

マルチメディア指向型地震波データベースの開発

Development Of Multimedia Direction Type Data Base System Of Earthquake Motion Records

永坂 英明* ○黒田 雄一郎* 阿部 健一** 芳賀 勇治***
 Hideaki Nagasaka Yuichiro Kuroda Kenichi Abe Yuji Haga

耐震技術の高度化を目指して各地に地震観測システムが設置され、数多くの地震波記録が収録されるようになった。今回これら収録データの合理的管理、有効活用を目的として地震波データベースの開発を行うことにした。当システムは単に地震波の検索・抽出を行うだけでなく、観測地点の地盤形状・地層構成などの確認や、波形特性の識別を瞬時に行えるものを目指した。このために視覚的な情報を画像データとして扱うことや、種々の解析機能を組み込むことで対応した。さらに観測点地盤柱状図の画像データと地震波のデジタルデータをリンクしてDB化することにより、マルチメディアDBの可能性について試行してみた。

With a view to developing high technique of earthquake-proof, systems of seismic observation were disposed each place and many seismic motion records have been got. This time, it was decided to develop the data base system of earthquake motion records in order to manage these data rationally and to use it effectively. The object developing this system are not only searching and abstracting these data, but also certifying composition of stratum at observation point and discriminating against characteristic of seismic motion in a moment. With a view to attaining this object, visual information were treated as image data, and any kinds of function of analysis were introduced in this system. And further, we tried the possibility of Multimedia Database by linking image data of geological column at observation point to digital data of seismic motion.

キーワード： マルチメディアデータベース、地震波データベース、画像データ、地震観測システム、テーブル形式、エンジニアリング・ワーク・ステーション、光磁気ディスク、解析機能

Keywords: Multimedia Database, Earthquake Motion Records Database, image data, system of seismic observation, table style, Engineering Work Station, optical magnetism disk, function of analysis

1. はじめに

我が国での有感地震の発生件数は、年間 3,000回以上にもおよぶ場合もあり、マグニチュード7～8の地震は年に1～2回の割合で発生する「地震大国」である。日本のような「地震大国」においては耐震分野の技術の重要性は非常に高く、耐震技術の高度化を目指して各地に地震観測システムを設置し、システムの整備が行われている。

当社においても独自の地震観測システムであるKA

SEM^D (KUMAGAIGUMI ARRAY SYSTEM FOR STRONG EARTHQUAKE MOTION)、免震建屋地震観測システム、某住宅地震観測システムを設置するなど、この方面の技術の向上に努めている。

しかしながら、これら観測システムより得られた地震波記録は磁気テープに収録しているため、地震が発生するたびに磁気テープの数が増え、管理していく上での内容把握、収納スペース、波形抽出時間といったことが大きな問題となってきている。また、観測に携

連絡先： *	嵯熊谷組	情報システム総括部	〒442	豊川市穂ノ原2-1	☎05338-4-1118
**		原子力エネルギー部	〒162	東京都新宿区津久戸町2-1	☎03-3235-8650
***		技術研究所	〒300-22	つくば市鬼ヶ窪1043	☎0298-47-7503

わる部署が増加するにしたがって、地震観測の対象地盤や構造物が多岐にわたるため、得られた地震データが全社の有効活用されにくいなどの障害が一部にみられた。

そこで、このような状況を打開する為に地震波有効利用チームを結成し、その第一段として、地震波記録が収録されている磁気テープに関する問題解決と、ユーザが自由に地震波記録を使って行う研究、設計を可能とすることを目的として地震波データベース（以下地震波DB）の開発を行った。

以前、当社においても地震波DB（SEDAC）を開発したが、これは設計用によく用いる地震波を中心に大型汎用コンピュータ上の磁気ディスクに保存し、必要な地震波を一成分ずつ抽出するシステムであった。しかし、波形を検索・表示するといった機能は持ち合わせていなかった。

このようにSEDACのDBシステムは必要な波形の収録された地形・地盤条件などを、別途作成した本などの資料を見なければわからないことや、取り出した波形の特性を知るためには、DB以外の別システムを用いて解析した結果を表示しなければならないことに不備を感じていた。

こうしてみると、実際にDBシステムを活用していく上で重要となるのは、データが効率よく抽出できることのみではなく、データに関するあらゆる情報が取り出せ、そのデータ内容の分析まで行うといった利用効率の良さが挙げられる。特に今回DB構築の対象とした地震波形は、個々のデータ自身ではほとんど意味を持たないため、それが収録された地盤構成・物性値などに関する情報や波形の振動数特性などといったものが瞬時に取り出せなければ利用価値も上らず、単なるファイリングシステムになってしまう可能性は非常に高い。

したがって、これらを踏まえた上で本システムは、地震波の検索・抽出を目的とするだけでなく、視覚的に観測地点の情報、波形特性の確認が可能となるシステムを目指した。

さらに観測点柱状図の画像データと地震波のデジタルデータをDB化することにより、マルチメディアDB²⁾の可能性について試行してみた。

2. 背景と目的

現在当社において保有している観測地震波はすべて磁気テープに保存されており、その内容を表-1に示す。KASSEM、免震建物、某社宅は、先にも述べたように当社の地震波観測システムである。KASSEMは、地盤中を伝播する地震動の伝播特性を求めることを主な目的として1984年9月より観測を開始した。免震建屋地震観測システムは、実地震動に対する免震装置の作動信頼性および免震効果の実証、更に軟弱地盤上に立地する免震建屋の地震時挙動を把握する目的で1988年12月より観測を開始した。また、某社宅地震観測システムも免震建築物の地震時挙動を把握する目的で1992年9月より観測を開始した。仙台高密度アレーは、官民共同で観測局を設置し、種々の地盤条件下で地震動の同時観測を行うことにより、表層地盤が地震動の特性に与える影響を解明するための資料を蓄積し、より合理的かつ経済的な耐震設計法の開発に資することを目的に地震観測を行っている。

表-1に現在の収録波数を示したが、さらにこれから地震が発生するたびに波形データを収録した磁気テープが増加していくのは明らかである。そのため新たなDBシステム開発の検討を行うことにした。

2.1 解析機能

これまでの地震波DBは地震情報などによって検索を行い、その結果を表・グラフにて出力するといったものが一般的であった。しかし本当に重要なことは、こうした検索機能よりも検索しながら使用できるデータ処理機能にある。例えば、抽出した波形の形状や波形特性をすぐに確認できることは、ユーザが使用したいものかを判断する上で重要であり、こうした機能を含めてこそ初めて検索が可能になったといえる。

今までこういった機能は別システムを用いて行われていたため、いくつもの波形を抽出している色々な角度から分析する時にはかなり作業効率が低下していた。

表-1 収録地震波データ

観測名	観測点位置	収録波数
KASSEM	宮城県から福島県にかけての太平洋沿岸地域	673地震×72CH 48456成分
免震建屋	東京都江戸川区	240地震×17CH 4080成分
某社宅	東京都豊島区	10地震×24CH 240成分
仙台高密度アレー	仙台地域	5地震×36CH 180成分

これを解決するために地震波に対応した波形図、スペクトル図を管理してある書類等のコードを地震波の管理ファイルに追記して、そのコードによって波形図、スペクトル図を参照してもらう方法もあるが、これでは利用効率が低く、スペクトル出力の形状等が違っていたりすると、ほとんど利用できないことはいうまでもない。

したがって、本システムは抽出した波形の波形解析・応答解析を一連の流れで行い、その結果を表示・出力することが可能なシステムにすることを目的とした。

2. 2 画像データ

地震波を抽出するときにもうひとつ重要なことは、抽出しようとする地震の発生地点に関する情報と観測点の地形・地盤条件などの情報を把握することである。こういった情報は現在、書類などの資料として、各地震観測に携わる部署ごとに管理しており、数も増加し、煩雑化している。これらの資料を一局集中管理し、地震波を検索しながら自由に取り出せてこそDBとしての価値があるといえる。ここではこれら資料をすべて画像データとして取り込むことにした。

2. 3 画像DB

観測点の地盤柱状図を画像DB化することでユーザが解析対象としている地盤に一番近い地層構成をもっている観測点を選択し、そこで収録された地震波が求められれば設計・研究を行っていく上でかなり効果的だと思われる。よって、観測点柱状図の画像データは、地震波のデジタルデータと有機的に連動させることでマルチメディア指向DBとすることにした。マルチメディアDBとは、文字・数値DB・テキストDB・図形DB・画像DB・音DBを個々に構築・管理・運用するだけでなく、それらを結合して一体化し、管理・運用していくシステムである。ここでは観測点柱状図の画像データ検索方法としてテーブル形式を用い、地震波を決定することが可能であるか試行してみた。

これまで示した地震波DBシステムの開発における目的を項目ごとに整理してまとめると以下になる。

- ① 地震波を大量に長期保存することが可能で、自動制御によって波形データの抽出がすばやく行われ、内容も簡単に把握することができ、狭いスペースでも収納できるシステムにする。

- ② 地震情報により地震波を検索することができ、高速表示できるシステムにする。
- ③ 抽出した波形をその場で波形解析・応答解析し、その特性比較を繰り返し行えるようなシステムにする。
- ④ 地震発生地点の地図やマグニチュード、観測点の地形・地盤条件などの資料を一局集中管理し、取り出した資料を視覚的に表示することが可能となるシステムにする。
- ⑤ 観測点柱状図の画像データと波形デジタルデータを有機的に連動させてマルチメディアDBの可能性を追求できるシステムにする。

3. システム構成

本地震波DBシステム開発において、導入した各種システム機器とその構成を図-1に示す。システムを構成する各機器は、先に示したそれぞれの目的に適用可能な機種を選択した。またネットワークによって接続することで相互利用・遠隔操作を可能にした。

以下に各機器の説明を述べる。

3. 1 ホストマシン

最近の情報化における進歩によって、大型コンピュータなどのメインフレームよりも速い処理速度、高解

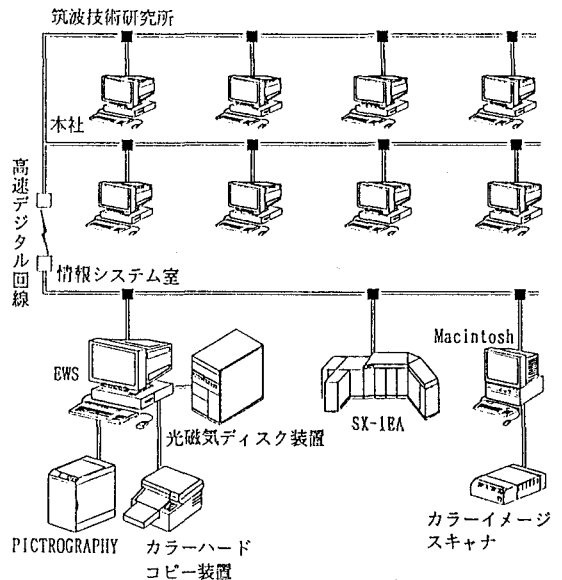


図-1 システム構成図

像度の表示機能、ネットワーク対応機能を備えたエンジニアリング・ワーク・ステーション（以下EWS）は、本システムの目的とする機能によく対応しているといえる。したがって、本DBシステムでは、SUN Spare Station 2 を用いることにした。このEWSにはデータ処理、グラフ・画像表示を可能とするアプリケーションソフトPV-WAVEを搭載した。この簡易言語を用いて本DBシステムを開発しているため、システムのバージョンアップや機能追加を簡単に行うことができる。またPV-WAVE上ではFORTRAN、C言語で作成したプログラムやUNIXのコマンド等を実行することができる。

3. 2 光磁気ディスク装置

今回のシステムにおいては、波形データや画像データをDB化するため、大容量で高性能な記録媒体が必要である。そこで数ある記録媒体から大容量で長期保存が可能で抽出速度の速いものとして光磁気ディスクを用いることにした。光磁気ディスクは、一枚約600メガバイトの容量を持ち、約2500成分の地震波を十分収納可能であり、耐久性、保存性に優れていて、大きさも磁気テープよりはるかに小さいため収納スペースもとらない。この光磁気ディスクを制御する装置としては、光磁気ディスク装置（以下DISC INN）を導入した。DISC INNは、光磁気ディスク

を56枚収納でき、EWSから命令を送ってディスクの交換作業を自動的に行うことができる。したがって、以前のようなオペレータが磁気テープを装置にかけてデータを読むといった作業はなくなり、キーボード操作により全自動で行うことを可能とするものである。

3. 3 画像入力装置

DBシステムを用いて画像データを画面表示する前処理として、画像取り込み作業がある。そのために用いる装置がMacintoshとカラーイメージスキャナGT-4000である。スキャナは、写真・図などを色・形をそのままの状態デジタル化し画像データとする装置で、Macintoshは、スキャナから送られたデータの加工・修正などを行うために用いている。これらの装置によって得られたデータは、イーサネットを通じて転送し、EWSに接続されているDISC INN内の光磁気ディスクに収納している。

4. 機能説明と出力例

本DBシステムは波形諸元データ・画像データを用いて検索し、抽出した波形の表示・転送・解析が行える。図-2に示す各機能は、ボタンインターフェイスによって相互に連動することが可能となっている。つまりキーボードからの入力をなくし、すべてがマウス

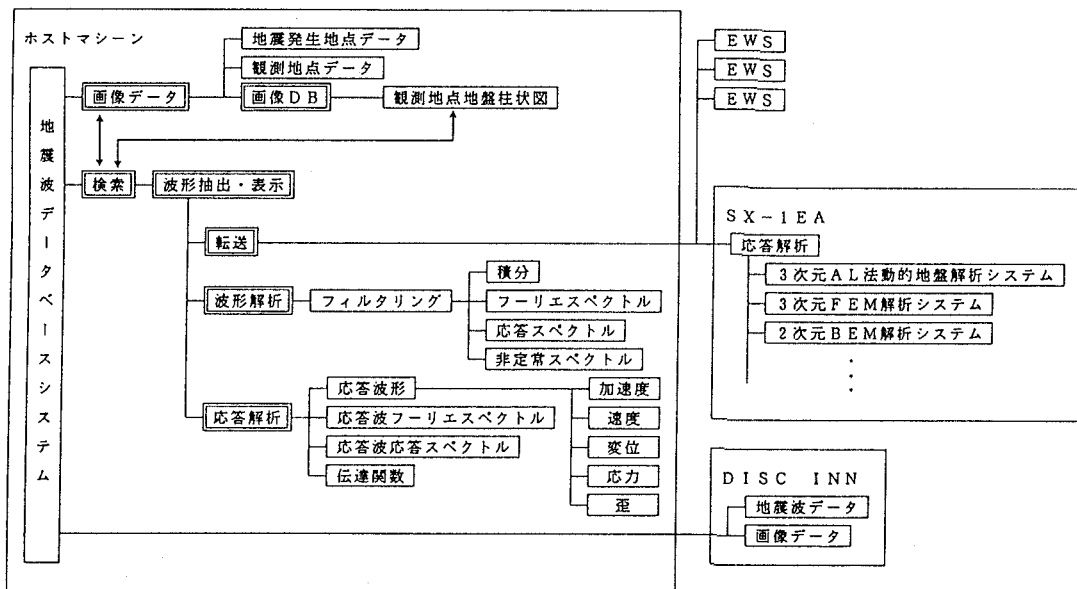


図-2 DB機能説明図

表-2 地震波諸元データのテーブル形式

K0000001 強震記録NO. (A8)	1 研究機関NO. (I8)	1 地震計NO. (I8)	S8 地点名 (A8)	NS 成分名 (A8)	1 記録の種類 (I8)	-14.246 最大値 (F8.3)	4.895 最大値発生時刻 (F8.3)
19840626 記録開始年月日 (I8)	11723 時刻 (I8)	3200 サンプル数 (I8)	0.0050 時間間隔 (F8.4)	19840626010709 地震番号 (I16)			E OFF S TOHOKU 震央地名 (A24)
373036 震源緯度 (F8.3)	1413454 震源経度 (F8.3)	50.00 深さ (F8.3)	50.392 震央距離 (F8.3)	4.5 マグニチュード (F8.3)			

コントロールによって行われる対話形式となっており、マニュアルなどを参照する必要もなく、誰でも気軽に利用できるシステムである。

以下、各機能について出力例を示しながら説明する。

4.1 検索

ユーザが使用したい地震波を条件に合わせて抽出することができる機能として検索機能を設けた。ここでは、画面上に表示された各地震波の諸元データから必要な成分を選択することができる機能とした。諸元データは表-2のテーブル形式で各成分ごとにDBシステムが搭載されているEWSのハードディスクに保存されている。諸元データを強震記録番号順に表示した画面が図-3である。図中下部には「先頭」、「前項」、「次項」、「最終」ボタンがあり、これをマウスで押すと、表示画面の改ページを任意に行うことができる。さらに「マグニチュード」、「震央距離」、「深さ」のボタンを用いて検索範囲を指定して、絞り込み検索を行うことができる。

4.2 波形表示

検索機能によって抽出された波形の時刻歴をその場で瞬時に確認できる機能として波形表示機能を設けた。波形表示を行うためには、検索された強震記録番号と光磁気ディスク装置に保存されている波形データの所在とを結びつけるため、これらのアドレスを設定した管理ファイルを参照し、今回のDB開発に際して光磁気ディスク装置に保存した884成分の地震波が自由に取り出せるようにした。抽出されたデータはEWSのグラフィック機能を利用することで時刻歴図が表示されるようになっている。したがって強震記録番号を入力するだけで図-4の画面表示が行われる。この画面上部には抽出した波形データの諸元を表示し、下部には抽出した波形データの時刻歴波形が表示される。

強震記録NO.	成分名	震源名称	震源緯度	震源経度	深さ	震央距離	最大値	最大値発生時刻	震央地名
19840626010709	NS	19840626010709	37.3036	141.3454	50.00	50.392	4.5	19840626010709	E OFF S TOHOKU
19840626010709	EW	19840626010709	37.3036	141.3454	50.00	50.392	4.5	19840626010709	E OFF S TOHOKU
19840626010709	NS	19840626010709	37.3036	141.3454	50.00	50.392	4.5	19840626010709	E OFF S TOHOKU

図-3 検索機能画面

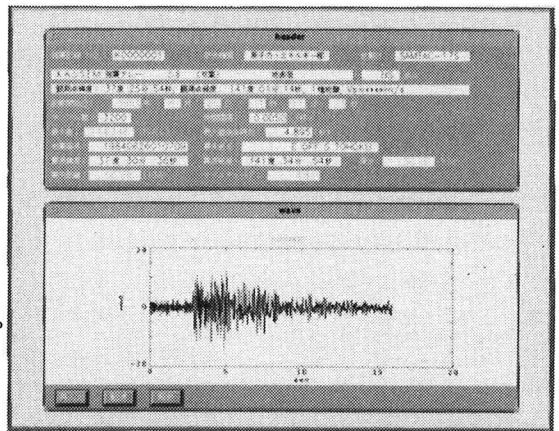


図-4 諸元・波形表示機能画面

4.3 解析

抽出して波形表示をした地震波を解析し、その特性を確認することができる機能を設けた。ここでは、図-2中に表示されている波形解析と応答解析を用意してある。波形解析は加速度波形の積分・フィルタリング・フーリエスペクトル・応答スペクトル・非定常スペクトルを実行し、表示することが可能である。応答

解析は成層地盤におけるSH波、P波、SV波斜め入射解析をサポートし、これより求まる応答波の時刻歴・フーリエスペクトル・応答スペクトルや伝達関数を表示することができる。例として、非定常スペクトルのコンター図、鳥瞰図を図-5に示す。解析プログラムはFORTRAN言語を用いて開発し、表示に関してはPV-WAVEの2次元データ・3次元データ表示機能を用いている。

波形を抽出して特性を知るために解析を行う一連の流れは、必要な波形を選択するために重要であり、何度も繰り返し行われる作業である。したがってDBシステムに解析機能を組み込むことは作業の効率化を図るために有効であるといえる。

4.4 転送

図-1や図-2に示すようにネットワークによって接続されているEWS上で地震波データを加工したり、解析したりすることができるように転送機能を設けた。また、DBシステムの解析機能はあくまでも波形特性を瞬時に把握することを重点としているため、ある程度簡易な解析レベルでサポートしている。さらに高度な解析を行うには、SX-1EAに転送して行う必要がある。図-2中に示すようにSX-1EAに転送することで3次元AL法動的地盤解析システム⁷⁾、3次元FEM解析システム、2次元BEM解析システムなどの高度な解析をユーザが自由に行うことができる(EWS上で操作可能)。またユーザ自身が独自に開発したプログラムを使って解析を行うことも可能である。

4.5 画像データ

地震発生地点の情報と観測地点の地形・情報を把握するための資料を管理し、いつでも取り出すことができるようにこれら資料を画像データとしてシステムに取り込むことにした。画像データを瞬時に表示する目的で磁気ディスク上に保存することを試みたが、その容量の問題で取り込む資料は代表的な物の一部にしか過ぎなかった。この種のDBシステムではあらゆる資料をその場で確認することが重要であるため、資料の検索時間は多少要するが、多くの画像データを保存することが可能な光磁気ディスクを用いることにした。ここではまず、日本地図を画像データとして取り組み、その画像上に地震発生地点とマグニチュード(図-6)を検索機能のところで説明した地震波諸元データテーブルから呼び出し、表示するようにした。図-7は、

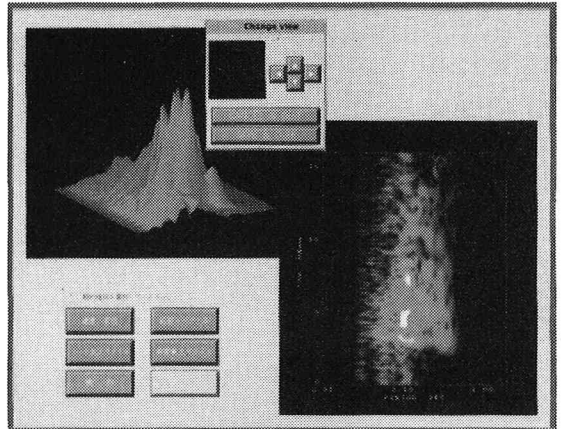


図-5 解析結果出力例

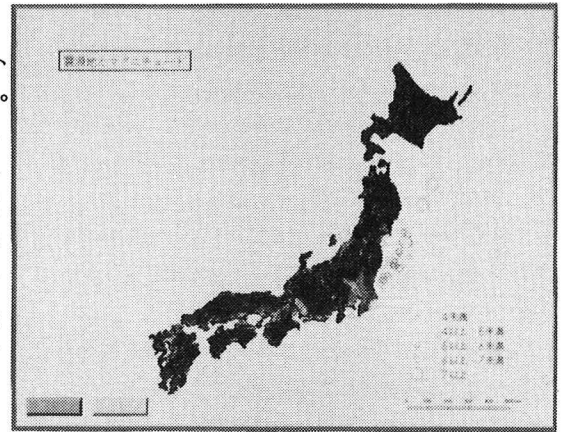


図-6 震源地とマグニチュード

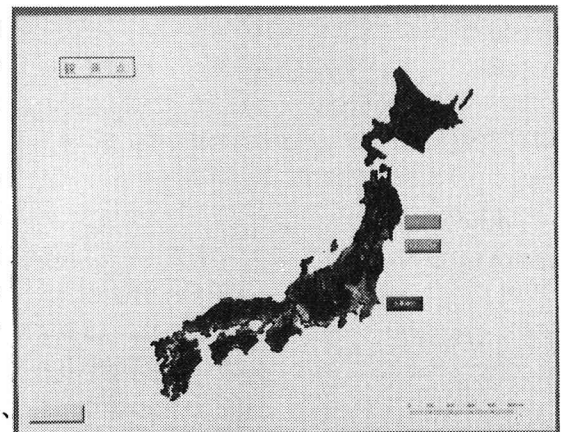


図-7 観測システム地点

表-3 画像データのテーブル形式

地盤物性値	観測システム	アレー種別	地盤柱状図ファイル名	観測点名	メディア番号	(表: 0, 裏: i)
1	KASSEM	強震アレー	JIBAN1. FIL	S4	5	0
1	KASSEM	強震アレー	JIBAN2. FIL	S7	5	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

KASSEM、仙台アレー、免震建屋の3地点の観測点位置を表示するようにした。また観測地点の地形および詳細図といったあらゆる書類を画像データとして取り込んでいるため、図-7中の「KASSEM」, 「仙台アレー」, 「免震建屋」のボタンを選択すれば、これらに関する資料を随時表示することができるようにした。その一例として図-8にKASSEMの観測位置、観測点全景、イメージ図を示す。

4.6 画像DB

これまで地震波DBシステムの多くは、地震情報に関する諸元より地震波を検索するものであった。しかしながら実際の設計業務などに用いる時には、その設計物件に一番近い地盤物性を有する観測点で収録されている地震波が必要となる場合がある。したがって、今回作成したシステムにおいては、数ある観測点の地盤物性、すなわち地盤柱状図の画像データを検索の対象とし、それに対応した地震波を抽出できるようにした。こうすることで画像、文字、図のデータを個々に管理・運用するだけでなく、それらを統合したDBシステムとすることでマルチメディアDBシステムとしての可能性について試行した。構築されたデータを統合管理・運用していくためには、すべてのデータに対して管理テーブルファイルを作成することで行っている。このテーブルには、各観測地点ごとの地盤物性値、観測システム名、観測地点名、地盤柱状図ファイル名、光磁気ディスクメディア番号を保存しており、これによって画像データの検索や地震波データとの連動を図っている(表-3)。

地盤物性値とは、その地点における地盤が硬いと思われるものから順に1, 2, 3とつけ、一番軟らかいと思われるものが5となるように、我々が独自にかなり大まかな範囲分けをしたものである。なぜなら、それぞれの観測地点の地層は、複雑に絡み合って構成されているため一概に硬い、軟らかいといったレベルでは決定できないためである。さらに現状において画像認識による検索は非常に難しく、このように大まかな

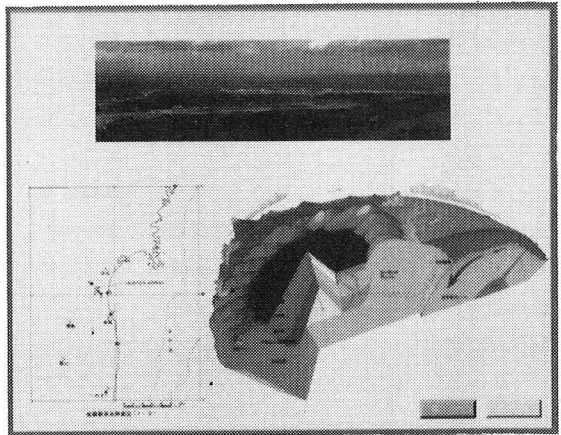


図-8 KASSEMにおける地形情報一例

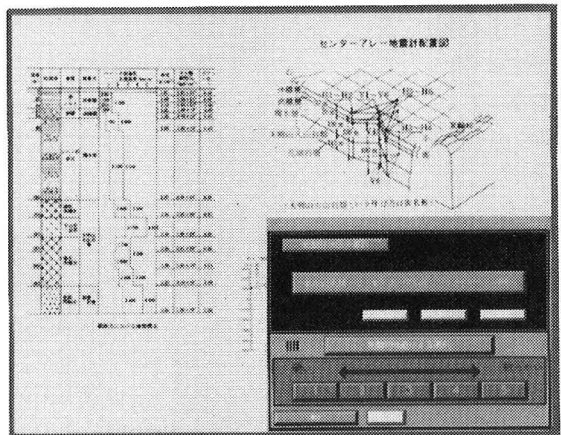


図-9 画像DB機能

指標値が必要となってくるわけだが、今回のシステムでは、この方法でもかなり効率よく地盤柱状図の絞り込みができた。図-9の右下に地盤物性値による選択画面を示す。ユーザがどの物性にするかを決め実行すると、その範囲に該当する観測地点が列記される。そしてその地点ごとに地盤柱状図(図-9)を表示することが可能なため、ユーザ自身が視覚的に判断して観測地点を決定することができる。絞り込んだ観測地点で収録された地震波は、先に示した検索機能と同じ

方法で同一観測点の波形のみで絞り込みを行い、波形抽出・表示・解析・転送という操作を行うことができる。

5. おわりに

地震波を効率よく利用していくことを目的として、解析表示機能、画像データの取り込み、および画像DBを有する地震波DBシステムの開発を行った。これはDBとしての効率化の他に、急務とされているマルチメディア対応DBの実用化への試みとして行ったものである。

こうすることにより、DBシステムがもつ情報を分かりやすくユーザに伝えることができるようになった。また、マルチメディア指向のDBにおける個々の要素技術が習得できたことによって、土木分野の種々の問題に対する適用が可能となったと言える。

しかし、検索システムについては、管理テーブル形式といった簡易的な方法を用いており、本当の意味でのマルチメディアDBを追求するためには、画像認識などの高度なレベルの検索方法を確立する必要がある。

今後の課題として、既存のDBシステムにユーザが個々に開発した解析プログラムを簡単に組み込んだり、取りはずしたりすることができる機能が望まれているが、これを実現するのはかなり難しい。したがってDB内により多くの解析手法をサポートすることで、この問題に対応しようと考えている。特にDBの特色を生かすためには、統計的解析手法を導入することが効果的であると言える。こうしたことは、解析手法が選定できれば比較的簡単に行えるため、現在システムのバージョンアップを検討中である。また地震波データ・画像データの登録、および管理テーブル作成にはかなり時間を費やしているため、これらをすべて自動的に行うことができるようにすることも今後の検討課題として挙げられる。

なお本DBシステムは、第一段階の開発が終了した時点であり、今後はより多くの波形データ・画像データを追加することで、全社的に有効活用していく予定である。

最後に本論文は、当社における「地震波有効利用チーム」の成果の一部を取りまとめて発表したものであることを付記しておく。

参考文献

- 1) 清水昭男他：熊谷組地震観測システムKASSSEMの概要、熊谷技報36号, pp. 85-96, 1985. 2
- 2) 増永良文：マルチメディアデータベース総論、情報処理, 28巻, 6号, pp. 671-684, 1987
- 3) 藤井義明他：技術情報データベース構築についての考察、第28回情報科学技術研究会発表論文集, pp. 83-93, 1992
- 4) 矢島 浩：地震波データ管理システムの開発とデータベース化、電力中央研究所報告, 1992. 1
- 5) 杉戸真太：地震動アレー観測記録データベース(SMARD)の開発、京大耐震研究報告, No.87-4, 1987
- 6) 土木学会耐震工学委員会強震動アレー小委員会：地震動アレー観測記録データベース開発に関する研究調査報告, 1988
- 7) 永坂英明・蔣通：Aki-Larner法による三次元動的地盤解析システムの開発、土木情報システム論文集, pp. 49-56, 1992
- 8) 木戸出正継他：画像処理におけるマルチメディアデータベース、情報処理, Vol. 28, No.6, pp. 756-764, 1987. 6
- 9) 鷹野 登：地震データベース利用システムの現状と課題、情報処理学会第31回全国大会, pp. 669-670, 1985