

地熱情報データベース・システムについて

花岡 尚之 (物理探査部) ・ 矢野 雄策 (地殻熱部) ・ 津 宏治 ・ 浦井 稔 (物理探査部)
 Naoyuki HANAOKA Yuusaku YANO Hioji TSU Minoru URAI
 仲澤 敏 (地殻熱部) ・ 佐藤 功 (物理探査部) ・ 小川 克郎 (地殻熱部)
 Satoshi NAKAZAWA Isao SATO Katsuro OGAWA

地熱情報データベース・システム SIGMA* の研究は地熱資源に関する統合的な情報システムをパイロット的に開発することを目標としている。SIGMA においては地熱についての地表調査 試錐調査および空中調査のデータが相互に関係づけられてオンラインの記憶装置にファイルされる(データベース)。それとともにこれらのデータを処理 解析して使い易い形式で出力するシステムが組み立てられる。SIGMA が提供するデータと情報と情報処理の環境を使って地熱地域の総合解析 地熱資源基本図の作成 資源の評価などをプログラムを作成することなく だれでも行えるようになる。

1. はじめに

SIGMA プロジェクトは地熱探査技術等検証調査の一環として昭和55年度に発足した。この年に新エネルギー総合開発機構(NEDO)が始めた全国地熱資源総合調査が契機となっている。この調査の第1期計画では全国のキュリー等温面調査 重力探査 合成開口レーダ(SAR)調査などにより膨大なデータが収集される予定になっている。これらの新規データはそれぞれに詳細な解析がされると同時に既存データを使って綿密で総合的な検討がされなければならない。このような作業は積極的にコンピュータを利用することなしに行うことはできない。そこに地熱情報を扱う統合的な情報処理システムの必要性が認められ本プロジェクトとなったものである。

既存の地熱情報の数値化とコンパイルも一大事業である。NEDOの全国地熱資源総合調査に呼応して地質調査所では国土地熱資源基本図作成に関する研究を実施している。その中で既存の地熱関連データのバンキングが進められている。これまでに坑井 地図(国土数値情報) 物理探査(重力など) 水地化学 活断層(リニアメント)および地熱調査地などのデータが数値化作業に入っている。既存の地熱情報の多くは国が民間の地熱開発を促進するために実施した全国地熱基礎調査 地熱開発基礎調査 地熱開発促進調査 大規模深部地熱発電所環境保全実証調査などの成果である。

SIGMA プロジェクトが構想された背景にはマイコン・ブームに表われているハードウェア技術の進歩とオンライン・ファイルを管理するソフトウェア技術の発達がある。ハードウェア技術ではオンラインの記憶装置が高密度・小型化してしかも安価になったため情報蓄積コストが小さくなったこと 計算機が小型・高速化して大量の情報処理ができるようになったことがあげられる。マン・マシーン・インターフェースとしての図形・画像の入出力装置が多様化してしかも良いものが利用できるようになったこともある。実時間処理が一般化したことをあげてもよい。ソフトウェア技術の面では商用のデータベース管理システムが地熱情報の管理に必要なレベルをはるかに越えて発達したことである。データベース管理システムがファイルを管理している乗物の座席予約や銀行のオンライン・サービスの効率の良さは日常経験するところである。

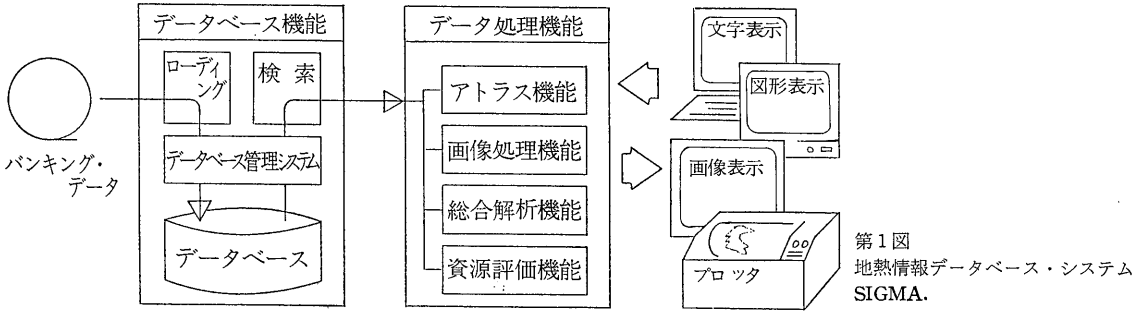
この報告の目的は昭和56年度末における地熱情報データベース・システム SIGMA '81の概要を紹介することである。具体的な成果は研究報告としてあるいは本誌への紹介記事として公表される予定である。

2. SIGMA の機能

SIGMA の機能はデータベース機能とデータ処理機能の2つに分けられる(第1図)。

データベース機能は地熱情報の銀行のようなものである。地熱情報を預けておけば(バンキング)いつでも必要な情報だけを引き出せる。また利用者との情報(お金)の出し入れの契約を守る限り地熱情報の管理は銀行(データベース)の都合で行えばよく預金払い出し後の使途(データ処理)には関知しない(データベースの独立)。後者の機能の意義は非常に大きい。コンピュータで情報を処理しようとする者は普通ならば自分でデータ・ファイルを管理しなければならない。新しい問題を解決するためにプログラムを開発しようとするとき多くの場合既存のデータ・ファイルの再編集とか部分の抽出など困難ではないが煩わしく時間のかかる作業を伴う。そのためデータ処理の能率はなかなか向上

* System for Interactive Geothermal Mapping and Assessment



第1図 地熱情報データベース・システム SIGMA.

しない。ところが データ・ベース管理システムを導入することにより データ・ファイルの管理をデータ処理から独立させて一元的に行えるようになる。つまり データ・ファイルとデータ処理の仲介をデータベース管理システムに任せるわけである。新しい種類のデータ処理に対しても ファイル・システムを変更せずに対処することが可能となる。データ処理ソフトウェアの開発側から見れば 必要なデータをデータベースに要求するだけでよい。面倒なファイル管理に煩わされず ソフトウェア開発に専念することができる。

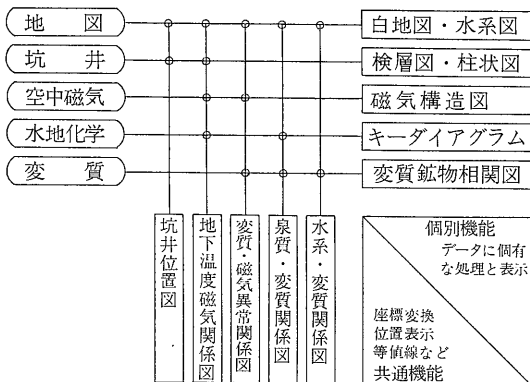
SIGMA '81では データベース管理システムに IBM のIMS* を使用している。IMS は 親言語方式といって 一般のプログラム言語である PL/1 でプログラムを作成し その中からIMSの機能と呼ぶことにより働く仕組みになっている。データベースにデータを書き込む あるいはデータの更新を行うためのソフトウェアをローディング・プログラムという (第1図)。データベースから

データを探し出すには検索プログラムが必要である。SIGMA '81では データのローディングはシステム側で行うものとしている。一般の利用者は データの検索を行うとき 何らのプログラム作成を行うことなくデータベースにアクセスできるシステムとなっている。

データ処理機能は 目的から更にアトラス機能 総合解析機能 イメージ処理機能 資源評価機能と分けることができる。アトラス機能は国土地熱資源基本図を作る機能である。データベースから検索した地熱情報を地図 図形 (グラフ) 表などに表現する。ここではアトラスという言葉を広い意味に使っている。データベースにファイルした地熱情報は 地熱に関する数値アトラスとでも呼ぶことができる。それを各種の図面として出力し ハード・コピーを作ると 手に取って見るアトラスとなる。

アトラス機能はまたデータベースと利用者とのインターフェース機能でもある。データベースがいかに効率よく運用され 貴重なデータが整理されていても 検索した結果が数値データとしてしか提供されないのであれば 利用者にとって負担が大きく 使い易いシステムとはいえない。利用者にとっては 検索した結果が分布図やコンター図 柱状図や検層図としてグラフィック・ディスプレイに写して見ることができれば 自分の欲しいデータであるか否かが即座に判断できる。これらの図面が正しい縮尺でプロッタに出力できれば そのまま利用者は使うことができる。

アトラス機能の積極的な意義の1つは 地熱情報相互の関係づけである (第2図)。データベース化した地熱情報はすべて地理的な場所のデータを持っている。そこで 各種の地熱情報を1葉の地図の上に様々な組合せでオーバーレイ (重ね合せ) してみれば 定性的ではあってもそこにある種の情報の総合化が行われる。重力異常と温泉分布 土壌水銀ガスとリニメント 空中磁気



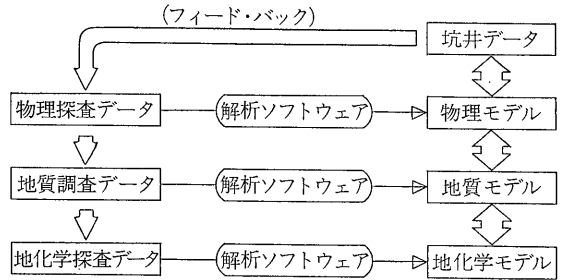
第2図 アトラス機能/SIGMA. 左のデータ・ファイルに対応して 右のデータに固有な表示機能がある。データ・ファイルを横断的に関係づける共通機能は地図表示が中心となる。

* Information Management System

異常と地質図 など複数のデータを厳密に場所合せをして作図をすれば 非常に強力な地下情報の解析ツールとなる。 そのとき 表現の方法として色彩を使えば 表現能力が豊かになる。 白黒では 2 3 の情報の重ね合せしかできないところを 多くの情報を組合せて しかも直観的に理解し易いものとする事ができる。 SIGMA '82 ではそのためにラスタ型のカラプロッタを導入する予定である。

総合解析の重要性はどんなに強調しても強調し過ぎることはない。 地熱に限らず地下資源の探査は総合科学的である。 これが決め手という探査法のある例は少ない。 あらゆる種類の調査法が試みられ それぞれの結論が導き出される。 群盲が象をなでるようなもので 地下の資源のイメージは容易にはまとまらない。 そこで総合化の重要性が叫ばれる。 ところが さて総合解析のシステム あるいは総合解析のソフトウェア を設計しようとする と 一筋縄ではゆかない。 総合解析システムの基盤には調査法ごとの使い易い解析ソフトウェアがあることに異存はない (第3図)。 各種のデータを解析して提案される地下モデルを1つに総合するとき 解析者の経験と知恵が生きる神秘の世界に入ってしまうように思える。 そこを論理によって客観的に処理してみることも不可能ではない。

地下構造のモデルを決めるパラメータと観測される測定値の間に適当な関数関係があれば あるいは関数関係を仮定できれば 観測したデータに最小二乗的に最も良く合うモデルをコンピュータで求められる。 同じアルゴリズムで2種類以上の異なるデータに同時に合うモデルを求めることもできる。 たとえば 重力探査と電気探査のデータに最小二乗的に最も良く合うモデルを求めるといように。 変質鉱物と水地化学のデータから最も合理的な地下温度を推定することも考えられる。 しかし アルゴリズムで処理するためには 地下の事象を適当な仮定のもとに単純化して観ることになる。 意味

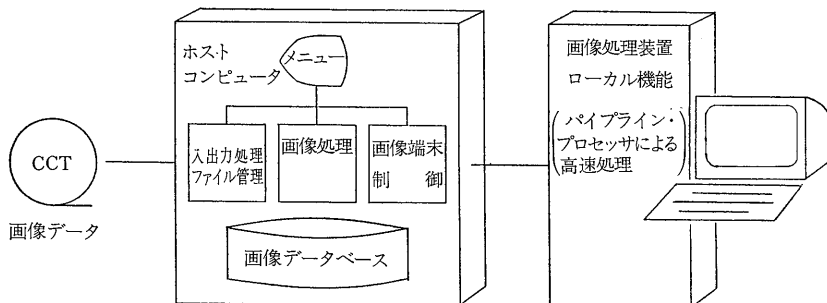


第3図 総合解析システム概念. データの種類ごとに使い易い解析ソフトウェアが揃っていることが前提となる. システムとして体系化できるかは今後の課題である.

ある結果が得られるか否かは 仮定の合理性に全く依存する。

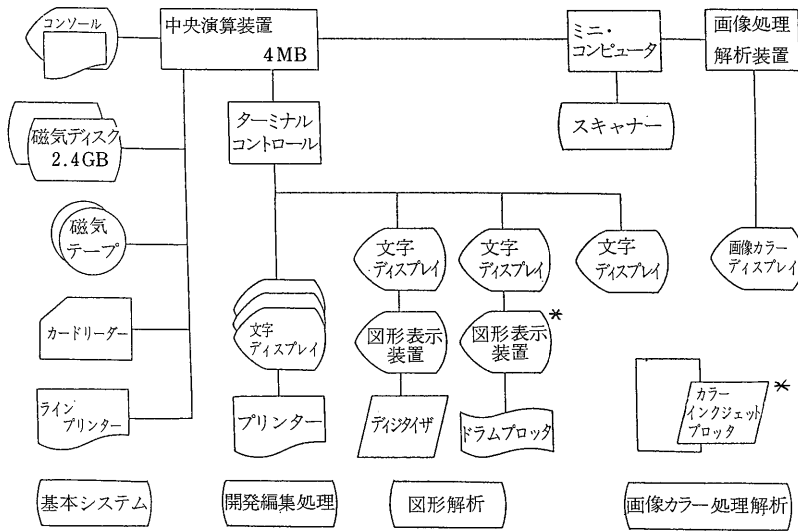
総合解析の機能と資源評価機能については SIGMA '82以降に本格的に研究する予定としている。

イメージ処理機能は 主としてランドサットによるM-SS画像を処理するためのものである。 合成開口レーダ映像や擬似イメージ・データ (空中磁気などの格子データを画像として扱う) を処理することも考えられる。 SIGMA '81の画像処理システム OMEGA*は 画像データベースも含んでいる (第4図)。 画像データは画面当りのデータ量が多いので 上に述べたIMSのデータベースとは別に一時的なファイル管理を行っている。 OMEGAはホスト・コンピュータに強力なローカル機能を持つ画像処理装置を接続した構成になっている。 磁気テープに記録された画像データは 入出力機能で画像データベースに入れる。 ホスト・コンピュータでは データの編集 SPIDER (電総研が開発した画像処理用パッケージ) を使った画像処理を行う。 画像を見るときは画像処理装置へデータを転送し モニター (カラー CRT) へ写し出す。 画像処理装置は 1/30秒のリフレッシュ周期で512×512画素の画像処理を行う能力がある。 普通に行われている画像処理ならば ローカル機能だけで実行することが



第4図 画像処理システム OMEGA/SIGMA.

* Omnifarious and Extensive Geomage Analysis System



第5図 SIGMA のハードウェア構成。
*印は SIGMA '82で導入するものである。

できる。ホストでの処理はローカル機能ではできない研究的で特殊な処理とローカルな画像メモリに入らない広い範囲のデータに一樣に施す処理である。

3. 会 話 型 処 理

SIGMA が提供する機能をだれもが使って欲しいしだれもが使えるようにしたいという発想からメニュー方式による会話型処理のシステムを採用した。メニュー方式では利用者が選び得るソフトウェアの機能や指定すべきパラメータが文字表示装置に示される。利用者はメニューの問いかけに答えて希望する機能を選択しパラメータを入力するだけでよい。その選択に応じて次の選択のための画面が表示される。選択が終わるとプログラムが実行されて結果が図形表示装置(グラフィック・ディスプレイ)やドラム・プロッターに出力される。

会話型処理にはコマンド方式もあり得る。プログラムの実行をコマンド(命令)で開始させる。必要なパラメータはコマンドの引数として与える。コマンド方式では利用者が行い得る処理の自由度は非常に大きい。しかし自由度の大きい分だけ利用者はコマンドの約束事に精通していなければならない。使いこなすにはある程度の熟練を要する。

会話型処理は一括型処理(バッチ処理)と対である。バッチ処理は入力と出力が決まっていて途中で利用者の判断を必要としない仕事に向いている。会話型処理は処理の段階(ステップ)ごとに解析者の指示を求め

る。資源情報の処理には一定の手続きで大量のデータを処理するバッチ向きの仕事もある。しかし資源情報の解析では会話的に処理を進めた方が多い。データの性質をグラフに表わして調べ編集し地下構造モデルを入力し結果を表示する。さらにモデルを修正し測定データと合うか調べる。複数のデータを適当に組合せを変えて地図に表現しその相互の関係を調べる。その時プロファイルを見なければ断面線を定義して地形とともにデータを断面図に表示する。このように会話的な処理では解析者の思考の流れに従って仕事を進めることができる。利用者によさしいシステムである。

4. ハードウェア・システム

SIGMA プロジェクトではソフトウェアの開発とともにハードウェアの導入整備を行っている。ここに簡単に紹介しておく(第5図)。

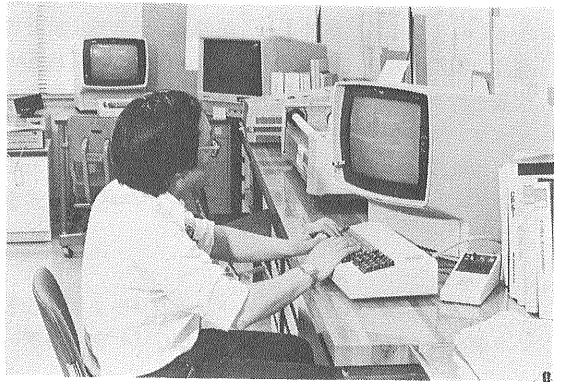
ハードウェアが提供する処理環境は基本システム開発編集処理図形解析および画像カラー処理解析の4つに分けられる。基本システムは内部記憶容量4MB*の中央演算装置(IBM 4341)記憶容量2.4GB*の固定磁気ディスク装置および磁気テープなどの入出力装置からなる。開発編集システムは画面管理機構が使える文字ディスプレイ5台からなる。プログラムの開発ファイルの編集プログラムの実行などが行える。図形解析システムは文字ディスプレイとそれにつながった図形表示装置(グラフィック・ディスプレイ)の組2セットからなる。その一方にディジタイザー他方

* 情報量の単位。MBは英数字100万字 GBは10億字の情報量



写真1
SIGMA 専用の計算機

写真2
図形解析システム



にドラム・プロッタが付属している。また 図形表示装置にはそれぞれハード・コピー装置が付いている。図形の入出力を伴う仕事はこの環境で行われる。文字ディスプレイで会話的にプログラムを動かし 地図や図形 グラフは図形表示装置に表示する。図葉から図形を入力するときはディジタイザー (1,066×1,524 mm) を使う。データ処理した結果を正しい縮尺で紙やマイラー紙に出力するときは ドラム・プロッタを使う。地熱情報の解析は 図形を表示してマン・マシン・インターフェースを円滑にして行うことが多いから 図形解析システムの使用頻度は高い。

画像カラー処理解析システムは ミニ・コンピュータをインター・フェースにホストと接続した画像処理解析装置とそのカラー・ハード・コピー装置からなる。画像処理解析装置は高速な画像処理のためにハードウェアの演算装置を持っている。エッジ強調などはパラメータを変えて結果を連続的に見ることができる。画像は画面サイズ512×512ピクセルの画像カラー・ディスプレイ

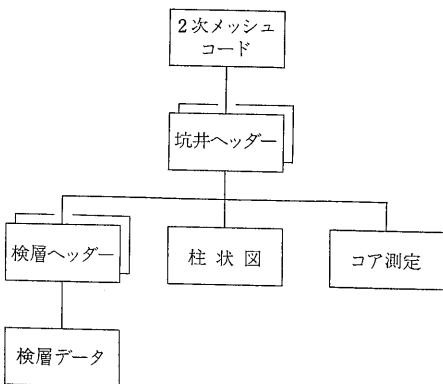
に写し出される。ホスト・コンピュータで行う画像データの出力 画像処理などは文字ディスプレイで行う。ミニ・コンピュータにはスキャナーも接続している。スキャナーはカラーフィルムの画像を色分解してデジタル化する。

カラー・インクジェット・プロッタは 画像処理のためとは限らないが カラーのラスター・データ (走査型データ) を出力する装置である。カラーの表現能力はカラー・ディスプレイに劣るが 正しい縮尺の図面が得られるところに特徴がある。

5. データベース

SIGMA '81で使っているデータベース管理システムはデータの関係を階層構造として扱う。データの相互の関係を従属関係あるいは親子の関係として見る。地質調査所 (親) の下にいくつかの部 (子) があり それぞれの下に課 (孫) がある。各課に職員が所属する というような関係である。

坑井データベースの例を大幅に単純化して第6図に示



第6図 データベースの構造 (階層構造)

す。 四辺形で示した記録の単位をセグメントと呼ぶ。階層の根元（ルート・セグメント）に2次メッシュ・コードがあり その下に坑井ヘッダー さらに下に検層ヘッダーなどのセグメントが並んでいる。 2次メッシュとは 全国を区分けするJISのメッシュ体系で 2.5万分の1地形図の図画に相当する。 1つの2次メッシュの中に坑井が何本かあり（坑井ヘッダーがオカレンス 重なりを持つという） それぞれが検層 柱状 コア測定 のデータを持っている。 検層は1本の坑井について何回か行うので 検層ヘッダーのセグメントはオカレンスを持つ。

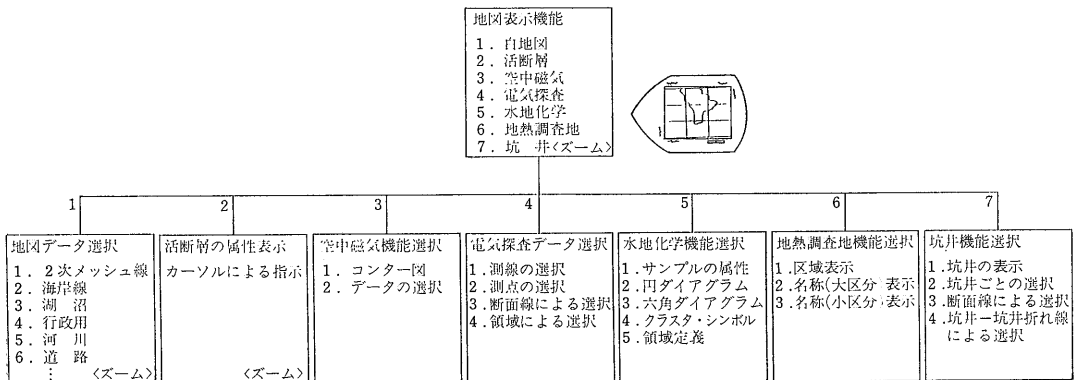
各セグメントに書かれる内容は たとえば次のようなものである。 ルート・セグメントには2次メッシュ・コードだけが書かれている。 坑井ヘッダーのセグメントには 坑井そのものの属性を記入する欄（フィールド）がとられている。 坑井ID 坑井名 所在地 坑井管理者 掘削年月日 緯経度 深度などを書く。 坑井で検層を行うたびに 検層ヘッダーと検層データの親子のセグメントが発生する。 検層ヘッダーには 測定器 泥水の種類 ケーシング深度など検層の条件が書かれる。 検層データのセグメントにはトレース・データだけが書き込まれる。

2次メッシュ・コードがルート・セグメントにくるとい構造は 坑井ばかりではなく SIGMA '81の各データベースに共通している。 SIGMA のデータベースの目的は ある地熱地域について解析を行うとき 必要とするデータが迅速に検索されることにある。 2次メッシュは全国を体系的に覆っているから その地熱地域を2次メッシュ・コードの集合と定義することができる。 データベース管理システムは 2次メッシュ・コードをたよりに 関係する2次メッシュの下に連らなる記録だけを読み出してくればよいから 検索は迅速である。

2次メッシュがSIGMAの各データベースに共通してルート・セグメントたり得るといことは 地理的な場所をパラメータとして各データベースの情報に関係づけられるということである。 複数のデータベースがあっても 共通するものが無い限り 相互の関係はあり得ない。 SIGMA の場合 緯経度こそが各データベースを統合する原理となっている。

SIGMA '81で構築したデータベースは 坑井のほか 地図 重力 空中磁気 電気探査 水地化学 活断層（リニアメント） 地熱調査地などのものである。 地図データベースは 地図情報を地熱情報と同様にコンピュータで扱うために作成した。 データ・ソースは国土地理院の国土数値情報である。 地熱情報の数値化は地熱基本図の研究で行われている。

SIGMA '81でデータベースに書き込まれた量は次のとおりである。 坑井は全国の地熱調査井のうち213孔 総延長110km データ量20MBをバンキングしている。 地図は 海岸線 湖沼 行政界 河川などの国土数値情報を 地熱プロジェクト関連地域についてバンキングしている。 すなわち 20万分の1地勢図の大分 静岡 横須賀 新庄 秋田 弘前 及びその周辺の2次メッシュで データ量は約100MBである。 重力は九州地域の既存データがあるところについて 10,728点のデータをファイルし 4.5MBとなっている。 空中磁気は九州地域の約20MBである。 電気探査は 仙岩 栗駒 豊肥 霧島 薩南の各地域で36測線 849測点のデータ約4MBがファイルされている。 水地化学データベースは 全国各地で530サンプルのデータを取りあえずバンキングしている。 活断層は活断層研究会の「日本の活断層」にある約1,800本の活断層がファイルされている。



第7図 地図表示機能のメニュー体系。 地図データを表示したのち 任意のパネルへ移ってデータを重ね合わせて表示する。 組合せは自由を選べる。

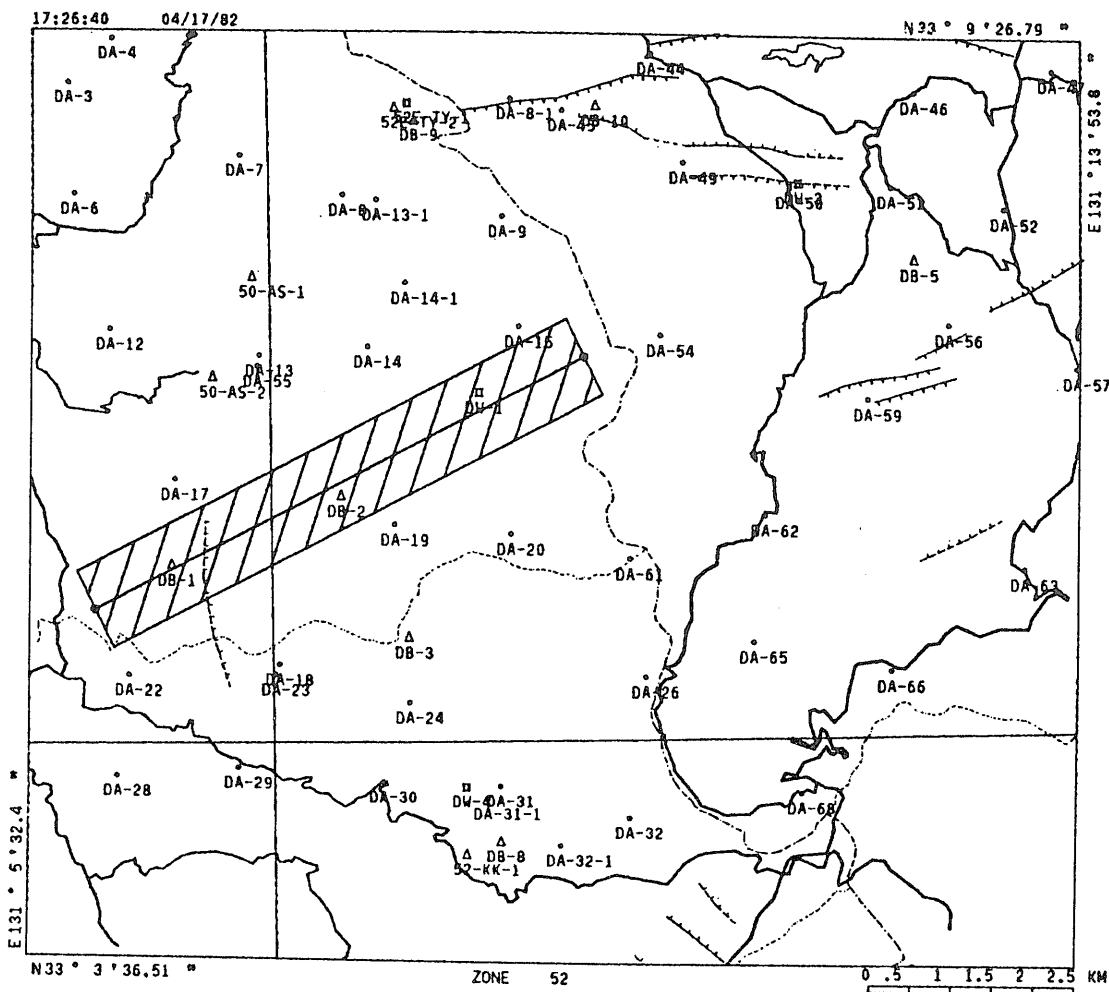
6. データ表示システム

SIGMA のデータ処理機能を4つに分けて上に述べた。そのうちアトラス機能とした部分は 言い換えればコンピュータによるデータ表示システムである。地熱情報を地図として表示するばかりではなく データに固有な各種の図形に表示することも含めている。ここではグラフィック・ディスプレイ(図形表示装置)に地図形式で地熱情報を表示する部分を例にとり出して メニューの構成 表示の具体例を述べる。

地図表示機能のメニュー体系のうち 上から2つのレベルを第7図に示す。地図表示のメニューに入る前に

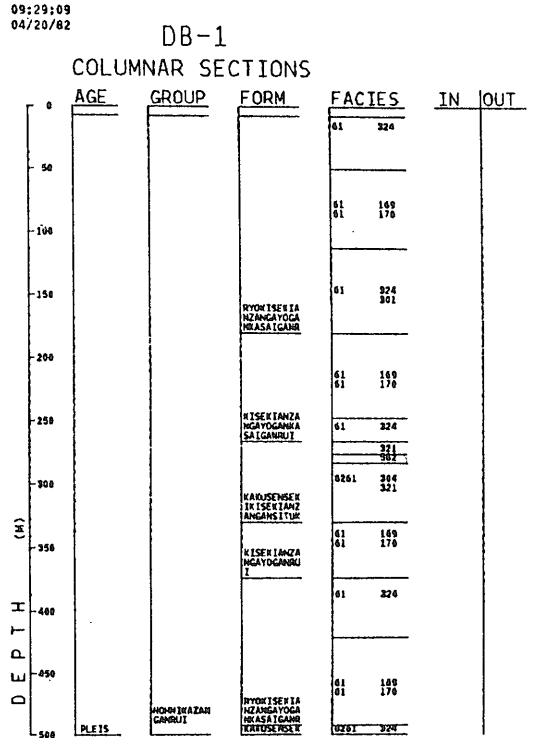
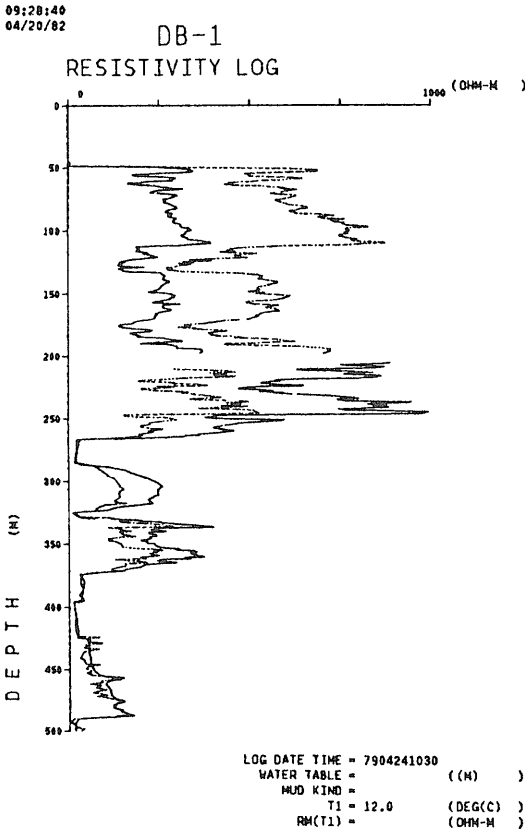
これから扱うデータはあらかじめデータベースから検索して中間ファイルに書き出しておく。そのデータの地理的な拵りは 各データ項目とも一致していなければならない。

親のメニュー体系の中で地図表示を選択すると 地図表示機能のルート・メニューに入る。このとき 図形表示装置には処理の対象である2次メッシュの集合と海岸線が図画の中に表示される。図画の周辺には 常に左下 右上すみの緯経度 縮尺 及び表示の日時が示される。表示の日は 処理を終了したあとで ハード・コピーを整理したり 処理過程を再考するとき不可欠



第8図 坑井位置と活断層。地図情報は国土数値情報によるもので この図には行政界(破線) 道路(平行線) 及び湖沼(実線)が示されている。活断層は落ちの側が示されている。ズーム・アップしたことが2次メッシュ線の位置からわかる。

断面線を定義して 一定の幅の内に入る坑井をグルーピングする機能がある。選ばれた坑井についてデータベースから坑井情報を検索できる。



第9図 坑井情報の表示例. 図形表示装置の画面の左右に任意の組合せで表示できる. この例では 電気検層のデータと地質柱状図が示されている.

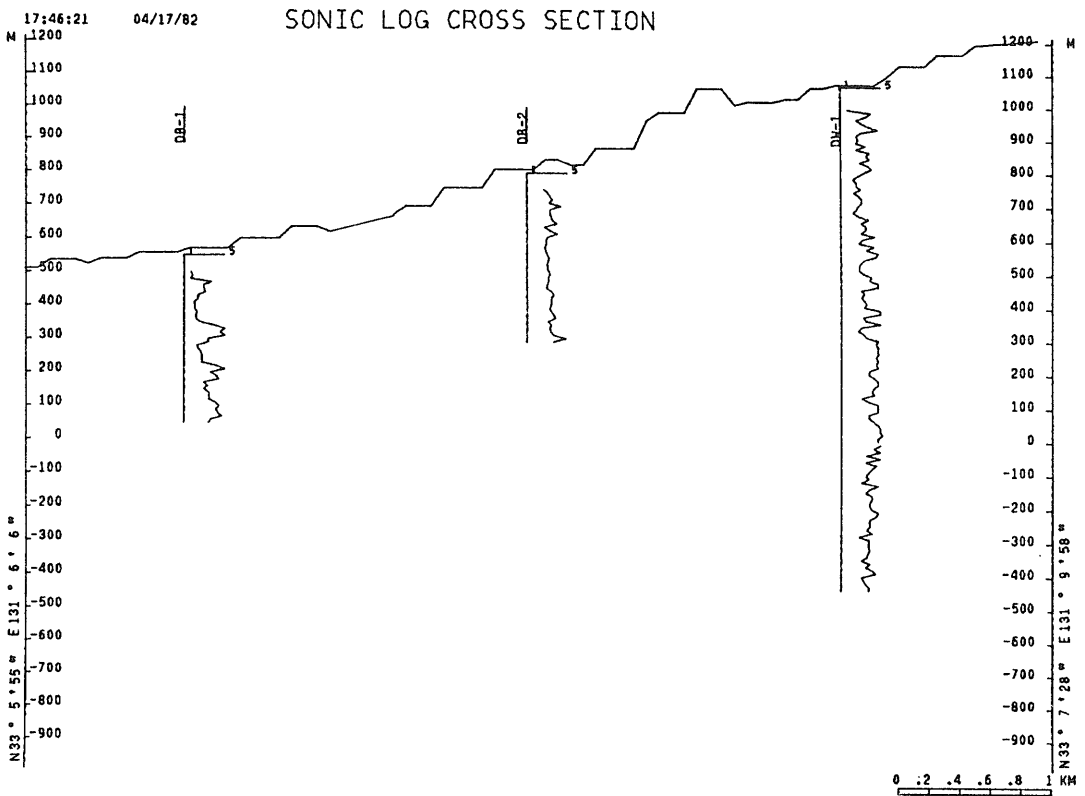
である. 表示の一部を拡大して詳しく見るときはズーム機能が使える. いちどズームをするとそれ以降の処理のあいだ有効である. ズームの機能はこのほか白地図と活断層のメニューにある.

地図表示機能をデータベースのファイル単位を越えて1つのメニュー体系に一元化しているのは地理的な場所をパラメータにデータ相互の関係づけをするためである. このことは SIGMA のデータベースが緯経度によって統合されることと表裏をなす. 地図表示機能の中心は 各種の地熱情報を会話的に図形表示装置の上で重ね合わせることである. 重ね合わせることで利用者はそれぞれのデータが持つ意味をデータ相互の関係から判断することができる.

地図表示の副次的ではあるが欠くことのできない機能には データの属性表示とデータのグルーピングがある. 属性表示は 地図上に複数の情報を重ねたとき注目されるデータをカーソルで指示してその属性を文字表示装置に出力することである. 図形表示を見て思い浮かべ

たことを確認したり 不審なデータを検討することをこの機能を使って行う. グルーピングは 地図上に表示したデータの母集合から 地図上に表われたデータの特性に基づいて 部分集合を定義するときに使う. 指定のしかたは カーソルで1点1点示す方法 断面線を定義してその近傍の点をひろう方法 閉曲線をカーソルで描いて囲い込む方法などがある.

地図表示の1つの例を第8図に示す. 九州の豊肥地熱地域の地図の上に活断層 及び坑井位置と坑井IDを表示している. 地図情報は行政界 道路 及び湖沼だけを表示している. 坑井の部分集合を定義するためにたとえば断面線を定義して 断面線から一定の幅の地帯に入る坑井をとり出すことができる. このようにしてグルーピングした坑井IDのファイルを使って 坑井の検層データや柱状データを検索する. 坑井データは検層図や柱状図として個別に表示するほか(第9図) 断面図に地形プロファイルと共に投影して坑井の間関係を見ることもできる(第10図). 地下構造の解釈はコンピ



第10図 坑井情報の断面表示。 第8図で定義した断面に坑井情報を投影して表示する。 ここでは音波検層のデータが表示されている。

ュータのアルゴリズムで機械的に行うことはできないので利用者がコンピュータの出力するこのような図面を使って行う。

7. おわりに

SIGMA '81 の概要を述べた。 SIGMA プロジェクトは5年計画であるから 地熱情報システムの姿が現われてきたところでの紹介である。 情報システムの在り方については 当初に構想されたものに近いところで実現される見込みである。 しかし 地下資源の情報は これまでに扱ったものをはるかに越えて多岐にわたる。 また データの処理も 地熱地域ごとにその特性に応じて工夫しなければいけない。 コンピュータは どちらかと言えば 定形的な処理を高速に行うところに特徴がある。 それを非定形の処理要求にいかにかに生かしていくか 今後の開発の中心があると同時に プロジェクト

の成否がかかっているとも言える。

SIGMA は 地熱情報の処理システムの研究開発としてパイロット的に構築されている。 その成果をふまえて いずれ広く社会に情報サービスを行う本格的なシステムが動き出すこととされている。 それとは別に SIGMA プロジェクトの波及効果として 地下資源一般の情報処理がコンピュータ化されることが期待される。 情報処理の立場からすれば 見掛けからは種類の多い資源情報も 分類すればいくつかのタイプに一般化できる。 SIGMA プロジェクトでは ほとんどのタイプの情報について処理ソフトウェアが開発される予定である。 それは多くの分野で使いうるものである。 もちろん SIGMA のプログラムはハードウェア依存の部分があるから 直ちに他のシステムに移植して使えるというものではない。 それにしても 1つの可能性を実証することの意義は大きいといえる。