

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年3月18日(18.03.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/029953 A1

(51) 国際特許分類:

G06F 3/033 (2006.01) G06T 17/40 (2006.01)
G06F 3/038 (2006.01) G09G 5/14 (2006.01)
G06F 3/041 (2006.01) G09G 5/36 (2006.01)
G06F 17/50 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/065770

(22) 国際出願日: 2009年9月9日(09.09.2009)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2008-231398 2008年9月9日(09.09.2008) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人東京大学 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 岡本 孝司 (OKAMOTO, Koji) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京

区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 岩丸 雅紀 (IWAMARU, Masaki) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人アイテック国際特許事務所 (ITEC INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒1410031 東京都品川区西五反田2-19-3 五反田第一生命ビルディング Tokyo (JP).

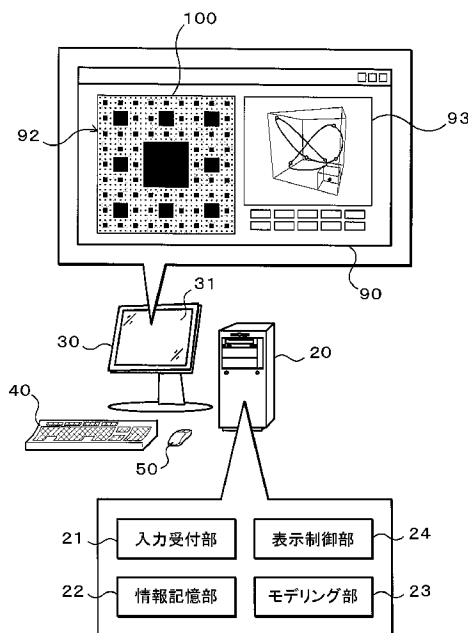
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: 3D POSITION SPECIFICATION DEVICE, 3D POSITION SPECIFICATION METHOD, AND 3D POSITION SPECIFICATION PROGRAM, VOXEL MODELING DEVICE, VOXEL MODELING METHOD, AND VOXEL MODELING PROGRAM

(54) 発明の名称: 3次元位置指定装置、3次元位置指定方法および3次元位置指定用プログラム、ならびにボクセルモデリング装置、ボクセルモデリング方法およびボクセルモデリング用プログラム

[図1]



21 input receiver
22 information memory
23 modeling unit
24 display controller

(57) Abstract: In a computer (20) with a 3D position specification program installed, when the program starts, an N-th stage Sierpinski carpet (100) is displayed in a 2D coordinate specification region (92) on a display screen (31). When any square region on the Sierpinski carpet (100) is specified, the position in the voxel space composed of $2^N \times 2^N \times 2^N$ voxels of one voxel corresponding to the specified square region is extracted by a simple layout calculation even if the depth is not specified. The 3D coordinates in the 3D frame (XYZ) are extracted from the position in the voxel space of the single voxel.

(57) 要約: 3次元位置指定用プログラムがインストールされたコンピュータ20では、当該プログラムが起動されると、表示画面31上の2D座標指定領域92に第N段階のシェルピンスキー・カーペット100が表示させられ、シェルピンスキー・カーペット100上で何れかの正方形領域が指定されると、奥行きが指定されなくても、単純な配置計算により指定された正方形領域に対応する1個のボクセルの $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルからなるボクセル空間における位置が取得され、当該1個のボクセルのボクセル空間における位置から3次元フレームXYZにおける3D座標が取得される。



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。(規則 48.2(h))

明 細 書

発明の名称：

3次元位置指定装置、3次元位置指定方法および3次元位置指定用プログラム、ならびにボクセルモデリング装置、ボクセルモデリング方法およびボクセルモデリング用プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、3次元空間における3次元位置を指定するための3次元位置指定装置、3次元位置指定方法および3次元位置指定用プログラム、ならびに3次元形状をボクセルの集合として表現するためのボクセルモデリング装置、ボクセルモデリング方法およびボクセルモデリング用プログラムに関する。

背景技術

[0002] コンピュータの演算性能やグラフィック性能の向上に伴い、3次元CAD（Computer Aided Design）を用いた設計や3次元CG（Computer Graphics）等が広く普及しており、近年では、3次元表示空間における情報の表示や操作を可能とする3次元CGをベースとした3次元GUI（Graphical User Interface）等も提案されている。そして、従来から、DFD（Depth-fused 3D）表示装置に表現された3次元空間内の所望の点をポインティングする技術として、検出面上を入力ペンのペン先で指し示したときの指示位置の2次元座標と、入力ペンのペン先にかかる圧力である筆圧もしくは指示し続けた時間または入力ペンが備える操作手段の操作とに基づいて3次元空間内の所望の点をポインティングする手法や、入力ペンの筆圧もしくは指示し続けた時間または入力ペンが備える操作手段の操作に応じて、DFD表示装置に表現された3次元空間に表示させる3次元ポインタの奥行き方向の座標を変化させる手法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：WO 2006/041097号公報

発明の概要

[0004] 上述のように、3次元空間における3次元座標や3次元形状を取り扱うためには、2次元空間におけるX軸方向およびY軸方向に加えてZ軸方向（奥行方向）における絶対座標または相対座標を指定することが必要となる。しかしながら、2次元空間すなわち2次元ディスプレイ上で奥行方向の位置を正確に指定することは容易ではない。また、3次元空間における3次元座標等の取り扱いに際して、DFD表示装置といった3次元ディスプレイや特殊な入力装置を用いるのは、コスト面で問題がある。

[0005] そこで、本発明は、2次元空間上での2次元位置の指定により3次元空間における3次元位置を容易かつ精度よく指定可能とすることを目的の一つとする。また、本発明は、2次元空間上での2次元位置の指定により3次元形状を容易に表現可能とすることを目的の一つとする。

[0006] 本発明による3次元位置指定装置、3次元位置指定方法および3次元位置指定用プログラム、ならびにボクセルモデリング装置、ボクセルモデリング方法およびボクセルモデリング用プログラムは、上述の目的を達成するために以下の手段を採っている。

[0007] 本発明による3次元位置指定装置は、

3次元空間における3次元位置を指定するための3次元位置指定装置であって、

2次元空間上で2次元位置を指定するための2次元位置指定手段と、

2^N 個（ただし“N”は値1以上の整数である。）の正方形領域の配列を有する第N段階のシェルピンスキー・カーペットの前記2次元位置指定手段を用いて指定された2次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか1個に対応付けると共に、前記正方形領域に対応付けられた前記1個のボクセルの前記ボクセル空間における位置に基づいて前記3次元空間における3次元位置を取得する演算手段と、

を備えるものである。

[0008] 本発明者らは、3次元空間における3次元位置を容易かつ精度よく指定可能とするために鋭意研究を行い、その結果、フラクタルの一つであるシェルピンスキー・カーペットと、複数のボクセルの集合であるボクセル空間とに着目するに至った。シェルピンスキー・カーペットは、1つの正方形領域を9等分すると共に中央の正方形領域をブランク領域として8個の正方形領域の配列を発生させる処理（フラクタル展開）をブランク領域である正方形領域を除いた正方形領域について順次適用することにより得られる自己相似性をもったフラクタルである。すなわち、イニシエータである1個（ 8^0 個）の正方形領域に対して上記フラクタル展開（第1段階のフラクタル展開）が施されると1個のブランク領域と8個（ 8^1 個）の正方形領域の配列とが発生し、ブランク領域を除く8個の正方形領域それぞれに対して上記フラクタル展開（第2段階のフラクタル展開）が施されると64個（ 8^2 個）の正方形領域の配列（および新たな 8^1 個のブランク領域）が発生し、更に、ブランク領域を除く64個の正方形領域それぞれに対して上記フラクタル展開（第3段階のフラクタル展開）が施されると512個（ 8^3 個）の正方形領域の配列（および新たな 8^2 個のブランク領域）が発生することになる。つまり、1つの正方形領域を9等分すると共に中央の正方形領域をブランク領域として8個の正方形領域の配列を発生させるフラクタル展開がN回実行されると、自己相似性をもった 8^N 個の正方形領域の配列と $\sum 8^{n-1}$ 個（ $1 \leq n \leq N$ ）のブランク領域とを有するシェルピンスキー・カーペットが得られることになる。本明細書では、このように 8^N 個の正方形領域の配列と $\sum 8^{n-1}$ 個（ $1 \leq n \leq N$ ）のブランク領域とを有するシェルピンスキー・カーペットを「第N段階のシェルピンスキー・カーペット」という。また、イニシエータである1個（ 8^0 個）の正方形領域を「第0段階のシェルピンスキー・カーペット」という。一方、ボクセル空間について考察すると、理論上の最小単位である1個（ $2^0 \times 2^0 \times 2^0 = 8^0$ 個）のボクセルを3次元に分割すればボクセルの総数は $2^1 \times 2^1 \times 2^1 = 8^1$ 個となり、これら8個のボクセルのそれぞれを3次元に分割すれば

ボクセルの総数は $2^2 \times 2^2 \times 2^2 = 8^2$ 個となり、更に、これら 64 個のボクセルのそれぞれを 3 次元に分割すればボクセルの総数は $2^3 \times 2^3 \times 2^3 = 8^3$ 個となる。つまり、ボクセルの 3 次元における分割（高解像度化）を N 回実行すれば、ボリュームデータにおけるボクセルの総数は $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個 $= 8^N$ 個となり、これは、第 N 段階のシェルピンスキー・カーペットにおける正方形領域の総数と一致する。

[0009] このように、本発明者らは、上記シェルピンスキー・カーペットの特性と、複数のボクセルからなるボクセル空間の特性との共通性を見出し、その共通性を利用して 3 次元空間における 3 次元位置を指定することとしている。すなわち、本発明による 3 次元位置指定装置は、 8^N 個の正方形領域の配列を有する第 N 段階のシェルピンスキー・カーペットの 2 次元空間上で指定された 2 次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか 1 個に対応付けすると共に、正方形領域に対応付けられた 1 個のボクセルのボクセル空間における位置に基づいて 3 次元空間における 3 次元位置を取得するのである。これにより、 2 次元空間（例えば 2 次元座標系）において 2 次元位置（例えば 2 次元座標）を指定すれば、奥行きを指定しなくても、単純な配置計算により 2 次元空間において指定された 2 次元位置に対応する 1 個のボクセルのボクセル空間における位置が取得され、当該 1 個のボクセルのボクセル空間における位置から 3 次元空間（例えば 3 次元座標系）における 3 次元位置（例えば 3 次元座標）が取得されることになる。従って、本発明による 3 次元位置指定装置によれば、 2 次元空間上での 2 次元位置の指定により、演算負荷を軽減しながら 3 次元空間における 3 次元位置を容易かつ精度よく指定することが可能となる。なお、「ボクセル」は、基本的には、いわゆるボクセル値をもたない単なる立方体等であればよい。ただし、ボクセルにボクセル値が付与されてもよく、この場合には、 2 次元空間において 2 次元位置を指定することにより、当該 2 次元位置に対応した 3 次元位置にあるボクセル値にアクセスすることが可能となる。また、第 N 段階のシェルピンスキー・カーペットは、 2

次元空間に直接対応付けられてもよく、所定の変換を介して間接的に対応付けられてもよい。

[0010] また、前記対応規則は、第1段階のシェルピンスキー・カーペットを構成する8個の正方形領域と1つのボリュームを構成する $2 \times 2 \times 2$ 個のボクセルとの対応関係を規定するものであってもよく、前記演算手段は、第 n 段階（ただし、“ n ”は $1 \leq n \leq N$ を満たす整数である。）のシェルピンスキー・カーペットの前記指定された2次元位置に対応する正方形領域の第 $n-1$ 段階のシェルピンスキー・カーペットの前記指定された2次元位置に対応する正方形領域における位置と前記対応規則とに基づいて $2^n \times 2^n \times 2^n$ 個のボクセルからなるボクセル空間内で前記指定された2次元位置に対応するボクセルの $2^{n-1} \times 2^{n-1} \times 2^{n-1}$ 個のボクセルからなるボクセル空間内で前記指定された2次元位置に対応するボクセルにおける位置を取得し、取得した n 個のボクセルの位置に基づいて前記3次元空間における3次元位置を取得するものであってもよい。このように、第1段階のシェルピンスキー・カーペットを構成する8個の正方形領域と1つのボリュームを構成する $2 \times 2 \times 2$ 個のボクセルとの対応関係を予め定めておけば、フラクタルであるシェルピンスキー・カーペットの自己相似性を利用した繰り返し計算を実行することで、より少ない演算負荷で高速に3次元空間における3次元位置を指定することが可能となる。

[0011] 更に、前記対応規則は、前記第1段階のシェルピンスキー・カーペットの8個の正方形領域をこれらに対して定められた一筆書きの経路上での順番に従って $2 \times 2 \times 2$ 個のボクセルに対して一筆書きの経路を辿るように割り当てる規則であってもよい。これにより、第 N 段階のシェルピンスキー・カーペットにおける少なくとも2つの正方形領域の隣接関係をボクセル空間（3次元空間）において保持することが可能となり、2次元空間での2次元位置の近接関係を3次元空間においても比較的良好に保つことができる。

[0012] また、前記演算手段は、前記3次元空間に複数の3次元位置が指定されているときに、前記複数の3次元位置を通る直線または折れ線を設定可能なも

のであってもよい。更に、前記演算手段は、前記 3 次元空間に 3 箇所以上の 3 次元位置が指定されているときに、前記 3 箇所以上の 3 次元位置から定まる曲線を設定可能なものであってもよい。また、前記演算手段は、前記 3 次元空間に 3 箇所以上の 3 次元位置が指定されているときに、前記 3 箇所以上の 3 次元位置から定まる平面を設定可能なものであってもよい。更に、前記演算手段は、前記 3 次元空間に 4 箇所以上の 3 次元位置が指定されているときに、前記 4 箇所以上の 3 次元位置から定まる曲面を設定可能なものであってもよい。また、前記演算手段は、前記 3 次元空間に 2 箇所の 3 次元位置が指定されているときに、前記 2 箇所の 3 次元位置に基づく円または球を設定可能なものであってもよい。これにより、本発明による 3 次元位置指定装置を用いて様々な 3 次元形状を描画したり、デザインしたりすることが可能となる。

[0013] そして、前記 3 次元位置指定装置は、表示画面上に画像を表示可能な表示手段と、前記表示画面上に前記第 N 段階のシェルピンスキー・カーペットに基づく画像を表示させると共に、前記演算手段により取得された 3 次元位置を示す 3 次元座標を前記表示画面上にプロット表示させる表示制御手段とを備えてもよい。これにより、表示画面上の 3 次元座標を示す点等を参照しながら、2 次元位置すなわち第 N 段階のシェルピンスキー・カーペットの正方形領域を指定することができるので、3 次元空間における所望の 3 次元位置を容易に指定することが可能となる。

[0014] また、前記表示制御手段は、前記演算手段により取得された 3 次元位置を示す 3 次元座標を前記表示画面上にプロット表示させると共に、前記 3 次元位置の周囲に所定サイズのボクセルに基づく画像を表示させるものであってもよい。これにより、2 次元位置指定手段を用いて指定した 2 次元位置に対応する 3 次元位置が 3 次元空間内のどの辺りにあるかを容易に把握可能となる。

[0015] 本発明による 3 次元位置指定方法は、
3 次元空間における 3 次元位置を指定するための 3 次元位置指定方法であ

って、

(a) 2次元空間上で指定された2次元位置を特定するステップと、

(b) 8^N 個（ただし“N”は値1以上の整数である。）の正方形領域の配列を有する第N段階のシェルピンスキー・カーペットのステップ（a）にて特定された2次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか1個に対応付けすると共に、前記正方形領域に対応付けられた前記1個のボクセルの前記ボクセル空間における位置に基づいて前記3次元空間における3次元位置を取得するステップと、

を含むものである。

[0016] この方法では、2次元空間において2次元位置が指定されると、奥行きが指定されなくても、単純な配置計算により2次元空間において指定された2次元位置に対応する1個のボクセルのボクセル空間における位置が取得され、当該1個のボクセルのボクセル空間における位置から3次元空間における3次元位置が取得される。従って、この方法によれば、2次元空間上での2次元位置の指定により、演算負荷を軽減しながら3次元空間における3次元位置を容易かつ精度よく指定することが可能となる。

[0017] 本発明による3次元位置指定用プログラムは、

コンピュータを3次元空間における3次元位置を指定するための装置として機能させる3次元位置指定用プログラムであって、

2次元空間上で指定された2次元位置を特定する2次元位置特定モジュールと、

8^N 個（ただし“N”は値1以上の整数である。）の正方形領域の配列を有する第N段階のシェルピンスキー・カーペットのの前記特定された2次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか1個に対応付けすると共に、前記正方形領域に対応付けられた前記1個のボクセルの前記ボクセル空間における位置に基づいて前記3次元空間における3次元位置を取得する演算モジュールと、

を備えるものである。

[0018] このプログラムがインストールされたコンピュータでは、2次元空間において2次元位置（例えばx y座標）を指定すれば、奥行きを指定しなくても、単純な配置計算により2次元空間において指定された2次元位置に対応する1個のボクセルのボクセル空間における位置が取得され、当該1個のボクセルのボクセル空間における位置から3次元空間における3次元位置が取得される。従って、このプログラムによれば、2次元空間上での2次元位置の指定により、演算負荷を軽減しながら3次元空間における3次元位置を容易かつ精度よく指定することが可能となる。

[0019] 本発明によるボクセルモデリング装置は、

3次元形状をボクセルの集合として表現可能なボクセルモデリング装置であって、

2次元空間上で2次元位置を指定するための2次元位置指定手段と、

2^N 個（ただし“N”は値1以上の整数である。）の正方形領域の配列を有する第N段階のシェルピンスキー・カーペットの前記2次元位置指定手段を用いて指定された2次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか1個に対応付けると共に、前記正方形領域に対応付けられた前記1個のボクセルの前記ボクセル空間における位置を取得する位置取得手段と、

前記位置取得手段により取得された位置のボクセルに基づいて3次元形状を設定する形状設定手段と、

を備えるものである。

[0020] このボクセルモデリング装置では、2次元空間において2次元位置を指定すると、単純な配置計算により2次元空間において指定された2次元位置に対応する1個のボクセルのボクセル空間における位置が取得されると共に、取得された位置のボクセルをボクセル空間から消去したり、取得された位置のボクセルを3次元空間に配列したりすることにより3次元形状が設定される。従って、このボクセルモデリング装置によれば、2次元空間上での2次

元位置の指定により 3 次元形状を容易に表現することが可能となる。

[0021] 本発明によるボクセルモデリング方法は、

3 次元形状をボクセルの集合として表現するためのボクセルモデリング方法であって、

(a) 2 次元空間上で指定された 2 次元位置を特定するステップと、

(b) 8^N 個（ただし“N”は値 1 以上の整数である。）の正方形領域の配列を有する第 N 段階のシェルピンスキー・カーペットのステップ (a) にて特定された 2 次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか 1 個に対応付けすると共に、前記正方形領域に対応付けられた前記 1 個のボクセルの前記ボクセル空間における位置を取得するステップと、

(c) ステップ (b) にて取得された位置のボクセルに基づいて 3 次元形状を設定するステップと、

を含むものである。

[0022] この方法では、2 次元空間において 2 次元位置が指定されると、単純な配置計算により 2 次元空間において指定された 2 次元位置に対応する 1 個のボクセルのボクセル空間における位置が取得されると共に、取得された位置のボクセルをボクセル空間から消去したり、取得された位置のボクセルを 3 次元空間に配列したりすることにより 3 次元形状が設定される。従って、この方法によれば、2 次元空間上での 2 次元位置の指定により 3 次元形状を容易に表現することが可能となる。

[0023] 本発明によるボクセルモデリング用プログラムは、

3 次元形状をボクセルの集合として表現するための装置としてコンピュータを機能させるボクセルモデリング用プログラムであって、

2 次元空間上で指定された 2 次元位置を特定する 2 次元位置特定モジュールと、

8^N 個（ただし“N”は値 1 以上の整数である。）の正方形領域の配列を有する第 N 段階のシェルピンスキー・カーペットのの前記 2 次元位置指定手段を

用いて指定された2次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか1個に対応付けると共に、前記正方形領域に対応付けられた前記1個のボクセルの前記ボクセル空間における位置を取得する位置取得モジュールと、前記位置取得モジュールにより取得された位置のボクセルに基づいて3次元形状を設定する形状設定モジュールと、

備えるものである。

- [0024] このプログラムがインストールされたコンピュータでは、2次元空間において2次元位置が指定すると、単純な配置計算により2次元空間において指定された2次元位置に対応する1個のボクセルのボクセル空間における位置が取得されると共に、取得された位置のボクセルをボクセル空間から消去したり、取得された位置のボクセルを3次元空間に配列したりすることにより3次元形状が設定される。従って、このプログラムによれば、2次元空間上での2次元位置の指定により3次元形状を容易に表現することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1]本発明の実施例に係る3次元位置指定用プログラムがインストールされた3次元位置指定装置としてのコンピュータ20の概略構成図である。
- [図2]表示装置30の表示画面31に表示されるウィンドウ90の一例を示す説明図である。
- [図3]実施例のコンピュータ20において実行される3D座標設定ルーチンの一例を示すフローチャートである。
- [図4]実施例における対応規則を説明するための説明図である。
- [図5]第1段階のシェルピンスキー・カーペットを構成する8個の正方形領域と8個のボクセルの3D座標とを対応付けするテーブルの一例を示す説明図である。
- [図6]2D座標(x, y)に対応した第N段階のシェルピンスキー・カーペットの正方形領域を特定する手順を示す説明図である。

[図7]ボクセル空間を構成する8ⁿ個のボクセルから2D座標(x, y)に対応したボクセルを特性する手順を模式的に示す説明図である。

[図8]図4のステップS120における座標変換処理の一例を示すフローチャートである。

[図9]実施例のコンピュータ20において実行される3D描画ルーチンの一例を示すフローチャートである。

[図10]本発明の応用例に係るボクセルモデリングプログラムがインストールされたボクセルモデリング装置としてのコンピュータ20Aの概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0026] 次に、実施例を参照しながら本発明を実施するための最良の形態について説明する。

[0027] 図1は、本発明の実施例に係る3次元位置指定装置としてのコンピュータ20の概略構成図である。同図に示すように、実施例のコンピュータ20は、図示しないCPU、ROM、RAM、グラフィックプロセッサ(GPU)、グラフィックメモリ(VRAM)、システムバス、各種インターフェース、ハードディスクドライブやフラッシュメモリドライブ(SSD)といった外部記憶装置等を含む汎用のコンピュータとして構成されており、一般的な2次元ディスプレイである液晶ディスプレイといった表示装置30や入力装置としてのキーボード40やマウス50等と接続されて使用される。そして、このコンピュータ20には、表示装置30の表示画面31に現された2次元空間(2次元座標系)における2次元位置(2次元座標)を指定して3次元空間(3次元座標系)における3次元位置(3次元座標)を指定可能とする3次元位置指定用プログラムがインストールされている。なお、以下の説明において、適宜「2次元」を「2D」といい、「3次元」を「3D」という。

[0028] コンピュータ20において3次元位置指定用プログラムが起動されると、表示装置30の表示画面31には、図1および図2に示すようにウィンドウ

90が表示される。ウィンドウ90は、2D座標指定領域92と3D画像表示領域93とを含む。2次元空間としての2D座標指定領域92には、1つの正方形領域を9等分すると共に中央の正方形領域をブランク領域として8個の正方形領域の配列を生成するフラクタル展開をN回（ただし、“N”は、値1以上の整数であり、実施例では例えばN=5である。）適用することにより得られるフラクタルである第N段階のシェルピンスキー・カーペット100が表示される。また、3D画像表示領域93には、3次元空間を示す立方体状の3次元フレームXYZが表示される。

[0029] コンピュータ20のユーザがマウス50あるいはキーボード40を用いて2D座標指定領域92に表示されたシェルピンスキー・カーペット100上の正方形領域（図中、黒く塗りつぶされていない領域）にカーソルを置くと、3D画像表示領域93の3次元フレームXYZ内にカーソル位置に対応した3次元座標を示す点Pが表示されると共に、当該3次元座標を示す点Pの周囲に立方体状のフレームFが表示される。また、ユーザがシェルピンスキー・カーペット100上でカーソルを移動させると、点PとフレームFとが3次元フレームXYZ内でカーソルの位置に応じて移動するように表示される。そして、シェルピンスキー・カーペット100上の正方形領域にカーソルを置いた状態でユーザが例えばマウス50のクリックといった2D位置の確定処理を行うと、シェルピンスキー・カーペット100上のカーソル位置に対応した箇所（図2において矢印で示す箇所参照）に点がプロット表示されると共に、3次元フレームXYZ内にカーソル位置に対応した3次元座標を示す点（以下、「確定点」という。）Pcが固定表示され、フレームFが消去される。なお、3次元フレームXYZや確定点Pc等は、ユーザの操作により3D画像表示領域93内で移動可能とされる。

[0030] また、ウィンドウ90には、“LINE”、“CURVE”、“PLANE”、“CURVED SURFACE”、“CIRCLE”、“SPHERE”、“delete”、“copy”、“tool”、“save”といったボタン95が配置されている。“LINE”ボタンは、3次元フレームXYZ内に存在する複数の確定点Pcを通る直線あるいは折れ線の設

定を指示するためのものである。“CURVE”ボタンは、3次元フレームXYZ内に存在する3点以上の確定点Pcから定まる曲線の設定を指示するためのものである。“PLANE”ボタンは、3次元フレームXYZ内に存在する3点以上の確定点Pcから定まる平面の設定を指示するためのものである。“CURVED SURFACE”ボタンは、3次元フレームXYZ内に存在する4点以上の確定点Pcから定まる曲面の設定を指示するためのものである。“CIRCLE”ボタンは、3次元フレームXYZ内に存在する2点の確定点Pcの一方を中心とすると共に他方を円周上の1点とする円（平面）の設定を指示するためのものである。“SPHERE”ボタンは、3次元フレームXYZ内に存在する2点の確定点Pcの一方を中心とすると共に他方を球面上の1点とする球面の設定を指示するためのものである。“delete”ボタンは、3次元フレームXYZ内に存在する確定点Pcや線、面等の消去を指示するためのものである。“copy”ボタンは、3次元フレームXYZ内に存在する線や面等といった図形のコピーを指示するためのものである。“tool”ボタンは、予め用意されたオプション（例えば後述するベクトル場の設定等）の実行を指示可能とするものである。“save”ボタンは、3次元フレームXYZ内に表示された3次元形状の保存を指示するためのものである。

[0031] そして、3次元位置指定用プログラムが起動されている際、コンピュータ20には、図1に示すように、CPUやROM、RAM、GPU、各種インターフェース、外部記憶装置といったハードウェアと、インストールされた3次元位置指定用プログラムとの一方または双方の協働により入力受付部21や情報記憶部（RAMおよび外部記憶装置）22、モデリング部23、表示制御部24等が機能ブロックとして構築される。入力受付部21は、ユーザにより指定された2D位置すなわち2D座標指定領域92におけるカーソル位置（表示画面31に設定された2次元絶対座標系におけるピクセル単位のx y座標）といったマウス50やキーボード40からの情報の入力を受け付け、受け付けた情報を情報記憶部（RAM）22に格納する。モデリング部23は、ユーザにより指定された2D座標指定領域92におけるカーソル

位置に基づいて当該カーソル位置に対応した３次元フレームXYZにおける３Ｄ座標を算出したり、上述のウィンドウ９０上のボタン９５の操作に応じた線や面等を設定したりする。表示制御部２４は、２Ｄ座標指定領域９２や３Ｄ画像表示領域９３におけるユーザの操作に応じた画像表示処理（レンダリングを含む）を実行する。

[0032] 次に、３次元位置指定用プログラムがインストールされたコンピュータ２０を用いて３次元空間としての３次元フレームXYZ内に点Pを表示させたり、確定点Pcを設定したりする手順について説明する。図３は、実施例のコンピュータ２０において実行される３Ｄ座標設定ルーチンの一例を示すフローチャートである。この３Ｄ座標設定ルーチンは、３次元位置指定用プログラムが起動され、例えば２Ｄ座標指定領域９２に表示されたシェルピンスキー・カーペット１００上の正方形領域にカーソルが置かれると、コンピュータ２０のモデリング部２３により繰り返し実行される。

[0033] 図３の３Ｄ座標設定ルーチンの開始に際して、モデリング部２３は、ユーザにより指定された２Ｄ座標指定領域９２におけるカーソル位置（表示画面３１におけるピクセル単位のx y座標）を座標変換することにより２Ｄ座標指定領域９２に設定されている２次元絶対座標系における２Ｄ座標（x, y）を取得する（ステップS１００）。ステップS１００の処理の後、モデリング部２３は、所定の座標（x（n）, y（n））、座標（x''（n）, y''（n））および座標（X'（n）, Y'（n）, Z'（n））をそれぞれ次式（１）～（３）に従って初期化する（ステップS１１０）。ただし、“n”は制御用の変数である。そして、モデリング部２３は、予め定められた対応規則に基づくテーブルを用いて２Ｄ座標（x, y）を３次元フレームXYZにおける３Ｄ座標（X, Y, Z）に変換する座標変換処理を実行する（ステップS１２０）。

[0034] $(x(0), y(0)) = (x, y) \quad \cdots (1)$

$(x''(0), y''(0)) = (0, 0) \quad \cdots (2)$

$(X'(0), Y'(0), Z'(0)) = (0, 0, 0) \quad \cdots (3)$

[0035] ステップS 1 2 0の座標変換処理に用いられる対応規則は、第1段階のシェルピンスキー・カーペットを構成する8個の正方形領域と1つのボリュームを構成する $2 \times 2 \times 2 = 8$ 個のボクセルとの対応関係を規定するものである。すなわち、実施例では、図4に示すように、第1段階のシェルピンスキー・カーペットを構成する8個の正方形領域に対して、所定の基点（例えば、図中左下の頂点）からX方向→Y方向→-X方向→-Y方向に進行する2次元の一筆書きの経路（周回経路）が予め定められると共に、 $2 \times 2 \times 2$ 個のボクセルに対して、所定の基点（例えば、図中左手前下側の頂点）からx方向→z方向→-x方向→y方向→x方向→-z方向→-x方向→-y方向に進行する3次元の一筆書き経路が予め定められており、対応規則は、第1段階のシェルピンスキー・カーペットの8個の正方形領域を当該2次元の一筆書きの経路上での順番に従って $2 \times 2 \times 2$ 個のボクセルに対して当該3次元の一筆書きの経路を辿るように割り当てるものとされている。そして、実施例では、かかる対応規則を座標変換処理に適用すべく、図5に示すテーブルが用意されている。このテーブルでは、第1段階のシェルピンスキー・カーペットを構成する8個の正方形領域の2D位置として各正方形領域の図5における左下側の頂点（以下、正方形領域の「原点」という。）に（0， 0）、（1， 0）、（2， 0）、（2， 1）、（2， 2）、（1， 2）、（0， 2）、（0， 1）という2次元の相対座標が付与されると共に、 $2 \times 2 \times 2 = 8$ 個のボクセルの3D位置として各ボクセルの図5における左手前下側の頂点（以下、ボクセルの「原点」という）に（0， 0， 0）、（1， 0， 0）、（1， 0， 1）、（0， 0， 1）、（0， 1， 1）、（1， 1， 1）、（1， 1， 0）、（0， 1， 0）という3次元の相対座標が付与されており、シェルピンスキー・カーペットの正方形領域の2D位置（相対座標）と8個のボクセルの3D位置（相対座標）とが図5に示すように対応付けられている。

[0036] 図5に示すテーブルを用いることにより、図6および図7に示すようにして2D座標（x， y）に対応した第N段階のシェルピンスキー・カーペット

の正方形領域をボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか 1 個に対応付けすることができる。なお、以下の説明において、値 N を適宜シェルピンスキー・カーペットやボクセル空間の「解像度」という。また、図 6 および図 7 は、2D 座標指定領域 92 に表示されたシェルピンスキー・カーペット 100 の解像度 N が値 3 である場合を例示するものであり、カーソルは図 6 に示す位置にあるものとする。この場合、2D 座標指定領域 92 に第 1 段階のシェルピンスキー・カーペットが表示されていると仮定すれば、図 6 からわかるように、2D 座標 (x, y) は図 4 に示す対応規則より第 1 段階のシェルピンスキー・カーペットにおける 6 番目の正方形領域に含まれていることになる。従って、当該 6 番目の正方形領域の原点 O_1 のイニシエータである 1 個 (8^0 個) の正方形領域 (第 0 段階のシェルピンスキー・カーペット) における相対座標 (原点 O_0 を $(0, 0)$ とする) を求めれば、図 5 のテーブルを用いて、 $2^1 \times 2^1 \times 2^1$ 個 = 8 個のボクセルからなるボクセル空間 (解像度 $N = 1$ のボクセル空間) 内で 2D 座標 (x, y) に対応するボクセルの $2^0 \times 2^0 \times 2^0 = 1$ 個のボクセルからなるボクセル空間内で 2D 座標 (x, y) に対応するボクセルにおける相対座標を得ることができる (図 7 (a) 参照)。

[0037] 更に、2D 座標指定領域 92 に第 2 段階のシェルピンスキー・カーペットが表示されていると仮定すれば、図 6 からわかるように、2D 座標 (x, y) は図 4 に示す対応規則より上記第 1 段階のシェルピンスキー・カーペットにおける上記 6 番目の正方形領域を構成する 8 個の正方形領域のうち、7 番目の正方形領域に含まれることになる。従って、当該 7 番目の正方形領域の原点 O_2 の上記第 1 段階のシェルピンスキー・カーペットの上記 6 番目の正方形領域における相対座標 (原点 O_1 を $(0, 0)$ とする) を求めれば、図 5 のテーブルを用いて、 $2^2 \times 2^2 \times 2^2$ 個 = 64 個のボクセルからなるボクセル空間 (解像度 $N = 2$ のボクセル空間) 内で 2D 座標 (x, y) に対応する解像度 $N = 1$ のボクセル空間内で 2D 座標 (x, y) に対応するボクセルにおける相対座標を得ることができる (図 7 (b) 参照)。

[0038] 以下、同様にして、第 n 段階のシェルピンスキー・カーペットの 2D 座標 (x, y) に対応した正方形領域の第 $n-1$ 段階のシェルピンスキー・カーペットの 2D 座標 (x, y) に対応した正方形領域における相対座標（位置）を求めれば、この正方形領域の相対座標を図 5 のテーブルを用いて解像度 $N=n$ のボクセル空間内で 2D 座標 (x, y) に対応するボクセルの解像度 $N=n-1$ のボクセル空間内で 2D 座標 (x, y) に対応するボクセルにおける相対座標へと変換することができる（図 7（c）参照）。そして、3次元空間としての 3次元フレーム XYZ に解像度 N のボクセル空間が対応付けられており、3次元フレーム XYZ が $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルに分割されているとすれば、上述の各段階におけるボクセルの相対座標を加算することにより、2D 座標 (x, y) に対応した 3次元フレーム XYZ における 3D 座標 (X, Y, Z) を得ることができる。

[0039] 図 8 は、上述の手順により 2D 座標 (x, y) を 3次元フレーム XYZ における 3D 座標 (X, Y, Z) に変換するステップ S 120 における座標変換処理の一例を示すフローチャートである。図 8 に示すように、座標変換処理の開始に際して、モデリング部 23 は、変数 n を値 1 に設定した上で（ステップ S 1200）、座標 $(x(n), y(n))$ を次式（4）および（5）に従って設定する（ステップ S 1210）。ただし、式（4）および（5）において“ s ”は、2D 座標指定領域 92 に表示されたシェルピンスキー・カーペット 100 の一辺の長さ（画素数）を示す（図 2 参照）。次いで、設定した座標 $(x(n), y(n))$ を用いて次式（6）および（7）から値 $x'(n)$ および $y'(n)$ を計算し（ステップ S 1220）、値 $x'(n)$ および $y'(n)$ の小数点以下をそれぞれ切り捨てることにより座標 $(x''(n), y''(n))$ を設定する（ステップ S 1230）。ここで、座標 $(x(n), y(n))$ は、第 n 段階のシェルピンスキー・カーペットの 2D 座標 (x, y) に対応した正方形領域の原点 O_n に対する 2D 座標 (x, y) に対応した点の絶対座標である。また、ステップ S 1210 および S 1220 の処理を経て得られる座標 $(x''(n), y''(n))$ は、第 n 段階

のシェルピンスキー・カーペットの2D座標 (x, y) に対応した正方形領域の原点 O_n の第 $n-1$ 段階のシェルピンスキー・カーペットの2D座標 (x, y) に対応した正方形領域における相対座標を示す。

$$[0040] \quad x(n) = x(n-1) - 3^{n-1}/s \cdot x''(n-1) \quad \cdots (4)$$

$$y(n) = y(n-1) - 3^{n-1}/s \cdot y''(n-1) \quad \cdots (5)$$

$$x'(n) = 3^n/s \cdot x(n) \quad \cdots (6)$$

$$y'(n) = 3^n/s \cdot y(n) \quad \cdots (7)$$

[0041] ステップS1230の処理により、座標 $(x''(n), y''(n))$ が図5のテーブルにおける2次元の相対座標の何れかとして得られるので、当該テーブルを用いて座標 $(x''(n), y''(n))$ に対応する3次元の相対座標 $(X''(n), Y''(n), Z''(n))$ すなわち解像度 n のボクセル空間内で2D座標 (x, y) に対応するボクセルの解像度 $n-1$ のボクセル空間内で2D座標 (x, y) に対応するボクセルにおける相対座標を導出することができる(ステップS1240)。こうして座標 $(X''(n), Y''(n), Z''(n))$ を求めたならば、次式(8)～(10)に従って $2^n \times 2^n \times 2^n$ 個のボクセルからなるボクセル空間内で2D座標 (x, y) に対応するボクセルの原点の座標 (X', Y', Z') を導出する(ステップS1250)。ステップS1250の処理の後、変数 n が値 N (シェルピンスキー・カーペット100の解像度)に一致したか否かを判定し(ステップS1260)、変数 n が値 N 未満であれば、当該変数 n をインクリメントして(ステップS1270)、再度ステップS1210～S1250の処理を実行する。そして、ステップS1260にて変数 n が値 N に一致した段階で、座標 (X', Y', Z') に基づいて2D座標 (x, y) に対応した3D座標 (X, Y, Z) を設定すると共に情報記憶部22(RAM)に格納する(ステップS1280)。実施例のステップS1280では、座標 (X', Y', Z') から次式(11)～(13)に従って得られる $2^n \times 2^n \times 2^n$ 個のボクセルからなるボクセル空間内で2D座標 (x, y) に対応するボクセルの中心の座標を3D座標 (X, Y, Z) として設定する。ただし、式(11)～(

13)において、“S”は、3D画像表示領域93に表示された3次元フレームXYZの一辺の長さ(画素数)を示す(図2参照)。

$$[0042] \quad X' = X' + 2^{N-n} \cdot X(n) \quad \cdots (8)$$

$$Y' = Y' + 2^{N-n} \cdot Y(n) \quad \cdots (9)$$

$$Z' = Z' + 2^{N-n} \cdot Z(n) \quad \cdots (10)$$

$$X = X' + S/2^{N+1} \quad \cdots (11)$$

$$Y = Y' + S/2^{N+1} \quad \cdots (12)$$

$$Z = Z' + S/2^{N+1} \quad \cdots (13)$$

[0043] 上述のようにして3D座標(X, Y, Z)を設定すると、モデリング部23は、3D座標(X, Y, Z)を中心とした所定サイズの立方体状のフレームF(8つの頂点および頂点同士を結ぶ12本の直線)を設定すると共に設定した情報を情報記憶部22(RAM)に格納し(ステップS130)、設定した3D座標(X, Y, Z)に対応する点PとフレームFの画像表示を表示制御部24に指示する(ステップS140)。実施例において、ステップS130にて設定されるフレームFのサイズは、3次元フレームXYZを $2^m \times 2^m \times 2^m$ 個(ただし、 $m < N$ であり、例えば $m = 2$)のボクセルに分割したときの1個のボクセルのサイズに一致する。また、モデリング部23からの画像表示指令を受け取った表示制御部24は、情報記憶部22から3D座標(X, Y, Z)やフレームF等に関する情報を読み出して、点PやフレームFが3次元フレームXYZや既存の確定点Pc等と共に3D画像表示領域93に投影表示されるように画像表示処理を実行する。ステップS140の処理の後、モデリング部23は、ユーザにより2D位置の確定処理が実行されたか否かを判定し(ステップS150)、2D位置の確定処理が実行されていない場合には、再度ステップS100以降の処理を実行する。

[0044] また、ユーザにより2D位置の確定処理が実行されている場合、モデリング部23は、ステップS120(S1280)にて設定された3D座標(X, Y, Z)を新たな確定点Pcの座標として情報記憶部22(RAM)に格納した上で(ステップS160)、確定点Pc等の画像表示を表示制御部2

4に指示し（ステップS 1 7 0）、再度ステップS 1 0 0以降の処理を実行する。モデリング部2 3からの画像表示指令を受け取った表示制御部2 4は、情報記憶部2 2から確定点P cの3 D座標（X, Y, Z）等を読み出して、新たな確定点P cが3次元フレームX Y Zや既存の確定点P c等と共に3 D画像表示領域9 3に投影表示されるように画像表示処理を実行する。なお、確定前の点Pと確定点P cとは、識別性を考慮して色や形などを変えて3 D画像表示領域9 3に表示されてもよい。

[0045] 続いて、図9を参照しながら、3次元位置指定用プログラムがインストールされたコンピュータ2 0を用いて3次元空間としての3次元フレームX Y Z内に線や面等を設定する手順について説明する。図9は、実施例のコンピュータ2 0において実行される3 D描画ルーチンの一例を示すフローチャートである。かかる3 D描画ルーチンは、3次元位置指定用プログラムが起動された状態で、ウィンドウ9 0上の“LINE”, “CURVE”, “PLANE”, “CURVED SURFACE”, “CIRCLE” および “SPHERE” といったボタン9 5の何れかをクリックされると、コンピュータ2 0のモデリング部2 3により実行される。

[0046] 図9の3 D描画ルーチンの開始に際して、モデリング部2 3は、ユーザによりクリックされたボタン9 5が“LINE”, “CURVE”, “PLANE”, “CURVED SURFACE”, “CIRCLE” および “SPHERE” の何れかであることを調べることににより、ユーザによりクリックされたボタン9 5に対応した描画対象を特定する（ステップS 2 0 0）。次いで、情報記憶部2 2からすべての確定点P cの3 D座標（X, Y, Z）を読み出し（ステップS 2 1 0）、ユーザにより指定された描画対象を描画可能であるか否かを判定する（ステップS 2 2 0）。ステップS 2 2 0では、基本的に、描画対象ごとに定められている確定点P cの最小数と既存の確定点P cの数とを比較することにより描画対象を描画可能であるか否かが判定される。そして、例えば確定点P cが2個しか存在していないにも拘わらず曲面の描画が指定されたような場合には、ステップS 2 2 0にて否定判断がなされ、モデリング部2 3は、例えば「3 D位置を指定してください。」といった“ERROR”メッセージを表示画面3 1上に

現すように表示制御部24に指示する（ステップS250）。

- [0047] 一方、ステップS220にてユーザにより指定された描画対象を描画可能であると判断すると、モデリング部23は、確定点 P_c の3D座標 (X, Y, Z) に基づいてユーザにより指定された直線、折れ線、曲線、平面、曲面、円および球の何れかを設定し、設定した情報を情報記憶部22に格納する（ステップS230）。そして、モデリング部23は、設定した線や面の画像表示を表示制御部24に指示し（ステップS240）、本ルーチンを終了させる。モデリング部23からの画像表示指令を受け取った表示制御部24は、設定された線や面が3次元フレームXYZや既存の確定点 P_c 等と共に3D画像表示領域93に投影表示されるように画像表示処理を実行する。
- [0048] なお、ステップS240の処理に関して、確定点 P_c が2個存在するときに、2個の確定点 P_c をそれぞれ (X_0, Y_0, Z_0) 、 (X_1, Y_1, Z_1) と表せば、これら2個の確定点 P_c を通る直線を次式(14)のように定義することができる。また、3個以上の確定点 P_c から定まる曲線としては、ベジェ曲線やNURBS曲線といったパラメトリック等を利用することができる。ここで、N個の確定点 P_c が存在しているときに、パラメータを t とし、曲線の次数を n とすれば、ベジェ曲線上の3D座標 $P(t)$ を次式(15)のように定義することができる。また、N個の確定点 P_c が存在しているときに、 $f_{i,k}(t)$ をBスプライン基底関数とし、 w_i を重みとし、曲線の次数を n とすれば、NURBS曲線上の3D座標 $P(t)$ を次式(16)のように定義することができる。更に、確定点 P_c が3個存在するときに、3個の確定点 P_c の何れかを (X_0, Y_0, Z_0) とし、当該3個の確定点 P_c から定まる法線ベクトルを (a, b, c) とすれば、当該3個の確定点 P_c から定める平面を次式(17)のように定義することができる。また、4個以上の確定点 P_c から定まる曲面としては、次式(18)により定義されるベジェ曲面や次式(19)により定義されるNURBS曲面といったパラメトリック曲面等を利用することができる（ただし、式(18)および(19)において“ u ”、“ v ”はパラメータである。）。

[数1]

$$\frac{X - X_0}{X_1 - X_0} = \frac{Y - Y_0}{Y_1 - Y_0} = \frac{Z - Z_0}{Z_1 - Z_0} \quad \cdots (14)$$

$$\left. \begin{aligned} P(t) &= \sum_{i=0}^{N-1} P c_i J_{ni}(t) \\ J_{ni} &= \binom{n}{i} t_i (1-t)^{n-1} \end{aligned} \right\} \quad \cdots (15)$$

$$P(t) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} w_i f_{i,k}(t) P c_i}{\sum_{i=0}^{N-1} w_i f_{i,k}(t)} \quad \cdots (16)$$

[数2]

$$a \cdot (X - X_0) = b \cdot (Y - Y_0) = c \cdot (Z - Z_0) \quad \cdots (17)$$

$$P(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n P c_{ij} J_{ni}(u) J_{nj}(v) \quad \cdots (18)$$

$$P(t) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} w_{ij} f_{i,k}(u) f_{j,l}(v) P c_{ij}}{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} w_{ij} f_{i,k}(u) f_{j,l}(v)} \quad \cdots (19)$$

[0049] 以上説明したように、実施例の3次元位置指定用プログラムがインストールされたコンピュータ20は、表示画面31上に画像を表示可能な表示装置30と接続され、3次元位置指定用プログラムが起動されると、表示制御部24により表示画面31上の2次元空間としての2D座標指定領域92に第N段階のシェルピンスキー・カーペット100が表示させられる。こうして

2D座標指定領域92に表示された第N段階のシェルピンスキー・カーペット100上で2D位置（ピクセル単位の x, y 座標）すなわち何れかの正方形領域が指定されると、奥行きが指定されなくても、単純な配置計算によりシェルピンスキー・カーペット100上で指定された2D位置（2D座標（ x, y ））に対応する1個のボクセルの解像度Nのボクセル空間における位置が取得される。そして、当該1個のボクセルのボクセル空間における位置から3次元空間としての3次元フレームXYZにおける3次元位置である3D座標（ X, Y, Z ）が取得され、当該3次元座標（ X, Y, Z ）を示す点Pが表示画面31上の3D画像表示領域93にプロット表示される。

[0050] このように、3次元位置指定用プログラムがインストールされたコンピュータ20を用いれば、2D座標指定領域92での2D位置の指定により、演算負荷を軽減しながら3次元フレームXYZにおける3D座標（3D位置）を容易かつ精度よく指定することが可能となる。また、コンピュータ20では、3D画像表示領域93にプロット表示された点Pを参照しながら、2D位置すなわち第N段階のシェルピンスキー・カーペット100の正方形領域を指定することができるので、3次元フレームXYZにおける所望の3D座標を容易に指定することが可能となる。更に、3D画像表示領域93には、2D位置の確定処理が実行されるまで、3D座標に対応した点Pの周囲に所定サイズのボクセルに基づく立方体状のフレームFが表示されることから、2D座標指定領域92において指定した2D位置に対応した3D座標（点P）が3次元フレームXYZ内のどの辺りにあるかを容易に把握可能となる。

[0051] また、実施例のコンピュータ20に適用された対応規則は、第1段階のシェルピンスキー・カーペットを構成する8個の正方形領域と1つのボリュームを構成する $2 \times 2 \times 2$ 個のボクセルとの対応関係を規定するものである。これにより、第 n 段階（ $1 \leq n \leq N$ ）のシェルピンスキー・カーペットの2D座標（ x, y ）に対応する正方形領域の第 $n-1$ 段階のシェルピンスキー・カーペットの2D座標（ x, y ）に対応する正方形領域における相対座標（ $x''(n), y''(n)$ ）と上記対応規則に基づく図5のテーブルとから

、解像度 $N = n$ のボクセル空間内で 2D 座標 (x, y) に対応するボクセルの解像度 $N = n - 1$ のボクセル空間内で 2D 座標 (x, y) に対応するボクセルにおける相対座標 $(X''(n), Y''(n), Z''(n))$ を取得することができる。そして、取得した n 個の相対座標 $(X''(n), Y''(n), Z''(n))$ を用いれば、2D 座標 (x, y) に対応した 3 次元フレーム XYZ における 3D 座標 (X, Y, Z) を取得することが可能となる。このように、第 1 段階のシェルピンスキー・カーペットの 8 個の正方形領域と 1 つのボリュームを構成する $2 \times 2 \times 2$ 個のボクセルとの対応関係を予め定めておけば、フラクタルであるシェルピンスキー・カーペットの自己相似性を利用した繰り返し計算を実行することで、より少ない演算負荷で高速に 3 次元フレーム XYZ における 3D 座標 (X, Y, Z) を指定することが可能となる。

[0052] ただし、シェルピンスキー・カーペットの自己相似性を利用すれば、必ずしも $N = 5$ といったような比較的解像度の高いシェルピンスキー・カーペッ 100 を 2D 座標指定領域 92 に表示させる必要はない。すなわち、比較的小さな解像度（例えば $N = 1 \sim 3$ 程度）のシェルピンスキー・カーペッ 100 を 2D 座標指定領域 92 に表示させ、2D 位置すなわち正方形領域が指定されるたびに、新たなシェルピンスキー・カーペッ 100 を当該指定された正方形領域にフラクタル展開を施したものとして 2D 座標指定領域 92 に表示させることにより、ユーザに 3 次元フレーム XYZ における所望の 3D 座標 (X, Y, Z) を段階的に指定させることが可能となる。また、テーブルとしては、第 N 段階のシェルピンスキー・カーペットの全正方形領域とボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルとを対応付けするものを予め用意しておいてもよい。

[0053] 更に、実施例のコンピュータ 20 に適用された対応規則は、第 1 段階のシェルピンスキー・カーペットの 8 個の正方形領域をこれらに対して定められた一筆書きの経路上での順番に従って $2 \times 2 \times 2$ 個のボクセルに対して一筆書きの経路を辿るように割り当てる規則である。これにより、第 N 段階のシ

エルピンスキー・カーペット 100 における少なくとも 2 つの正方形領域の隣接関係を $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルからなるボクセル空間（3次元フレーム XYZ）において保持することが可能となるので、シェルピンスキー・カーペット 100 上における正方形領域の近接関係を 3次元フレーム XYZ においても比較的良好に保つことができる。ただし、対応規則は、1つのボリュームを構成する $2 \times 2 \times 2$ 個のボクセルの 3次元空間における位置と第 1 段階のシェルピンスキー・カーペットを構成する 8 個の正方形領域の 2次元空間における位置との対応関係を規定するものであれば、どのような対応関係を規定するものであっても構わない。

[0054] また、実施例のコンピュータ 20 に構築されるモデリング部 23 は、3次元フレーム XYZ 内に複数の 3D 座標が指定されているときに、“LINE” ボタンのクリックに応じて当該複数の 3D 座標を通る直線または折れ線を設定可能である。更に、モデリング部 23 は、3次元フレーム XYZ に 3 箇所以上の 3D 座標が指定されているときに、“CURVE” ボタンのクリックに応じて当該 3 箇所以上の 3D 座標から定まる曲線を設定可能である。また、モデリング部 23 は、3次元フレーム XYZ に 3 箇所以上の 3D 座標が指定されているときに、“PLANE” のクリックに応じて当該 3 箇所以上の 3D 座標から定まる平面を設定可能である。更に、モデリング部 23 は、3次元フレーム XYZ に 4 箇所以上の 3D 座標が指定されているときに、“CURVED SURFACE” ボタンのクリックに応じて当該 4 箇所以上の 3D 座標から定まる曲面を設定可能である。また、モデリング部 23 は、3次元フレーム XYZ に 2 箇所の 3D 座標が指定されているときに、“CIRCLE” ボタンまたは“SPHERE” ボタンのクリックに応じて当該 2 箇所の 3D 座標に基づく円または球を設定可能である。従って、実施例の 3次元位置指定用プログラムがインストールされたコンピュータ 20 を用いれば、様々な 3次元形状を描画したり、デザインしたりすることが可能となる。ただし、線や面の設定手順は、図 9 に示す手順に限られるものではなく、ユーザによりボタン 95 がクリックされた後、必要数の 3D 位置（シェルピンスキー・カーペット 100 の正方形領域）の

指定がなされてから線や面の設定が実行されてもよい。

[0055] なお、上記実施例において、表示装置 30 は、図示しないスタイラスにより指定された表示画面 31 上の絶対座標を検出可能なタブレットを含む、いわゆる液晶タブレット等として構成されてもよい。また、表示装置 30 として、いわゆるデュアルモニタを用いてもよく、2 台の表示装置 30 の一方に 2D 座標指定領域 92 を表示させると共に他方に 3D 画像表示領域 93 を表示させてもよい。更に、上記実施例では、第 N 段階のシェルピンスキー・カーペット 100 が 2 次元空間としての 2D 座標指定領域 92 に直接対応付けられているが、これに限られるものではない。すなわち、第 N 段階のシェルピンスキー・カーペット 100 は、2D 座標指定領域 92 と 3 次元フレーム 93 との対応がより直感的にわかりやすいものとなるように更なる 2D 座標の変換処理を介して間接的に対応付けられてもよい。また、ユーザがシェルピンスキー・カーペット 100 のブランク領域にカーソルを置いたときに、当該ブランク領域が所属する正方形領域に対応したボクセルに基づくフレーム（画像）を 3D 画像表示領域 93 に表示させたり、当該ブランク領域が所属する正方形領域に関連した情報を 2D 座標指定領域 92 や 3D 画像表示領域 93 に表示させてもよい。

[0056] 引き続き、本発明による 3 次元位置指定装置および方法ならびに 3 次元位置指定用プログラムの応用例や、本発明によるボクセルモデリング装置、ボクセルモデリング方法およびボクセルモデリング用プログラムについて説明する。

[0057] 上記実施例における「ボクセル」は、基本的には、いわゆるボクセル値をもたない単なる立方体を意味しているが、3 次元空間に対応付けられるボクセル空間の各ボクセルにはボクセル値が付与されてもよい。これにより、2 次元空間において 2 次元位置を指定することにより、当該 2 次元位置に対応した 3 次元位置にあるボクセル値にアクセスすることが可能となる。このようにボクセルに対してボクセル値を付与する応用例としては、写真加工ソフトやペイントソフト等においてユーザーに任意の色の選択を許容するインタ

ーフェースであるカラーピッカーが挙げられる。すなわち、コンピュータ上で、色はR（赤）、G（緑）、B（青）の3成分によって表現され、例えば、 $(R, G, B) = (0, 0, 0)$ は黒、 $(R, G, B) = (255, 0, 0)$ は赤、 $(R, G, B) = (255, 255, 255)$ は白、といったように各色成分の強度は256階調のパラメータとして表されるのが一般的である。従って、コンピュータ上では、色空間をRGB 3軸からなる3次元空間とみなすことができる。

[0058] これを踏まえて、予め解像度 $N=8$ （第8段階）のシェルピンスキー・カーペットの正方形領域とボクセル空間を構成する $2^8 \times 2^8 \times 2^8$ 個のボクセル（それぞれRGBの色情報を格納しているもの）とを対応付けたり、あるいは上述のような対応規則を用いたりすれば、解像度 $N=8$ のシェルピンスキー・カーペットの何れかの正方形領域を指定することにより、3次元空間としての色空間においてRGBの色情報を指定（取得）することが可能となる。なお、色成分を256階調の代わりに浮動小数を用いて表現するHDR（High Dynamic Range）フォーマットについても、本発明を用いてRGBフォーマットの場合と同様のカラーピッカーを構成することができる。更に、輝度信号（Y）、輝度信号と青色成分の差（U）および輝度信号と赤色成分の差（V）という3つの情報で色を表すYUVフォーマットや、輝度（明るさ：Y）および色相（色合い：CrCb）という情報で色を表すYCrCbフォーマットについても、本発明を用いてRGBフォーマットの場合と同様のカラーピッカーを構成することができる。

[0059] また、例えば、いわゆるネットショッピングの商品指定画面等に商品情報等を3次元的に配列することが考えられる。このような場合に、予め所定解像度のシェルピンスキー・カーペットの正方形領域とボクセル空間を構成するボクセル（商品情報を格納しているもの）とを対応付けたり、あるいは上述のような対応規則を用いたりすれば、シェルピンスキー・カーペットの何れかの正方形領域を指定することにより、3次元的に配列された商品情報に（隠れて見えなくなっているものにも）容易にアクセスすることが可能となる

。同様に、例えば立体倉庫や立体駐車場の管理ソフト等において、管理画面等に在庫情報や入庫状況を３次元的に配列することが考えられる。このような場合にも、予め所定解像度のシェルピンスキー・カーペットの正方形領域とボクセル空間を構成するボクセル（在庫情報や入庫情報を格納しているもの）とを対応付けたり、あるいは上述のような対応規則を用いたりすれば、シェルピンスキー・カーペットの何れかの正方形領域を指定することにより、３次元的に配列された情報に（隠れて見えなくなっているものにも）容易にアクセスすることが可能となる。

[0060] 更に、上述のような３Ｄ座標の設定機能と直線や曲線の設定機能とを利用すれば、オブジェクト移動アニメーション用の軌跡をデザインすることも可能となり、例えば、３Ｄのキャラクターがパス（道）に沿って進行するアニメーション等を作成する際に有効なものとなるであろう。また、上述の３Ｄ座標の設定機能と曲線の設定機能とを利用して３次元空間（３次元座標系）に設定された曲線に沿ったベクトル場を計算すると共にパーティクルシステムを用いることで、流れ場のデザインと可視化とを実行することができる。

[0061] 図１０は、本発明に係るボクセルモデリング用プログラムがインストールされたボクセルモデリング装置としてのコンピュータ２０Ａの概略構成図である。なお、以下の説明において、ここまでに説明した要素等と同一の要素等には同一の参照符号を付し、重複する説明を省略する。

[0062] 図１０に示すように、コンピュータ２０Ａにおいてボクセルモデリング用プログラムが起動されると、表示装置３０の表示画面３１にウィンドウ９０Ａが表示される。ウィンドウ９０Ａは、２Ｄ座標指定領域９２Ａと３Ｄ画像表示領域９３Ａとを含む。２次元空間としての２Ｄ座標指定領域９２Ａには、第Ｎ段階のシェルピンスキー・カーペット１００Ａが表示され、ユーザによりシェルピンスキー・カーペット１００Ａの何れかの正方形領域が選択されると、例えば当該正方形領域が塗りつぶされたように表示される。また、３Ｄ画像表示領域９３Ａには、２Ｄ座標指定領域９２Ａに表示されたシェルピンスキー・カーペット１００Ａ上でユーザにより指定（選択）された２Ｄ

位置（ピクセル単位の x y 座標）すなわち何れかの正方形領域に対応したボクセルに基づいてモデリング部 23A により設定された 3 次元形状を示す 3D 画像 300 が表示される。図 10 の例において、モデリング部 23 は、上述の対応規則（テーブル）を用いて、シェルピンスキー・カーペット 100 上で指定された正方形領域に対応する 1 個のボクセルの $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルからなるボクセル空間における位置を取得し、取得した位置のボクセルを消去することにより立方体を削り出すようにして 3 次元形状を設定する。

[0063] このように、解像度 N （第 N 段階）のシェルピンスキー・カーペットとボクセル空間とを対応付けると共に、2 次元空間上での 2 次元位置の指定により 3 次元空間における 3 次元位置の指定を可能とすれば、3 次元形状をボクセルの集合として表現するボクセルモデリングをも容易に実行可能となる。また、このようにして解像度 N のシェルピンスキー・カーペットを用いて立体形状をモデリングした場合、必然的に値 N よりも小さい解像度に対応したボクセルモデルデータを得ることができる。そして、ボクセルモデリング用プログラムがインストールされたコンピュータ 20A によれば、各ボクセルにボクセル値を付与しておくことで、ポリゴンモデリングとは異なり、3 次元形状の表面のみならず形状内部の密度といったような内部データまでモデリングすることが可能となる。なお、このようなボクセルモデリングにより得られる 3 次元形状は滑らかな表面を有するものではないが、例えばマーチングキューブ法（Lorenson W.E., Cline H.E., "Marching Cubes: A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm" 等参照）といった手法を用いることで 3 次元形状の表面を滑らかなものに近似することができる。また、図 10 の例では、シェルピンスキー・カーペット 100 上で指定された正方形領域に対応するボクセルをボクセル空間から消去することにより 3 次元形状を設定しているが、これに限られるものではない。すなわち、シェルピンスキー・カーペット 100 上で指定された正方形領域に対応するボクセルを積み上げるように、すなわち、指定された正方形領域に対応するボクセルの集合として 3 次元形状を設定してもよい。

[0064] 以上、実施例を用いて本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上記実施例に何ら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、様々な変更をなし得ることはいうまでもない。

産業上の利用可能性

[0065] 本発明は、3次元空間における3次元位置の指定や3次元形状表現を必要とする情報処理分野において利用可能である。

請求の範囲

- [請求項1] 3次元空間における3次元位置を指定するための3次元位置指定装置であって、
- 2次元空間上で2次元位置を指定するための2次元位置指定手段と、
- 、
- 8^N 個（ただし“N”は値1以上の整数である。）の正方形領域の配列を有する第N段階のシェルピンスキー・カーペットの前記2次元位置指定手段を用いて指定された2次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか1個に対応付けすると共に、前記正方形領域に対応付けられた前記1個のボクセルの前記ボクセル空間における位置に基づいて前記3次元空間における3次元位置を取得する演算手段と、
- を備える3次元位置指定装置。
- [請求項2] 請求項1の3次元位置指定装置において、
- 前記対応規則は、第1段階のシェルピンスキー・カーペットを構成する8個の正方形領域と1つのボリュームを構成する $2 \times 2 \times 2$ 個のボクセルとの対応関係を規定しており、
- 前記演算手段は、第n段階（ただし、“n”は $1 \leq n \leq N$ を満たす整数である。）のシェルピンスキー・カーペットの前記指定された2次元位置に対応する正方形領域の第n-1段階のシェルピンスキー・カーペットの前記指定された2次元位置に対応する正方形領域における位置と前記対応規則とに基づいて $2^n \times 2^n \times 2^n$ 個のボクセルからなるボクセル空間内で前記指定された2次元位置に対応するボクセルの $2^{n-1} \times 2^{n-1} \times 2^{n-1}$ 個のボクセルからなるボクセル空間内で前記指定された2次元位置に対応するボクセルにおける位置を取得し、取得したn個のボクセルの位置に基づいて前記3次元空間における3次元位置を取得する3次元位置指定装置。
- [請求項3] 請求項1または2に記載の3次元位置指定装置において、

前記変換規則は、前記第 1 段階のシェルピンスキー・カーペットの 8 個の正方形領域をこれらに対して定められた一筆書きの経路上での順番に従って $2 \times 2 \times 2$ 個のボクセルに対して一筆書きの経路を辿るように割り当てる規則である 3 次元位置指定装置。

[請求項4] 請求項 1 から 3 の何れか一項に記載の 3 次元位置指定装置において、

前記演算手段は、前記 3 次元空間に複数の 3 次元位置が指定されているときに、前記複数の 3 次元位置を通る直線または折れ線を設定可能である 3 次元位置指定装置。

[請求項5] 請求項 1 から 4 の何れか一項に記載の 3 次元位置指定装置において、

前記演算手段は、前記 3 次元空間に 3 箇所以上の 3 次元位置が指定されているときに、前記 3 箇所以上の 3 次元位置から定まる曲線を設定可能である 3 次元位置指定装置。

[請求項6] 請求項 1 から 5 の何れか一項に記載の 3 次元位置指定装置において、

前記演算手段は、前記 3 次元空間に 3 箇所以上の 3 次元位置が指定されているときに、前記 3 箇所以上の 3 次元位置から定まる平面を設定可能である 3 次元位置指定装置。

[請求項7] 請求項 1 から 6 の何れか一項に記載の 3 次元位置指定装置において、

前記演算手段は、前記 3 次元空間に 4 箇所以上の 3 次元位置が指定されているときに、前記 4 箇所以上の 3 次元位置から定まる曲面を設定可能である 3 次元位置指定装置。

[請求項8] 請求項 1 から 7 の何れか一項に記載の 3 次元位置指定装置において、

前記演算手段は、前記 3 次元空間に 2 箇所の 3 次元位置が指定されているときに、前記 2 箇所の 3 次元位置に基づく円または球を設定可

能である 3 次元位置指定装置。

[請求項9] 請求項 1 から 8 の何れか一項に記載の 3 次元位置指定装置において

、

表示画面上に画像を表示可能な表示手段と、

前記表示画面上に前記第 N 段階のシェルピンスキー・カーペットに基づく画像を表示させると共に、前記演算手段により取得された 3 次元位置を示す 3 次元座標を前記表示画面上にプロット表示させる表示制御手段と、

を更に備える 3 次元位置指定装置。

[請求項10] 請求項 9 に記載の 3 次元位置指定装置において、

前記表示制御手段は、前記演算手段により取得された 3 次元位置を示す 3 次元座標を前記表示画面上にプロット表示させると共に、前記 3 次元位置の周囲に所定サイズのボクセルに基づく画像を表示させる 3 次元位置指定装置。

[請求項11] 3 次元空間における 3 次元位置を指定するための 3 次元位置指定方法であって、

(a) 2 次元空間上で指定された 2 次元位置を特定するステップと、

(b) 8^N 個（ただし“N”は値 1 以上の整数である。）の正方形領域の配列を有する第 N 段階のシェルピンスキー・カーペットのステップ (a) にて特定された 2 次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか 1 個に対応付けすると共に、前記正方形領域に対応付けられた前記 1 個のボクセルの前記ボクセル空間における位置に基づいて前記 3 次元空間における 3 次元位置を取得するステップと、

を含む 3 次元位置指定方法。

[請求項12] コンピュータを 3 次元空間における 3 次元位置を指定するための装置として機能させる 3 次元位置指定用プログラムであって、

2 次元空間上で指定された 2 次元位置を特定する 2 次元位置特定モ

ジュールと、

8^N 個（ただし“N”は値1以上の整数である。）の正方形領域の配列を有する第N段階のシェルピンスキー・カーペットの前記特定された2次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか1個に対応付けすると共に、前記正方形領域に対応付けられた前記1個のボクセルの前記ボクセル空間における位置に基づいて前記3次元空間における3次元位置を取得する演算モジュールと、

を備える3次元位置指定用プログラム。

[請求項13]

3次元形状をボクセルの集合として表現可能なボクセルモデリング装置であって、

2次元空間上で2次元位置を指定するための2次元位置指定手段と、

、

8^N 個（ただし“N”は値1以上の整数である。）の正方形領域の配列を有する第N段階のシェルピンスキー・カーペットの前記2次元位置指定手段を用いて指定された2次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか1個に対応付けすると共に、前記正方形領域に対応付けられた前記1個のボクセルの前記ボクセル空間における位置を取得する位置取得手段と、

前記位置取得手段により取得された位置のボクセルに基づいて3次元形状を設定する形状設定手段と、

を備えるボクセルモデリング装置。

[請求項14]

3次元形状をボクセルの集合として表現するためのボクセルモデリング方法であって、

(a) 2次元空間上で指定された2次元位置を特定するステップと、

(b) 8^N 個（ただし“N”は値1以上の整数である。）の正方形領域の配列を有する第N段階のシェルピンスキー・カーペットのステッ

プ（a）にて特定された2次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか1個に対応付けすると共に、前記正方形領域に対応付けられた前記1個のボクセルの前記ボクセル空間における位置を取得するステップと、

（c）ステップ（b）にて取得された位置のボクセルに基づいて3次元形状を設定するステップと、

を含むボクセルモデリング方法。

[請求項15]

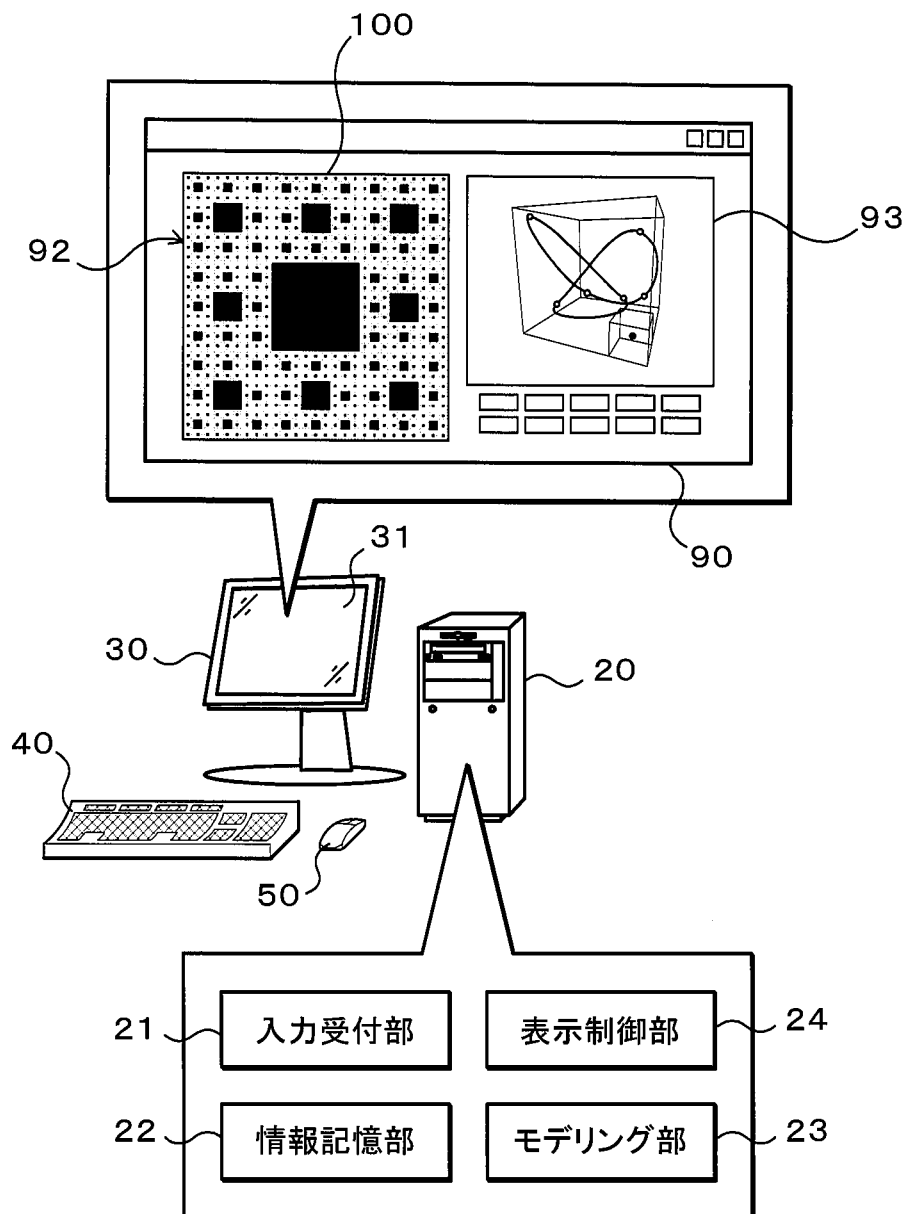
3次元形状をボクセルの集合として表現するための装置としてコンピュータを機能させるボクセルモデリング用プログラムであって、

2次元空間上で指定された2次元位置を特定する2次元位置特定モジュールと、

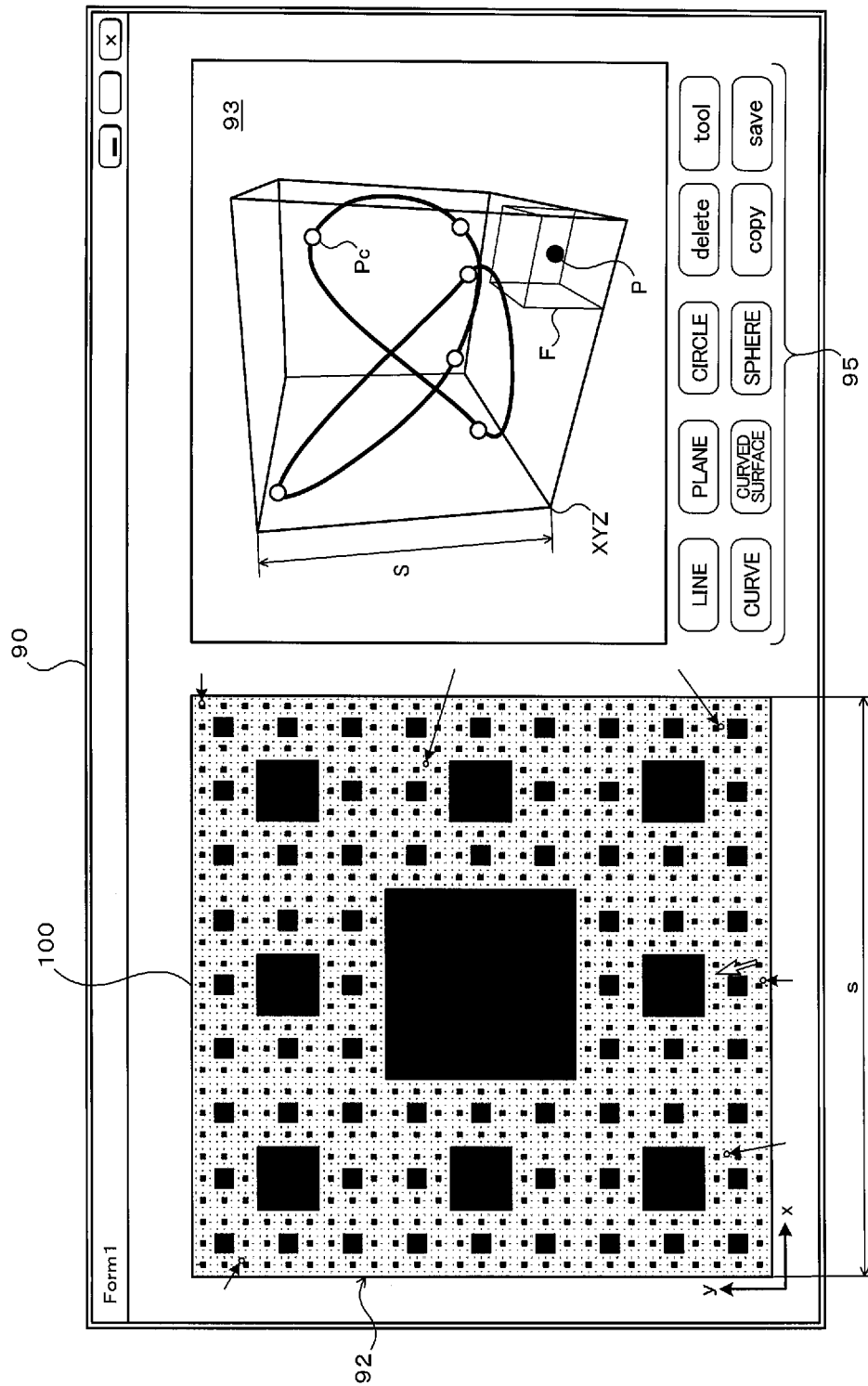
2^N 個（ただし“N”は値1以上の整数である。）の正方形領域の配列を有する第N段階のシェルピンスキー・カーペットの前記特定された2次元位置に対応する正方形領域を所定の対応規則に従ってボクセル空間を構成する $2^N \times 2^N \times 2^N$ 個のボクセルの何れか1個に対応付けすると共に、前記正方形領域に対応付けられた前記1個のボクセルの前記ボクセル空間における位置を取得する位置取得モジュールと、前記取得された位置のボクセルに基づいて3次元形状を設定する形状設定モジュールと、

備えるボクセルモデリング用プログラム。

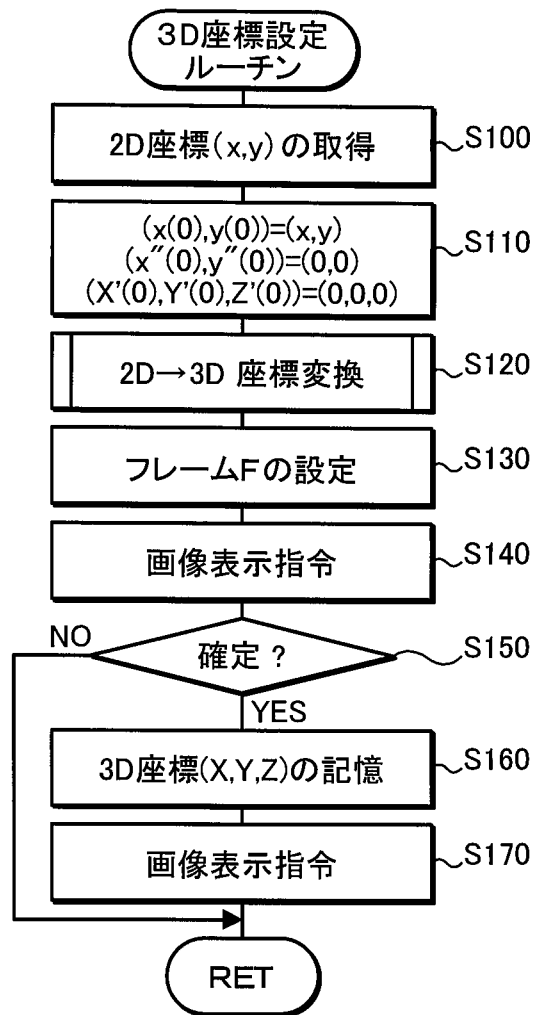
[図1]



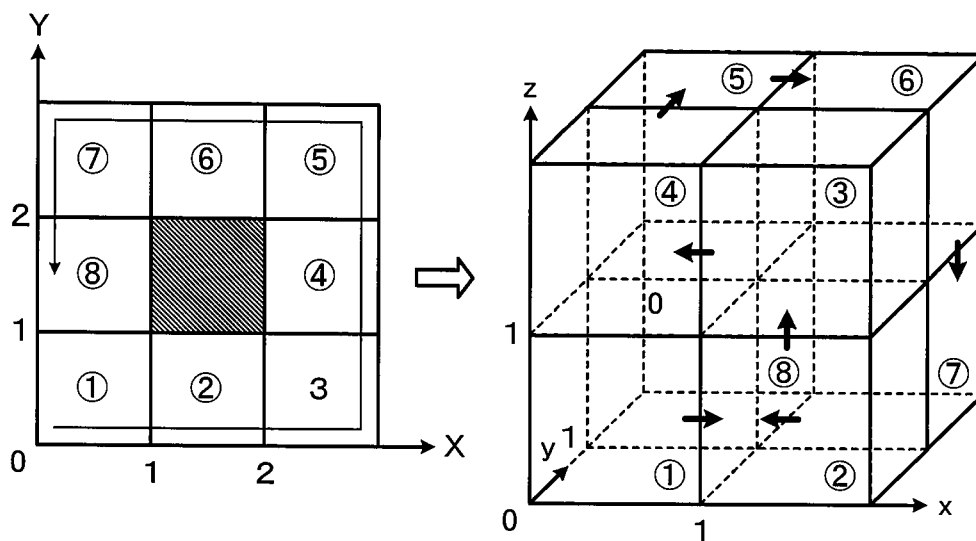
[図2]



[図3]



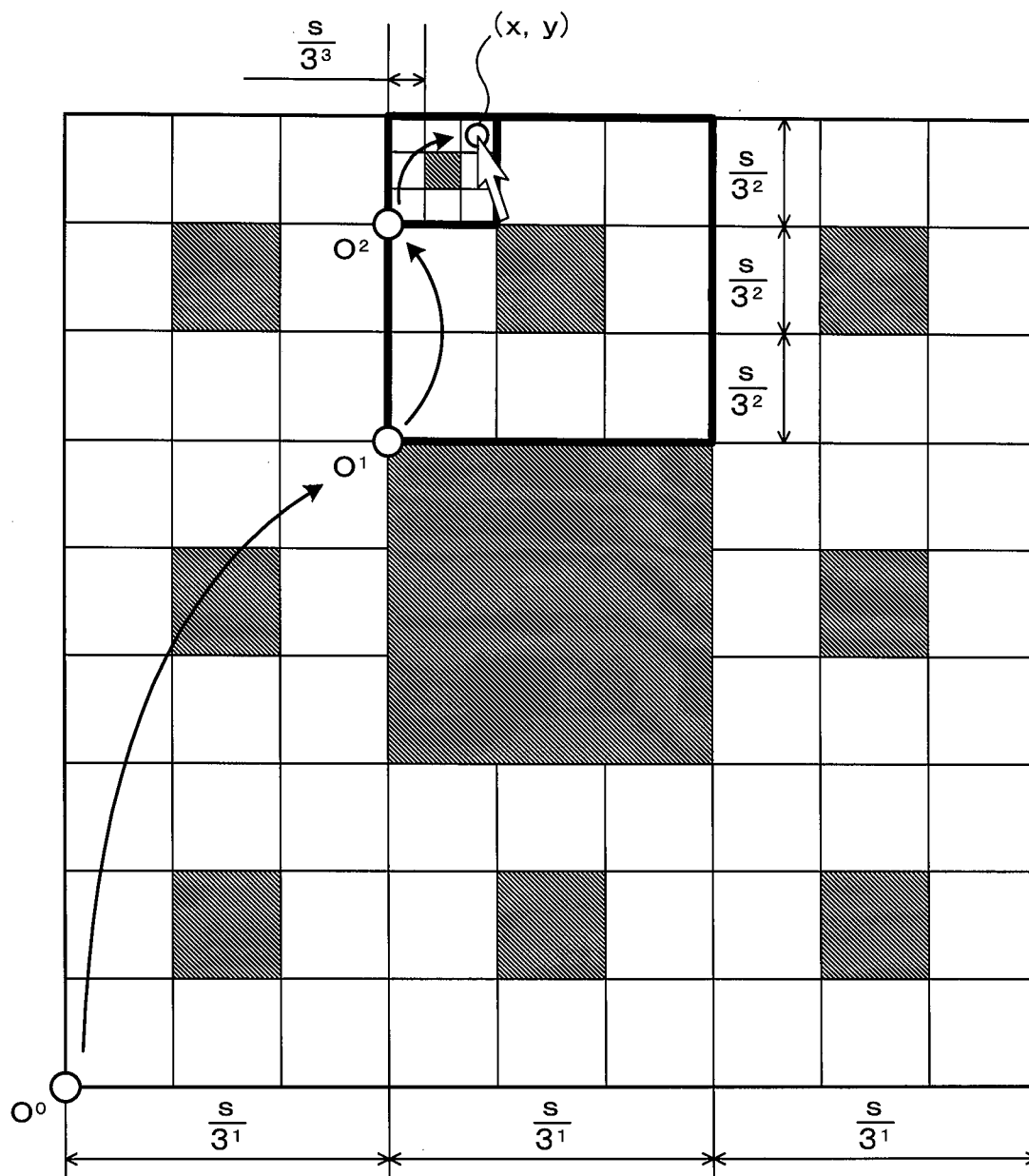
[図4]



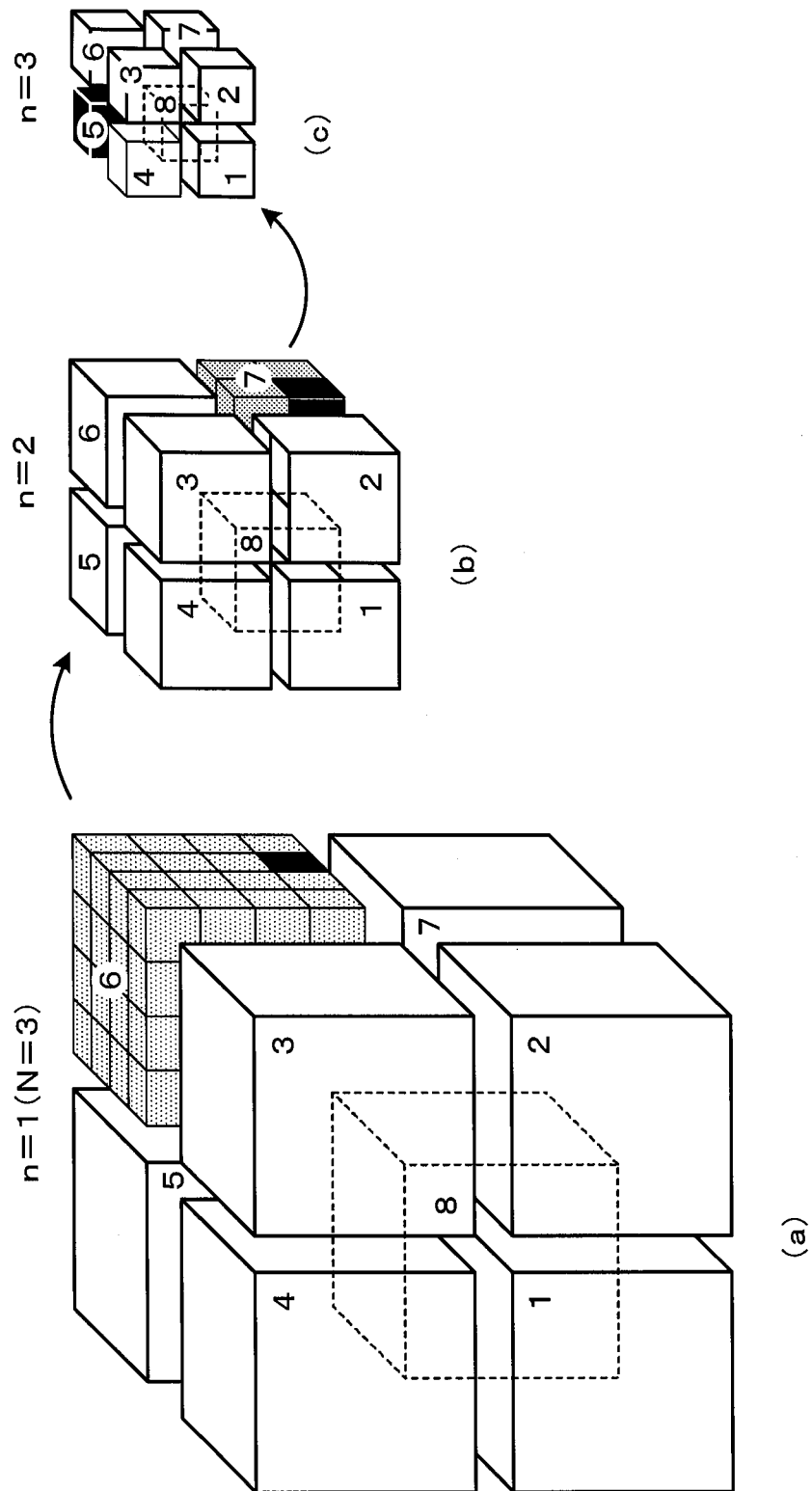
[図5]

2D	3D
(0, 0)	(0, 0, 0)
(1, 0)	(1, 0, 0)
(2, 0)	(1, 0, 1)
(2, 1)	(0, 0, 1)
(2, 2)	(0, 1, 1)
(1, 2)	(1, 1, 1)
(0, 2)	(1, 1, 0)
(0, 1)	(0, 1, 0)

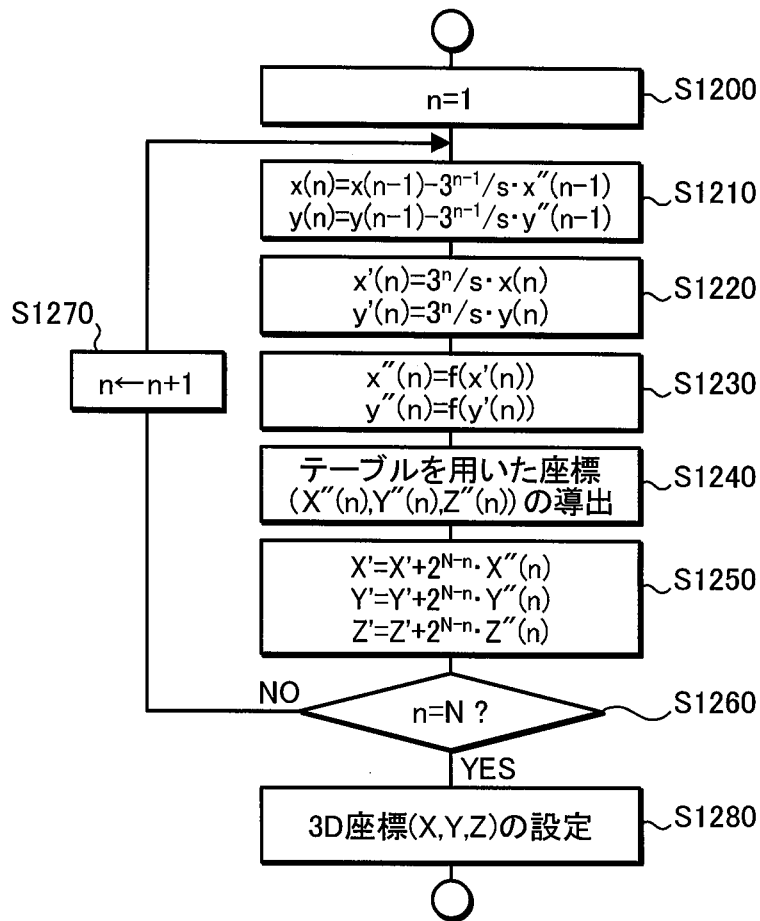
[図6]



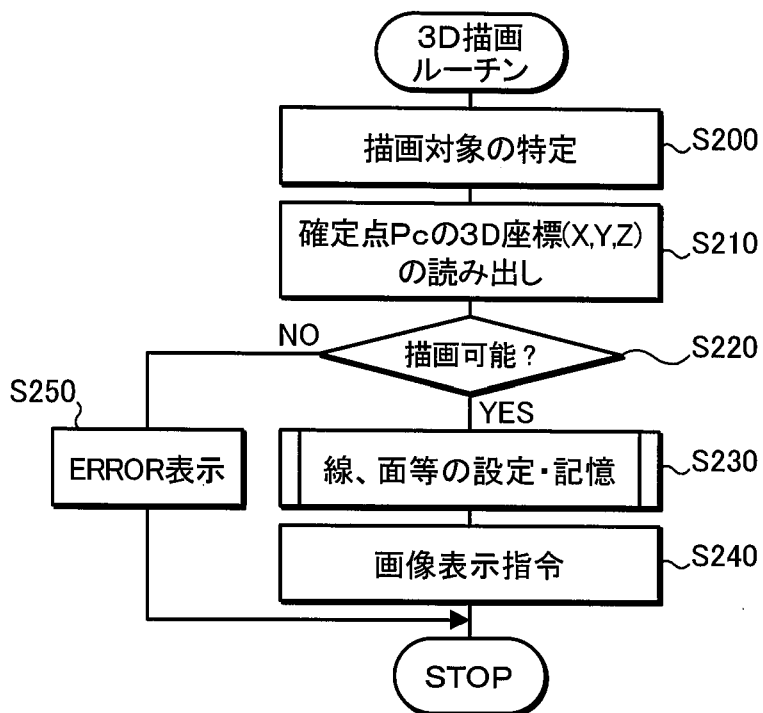
[図7]



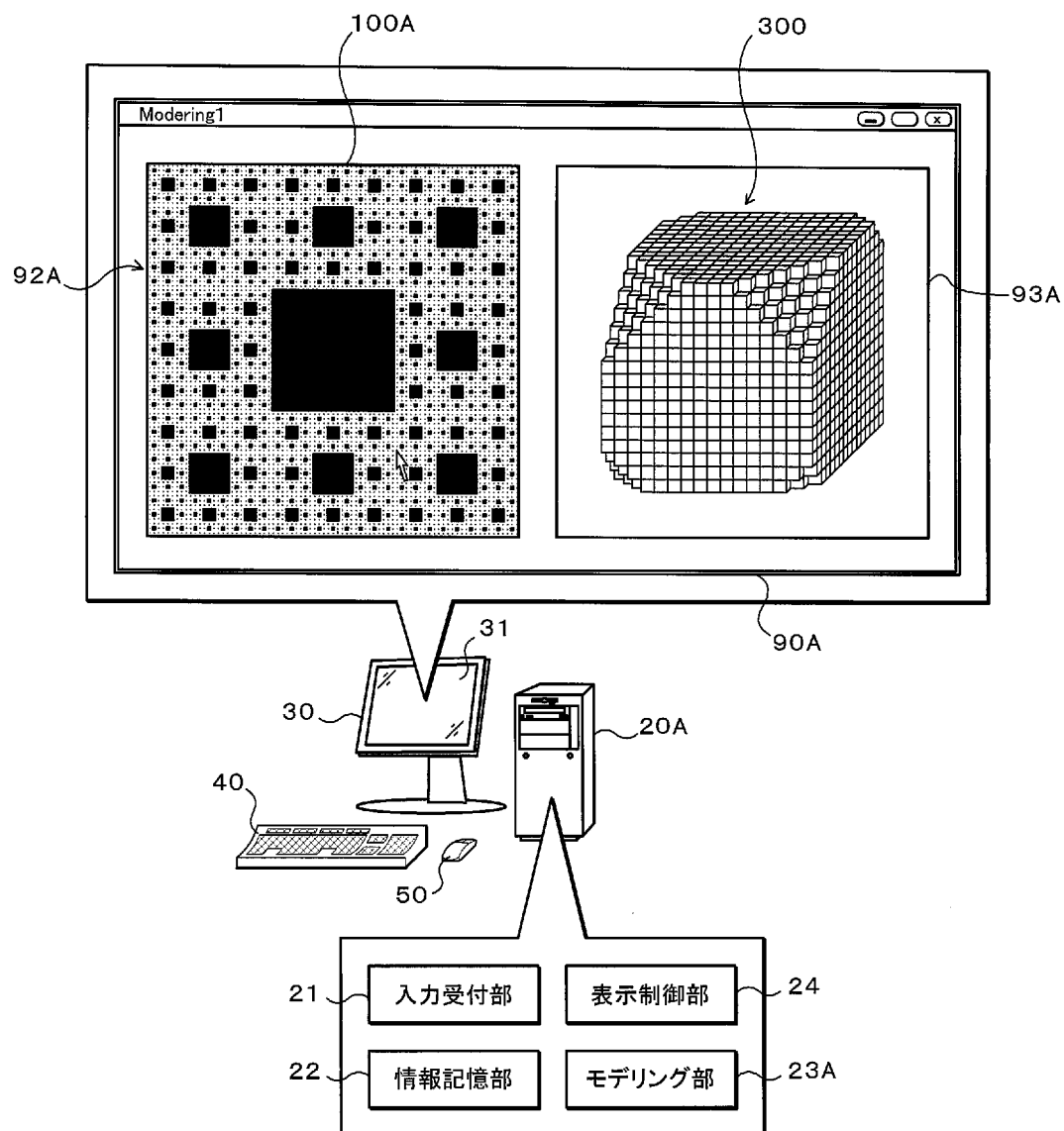
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/065770

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F3/033(2006.01)i, G06F3/038(2006.01)i, G06F3/041(2006.01)i, G06F17/50(2006.01)i, G06T17/40(2006.01)i, G09G5/14(2006.01)i, G09G5/36(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F3/033, G06F3/038, G06F3/041, G06F17/50, G06T17/40, G09G5/14, G09G5/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 61-169927 A (Hitachi, Ltd.), 31 July 1986 (31.07.1986), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	Masaki IWAMARU, Koji OKAMOTO, "Fractal Zukei o Mochiita Volume Data no 2 Jigen Tenkai ni yoru Kashika Shuho", Journal of the Visualization Society of Japan, 01 July 2008 (01.07.2008), vol.28, Suppl.no.1, pages 75 to 78	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 December, 2009 (25.12.09)

Date of mailing of the international search report
12 January, 2010 (12.01.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/065770

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	Masaki IWAMARU, Satoshi SOMEYA, Koji OKAMOTO, "Fractal Zukei o Mochiita Volume Data no 2 Jigen Tenkai ni yoru Kashika Shuho to sono Oyo", Journal of the Visualization Society of Japan, Kashika Joho Zenkoku Koenkai (Kushiro 2008) Koen Ronbunshu, 15 September 2008 (15.09.2008), vol.28, Suppl.no.2, pages 167 to 168	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G06F3/033(2006.01)i, G06F3/038(2006.01)i, G06F3/041(2006.01)i, G06F17/50(2006.01)i,
G06T17/40(2006.01)i, G09G5/14(2006.01)i, G09G5/36(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G06F3/033, G06F3/038, G06F3/041, G06F17/50, G06T17/40, G09G5/14, G09G5/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 61-169927 A (株式会社日立製作所) 1986.07.31, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	岩丸雅紀, 岡本孝司, フラクタル図形を用いたボリウムデータの 2次元展開による可視化手法, 可視化情報学会誌, 2008.07.01, 第 28巻, Suppl.No.1, p.75-78	1-15
P, A	岩丸雅紀, 染谷聡, 岡本孝司, フラクタル図形を用いたボリウム データの2次元展開による可視化手法とその応用, 可視化情報学会 誌 可視化情報全国講演会(釧路 2008)講演論文集, 2008.09.15, 第 28巻, Suppl.No.2, p.167-168	1-15

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 1 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

遠藤 尊志

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 2 1

5 E

3 0 5 2