

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

安永尚志・宇佐美龍夫（東大・地震研）

1. まえがき

第4次地震予知研究計画の一環として、微小地震に関する全国的広域観測網が整備しつつある。本計画は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を踏まえ、全国的規模でのデータ流通方式の開発、導入が不可欠であることを背景として、昭和54年度より各大学の協力を得て進められているものである。

本システム計画では、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の構成を計り、その構成に当っては、次の3要件を満たす必要がある⁽¹⁾⁽²⁾。

要件① 各大学に分散している観測網の再構成を行い、隣接する大学間で観測網の相互利用を計る（観測網の広域化）。

要件② 広域化した観測網からデータをテレメータを介して各大学地域センターに収集し、自動処理し2次データとして加工後、全国センターに即時転送、一括収録を計る。

要件③ 全国センターに収録されたデータは、全国各大学の研究者が直ちに利用できるような体制を整える。

また、本システムにより次の効果が期待されている⁽³⁾。

- (1) 全国的震源分布が分かり、全国の空白域の判別が随時かつ即時に可能。
- (2) 各種現象の変化の相関関係が分かり、地震予知の総合判断に有効。
- (3) 断層付近における各種現象の様子から、地震の震源モデルの解明に有効。

(4) 地震予知連絡会等における地震予知情報の総合判断・判定に必要なデータを即時提供することが可能。

(5) 地震発生機構の解明等種々な基礎研究に必要なデータを提供可能。

一般に、地震予知研究に関連する観測データには、大・中・小・微小地震（震源・観測データ）、地殻変動、地磁気、地電流、重力、岩石比抵抗、地下水等極めて多様である。本計画ではその第1段階としてこれらのデータのうち最も基本的であると考えられる微小地震に関する観測データを基礎としたネットワークシステムを構成し、順次拡大していく計画である。すなわち、上記要件①②③は、微小地震を対象としたシステムを基本としている。

以下、本システムの概要、特徴等について述べる。ただし、要件①についてはここでは割愛する。

2. システムの概要と構成

図1に本計画における全国観測網の概要を示す。地域センターは全国7ヶ所に配置され、それぞれ30前後の観測点が整備される。地震学上から最適配置された各観測点には、微小地震計（水平・垂直）等が設備され、常時観測データ（1次データ）、関連データを地域センターにテレメータを介して伝送している。観測点は従来の配置の移転等を含む統合化が計られ、とくに地域センター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可能としている。

地域センターには、自動処理システム（以下、APSという）が置かれ、観測点からの1次データを即時分析処理し、2次データ（震源・観測データ）

を人手を介さないうで作成することとしている。APSは2次データを標準化し、全国センター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、全国各大学研究者が直接利用できる体制を整える。

システム構成に当っては、データの収集、保管、利用並びにシステム運営を含む各処理業務が標準化され、統一化されかつ利用の容易なシステムとして実現されなければならない。表1に現在の必要とされる処理業務をまとめる。これら処理業務を実現するためのシステムを、図2に示すように構成した。システムの構成要素には、APS、FEP、NCP、ホストの4ノードプロセスがある。

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ための諸機能をもつ。すなわち、FEPはAPSの主たる機能が1次データの収集とその自動処理による2次データの構成であるために、APSが分担する業務以外の地域センター業務を分担する。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、及びシステム管理等がある。

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、全国の地震活動のモニタリングを行い、同時に全国/地域の震源分布図を作成するための全国モニタシステムに対する実時間データ提供も行う。

図2において、A/B間(1次系)とB/E間(2次系)とは、データ処理方式、運用において異なる。本システムで

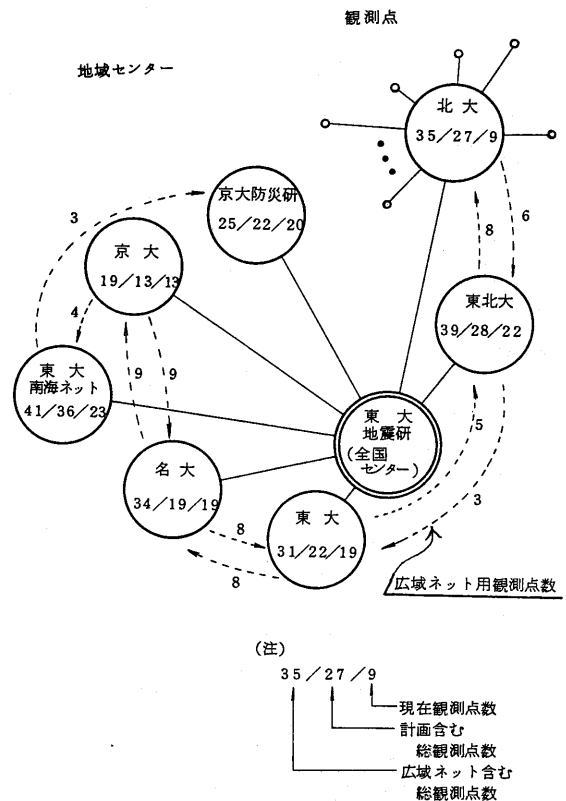


図1 全国観測網概要

表1 処理業務の一覧

ノード	処 理 業 務	内 容
	処 理 業 務 名	
1	実時間地震データ処理業務	・実時間の震源データ、観測データの収集業務(修正データを含む)(FEP→NCP, ホスト)
2	再検測地震データ処理業務	・再検測の震源データ、観測データの収集業務(修正データを含む)(FEP→NCP, ホスト)
3	一次波形データ処理業務	・全国震源データベースの作成 ・一次波形データのNCP, ホストへの転送
4	検索データ処理業務	・データベースの利用、検索 ・データベースの修正 ・NCP モニタリング・データの検索
5	ファイル転送処理業務	・FEP ファイルのホストへの転送 ・ホストファイルのFEP への転送
6	システム管理データ処理業務	・ノード間のステータス情報を含むシステム管理データの授受

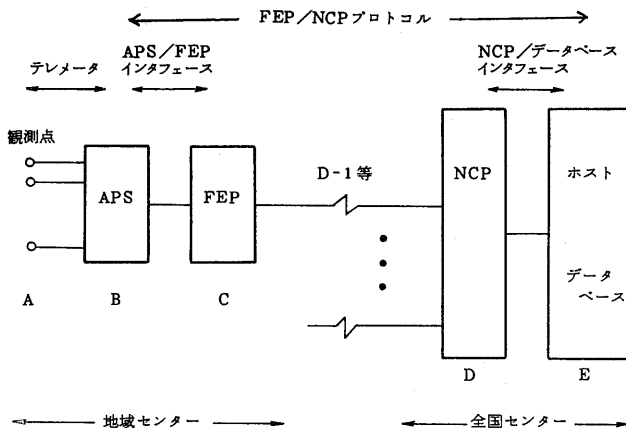


図 2 システム構成

は、独立として取扱う。なお、本文では2次系についてのみ述べている。

APSは両系のインタフェースとして機能する。2次系としての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、及びメッセージ交換の6業務を分担する*。APSはスーパーミニコンによる複合システムで各大学独自のものである。

ホストはオンラインデータベースを構築、運営するための汎用大型計算機で、IBM 3031 を用いている。

FEP, NCPは、汎用ミニコンIBMシリーズ/1を用いた。

3. ネットワークシステム

APS/ホスト業務プロセス(WPP)間の通信を実現する体系を図3に示す。これをFEP/NCPプロトコルと呼ぶ。導入の背景では主として業務プロセス(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、保守の容易性等が考慮された。本方式は一般のネットワークアーキテクチャと同様に階層化を徹底し、機能の明確化と分化、実現の容易性、また

* 用語は、付録欄にまとめて記述している。

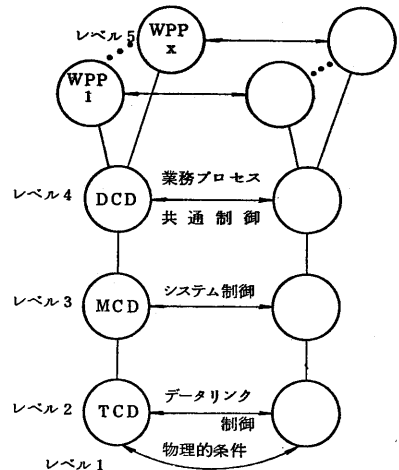


図 3 プロトコル構造

すぐれた保守性を達成している。

レベル1は、CCITT勧告V.28, V.24に従う電気・物理条件を定める。

レベル2は、データリンク制御として現在BSCを用いている。ポイントツウポイント方式によるコンテンツンである。回線速度は4.8K/9.6Kbpsとしている。レベル2はFEP, NCPの隣接間に適用されるが、APS/NCP間の伝送制御に関する機能もレベル2に置く。主として、APSからのデータに対する通番管理による誤り検出と、回復手順を規定している。これをTCDと呼んでいる。

レベル3は、システム間のデータ転送を制御する。多重通信路をサポートする。また、システム間の機能制御を含む最も基本的な通信処理レベルである。レベル3で授受されるデータの単位をメッセージと呼ぶ。メッセージはヘッダ(MCDという)をもち、いくつかのコマンド/レスポンスを用いて転送制御される。コマンド/レスポンスは、システム管理データとも呼ばれるが、形式はメッセージと同一であり、機能の詳細はそのパラメータ部(SMD)

に記述される。転送方式には単一メッセージの授受による方式と、複合メッセージ（ブロック化）の一括授受による方式がある。このための応答確認、フロー制御方式も規定している。なお、メッセージ転送方式の選択は、レベル4の指示に基づく。

レベル4は、業務プロセスの機能制御を行う。転送すべき情報はデータと呼ばれ、WPP毎にレベル4の4機能に割り当てられ、レベル3へ渡される。これをDCDと呼ぶ。DCDの4機能は次のとおりである。

DCD1： 実時間、再検測地震データ

DCD2： 波形データ

DCD3： 検索／ファイル転送

DCD4： システム管理。

レベル5は、各WPP毎の独自機能を制御する。とくに、DCD1を用いるWPPは各大学毎に差異がある。各業務毎のステータス管理のためのコマンド等は、DCD4を用いて極力共通化されているが、各業務独自のステータス管理のためのDCD4が拡張されたシステム管理データが定義可能である。

レベル3における通信路は、実時間地震データ収集業務においては常時開設されているように取扱う。他業務については、その発生要求に基づき通信路の確立、その諸機能の活性化を行う。また、逆に業務終了時には通信路の開放と諸機能の停止を行って、リソースの効率的管理を行う。

本システムの実現に当って下記の点の考慮を行った。

FEP、NCPはレベル3以下を実現するばかりでなく、業務プロセスをその中に実現する必要がある。すなわち、APSはその本来の目的が1次データの自動処理であり、効率上あるいは運用上、表1に示す業務を全て取り入れることは得策と言ひ難い。したがって、データの利用等に関する限りFEPにその

業務プロセスを実現する必要がある。

一方、NCPにおいてはホストの夜間停止等に対する業務の一部代行、あるいは全国モニタリングの必要から、FEPと同様NCP内に業務プロセスを実現する必要がある。すなわち、図2に示すAPS/FEPインタフェースは、データ収集業務等の接続仕様であり、またNCP/ホストインタフェースは、データ収集、利用業務等の接続仕様である。

APSは1つの業務プロセッサとして位置づけられる。すなわち、業務レベルより下位レベルはFEPにおいて分担実行される。このときAPS、FEPは物理的に異なるシステムであり、異機種であることからそのインタフェースは標準化される必要がある。また、一般に1台のFEPは複数台のAPSと接続される。これらの要件から、APS/FEPインタフェース条件は、簡明な独立した階層構造を採り、実現の容易性、維持・保守性にすぐれた接続手段を提供できるよう考慮された。

3.1 APS/FEP インタフェース

APSは各大学独自システムであるところから、FEPとの接続に当ってはその独自性を尊重しつつ、極力標準化されたインタフェース条件を定めた。本条件は両者の物理的並びに論理的な接続仕様を規定すると同時に、両者の業務処理上の情報交換手順を規定している。各APSは表2に示すような処理業務の全機能を必ずしも実現する必要はなく、必要最小限のサブセットを切出して実現できる点がとくに留意されている。

図4は、本条件の構造を示したものである。本条件にモードA、Bの2モードを置く。モードAは通信インタフェースとし、モードBはデジタル入出力機構（プロセスI/O）に基づく。

APSはいずれか1つを選択する。
レベル1は、両モード毎の電気・物理条件を定める。

レベル2は、隣接間のデータ伝送制御手順を定める。両モード毎に定める。誤り検出と回復の手順を含む。モードAは、BSCを基本とし、モードBは16ビットパラレル伝送制御に加え、BSC類似の伝送制御手順を定めている。

レベル3は、高位レベルである各業務処理プロセスに対して、標準的なインタフェースを与え、システム間のデータ授受のための諸手順、並びに機能制御について規定する。とくに、システム制御コマンド/レスポンスを用いて、論理的多重通信路であるパスを経由する業務処理プロセス用データの通信制御を定める。

本レベルを実現するAPS並びにFEPにおけるプログラムを、SIPと呼び、本規定をSIPプロトコルと呼ぶ。SIPプロトコルは、大別して転送制御と機能制御を規定している。転送制御は、SIP間のパス設定・開放、データ転送制御を行う。機能制御は、業務処理プロセス種別によらない共通な諸機能を標準化し、制御する。例えば、コード変換、データ書式、利用者識別子の通知、システム状態の通知、あるいはメッセージ通知等である。

SIPプロトコルは、下記の目的並びに必要性から導入された。

- ① 下位レベルに2モードの隣接間インタフェース条件があり、両モードに共通のエンドツウエンドのデータ転送制御手順が必要なこと。
- ② 各種の業務処理プロセスが、独自に通信処理を行う複雑性、非効率性等をさけること。
- ③ 複数の業務処理プロセス、またはシステムが同時に稼働できること。

表2 APS/FEP間業務処理プロセス

項番	業務処理プロセス名	通信の方向	種別コード	実現性
1	実時間地震データ	APS→FEP	0	必須
2	再検測地震データ	APS→FEP	1	必須
3	全修正地震データ	APS→FEP	2	任意*
4	ファイル送信	APS→FEP	8	任意
5	ファイル送信	APS←FEP	9	任意
6	メッセージ送受信	APS↔FEP	7	任意

<注>* APS/FEP間での実現性は任意

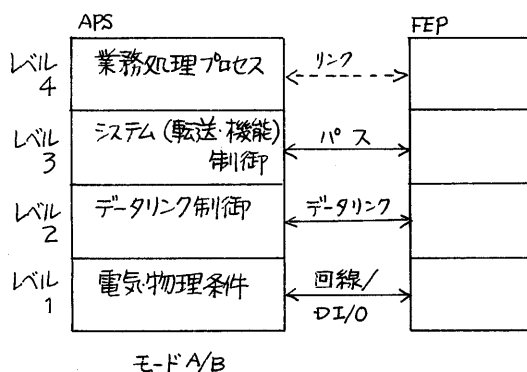


図4 APS/FEPインタフェース条件の構成

④将来のシステム拡張等に柔軟に対処できること。

レベル4は、業務処理プロセス間におけるデータの形式、特質等を標準化し、プロセス間の諸機能、利用者インタフェース等について定める。表2にAPS/FEP間業務処理プロセスを6種示す。実時間地震データプロセスは、付録に示す地震・観測データの実時間転送を行う。本プロセスは最優先プロセスで、通常イベント発生により直ちに実行される。再検測地震データプロセスは、再検測された地震データを主としてバッチ型で転送する。全修正地震データプロセスは、すでにホストに

蓄積された地震データの修正を行う。本プロセスで送信された地震データは、ホスト到着後対応する既存の地震データを確認フラグに従って置換する。

3.2 NCP/ホストインタフェース

オンライン用DBMSとして、IBM IMS/VSを用いた。NCP/ホスト(DB)間インタフェースの構造も、3.1の構造と類似させている。BSCを用い、レベル3相当には、IMSのDC機能のうちIRSSを採用した。レベル4相当では、表1に示す各WPP毎にIMSから見たトランザクションコードを整理している。トランザクションは112種数えるに至っている。IMSはトランザクションコードに従った処理プロセスをMPPリージョンでまず実行し、必要により各クラスBMPリージョンの処理プロセスを起動する。

4. データベース

本システムで実現すべきデータベースは、実時間で転送されてくる地震データ(震源/観測データ)を一時的に保管するためのもの、及びそこから直接移管あるいは別途再検測地震データとして一括して転送されてくるデータを永久保管するためのデータベースが不可欠である。前者は自動処理が完全化するまでのいわばモニタ的データベースであり、一方後者は品質を保証されたナマの研究材として保管されるデータベースである。この大学別保管データベースの品質を保証する問題は、現在未開拓な部分を含み極めて複雑であるため、両者は独立して管理している。将来両者は統一されるべき性格のものである。

さらに、全国センターとして上記各大学別保管データベースを用いて、全国震源データベースを作成する。これは、大学別保管データベースは地区別

のデータを保存するが、とくにその境界における重複、脱落等を補正して、かつ震源再決定を行い全国的単位でデータの唯一性を保証することを目的としたものである。

また、これらのデータベースの利用に当たっては、基本的に数値型のデータベースであり、データ取扱いも単なる事項検索のみならず、データから発見的知見をうることが目的の一つであるため、そのような利用を可能としなくてはならない。

4.1 データベースの種類

本システムでは、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、それらの管理を強化し、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ることに努力した。図5に、オンライン系地震データベース群と、その管理データベース群を示す。また、制御の流れを示している。

さらに、障害回復管理データベースを設け、FEPの状況、回線の状況、並びにデータベースの状況等システム全体の現在の状態を管理している。すなわち、システム状態の時々刻々の変化を記録する。

一方、オフライン系としての各種データベースが実現又は実現中である。例えば、JMA(気象庁)、波形、走時表、地名/地震区名、ISC(国際)、古地震データ等のデータベースがある。

4.2 データ構造

開発の容易性を考慮して階層モデルである汎用DBMSを試用している。図6にデータ構造の1例を示すように、構造は単純である。地震データの場合、親セグメントとして、年月日を取っている。各セグメントのフィールドは、複雑である。

このような構造において問題となる

点は、データのアップデートに際しての処理効率、並びに利用の複雑性と効率であろう。また、研究用データベースとしての利用の特異性、多様性は、現在親言語方式を採って避けているが、当然深く検討されねばならない。

4.3 データベースの利用

IMSでは一般にユーザが問合せを行う手続きはかなり複雑なものとなる。熟達ユーザにとっては、PL/I等を用いて応用プログラムの開発はかなり深いレベルまで可能である。しかし、カジュアルユーザにとっては、必ずしも使い勝手がよいとは言難い。そこで、典型的かつ定型的な利用アルゴリズム等をパッケージ化し、かつ会話方式にて簡易アクセスが可能な方式を整理・導入した。付録にも示した対話方式により利用するメニュー画面方式は、その一例である。また、FEP端末においても、基本的にはすべてメニュー画面方式により、オペレータの省力化を実現している。画面は階層構造で管理される。

5. おわりに

本システムの開発は、昭和54年度より開始され、外部仕様には1年、機能仕様には10ヶ月、実現には1年を要し、現在テスト段階である。実時間地震データ業務については、東大・名大地域センターからデータがデータベースへとどこおりなく蓄積され、利用できる体制にある。本業務は昭和57年1月開始に向け、現在効率測定、評価を実施中である。おわりに、地震予知研究協議会議長東北大学高木章雄教授、文部省飯田課長、並びに各大学地域センターご関係の方々のご指導、ご協力、及び各メーカーSE諸氏のご協力に深謝する。

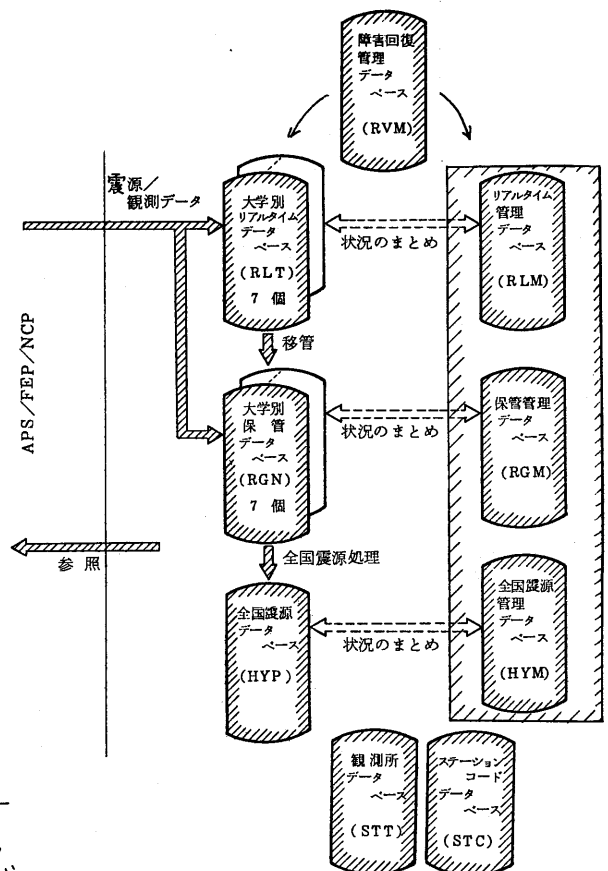


図5 データベースの種類と関連

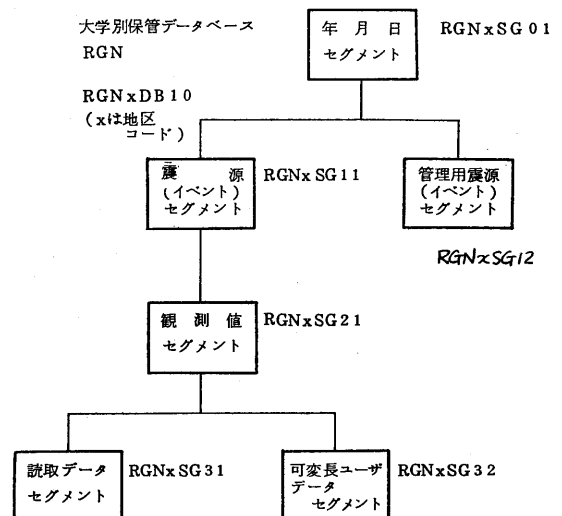


図6 大学別保管データベースの構造

付録A.震源データの書式 (APS→FEP)

バイト位置	1	7	11	13	21	25	32	36	43	47	51
フィールド番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
フィールド名	年月日	地震番号	震源決定法	発震時	発震時誤差	経度	経度誤差	緯度	緯度誤差	深さ	
符号化法	I 6	I 4	A 2	I 8	I 4	I 7	I 4	A 1 + I 6	I 4	I 5	
備考	年 (12) 月 (12) 日 (12)		決定法 (A1) 震源 (A1) 1/100秒 (14)	時 (12) 分 (12) 1/100秒 (14)	1/100秒 (14)	1/10000度 (17)	1/10000度 (14)	符号 (A1) 1/10000度 (16)	1/10000度 (14)	1/100 km (15)	

バイト位置	52	56	59	63	66	67	71	77	79	128	129	134	199	200
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
深さ誤差	観測点	マグニチュード	マグニチュード決定に用いた観測点数	リスミス回数	地名番号	地震区番号	地震タイプ	震源決定に用いたステーションコード	走時誤差 O-C の RMS 値	予備				サブコメント
I 4	I 3	I 4	I 3	I 1	I 4	I 6	A 2	50 A 1	I 5	A 6 7				A 1
1/100km (14)		1/100 (14)			地方・県 (12) 東西・沖 (12)		決定 (A1) タイプ (A1)		1/100秒 (15)					

付録B.観測データの書式 (APS→FEP)

バイト位置		1	7	11	15	19	21	27	28	34	38	43
フィールド番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
フィールド名		年月日	地震番号	観測番号	観測点 コード	地震 タイプ	Fタイム		震央距離 (△)	方位角	走時残差 (O-C)	震源 深さ タイプ 最大
符号化法		I 6	I 4	I 4	A 4	A 2	I 6	A 1	I 6	I 4	I 5	I 1
備考		年 (12) 月 (12) 日 (12)				決定 (A1) タイプ (A1)	時 (12) 分 (12) 秒 (12)		1/100km (16)	1/10度 (14)	1/100秒 (15)	

フェーズ読取り														
44	45	46	47	48	49	51	59	62	65	67	68	72	239 240	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
リ バイ ス 回 数	P	Q	P'	C	I	読 取 時 刻	読 取 時 刻 誤 差	振 幅 大 き さ	振 幅 の 単 位	よ り ま じ の 判 別	周 期	フェーズ読取りくりかえし部 (最大 6 回)		
I 1	A 1	A 1	A 1	A 1	A 2	I 8	I 3	I 3	A 1 + I 1	A 1	I 4		A 1	
						時 (12) 分 (12) 1/100 秒 (14)	1/100 秒 (13)		単 位 コード (A1) 指 製		1/100 秒 (14)			

<用語>

P: 初動方向
Q: 立上りの明瞭度
P': 位相名
C: 成分名
I: 地震計名
実時間: APSからホストまでイベント発生から5分程度で地震データを送信できること。
再検測: 実時間でAPSで自動処理されるデータに、後で人により補正を加える。この手続きをいう。
一次波形: 地震計による波形のみのデータ。地震学上最も基本的データ。
全修正: 実時間、再検測データの再度修正用データ。
ファイル: データ、プログラム等をファイルとして扱える。
メッセージ交換: オペラタ用。

```

GETJMA
OSUID(      )   DSNAME( JMA )   DISP( NEW )   VOL( VS1US 1 )
1 DATE(YYMMDD).....( 1976 / 01 / 01 )---( 1976 / 01 / 07 )
2 TIME(HHMM).....( 0000 )----- ( 2359 )
3 LONGITUDE(SDDD.DDDD)( 000 . 0000 )---( 179 . 9999 )
4 LATITUDE( DD.DDDD)( 00 . 0000 )---( 89 . 9999 )
5 DEPTH(DDD).....( 000 )----- ( 999 )
6 MAGNITUDE(D.D).....( 0.0 )----- ( 9.9 )
PRINTER OUTPUT OPTION (REPLY Y OR N)
1 PRINT HYPOCENTER DATA & OBSERVATION DATA.....( N )
2 PRINT SUPPRESS OS FILE OUTPUT ONLY.....( N )
3 PRINT HYPOCENTER DATA ONLY.....( Y )
4 PRINT NUMBER OF HYPOCENTER DATA.....( Y )
5 PRINT NUMBER OF HYPOCENTER & OBSERVATION DATA.....( N )
6 OS FILE OUTPUT (HYPOCENTER & OBSERVATION DATA).....( N )
7 OS FILE OUTPUT (HYPOCENTER DATA ONLY).....( N )
OBSERVATION DATA OPTION
1 GS CODE.....( 00 )
  
```

付録C. JMA データベースの検索用メニュー画面の1例

<参考文献>

- (1) 東大震研編: 第4次地震予知計画, 昭53
- (2) 安永, 宇佐美: 地震予知観測情報ネットワークシステム, 情報学会全大1E-6, 昭56
- (3) 地震予知研究協議会編: 地震をさぐる, 昭55