

数値地図情報のマルチメディアへの利用に関する研究

The Study on the Usability of Digital Map Information for Multimedia

建設省河川局 大野裕幸*

River Bureau, Ministry of Construction Hiroyuki OONO

測 図 部 柴田光博*

Topographic Department Mitsuhiro SHIBATA

要旨

本研究は、インターネット上でも利用できる形態を含むマルチメディア情報の入出力を可能とし、ユーザ・インターフェースや解析方法にCGや空間的な概念を導入したGISを試作し、それらの有効性を示すことを目的としている。その中で本論は、マルチメディアへの数値地図情報の取り込みおよびCG作成に必要な基礎的な知識の修得とその環境の構築に関して報告する。

1 はじめに

情報処理技術の急速な発達とともにマルチメディアという言葉が一般化し、インターネットが普及しつつある。また、家庭用ゲーム機ではコンピュータ・グラフィックス(CG)をユーザ・インターフェースに利用したものが主流となっているほか、DVD(デジタル・ビデオ・ディスク)などのデジタル映像機器の普及が始まっている。インターネットも、Windows95をOSとして搭載したパソコンの浸透により、利用者層が拡大している。

一方、GISでは、そのほとんどが紙地図情報の延長線上でしかない画一的なユーザ・インターフェースを持ち、スタンドアロン環境で動作するにとどまっている。このため、利用分野が行政や一部企業の管理部門に限定され、一般的とは言えない。しかし、その限定された利用分野でさえ、動画や音声等のマルチメディア情報やインターネット、新しいユーザ・インターフェースを利用することで、より情報密度を増し、利用しやすいものにすることができる。

2 マルチメディアとは

マルチメディアには、3種類の意味があると言われる。それは、複合メディアやデジタル放送などの家電系、CD-ROMやCGなどのコンピュータ系、ATM(非同期転送モード)や光ファイバーなどの超高速通信を指す通信系である。本研究では、コンピュータ系のマルチメディアを対象とし、マルチメディア情報をCD-ROMやネットワークを利用して入出力できる動画、音声、CGなどの情報と定義する。さらに、マルチメディア情報のなかでも、とくに地物を対象とするものをマルチメディア数

値地図情報と定義する。

パソコンにCD-ROMドライブが標準で搭載されるようになって、動画や音声、静止画を1枚のCD-ROMに盛り込んだ商品が一般化している。国土地理院でも、ラスタ地勢図CD-ROMの試作や、数値地図25000(地図画像)の刊行など、マルチメディア数値地図情報の提供を開始し、提供媒体(メディア)の多様化(マルチ化)を行っている。

CGに関しては、動画や音声などのマルチメディア情報ほど一般的とはいえないが、家庭用ゲーム機を始め、テレビCM、映画の分野では多用されている。さらに、機器の高性能化と低廉化、OpenGLが開発環境のデファクトスタンダード(事実上の標準)となっていることに伴い、パソコン分野にも急速に市場を拡大しつつある技術といえる。

インターネットもWWW(ワールド・ワイド・ウェブ)を利用したブラウザの登場により、ホームページを通じた情報発信など、情報提供手段として無視できないメディアとなっている。最近ではホームページ上でCGI(共通ゲートウェイインターフェース)やJavaを利用することで、ページの動的な利用が可能となっており、様々な形での自由な情報提供が行われている新しいメディアである。

3 動画・音声のデジタル化

動画、音声のデジタル化は、ともにいくつかの世界的な標準形式が存在する。各データに関して、標準形式を紹介し、本研究での数値化の流れを示す。

3.1 方式

3.1.1 動画

デジタル動画データの形式、すなわち動画の圧縮方式の主なものは、表-1に示す4種類が存在する。それ以外にも日本のハイビジョンで採用されているMUSE方式や、衛星デジタル放送の独自形式、個別のプラットフォームに依存する形式など、多数が存在する。この中で、MPEGとQuickTimeがWWW上でよく使われている圧縮形式である。QuickTimeは、マッキントッシュ

用に開発された形式であるため、WWW上で使われるものは、マッキントッシュの機種依存部分を取り除いたQuickTime形式である。

本研究では、最も多くのプラットフォームを有するものを採用するという観点から、動画の圧縮形式としてQuickTime形式を採用した。

表-1 主なデジタル動画圧縮方式

形式名	主なプラットフォーム
MPEG 1	PC, ビデオCD
QuickTime	PC
Microsoft ビデオ	Windows95, WindowsNT
MPEG 2	PC, DVD

3.1.2 音声

音声（サウンド）の圧縮形式にも、表-2に示すようないくつかの主要な形式がある。

表-2 主なデジタルサウンド圧縮形式

圧縮形式の名称	主なプラットフォーム
AU	SUN, WWW
A I F F	マッキントッシュ
Microsoft オーディオ	Windows P C

この中で、最もよく使われるのはAU形式であるが、変換周波数が8 KHz・モノラルのためデータ量は少なくなり、音質は良くない。一方、A I F FとMicrosoftオーディオ（WAV形式）は、変換周波数が22KHz・ステレオのCD並の良好な音質での圧縮が可能であるが、データ量が多く、再生できるプラットフォームが限定される。このように、AU形式とその他の方式とはトレードオフの関係にある。

そこで、動画に音声を付加するという観点から、QuickTimeに付加しやすいA I F Fを採用した。

3.2 ビデオ画像のデジタル化

ビデオ画像のデジタル化は、ビデオ再生装置とコンピュータをS-VHSケーブルで接続し、コンピュータに取り込むことにより行った。コンピュータには、パソコンのマッキントッシュと、地殻変動即時解析装置計算システムにグラフィックス・サーバとして導入されているPowerOnyxおよびビデオ信号変換装置Siriusを用いた。マッキントッシュは、処理能力が低いため、低画質かつ小さいサイズにならざるを得ないが、数分間におよぶ取り込みが可能である。一方、PowerOnyxは、高画質で大きいサイズでの取り込みが可能ながら、メモリ容量が小さいため、10秒間程度の取り込みが限界である。

マッキントッシュの取り込みの場合、記録される動画

データは自動的にQuickTime形式となるため、取り込み後すぐに編集を行うことができる。しかし、PowerOnyxの場合は、1秒あたり30枚の静止画像としてデジタル化されるため、動画データに変換しなければならない。これには、PowerOnyxのOSであるIRIX6.1上のMovie Converterを使用し、QuickTime形式化したのち、マッキントッシュ上で接続する手順を取った。

マッキントッシュ上での動画データの編集作業は、Adobe Premiereを使用した。これにより、動画データをあたかも映画のアナログフィルムを切ったりつないだりするように編集することができた。

編集後の動画データは、1本のQuickTime形式ファイルとして保存した。

3.3 音声データの付与

動画データに対して、音声データをマッチングさせながら付与し、1本の動画データに編集する作業を行った。

動画データは、1秒あたり12~15コマで生成されているため、1コマずつ画面で確認しながら音声データを挿入する位置を決め、動画データ、音声データをすべて1ファイルに統合し、QuickTime形式の動画データ（ムービーデータ）を生成した。

生成したムービーデータは、WWW上で再生できなければならないので、機種依存部分を取り除き、Windows95パソコンなどマッキントッシュ以外のコンピュータでも再生可能とした。Windows95上での再生状態を図-1に示す。

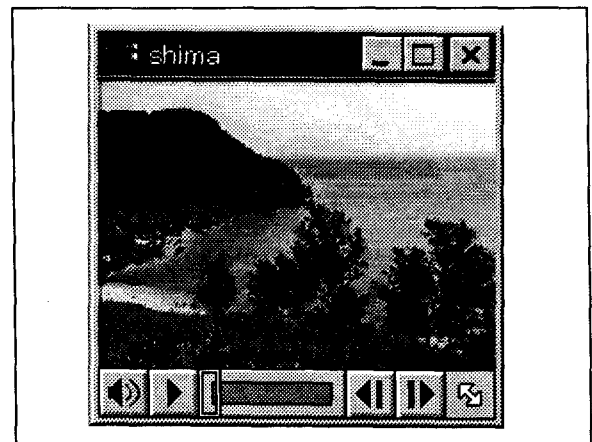


図-1 QuickTimeムービーの再生状態

4 3次元データの作成

本研究では、CGを重点的に扱っている。しかし、CG分野には専門用語や独特の考え方が存在するため、3次元データを論じる前に、CGの基本的な事項について述べる。

4.1 3次元データの概要

コンピュータの画面上に長方形を描画する場合と画面内に直方体を描画する場合を比較しながら、2次元データと3次元データの相違を解説する。

図-2に示すように、2次元の長方形は、4つの頂点とそのうち2点の間を結ぶ4本の直線から構成される。各点は必ず異なる2本の直線と接続され、どのように形が変形しても、これらの条件は変化しない。この長方形は、2次元上の物体であるため表裏は関係なく、長方形の内側、すなわちエリアの概念しか存在しない。エリア内に飛び地が存在する場合でも、描画するラインの向きを反転させることで内側と外側の確認ができる。また、この長方形に属性を与える場合は、最大4つのノード、最大4本のライン、1つのエリアに対して与えるだけで完成される。このように、この長方形は非常に簡単な構造をしているデータ形式といえる。

一方、3次元の直方体をコンピュータの画面内に描く場合、いくつかの点に注意が必要である。

第1点は座標系である。

3次元CADで設計した直方体を考える。3次元CADは、製図板上で図面を描く考え方の延長線上にあるため、Z軸方向はXY平面を正面に見た場合、手前側にプラスとなる。これは図-3に示すように、親指をZ軸、人差し指をX軸、中指をY軸と見なす右手系と呼ばれる座標系である。右手系はほとんどの分野で使われているが、これは直立する人間にとって、高さは地面から目の位置の方向に取ることが自然であり、無意識のうちに右手系の考え方をしているためと推察される。

一方、図-4に示すように、3次元CGの場合は、描かれる物体(オブジェクト)はすべて画面上(on screen)ではなく画面内の仮想空間(in scene)に描かれ、画面上(on screen)に表示されているのは、画面内(in scene)の1平面断面から奥行き方向を見た場合の投影である。3次元CGを見るということは、常にカメラのファインダーを通して世界を見ているということと同じだとする考え方である。すなわち、画面上(on screen)がXY平面であり、奥行き方向がZ軸のプラスとなる座標系を持っていることを意味する。この座標系は左手系であり、右手系の座標系とは虚実の関係にあるといえる。

CGの座標系により直方体を描画するには、8つの頂点と6つの面を描き、かつ立体的に表示しなければならない。3次元空間内のオブジェクトは、平面(ポリゴン)の組み合わせで形作られるが、ポリゴンには常に表と裏が存在する。表裏を示すためには、図-5のように、ポリゴンに対し単位法線ベクトルを付与する必要がある。これにより、ポリゴンの表裏及び3次元空間内での向きを決定することができる。単位法線ベクトルは、ポリゴンを構成する2辺のベクトルの外積を取り、その長さで除することで得られる。このようにして、頂点、面、法線を定義すれば、3次元空間内のオブジェクトを定義す

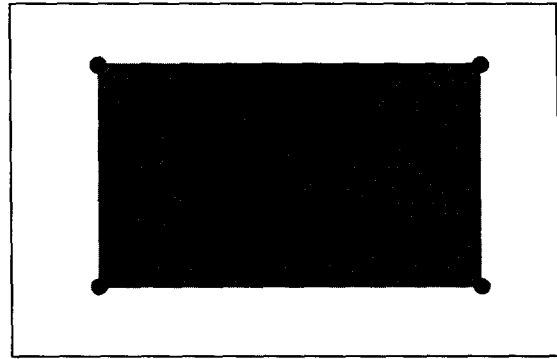


図-2 2次元長方形

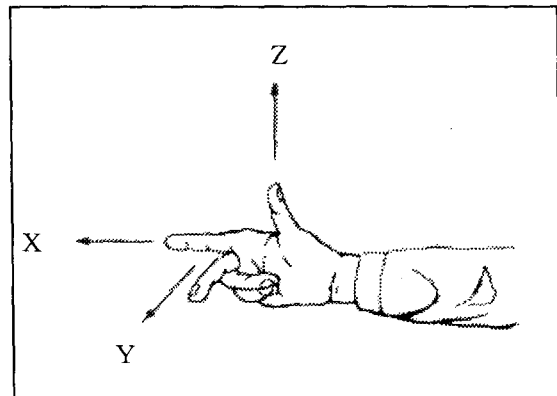


図-3 右手系 (CAD) の座標系

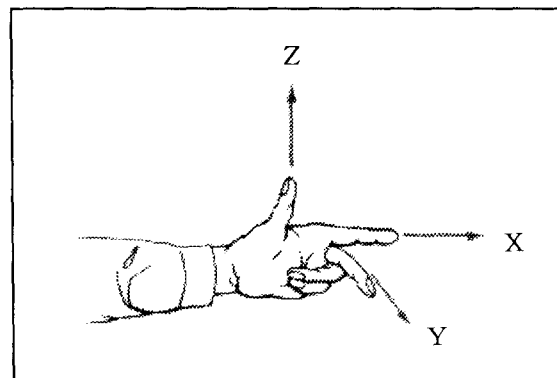


図-4 左手系 (CG) の座標系

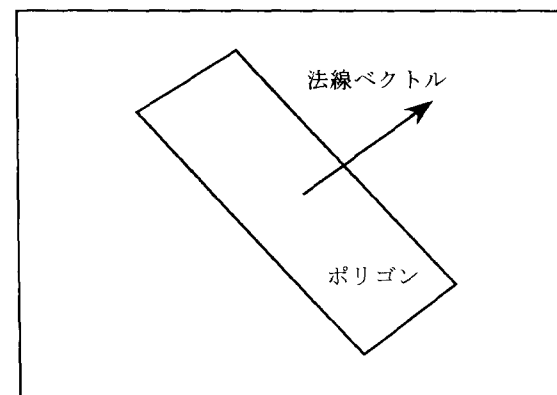


図-5 ポリゴンと法線ベクトル

ることができる。なお、以上はオブジェクト固有の情報であるため、各オブジェクトについて定義しなければならない。

しかし、図-6のように、これだけの情報では立体を立体として表示することはできない。人間は、空間内の物体の奥行きを微妙な色の変化により認識する。CGでも同様に、定義した物体に反射率などの材質情報を与え、かつ光源を設定して光を物体に当てなければ、微妙な色合いの変化は計算されない。この作業をシェーディングあるいはレンダリングという。これらの情報を付与して初めて、図-7のような直方体を描くことができるが、これらは空間内のオブジェクトすべてに対して影響を与える情報であり、場合により値を変更することなどにより全体の描画印象を変えることができる。

次に、球面などのなめらかな曲面を描画する場合を示す。ポリゴンに対し、1つの法線を与えればポリゴンの向きは定まる。したがって、直方体のような各面が完全な平面になっている場合は、面数分の法線ベクトルを定義すればよい。しかし、この方法では球面などのなめらかな面を表示することはできない。

なめらかな面を表示するには、2つの方法がある。面そのものを関数などの式により定義し、なめらかな面として扱う方法と、近似的に細かいポリゴンを作成し、表示時に曲面のように見せかける方法である。前者はCADやCAM（コンピュータによる製造支援）システムとの連携を目的に考えられたもので、オブジェクトそのものを定義しているため精密なオブジェクトを作成できるが、非常に計算処理量が多く描画に時間を要する。一方、後者はデータ量が増加するものの描画は高速に行われる。本研究では、後者のみを用いているため、これについて紹介する。

ポリゴンの集合を擬似的に、曲面表示に利用する場合、ポリゴンに対してではなくポリゴンを構成する各頂点に対して法線ベクトルを付与する。したがって、三角形ポリゴンなら3つ、四角形ポリゴンなら4つの法線ベクトルを持つことになる。頂点についてみると、 n 個のポリゴンに共有されている頂点では n 個の法線ベクトルを同時に持つことになる。これは、実際のオブジェクトで頂点が異なる向きの面に共有されている場合もあることから、矛盾する事柄ではない。ここで、 n 個の法線ベクトルに代えてそれらを平均したベクトルを頂点に与えることで、頂点近くの面の向きを擬似的にすべて同じ方向に向けることができ、図-8のように表示されたオブジェクトはなめらかに見える。同じく、 n 個のうちいくつかの平均を取り、残りはそのままの法線ベクトルとする事で、球を平面で切り取ったようなオブジェクト、すなわち球面と平面が混在する頂点を表示することもできる。切り取ったようなオブジェクト、すなわち球面と平面が混在する頂点を表示することもできる。

以上で、3次元空間内に完全な立体を表示することが

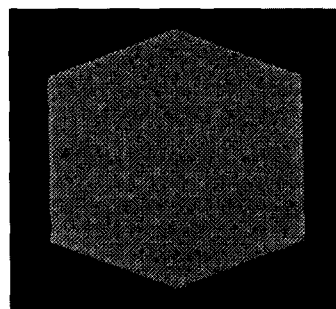


図-6 立体感のない3次元オブジェクト

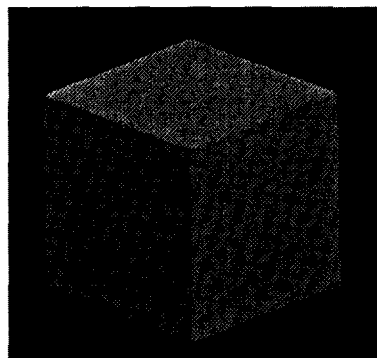


図-7 立体感のある直方体

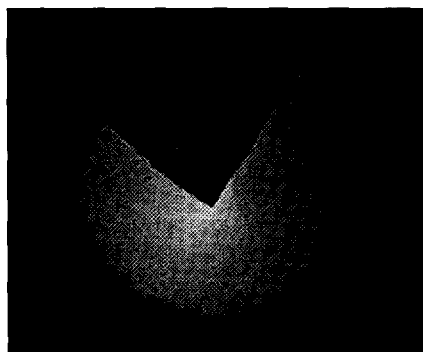


図-8 曲面

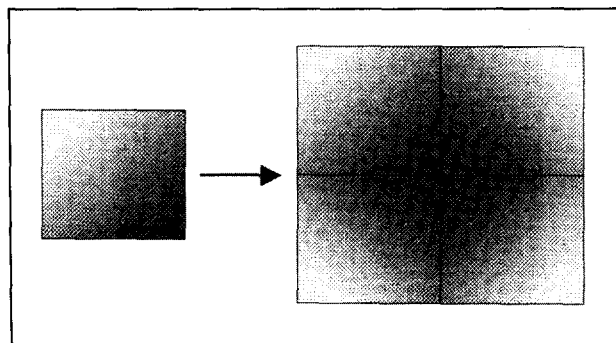


図-9 テクスチャの作成方法

できる。しかし、CGの特徴は現実感が高い映像を作成できるところにあり、この現実感を高めるために用いるのがテクスチャという表面材質画像である。立体の表面にテクスチャを張り付ける（テクスチャマッピング）ことで、現実感を高めることができる。ここで注意が必要なのは、テクスチャは連続的にマッピングされることを考慮しなければならない点である。1枚の画像をそのままテクスチャとして連続的にマッピングすると、隣の画像との境目が現れ現実感はなくなってしまう。これは図-9のように、上下と左右の鏡像を取って1枚のテクスチャとすることで回避できる。本研究で作成したデータにはすべてテクスチャマッピングを施している。

4.2 データ作成

3次元データは、那覇市中心部の国際通りの一部分をサンプルとして作成した。

作成にあたっては、那覇市の500分1集成図を基図に用い、建物断面形状や歩道などの形状を取得した。さらにパソコン上でモデリングを行い高さや形状を付与して3次元データ化したのち、VRML1.0形式で出力し、PowerOnyx上に転送してデータ変換するという手法を取った。さらに、現地撮影したビデオ映像を参考にしながら、テクスチャの選定、形状の把握を行った。以下、作成したオブジェクトごとに手順を示す。

4.2.1 道路

道路は、日本国内であればどこもほぼ同じ外観を持っている。道路中心線および幅員、道路種別（高速道路か一般道路か）の3種類が明らかであれば、道路中心線に沿って幅員を取り、道路種別に応じたテクスチャをマッピングすることで作成できる。本研究では、国際通りおよびそれに合流する側道をデータ化した。テクスチャは、国際通りの路面を上方から撮影できなかったため、国道408号の陸橋上から撮影し、加工を行った。

4.2.2 建造物

建造物は、まず断面ベクトルを那覇市の500分1集成図からデジタイザによって取得し、階数によりおよその高さを与えた。外観に関しては、ビデオ映像から取り込んだ画像を加工してテクスチャを作成したものもあるが、外観は個々の建造物で全く異なるため非効率と判断し、仮のテクスチャを作成してマッピングした。

4.2.3 街路樹

街路樹は、現地で撮影したビデオテープから切りだした画像をパソコン上で修正し、図-10に示すように、街路樹本体以外の領域を本体には使われていない色の単一色で塗りつぶしたテクスチャを作成した。単一色で塗りつぶすことにより、表示の際に背景を透かして見せることができる。このテクスチャを厚さのない板にマッピングし、配置することとした。データは1データのみ作成し、座標値を与えて複製することで道路に並ぶ街路

樹を作成した。

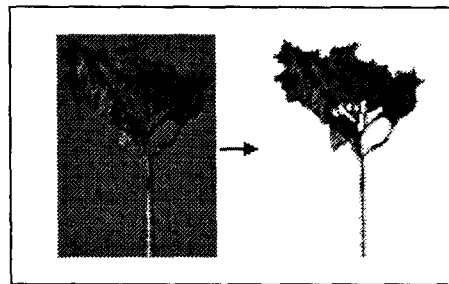


図-10 街路樹の作成

4.2.4 交通標識

図-11のように、街路樹と同様の手法で速度制限の交通標識データを作成し、座標値を与えて表示した。ただし、座標値は国際通りに設置されている場所とは関係なく、国際通りの実際の制限速度は50kmということではない。

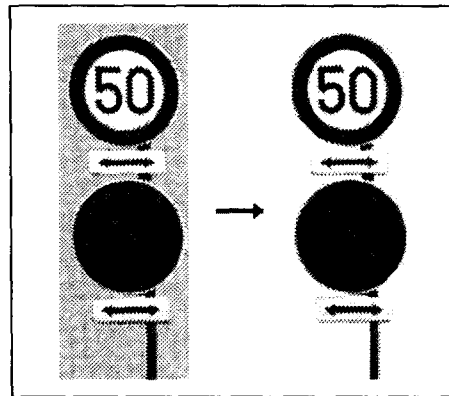


図-11 交通標識

4.2.5 その他

現実感を高めるため、空については遠方に板を配して快晴の画像をテクスチャマッピングした。地面に関しては、単一色オブジェクトとした。

4.3 3次元データベース

作成した3次元データは、描画時にデータベース化されていなければならない。そこで、C言語の構造体を用いて表示プログラム内に擬似的なオブジェクト指向データベースを構築し、起動時にすべてのオブジェクトを入力する形式とした。データクラス構成図を図-12に示す。全体を三次元世界と位置づけ、その下に世界を構成するオブジェクトと天候や時間を設定する環境を持つ。各オブジェクトは、それを構成するポリゴン、属性、テクスチャを持ち、各ポリゴンは、それを構成する頂点および法線ベクトル、テクスチャから成る。C++言語を用いて本格的にオブジェクト指向データベース化すれば、オブジェクトの属性に対して、様々な解析を加える手段を部品化して付与することができ、データ作成のコストを大幅に削減することができる。

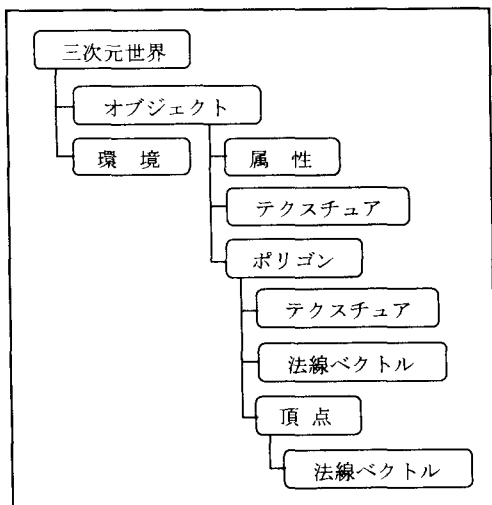


図-12 データクラス構成図

4.4 リアルタイム描画

作成した3次元データベースを基に、PowerOnyx上でリアルタイムに描画できる表示ソフトを作成した。表示ソフト内で視点を自由に設定できるため、国際通りを車で走行しているかのような視点設定を行い、時速約50kmで走行するリアルタイム表示を行った。

さらに、リアルタイム表示をQuickTimeムービー化するために、表示中の画面をビデオ出力装置を介して、S-VHSビデオデッキに出力し、ビデオ録画した。これを、ビデオ映像と同様の手順でPowerOnyxに再入力し、QuickTimeムービーを作成した。再生中の画面を図-13に示す。

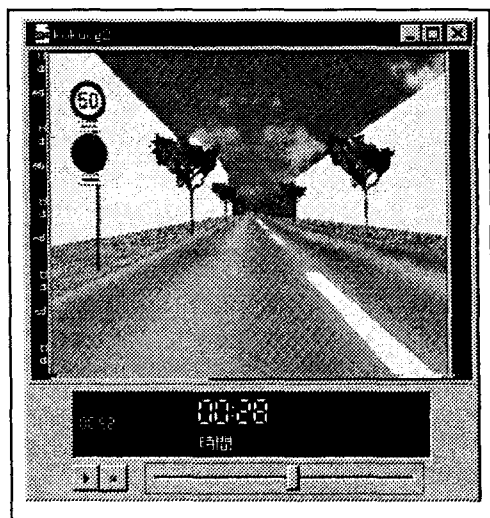


図-13 リアルタイムCG描画

5 CD-ROMの作成

ビデオ画像や音声のデジタル化、CGアニメーションなどの個別のマルチメディア情報を、背景となる地図情報

報上に配置し、インターネットで閲覧することも可能なCD-ROMを作成した。

背景の地図情報には地勢図のラスターデータを用い、HTMLのMAPタグを利用して各マルチメディア情報と背景地図情報とのアドレスマッチングを行った。地図上の特定の位置でマウスクリックすることにより、該当するマルチメディア情報が呼び出される形式とした。

位置の検索についても、HTMLのMAPタグを用いて、マウスで選択した部分にマルチメディア情報が配置されていない場合は、その地域を拡大した画像を表示していく形式とした。

図-14 CD-ROMの閲覧
(Internet Explorerの画面)

最後にこれらの一連のファイルをワークステーション上に集め、CD-R（書き込み可能なコンパクトディスク）装置を用いてCD-ROMへの焼き付けを行った。図-14にブラウザを介して、CD-ROMのマルチメディア情報を閲覧している場面を示す。

6 ネットワークを利用した地図情報利用

マルチメディアで数値地図情報を利用する方式の一つとして、インターネットでのデータ提供を目指して、WWWのホームページ上で地図情報を閲覧することが可能なアプレット（ホームページに張り付けることが可能な小型のアプリケーション・ソフト）の作成も試みた。

開発環境にはJavaを使用し、JDK（Java Development Kit）1.0.2 準拠のMicrosoft Visual J++ 1.0を用いて構築した。

アプレットは、ホームページを通してサーバ内の記憶装置から数値地図データを読み込み、アクセス側のブラウザ上で実行される。また、数値地図は更新作業が行われることを前提としているため、更新時は特にデータ変換などの中間作業を必要としないでWWWサーバ内の任

意のディレクトリに更新データを配置するだけでよい構造とした。

このアプレットで閲覧できる数値地図は、数値地図20万(海岸線・行政界)および数値地図250mメッシュ(標高)の2種類である。海岸線・行政界はベクトル形式のデータ構造となっているが、これまではベクトル画像をWWW上で閲覧する場合、CGIを用いて一旦ラスタ画像に変換し、それを画像として呼び出すHTMLのページを作成するという手順をとらなければならなかった。この方法では、閲覧画像は完全にラスタ化されてしまうため、自由な拡大縮小やポリゴン認識などは不可能であり、またサーバへの負荷も大きくなる。それを避けるため、今回作成したアプレットでは、ベクトル情報をベクトルのまま表示する形式を取り、HTMLページからデータを呼び出すのではなく、アプレットがサーバからデータを読み出すことにより、完全なベクトル形式のデータ閲覧を実現した。これにより、従来は不可能であったベクトル画像の自由な拡大・縮小やポリゴン認識も可能となった。これは、ホームページを通じた本格的なネットワーク型GISの提供が可能であることを示している。図-15は、数値地図250mメッシュ(標高)を閲覧している場面である。

7 研究の成果

ビデオ画像や音声のデジタル化は容易であり、数値地図情報との関係づけも可能である。

CGに関しては、基本的な環境の構築を行うことができ、CGリアルタイム・アニメーションを作成した。また、限定された地域についての3次元データの試作を行い、現実感を高めるために、街路樹や交通標識をデータ化した。

参 考 文 献

- 笠野英松監修マルチメディア通信研究会編(1996): ポイント図解式通信プロトコル辞典, アスキー出版局, pp.501-567
- 山本精一(1996): VRML2.0パーフェクトガイド, 技術評論社, pp.35-45, pp.59-98, pp.155-243
- Shishir Gundavaram 田辺茂也監訳(1996): CGIプログラミング, オイラリー・ジャパン, pp.57-110
- 青柳達也(1996): Java API プログラミングガイド, 工学図書, 全般

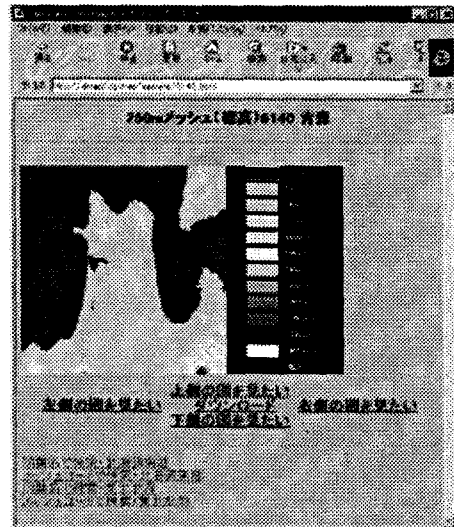


図-15 Javaアプレットによる数値地図閲覧
(Internet Explorerの画面)

ネットワークでの数値地図情報の利用については、Javaアプレットを作成し、実現の方向性を示すことができた。

8 おわりに

GISにおいてマルチメディアを応用して数値地図情報を利用する場合、技術的な問題はない。むしろ、データ作成に多大なコストを要することが問題であるのは多くが認識しているところである。それらのデータに対するニーズは今後確実に高まると考えられるが、そのデータ作成に関するノウハウはほとんど蓄積されていない。今後は、ノウハウの蓄積を行い、効率的なデータ作成手法を確立することが重要であろう。