

地形情報の整備と表示

長尾 真紀子 澤田 順夫 沼上 英雄

(株)東芝 総合研究所

本報告では国土情報の多様な表示に対応できるようなデータベースの整備と、その表示例について述べる。表示を目的に、既に整備されている国土数値情報をベースとし、1:200,000地勢図単位にファイリングした。ここでは地形データベースをマルチメディアデータベースとしてとらえ、更に様々なメディアデータが扱えるようにした。異種メディア間の対応付けは空間座標で行い、画像処理技術を利用したメディア変換も試みた。システムはEWSと大容量の補助記憶装置とを中心に構成を考えた。

この結果、国土数値情報の様々なタイプの地形表示が容易にできるようになった。更に、三次元表示では他の地形情報と組み合わせて表示を行った。

Implementation of Digital Terrain Database and its Display

Makiko NAGAO Nobuo SAWADA Hideo NUMAGAMI

TOSHIBA Research and Development Center
1, Komukai Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki 210, JAPAN

This paper describes rearranging of the national digital map data and their terrain display. Digital map data are considered typical multi media database, where media correspondence is made by spatial referencing and media transformation is performed by image understanding.

The rearranging is carried out with basis of 1:200,000 topographic map area under the environment of engineering work station.

Various types of terrain display are developed involving the rearranging digital map data. Some synthesized 3D images with the digital map data and Landsat imagery are also composed.

This experimental results are proved to be more efficient to manage and display digital map data.

1. はじめに

国土基本図等の大縮尺の地図のデータベース化が行われつつあるが、日本全土や全世界レベルの物はまだ十分整備や利用がされていない現状である。既に整備されているものとして米国ではUSGS (United States Geographic Survey) の地図データベースがあり、日本では国土地理院の国土数値情報¹⁾がある。

国土数値情報の利用・管理を行う汎用的なシステムにISLANDがある²⁾。国土数値情報を表示に用いるにはデータ量が多過ぎ取扱いに解決しなければならないことが多い。また局所的な地形の表示を目的にすると国土数値情報はUSGSのデータベースに比べてやや解像度が粗く情報を補う必要がある。

ここでは、EWSと大容量の補助記憶装置を中心としたシステムで地形データベースを管理することを考える。このシステムは国土の地形の表示をリアルタイムで表示する事を最終目標としている。次に、ここでの地形データベースの考え方、現状と取扱いを簡単に触れ、データベースの整備とその表示について実例を交えて具体的に述べる。

2. 国土の地形データベース

日本の国土は約370,000km²であり、これをデータベース化することを考える。既にデータが整備されているものに、日本の基本図(1:25,000地形図)、国土数値情報、国土の各種統計データ、及び資源探査衛星画像等がある。

地形図はアナログ情報の図面であり、その一部をデジタル化したものが国土数値情報といえる。資源探査衛星画像はデータの収集方法の経緯により元々デジタルデータである。資源探査衛星の画像データベースにはLIMSがあり、それについては報告した³⁾。そのプロトタイプの間接的な考え方は画像のモザイクに効果的に応用されている⁴⁾。

2. 1 国土の地形データベースの考え方

現在の段階では地形図の完全なベクトル化は容易でない。地形図以外はデジタル化されている、あるいは容易にデジタル化できるといえる。従って、国土の地形情報をデータベース化するには、

- 1) 国土数値情報のみ
- 2) 国土数値情報と地形図のデジタル化画像
- 3) 国土数値情報と衛星画像

の組合せが考えられる。

1) は国土数値情報の整備そのものであるが、情報量がやや少なく面的な解析には不十分である。2) のハイブリッドのものは余り用いられてないが地図のデジタル化画像と国土数値情報の図形データが相補っていてMMI/Fも良い。地図のデジタル化画像もスキャナの発達で容易に作成できる。3) は最近リモートセンシングの分野で地理情報システムと画像データベースを統合する動きがあり、マルチメディア化の方向といえる。

情報処理の最終形態はすべてデジタル化して画像は内容を理解するという考え方もある。しかし、情報処理の現状から考えれば画像、図形、文字・数値といったマルチメディアの状態がここ当分であろう。ここでは基本的には1) の立場であるが、2)、3) もマルチメディアデータベースの観点から統合化していく考えである。

2. 2 国土の地形データベースの現状

国土の地形データとして1:25,000地形図は約4,500枚で測量は完了している。国土数値情報はこの1:25,000地形図の主要な情報をマニュアルでデジタル化しその整備は完了している。標高と土地利用等以外はベクトルデータの線情報であり空間的密度は低い。地形の表示の目的にはやや情報が不足していて、画像情報と比較してMMI/Fは余り良いとはいえない。

資源探査衛星の画像は元々経緯度2度×2度の領域になるように設計されている。マルチスペクトラルスキャナ(MSS)画像は3,000×3,000画素であり地上解像度70mである。最近では30m、10m等高解像度のセンサの衛星画像もある。MSSは10年以上の歴史がありデータベース化が進んでいる。新しいセンサのデータベース化は今後の課題である。

これらのデータのデジタル化は、現在の技術段階で解像度100mで整備することが一つの目標と言える。370,000 km²を100m×100mを単位とすると37M点となる。標高、土地利用や画像等はそれぞれデータを効率よく持てばEWSレベルで扱えるオーダである。また線情報のデータ量は同程度か一桁小さくなる。

3. データベース整備の基本方針

地形の表示を目標にデータベースの整備を行う。その基本方針として

- 1) 国土数値情報を基にしてその一次メッシュを管理の単位とする。
- 2) 地形データベースをマルチメディアデータベースとして捉える。
- 3) EWSと大容量補助記憶装置を用いたシステム構成とする。

を採り挙げる。次に、それぞれについてその考え方を具体的に説明する。

3. 1 一次メッシュ(約80km×80km)を単位に

国土数値情報では、位置を指示する方法は「標準地域メッシュシステム」を採用している。1次メッシュは全国の地域を経度差1度、緯度差40分の区画に分けたもので1:200,000地勢図の図郭に相当し、大きさは縦横約80kmである。日本全国は約170の1次メッシュからなる。2次メッシュは1次メッシュを8×8に分割したもので、1:25,000地形図の図郭に相当する。大きさは、約10km×10kmであり、全国で約4,500の2次メッシュが存在する。

地図のカテゴリ毎に1ファイル構成の磁気テープの国土数値情報を1次メッシュ毎に分割しファイリングすることにした。地形図を表示するための高解像度の標準CRTの大きさは1,000×1,000程度である。これは100mメッシュでデータを表した場合、約80km×80kmの1次メッシュのデータ(800×800)を表示するのに十分な大きさである。また、unixのファイルとしてデータベースを構築する事を考えると2次メッシュ単位に比べ1次メッシュ単位でファイリングした方が管理が容易にできるといえる。

3. 2 地図データベースのマルチメディアデータベース化

国土数値情報は、地図情報でのマルチメディアデータベースと言える。マルチメディアデータベースとは、ただ単に複数メディアを扱っていればよいと言うのではなく、メディア間にある対応付けがなされていなければならない。また、メディア変換も考慮する必要がある。

国土数値情報はベクトルデータ、メッシュデータ、文字数値データといったマルチメディアデータを扱っており、データの対応付けは1メッシュでファイリングしたことにより空間座標によって行なわれ、異種メディアデータ間の検索が可能になる。しかし、航空写真や衛星画像との統合化を考えた場合、データの対応付けは別途考慮しなければならない。

一般にメディア変換は容易ではないが、ここでは画像から図形へのメディア変換を試みた。土地利用データを用い輪郭抽出を行いベクトル化して約1/5のデータ圧縮が行えた。

3. 3 EWSと大容量記憶装置を用いたシステム

国土数値情報を利用した汎用的なシステムにISLAND²⁾がある。これは国土情報利用・管理システムで国土情報整備事業の中で収集・整備された種々の国土数値情報や国土画像情報の有効な利用・管理を行うことを目的とした、かなり大規模なシステムである。ところで、様々なユーザの立場を考える場合、システムとして手軽でコンパクト、専用のシステムイメージを持つEWSとして構築するのも必要な場合が多いと考えられる。

このシステムでは地形の表示を目的としており、汎用計算機の制限を受けずに地図の表示に適した周辺装置を用いたほうがよく、EWSは柔軟に対応できる。また、マルチメディアデータ処理や、MMI/Fを考慮してもEWSが扱い易いと言える。

ここで扱うデータの合計は約400MBになるので、全データは光ディスクに入れることにした。データベースシステムではメモリの階層構造を考えるのは重要である。ここでは過渡的であるが光ディスクを最下層に置き、磁気ディスク、ICメモリとしてのフレイムメモリと3階層を構成し、また磁気テープは、補助的にデータの入出力の時にだけ用いることにした。

4. データベースの整備とその検証

データベース整備の基本方針に従い、国土数値情報を表示に使い易いように整備した。データファイルはEWSのOS Unixのファイルとして編成し、一次メッシュにまとめる為に幾つかのユーティリティを作成した。次に、データベースの実装方法を記述し、データベースの検証として二次元の表示例について述べる。

4. 1 実装方法

現在、国土数値情報のファイルの種類は約120あるが、国土の地形表示を考えた場合、海岸線、標高、行政界、土地利用、河川、一般道路、高速道路、鉄道の8種類のデータ(表1)でほぼ表現できると考えられる。これらを対象に国土の地形表示のデータベースの整備をおこなった。そして、データの表示を容易にするためにunixのファイル形式に再編成することにした。1次メッシュコードに着目し、1次メッシュ毎にディレクトリを作りその下に先に述べた8種類のデータを入れる。検索及び表示の基本的な単位は1次メッシュであり、重畳表示等を考えた場合メッシュコード単位でファイルがグループ化されている方が効率がよいと言える。

図形データベースの座標系は、国土数値情報の2次メッシュ $[0, 1] \times [0, 1]$ の正規化座標を流用する。つまり、1:25,000地形図64枚を $[0, 8] \times [0, 8]$ にマッピングして、1次メッシュ毎に再編成するユーティリティを作成した。

メッシュデータは、階層的な画像の構造を持っている。2次メッシュを 10×10 に細分して3次メッシュとし、更に 10×10 に細分したものが土地利用のデータ(100mメッシュ)であり、一方 4×4 に細分したものが標高データ(250mメッシュ)である。図郭左上を原点とし、この3次メッシュ 80×80 個を再配置し、土地利用の場合 800×800 点、標高の場合 320×320 点で1次メッシュデータを統合するユーティリティをつくった。

国土数値情報のデータは、点で表現されていて始終点等の情報をもとに線分が作成できる。また、これらの線分の集合よりポリゴンの面をつくる。このとき、複数の1次メッシュに渡る場合にも対応できる柔軟性のあるユーティリティプログラムを作成した。これを行政界の面データ作成に適用した。

4. 2 検証としての二次元表示

表示データは、指定した1次メッシュの全データを対象にする場合と、検索結果のデータを対象にする場合がある。図形データの場合、属性データを持っているので多

表1 国土数値情報

ファイル名	データ形式
海岸線位置	位置座標
標高データ	メッシュ
行政界位置	位置座標
土地利用	メッシュ
流路位置	位置座標
一般道路位置	位置座標
高速道路	位置座標
鉄道位置	位置座標

様な検索が可能である。そしてこれらのデータを単一カテゴリのみ表示する方法と、複数カテゴリを重畳表示する方法がある。表示範囲は、基本的には1次メッシュとするが、図形データはスケールを変えて複数の1次メッシュを表示することもできるようにしている。また図形データは属性データとして2次メッシュコードを持っているので2次メッシュを指定して表示することもできる。また表示範囲を決める場合、そこに表示されるデータ量を考慮することはMMI/Fや速度の点で重要である。

(1) 図形の表示

図1は、海岸線と行政界データの重畳表示の例で、関東全体を表示するために1次メッシュを4つ結合させている。図2は、海岸線と行政界データから首都圏を対象に行政界の面データを作成し、行政毎の属性データを色分けして表示したものである。さらに道路データから国道のデータを検索表示して、ネットワークのシミュレーションに利用している。

(2) 画像の表示

国土数値情報には画像データとして土地利用データと標高データがあり、その表示例を図3と図4に示す。土地利用データは15カテゴリに対応した色変換テーブルを作成し、首都圏の範囲を表示している。標高データは、標高のランク付けをし色テーブルに対応させ表示した。土地利用データに比べデータ量は1/6であり1次メッシュを4枚分結合させて表示させた。

5. 地形データベースの三次元表示

国土数値情報の地形データはやや情報量が不足している。そこでその不足した情報を補う方法として、CGのシェーディングによるものと画像を用いる三次元地形表示について述べる。

5. 1 正射投影による地形表示

正射投影は三次元座標変換がないので表示の基本はシェーディング処理だけであり、表示の変化は太陽光線ベクトルの違い程度である。これも地形データベースの検証の確認が主たる目的であり簡単に述べる。

標高データから生成される地形の起伏に

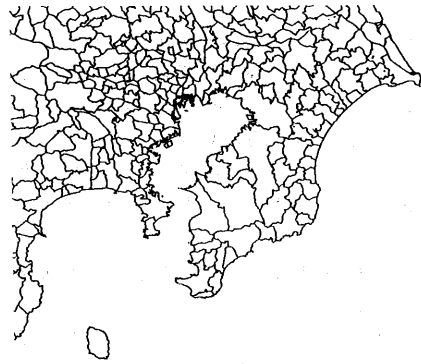


図 1 国土数値情報の表示例（海岸線と行政界）

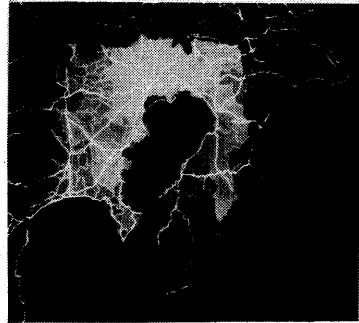


図 2 国土数値情報の表示例（道路と行政界）

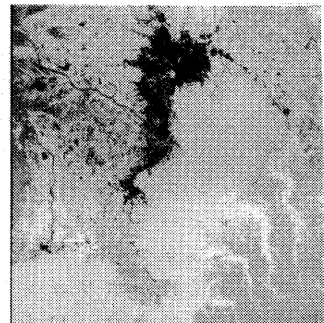


図 3 国土数値情報の表示例（土地利用データ）

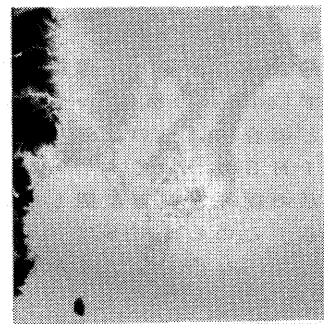


図 4 国土数値情報の表示例（標高データ）

陰影付けを行う。表示の基本データは、標高値であり、太陽光線ベクトルの計算、地表面の法線ベクトルの計算、輝度データの計算が主要なものである。太陽光線ベクトルの計算は、任意の経緯度と日時を与えてサンアングルを与える式をモデル化して持っている。地表面の法線はメッシュ状標高値の隣接三点より決定される面で計算する。輝度データはこの太陽光線ベクトルと地表面の法線ベクトルとから完全拡散モデルを用いて求める。輝度データから表示点を内挿する計算量は多いが比較的ハード面の制約は少ない。

5. 2 透視投影による地形の三次元表示

透視投影は種々のパラメータがあり、生成される画像もバラエティがある。その上三次元座標計算やシェーディングの計算が複雑である。利用目的ではリアルタイム処理を必要とする場合もある。そこで透視投影では座標変換やシェーディング処理についてやや具体的に述べる事にする。

整備した地形データベースを用いてシミュレーションが連続するように考えていく。さらに、リアルな画像を生成しかつ、ハードウェアによるリアルタイムの実現性のあるアルゴリズムについても述べる。

(1) シミュレーションの方法

シミュレーション画像を定義するために、ワールド座標系及びスクリーン座標系を説明する。ワールド座標系の真下を中心にワールドバッファと呼ぶ領域を定義するものである。これはの任意方向のシミュレーション出来るように真下を中心にバッファを設ける。このバッファは進行に伴い更新され常に真下に中心が来るようにする。

回転の三軸のパラメータにより視点中央の地表が決まる。その点を中心とするものをワールドバッファから切り出しセグメントバッファと呼び、 x , y , 高度, 輝度の情報を持つ。このセグメントバッファはスクリーン座標で表わされる。ワールド座標系からスクリーン座標系へのモデリングは通常の座標変換で表わされる。

(2) シェーディングの高速化

従来三次元表示のシェーディングは計算時間がかかり、処理全体のネックになっている。ここでは、画像の品質を余り低下させないで高速性に重点を置いたシェーディング手法を考えた。メッシュ座標のデータは格子点で標高値が与えられている。ワールド座標からスクリーン座標への変換では格子点に変形されて投影されている。この幾何変換において格子点のシェーディング属性も同様に交換しておく。そして簡易陰面消去と輝度補間を同時に行なっていくシェーディング手法である。

(3) シミュレーションとその結果

アルゴリズムは三角形ポリゴンから簡易スキャンラインアルゴリズムへの改良の結果、100倍程度高速化できた。いくつかのシミュレーション結果のモニタ画面例を次に示す。図5はデータチェック用のワイヤフレーム例であり、図6はそのシェーディングをつけた表示例である。

5. 3 画像を用いた表示

最後に国土数値情報と資源探査衛星Landsatの画像を用いて三次元表示を行った例を述べる。先ずLandsatの画像データベース(LIMS)に関して簡単に紹介して、地形データベースと統合化について述べ、次にその表示例を示す。

(1) LIMSについて

LIMSの開発と評価に関しては既に報告されている³⁾ので表示に関したことのみを簡単に述べる。このLIMSは1:50,000地形図領域をファイリング単位にしている。画像データと地図データのファイル構造は測地座標及び地形図領域を介して関係がつけられていて、マルチメディアデータベースと言える。また画像と地図のデータ構造は全く独立に作られている。

(2) 地形データベースとLIMSの統合化

次に、標高データとMSS画像を統合化した例⁶⁾について述べる。ここでは画像の大きさに標高データを合わせるようにした。標高は10mを単位に量子化し、空間方向は約60mメッシュに内挿して画像ファイルと同じ画素サイズで用いる。この標高データファイルも地形図領域単位でファイル化した。

画像メモリ上に地形図領域の画像と標高データを接合してロードする。これらのデータは三次元画像を構成しているので立体視画像や景観図が容易に作れる。投影変換及び隠点処理を行えば三次元表示画像が得られる。立体視画像作成はある一軸に対して正と負の三次元回転を行い、中心投影で左右の画像を作成する。景観図は二軸に対して三次元回転と透視投影で作成でき、これらの画像作成はパラメータの違いだけで全く同じ手法によるものである。

立体視画像の作成例を図7に、景観図の例を図8に示す。隠点処理は重ね画きにより行った。

6. おわりに

この報告では、国土数値情報を中心に地形データベースの整備とその表示について述べた。表示をリアルタイム化するには高速の座標計算やシェーディング用のプロセッサが必要である。また任意の動きに追従するには、データベースの柔軟なアクセスやフレームメモリを更新する機構が必要である。このような目的の実験装置としては、グラフィック用の高速のEWSがあり最近製品化が盛んである。これらのEWSでもデータベース機能は低く、地図データベースのような大量のデータを扱うシステムは今後の課題である。

ここでの地図データベースの捉え方はマルチメディアデータベース研究の一環として考えていこうとしている。そこでの基本はデータ圧縮(抽象化)にあり画像、図形、文字数値をそれぞれ適当な形態で管理しておく。一方、MMI/Fの面から画像などの様に同時に表現されるデータ量の多い方が了解性が高い。そして状況に応じて、処理の効率とデータ量を勘案してそれぞれの最適なデータ形態(メディア)を変換する事にある。このマルチメディアデータベースのアプローチはまだ端緒の段階であり、今後このデータベースを基に研究を進めて行く予定である。

この研究は工学院大学建築学科の大庭常良教授との共同研究の一環であり国土数値情報の利用に関して感謝致します。

<参考文献>

- 1) 国土庁計画・調整局、建設省国土地理院 「国土情報シリーズ2 国土数値情報」 大蔵省印刷局 (1987年1月)
- 2) 国土庁計画・調整局 「国土情報シリーズ4 コンピュータによる国土情報管理と利用」 大蔵省印刷局 (1986年10月)
- 3) 篠田、他 「ランドサットMSS画像データベースシステムの開発と評価」 情報処理学会論文誌第24巻第6号(1983年11月)
- 4) S. Horii, et al., "Digital Mosaic Processing" Proc. of 18th Jnt. Symp. on Remote Sensing of Environment (Oct. 1984)
- 5) 樋口 「地図情報システム」 コンピュータロールNo. 14 特集/ワークショップ コロナ社 (1986年4月) p. 114
- 6) 澤田、他 「統合化した資源探査画像の重ね合わせ」 情報処理学会第31(昭和60年後期)全国大会 p. 1297

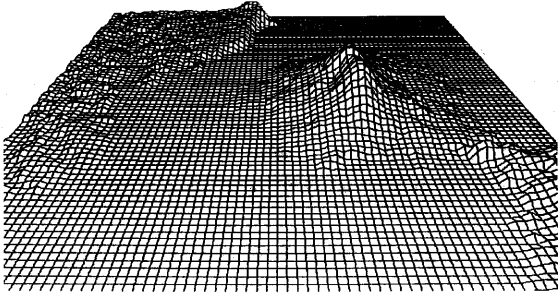


図 5 国土数値情報の表示例（ワイヤフレーム）

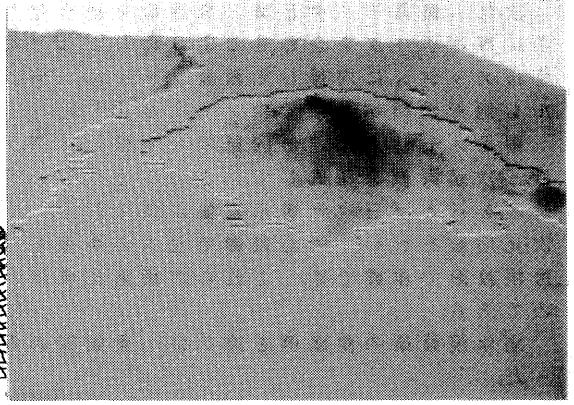


図 6 国土数値情報の表示例（景観図）

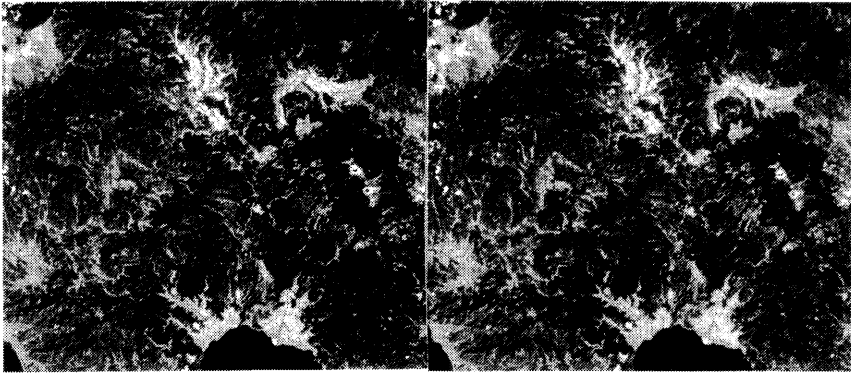


図 7 画像を用いた表示例（立体視画像）

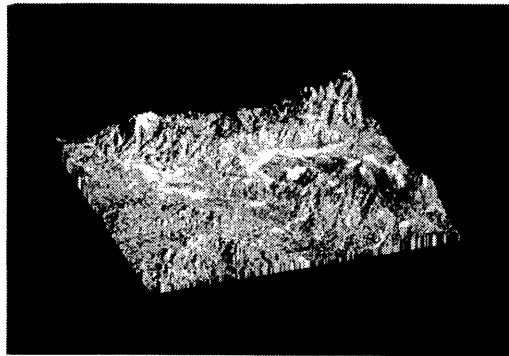


図 8 画像を用いた表示例（景観図）