

地球物理データ解析ソフトの開発

沖野郷子 : 海洋調査課

加藤幸弘 : 大陸棚調査室

Development of Geophysical Data Analysis System

Kyoko Okino : Ocean Surveys Division

Yukihiro Kato : Continental Shelf Surveys Office

1. はじめに

海洋調査で得られた地形、地磁気、重力、層厚のデータに対し、コンピュータグラフィックスの技法を用いて2次元、3次元の画像表示を行い、異種データ間の相関の解析をはじめとする、従来より高度な解析を可能にするためのソフトウェアの開発を行った。ここにその概略を報告し、今後の課題を検討する。なお、この開発研究は平成2、3年度に大陸棚調査室と海洋研究室とで行ったものである。

2. 開発の背景

海洋測量機器の性能の向上に伴い、飛躍的にデジタルデータの精度があがり、同時にデータ量が増加した。これらの精度の高い多量のデータを解析するためには3次元画像表示が有効である。3次元画像の利点は、例えば地形データを例にとると、全体像を一目で概観でき、かつ個々の地形単位についての認識を深めることができる点である。画像データが単に“きれいな絵”だけでなく、そこから科学的な情報を読み取ることが可能であるためには、もとのデータの質と表示システムの両方が高い水準になければいけない。既に陸上についてはリモートセンシングや航空写真の利用が実現しているが、海底についてはそこまで進んでいないのが実情である。現在、海洋測量データは量、質ともに向上し、加えて計算機の処理能力の向上、大容量記憶媒体の登場、マン・マシンインタフェースの進歩によって、ワークステーションで解析ソフトを開発する環境が整ってきた。すなわち、海洋測量の分野でも陸上と同じレベルの解析が可能な条件が揃ってきたのである。3次元解析用ソフトとして市販されているものもあるが、いずれも海洋測量のデータ処理に対して十分な機能を備えているとはいえない。そこで今回、以下に挙げる四点を満たす新しいソフトウェアの開発、研究を行うこととなった。

(1) 異種データの相関の解析を支援すること

従来は地形、地磁気、重力、堆積層厚といった異なる種類のデータはそれぞれ個別に処理され、図化されていた。しかし、本来これらのデータはお互いに影響を及ぼしあっているものであり、処理の段階（特にエラーデータの判別等）において各データの相関を知ることは重要である。また処理後も異種データ間の相関を見ることは、その海域を総合的に解析し、地球物理学的な知見を得るためのきわめて有効な手段となるはずである。具体的なイメージとしては地磁気異常の分布をカラーマップに表した上に地形のコンターを重ねて表示することが考えられる。

(2) 有効な3次元画像表示ができること

海底地形を3次元で表現した鳥瞰図はこれまでも必要に応じて作成されてきた。ただし、従来のものはインクジェットプリンターによる紙出力であり、一枚制作するために時間がかかる上、出力が終了するまではどのような絵がかけるのか把握できなかつたため、視点などのパラメータを変化させた結果を即座に見ることは不可能であった。これらの鳥瞰図は従来プレゼンテーション用に使われていたが、現在ではデータ量の増大に伴って、広域のデータもしくは詳細なデータを多方向から眺めて直感的に把握するために、データ解析の一環として3次元画像の必要性が生じている。このような状況においては、データはグリッドデータ、画像データ（各画素の情報）として保存され、必要に応じて紙やビデオなどの出力を選択できることが望ましい。また画像データ作成段階では、コンピュータグラフィックスの技術を用いて、鳥瞰図の各種パラメータ（視点、光源、色調など）を変化させた結果をつぎつぎに計算機の画面上に描画させて、適切なパラメータの選択がすばやくできることが必須である。

(3) 海洋測量データの特殊性に対応できること

上述したようなグラフィックス機能を持つソフトウェアパッケージはいくつか市販されているが、入力データに均質な欠損のないグリッドデータが要求されるのが普通である。しかし、海洋測量においては、測線に沿っては密なデータが取得できるが、測線と測線の間にはデータがない状況がしばしば現れる。データの無い部分は計算によって補間することが普通に行われているが、補間に際して計算上でできた地球科学的に見るとあり得そうにない為データが入り込んでしまうことも多い。また、陸部を含むときなど、ある区域のみデータがなく、その部分に関しては無理に補間を行わない方がよいケースもある。そこで、グリッドデータの編集（エラー削除等）を容易にし、かつ欠損のあるグリッドデータを入力しても動作するようなソフトウェアの開発が必要である。

(4) 従来のデータ処理フローの高速化に役立つこと

多量のデータを扱うためには、データ処理を迅速に進めねばならないが、その際ネックになるのがエラーデータの削除、編集である。グラフィックスを利用して、地磁気、重力など多種のデータに対応できる汎用のエラー削除、修正のソフトが必要である。前述のグリッドデータの編集だけでなく、フィールドデータ用に時系列データを扱うソフトが有効であろう。

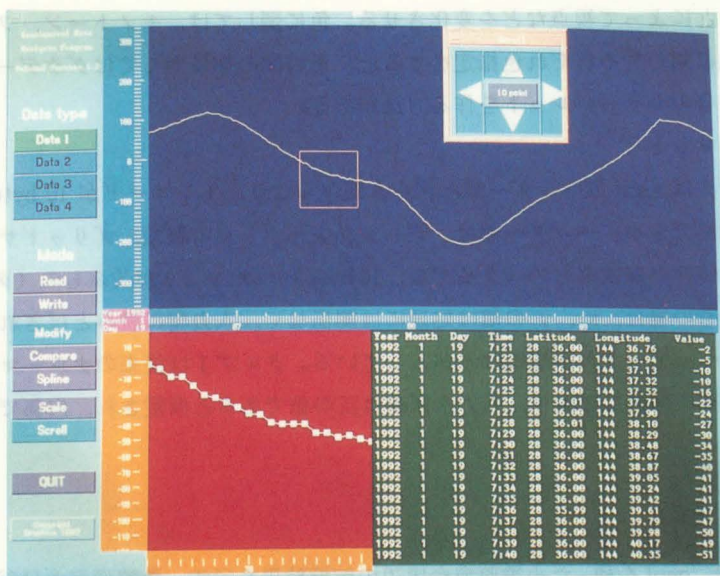
3. システム概要

(1) ハードウェア構成

開発環境、作動環境としてCPUはYHPのHP 9000シリーズ825、グラフィックスアクセラレータS RXを使用した。処理速度は20 Mips、メインメモリは8 Mb（dynamic swapあり）である。最終的な出力装置としてカラープリンター、PICTROGRAPHY 2000、ビデオなどが活用でき、個々については後に詳述する。ただし次に述べるソフト構成のうちgeo 2のみ、HP 9000シリーズ425 t（24 Mips, Personal VRX, 16 Mb）上で開発した。

(2) ソフトウェア構成

すべてのソフトウェアは、UNIX, X11window システム上にC言語を用いて開発した。まだグラフィックライブラリとしてHPのstarbaseを全面的に利用した。ソフトウェアは五つのモジュール（地球物理データ2次元解析表示モジュール、地球物理メッシュデータ解析編集モジュール、3次元静止画モジュール、3次元動画モジュール、断面図作成モジュール）からなる。地球物理データ2次元解析表示モジュール（通称geo 2）は、時系列データを入力して、グラフと数値を同時に表示し、エラーデータの削除、編集を容易



第1図 geo 2 を使って地磁気異常のデータを表示した画面、上半分に表示された時系列データのうち四角で囲まれた部分を拡大したものが左下、もとのデータが右下に表示される。

にするものである（第1図）。geo 2では同時刻の異種データを並列して表示することも可能で、地形と地磁気や重力データを比較しつつ編集作業をすることができる。他の四つのモジュールはいずれもグリッドデータを入力とするので、一つのパッケージ（geo 1）としてまとめられ、ユーザーは表示されたメニューから望みの機能を選びマウスでピックすることにより簡単に解析作業を進めることができる。メニューの内容を第2図に示す。主な機能としては、2次元画像（等値線、カラーシェーディング、断面図）、3次元画像（ワイヤフレーム、カラーシェーディング）、アニメーション作成があり、3次元画像については視点、注視点光源などのパラメータを指定する。パラメータの指定は数値入力が標準的だが、アニメモードではマウスを上下左右に動かすことによって視点などを変化させる。色に関しては、モノトーン、フリンジカラー（データの最大値、最小値に対してそれぞれ色指定をすると、その間の値に対してはグラデーションとなる）のほか、ユーザーが独自のカラーパレットを作る方法がある。

(3) データフォーマット

入力グリッドデータはasciiでヘッダー部とデータ部からなり、1レコードが10byte、30byteの2種類のフォーマットに対応できる。ヘッダー部は、データフォーマットの種類、グリッドサイズからなる。データ部は各グリッドの値のみが並ぶもの（タイプ0、10byte）、(x, y, z)が並ぶもの（タイプ1、30byte）の2種類である。後者の場合、x, yの値は処理には関係なく、入力時に読みとばされる。グリッドデータの並びは左上から下へ、データ欠損部には*が入っている。タイプ1は従来のナローマルチビーム測深機のグリッドデータの形式に準拠しており、入力水深値は正の値であると仮定され、内部で正負の反転がなされている。

4. 解析例

以下、第3, 4図にgeolを使った小笠原海台周辺の解析結果を示す。小笠原海台は父島の南東200kmに位置する太平洋プレート上の海台で、その西端は伊豆小笠原弧に衝突している。水深9,000mに達する海溝は、この衝突部では3,200mと浅くなっており、海溝の走向はこの衝突部を境に変化している。これより北が伊豆小笠原海溝、南がマリアナ海溝である。データは大陸棚調査によるもので、測線間隔は5ないし6マイル、測線間のデータは補間した。グリッドデータの数は250×140、グリッド幅は実距離で3kmである。

(1) 3次元画像（第3図）

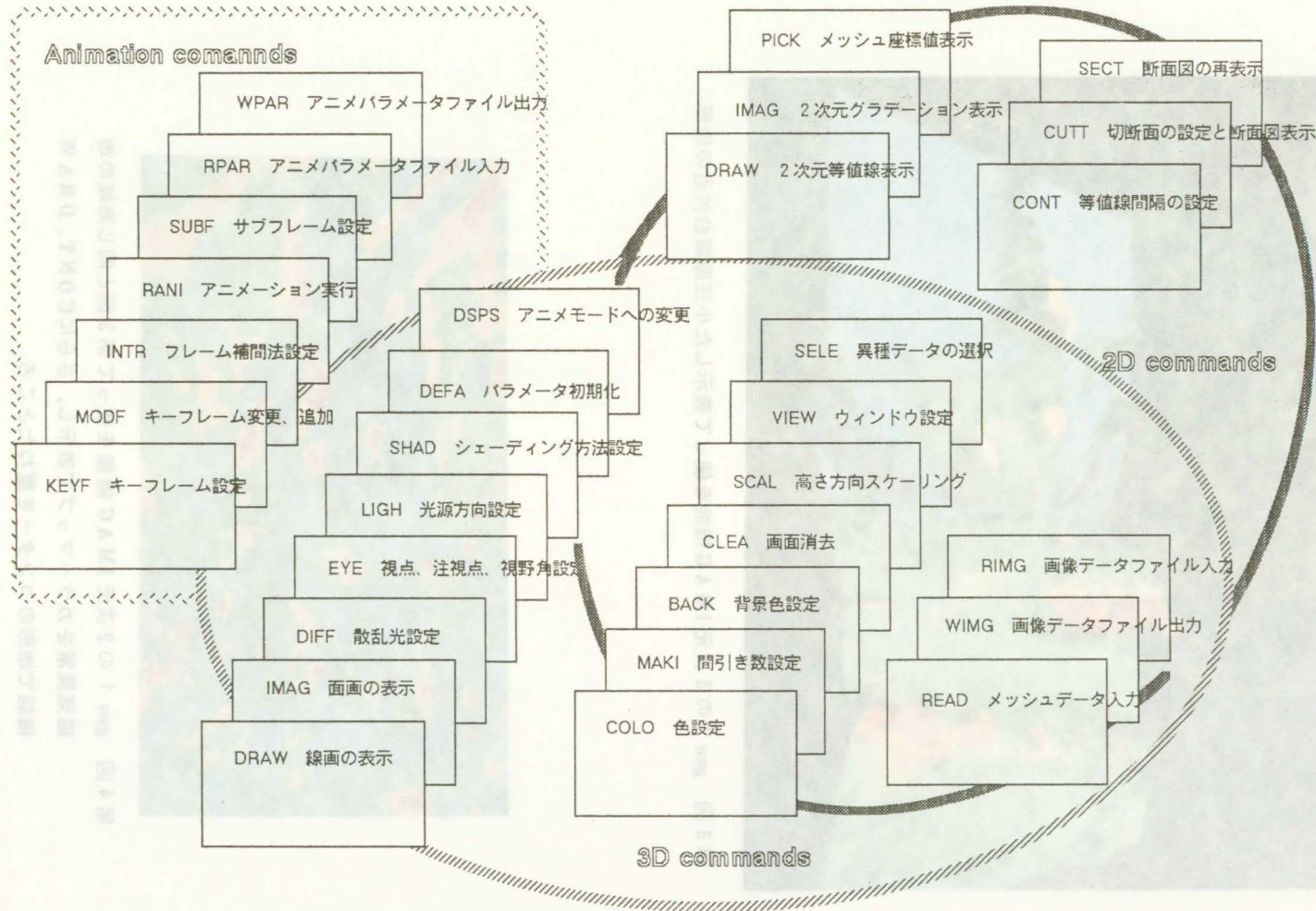
南から俯角45度で眺めた場合。注視点はデータの中央で、光は東斜めからあてている。色是最浅部を橙、最深部を紺に指定し、その間は自動的に補間させ、スムーズシェーディングを行った。海台が変形し海溝に沈みつつある様子がよくわかる。

(2) 2次元画像（第4図）

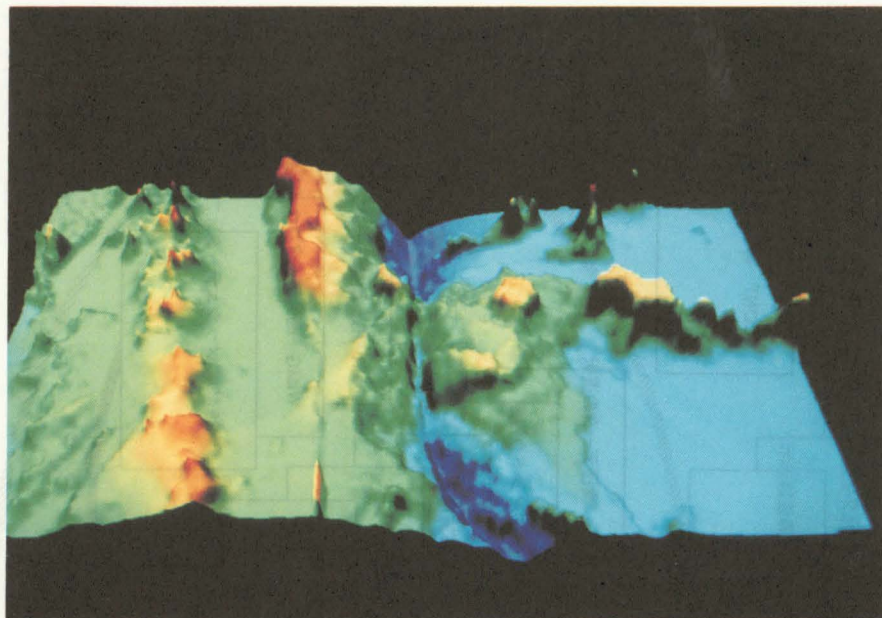
地磁気全磁力異常をカラーマップで表し、その上に地形の500mコンターを重ねた。暖色は正の異常、寒色は負の異常を示すように独自のカラーパレットを作成した。平坦な深海底にみられる地磁気縞異常、地形の高まりに対応するダイポール異常など、地形と地磁気異常の関係が一目瞭然である。

5. 問題点と展望

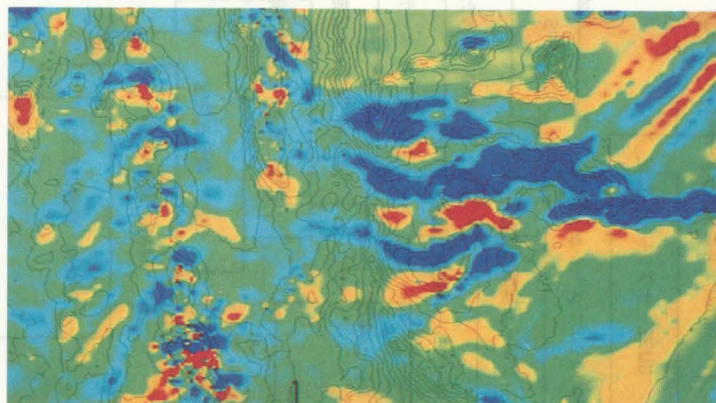
今回開発した地球物理データ解析ソフトにより、3次元解析を含めた高度なデータ解析が可能になった。データの編集や画像表示は、従来のオンライン処理にくらべて格段にレスポンスがよく効率的に行うことができる。集積しつつある多量のデジタルデータを総合的に扱うこと、ことに異種データの重ね合わせによ



第2図 geo 1のメニュー一覧



第3図 geo 1 の3次元IMAG機能を使って表示した小笠原海台付近の地形。



第4図 geo 1 の2次元IMAG機能を使って第3図と同じ海域の地磁気異常をカラーマップで表示し、さらにCONT, DRAW機能で地形のコンターを重ねたところ。

ってこれまで以上の解析が可能になり、海底に関する研究を進める上で大きな助けになるはずである。

また美しい画像データは海底地形をきわめて理解しやすい形で表現しており広報等にも有効であると考えられる。最後に残された問題点を挙げ、今後の展望を述べる。

(1) グリッドデータの編集

時系列のフィールドデータの編集は、geo 2によって計算機の画面上で容易に行えるようになったが、グリッドデータの編集については、まだ改良の余地がある。2次元もしくは3次元画像上で不良データをチェックしマウスで削除、変更できることが望ましいが、現時点ではPICK機能によりマウスでクリックした点のグリッド座標が表示されることにとどまっている。ピックした点の周辺のデータを表示し、かつ修正できるようなスクリーンエディタを開発する必要がある。

(2) 出力

現在、geo 1で作成した2次元、3次元画はカラープリンタとビデオに直接出力が可能である。カラープリンタは画面のハードコピーで質が悪く、作業用としては手軽に使えるが、最終的な出力やプレゼンテーション用としては不向きである。ビデオへはフレームスキャンコンバータ（フォトロン）を通すことによりRGB情報をビデオ信号に変換しビデオ装置に送っており、ほぼ満足できる質の映像が収録できる。また、直接接続されていないが、画像データファイル（WIMG機能で作られる）を光磁気ディスク等の媒体を通じてPICTROGRAPHY 2000 (FUJIX)へ出力することが可能である。PICTROは高画質の写真のような出力を紙、OHPシートに対して行うデジタルプリンタで、美しいプレゼンテーション用の絵が得られる。入力情報は各画素のRGB情報であり、geo 1の画像データファイルと同じであるが、色調が計算機のグラフィクスターミナルと微妙に異なるため、PICTRO側でユーザーカラーパレットを用意して両者の色調を一致させる必要がある。

(3) 処理速度

ワークステーションによるグラフィクスを利用した地球物理データの解析を有効に行うためには、相応のスピードが要求される。現在のハード、ソフトの状況では、500×500程度のデータまでは、静止画を十分実用に耐え得るスピードで描画することが可能である。さらに大きなデータセットを扱う場合は、メインメモリが不足して、ハードディスクとのスワップがはじまるため急激に処理スピードが落ちる。これはメインメモリの増設によって回避できる問題で、静止画像に限れば現有のハード、ソフトを大きく改良することなく、実用的な処理速度が実現する。しかし、アニメーション作成機能に関しては次に述べるように、多くの問題が残る。

(4) アニメーション作成

geo 1を利用してアニメーションを作成する過程は大きく二つに分けられる。第一段階ではパラメータ設定方法をアニメモードにし、パラメータを数値入力ではなくマウスの移動に対応して変化するようにする。マウスを動かしつつアニメーションの核となるキーフレームと呼ばれる画像をいくつか決定する。第二段階としてキーフレームの間を補間して連続的な動きを見せるためのサブフレームを計算する。こうしてできたアニメーション用ファイルはパラメータのファイルであり、画像データのファイルではない。従ってアニメーション実行時には、パラメータを読みつつ順次画像を計算している。この方法で現有のハードウェアでアニメーションを作成することは、それほど容易ではない。まずマウスの移動に対して画面のレスポンスが遅く、作成が能率良く進まない。作成後、アニメーション実行時にも画像のすばやい回転等は期待できない。さらに、文字入力（地名など）ができないので、プレゼンテーション用にはやや役不足である。今回のソフト開

発の主眼は異種データの比較や3次元処理によって従来以上の高度な解析を可能にするところにあり、その点は静止画において十分達成されるものと考えられる。アニメーションは静止画像に比べてプレゼンテーションにおいて格段の差があるが、実用化に向けてはグラフィクス機能を強化したワークステーションと編集機能を持つソフトウェア、ハードウェアの導入が必要である。現時点では、アニメーション以前に(1)で挙げたような静止画像を利用したデータ編集機能の充実に力点をおくべきだと思われる。

6. おわりに

現在ワークステーションを用いた科学技術系のソフトウェアは各種シミュレーションをはじめとして非常に高いレベルに達しており、様々な分野で利用されている。海洋測量において要求される計算能力は他の分野に比べてそれほど高くなく、すでに現在のワークステーションのレベルで達成されている。しかし、測量分野でのデータ処理、解析は人間の経験や手作業に負う部分が多く、これをいかに機械に支援させるかが問題である。ワークステーションが従来のメインフレームにくらべて優れている点の一つは、ユーザーにとってきわめて使いやすく、システムのカスタマイズが柔軟に行えることである。今後はこの特性を生かした操作の簡単な実用的な画像処理解析システム(アニメーションも含む)を開発して行くことが課題である。今回開発した地球物理データ解析ソフトには、前節で挙げたようにまだまだ問題も多いが、これからのワークステーションによるデータ処理解析システム構築への第一歩となるものと考えている。