

008

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第2841号

土木研究所資料

地盤情報処理技術の現状と課題

1990年3月

建設省土木研究所
地質化学部地質研究室

Copyright © 1990 by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

地盤情報処理技術の現状と課題

地質研究室 稲 崎 富 士
佐々木 靖 人
中 村 康 夫

要旨

地中国土情報の整備とその有効利用を図るために必要とされる地盤情報処理技術について、主として大都市域のボーリングデータからなる地盤情報とその処理技術の現状を調査し、地盤情報を整備する過程での諸問題や今後の解決すべき課題について取りまとめたものである。

キーワード：地中国土情報、ボーリング、データベース、情報処理技術

目 次

はじめに	1
1. 地盤情報処理技術の概要	4
1.1 地盤情報とは？	4
1.2 地盤情報処理技術開発の必要性	4
1.3 地盤情報処理技術の現況とその動向	6
1.3.1 地盤情報データベースの整備状況	6
1.3.2 地盤情報処理システムの開発状況	8
1.3.3 地盤情報処理システムの運用状況	14
2. 地盤情報データベース開発の課題	15
2.1 データベースの規模	16
2.2 ボーリングデータの収集方法・経過	18
2.3 データベースの構造・入力項目	21
2.4 データベースの検索・出力項目	22
3. 地盤情報処理技術開発の課題	24
3.1 処理方法	24
3.1.1 エキスパートシステムの適用性について	24
3.2 処理結果の表現法	30
3.2.1 ボーリング柱状図	30
3.2.2 土性図	30
3.2.3 ボーリング位置図・背景地理情報	30
3.2.4 柱状図投影図	30
3.2.5 各種平面投影図	30
3.2.6 鳥瞰図（土龍瞰図）	36
3.2.7 液状化判定・地盤増幅度評価	36
3.2.8 基礎設計・沈下予測・工法選定・耐震設計	37
3.2.9 地質断面図	37
3.2.10 3次元地質モデル	40
3.3 ハードウェアの構成	41
3.3.1 ハードウェア環境の動向	41
4. おわりに	43
参考文献	44

はじめに

情報は、事物に対する判断とそれに基づく活動を有効かつ的確なものにするために、欠くことのできないものである。情報が多ければ多い程、よりの確な行動をすることができるが、情報の量のみならず、質的属性としての“新らしさ”，“正確さ”も重要であるのは言うまでもない。さらに情報は、何らかの処理を施すことによって、異なった、より高次の情報を生み出し得るが、そのためには、収集された情報が処理しやすい形態を有していることが必要である。

近年、企業の東京一極集中の効罪が問題となっているが、これは情報集中都市・東京における情報活動の負のフィードバック効果の表われであろう。情報の産生・流通量指標は東京での850程度に対して第2位の大阪では1/8の100強、鳥取・沖縄では4ないし5程度にすぎないと言われている。つくば市周辺においても、最近、研究開発型企業の立地がさかんに行なわれているが、これも同様に、研究開発に必要な最新情報を獲得するためと考えられる。

1980年代は、“情報化社会”の幕明けの時代であったと言うことが出来るが、情報化の波が建設産業に波及してくるには多少時間を要した様である。これは、建設関連事業分野の情報が、処理しにくい形態を有していたからと思われる。本論でとりあげる地盤情報はその展型で、3次元で定義されるために情報量は膨大であるものの定性的情報であるため処理しにくいという難点がある。そこで、地盤情報処理技術について論じるのに先立って、まず地盤情報の質・性格について整理しておこう。

地盤情報の特徴として、

(1) 不変性、(2) 地域性、(3) 従目的性、(4) 不正確性をあげることができる。

以下概述すると、

(1) 不変性

地盤情報は地中の情報であり、一旦生じると、人工的改変が原地盤に加えられない限り、数10年単位では基本的には変化しない。すなわち、新しくなくても（情報の発生した時期が古くても）その価値は変わらない。

(2) 地域性

地盤情報は、特定の地点ないしは地域の情報であり、空間的な普遍性は有していない。この点においては、極めて限定的な情報であると言うことができる。このことは、位置情報が、地盤情報のうちで重要であることを意味している。

(3) 不正確性

地盤情報の精度は、一般に余り高くない。例えばボーリングでの地質判定では、N値測定区間以外の部分は、スライムやボーリングマシンの状態から間接的に推定しているに過ぎず、また、調査時期・業者によって同一層であっても土質区分が異なっていることがしばしばある。

(4) 従目的性

地質調査は通常、特定の目的をもって実施されるので、得られた地盤情報自体も、一般的な形態をとっておらず、大部分は、その目的だけに利用される。このことは、地盤情報へのアクセスが一般には限定されていることを意味しており、集約の困難性を示している。

上記の特徴、とりわけ(2), (3)の点は、地盤情報の処理・利用をはかる上で重大な問題となる。これらの点については地盤情報を可能なかぎり大量に収集し、不正確な情報を統計的処理によって棄却・修正することによってカバーする以外にはないであろう。また、そうすることによって、収集された情報から新しい、より高次の情報を生み出すことも可能になってくる。

地盤情報とは？

これまで、地盤情報という用語を曖昧なまま使用してきたが、ここでその定義をしておこう。地盤情報は、表-1に掲げた様にその形態・種類によっていくつかに分けることができる。今回、前提として、対象地盤を平野部の主として第四系からなる未固結地盤に限定している。とすると、それらの地盤における主要な地盤情報は、ボーリング調査結果とそれに附随する土質試験データであるので、これらを狭義の地盤情報として定義する。一方広義には、これらのデータセットを処理して得られる、断面図、等高線図等の空間的な広がりを持った（二次元・三次元の）情報を含めたものとする。

表-1 地盤情報の形態と種類

区 分			内 容	種 類
アナログ情報	素 情 報		柱状図 試験・計測結果	地質調査データ
	図 面 情 報		地盤図, 断面図 地質図	地質調査データを二次元化し 図面にしたもの
	文 献 情 報		地質調査報告書 雑誌, 単行本	地盤に関する文字情報
デジタル情報	一次情報	素 情 報		地盤情報データベースのレコード情報 コンピュータが可読できるデータ
	二次情報	一般情報	地点情報	ある地点もしくはその近傍の地盤情報 ・位置図 ・土質柱状図 ・土質試験結果一覧表 ・土性図 ・深度分布図
			線 情 報	ある路線沿いの地盤情報 ・土質断面図 ・相関図 ・頻度分布図 ・粒度組成の三角座標分布図 ・塑性図
			面 情 報	ある区域内の地盤情報 ・等高線図 (地下水位等) ・等厚線図 (土層等)
			三次元情報	ある地域の立体的な地盤情報 ・各種鳥瞰図 (<i>N</i> 値三次元分布図等)
		特殊情報	ある目的のために分析・加工した地盤情報 ・液状化危険度分布図 ・地震時の震度予測図 ・その他	

地盤情報についてのいま一つの問題は、誰がどのような目的で利用するか、という点である。表－２は、地盤情報の利用の現況と将来的可能性についてとりまとめたものであるが、これでもわかる様に、地盤情報の利用はその大部分が、開発行為者側・行政側であると想定されている。また、原情報の帰属、という点から考えても、現状では利用者は行政側が主体であると限定してもよいであろう。

そこで、利用者として我々が、どのような地盤情報処理システムを構築していくか、について地盤情報処理技術の現況と動向について概観するなかで検討を加える。

検討項目は、大きく分けると以下の３項目からなる。

(1) 都市地盤データベースの整備状況

(2) データベースの構造

(3) 地盤情報処理技術の内容と問題点

である。

“ (1) 都市地盤データベースの整備状況 ” では、現在運用中、あるいは整備段階にある地盤データベースのうち代表的なものを調査し、その特徴と課題について検討する。

“ (2) データベースの構造 ” では、データベースの全体量、入力データ項目等データベースの諸属性について検討する。

“ (3) 地盤情報処理技術の内容と問題点 ” では地盤情報に対してどのような処理を施せば、処理結果としてどのような情報を得ることができるかについて既存の資料の分析および独自の考察によって検討を加える。

表－２ 地盤情報の用途

作 業 段 階		利用の位置付け	提 供 情 報
構 造 物 の 建 設 へ の 利 用	建設地点の選定の検討	・発注者側の内部検討資料	・柱状図 ・支持層等高線図
	予 備 調 査	・積算のための資料 （土層構成の把握）	・柱状図 ・土質試験データ
	概 略 設 計	・予備調査の補足資料	
	調査計画の立案	・不足資料の把握	
	本 調 査	・地盤評価のための資料	・柱状図 ・土質試験データ ・原位置試験データ ・各種加工データ
	詳 細 設 計	・本調査の補足資料	
	施 工	・設計時に使用した以外の資料 ・予測できなかった事態が生じた場合の対応資料	
そ の 他	維 持 管 理	・資料保存 ・既設構造物付近の地盤情報の把握	・柱状図 ・土質試験データ ・原位置試験データ ・各種加工データ
	地盤災害の予測と対策	・地盤沈下、液状化等の解析資料 ・地すべりの機構解析等の資料 ・地震時の震度予測の解析資料	
	学 術 研 究	・学術研究のための基礎資料	

1. 地盤情報処理技術の概要

1.1 地盤情報処理とは？

地盤情報処理とは、狭義の地盤情報（土質試験・原位置試験データ：0次元、ボーリングデータ：1次元）を入力し、地盤構造モデル（断面図：2次元、地質構造・分布：3次元、地史・経時変化：4次元）を構築するプロセスのことである。

この処理の意義は、地盤情報の高次元化・質的高度化にある。すなわち、建設技術者が対象とする地盤はオーダーの違いはあっても、基本的には3次元の拡がりを持っているのに対し、最も代表的な地質調査法であるボーリング調査とそれに付随する各種試験は、1次元あるいは0次元の情報でしかない。地盤の一樣性はほとんどの場合、保障されていないので、3次元的な地盤構造の把握、あるいはその地震時の挙動・圧密沈下等の経時変化を予測するためには、地盤情報の高次化を行なうプロセスが必要不可欠である。

従来これらの処理は、地盤技術者の経験とカンに依って行なわれていた。勿論、この過程を全て計算機上で実行することは不可能であるが、地質技術者が行なう地質構造の3次元モデル化の過程を整理し、知識として定義し、その知識間の相互関係、ヒエラルキーを体系化したAI（人工知能）システムが一部の用途に既に開発されており、めざましい成果を挙げている。それと同様に、狭義の地盤情報から広義・高次の地盤情報をより迅速に構築することが可能なエキスパート支援システムの開発が待たれている。

1.2 地盤情報処理技術開発の必要性

日本における近年の社会的潮流の一つに情報化があり、建設分野においても情報化を目指した基盤の整備が進んでいる。地盤情報にも高度利用のシステム化が求められていることは前述のとうりであるが、このような外的要請のみでなく情報化と処理技術開発に対する内的な契機についても検討してみる必要がある。

建設分野における地盤情報をめぐる特徴的な動向として以下の3点を指摘することができる。

(1) 都市域における大深度地下空間開発

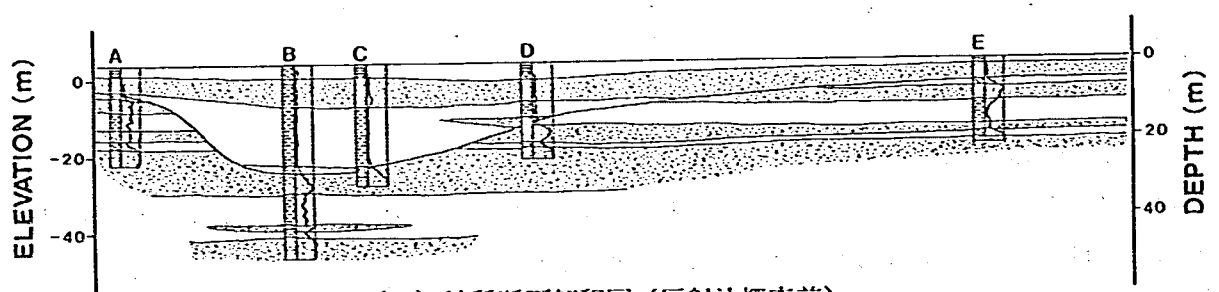
大都市における地下空間の開発にあたっては、既存の構造物に影響を及ぼさないようにするため、支持層以深（東京では-40～-80m以深）と開発空間の大深度化が想定されている。このことは、開発行為の影響領域の大深度化・大規模化をも意味するものであり、直接の対象地盤のみならず、広域的な地盤を評価する必要性を示している。

一方都市域では、地表条件の制約等から、地表からの地質調査も充分には行なえないであろう。そこで既存資料を有効に利用するとともに、一地点で多種類・高密度のデータを取得し、それらの情報を処理・解析することでそれを補うことが必要となってくるであろう。

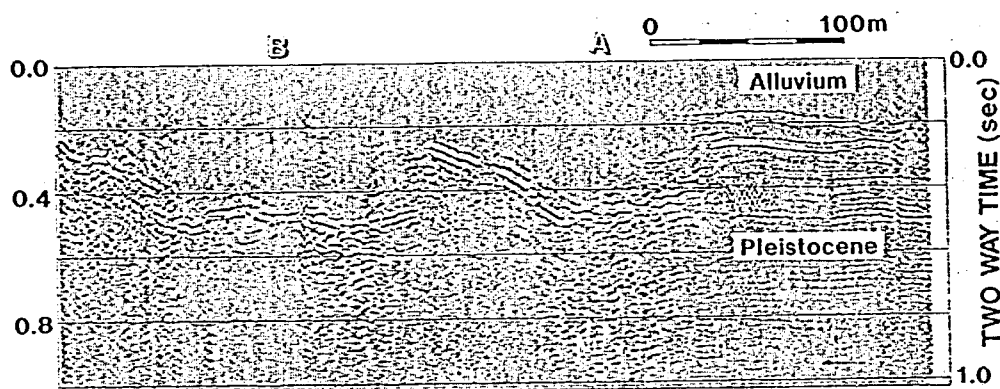
(2) 地質構造の複雑化への対応

平野部の地下地質構造は決して一様ではない。従来水平方向に数100mのオーダーでは地質構造はあまり変化せず、ほぼ一様であると考えられていた。しかし、高密度の地質調査・ボーリング・3次元強震観測等の解析結果から、平野部の地下には、埋没谷・埋没段丘のような旧地形が複雑に分布し

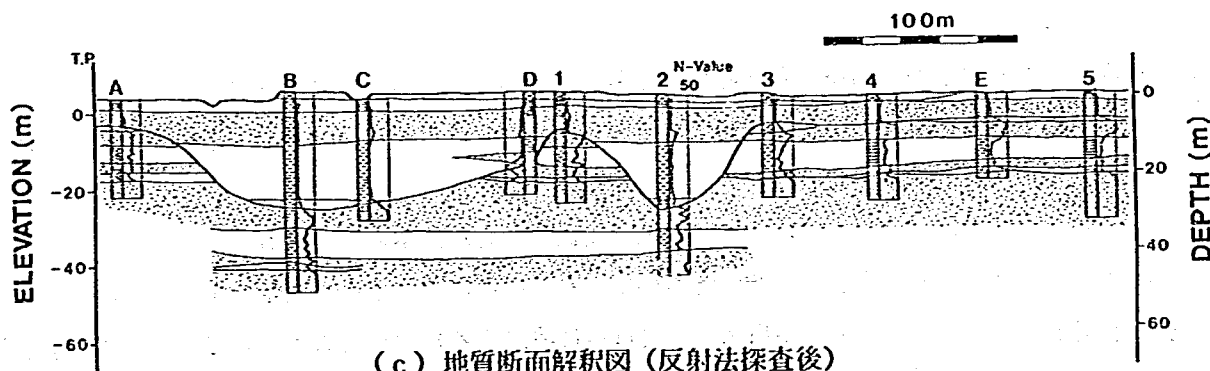
ており、また地表面では確認できない潜在断層が存在していることがあり、数10mのオーダーでも大きく構造が変化する場合があることが知られてきた。図-1はその一例で、自動車専用道の高架部が計画されている部分での埋没谷検出・解釈例である。当初、東西方向に500m程度のこの区間では、5本のボーリングが実施されており（図-1(a)）、B、C地点に非対称の幅150m程の埋没谷が存在するが、後の区間はほぼ同様であるという解釈がなされていた。ところが同一区間で実施された浅層反射法探査の解析結果（稲崎ほか、1984）では、B地点の極近傍に幅100m以下の埋没谷がもう一つ存在することが指摘された（図-1(b)白ヌキA地点）。そこで図-1(c)の1～5の5地点で追加ボーリングが実施され、指摘された埋没谷が確認された。ボーリングの密度は平均で1本/50m程度となったが、この図は、沖積層分布地域で、地盤構造を正しく評価するにはこの程度、あるいはそれ以上の密度でボーリング調査を実施する必要があることを示している。因みに、ボーリングDと1との間隔は20mであるが、N値・柱状図ともこの間で大きく変化しており、局所的な地盤の変化のオーダーは20m以下の程度であることがわかる。このことは、1次元のボーリングデータから2次元・3



(a) 地質断面解釈図（反射法探査前）



(b) 浅層反射法探査結果



(c) 地質断面解釈図（反射法探査後）

図-1 浅層反射法探査および高密度ボーリングによる埋没谷検出例（稲崎 原図）

次元の地質構造を再構築するにあたっては細心の注意をはらうべきであることを示している。とりわけ、最近では、複雑な地盤上への構造物の建造が余儀なくされる場合があり、局所的な地盤構造変化を念頭においた解釈を行なうか否かによってその結果が著しく異なってしまう、構造物の安全性に重大な影響を与えかねない事態を惹起することがあることに留意すべきである。

また岩盤地域では、断層・割れ目・水みち等の岩盤内部の不均質部の空間的分布を如何に評価するかが最重要課題であるが、そのためには、従来の地質学的手法、すなわち未観測部については均質性を仮定して、観測部の状態が連続しているという仮定のもとに地質構造のモデル化を行なう方法は不適切、あるいは使用できない場合が想定される。この様な場合においても、地盤情報を大量に収集・蓄積・解析処理することで地質構造の均質性と不均質性を分離することが可能になり、未観測部の不均質性を合理的に推定することができるようになる。

(3) 構造物の合理的設計・施工管理

構造物の合理的設計・安全施工をはかる上で、構造物と地盤の静的・動的相互作用をより正確に評価・予測することが大切であり、そのためには地盤条件をどれだけ合理的に評価できるかがカギとなっている。

1.3 地盤情報処理技術開発の現況とその動向

地盤情報処理の技術開発にあたっては、まず第一にデータベースの構築、次に処理システムの開発、そして最終的にはシステム運用と段階的な開発課題がある。もちろん、前提としてこれらを貫くコンセプトが必要である。そこで、今後の技術開発の課題を明らかにするために、地盤情報処理の現況と動向をレビューし、その特徴を上記の3段階に分けてとりまとめる。

1.3.1 地盤情報データベースの整備状況

現在運用中、あるいは整備中のデータベースのうち代表的なものを表-3に示す。なお、細目が不明なため、表には入れなかったが、長野県、福井県、静岡県、千葉県等いくつかの自治体においてもデータベースが開発・運用されている。

また全体的な特徴点としては以下の点を挙げることができる。

- ① データベースの大部分が土質地盤を対象としたものである。
- ② 運用機関は、国・地方自治体・大学・研究機関などの公的機関あるいは開発側のみである。（全地連のD・Bについては、各社保有のデータの標準化を行なったもので、全体としてのD・B化は行なってはいない）
- ③ 利用形態としても部内利用が原則となっており、公開しているD・Bはない。
- ④ 入力されている地盤情報に対して高度な処理を施すものではなく、D・Bの本来機能である各種検索が可能な段階にとどまっている。
- ⑤ ハードウェアには、データ数に応じて大型汎用機かP Cが使用されている。

以上の特徴は、全てD・Bの形態に関するもので、その構造に関する点は文献を基にした調査では残念ながら不明である。（入力データ項目については後に検討する）。建設省においても表-3に示されている様にD・Bが一部運用を開始しているが、今後その体系化・発展をはかる上で検討すべき課題として

表-3 既存の代表的データベース

システム	主な利用目的	取 扱 う デ ー タ 項 目							システム整備状況		位置 指定法	使用するハードウェア		検 索 項 目							出 力 項 目					地盤図での利用
		原 料	地盤 構成	標準 貫入 試験	土質 試験	原 位 試 験	施 工 情 報 等	システム データ	中心となる 計 算 機	出力装置		調査 番号	位置 地図	延 長	孔 内 水 位	室内 試 験	調査 年 月	受 注 名	注 文 名	注 文 図	相 関 図	頻 度 分 布	断 面 図	鳥 瞰 図	一 覧 表	
運輸省、港湾 技術研究所	土質データの有効かつ高取 得的な利用 柱状図・各層データの解析		○	○	○			適用中	300 (\$59.11)	緯経度	大型汎用機 (ACOS1000)	グラフィック・ディスプレイ ライン・プリンタ	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
日本道路公団	軟弱地盤上の盛土工施工管理 のための土質データベース	○	○	○	○	○		適用中	1,000 (\$56.7)	路線沿キ口段	大型汎用機 IBMPC-アタリ	グラフィック・ディスプレイ							○		○	○				
建設省	省内のニーズに応じた地盤 データベース		○	○	○	○	○	一 部 適用	30,000	メッシュ 緯経度(0.1")	汎用機 (ACOSシリーズ)	ワークステーション 端末 漢字ラインプリンタ	○	○	○		○	○							○	
国立防災科学 技術センター	地盤構造の解明、震害予測 など		○	○				適用中	43,140	メッシュ (緯度3.0", 経度4.5")	大型汎用機 (ACOS 650)	パーソナルコンピュータ 端末 ディスプレイ(ハードコピー 付)プロッター、ラインプリンタ	入力データの全てに対してキーワード検索							○	○					
東京都土木研 究所	都内の地盤図作成、液状化 検討など		○	○	○	○		適用中	22,000	メッシュ(1km) 緯経度	汎用機 (ACOS 430)	グラフィック・ディスプレイ 静電プロッタ		○	○				○	○	○	○			○	
豊 田 市	豊田市の地盤図を含めた行 政的な利用		○	○				開発中		メッシュ 平面直角座標									○	○	○	○			○	
土質工学会 関 西 支 部	大阪地区の地盤図作成		○	○	○	○		適用中	7,000	メッシュ 緯経度	パーソナルコンピ ュータ	ディスプレイ、X-Yプロッ タ	○	○	○		○		○	○	○	○			○	
土質工学会 中 部 支 部	名古屋地区の地盤図作成、 震害予測など		○	○	○	○	○	適用中	4,190	メッシュ(250m) (緯度3.7", 経度4.5")	大型汎用機	カラーディスプレイ X-Yプロッタ							○	○	○	○			○	
大阪市立大 学・(GEODAS)	柱状図、地質構造図の作成 地質データベースの作成など		○	○				適用中 (整備中)		メッシュ (平面直角座標)	大型汎用機 (NEAC9000)	パーソナルコンピ ュータ 端末 プロッタ		○					○	○		○				
佐 賀 大 学	佐賀平野の地盤構造の研究		○	○				適用中	2,500 (\$61.4)	緯経度	パーソナルコンピ ュータ(PC9801)	ディスプレイ カラープリンタ		○									○	○		
豊橋技術科学 大学	地盤特性の検討		○	○	○	○				メッシュ	パーソナルコンピ ュータ	ディスプレイ、プリンタ X-Yプロッタ							○						○	
熊本大学	熊本地区の地盤、環境、防 災の検討		○	○	○	○		適用中	600	メッシュ(50m)	パーソナルコンピ ュータ(PC9801)	カラーディスプレイ、プリンタ X-Yプロッタ		○					○			○			○	
東 和 大 学	福岡市の地盤図作成 パソコン通信		○	○						メッシュ	パーソナルコンピ ュータ(PC9801)	カラーディスプレイ、プリンタ モデム		○					○	○					○	
八戸工業大学	地盤沈下の監視		○	○			○	適用中	160 (1,495)	メッシュ (平面直角座標)	パーソナルコンピ ュータ(PC9801)	カラーディスプレイ プリンタ		○					○	○						
電力中央研 究所	既刊報告書の整理デー タベース化		○		○	○	○			緯経度	汎用機(HIT AC M-6800)									○	○					
全国地質調査 協会連合会	地質調査業向け小規模地盤 情報システム 業界保有データ(140万本以 上の)標準化		○	○	○	○	○	70万台	各社整備 (保有 140万)	メッシュ 緯経度(0.1") 地図	パーソナルコンピ ュータ (FM-R, PC9801)	カラーディスプレイ 漢字プリンタ	○		○	○		○	○	○	○				○	

①：データの収集法とその帰属

②：利用形態

③：利用目的

の3点を挙げる事ができる。これらについても後に検討を加える。

1.3.2 地盤情報処理システムの開発状況

現時点においては、地盤情報の処理は、データベース化段階でとどまっているものが大部分であり、いわゆるゼネコン、あるいは地質コンサルタント各社が処理システムの開発を手がけはじめているものの、実用化されたものは国内では未だ無いのが現状である。そこで、海外の地盤情報処理システムの一部と、国内で最近利用されてきているパソコン対応の地盤情報入出力システムについて検討を加えた。

検討を加えたシステムを表-4に示す。また個々のシステムの概要は次のとおりである。

表-4 地盤情報処理システムの代表例

№	名 称	開 発 者	摘 要
1	Dipmeter Advisor System	米：Schlumberger-Dell Research	油田における物理検層 のエキスポートシステム
2	Lynx SYSTEM (Exploration)	カナダ：Lynx社	試錐・探査データの管理 の分析システム、資源評価
3	UNIRAS GEOPAK	デンマーク：UNIRAS社	等高線マップ、断層表現 のシステム
4	GEORAMA	日本：CRC	多目的地質図作成ツール 3次元モデルの構築システム
5	PROSPECTOR	米：SRI-International	コンシルテーション エクスポートシステム 探鉱有望地点の調査支援
6	G-PILA	日本：銚情報数理研究所	観測データの図形表示 アプリケーション
7	SIERRA (STRATLOG, MINIC)	米：Sierra	坑井データ解析、地下構造 モデリングシステム
8	CGS	日本：清水建設株式会社	3次元地質構造の推定と力 画像出力
9	COLMAN	日本：国際航業株式会社	パソコン対応の 地質情報管理システム
10	柱状図	日本：東建地質調査、 G & S	パソコン対応ソフトウェア
11	ボーリング調査用土質柱状 図、土質断面図	日本：日本ビーコム	パソコン対応ソフトウェア
12	柱状BASE、断面BASE	日本：基礎地盤コンサルタント	パソコン対応ソフトウェア

① Dipmeter Advisor System

ディップメーターは、1941年に導入された検層装置で、孔井内で層理面等の地層境界面の方位、すなわち走向・傾斜を測定するものであるが、測定データは一般にかなり細かく変動し、また層理面以外のデータもまぎれてくることから、統計的な処理を行ない、一般的な傾向をとらえる必要がある。本システムは、他の検層データも参考にディップメータの測定データのパターン分類を行ない、岩相の区分を行なうシステムである。

基本的な機能としては、

- i) 入力データのチェック・修正
- ii) 堆積過程の推定
- iii) パターン分類による岩相区分

などがあり、知識データとして解析域近傍の大規模な地質構造を持つことができる。

② Well Data System

石油貯留岩層の評価のために、試掘井では多種類の検層を実施するが、本システムは、それらの検層データを統計的に処理し、岩相の解析、空隙率の推定、貯留層の評価を行なう解析システムである。

WDSに組み込まれているソフトウェアには、

- ・オープンホール解析
- ・砂岩頁岩評価
- ・複合貯留層評価
- ・検層解析プログラム作成機能

等がある。

③ Lynx

本システムは、探鉱・鉱山開発を対象として、地質構造の3次元モデル作成、鉱量評価、ピットの設計を行なうものである。このうち、3次元モデル作成のシステムは、以下の3つのサブシステムで構成されている。

i) Drill Log Compositing

ボーリングデータから各ブロックのデータを統計的推定手法により作成する。

ii) 3D Block Modeling

任意の面で囲まれたブロックダイアグラムの作成

iii) 3D Solid Modeling

2平面間の地層境界面を自動的に補間し、3次元の地質構造モデルを作成する。またモデル内を微小ブロック (voxel) に分割し、各ブロック毎の鉱量を評価する。

図-16に本システムによる3次元ブロックモデルの出力例を示す。

④ UNIRAS

ユニラスは汎用のラスタグラフィック画像作成・表示のソフトウェアであり、地質情報処理の専用システムではないものの、3次元表示とそれに必要なデータ処理、表示機能には参考にすべきものが多いため検討対象に含めた。

基本的な表示機能としては、断層を考慮したコンターマップの2次元・3次元表示、ブロック図、地形図表示等がある。

⑤ GEORAMA

本システムは、多目的の3次元地質構造モデル作成システムであり、地質調査諸データ（地表露頭、ボーリングデータ、等高線、走向傾斜）を入力し、地質図（平面図、断面図）、ブロック図、各種主題図を出力するものである。このシステムでは3次元地質モデリングの根幹部である地層境界面の推定を、最適化原理を用いて行なっている。すなわち、地層境界面を制約条件付きの非線型最適化問題

を解くことで求めるものであり、定性的データを扱うことができるという利点を有している。また地層面の定義についても、ブール代数を用いて数値的に定義しているので、計算処理しやすいという利点がある。現在のプロトタイプでは、レンズ層や逆転層を扱えないという重大な問題点は有しているものの、今後改良が加えられれば、充分実用に耐えることができるものと思われる（図-15参照）。

⑥ PROSPECTOR

プロスペクターは、早い時期にエキスパートシステムの成功例として国内に紹介されたシステムであり、地質の専門家が、調査結果を基に他の専門家の援助を受けて地質を評価する過程をAI化した探鉱評価支援システムである。

具体的には、利用者が探鉱有望地の主要な岩石、鉱物等の観測データを入力すると、システムが内部に記憶しておいたモデルと照合し、可能性の高い鉱床のタイプをえらび出し、さらにその確度を高めるために必要な情報を利用者に求め、その結果から最終判断を行なうシステムである。

⑦ STRATLOG/MIMIC

これらのシステムは、地下構造探査データの解析表示システムの開発を手がけている米Sierra社の一群のソフトウェアである。

STRATLOGは坑井データ（岩相、検層データ等）から地質構造の解析や層序の決定を会話型式で行なう坑井データ解析システムである。

一方MIMICは地下構造を視覚的に表示する3次元地下構造モデリングシステムである。

本システムでの表示例を図-14に示す。

⑧ CGS

本システムは、地表面形状に関する等高線や地点標高データ、ボーリング孔に関するデータ（孔口標高、位置、深度）、地表露頭データ（地層境界面の位置）、ボーリング調査データおよび断層に関するデータを入力し、鳥かん図、ブロック図、展開図等を出力することができるシステムである（図-2）。

本システムの主な機能としては、専門家が会話型式でデータの修正を行なうことができること、作図される図面の標準化が図られること、他システムへのデータの受渡しが容易に行なえること、などがある。

⑨ COLMAN

本システムは、パソコン上で操作するボーリング柱状図管理システムであり、主な機能としては、

- | | |
|-----------|-----------|
| ・データ入力・修正 | ・液状化判定 |
| ・位置図表示 | ・地震応答計算 |
| ・柱状図出力 | ・土質試験結果管理 |
| ・断面図出力 | |

等の諸機能がある（図-11参照）。

⑩ 柱状BASE, 断面BASE

本システムは、建設省の「ボーリング柱状図作成要領（案）」に従い、ボーリング調査に関わるデータをあつかい、土質柱状図および、柱状図投影図を作図する、パソコンで操作する作図システムである。本システムでの柱状図の出力例を図-6に示す。

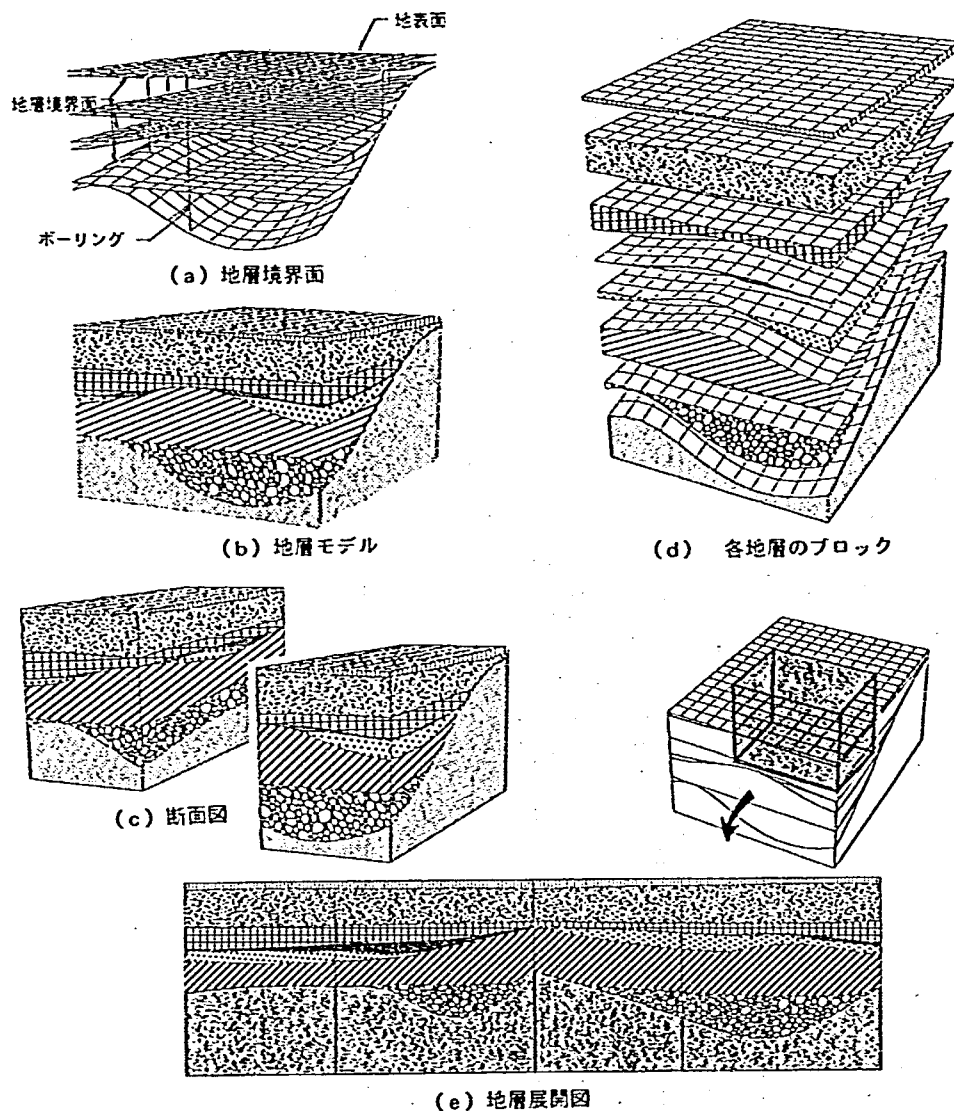


図-2 3次元地層モデルシステムの一例（黒田ほか，1989）

以上の各システムの入出力情報と，システムの基本的性格についての評価をとりまとめた結果を表-5に示す。

PC上のシステムとEWSのシステムでは入出力に扱える情報に大きな違いがあり，PC上のシステムでは，概ね，柱状図や投影図の作成にとどまっている。それに対し，EWSのシステムでは，単純な作図だけでなく，3次元の構造図まで作図することができる。しかしこの場合においても，3次元のモデリングにあたっては，地層境界面の位置や，ボーリングデータ内の補間値を利用者や入力しなければならないものがほとんどであり，AIツールとして計算機側が推論・判断するには至っていない。

一方各システムの諸機能について比較した結果を表-6に示す。国内のシステムは，まだ大部分がパソコンでの作図を主体としたシステムであり，境界層の判断や層相の解釈を独自に行なうものはない。一方国外のシステムにはエキスパートシステムと言えるものがあり，いずれもシステム自体が関連の知識データを保有し，利用者との対話型式によって地質構造等の推定を行なうことができる。

表-5 各システムの入出力情報

No	システム名称	開発者	入力データ	出力データ	主要機能
1	Dipmeter Advisor System (エキスパートシステム)	米: Schlumberger-Doll Research EWS使用	・対象坑井での γ 線検層データ変化 ・質問に対する答えデータ ・地層傾斜角と方位データ	・各種入力データ ・Dipの傾斜角と方位 ・岩相ゾーンの区分結果	・堆積過程の推定 ・岩相ゾーンの区分
2	Lynx SYSTEM (Exploration) (作図システム)	カナダ: Lynx社 EWS使用	・ボーリングデータ ・地図データ ・出力断面の指示	・地図データ ・ボーリングデータ ・平面、断面の地質構造図	・データの修正入力 ・区間データの推定 ・地質構造図推定
3	UNIRAS GEOPAK (作図システム)	デンマーク: UNIRAS社 EWS使用	・メッシュデータ (x, y, z) ・ランダムデータ (x, y, z)	・コンター図・鳥瞰図 ・3次元地下構造モデル図	・各種図形の作成 ・統計処理
4	GEORAMA (作図システム)	日本: CRC EWS使用	・土質柱状図縮元 ・地形データ ・メッシュ情報 ・地質、地層テーブル情報	・地形図 (コンター図) ・地質平面図 ・水平、鉛直断面図 ・ブロック図	・地層識別データに基づく 面図推定
5	PROSPECTOR (エキスパートシステム)	米: SRI-International EWS使用	・対象地点の岩石の様式、鉱物名 ・変成物名 ・システムの要求するデータ	・判断結果の文章出力 ・不明部分の質問	・推定理由の説明 ・入力情報の解釈 ・鉱物所在の判断
6	G-PILA (作図システム)	日本: 情報数理研究所 EWS使用	・任意の計測等データ	・地質図 ・2(3)次元コンター図 ・2(3)次元グリッド表現等	・各種図形の作成
7	SIERRA (作図システム)	米: SIERRA EWS使用	・任意の計測等データ	・柱状図 ・地下構造モデル図・断面図 ・鳥瞰図等	・地質構造の推定
8	CGS (作図システム)	日本: 清水建設株式会社 EWS使用	・地形データ (等高線、標高) ・ボーリングデータ ・地層データ ・断面データ	・地層境界面図 ・地層断面図 ・ブロック図 ・地層展開図	・鳥瞰図作成 ・地質展開図作成 ・地質構造の推定
9	COLMAN	日本: 国際航業株式会社 PC使用	・地形図 ・ボーリングデータ ・ボーリング位置	・柱状図 ・投影図	パソコン対応システム
10	柱状図	日本: 東建地質調査、 PC使用 G & S			
11	ボーリング調査用土質柱状 図、土質断面図	日本: 日本ビーコム PC使用			
12	柱状BASE、断面BASE	日本: 基礎地盤コンサルタント			

表-6 地盤情報処理システムの諸機能比較

システム 機 能		Dipmeter Advisor System	PROSPE- CTOR	Lynx	GEORAMA	G-PILA	SIERRA	CGS	UNIRAS	COLMAN	柱状図 (東建地質 G & S)	柱状図 断面図 (日本ビーコム)	柱状BASE 断面BASE (基礎地盤)
デー ク 入 力	入力データのチェック	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	入力データの修正	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	入力データのリスト出力	—	—	○	—	—	○	—	○	—	○	○	—
地 形 図 表 示	地形図（等高線あり）表示	—	—	○	○	○	○	—	○	○	—	—	—
	地形図（鳥瞰図）表示	—	—	○	○	○	○	○	—	○	—	—	—
	地形図上にボーリング位置表示	—	—	○	○	○	○	—	—	○	—	—	—
柱 状 図 出 力	柱状図出力	—	—	○	—	—	○	—	○	○	○	○	○
	柱状図出力（JACIC仕様）	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	○
	柱状図出力（土質工学会仕様）	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○
ボーリング投影図出力		—	—	○	—	—	○	—	○	○	○	○	○
地質断面図出力		—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—
地質水平断面図出力		—	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—
ブロック図出力		—	—	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—
展開図出力		—	—	○	—	—	—	○	—	—	—	—	—
堆積過程の推定		○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
パターン分類の入力に基づく ゾーン区分図の出力		○	—	○	○	—	○	○	○	—	—	—	—
回答に対する詳細説明機能		○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
利用者入力文の解釈		—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
不足データの内挿推定		○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—
地震応答計算・液状化の判定		—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—
相関図の作成		—	—	○	—	○	○	—	○	—	○	—	○
ラベル印刷		—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	○

全体的な動向としては、まずパソコンのシステムでは作図を主体としていたものが、COLMANに代表されるように、地図情報との重ねあわせ、データの検索および簡単なデータ処理が行なえるようになってきており、またEWSのシステムでは、単なる作図だけではなく、モデリングが可能となっている。

エキスパートシステムでは、利用者に知識を入力させ、会話型式で解析をすすめていく方式がとられている。これは利用者が地質の専門家であることを想定したものであり、我々が開発すべきシステムにおいても参考にすべき点である。本来エキスパートシステムでは、専門家の知識をシステムに移植し、非専門家でも解析できるように期待されているが、地質解釈システムでは、扱う知識と対象が広いことから、当面は、両者の知識をあわせて解釈を発展させる手法をとるべきであろう。

1.3.3 地盤情報処理システムの運用状況

現在、国内においては、データベースとしての運用例はあるものの、高度な情報処理機能を有するシステムは開発途上あるいは、開発計画中で、運用されているものはないのが実情である。これは国外も同様で、石油資源・鉱山関係では利用されているものの、土質地盤を対象としたものは開発されていない模様である。但し、ゼネコン各社、地質コンサルタント会社では数年先の運用を目指して開発にとりかかっており、計算機の処理能力の向上も相俟って、2～3年後には、いくつかのシステムが稼働されるようになるであろう。

2. 地盤情報データベース開発の課題

2.1 データベースの規模

D・B, 地盤情報の用途については表-2に分類した様に, ①構造物(例えばダム, 地下空洞, 廃棄物処理施設, 原発などの重要施設)の建設にあたっての基礎地質評価, ②地下水障害・液状化・震害予測, 支持層等分布評価など広域的地盤評価とがあり, 各々においてDBに対し異なった対応が求められている。すなわち, ①の評価のためには, 小さな領域に高密度の地盤情報が必要とされるのに対し, ②のためには広域的に適度に分散した大量のデータが必要とされる。その凡その目安としてボーリングデータ量で

①; 10本/1ha~100本/1km² あるいは

500~5000m/1Mm²

②; 10³本/10²km²~10²本/10²km²

の数値を挙げることができよう。①と②の比は大体100:1程度である。これに対し, 各機関がこれまでに収集したボーリング本数と密度は下表のとうりである。

表-7 各機関のボーリングデータ収集状況

機 関 名	概 略 本 数	密 度
建 設 省	50,000 本/平野部(除北海道)	0.5 本/km ² 程度
東 京 都	22,000 本/都内	20 本/km ² "
静 岡 県	15,500 本/県内	3 本/km ² "
千 葉 県	10 ⁵ 本/県内	数 10 本/km ² "
防災センター	43,000 本/全国	0.1 本/km ² "
全 地 連	140 万本/全国	5 本/km ² "

建設省が現有しているボーリングデータは, 河川・道路沿いに集中しているため, 局所的には, ①の密度を充足しているものと思われるが, ②の評価は, 平均密度も小さく, 現状では不可能であろう。

東京都のデータベースでは, 区部での平均密度が20本/km²程度あり, 広域的な地盤構造評価を行なうに十分な量を保有している。たとえば, 東京低地部のボーリングデータ 12,300 本を用い, 500 m メッシュで低地部の液状化判定マップを作成している(東京都土木技術研究所, 1987)。

防災センターのボーリングデータベースは, 平均密度は0.1 本/km²程度であるが, データは大部分が東京湾周辺に集中しており(23,000 本), 地域的ではあるが, 液状化予測のための砂層分布, サイズミックマイクロゾーニングを試行的に実施している(諸星・幾志, 1989)。

近年, 土地高騰の影響等で, 都市域ではいわゆる近接施工を余儀なくされるケースが増えてきている。その様な場合, 既存資料を参考に出来れば, 新期ボーリングの位置の選定・その積算, 概略設計等を容易にすることができるであろう。建設省におけるボーリングデータの保有現況では, この様な, ③: データベース検策・参考としての用途には利用していけるであろうが, 広域的な地盤評価のためには自前

のデータ収集に留まらず、関連データの収集をもはかるべきである。

ボーリング調査は、前述の様に特定目的のために実施されるため、前記①の用途は別として、②、③では他目的・用途での再利用ということになり、データベースとしては多方面からの収集が再利用を可能にする最善の策であるからである。

表－8 土木研周辺のボーリング実施機関・対象別分類

機 関	対 象	件 数 (本)	割 合 (%)
公共サービス	電気・ガス・水道・電話	10	3
民 間	建 造 物	79	22
地 方 自 治 体	下 水 道	60	17
	道 路	12	3
	学 校	8	2
	橋 梁	4	1
	造成(工業団地)	26	7
	建 造 物	8	2
国・公共機関	建 造 物	146	41
	調 査 研 究	8	2
合 計		361	100

一例を挙げると、表－8は土木研究所（つくば）とその周辺、約30km²の領域において収集されたボーリング調査の実施機関・対象別件数を整理したものである。つくばの研究学園都市という性格から、国立研究機関の造成に伴うボーリングが4割強を占めているが、それでも、建設省（営繕）担当分は106本、30%弱に過ぎない。

大都市域では民間の開発行為が大きなウェイトを有しているので、全体に占める民間建造物の項の割合が大きいものと予想される。また公共サービス機関・地方自治体の割合も増大するであろう。いずれにしろ、大都市域における建設省の開発行為は道路・河川・共同溝等の線形構造物を主としているであろうから、データの局所的偏在を排除するためには、民間建造物、学校等の拠点型のデータを取り込むことが必要不可欠である。

2.2 ボーリングデータの収集方法・経過

(1) 建設省

建設省における地盤情報システムの整備への取り組み状況は次のとおりである。

① 地質調査資料の整理及びデータベースについては、昭和60年度から、「技術管理業務連絡会・建設技術情報部会」において取り組んできた。

② 地質調査資料の整理にあたって、その情報表現を統一化・規格化するため、「地質調査資料整

理要領（案）」を作成した。

- ③ 昭和60年度から、建設省の保有する地質調査資料（ボーリングデータ）を「地質調査資料整理要領（案）」に基づき、コーディングを行なうとともに、昭和62年度よりデータベースヘインストールするためのMT化を行なった。

コーディング及びMT化した数量は表－9のとおりである。

なお、昭和62年6月以降、建設省が発注するボーリングを伴う地質調査業務は、「地質調査資料整理要領（案）」（いわゆるJACIC様式）による資料整理が義務付けられており、また、その他の機関でもそれに準ずる動きが出てきている。

- ④ 昭和61年度にその検討が始まった「地質データベースシステム」は、昭和62年度及び昭和63年度に具体的な開発が行われ、平成元年度末には各地方建設局単位でオンラインによるサービスが開始される予定である。
- ⑤ 昭和63年度に、建設省及び首都高速道路公団の地質調査資料を中心に、「関東主要地域概略地盤図」（地盤図（1/50000）、地質断面図（5断面）を含む。）を作成した。

表－9 建設省でのボーリングデータ収集およびMTファイル化の経緯

地建名	60年度 地質資料 編集	61年度 地質資料 編集	62年度		63年度		平成元年度		計	
			地質資料編集	MT入力	地質資料編集	MT入力	地質資料編集	MT入力	地質資料編集	MT入力
東北地建	2,197	2,400	491	2,009	662	3,759			(5,750)	(5,750)
関東地建	2,407	3,000	1,802	7,209	677	677	765	765	8,651	8,651
北陸地建	517	484	436	1,437	150	150	250	250	1,837	1,837
中部地建	1,660	910	809	2,579	291	1,091	214	214	3,875	3,875
近畿地建	4,330	3,214	2,171	9,715	664	664	554	554	10,933	10,933
中国地建	1,680	1,471	2,519	2,271	585	3,984	616	616	6,871	6,871
四国地建	800	1,400	2,294	2,200	452	2,661	700	700	5,646	5,561
九州地建	959	824	2,675	3,640	876	1,694	741	741	6,075	6,075
計	14,550	13,703	13,188	31,042	4,357	14,671	(3,840)	(3,840)	(49,638)	(49,553)

(2) 東京都

東京都部でこれまで実施されてきたボーリング資料は、必要に応じ収集整理され、都市総合地盤図として公刊されてきたが、昭和60年度より、東京都土木研において、それらの地盤資料をデータベース化し、調査・研究用資料だけでなく、都の建設事業計画・工事の設計施工と広域地盤評価を目的とした地盤情報システムの運用が開始されている。

現在では建設局発注の地質調査については、都からPC用の入力ソフトを提供し、フロッピーディ

スクに収めて納入させ、都土木研に集中するよう進めている（中山ほか，1989）。

(3) 長野県・静岡県・福井県

長野県では、1986年に県地震対策基礎調査の一環とし、県内で実施されたボーリング資料を収集し、地理情報システムと結合した地震防災アセスメント支援システムを構築している。ボーリング資料の収集にあたっては主に公共機関（国、大学、電力、NTT、自治体）に提供依頼し、約8000本を収集した。

同様に、静岡県・福井県でも、地震防災対策の一環として県内のボーリングデータを同様の方法で収集している。

(4) 道路公団

道路公団では、公団で発注した地質調査資料は全て試験所に集中し保管している。しかし、収集資料の電子ファイル化については、一部の現場事務所において施工管理用に行なわれているに過ぎない。

(5) 外国の例

カナダでは、国内で実施される全ての地質調査データは、発注者・目的を問わず、法律によってカナダ地質調査所に集中・公開が義務づけられている。

2.3 データベースの構造・入力項目

データベース内にどのようなデータ項目を入力するかは、その後の検索・高次処理の内容から検討すべきであるが、とりあえず、既存のデータベースの入力項目について検討してみよう。

表-10は土木学会の土木情報システム委員会で作成された資料に一部加筆したものである。以下、各項目について検討する。

まず一般的事項であるが、ボーリングの位置をどのような座標系で入力するか、という点であるが、多くのものは緯度・経度系で入力している。建設省も同様であるが、これは、いわゆるJACIC様式で、経緯度入力を指示しているからである。広域的にボーリングデータを扱う際には絶対座標系として経緯度系が適していると言えるだろうが、経緯度データ入力／保存にはしかし、以下の様な問題点がある。まず第一に、入力最小単位が1秒であるが、これは中緯度部では約25mにあたり、十分な位置精度を有しているとは言い難い。さらに、通常では、ボーリング位置は大縮尺地図にプロットされているので、わざわざ中縮尺図にプロットしなおす必要はない。また、他の地理情報等は直交座標系で入力されているので、それらとの複合表示をするには、座標変換を行なわなければならない、かなり面倒でもある。第四に、建造物のためのローカルな基礎地質評価の際には、地域座標系で入力する方が便利である。以上の点から、座標入力については、経緯度系、地域直交座標系の両方で入力／保存が可能なシステムとするほうが良い。座標系の変換については、データベースシステム内にサブルーチンとして変換プログラムを組み込み、自動的に行なわせる様にすれば良い。

地質・土質に関する事項では、後に地層対比・3次元地盤モデル作成に必要な情報を盛り込んでおかなければならない。それらのうち最も重要な情報として混入物・記事情報があるが、大部分のデータベースではこれを入力情報としていないのは全く奇異なことである。また土質名は、現場でのネーミングが土質試験等の結果と調和しない場合が多く、またその名称法も、例えば日本統一土質分類に含まれない場合があるので都土木研のように、入力するか否かは別としても、データとしては両者共に対応できる

表-10 各データベースの入力項目

[illegible]

表-10 各データベースの入力項目 (続)

	資料別項目						孔別項目																		その他			備考						
	一軸試験			せん断			三軸試験			圧密試験			孔内載荷試験			ベーン	透水		埃層			コーン												
	一軸圧縮強度	破壊係数	破壊状況	破壊強度	破壊比	試験条件	試験条件	破壊係数	拘束圧	主応力差	降伏応力	圧縮係数	体積圧縮係数	圧密係数	圧密圧力	試験方法	試験深度	初期圧	降伏圧	破壊圧	弾性係数	試験深度	せん断強度	試験方法	試験深度	透水係数	試験方法		試験深度	試験値	試験方法	試験深度	コーン指数	
港湾技術研究所	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○																			
日本道路公団	○	○	○		○			○	○		○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○							○	○	○	スウェーデン式サウンディング他あり	
建設省	○	○				○	○	○	○	○		○	○	○	○		○	○	○					○	○	○	○	○	○				日本建設情報総合センターにて検討中	
防災科学技術センター																																		
北海道開発局土木試験所																														○	○			
東京都土木研究所	○		○		○	○	○	○	○			○	○																				2システムあり	
豊田市																																		
土質工学会関西支部	○	○	○		○	○	○	○	○			○	○																					
土質工学会中部支部	○	○	○		○	○	○	○	○			○	○																○				地形情報、載荷試験、地震観測結果等も含む	
大阪市立大学(GEODAS)																																		
佐賀大学																																	位置はメッシュ番号で登録	
豊橋技術科学大学																																		
熊本大学	○		○		○							○	○	○	○																			
東和大学																																		
江戸工業大学																																	地下水位観測データ	
電力中央研究所																																	地形情報、岩石試験データ	
全地観データベース	○	○				○	○	○	○	○					○	○	○	○							○	○	○	○	○					

様にしておくことが望まれる。

原位置試験・土質試験データについては、少なくとも通常の試験結果として記載されるデータは、計算によって他のデータから求められるものは別として全て入力する様にすべきである。これは、広域的な地盤評価を行なうために必要なデータを保有しておくためである。例えば、液状化判定を行なう際には、 D_{50} の値が使われるが、建設省で整備中のデータベースではこれをデータとして入力していない。N値データについても建設省のものでは、総打撃回数と総貫入長入力となっており、10cm毎の打撃回数を入力するようにはなっていない。しかし、N値測定区間内での層相の変化の解析には、後者のデータが必要不可欠である。

データ入力をどのような形態で行なうか、という点についても検討を加えてみる必要がある。建設省(JACIC様式)の場合、位置・地質・色調などをコード化して入力している。そもそもコード入力形式は、計算機のI/Oが未発達であり、また記憶容量が小さかった時期の名残りである。また、マニュアルで生データをコード化する際に誤りを生じる危険性もある。後の情報処理の際にデータがコード化されているほうが便利である場合もあるが、それは、計算機内でのデータの持ち方の問題であり、自動的にコード化するサブルーチンを組み込めば済む問題である。

次にデータの構造についてであるが、現在のデータベースのモデルは大まかに、①階層型モデル、②ネットワーク型モデル、③リレーショナル型モデルに分けることができよう。地盤情報は、位置図の背景としての地図情報や、処理結果としての断面・鳥瞰図等の図形情報を扱えることが前提になっており、属性情報も多種多様であり、また計算機的能力が向上したこともあり、複雑で容量が大きくなるものの、リレーショナル型の構造を採用することが適当と思われる。因みに表-6に示したデータベースでは、港湾技研・都土木研などのシステムがRDBSを採用している。

2.4 データベースの検策・出力項目

各データベースでの検策・出力項目については表-3に示したが、図-3に建設省の、また表-11に全地連のデータベースの検策・出力項目を示す。検策機能については複合指定が可能であること、また出力は、ウィンドウ形式による複合表示が出来ることが求められるが、既存のデータベースでは一部を除くとこのような機能は有していないようである。

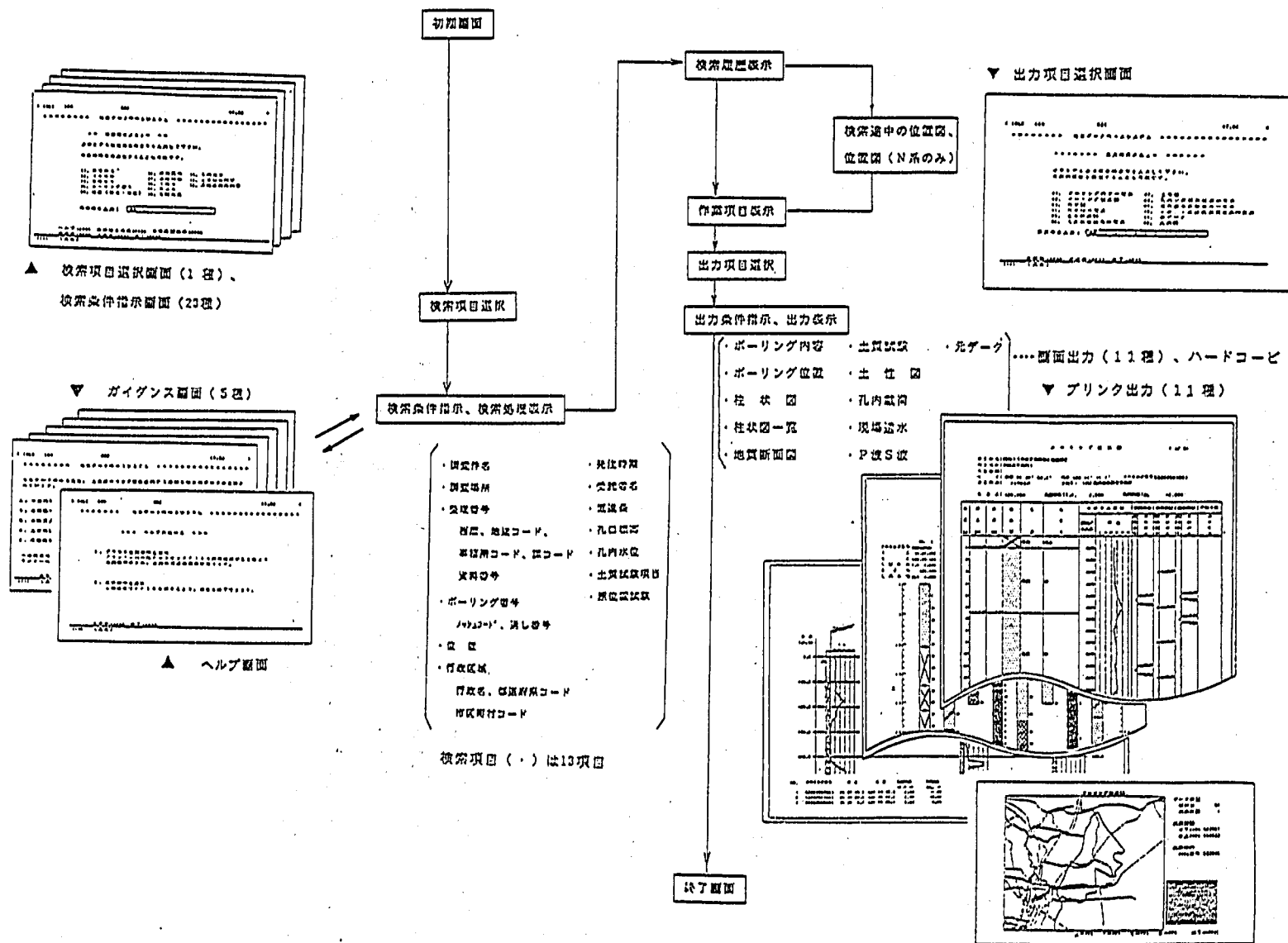


図-3 建設省の地質データベースシステムの検索・出力項目

表-11 全地連のデータベースシステムの検索・出力項目

登録機能	
① データの新規登録	* J A C I C 様式に対応した項目について画面を見ながら入力する。
② データの変更	* ボーリング番号で必要なデータを呼び出し変更する。
③ データの削除	
④ 地図データの登録	* 位置検索に用いる地図の登録をユーザー側で行うことができます。
検索機能	
① 位置(1)-地図 (地図画面で任意の矩形領域を選択)	* 本システムには北海道、東北、北陸、関東、中部、関西、中四国、九州の8画面が組み入れられており、その他、オプションにより各府県単位の地図をサポートしている。
② 位置(2)-緯度・経度 (2点入力-対角、4点入力-矩形)	
③ 位置(3)-行政区域 (画面上でメニュー方式で選択)	* 全国の市区町村レベルまでの検索が可能
④ 位置(4)-メッシュコード	* コードは 1/25000の地形図を 100分割して策定している。
⑤ 調査件名 (文字列の部分検索)	
⑥ 調査時期 (期間開始、期間終期)	
⑦ 発注機関 (画面上でメニュー方式で選択)	* 中央官公庁、地方自治体 (都道府県、全国の市区町村まで対応)
⑧ 受託者 (文字列の部分検索)	
⑨ ボーリング深度	
⑩ 土質試験、孔内載荷試験、現場透水試験、P波・S波測定の有無	
出力機能	
① ボーリング内容一覧表 (画面又はプリンター)	
② ボーリング柱状図一覧 (画面又はプリンター)	* ボーリング番号、土質模様、標準貫入試験値
③ ボーリング柱状図 (画面又はプリンター)	* 標尺、深度、層厚、土質模様、土質名、色調、標準貫入試験 (数値及びグラフ、一般的事項)
④ 土質試験結果一覧 (プリンター)	
⑤ 孔内載荷試験結果 (プリンター)	
⑥ 現場透水試験結果 (プリンター)	
⑦ P波・S波測定結果 (グラフは画面、数値はプリンター)	
その他の機能	
リスト出力機能 (入力されているデータを各様式毎にそのまま出力する)	

3. 地盤情報処理技術開発の課題

土質・原位置試験データ、ボーリングデータという0次・1次の地盤情報を処理し、高次の地盤情報、すなわち2次元・3次元の地盤構造モデルを再構成するにあたって、どのような処理を行ない、結果をどのように表現するのか、またそれをどのようなハードウェアシステム上で構築するのか、という点について以下に検討する。

3.1 処理方法（計算法、推論・判断手法）

1次元のデータから2次元・3次元の地盤モデルを得るために用いられている、あるいは用いられるべき処理・計算法としては次のようなものが挙げられる。

①：補間法 …………… クリッキング法，最小2乗法，ボロノイ分割，

TIN (Triangulated Irregular Network) 法

②：対比・相関 …………… 多変量解析，主成分分析，バリオグラム，ファジィ推論，マルコフ解析

③：面の定義 …………… ブール代数，非線型最適化原理

④：地質学的判断 …………… AI，エキスパートシステム

以上の各処理法の詳細については現在，調査解析中であるので続報にゆずり，ここでは，エキスパートシステムの適用性について検討を加える。

3.1.1 エキスパートシステムの適用性について

(a) エキスパートシステムとは？

エキスパートシステムの技術は，コンピュータに数値処理だけでなく，人間が学習，経験等に基づき獲得した知識を取り込もうと試みるものであり，知識を処理するシステムとも言われている。

このような方法論は，特に現地の状況に応じて柔軟な対応の求められる問題では，適用の可能性が高く有用性の高い方法論と考えられる。

今，ある問題について，その解決の知識を有する人，つまりその問題の専門家が存在し，専門家から問題の解決に必要な知識を抽出できれば，その問題について専門家と同じレベルの問題解決能力を有するコンピュータシステムを構築することの可能性が考えられる。エキスパートシステムではこのような観点から，特に，知識を言語あるいは文字でモデル化して論理体系化し，コンピュータで取り扱おうとするものである。従って，これまでのコンピュータシステムに比べると，その対象範囲が大幅に広がり，特に経験に基づく知識が重要な役割をもつ分野では有望な技術として位置付けられるものである。

(b) エキスパートシステムの構築方法

人間の考えを表現する手段としては，「モデル化」(概念化)を行ない伝達するという方法がとられる。この概念化とは，事物の特徴を共通のもの(数値，言葉など)で表現・記述することである。

つまり，人間の考えを具体的に何かで表現するには，知識について次の事を具体的にすることが必要となる。

- ・ 専門家の頭の中にはその問題についての世界がある(対象世界)
- ・ 対象世界はその問題の特徴付ける項目で組み立てられている(特徴項目)

・特徴項目には具体的な値がある

ここで、3番目の特徴項目に具体的な値が入っている様子がその問題のある瞬間についてモデル化した状態である。

エキスパートシステムでは、専門家のこの状態空間をシステム化することを目的にしており、その空間が逐次変化する様子を追跡するものである。

次に、状態空間をシステムで表現する方法をまとめると次のとおりである。

人間の思考は、事物の状態について普遍化・一般化された概念空間が用意されており、それに対して具体的な事例を入力し、前者と照合（反省）し、種々の判断を下し、最終的な解を見出す（推論を下す）という過程を経る。従って、システム化するには状態を記述することと、判断し推論するという2つの過程が必要とされる。

ここで、状態を記述する過程がフレームの概念で、判断・推論の過程がプロダクションルールと言われている。

つまり、フレームとは、ある知識に関する対象世界から抽出した特徴項目を対象世界の、名前－属性名（特徴項目名）－属性値（特徴項目の値）の3つの組み合わせで記述する方法であり、一種のデータベースシステムでもある。

次に、フレームの状態を外部からの刺激により変化させることが必要となり、その手段としてルール（プロダクションルール）が用いられる。

ここで、プロダクションとは状態を変化させ、新たな状態を生成することである。

このようなプロダクションルールにより、フレームの属性値を順次変化させ、最終的に何らかの状態が生成されると、それが一つの判断として表示されることになる。

（c）エキスパートシステムの構築の手順

エキスパートシステムを具体化するためには、

①：まず第一には、対象とする問題について、専門書・参考書・法令などの文献に基づき基礎的な用語及びその専門分野においては常識と考えられる知識について把握整理し、② 次に、対象とする問題について判断及び分析のできる専門家の選定が必要となる。

通常は①の範囲を分析し、システムの要因を抽出し、その要因をもとに必要な事項をコンピュータシステムとして構築する事になるが、エキスパートシステムでは、さらに専門家の有する知識を加えることになる。従って、その問題について知識を有する専門家の選出が必要となるものである。次に、③：開発計画全体の立案が必要となり、これは、①、②をもとに問題についての分析、専門家知識の位置付け、その問題の事例の有無、開発環境・運用環境の想定等を行ない、開発計画全体を立案するものである。ここで各項目は次のように検討される。

i) 問題の分析

その問題が対象とする範囲及びエキスパートシステムが対象とする範囲を明らかにするとともに、関連する知識・文献・仕様等を整理し、エキスパートシステムのイメージを明らかにする。

ii) 専門家知識の位置づけ

文献・仕様書等から得られるいわゆる教科書的な宣言型の知識について、専門家は過去の経験を通じて、その的確な利用方法を身につけている。ここでは、その専門家の知識と教科書的な知識の関係を

分析し、対象となる問題の知識について宣言と手続きの関係を明らかにしておくことが重要である。

この結果から、専門家の必要性及び、専門家知識の有用性が確認されることになる。

iii) 事例の収集

専門家の知識の抽出、知識の分類等にもっとも効果的な方法は事例を通じたヒアリングであり、したがってここでは、対象となる問題についての複数の事例の収集が重要となる。また、この事例はエキスパートシステムプロトタイプの検査用のデータともなる。

iv) 開発運用環境

実用的なシステムを開発するためには、専門家の知識を効率よく抽出・獲得することが重要であり、そのためには、開発用のシステム（開発環境）として十分な資源（主記憶容量・補助記憶容量）及び画像処理等の能力が必要となる。また開発システムを実用化する場合、そのまま用いる事もあるが、多くは運用システムとして処理速度・入出力手段等を改良し、使いやすいシステムにしており、場合によっては、処理効率の面から他言語で書き直すこともある。

このような事から開発環境は、システムを構築する上で重要な要因となっており、目的とする問題に応じて、十分な開発用コンピュータ能力等の調査が必要となる。

開発環境が決定されると、プロトタイプとして作成すべきシステムの範囲及び骨子を検討することになる。

v) プロトタイプの開発

ここで、プロトタイプの技法とは、エキスパートシステムにおいて最も特徴的な開発の方法であり、これはまた、既存の言語（Fortran, basic, cobol, C等）によりプログラム開発を行なう方法と大きく異なる点である。つまり、問題の一部について専門家からのヒアリングを通じ、解決のための知識が入手できたとすると、その知識の有用性を確認するためプログラミングし、試験できることである。このことは、他の言語のプログラムのように、Mainプログラムのスタートからプログラム終了のEnd行まで作らないと実行できない点と異なる所である。

以上の手順をまとめると、図-4のように表わすことができる。

(d) 地質評価エキスパートシステムの構築手順

以上のような一般的なエキスパートシステムの構築手順に従い、地質評価のためのエキスパートシステム開発の課題を整理すると以下のとうりである。

① 開発計画全体の立案

1-1 問題の分析

ここでは、地質の判断・分析についての基本的な事項（用語、一般的な手法など）を調査し、知識システムとして対象にすべき内容について検討するものである。具体的には次の項目の検討を実施する。

・既往の研究成果の整理

（地質の判断・分析に関する事項、エキスパートシステムに関する事項）

・関連文献の調査・整理

・基本用語の調査・整理

・地質評価の方法についてのまとめ

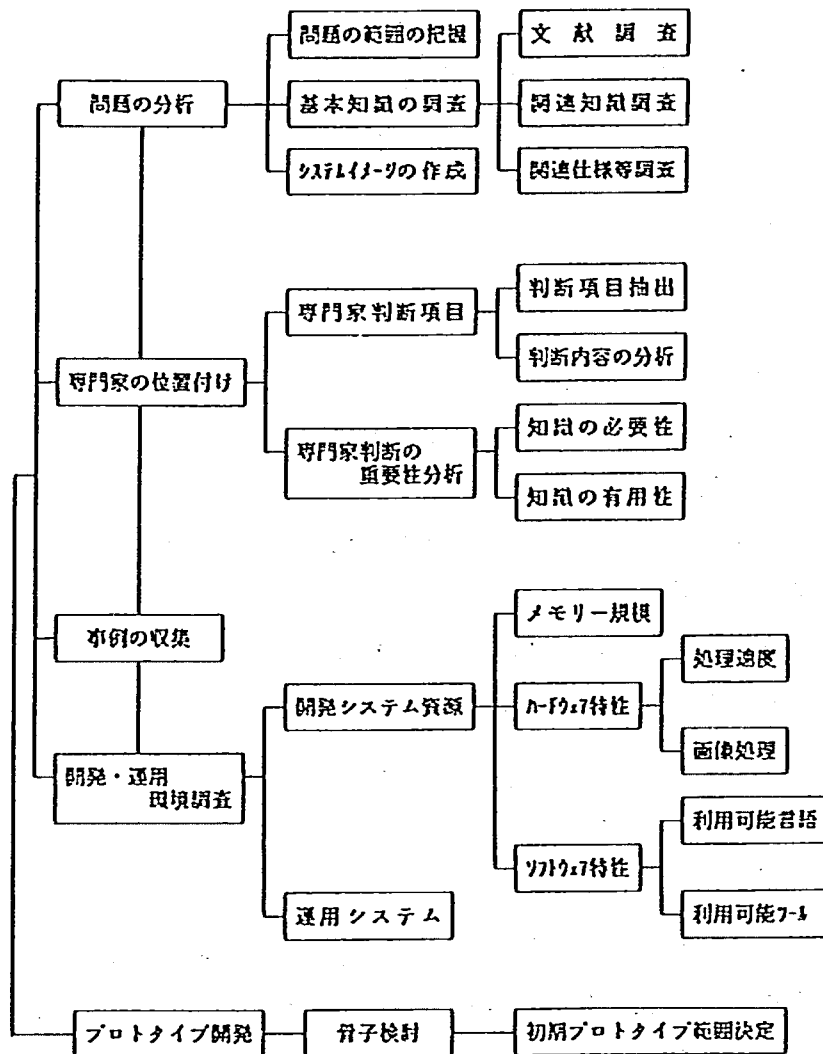


図-4 エキスパートシステムの構築手順

- ・現状における問題点の抽出（知識の客観化，体系化，等）
- ・エキスパートシステムにより解決可能な範囲の想定
- ・エキスパートシステムの適用による効果の判断

1-2 事例の収集

対象とする問題の具体的な知識を明確化するため，事例を収集する。

1-3 開発環境の検討

開発環境としては，ハードウェア環境とソフトウェア環境の両面があり，対象とする問題の性質（計画，設計，分析型等），内容（知識数，知識の形態など）及び入出力手段，関連システムとの結合の有無などにより判断しなければならない。また，最終的なシステムの利用形態との関係によっても開発環境が異なることがある。

検討項目は次のとおりである。

- ・対象とする問題の分類
- ・知識数の見積もり
- ・知識表現方式の概略検討（プロダクショナルルール，フレーム表現，オブジェクト表現等の適用）

- ・関連システムとの結合の有無及びシステムの形態、規模（使用言語、プログラム容量等）
- ・入出力の方法（画面、Data Base 利用、出力形式等）
- ・適用可能なソフトウェアの検討（プロトタイプ、実用システム別）
- ・適用可能なハードウェアの検討（プロトタイプ、実用システム別）
- ・将来の拡張性の検討
- ・結果のまとめ

1-4 専門家の選定

対象とする問題について、その内容を判断できる人が専門家であるが、その条件としては、

1. その問題について他の人より多くの経験を有していること
2. 解の求め方を言葉あるいは文章で表現できること

などがあげられ、エキスパートシステムの構築にはこれらを満足する専門家が不可欠である。

1-5 システムイメージの検討

1-1～1-4の結果をもとに専門家知識の概要、開発環境をもとにプロトタイプ、実用システム、将来構想の各ステップにおけるエキスパートシステムの

- ・機能
- ・精度

等を想定し、システムのイメージとしてまとめる。

② プロトタイプ骨子の検討

ここでは、プロトタイプシステムを構築することを目的に、対象とする問題の範囲を明確化し、入出力手段及び画面イメージの検討を行なうものである。その結果からプロトタイプシステムの全体イメージを具体化してゆくものとなる。

2-1 問題の対象範囲の検討

ここでは、地質評価における基礎知識、手順、専門家の思考過程等を参考に、エキスパートシステムとして具体化する範囲と既存方法でシステム化する範囲を分析し、将来の全体システムのイメージも含め、プロトタイプで対象とする範囲を決定する。

- ・専門家の概略の思考過程の把握（ヒアリング）
- ・思考過程の分析
- ・既存のシステム化手法で対応可能な問題の把握
- ・エキスパートシステムの手法で対応すべき領域の把握
- ・プロトタイプ骨子のまとめ

2-2 入出力方法の検討

エキスパートシステムとして具体化する時の重要な項目の一つとして、入力データ・出力データに関する項目がある。これは、システムに外部から情報を与える場合にどのような形態で与えるか、また、出力はどのような形態で行なうかを決定することになる。人間の場合は、入力に目、耳などを用いかなり柔軟性の高い方法が適用できるが、現在のコンピュータシステムでは、文字入力、画像の入力などかなり限定された手法を用いざるを得ない。また、出力についても人間には文字、言葉（音声）あるいは記憶などの方法があるがコンピュータでは、紙への出力、画面出力等となる。

このようなことより、ここでは、推論、判断に必要な情報を出力する手段及び結果の表示の手段を決定するものである。

2-3 画面イメージの検討

エキスパートシステムは、推論に必要なデータの取り込みや、推論を行ないながらその過程を表示したりして結果の推定を行なう。

ここでは、これらの過程で用いる画面について、そのイメージを明確にするものである。具体的には、利用者を想定し、利用者の理解度に応じた画面を表示することが重要となり、またその画面についても、文字、表、図それぞれの表現方法等を検討しなければならない。

2-4 知識の抽出

ここでは、地質の判断の知識について、既往事例、文献を参考に専門家から知識の抽出を行なう。知識獲得の方法には、種々の方法があるが最も一般的な方法としてはインタビューによる方法がありここでも事例をもとにその方法を通用するものとする。

得られた知識を整理し、体系化するとともに専門家モデルを作成し、知識の整理を行なう。

③ 地質評価の手法調査

ここでは、②のプロトタイプシステムの計画案に従い、具体的にエキスパートシステムの設計を行なう。

3-1 問題の認識

②までの範囲で分析された問題の内容及び知識をもとにエキスパートシステムとして具体化するための思考モデルを立案する。

思考モデルは対象とする問題を内容に応じてタスク（小さな問題）に分割し、それぞれのタスク間で情報（判断結果）をやりとりすることにより、問題解決を目指す仕組みのことであり、専門家の知識をもとに分析するものである。

3-2 解の定義・解の範囲

ここでは、上記のタスクのなかで専門家が最終的に判断する結果の集合をシステムにどこまで持たせるかを定義するものである。

このことは、専門家として答える範囲をある程度限定し、その答えに関する知識をシステムが保有することを示しており、従って、エキスパートシステムとしての枠組みをある程度決定することになる。

3-3 知識の抽出・モデル化

ここでは、利用する開発環境をも想定し、知識のモデル化を行うものである。具体的には、

- ・教科書的な知識
- ・専門家知識
- ・知識の利用方法についての知識

などに区分し、それぞれのモデル化及び関係付けを行い、ルール、フレーム等を用いて表現できるような基本的な設計を行なう。

この段階では、専門家からのヒアリングがさらに詳しく行なわれることになる。

④ プログラミング

③の結果をもとにルールをプログラミングする。

同時に、入出力画面等もプログラミングするものである。

⑤ システムの検査

システムとして、専門家の判断が十分に反映されているかを検査するものである。具体的には、知識抽出に用いた事例を用い、知識の適用状況を検査する。

以上の過程を図示すると、図-5のようにまとめることができる。

3.2 処理結果の表現法

3.2.1 ボーリング柱状図

基本的には、図-6に示す様な建設省(JACIC様式)に準拠した表示/出力がPCシステムにおいても可能である。しかし、同様式自体、完璧なものではなく、また検層結果等の総合的解析による連続的な層相解釈・地盤特性解釈結果が表示できるように対応すべきである。

3.2.2 土性図

土性図とは、一般に土質試験結果を図示したものであるが、通常土質試験試料は孔内の数ヶ所でのみサンプリングされないで、その結果表示も図-7に示す様な“気の抜けた”表現でしかされない。しかし、いくつかの仮定をもとに、他の連続的データを処理することによって、連続的な土性評価を行なうことが可能である。図-8は港湾技研のデータベースシステムの深度～粒度組成図(石井, 1985)である。ここではどの様な処理を行なっているかは不明であるが、粒度組成の深度変化が連続的に表現されている。また図-9はいくつかの検層結果の組み合わせから層相/土性の連続的解析を行なった例を示したものである。

3.2.3 ボーリング位置図/背景地図情報

ボーリング位置図には、背景となるべき地理情報・地形情報が必要不可欠である。さらに山岳地など地表の起伏のはげしい地域では、3次元的な表示が望まれる。GIS(地理情報システム)は現在、既にPC、EWS上で稼動するものが市販されており、国土数値情報、あるいは地理院で開発中のデジタル地図との結合をはかれば、より表現力のある位置図が作成可能となるであろう。また大都市域でのローカルな地盤解析では、1/5,000の国土基本図から1/500程度の路線図・都市計画図が整備されているので、それらを基図とすれば、より詳細な地盤解析も可能となる。またライフラインの管理等、地中地図との結合も容易となる。

3.2.4 柱状図投影図

柱状図投影図(≠断面図)は、地質断面図を計算機上で作成するための作業ファイルとして出力するものであり、縮尺の選定・近傍データの投影・検策地図表示・柱状図や参考データのウィンドウ形式による表示等の機能を有していることが求められる。現状ではウィンドウ表示を除けばほぼこれらの条件を満たした出力がPC上で動くソフトでも可能である(図-10)。

3.2.5 各種平面投影図

3次元の地盤モデルを水平面でスライスし、N値、透水性、岩級、強度等の物性値の2次元的分布を表現するものである。データは通常ランダムに分布しているので、それからの補間法、コンター図作成

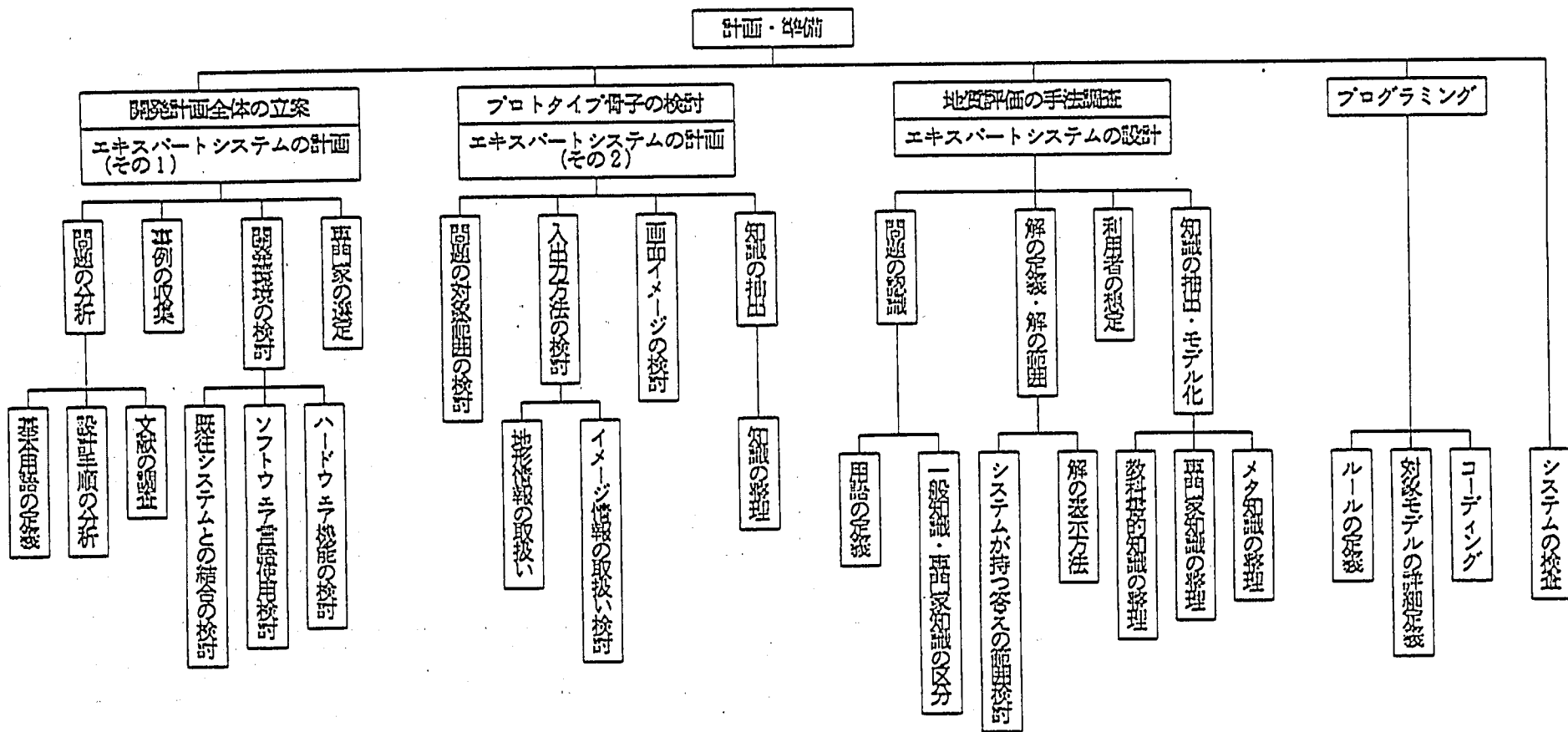


図-5 地質評価エキスパートシステムの開発のプログラム

調 査 名 土木研究所は地区築造回設備工事に伴う地質調査

工程名称

[illegible]

ボーリング名	N o . 1		調査位置		茨城県筑波郡豊里町				シートNo.		北 緯	
発注機関					調査期間	昭和51年12月22日～51年12月23日				東 経		
調査業者名	株式会社応用地質調査事務所		主任技師		現 場		コ ン		ア 定 者		ボーリング責任者	
孔口標高	27.13m	角 度	180° 上 90° 下	方 向	北 0° 東 90° 南 180° 西 270°	地盤勾配	1/100	使用機種	試錐機			
総掘進長	10.30m							エンジン			ハンマー 落下用具	
											ポンプ	

[illegible]

図-6 PCシステムでの柱状図出力例

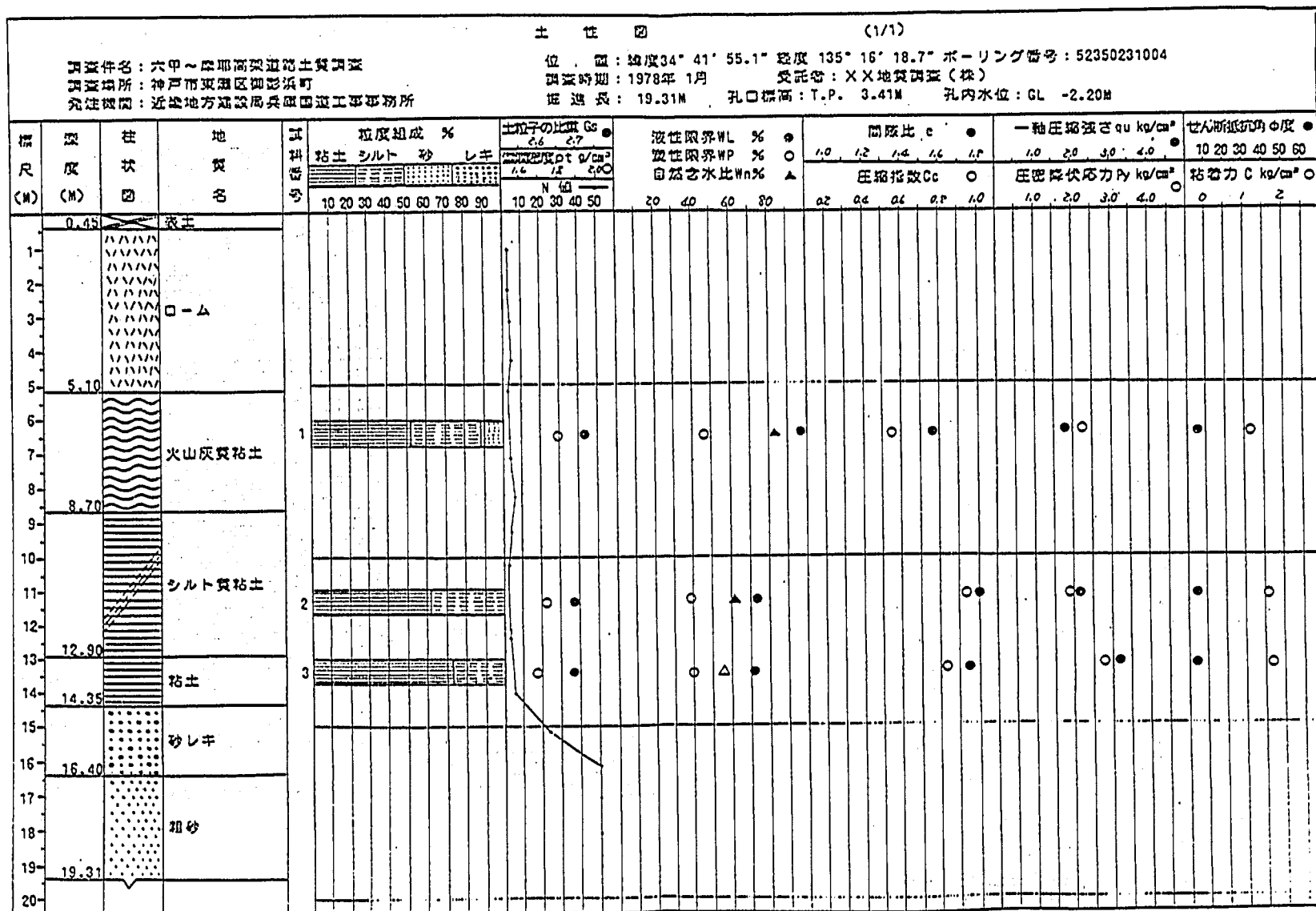


図-7 土性図の出力例

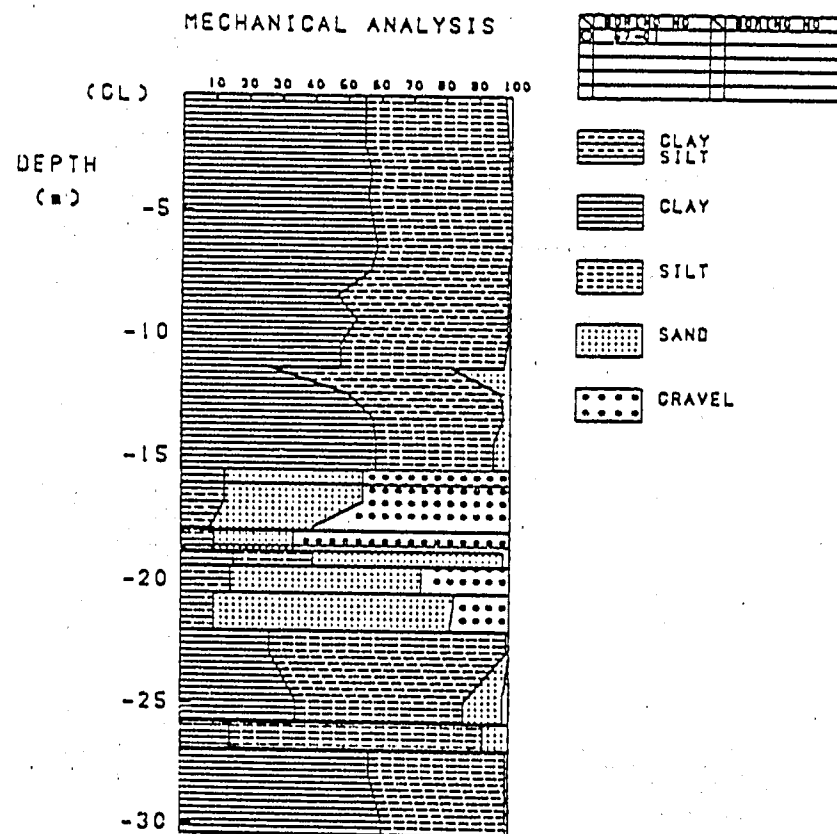


図-8 深度-粒度組成図 (石井, 1985)

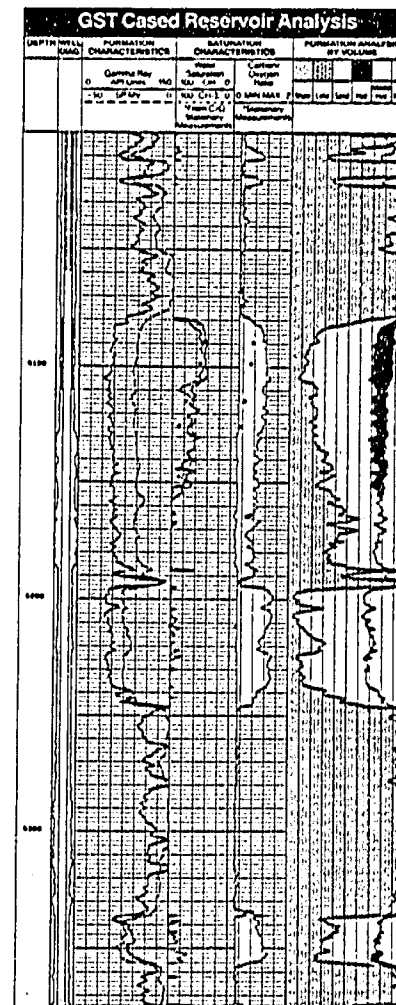


図-9 各種検層解析による層相解釈例

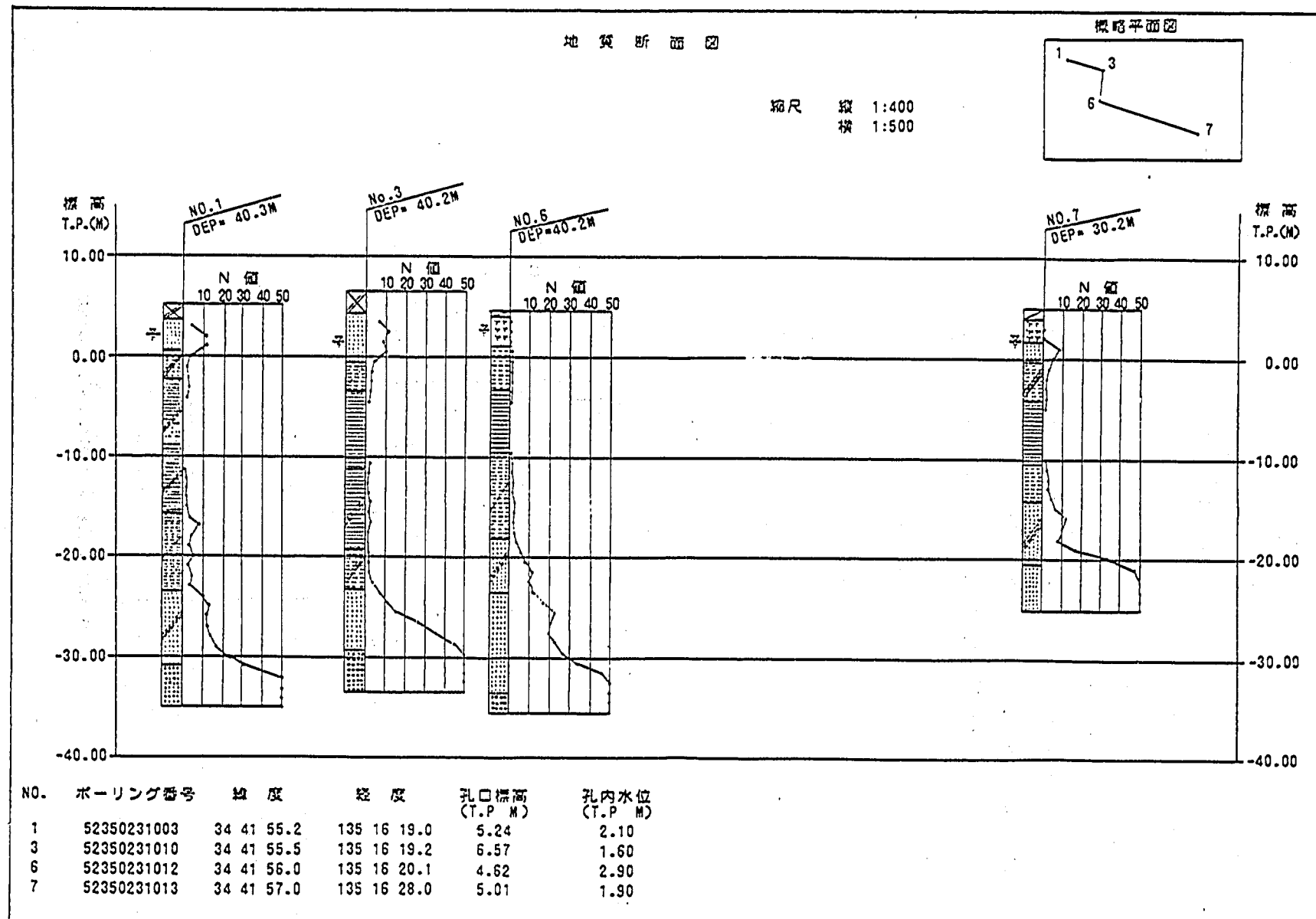


図-10 PCシステムでの柱状図投影図出力例

法、境界線（ポリゴン）の保存法等については既にアルゴリズムが開発されているので、それらを組み合わせることによって整備することができる。

3.2.6 土龍瞰図

地表面に対する鳥瞰図、海底面に対する鯨瞰図に対応する用語として、地中の境界面の起伏を表現する図を土龍瞰図と呼称することがある。表現される境界面としては、沖積層基底面や支持層上面、地下水面等各種挙げられる、これらの境界面は必ずしも地層境界面とは対応せず、先ず境界面についての定義（例えば支持層として $N > 30$ and $H > 5$ mなどと定義する）を行ない、データベースの検索をして、その結果を補間して表現する。

3.2.7 液状化判定、地盤増幅度評価

N値、地層構成、粒度分布、その他の室内試験値から標記判定・計算を行なうサブルーチンを組み込んでおけば、あるボーリングデータ、あるいは特定のメッシュ分割領域の危険度を表現することができる。データベースシステムの付加的機能として、この種の計算・表示を行なうシステムが市販されている（図-11）。

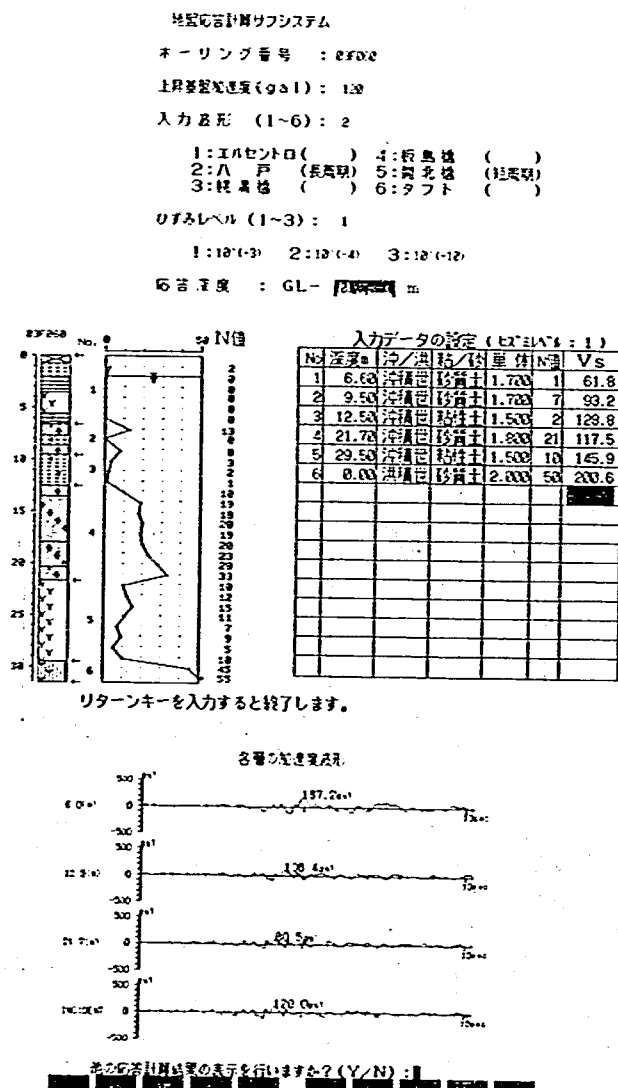


図-11 PCシステム (COLMAN) での入力表示画面の例

3.2.8 基礎設計・沈下予測・工法選定・耐震設計

以上のシステムをさらに進め、プロダクションルールを組み合わせたAIシステムを形成すれば、標記設計等が可能なエキスパートシステムを構築することができる。

以上の処理／表示はデータベースに入力されている各種地盤情報に対して、未加工かあるいは単純な加工を加えればある程度の結果を得ることができる。それに対し、地盤構造モデリングに関する処理／表現は、地盤情報処理の中心的部分である。従来これらの処理は、専門的知識に基づいて経験的に行われてきた。その全てのプロセスを計算機上に移設する（AI化）のは前述のように非常に困難であるので、当面の目標としては地質専門家が利用する対話形式の解釈支援ツールの開発を設定することが妥当であろう。また世界的な動向もその様になっている。

地盤構造モデリングに関する処理／表現として代表的なものに以下のものがある。

3.2.9 地質断面図

1次元のボーリングデータのセットから2次元の地盤構造を再構成する地質学的処理／表現であるが、再構成にあたって、空間的拡がりを持つ地盤構造に対してボーリング調査がどのような限界を有しているか検討してみると、

- ① 線状の調査であるので地盤構造の局所的変動の影響を被りやすい（図-12）。
- ② 通常、直接視認しているのは標準貫入試験のサンプラーに入ってくる乱れた試料のみで、後の区間はスライム観察かボーリングマシンの操作感覚からの間接的推定でしかない。
- ③ ボーリング位置は一般に不正確である。また孔口標高についても仮B.M.からの相対的比高値で表示されていることが多く、他のデータとの対比が困難な場合がある。
- ④ 土質名のみでは、地層の工学的性質も層相も正確な評価が困難である。例えば、“砂混りシルト”と現場名がつけられていても、砂の混る位置（深度）、混り方（互層状、レンズ状、パイプ状）混合割合、などの重要な情報が不明である。
- ⑤ 混入物（貝化石、火山灰、有機物）、あるいは堆積構造（斜交層理、級化層理）やサンドパイプ等の生痕の有無、色調の変化が地層のつながりを推定する上で重要な情報となる（例えば図-13）が、それらの記載が一般には雑ばくである。
- ⑥ 連続的情報である各種検層データが地層の同定・対比に有効であるが、ほとんど実施されていない。

等があげられる。

これらの点を考慮すると、地質断面図作成支援ツールとしては、図-10の様な柱状図投影図を作業ファイルとして、ウィンドウを開いて個々のボーリングデータの「記事」、「総合柱状図」を参照し、また各種試験データの統計的分類データや別に収録された標準層序データ等を参考にしながら、マウスを用いて地層境界線をインタラクティブに描いていく、という形態が最も現実的であると考えられる。現実には、石油資源探査のためのreservoir model作成支援ツールでも検層データを主体に層相解析を行ない、同様な手法で断面図を作成している（図-14）。

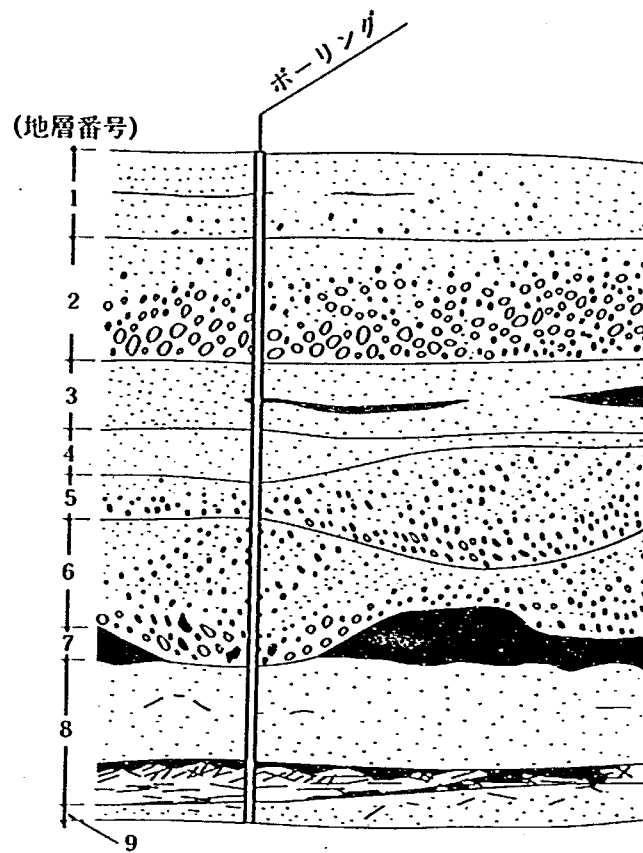


図-12 ボーリング孔と地質構造の関係 (全地連, 1988)

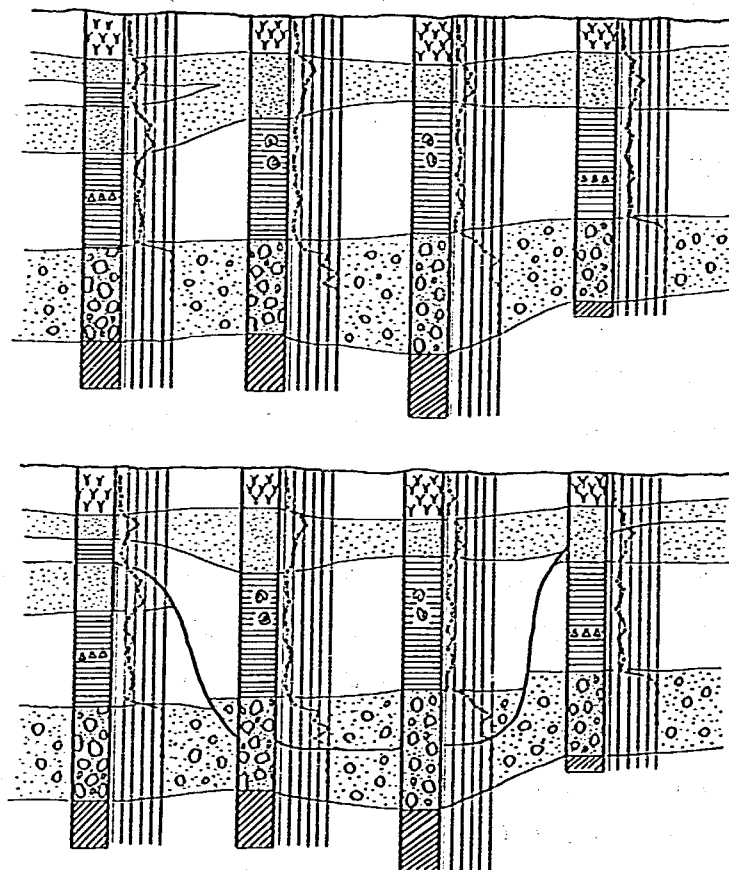


図-13 ボーリング調査と地質構造解釈 (吉川, 1980 を改変)

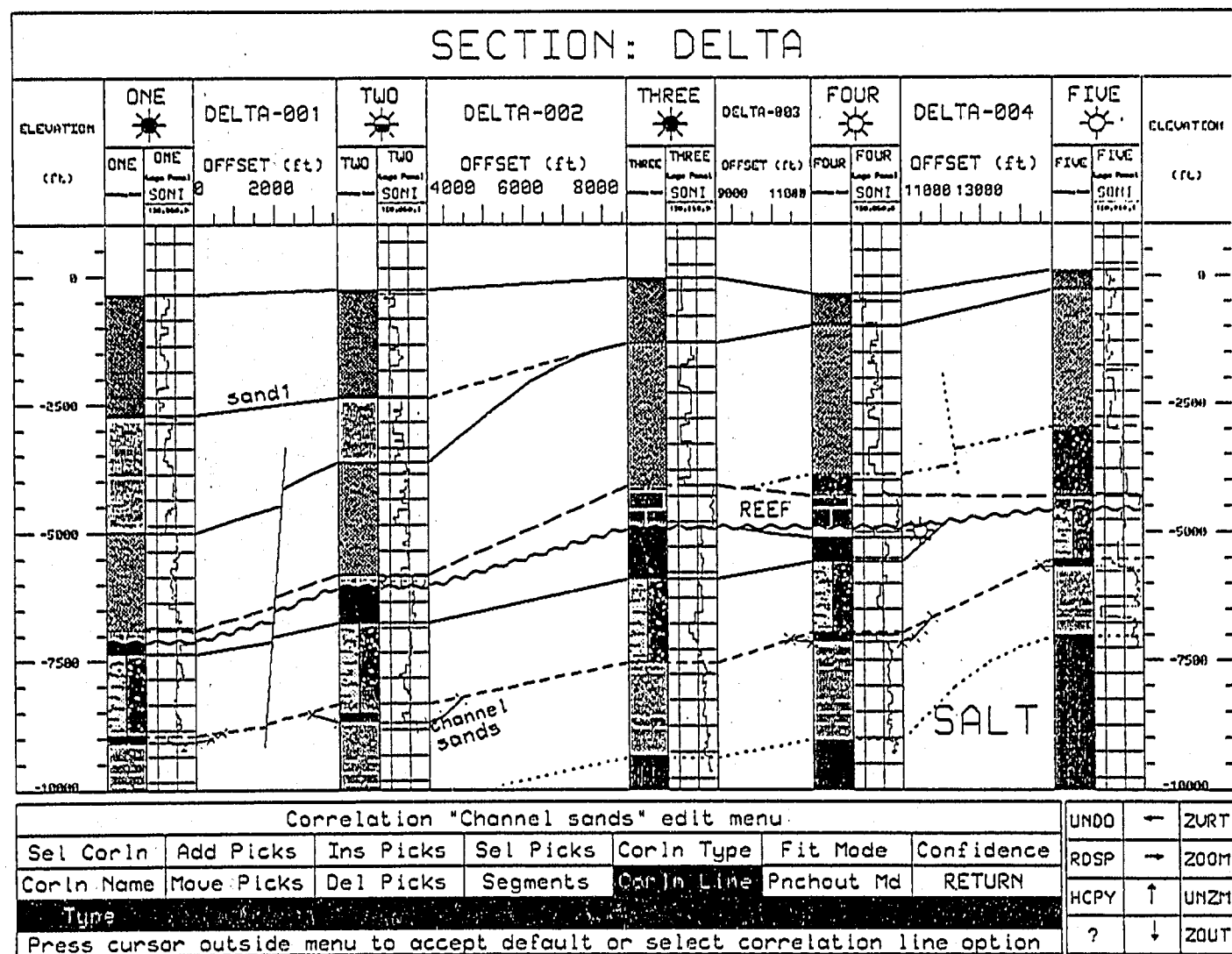


図-14 STRATLOGにおける断面図解釈例

3.2.10 3次元地質モデル

地盤情報処理の最終目標は3次元の地質構造モデリングにある。これは、1次元のボーリングデータセットと2次元の地質調査資料（ルートマップ、露頭情報を基にした平面図・断面図等：平野部では入手困難である）から、3次元の地質構造を計算機上に作成する処理である。具体的には、地表面、地層境界面、断層面とその相互関係を空間的に定義することになる。データとしての一般的持ち方としては、表現すべき地質体を平面的に $N \times M$ のグリッドに区切り、各ノード毎に各面 S の切片座標 $S_{i,N,M} = (X_N, Y_M, Z_i)$ の直交系として持たせている。

図-15は、地表およびボーリングで確認された地層境界データから非線形最適化原理によって補間を行ない、各ノード毎の切片座標を計算し、各面間の相互関係（不整合・レンズ・断層変位）を別に定義して3次元の地質モデルを作成し、任意の面で切った断面図である（3次元地質解析研究会資料, 1989）。同図では、左方向に単傾斜し、2本の急角度の断層で切れた地質構造モデルが表示されている。

また、簡便な方法としては、グリッドに分割した各断面上で、地層境界を会話型式で定義し、次に隣の断面上で同様な作業を行ない、グリッド内（断面と断面の間）は統計的手法により補間して3次元の地質モデルを作成するという方法がある。この方法は、地質構造の大きな変化を想定しなくともよい土質地盤のモデル化には有効な方法と考えられる。

図-16は土木研究所本館周辺のボーリングデータからこの方法によって3次元ブロックモデルを作成したものである。ブロックの大きさは東西方向700m、南北方向500mであり、視点を南西方向上空にとって表示した。

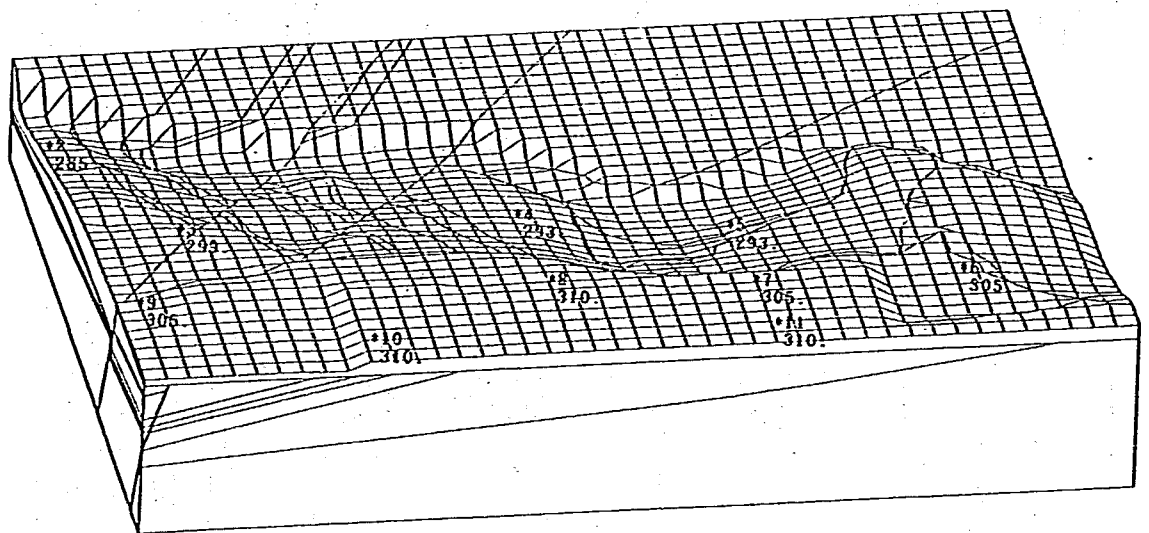


図-15 GEORAMAによる断面図出力例

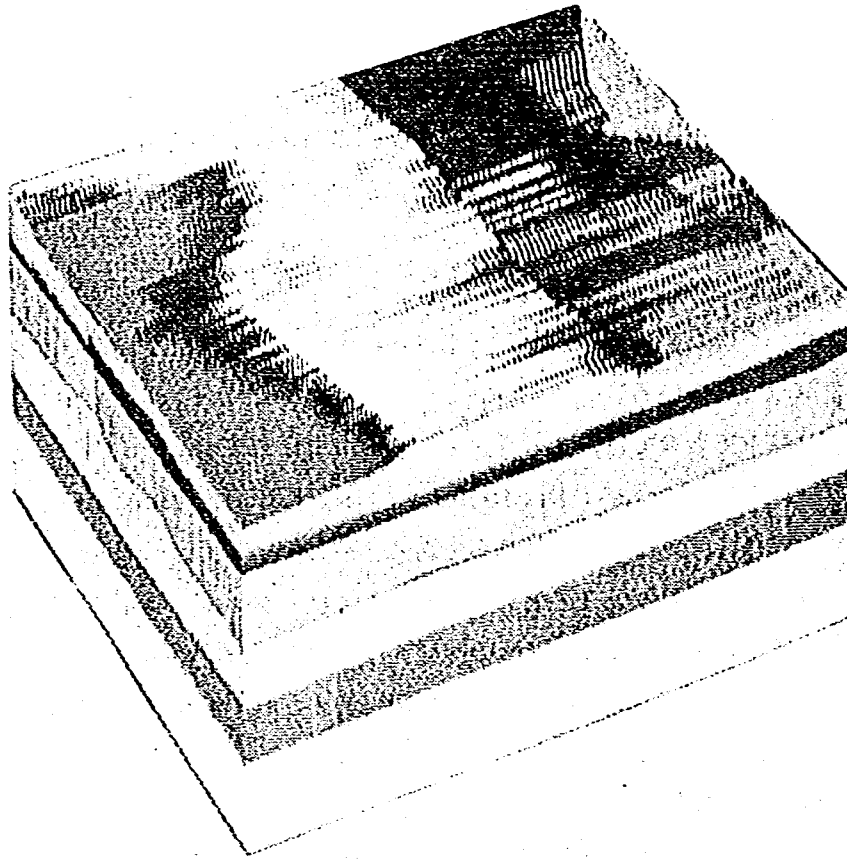


図-16 LYNXによる3次元地質モデル

3.3 ハードウェアの構成

以上のような処理・表示を行なうことができるハードウェアシステムとしては、以下の要件を満たすことが必要である。すなわち、

- ① 処理速度が速いこと、またベクタ演算能力に優れていること。
- ② グラフィックスの機能が充実していること。
- ③ 主記憶容量・周辺記憶容量が大きいこと。
- ④ マルチタスクであること、ウィンドウが使用できること。
- ⑤ 高分解能ディスプレイが接続できること。
- ⑥ 出力装置としてA3版カラー出力が可能なプリンタ/プロッタを接続できること。

近年、計算機の機能は急速に充実してきている。ここで、ハードウェアの動向について特徴的な点を概括する。

3.3.1 ハードウェア環境の動向

(1) 記憶容量（メモリー）の大型化

コンピュータのメモリーは、主記憶装置と外部記憶装置（ハードディスク・MT・フロッピーディスク等）に大きく分けられており、地盤情報処理システムで特に問題となるのは、主記憶装置の容量がある。地盤情報処理システムでは、6～8メガバイトは必要とされる。

ところが、コンピュータの主記憶容量で3～5メガバイトを1システムに用意できるようになったのは、ごく最近である。

現在の大型汎用機でも12～16メガバイトの容量であることから考えると、かつては6～8メガバイトの記憶容量を持つハードウェアを用意するのに数億円の費用が必要であったことは容易に想像できる。従って、AIあるいはエキスパートシステムが、かつては大学の研究室でひっそりと研究開発されていた。

これに対して、ここ数年の間に、情報機器の進歩、特にICの発展はめざましく、メモリーの価格低下が急激に進んだ。このため、一般においても安価に大規模メモリーを備えたコンピュータを利用することが可能となってきている。

具体的には、パソコンでも今では、6～8メガバイトの記憶容量を実現可能にしており、5年前に8ビット機で64Kバイト（1メガバイトは1000 Kバイト）が中心、3年前16ビット機で128～384 Kバイトであったことから考えると大きな進歩である。一方、米国においては、早くから32ビットのCPUが一部パソコン、一部EWS（エンジニアリング・ワークステーション）に登載され普及しており、我が国でも昨年の後半から32ビット機の開発実用化が進み、1台100～500万円で利用可能となってきた。この32ビット機では主記憶容量として10～20メガバイトを可能としており、さらに演算処理速度でも大型汎用機に劣らないものとなってきている。

(2) グラフィック機能の高級化

地盤情報処理システムの完成度合いの判断の一つにグラフィック機能の高度化がある。この点は地盤情報処理システムの本質的な問題であり、画像の認識が必要となるもの、及び人間とコンピュータの間での情報のやりとりが重要なシステムとして欠かせない問題である。

ところが、グラフィック表示をしっかりと行えるシステムは、大量の記憶容量が必要（一般には1画面について1100×750程度の点（ピクセル）を有し、これらに対して光りの3原色の組み合わせでカラーの表示を行う。3原色の輝度の段階が多いほど、表示できる色も多くなるが、記憶容量も大量に必要となる。さらに最近では、カラー写真を精度高く表示する256段階の輝度を有する1600万色表現のものまであり、1画面に要する容量は約3メガバイトとなる。）になることと、高速の演算処理が必要なることから、かつては大型汎用機か専用ミニコンなどが用いられていた。ところが、先にみたように、メモリーの価格低下と32ビット機の開発がこのような問題を徐々に解決しつつある。

(3) 複数言語の同時処理

AI及びエキスパートシステムでは、先にみたように、1つのシステムのなかで数多くの言語にたよるプログラムが実行されることが一般的である。このことは、開発されるシステムが大規模になればなるほどその機会が多くなり、また、他言語とのデータのやりとりがスムーズであればあるほどエキスパートシステムの開発者及び利用者にとって使いやすいシステムとなる。

一般には、1台の機械で複数の言語のプログラムを作動させるには、その機能をもったOSが必要となり、今のところ16ビットのパソコン上では、実用的なものが実現されておらず、大型汎用機・EWS等が対象となる。

従って、本格的なエキスパートシステムを構築するには、32ビットパソコンとかEWSなどが開発マシンとして適当なものとなる。

4. お わ り に

地盤情報処理技術の現況と課題として、地盤情報データベース化の動向とその問題、データ処理方法および処理結果の表現方法について調査し、我々が進めるべき地盤情報のデータベース化とその処理技術開発に求められる課題について整理した。本論が今後の検討作業上の一助となれば幸いである。

なお本報文は、建設省総合技術開発プロジェクト「地下空間の利用技術開発」のうち、地質研究室が担当した課題「地盤情報の利用技術に関する研究」の調査研究内容の一部をとりまとめたものである。本報文をまとめるにあたっては、東京理科大学の芥川真知先生および市川慧土木研究所地質化学部長より有益な教示を頂いた。記して謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 稲崎富士・中山和代・渡辺文雄・吉田武志（1984）：S波反射法による埋没谷調査，物理探査学会昭和59年春季講演会予稿集，pp58-59
- 石井一郎（1985）：土質データベースシステムの開発について，港湾技術研究資料，№515，47p.
- 黒田英高・鈴木 誠・泉谷泰志（1989）：三次元地質構造の推定と画像出力，日本応用地質学会平成元年度研究発表会講演論文集，pp29-32
- 諸星敏一・幾志新吉（1989）：土質柱状図の広域データベースと利用法の開発，土と基礎，vol. 37，№ 1， pp29-34
- 中山俊雄・石村賢二・石井 求（1989）：“沖積層”とデータベース—東京都地盤情報システムについて—，日本地質学会関東支部シンポジウム講演要旨集，pp， 28-31
- 鈴木 誠・石井 清・黒田英高（1988）：三次元地質構造の推定と画像出力，清水建設研究報告，第48号，pp79-85
- 東京都土木技術研究所（1987）：東京低地の駅液状化予測，189p.
- 吉川恵也（1980）：柱状図ができるまで，土と基礎，vol. 28，№ 5， pp85-90
- 全国地質調査業協会連合会編（1988）：ボーリング野帳記入マニュアル（土質編），154p

地盤情報処理技術の現状と
課題

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2841号
1990年3月

稲崎 富士、佐々木靖人
中村 康夫

要旨 地中国土情報の整備とその有効利用を図るために必要とされる地盤情報処理技術について、主として大都市域のボーリングデータからなる地盤情報とその処理技術の現状を調査し、地盤情報を整備する過程での諸問題や今後の解決すべき課題について取りまとめたものである。

キーワード：地中国土情報、ボーリング、データベース、情報処理技術

郵便はがき

切手を
はって
下さい

305-□□

茨城県つくば市旭一番地

建設省土木研究所

地質化学部地質研究室 御中

No. 008

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2841号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印