情報			観測データ	
			発震時	場所	規模	付き	無し
SAVEファイル	順編成ファイル	短縮フォーマット（共通）	○	○	○	可	可
		標準フォーマット（共通）	○	○	○	可	可
		ASISフォーマット（個別）	○	○	○	可	可
PRINT ファイル	プリンタ	各地震データ毎の個別フォーマット	○	○	○	可	可
5550転送ファイル RJE PUNCH 出力	5550 ファイル	地図、震源、観測点の作図用フォーマット（共通）	×	○	○	不可	可

表-4 SEIS利用端末の種類と機能

機種	グラフィック機能		遠隔地 利用	検索	リスト 出力	ファイ ル出力	震央 分布図	地図上 検索	観測点 分布図	その他の 図表出力
	カラー	モノクロ								
3279-3X	○	(○)	—	○	○	○	○	○	○	○
3277+618	—	○	—	○	○	○	○	○	○	○
3278	—	—	—	○	○	○	—	—	—	—
3276	—	—	○	○	○	○	—	—	—	—
5550	—	△	○	○	○	○	△	—	△	—

△ OFF-LINE で利用可

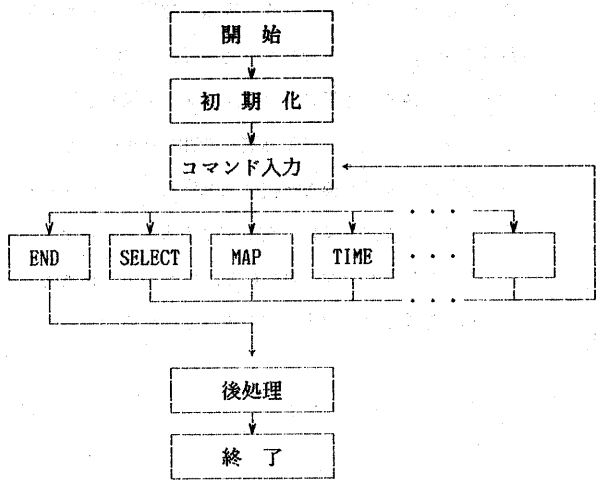


図-7 SEISにおける処理の流れ

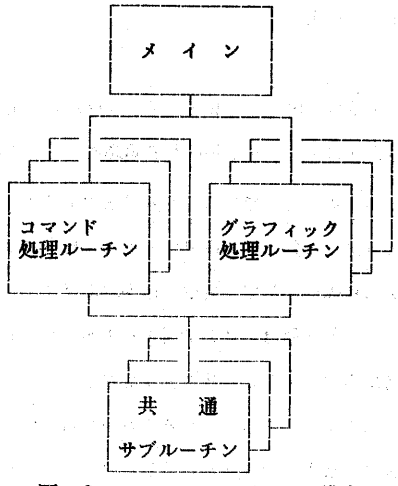


図-8 SEISのモジュール構成

各コマンドの処理は、おおむね図-9に示すような流れから成る。ここで、図-9のA1~A3は、一つの処理結果を表示した後にコマンド入力モードとなる単純なもので多くのコマンドがこれに属す。一方B1とB2は、一つの処理結果の表示後にサブコマンドにより、新たな処理結果を表示することができるもので、BROWSE、MAPといったコマンド（MAPの場合実際はB2よりもう少し複雑であるが）が該当する。

以上のSEISシステムのプログラムは、IMSおよびVSAMの親言語であるPL/Iにより記述されている。このほかに、補助データベース等のファイルやVSAMファイルの更新用のツール、および、5550端末上で動くオフライン処理ルーチンも加えると、表-5に示すように全体で計74のモジュール、約7万ステップから成り、かなり大規模なソフトウェアといえる。

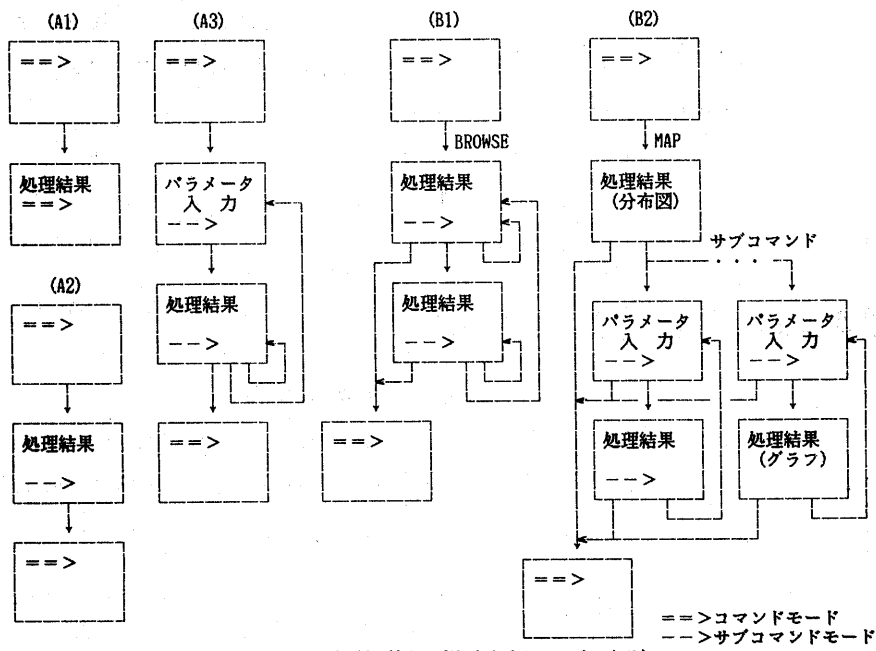


図-9 SEISコマンドの処理の流れの例（画面イメージによる）

表-5 SEISシステムのプログラム

分類		モジュール本数	画面枚数	ステップ数	記述言語
SEIS 本体	メインおよびコマンド 処理ルーチン	13	47	20,072	PLI
	グラフィックコマンド 処理ルーチン	9	27	26,936	"
	共通サブルーチン	30	0	14,463	"
ツール	ファイル更新ツール	11	0	3,894	"
	V SAM更新ツール	9	0	3,745	"
	5550端末処理ルーチン	2	2	1,056	BASIC
合計		74	76	70,166	—

4. 性能評価と改良

SEISシステムの第1版は、昭和59年3月に完成し地域センターや地震研究所のユーザへの利用が開始された。利用開始直後より、多くの方に色々ご指摘を頂いた。その内、バグについては発見の都度修正してきたが、それ以外の本質的な問題の指摘も少なくなかった。そこで我々は、問題点を整理すると共に、その改善の可能性を調べ、最終的に大小合わせて約15項目の改善を行うことにした。なかでも、次の改良点は重要かつ有効であった。

- (1) レスポンスタイムの高速化
- (2) MAPのDEFAULT 値の改善と、戻り先の追加・変更

特にレスポンスタイムの問題は、なかなか困難な問題であったが、多くのユーザから共通に指摘された点であったことからあらゆる手を尽くして(まだ一部に充分でないものもあるが)表-6に示すようにかなりの改善が成された。また、MAPのパラメータ入力時のDEFAULT 値は、第1版では常に固定であったため、検索時にSELECTで指定した条件と同じであっても毎回MAPでも指定するという煩わしさがあったが、改良版では次のように改良された。

表-6 SEISコマンドのレスポンス (秒)

コマンド	コマンド投入後		パラメータ投入後		コマンド終了後	
	第1版	改良版	第1版	改良版	第1版	改良版
LOGON	61	39				
END	20	15				
HELP	9	1	(3)	(1)	3	1
INFORM	9	1			3	1
SELECT	11	1	35	32	3	1
BROWSE	12	3	(10)	(3)	3	1
LIST	11	3	(5)	(2)	3	1
KEEP	9	1	9	8	3	1
SAVE	12	1	340	245	3	1
DELETE	9	1	3	1	3	1
SORT	9	1	10	4	3	1
PRINT	9	1	350	235	3	1
STATION	10	1	8	7	3	1
MAP	9	1	3~30	1~27	3	1
TIME	9	1	10~20	10	3	1
MAG	9	1	9	6	3	1

()内はFORWARD 投入後のレスポンス

- ・ MAPの最初のパラメータ入力時のDEFAULT 値は、そのワークファイルを作った時にSELECTコマンド等で指定した条件をセットする。
- ・ MAP処理中のパラメータ入力画面では、そのMAP処理中に入れられた値を保持し、再度入力する時はその保持した値をPRESET値とする。

またこれに関連し、パラメータを少し変えては表示しなおすという試行錯誤的使い方がしやすいように、MAP処理中の戻り先の追加・変更を行った。

以上の改良作業は、約160人日以上を要し、昭和59年11月に完了した。その後は、この改良版がユーザに利用されている。

5. おわりに

我々がSEISの開発の検討を始めた当初に比べ、最近の状況は急激に変わってきている。例えば、パソコンが各研究室に急速に普及してきたことにより、それを端末としたデータベースの利用が今日では大きな課題となっている。SEISの設計では、当初ホストの専用端末しか使えなかったこともあって、利用者の使いやすいフルスクリーン（画面）操作を全面的に採用している。しかしその結果として今日ではホスト系の専用端末しか利用できないという新たな問題が生じている。もっとも単にフルスクリーン操作だけの問題なら、3270プロトコルコンバータなるものを導入し、ある程度は解決できることがわかったが、SEISの場合最も重要なグラフィック機能が使えないという不満が残る。多くのパソコンは（カラー）グラフィック機能を持っているので、これをグラフィックを多用するSEISの利用端末として使えないというのは大変もったいない話であると言えよう。

もう一つ我々が予測できなかった問題は、SEISが先に述べたような巨大なソフトウェアとなってしまった点にある。単なる検索システムとは異なり、SEISでは検索データの処理に重点がおかれているため、多種多様な機能を装備し、その結果どうしても巨大化する傾向にあった。巨大化すると、機能追加などが困難となり硬直化する。処理方式がほぼ固まっている場合はそれでもいいが、まさに発展しつつある研究分野で使われる場合は、システムが硬直化することはあまり好ましいことではないと言えよう。

このように、まだ取り組まねばならない課題も残されてはいるが、それでもSEISは現時点で、日本の微小地震から世界中の地震までの豊富な地震データのデータベースを最も効率的に利用できる優れたシステムであり、我々はこれが今後研究者に、より一層活用されることを願っている。

謝辞

SEISシステムの開発に当り、共に議論して頂いた宇佐美龍夫元センター長（現在信州大）、宇津徳治前センター長、津村建四朗元室長（現在気象庁）、安永尚志氏（現在国文研）ならびに共用システム室、情報処理室の各位、SEISを利用し有益な指摘をして頂いた地域センターならびに地震研究所のユーザ各位、SEISの開発に当り、多大なご協力を頂いた日本IBMの関係各位に深く感謝致します。

参考文献

- (1)宮武隆、瀧川一起、吉田昌信、鷹野澄、津村建四朗、宇津徳治、宇佐美龍夫：地震データベース利用システムの開発、1984、東京大学地震研究所彙報、Vol.1.59.
- (2)瀧川一起、宮武隆、津村建四朗、宇津徳治：地震データベース利用システムSEISの設計思想と利用者インタフェース、1985、情報処理学会データベースシステム研究会49-1.
- (3)鷹野澄、安永尚志、津村建四朗、宇佐美龍夫：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、1985、情報処理学会情報システム研究会6-2.
- (4)弘原海清、升本真二、福間敏夫：GEODAS：地球学データベース・システム、1980、情報処理、Vol.21 No. 12.1250-1258.