

地震予知研究のための 観測情報データベースの構成

安永尚志・宇佐美龍夫（東大・地震研）

1. はじめに

地震予知研究の進展に伴う関連データの精度の向上、その量の急激な増大等の状況により、全国的規模でのデータ流通方式の開発・導入が要求されている⁽¹⁾。そのためには、データの標準化を計り、システム機能分散、地域分散を的確に計ったシステムが必須である。本研究は、大学間における「地震予知観測データの即時収録、及び即時利用が可能な全国ネットワークシステム」を開発することを目的としている^{(2),(3)(4)}。

すなわち、本システムは実時間データ収集によるオンラインデータベース構築と、その即時利用を目的とするシステムである。本システムのうち、すでにネットワーク機能については、文献⁽⁵⁾で報告したので、本稿ではデータベース機能について述べる。とくに、地震学/地震予知研究のためのデータベースを主とするシステム要件を整理したので、同種のシステム構築の参考に供したい。まず、研究の背景をまとめておく。

1.1 システム開発の背景

本研究は、測地学審議会の建議に基づく第4次地震予知計画（昭54年度～同58年度）の一環として、次の3点を大学間の基本的合意事項として実施されている。

(1) 各大学独自の観測網を再編成し、隣接観測網の相互利用を計る（広域化）。

(2) 各大学地域センタは、テレメータにより1次データを収集し、これを自動処理し2次データとして加工後、東大全国センタに即時転送を行う。

(3) 全国センタは、一括収録並びに

監視を行うと共に、全国各大学研究者が直ちに利用できるような体制を整える。

一般に、地震予知研究に関連するデータ（前兆現象と考えられている）には、前震変化、土地異常隆起、傾斜、歪変化、地磁気、地電流変化、地下水位変化等極めて多種多様の地球物理学上のデータがあり、これらの総合的判断が不可欠である。本計画の第1段階では、最も基本的と考えられる微小地震を対象としシステム構築を計ることとしている。本システムにより、

(1) 全国的震源分布が分かり、全国の地震空白域の判別が可能、

(2) 地震発生機構の解明等種々の基礎研究に必要なデータを提供可能、

(3) 地震予知連絡会等における地震予知の総合判断に必要なデータを即時提供可能

などの効果が期待されている。

1.2 システムの概要

図1にシステム構成の概要を示す。地域センタは全国7ヶ所に配置され、それぞれ30前後の観測所が整備される。地震学上から最適配置された各観測所には、標準化された地震計（水平・垂直）等が置かれ、常時観測データを地域センタにテレメータにより伝送している。観測は、地域センタ間境界の観測空白域を埋める隣接間ネットワークにより、より詳細かつ広域集中観測を実現している。

地域センタには、自動処理装置（APSという）が置かれ、観測所からの1次データを解析し、2次データを作成し全国センタのホスト計算機に転送する。ホストは直ちにこれをデータベースに蓄積し、全国各大学からの即時利用に供する。

図2にシステム構成を示す。システム構成要素には、APS、FEP、NCP、ホストの4ノードプロセッサがある。また、表1にシステムの業務を大別している。これら業務は、システムで一体化して、あるいは各ノードに適切に機能分散して実現されている。

FEPはAPSの前置計算機であり、負荷の分散化を計り、かつデータベースを有効に活用する諸機能を分担する。すなわち、FEPはAPSの主たる機能が1次データの収集と解析、及び2次データの構成であるために、その他の地域センタ業務を分担する。これらにはデータベース保守・利用、監視データ利用、波形データ転送等がある。

一方、NCPはホストの前置計算機として、主として通信処理を分担する。また、ホスト停止中のホスト機能の一部代行、システム全体の監視・管理機能をもつ。さらに、全国の地震活動の監視を行い、同時に全国/地域の震源分布図等を作成するため、全国モニタ装置へ実時間データ提供も行う。

なお、APSは実時間、再検測、全修正地震データ転送、ファイル送受信、並びにメッセージ交換の6業務を分担する。

APS/ホストDB（業務プロセス：WPP）間の通信を実現する体系は、一般のネットワークアーキテクチャと同様に4レベルから成る階層化が計られている。これはWPPが多種多様であり、独立かつ同時に実行されること、異機種接続の必要性、実現の容易性、また保守の容易性を考慮したためである。さらに、FEP、NCPは単に通信処理を行うばかりではなく、WPPをその中に実現する必要があることのために、実現上、APS、ホストDBは1つの業務プロセスとして位置づけている。以上に基きシステムの機能の明確化と分化が的確に計られている。

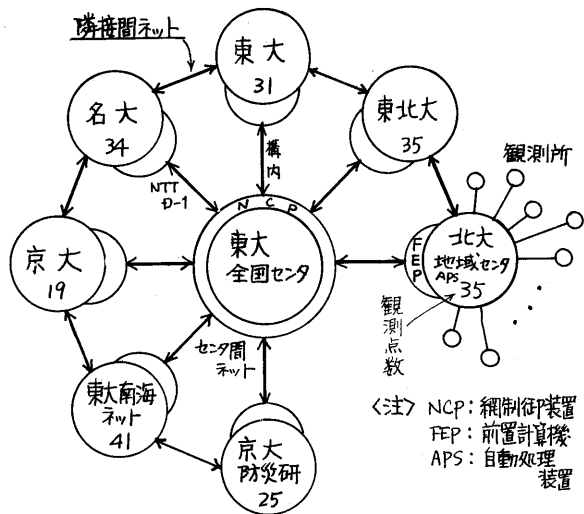


図1 全国観測網の概要

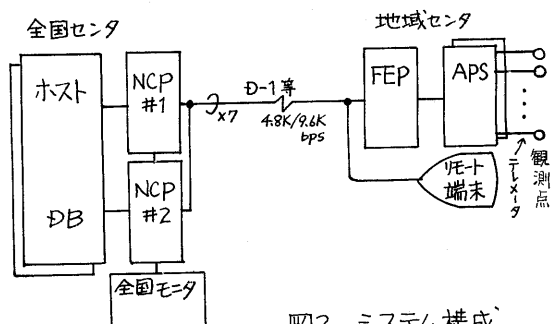


図2 システム構成

表1 処理業務の一覧

処理業務	内容
1. 実時間地震データ業務	実時間の震源・観測データの収集（修正データを含む）と監視
2. 再検測地震データ業務	再検測の震源・観測データの収集（修正データを含む） 全国震源DBの作成
3. 波形データ業務	波形データの収集
4. 検索データ処理業務	各DBの利用、データ処理、修正 NCP監視データの利用
5. ファイル転送業務	APS/ホスト間のファイル転送
6. システム管理業務	システム間総合的状態管理

2. データベースの構成

2.1 システム設計の要件

地震予知の戦略は、困難な課題であり、確立されていない。現在の地震予知は、学識経験者が各種観測データの時間的変化や空間分布を示す図表を眺めて、それらに示されている現実の変化と、過去に報告されている地震の前兆現象や、実際の理論から予想される前兆変化とを、頭の中で比較して両者の一致点等を判断している。この手法は、当然主観的な面を含む場合も多い。そこで、地震予知のためのシステムは次の2段階を踏んで実現することとした。

第1段階：大量の観測データを実時間で収集・蓄積し、これを解析し、地震予知の判断資料として分かりやすい形で表示すること。

第2段階：現在得られている各種の予知判断の根拠をシステムに教える形で取込み、予知判断の自動化を行うこと（制限付かも知れないが）。

もちろん、システムとして整理することにより、現在かなりあいまいである予知判断の根拠を客観的に組立て直すこと、あるいは予知に必要なデータの質や量について、はっきりした概念を構成することが期待されている。

このためデータはデータベース化する必要がある。研究用のDBは、そこから新しい知見を得ることを目的としており、取扱うデータはすまの研究財としての価値をもち、かつ信頼性を十分に保証されたものでなければならない。すなわち、まず、

(1) データの標準化

(2) データの完全性

を保証することが不可欠である。標準化とは、各大学独自の観測結果を、全国で一元的に直接比較・分析する対象とすることである。一方、完全性とは、

各観測網の境界領域等の地震イベントの重複・脱落を調整すること、ノイズ成分を除去すること、ローカルにもつDBとの均質を保つこと等である。

一般に、ある現象についての観測データは、その現象の生起の時間、場所、及び属性値から特性づけられる。地震も同様で、その発生（イベントという）を波形データとして地震計で検知し、記録している。APSは、3観測所以上の波形データを自動処理し、そのイベントを特性づける。すなわち、震源や大きさ等を決定し、震源データ、観測データと呼ぶ標準化を計る。

震源データは、イベントを特性づける情報21項目からなり、観測データは波形のいわば顔つきを示す数値データ11項目と最大5ケの成分をもつ位相データ(12項目)とから成る。1イベントは1震源データと複数の観測データとから成り、これを1地震データ単位と呼ぶ。

震源/観測データの特質上、データベースは次のように考えられた。震源/観測データは、実時間で収集・蓄積、利用されねばならない。しかし、この実時間性の保証は、技術的に大変困難な課題で、現在とても完全とは言えない。さらには、APSにおける波形データからの自動処理*では、ノイズ（発破や人の足音に至るハルス性雑音、あるいは風・波等の背景雑音等）を自動認識し除去することは大変困難である。そのため、現在の実時間データは必ずしも信頼性が保証されているとは言えないが、地震活動の実時間常時監視は重要で必要不可欠である。

さて、後刻入手により直接波形データから再検測を行って、信頼度を高めるプロセスを考慮する。実時間データの内容の修正、及び欠測の補填、ある

*自動処理：2.3の定型アルゴリズムに従って、波形データから、震源を決定すること、主として閾値論理による。

いは、イベント自体の多対多の変換（合成、分解、追加、削除、置換等）が行われる。これを再検測処理という。現在は、以上2つの実時間/再検測データは、取扱い上2つの別個の独立したDBとして管理している。将来は、両者は統合されるべきものである。

また、実時間/再検測DBは地域センタ単位で管理されるため、全国的に見たとき完全性が保証されていない。このため、全国震源処理が不可欠である。本処理は、品質を保証された再検測DBを用いて、かつ後述の管理DBを参照しながら、全国震源DBを作成する。管理DBは、再検測DB自体も修正があり、研究利用上とくにその変更履歴が不可欠なこと、また観測所や地震計等の固定的な関連情報を共有するため必要がある。これらのDBの関連を図3に示す。

地震イベントの特徴をまとめると、
(1) 地震イベントは、1地震データ単位として、震源データ、観測データとから構成される。ただし、データには観測のあいまいさを含む。

(2) あるイベントを同定するキーは、「時刻」または「場所」である。しかし、その値は変更されうる。

(3) イベントは、個々にはあまり意味がなく、特定の集合において意味がある。さらに、他DBとの関連が重要である。

2.2 DBアーキテクチャ*

地震予知のためのDBアーキテクチャが次のように考えられている。図4にその概念を示す。実際の物理DB(PDB)上の、従来のアプリケーションプログラムの機能の分化を、論理DB(LDB)で行い、複数のサービスプログラムによるLDBの効率的利用、あるいはサービス対応の管理機能とサービスに依存しないLDBの管理機能を独立化するために、仮想DB(VDB)の概念を導入す

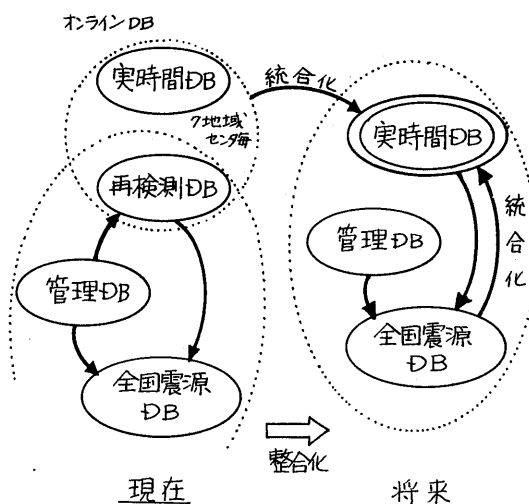


図3 構成すべきDBの関連

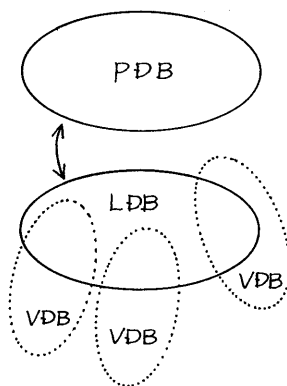


図4 仮想DB

る。すなわち、LDBを利用するサービス対応の1つの閉じたDBをVDBと呼ぶ。現在、PDB、LDBはIBMマシンとIMSの下に定義されている。LDBは、再検測DB、全国震源DB等が対応する。VDBは、例えば“ある地域の地震発生モデル”のような閉じた世界を作る。LDBから変換システムの作用の下にVDBは定義される。VDBでは、QBE、SQLが実験的に用いられている。

* 本章の詳細は割愛する。別添報告の予定である。

2.3 データベースの実現

オンラインで収集されるデータを対象とするところから、その管理を強化し、確実化するために管理データを構造化し、システム運用の一元化を計り、かつ信頼性を計ることに努力した。管理DBもLDBである。図5に、オンラインDB群とその管理DBを示す。また、制御のフローを示している。障害管理DBは、FEPの状況、回線の状況、及びDBの状況等システムの現状を管理するためDBMSログとは別個に、LDB状況の動的変化を記録する。管理DBは、例えば保管管理DBでは、再検測データの入力処理状況、全国震源処理状況とその年間にわたる日々の変更状況を基本項目にもつ。さらに、イベントの変更に対処するため、全国震源決定後の状況も含めて、想定されるあらゆる履歴を記録している。

実時間DB、保管DB(再検測)は、殆んど同構造をしている。大学別に独立している。図6に、震源レコード、観測レコードの例を示す。

全国震源DBは、本システムの目玉である。大学別保管DBより全国震源処理を行って、全国で唯一のイベントを保証する。この処理には予備処理と本処理がある。予備処理は再検測データ受領後直ちに処理を行い、速報的利用に供することが目的である。本処理は各大学の再検測データが評価できた時点で行う最終的処理である。全国震源処理のアルゴリズムは大変難しい問題を含み、地震学上からも研究段階と言える。例えば、異なるDBに属するイベントの同一性の判定、イベントの合成や分解、あるいは変更されたイベントに対する全国震源再決定等がある。

一方、オフライン系の各種DBが実現又は実現中である。例えば、気象庁(JMA)、国際(ISC他)、波形、走時表、地図、地形、地名、古地震等がある。

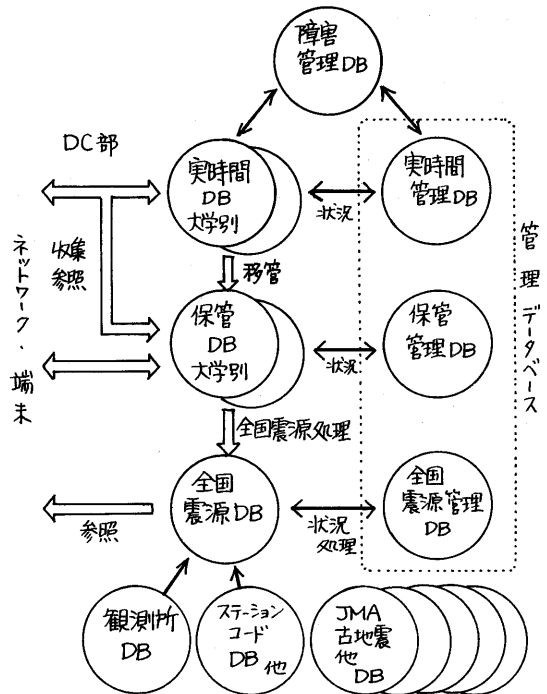


図5 DBの種類と関連

現在、これらのLDBは汎用DBMS(IMS)を用いて実現されている。これは、開発の容易性とくにDB/DCとしてのDC機能の重要性に着目したためである。このとき、地震データの場合、年月日を親セグメント、その子に震源、管理用震源セグメントを置く。観測セグメントは、震源に従属する。データ構造は極めて単純であるが、セグメントのフィールドは極めて複雑となる。

本構造においては、データの更新が本質的と言える程多いことの処理効率、並びに利用の複雑性と効率について充分な性能評価が不可欠と思われる。

カジュアルユーザの定型業務処理のためのVDBは、2,3開発されており(対話処理、Xニユ画面方式)、オペレーションの省力化は計られている。しかし、地震予知としてのVDBの開発は今後の課題としている。一部、QBE、SQL等によるVDB構成をテスト中である。

(A) 震源レコード

年 月 日			地震番号	全国震源番号	決定機関		発 震 時			地震タイプ	地 域		経 度		緯 度		深 さ		O・C R.M.S.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
西 暦 年	月	日	地震 番号	有 数 無 無	基本 全国 番号	サブ 全国 番号	決定 機関 コード	サブ 決定 機関 コード	時 分 秒	誤 差 ($\frac{1}{100}$ 秒)	決定・未決定	タ イ プ	地名番号	地	地震区番号	経度	経度誤差	緯度	緯度誤差	深さ	深さ誤差	深さ誤差	深さ誤差																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
													地方・県	東・西・沖	名	経度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	緯度	

(B) 観測レコード

震害調査票																	S-P				最大振幅				F-P	
観測 番号	観測点 コード	決定・未決定	タイプ	リバース回数	初動方向 (P)	明瞭度 (Q)	位相名 (P')	成分名 (C)	地震計名 (I)	1 つ目の読取データ								周 期	S I P ($\frac{1}{100}$ 秒)	大 き さ	単位 コード	単位 (指数)	ふり切れの判別	フェイズ名	同 期 ($\frac{1}{10}$ 秒)	F 1 P
										読 取 時 刻			振 幅													
										時	分	秒 ($\frac{1}{100}$ 秒)	誤差 ($\frac{1}{100}$ 秒)	大 き さ	単位 コード	単位 指数	ふり切れの 判別									
0	4	8	9	10	11	12	13	14	15	17	19	21	25	28	31	32	33	34	38	43	46	47	48	49	50	54

各大学データ					全国データ					F-タイム			読み取りデータ		管理項目					管理項目						
震央距離 (Δ)	方位角 ($\angle$)	走時 OIC残差	決定機関		リバース回数	震央距離 (Δ)	方位角 ($\angle$)	走時 OIC残差	決定機関		時	分	秒	予備 録取フェイズ数	全国番号 全国番号 基本全国番号	作成年月日	更新年月日	全国震害発生 データベース 登録番号	情報 ファイル エディット メモリー アドレス	簡略経済フラグ	予備 録取 経緯度 時間	全国震害発生 データベース 登録番号	予備			
			決定機関 サブモード	決定機関 メインモード					決定機関 サブモード	決定機関 メインモード																
58	64	68	73	76	79	80	86	90	95	98	101	103	105	107	108	120	124	126	134	142	143	144	145	146	147	159

四六 大学別保管DBにおける震源/観測レコード

3. おわりに

本システムの導入は、より効率的な地震予知研究を支援するものとして期待されている。例えば、地震解析システム、すなわち LDB を用いてその解析処理プログラムの集大成を計り、かつ、画像処理システムを活用した対話方式による地震解析システムの開発である。その 1 実現例は、CAPE システム¹⁷⁾である。

本システムの開発は、昭和54年度より開始され、現在東大・名大からの実時間データ業務が正式運用に入った段階である。今後、他大学の接続、VDBの開発等多くの課題が山積している。性能評価等の着実な積み上げを基に、システム開発を続ける所存である。なお、本文では割愛した評価、利用等については、別途報告の予定である。

最後に、地震予知協議会議長東北大

学高木章雄教授を始めとする協議会各委員の方々、文部省飯田調査官、並びに各地域センター関係の方々のご指導、ご協力に深謝する。また、各メーカーSE諸氏のご協力に深謝する。

〈参考文献〉

- (1) 東大震研編：オ4次地震予知計画。
- (2) 茂木：地震活動と地震予知，地震予知シンポジウム（1976），PP. 203/214。
- (3) 地震予知研究協議会編：地震をこぐる，昭55。
- (4) 安永・宇佐美：地震予知観測情報ネットワークシステム，情報大全1E-6，昭56。
- (5) 安永・宇佐美：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，情報分散系，11-6（1981.11）。
- (6) 力武：地震予知の手順と地震警報に関する諸問題，地震予知研究シンポジウム（1976），PP. 215/224。
- (7) 宇野他：地震学/地震予知のためのコンピュータシステムの研究，地震予知におけるコンピュータ利用シンポジウム，1981。