2003年3月
APA No. 84-03
財団法人日本測量調査技術協会

リアルタイムレンダリングのための DEM の高速描画方式

平岡　透*　　浦浜　喜一**

1. はじめに

筆者らはこれまで[1) 2)]、3次元景観シミュレーションシステムの開発とその利活用の拡張を行ってきた。3次元景観シミュレーションシステムは、これまで橋梁やダム建設後の完成予想、環境調査など幾つかの分野で活用され、ユーザへの景観の伝達手法として有効であることが実証された。更に、この3次元景観シミュレーションシステムを属性情報とリンクした3次元GISに拡張し、河川管理などに活用されている。3次元GISを構築するに当たり、地形や地物のデータを人にストレスを与えることなくスムーズに描画できることが求められる。全データをそのまま描画するのでは、描画処理に大変なコストが生じ、データ量が大きくなると極端に描画が遅くなる。そこで本論文では、リアルタイムレンダリングのためのデータの高速描画方式、今回は特にDEMデータの高速描画方式について提案する。

2. 3次元景観シミュレーションと3次元GISの必要性

近年、地域住民への情報提供や説明責任が要求されており、地域住民への分かりやすい情報提供が要求されている[3) 4)]。分かりやすい情報提供を満足させるために必要となる要素は、視覚的に直接伝えることができること、客観性があるようにすること、あらゆる人のイメージを共有させること、個人の知りたい情報を満足させることが最低限挙げられる。

従来、地上測量や写真測量などにより地形図を作成し住民説明用資料としていたが、情報を線や記号に置き換えているため視覚的に分かりにくい。パース画や模型、フォトモンタージュ、コンピュータグラフィックスなどもあるが、パース画は作者表現の恣意性が入り、模型はリアルさが欠如し、パース画やフォトモンタージュは決まった視点からのイメージで、コンピュータグラフィックスは決まったルートのアニメーションが主体である。また、GISは背景データとして地形図や航空写真が主体であり、平面的な表現である。

そこで、分かりやすい情報提供の要素を必要十分に満たすものとして次のようなものが考えられる。デジタル写真測量などにより取得できる高精度な測量データに航空写真のオルソフォトなどの現地写真をテクスチャマッピングして、現実世界と相似の3次元空間を作成し、この3次元空間内をリアルタイムレンダリングによりインタラクティブに視点を移動できるシステムである。図1に航空写真から作成した3次元空間の例を示す。更に、この3次元空間内の地形や地物に様々な属性データをリンクさせて、3次元GISに拡張する。

コンピュータ技術の進展に伴い、ようやくストレスなく自由自在に3次元空間内を移動できるようになり、実際に3次元GISを運用できるようになってきた。例えば、河川における水防倉庫や資材の配置、避難経路や避難地設定の検討、環境調査など、地域住民や自治体が共有されたイメージで物事の遂行に活用できる。更に、3次元空間内に計画されている構造物を取り込むこ

ともでき、景観の検討や評価、プレゼンテーションに活用し、建設工事など事前に地域住民のコンセンサスを得る場合などに大変有効である。

3. DEM の高速描画方式

3 次元 GIS の位置移動では 1 コマ毎にデータを描画しており、データ量が大きくなると 1 秒間に描画できるコマ数が少なくなり、人の目で見て不自然な映像となる。映画で 1 秒間に 24 コマ、テレビでは 1 秒間に 30 コマの像をフラッシュしており、人に違和感を与えないためには最低限 1 秒間に 24 コマの処理速度が求められる。そこで、3 次元空間を構成するためのベースとなる地形データ、特に DEM データの高速描画方式を以下で説明する。

まず、メモリ内に DEM データを読み込む。次に、視野に入るメッシュのみを描画する。このとき、全てのデータを条件文により描画をするかしないを判定すると、この処理に計算量を要する。そこで、メッシュを n × n の塊にして、その重心が視野に入るかどうかを余弦定理により判定し、視野に入れば n × n の塊内のメッシュを全て描画する。これにより条件文の計算量は減るが、視野外のメッシュも幾つか描画するためこの計算量が増える。一方で視野内に描画されないメッシュが存在するため条件文の視野を少し広げる。

4. 実　験

左下座標（0, 0）、右上座標（1024, 1024）の範囲に 1 m 間隔のメッシュで高さを全て 0 m とした DEM データを作成する。視点を（0, 512, 0）として、視線を（1024, 512, 0）に置く．視野は 30 度、60 度、90 度、120 度の 4 通りとし、メッシュの塊を 1 × 1、2 × 2、4 × 4、8 × 8、16 × 16、32 × 32、64 × 64、128 × 128 の 8 通りとして、合計 32 通りについて描画処理時間の実験を行った。使用した言語は OpenGL[5] と VC ＋＋である。OpenGL での描画は GL_POLYGON モードで行い、メッシュ間の接合を取るためにメッシュを 2 つの三角形に分解した。GL_TRAIANGLE_STRAIP

図 1　3 次元空間の例

表１　視野と塊の大きさの関係による描画処理時間（秒）

		塊の大きさ							
		1 × 1	2 × 2	4 × 4	8 × 8	16 × 16	32 × 32	64 × 64	128 × 128
視野	30 度	0.011	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.007
	60 度	0.020	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.015
	90 度	0.030	0.026	0.025	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
	120 度	0.039	0.035	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033

モードの方が高速に描画できるが、ここでは塊による描画速度の比較を行うためGL_POLYGON モードとしている。

条件文判定なしで全てのポリゴンを描画した場合の１コマの描画処理時間は 0.031 秒であった。視野と塊の大きさの関係による描画処理時間を表１に示す。この結果、全てのポリゴンを描画した場合と比較して視野内に含まれるメッシュデータのみ描画する方が描画処理時間が早く、塊の大きさの大きい方が描画処理時間が早いことが分かる。しかし、塊の大きさを大きくすると、視野の境界部にデータの欠如する状態となる場合があるため、視野を少し広げないといけない。そうすると、表１から分かるように視野を広げると描画処理時間が増加する。塊の大きさが大きい程メッシュデータの欠如する部分や余分に描画しなければならない部分が多くなるため、塊の大きさを 4 × 4、8 × 8 あたりの大きさにして、条件文の視野を少し広くすることが適切であると思われる。

次に、塊の大きさが 8 × 8、視野を 30 度として、4 km × 3 km の 5 m DEM データに地上分解能 50 cm のオルソフォトをテクスチャマッピングした場合で実験を行い、スムーズに動作した。ただし、データ量の大きい１枚のオルソフォトをそのまま使用すると極端に描画処理能力が低下するため、塊毎にオルソフォトを分割してディスプレイリストによりその都度テクスチャを呼び出している。かつ、一定距離以上のオルソフォトを低解像度にしている（ここでは 2 km 先のオルソフォトの地上分解能を 1 m とした）が、視覚的に違和感を覚えなかった。また、DEM の表示は GL_TRAIANGLE_STRAIP モードで行った。使用したマシンのスペックは、CPU が Pentium」750 Hz、メモリが RIMM 1 GB、グラフィックボートが E & S 社製 Tornado3000 である。

5. まとめ

DEM データを高速に描画する方法として、DEM を塊毎に分割してその塊が視野に入るかどうかを判定して描画する方法を提案した。簡単なデータを用いた実験によって、全てのデータを視野に入るかどうかを判定するより、塊により処理した場合の方が高速に描画できることを確認した。本方法は DEM データを利用したが、TIN データに拡張することが今後の課題である。

参考文献

１）柴田智、穴見智広、是石幸男、平岡透、“デジタル写真測量とリアルタイムレンダリングの技術を用いた３次元景観シミュレーション－一般国道 220 号牛根大橋起構式の活用事例”、測量、Vol. 50、no. 12、pp. 25-28、2000

２）平岡透、是石幸男、浦浜喜一、“デジタル写真測量とリアルタイムレンダリングを用いた景観シミュレーションの利活用”、信学技報、Vol. 101、no. 455、pp. 9-14、2001

３）秋山実、地理情報の処理、山海堂、1996

４）丸安隆和、測量学（上）（下）、コロナ社、1998

５）相川恭寛、OpenGL プログラミング・ガイド、技術評論社、1995

（*東亜建設技術株式会社　**九州芸術工科大学）