



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ホログラム原画作成用CGシステムの開発
Author(s)	青木, 由直; Aoki, Yoshinao; 成瀬, 智之 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 149, 101-109
Issue Date	1990-02-28
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/42210
Type	departmental bulletin paper
File Information	149_101-110.pdf



ホログラム原画作成用CGシステムの開発

青木由直 成瀬智之

(平成元年9月30日受理)

The Development of Computer-Graphic System for Hologram Source Pictures

Yoshinao AOKI and Tomoyuki NARUSE

(Received September 30, 1989)

Abstract

Recently, holograms are used for the description of three-dimensional pictures. And Computer Graphics (CG) technique has found its applications in the creation of CG hologram in which hundreds of pictures generated with CG methodology take the place of material objects in a laser imagery system. The major advantage of CG hologram is that scenes with animated objects can be simply obtained by changing their positions and orientations in visualizing process, which is difficult for material object holograms.

In the case of generating hologram source pictures by rendering geographical models, special problems arise from the realistic rendering of landscape because of the amount of detail required. In order to authentically describe the geography, a terrain height model should usually be divided into a large number of small patches. Thus the input of these height data is a heavy burden for the rendering program users.

In this paper, we propose a method for fast rendering hologram source pictures used in the production of hologram images. And we discuss the generation of height field detail for geographical model by recursive fractal method of free subdivision, which allows for the original height data input in free order on arbitrary grids. And we prove experiments that the hologram source pictures of terrain model generated by this method have good quality and authenticity.

1. ま え が き

写真, TV, 映画などのように, 3次元物体を2次元に表示する方法は日常よくみられるものであるが, 最近ではそのような3次元物体を立体的に表示する方法が多く研究され, また実現されている。ホログラフィの技術も3次元物体の立体的表示法として注目されている技法であり, 最近ではその利用も拡大し, 様々な場でホログラムを見かけるようになってきている。

ホログラムは物体からの光の波面の位相を記録し, それを再生するため, 2次元で立体感のあ

る3次元像を表現することができる。このようなホログラムの作成は、通常対象となる3次元物体にレーザ光をあて、その物体波とコヒーレントな参照波との干渉縞を感光材に記録するという方法で作成される。しかし、この方法で対象となる物体は、直接レーザ光をあてるか、あるいは3次元の模型を作成できるものに限定され、しかも光学的に非常に精密な手続きを必要とする。そこでコンピュータ・グラフィックス (CG) により作成された画像を利用すれば、そのような制限に対して融通性を持たすことができ、またデータを加工することも可能であるので様々な表現を用いてホログラムを作成することができる。

我々は従来より、CGのための自然物データの手続きの生成法及び画像生成法についての研究を行なってきたが、そのひとつの応用として、ホログラム作成用の原画像をCGにより生成する方法を検討し、今回実際にホログラム作成のためのCGシステムを構築して、それを用いてホログラムの作成を行なった。本報告ではそれをもとにこれまでの成果および問題点と、今後要求されることなどについて述べる。

2. 地形データの生成

2.1 地形の疑似的表現

対象としているのは、実在する山、島などの地形であるが、一般にこのような自然物の形状は複雑であり、そのデータ量は膨大になる。そのため少量の入力データから手続き的に大量のデータを発生させる方法が種々考案されている。しかし、実際に存在する地形を100%忠実に表示するためには、スクリーンの解像度に見合うだけの細かさで、データをサンプリングする必要がある。あるいは疑似的に表現するとしても、ある程度のデータを与え、それをもとにデータの補間をするという方法にならざるを得ない。ところが我々は、新しい手法により「間を補う」程度の補間ではなく、最終的に表示する際に必要となるデータ量の数%の入力データから、あとの膨大なデータを生成しようとしている。これはデータ入力の労力を軽減し、簡単にCGモデルを作成できるようにするためである。また、高速性を考えることにより、結果によって簡単にデータの修正を行えることを考慮している。

2.2 データ構造

地形モデルとしては、図1のように普通の平面地図上に縦横のメッシュをきって、その平面地図上の正方格子点での標高値を2次元配列に持たせることにより表わしている。このようにするとデータのイメージが簡単につかめ、データの入力、修正がやりやすい。また後述するように、画像化の際の高速化のためにも都合がよい。この2次元配列に普通の地図から読みとった少量の標高データを初期値として入力し、それをもとに2次元配列のすべての標高データを決定する。

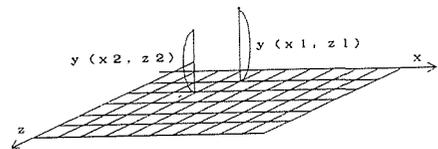


図1 データ構造

際の高速化のためにも都合がよい。この2次元配列に普通の地図から読みとった少量の標高データを初期値として入力し、それをもとに2次元配列のすべての標高データを決定する。

2.3 再帰的領域分割

地形データの生成法については、マンデルブロによるフラクタルブラウン運動を応用した方法がよく知られている。我々もこの方法と同様に、地形などの自然物が一様に持っている自己相似性、フラクタル性に注目してデータを生成している。白色雑音、すなわち全く無相関な変動を1階積分したものが通常のブラウン運動であるが、このブラウン運動を非整数階微積分して得られるフラクタルブラウン運動は図2のようにフラクタル次元の採り方により、地形の断面図を思わ

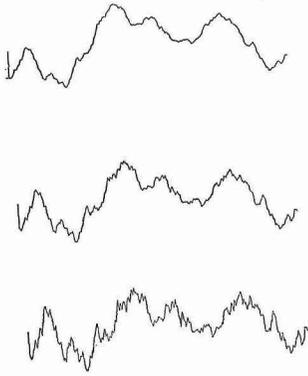


図2 フラクタルブラウン運動

せるグラフとなる。これを2次元に拡張すれば図3のような3次元の疑似的地形が得られる。

具体的にはフラクタルブラウン運動を近似的に得る方法である中点変位法を応用している。この方法は、フラクタルブラウン運動のグラフで、ある区間の中点の期待値がその区間の両端の値の平均値になることから、以下のような手順で再帰的にデータを生成していく。図4のようにまず両端での値を平均が零、標準偏差が σ の正規分布乱数として決定する。次にそれらの点を両端とする区間での中点の値を、平均値が両端の値の算術平均、標準偏差が $\sigma(1/2)^H$ の正規分布乱数として決定する。そして新たにできた2つの区間でのそれぞれの中点の値は、平均値がそれぞれの

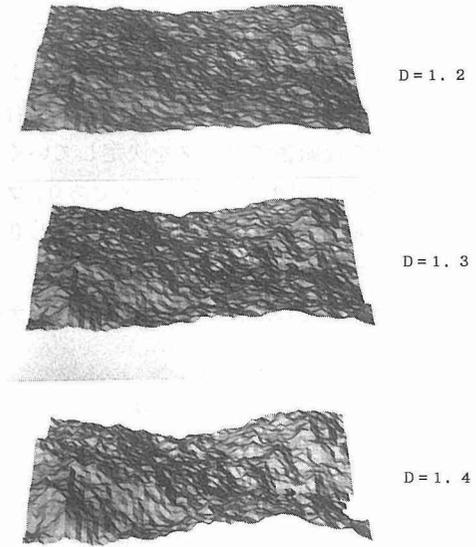
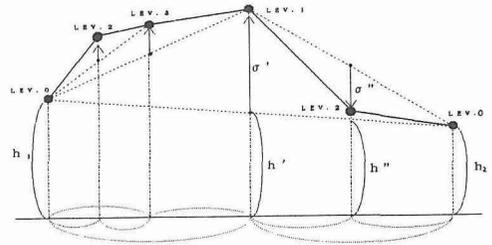


図3 2次元平面上的フラクタルブラウン運動 (D: フラクタル次元)



$$h' = \frac{h_1 + h_2}{2} \quad h'' = \frac{h' + h_2}{2}$$

$$\sigma' = \sigma \left(\frac{1}{2} \right)^H \quad \sigma'' = \sigma \left(\frac{1}{2} \right)^{2H}$$

図4 中点変位法

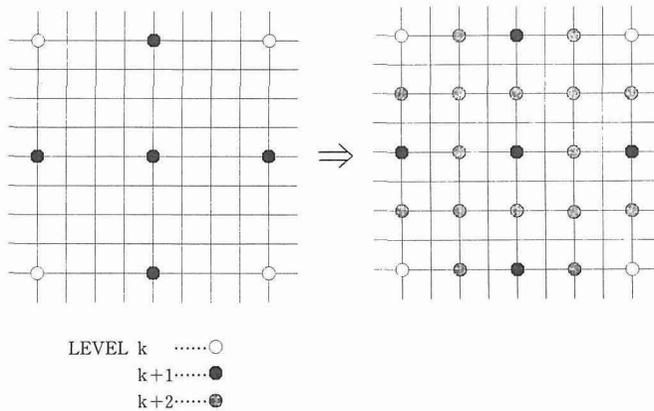
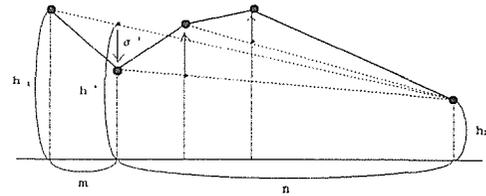


図5 2次元平面上的での中点変位法

区間での両端の値の算術平均，標準偏差が σ $(1/2)^{2H}$ の正規分布乱数として決定する。このような作業を再帰的に繰り返すことによって，データを決定していく。2次元の場合は図5のような順番でデータを決定していく。ここで H は自己相似パラメータであり，フラクタル次元 D との間に $D = 2 - H$ (但し $0 < H < 1$) の関係がある。

我々の方法では，領域を分割し新しいデー



$$h' = \frac{h_1 n + h_2 m}{m + n}$$

$$\sigma' = \sigma \left(\frac{m}{m + n} \right)^H$$

図6 中点以外での内割

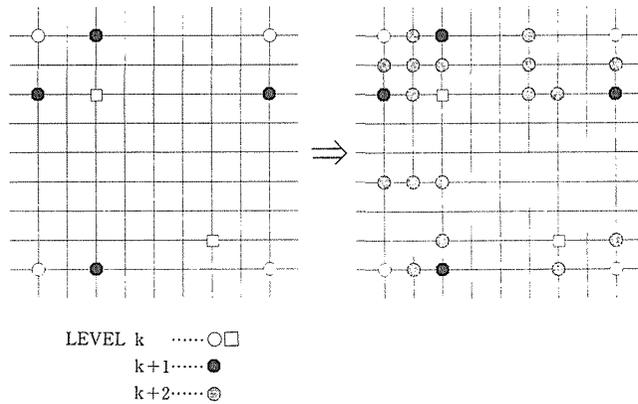


図7 3次元データの生成

データを生成するとき，中点以外での分割をすることにより，自由に初期データを選ぶことを可能にしている。図6のように，ある区間を m 対 n に分割する点にデータを発生させるときには，平均値が $(nh_1 + mh_2) / (m + n)$ ，標準偏差が $\sigma (m / (m + n))^H$ であるような正規分布乱数として決定する。そこで図7のように新しいデータを生成する際，中点で分割するのではなく，初期データのある点を優先的に分割点とする。このようにすることで，初期データとして山の頂上などの，地形の特徴をよく表わしている点を入力すれば，より少ない入力データで地形を再現することができる。

3. CGによる画像化

これまで述べたような地形データの生成はCGにおけるモデリングという段階であるが，レンダリングにあたって自然物である地形に対する考慮が必要であり，いくつかの方法を検討している。

3.1 陰面処理法

レンダリングにおいて陰面処理は3次元物体の画像生成のために重要な処理であるが，その基本は各ピクセルに対して，視点からの奥行き方向の値が小さいものを優先して描くということにある。したがって，多角形同士の前後関係がわかるなら，視点に対して奥にあるものから順番にスクリーンに描いていくことにより，陰面処理することもできる。そこで我々は格子点状に標高データを与えるというデータの特徴に注目して次のような方法を考案した。

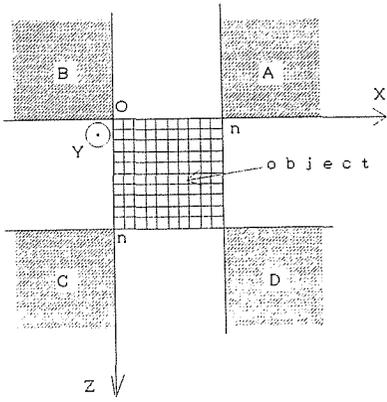


図8 CASE1

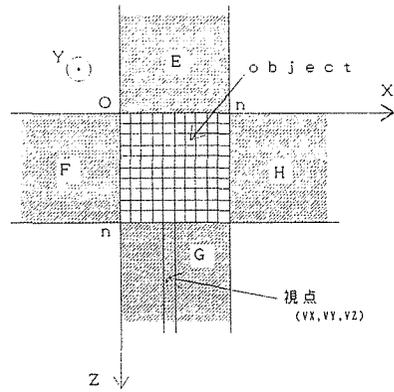


図9 CASE2

地形データの配列の大きさが $n \times n$ であるとする。

[CASE 1]

図8において斜線領域Aに視点があるとき、各格子上的にある四辺形をスクリーンに描く際、以下のようにx方向については昇順、z方向については降順にすれば各四辺形の前後関係を満足する。

```

for(x=0; x<=n-1; x++)
for(z=n-1; z>=0; z--)
{
    put_squadrangle(x,z);
}
    
```

領域B, C, Dに視点があるときにも同様に各四辺形の前後関係が決まる。

[CASE 2]

図9において斜線領域Gに視点があるとき、以下のようにz方向については昇順、x方向についてはvxを境に昇順と降順を分ける。このとき各四辺形の前後関係を満足する。

```

j=int(vx);
for(z=0; z<=n-1; z++)
{
    for(x=0; x<=j-1; x++)
    {
        put_squadrangle(x,z);
    }
    for(x=n-1; x>=j; x--)
    {
        put_squadrangle(x,z);
    }
}
    
```

領域E, F, Hに視点があるときにも同様に各四辺形の前後関係が決まる。

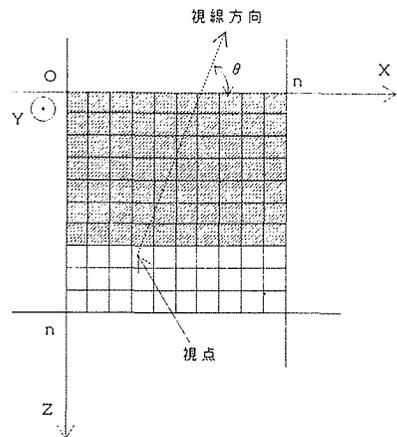


図10 CASE3

[CASE 3]

視点が物体の上空にあるときは、次のことを仮定する。

A：視点の周囲（単位格子程度の範囲）は視野に入らない。

B：視角（視野）は 90° 未満である。

C：視線はあまり見上げたり見下げたりしない。

このとき図 10 のように視線方向を考慮すれば斜線領域にある四辺形のみを対象にして CASE 2 と同様に前後関係を決定できる。

例えば $45^\circ < \theta < 135^\circ$ のとき以下のようにすればよい。

```

j=int(vx);
k=int(vz);
for(z=0; z<=k-1; z++)
{
    for(x=0; x<=j-1; x++)
    {
        put_squadangle(x,z);
    }
    for(x=n-1; x>=j; x--)
    {
        put_squadangle(x,z);
    }
}

```

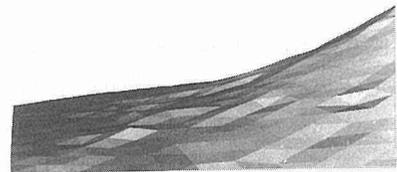
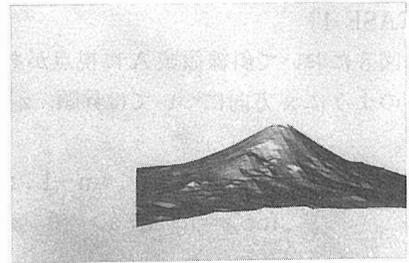
つまり視点の位置及び視線の方向からの判断のみにより、各四辺形同士の前後の判定が容易に決められるので、いちいち Z 値（画面に対する奥行き）を計算して、その比較をする必要がないということである。したがって、他の隠面処理法、例えば Z-buffer アルゴリズムと比較して次のような特徴を挙げることができる。

A：Z 値の比較がまったくないので、比較的高速な隠面消去法である Z-buffer 法よりもさらに高速である。

B：Z-buffer 法では、画面の画素ごとに Z 値を記憶しておくバッファが必要であり、そのため大きなメモリを用意しなければならなかったが、その必要がない。

3.2 地形データの再生成

通常 CG においては、対象となる物体を多角形で表わして、スクリーンに表示している。そのため、個々の多角形同士の境界では輝度の不連続が起きて、マッハバンド効果により人間の目には不自然な画像にな



処理なし



処理あり

図 11 視点が物体に近づいたとき

る。視点が物体に近付くと、この多角形が画面上で大きくなり、より一層その形がはっきりして来る。これに対して、通常は各多角形ごとに法線ベクトルの補間を行ない、滑らかにシェーディングを行なうような工夫がされる。しかし我々はシェーディングに対しての補間を行わず、もし画面上でポリゴンが一定以上の大きさになった場合、直接地形データを前述したようなフラクタル補間し、ポリゴンの大きさが一定の大きさ以下になるようにしている。この方法の方が処理が単純であり、時間的オーバーヘッドが少なく、地形データのフラクタル性を考慮しても効果が高い。(図11)

4. ホログラムの作成

前述の方法により生成したCGの画像を利用してホログラムを作成する。見る角度を少しずつ変えた画像を50~100枚程度用意し、それぞれの画像ごとにマスターホログラムを作る。そのマスターホログラムを図12のように横に並べ水平方向の視差をつくり、それを撮影して、ホログラ

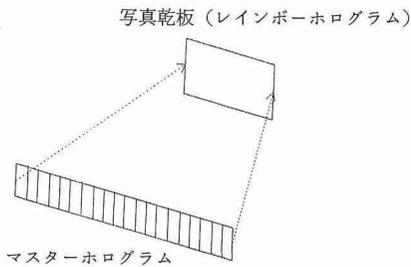


図12 レインボーホログラムの撮影



最も右よりの視点からの画像

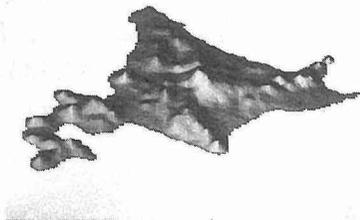


図13 生成した地形データ (鳥瞰図)
400点の入力データから
 $160 \times 160 = 25600$ 点のデータを生成



中央の視点からの画像

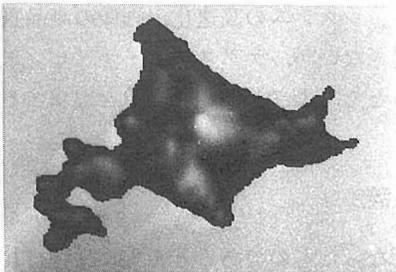


図14 生成した地形データ (高さに応じて色付けしたもの)



最も左よりの視点からの画像

図15 ホログラム作成用原画像の一部

ムを作成している。このようなホログラムをレインボーホログラムといい、白色光により立体的な像が再生される。

今回、実際に作成した生成したデータおよび画像を図13～図15に示す。

4.1 システムの構成

実際のホログラム作成は図16のような過程により作成される。最後のマスターホログラムの作成及び印刷は(株)大日本印刷中央研究所の協力を受けているが、その他の部分のシステムは我々の研究室のSUN-3 WS (CPU: 68020+68881, 主記憶: 8 Mbyte)上でC言語を用いて開発した。但しメディア変換の都合上いったん画像データをVAX-11に転送してMTに記録している。現在のところ特別なハードウェア、ソフトウェアによる高速化等はいっさい行っていないが、地形データの生成に数～10数秒程度、1枚の画像を生成するのに数10秒～数分と比較的高速である。

4.2 データの圧縮

今回開発したシステムではその画像は最大1152画素×900画素のサイズ、無彩色で256階調の色で表示しているが、この状態でも画像ファイルの大きさは約1 Mbyteほどになり、今回のように画像データの転送を必要とするときやデータの保存を考えると、大きな問題である。今後、より高品質のホログラムを作成するために、画像のカラー化や画像サイズの拡大、またホログラム1枚あたりの画像数を増やすことなどを考えているが、その対策として画像データの圧縮法を検討している。CGを利用したホログラム作成のためには前述したように多くの画像を必要とするが、各フレーム間の相関は高く、それぞれの画像間の差をデータとして持てば、かなりのデータ圧縮ができる。実際に今回作成した50枚の画像について各フレーム間の差を出してみたが、どのフレーム間をとっても約20 Kbyte程度となり、期待が持てる。

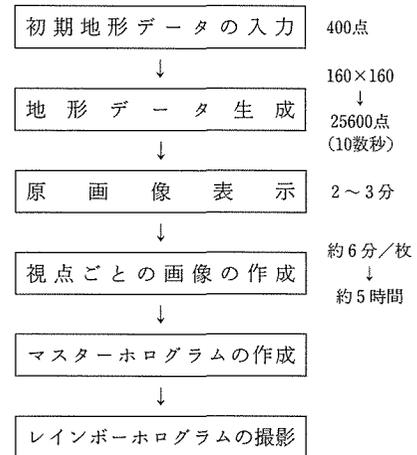


図16 システムの流れ

5. ま と め

本報告ではCGを応用したホログラム作成のために、地形データの生成法および表示法について述べるとともに、開発したCGシステムについての問題点などを述べてきたが、より実用的なシステムにするためには他にも様々な要求が考えられる。システム的高速化、画像の高品質化は勿論のこと、現在は単に地形の形状を表示しているに過ぎないが、テクスチャ・マッピングを施したり、また雲や木などの地形以外のものを表現することで、よりリアルな画像を追求することが今後の研究課題である。

謝 辞

本研究の一部は大川情報通信基金の援助を受けて行なったものであるとともに、(財)札幌エレクトロニクスセンターとの共同開発研究であり、ここに記して感謝します。またホログラムの印刷に御協力いただいた、(株)大日本印刷中央研究所の関係者各位に感謝します。

参 考 文 献

- 1) B. B. Mandelbrot: "フラクタル幾何学", 日経サイエンス社, (1984)
- 2) 広中平祐: "フラクタル", 朝倉書店, (1986)
- 3) S. Gavin, P. Miller: "The Definition and Rendering of Terrain Maps", Proc. of SIG-GRAPH '86, Vol. 20. No. 4, (Aug. 1986)
- 4) B. Guo, et al: "A Method of Fast Creating Hologram Source Pictures from Single View Image Structure", IEICE Trans, Vol. E71, No. 5. (May 1988)
- 5) B. Guo, Y. Aoki: "Fractal Generation of Terrain Model and Surface Rendering for CG Hologram Source Pictures", 第2回札幌国際CGシンポジウム, (Dec. 1988)
- 6) B. Guo and Y. Aoki: "The Generation of Hologram Source Pictures for Terrain Map Model", 昭63電気関係道支部連合大会
- 7) 青木由直: "波動信号処理", 森北出版, (1986)