

CGによる山岳形状のリアル表現

(株)計測リサーチコンサルタント ○西村 正三
坂田 祐司

1. はじめに

私達の生活空間が地上から空中へ、そして地下へと3次元的に大きく拡大していく中で、その構想から完成に至る各ステップでのプレゼンテーションを行うことが、今後ますます重要となってきた。プレゼンテーションでは、設計者の意図をわかりやすく相手に伝えるために、目的の把握から、対象者、規模、場の設定、そして表現手段について検討する(図-1)。表現の手法としては、今日まで以下の手法が考えられ、これらを単独にまた併用して用いている。

- 模 型
- イラスト(パース)
- CG静止画
- CG動 画

これらの長所・短所・改良点を表-1にまとめて示している。その中でも、コンピュータ・グラフィックス(以下CG)による画像生成は、そのレンダリング技術の発達により、かなりリアルな表現が可能となり、現在最も注目されているものである。しかし、その多くは、CAD等により形状を定義できる人工構造物に限られており、山岳形状、樹木といった自然形状を表現する場合には、その形状定義の難しさ故に、ごくラフな形状でそれを近似することが多い。そのため画像はいかにもCGであるといった印象が強く自然の中の人工構造物を考える際の景観評価資料としては不備な点が多い。そこで、山岳形状を不自然さを与えない程度まで細分化するデータの生成手段を以下の2種の方法に基づき開発した。

1) 等高線図からの詳細データ抽出

デジタイザを用いて等高線データを抽出し、CGに必要な三角形パッチデータに変換する。この手法は、山岳形状を正確に表

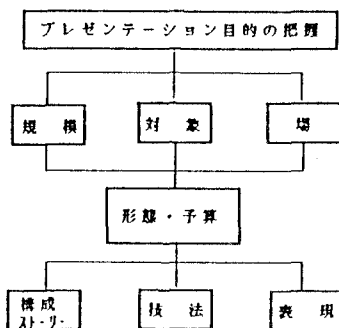


図-1 プレゼンテーションの企画・構成
現できるものの、データの入力時間が多くかかる。

2) フラクタルによる表現

山岳形状を地勢線を考慮しておおまかな三角形で近似し、各々の三角形をフラクタル理論に基づいて再帰分割を行う。分割回数を大きくするほどその不自然さは減じられる。本文では、このうち2)フラクタルによる表現について、そのアルゴリズムと実際のプレゼンテーションに用いた表示例を示す。

表-1 プレゼンテーションの手法

種 類	長 所	短 所	改 良 点
模 型	イラスト等の二次元の表現にはない三次元のさまざまな角度からリアルタイムで検討することが可能。	可能性が低い。 模型を相応の大きさに、また人間の視点で見せる工夫が必要。	モデルスコープを用いたアイレベルでの表現。
イラスト (パース)	意図するところをタッチ、着色などの違いにより強調することが可能。	視点が変われば、その都度制作する必要がある。 再現性の正確性に限界がある。 合意形成・評価の際意見がまとまりにくい	
C G 静止画	再現性、信頼性に優れている。 任意の視点からのシミュレーション等が豊富に提供できる。 合意形成・評価の際、意見がまとまりやすい	3次元データの入力に時間と手間がかかる 自然物の表現をする場合通常のモデラーでは大変な労力と忍耐が必要。	フラクタル理論による山岳形状の作成。
C G 動 画 (アニメーション)	都市空間の中でどう位置づけられるか、また、ランドマークやサイン等の見えかた等を検討する場合には、必要不可欠な技法である。	1秒間のアニメーションに10~30枚のCG静止画が必要となり、マシン(コンピュータVTR装置)が専有される。	ストーリー性を考えてアニメーションを企画・構成する。

2. フラクタルのアルゴリズム

フラクタルのアルゴリズムについては既に、かなりの研究・開発がなされており、例えば文献1)のような資料がある。以下に文献1)の説明の一部を掲げる。

- (1) 地形の大まかな形状を与えるために、その地形を近似する数個の三角形について各頂点の3次元座標値を与える。その三角形の1つをfig. 1に示すと、初期三角形(ABC)について各頂点の平面上の位置と高さ(f_a , f_b , f_c)を与える。
- (2) 注目している三角形(ABC)の各辺の中点の座標値を線形補間により求め、各中点における変位ベクトルの向きはそれぞれの辺に隣接する2つの三角形の法線ベクトルの平均とする。(例えば、辺ABの中点における変位ベクトルの向きは、三角形ABCの法線ベクトルと三角形ABGの法線ベクトルの平均)。
- (3) 中点の位置を、次式(1),(2)から求めた変位量($d_b^{(n)}$, $d_e^{(n)}$, $d_f^{(n)}$)だけ、上で求めた変位ベクトルの方向に変位させた点を新たな三角形の頂点とする(fig. 2)。この処理で1つの三角形は4つの小三角形(ADF, BDE, CEF, DEFG)に分割される。

$$di^{(n)} = S^{(n)} \times g \quad (1)$$

$$(i = D, E, F)$$

$$S^{(n)} = S^{(n-1)} \times (0.5)^h \quad (2)$$

$$(\text{ただし、} S^{(0)} = 1.0)$$

- (4) 三角形の1辺の長さがある長さ以下になるまで三角形の分割(2)~(3)を再帰的に繰り返す。
- 記号の説明

g : 平均 0、分散 1.0の正規乱数

n : 再帰分割回数

h : 減衰係数

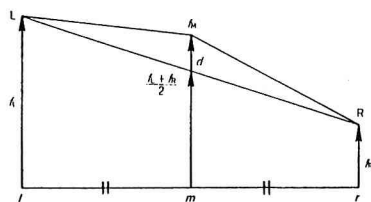
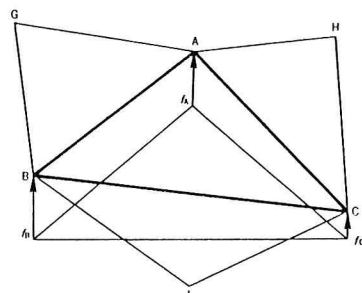
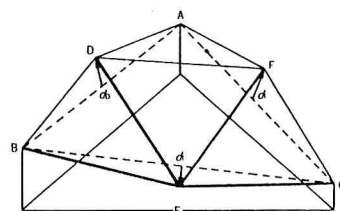


fig. 2 中点の高さ f_m のフラクタル補間



(a) 分割前



(b) 分割後

fig. 1 三角形面素の分割

図-2 フラクタルのアルゴリズム

図-3は上記のアルゴリズムを用いてプログラムを構成し、四角錐にこれを適用したものである。

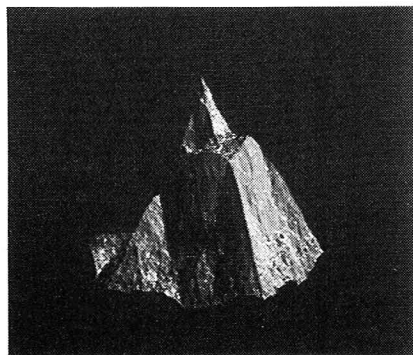


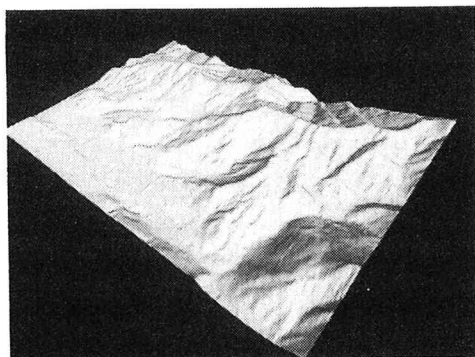
図-3 四角錐にフラクタルを適用した例

3. フラクタルによる山岳形状の表現

図-4(a)は今回実施した地域の等高線図である。(b)はこの等高線をデジタイザを用いて読み取り、CG表現したものである。これに対して図-5は2で説明したフラクタルアルゴリズムを用いてCG表現したもので、初期入力面が80面((a)、(b))に対し、(c)(d)としだいに分割回数を増やし、(d)では約20,000面まで自動生成している。この程度まで分割すると図-4(b)程度の画像が得られる。図-4(b)に対し、図-5(d)の処理時間は概ね1/10程度に短縮された。

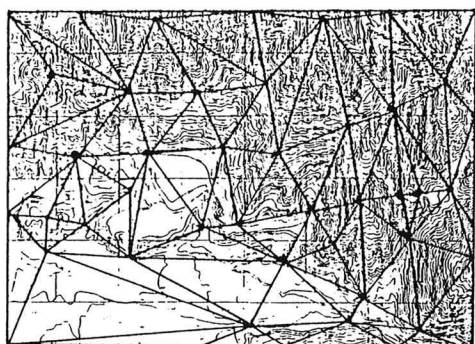


(a) 等高線

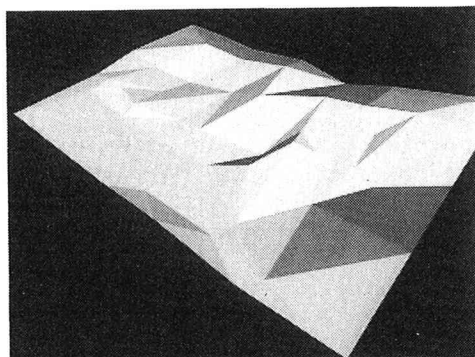


(b) 等高線データを用いた山岳形状表現

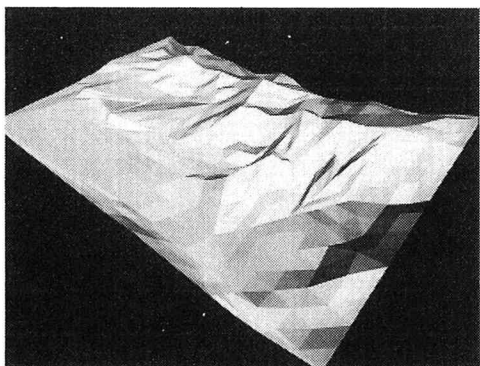
図-4 デジタイザによる山岳形状の表示



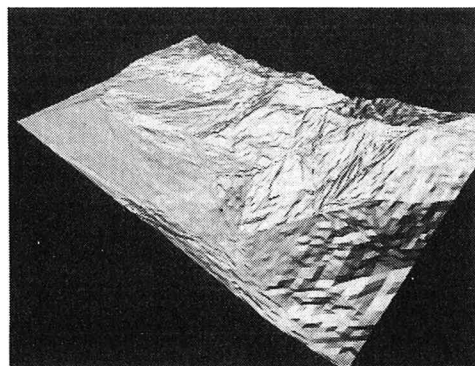
(a) 三角形面素区分け



(b) フラクタル始めの山(初期入力80面)



(c) フラクタル3回再分割した山



(d) フラクタル5回再分割した山

図-5 フラクタルを用いた山岳形状の表示

4. フラクタルのその他の応用例

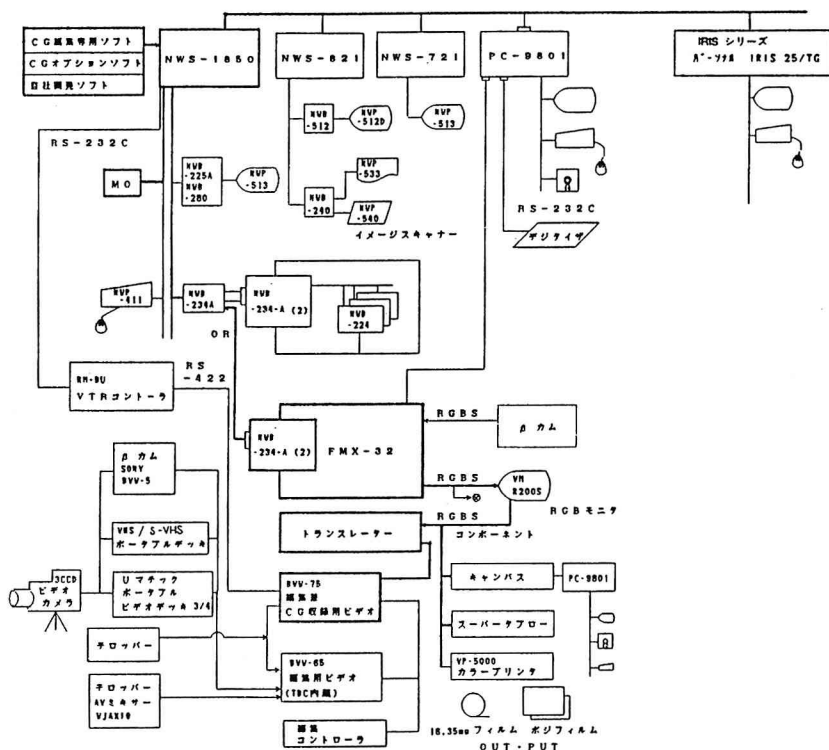
図-6は同じくフラクタルを用いて樹木を表現したものである。このように自然界においては、自己相似性をもつ形状が多く、例えば、先に示した山岳、樹木等の他に海岸線、波浪、河川、コンクリートのひびわれ等があげられる。

これらを用いて表現することにより、データの入力処理に関する時間を大幅に削減でき、効率の良いCG表現が可能となると思われる。著者らが作成したCG画像の事例を当日、会場においてVTRにより紹介する。

図-7に著者らの用いたシステムの構成を示す。



図-6 フラクタルを用いて作成した樹木



参考文献

- 1) 鶴岡 倡治:「フラクタルによる山と岩石、鋳造物の微細形状表現」PIXEL, VOL. 71, PP. 97~100, 1988