(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3704652号
(P3704652)
(45)発行日　平成17年10月12日(2005.10.12)　(24)登録日　平成17年8月5日(2005.8.5)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G06T 17/40　G06T 17/40　B
G06T 15/00　G06T 15/00　200

請求項の数 5　(全 16 頁)

(21)出願番号　特願平7-231105
(22)出願日　平成7年9月8日(1995.9.8)
(65)公開番号　特開平9-81786
(43)公開日　平成9年3月28日(1997.3.28)
審査請求日　平成14年8月30日(2002.8.30)

(73)特許権者　000153498
株式会社日立メディコ
東京都千代田区内神田１丁目１番１４号
(74)復代理人　100102587
弁理士　渡邊　昌幸
(74)代理人　100077274
弁理士　磯村　雅俊
(72)発明者　及川　道雄
神奈川県川崎市麻生区王禅寺１０９９番地　株式会社日立製作所システム開発研究所内
(72)発明者　佐野　耕一
神奈川県川崎市麻生区王禅寺１０９９番地　株式会社日立製作所システム開発研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】３次元画像処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ボクセルデータの３次元配列からなる３次元データを用いて該３次元データ中の表示対象物体を２次元平面上に投影した画像を生成し、表示を行う３次元画像処理方法であって、少なくとも、前記３次元画像上で、注目点を指定するステップと、指定した３次元画像上の注目点の奥行き座標値を求めるステップと、注目点の３次元座標値を記憶するステップと、投影面上において注目点を内部に含む関心領域を設定するステップと、該関心領域について、その他の領域とは別に、投影画像生成計算のパラメータを設定するステップを有する３次元画像処理方法において、

前記パラメータにより３次元データと投影面との位置関係が変更されたとき、表示方法が変わることにより投影面上で移動する注目点に追従して該関心領域を移動させるステップと、

該関心領域とその他の領域とのそれぞれのパラメータにより両者の領域について投影画像生成計算を行い、表示するステップと
を有することを特徴とする３次元画像処理方法。

【請求項２】

前記各ステップに加え、関心領域については、投影画像生成計算のパラメータのうちサンプリング間隔をその他の領域より細かくして投影画像生成計算を行うステップを有することを特徴とする請求項１記載の３次元画像処理方法。

【請求項３】

前記各ステップに加え、関心領域については、投影画像生成計算のパラメータのうち投影画像生成計算の開始点の位置を指定するステップを有することを特徴とする請求項１記載の３次元画像処理方法。

【請求項４】

前記各ステップに加え、関心領域の大きさを入力するステップと、該関心領域の形状を入力するステップを有することを特徴とする請求項１記載の３次元画像処理方法。

【請求項５】

前記注目点を指定するステップは、仮の注目点を指定するステップと、仮の注目点を通り投影面と垂直な平面による３次元データの断面画像を表示するステップと、前記断面の位置を平行に移動し表示するステップと、断面画像上で真の注目点を指定するステップから成ることを特徴とする請求項１記載の３次元画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】

本発明は３次元画像処理方法に関し、特に、Ｘ線ＣＴ装置などから得られたボクセルデータから成る３次元データから、３次元形状を２次元平面に投影した画像を計算して表示する３次元画像処理方法に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

ボクセルから成る３次元データから２次元平面に投影した３次元画像を生成する方法は、高画質な画像を得られるボリュームレンダリング手法が医療分野を始めとして、広く用いられている。また、このような３次元画像を表示し、診療やデータの解析に利用するために、単に表示するだけではなく局所について特別な画像処理を行う技術が知られている。例えば、「ヘリカルスキャンＣＴ(ＨＥＳ-ＣＴ)による小脳橋角部腫瘍の術前シミュレーション」(第２回コンピュータ外科研究会論文集、pp.49～50(1993))においては、術前の治療計画のために、３次元画像上で指定した領域ついて、指定した奥行きの位置の断面画像を表示する、シンセサイズド・オブリーク表示という方法が述べられている。

また、特開平3-219377号公報には、計測された３次元ボクセルデータを表示するとき、その３次元的なマスクによって、指定した領域の３次元データを切り出して合成表示する方法が開示されている。

更に、あらかじめセグメンテーションされた３次元データを表示する場合に、特定の領域について特定の組織を表示することにより、内部の状態を表示する方法が知られており、"Ｓurface Ｒendering",ＩＥＥＥ ＣＧ & Ａ,vol.10,pp.41-53(March,1990)に、表示例が示されている。

また、”Ｃlinical Ｐlanning Ｓupport Ｓystem - ＣliＰＳＳ”,ＩＥＥＥ ＣＧ & Ａ,vol.13, Ｎo.6,pp.76-84(Ｎov.,1993)には、頭部腫瘍にガイドチューブを挿入したときの様子を合成した３次元画像を表示した例が述べられている。これは、予め腫瘍と頭蓋骨を抽出した表面データに対して処理を行っているものであり、ガイドチューブの挿入方向は、パラメータの数値入力により決定している。

【０００３】

【発明が解決しようとする課題】

上記各従来技術には、それぞれ、下記の如き問題があった。

まず、上述のシンセサイズド・オブリーク法では、断面表示しか行えないため立体的な形状を把握することが困難である。

また、上述の、ある領域に対してマスクをかけてデータを切り出す方法では、表示対象を回転させることにより、領域を切り出して穴を開けた深さ方向と、視線方向が一致しなくなると、穴の底にある領域を表示できなくなってしまう。これでは、データを取り除き、その奥にある注目領域を観察しようとしても目的が果たせなくなる。

そこで、本発明の基本的な目的は、注目領域の立体的な形状の把握や、３次元データ全体と注目領域との位置関係をあらゆる角度から把握することを可能とする３次元画像処理方

法を提供することである。
【０００４】
本発明の他の目的は、内部表示のために３次元データをセグメンテーションして表示する方法では、セグメンテーションに非常に時間がかかるため、セグメンテーションを行わずに、あるいは、高速かつ容易にセグメンテーションを行うことによって、内部の注目領域を表示することを可能とする３次元画像処理方法を提供することである。なお、この場合、注目領域の指定をどのように行うかが重要となる。
本発明の更に他の目的は、上述の腫瘍へのアプローチを表示する方法では、表面データを定義する必要があり、前処理の時間がかかることに鑑みて、この問題を解決可能な３次元画像処理方法を提供することである。また、表面の定義が難しい計測データにおいては、画質が問題となること、アプローチの方向を指定する方法が直観的でないという問題を解決可能な３次元画像処理方法を提供することである。
【０００５】
【課題を解決するための手段】
本発明の上記目的は、以下に述べる如き構成によって達成される。
すなわち、まず、ボリュームレンダリングにより表示を行う手段によって立体的な形状を把握できるようにする。また、注目点を３次元空間上で設定し、回転後の注目点の位置を計算し、投影面上で注目点を中心とする関心領域であるＲＯＩ(Region of Ｉnterest)を自動的に計算して設定する手段を実現し、更に、視線方向に沿ったＲＯＩ内について、その他の領域とは別にボリュームレンダリング計算のパラメータを設定し、計算して表示する手段を実現することにより、視線方向とＲＯＩの深さ方向を一致させる。
また、ＲＯＩ内のレンダリングについて、サンプリング数をその他の領域よりも多くして、注目領域を高精細に表示する手段を実現する。
更に、希望する深さの領域を削除するために、ＲＯＩ内のレンダリングの開始点の深さを指定する手段を実現する。
また、ＲＯＩの大きさや、形状を指定できる手段を実現する。
更に、注目点と投影面との間に表示対象が存在しない場合に注目点の位置を３次元画像に重ねて表示する手段を実現する。
また、この注目点の位置を指定する方法として、仮の注目点を指定した後、仮の注目点を通り投影面に平行な断面画像を表示する手段と、断面の切断位置を平行に移動する手段と、断面画像上で真の注目点を指定する手段を実現する。
更に、注目点を通る視線方向に平行なアプローチ方向を設定する手段と、３次元画像と注目点、アプローチ方向を重ねて表示する手段を実現する。
【０００６】
【作用】
上述の手段により、常に注目点の周囲をＲＯＩとし、かつ、ＲＯＩの奥行きが視線方向に一致するため、回転中心と注目点が異なっていても、あらゆる角度から注目領域の観察が可能となる。
また、ＲＯＩ部分のみをその他の領域とは異なったパラメータで表示する手段を実現したことにより、以下の作用が提供できる。まず、多くの場合、簡易的なセグメンテーションはしきい値により可能であり、抽出を行わずに、パラメータであるしきい値を変更するだけで、注目している対象を表示することができる。更にサンプリング数を増やせば詳細な画像が得られるが、計算量は基本的に３乗のオーダーで増加するので、従来の技術では全体を高精細に計算するには問題があったが、上述の手段により、ＲＯＩ部分についてのみ高精細な表示をすることが可能となり、計算領域が小さいため、少ない計算時間で注目している領域について詳細に観察できる。
【０００７】
更に、ＲＯＩのレンダリング開始点を指定する手段を実現したことにより、不透明度の高いボクセル領域の内側にある不透明度の低いボクセル領域を表示することができ、ＲＯＩについて指定された深さの穴をあけていくような操作を行うことができる。

また、ＲＯＩの大きさと形状を入力する手段を実現したことにより、注目領域の大きさや形状あわせたＲＯＩの視野を確保できる。
更に、注目点の手前に表示対象がないときに注目点を３次元画像に重ねて表示する手段を実現したことにより、注目点が３次元データに書き込まれたような効果になり、注目点の３次元的な位置を３次元データと同じ感覚で確認できる。
また、仮の注目点と断面画像を用いた注目点の位置の指定手段により、注目点をある物体の表面だけでなく、その中心にも設定することが可能となる。これにより、常に注目物体をＲＯＩの中心において回転して表示することができる。
更に、アプローチ方向を視線方向に一致させて設定することにより、直観的にアプローチ方向を指定できる。

【０００８】
【実施例】
以下、本発明の実施例を、図１～図５を用いて説明する。
図１は、本発明の第１の実施例に係る３次元画像処理方法を示すフローチャート、図２は、本実施例のボリュームレンダリング法を説明する図である。
図２において、１は３次元データ、２は投影面、３は投影面２上でいま投影される値を求めようとするピクセル、４は該ピクセル３から投影面に垂直な線７上に存在する、再サンプリングされたボクセル集合、５は３次元データの座標系Ａで、座標値は(ｘ，ｙ，ｚ)で表わされ、また、６は投影を行う座標系Ｖで、座標値は(Ｘ，Ｙ，Ｚ)で表わされる。
図３は、本実施例に係る３次元画像処理方法において、３次元データ１のボクセルを再サンプリングするときの例であり、右側の図は左側の図の一部を拡大したものである。図３中、１１は３次元データ１のボクセルの中心点、１２は再サンプリングするボクセルの中心位置、１３は再サンプリングするボクセル１２を囲む８つのボクセル中心からなるセルである。

【０００９】
図４は、本実施例におけるボクセル値と不透明度との対応を示した図で、２１は不透明度を０とするしきい値、２２は比例定数である。
図５は、本実施例により表示された頭部３次元画像の例である。図５中、３１は表示対象である頭部表面、３２は注目点、３３は注目点３２を中心とするＲＯＩ、３４は表示パラメータにより表示対象となった脳表面である。
以下、図１～図５に従って、本実施例に係る３次元画像処理方法の動作を説明する。
まず、ボリュームレンダリングにより、３次元データ全体の３次元画像を表示する(ステップ１０１)。このボリュームレンダリング法について、図２を用いて説明する。投影面２は、図のように３次元データ１に対して配置され、視線方向は投影面に垂直であるとする。

【００１０】
投影する座標系Ｖ系に再サンプリングされたボクセル４の各ボクセルは、それぞれ、不透明度αと影付けされたカラーＣという値を持っている。再サンプリングについては、後で説明する。不透明度αは、そのボクセルが完全に透明で光が透過するならば「０」、完全に不透明で光が透過しないならば「１」の値をとるものとする。
また、カラーというのはボクセルの発する色のことであり、ボクセル自体が持つ色に対して、ボクセル位置での仮想表面における光の反射を、ボクセルデータ値(以下、「ボクセル値」と呼ぶ)の傾斜ベクトルを仮想表面の向きであると考えることにより考慮し、光源の向きや投影面の方向などにより影付けを行ったものである。このとき、ボクセル集合４の各ボクセルに対して、投影面から近い順に番号を付け、各ボクセルの不透明度,カラーをそれぞれ、α(１),Ｃ(１)、・・・・、α(ｎ),Ｃ(ｎ)とする。

【００１１】
ここで、簡略化のため光は平行光とし、光線は投影面と垂直方向に、投影面側から３次元データへ入射するものとする。
以上のような場合に、光を投影面から最も近いボクセルから遠いボクセルへと透過させ、

各ボクセルでの反射量を加算する方法で、式(１)によってピクセル３に投影される値Ｐを計算する。本実施例では、説明の簡略化と扱うデータの性質を考慮して拡散反射のみを扱い、光は平行光で投影面に垂直であるとする。

【数１】

$$P = \sum_{i=1}^{n} \alpha(i) \cdot C(i) \cdot A(i) \qquad \cdots\cdot(1)$$

$$A(i) = \prod_{j=1}^{i-1} (1 - \alpha(j))$$

$$A(1) = 1$$

なお、式(１)中のＡ(ｉ)はｉ番目のボクセルに入射する光の透過率を表わしている。

【００１２】

ここで、再サンプリングについて、図３を用いて説明する。

図３の左側の図のように、あるボクセルについて再サンプリングしようとするとき、右側の図のような座標系Ａの８つのボクセル中心に囲まれたセルの中で、それらのボクセル中心と再サンプリングするボクセル中心１２との距離の比が、図のように、ｓ:(１-ｓ)，ｔ:(１-ｔ)，ｕ:(１-ｕ)となっているとする。このとき、再サンプリングしたボクセルの不透明度やカラーなどの値は、次の式(２)のtrilinear法によって 求める。ここで、不透明度やカラーなどの値を代表してＱを用いて表わす。

【数２】

$$Q(X,Y,Z) = (1-u)A + uB \qquad \cdots\cdot(2)$$

$$A = (1-t)C + tD$$

$$B = (1-t)E + tF$$

$$C = (1-s)Q(x,y,z) + sQ(x+1,y,z)$$

$$D = (1-s)Q(x,y+1,z) + sQ(x+1,y+1,z)$$

$$E = (1-s)Q(x,y,z+1) + sQ(x+1,y,z+1)$$

$$F = (1-s)Q(x,y+1,z+1) + sQ(x+1,y+1,z+1)$$

【００１３】

再サンプリングを行う方法は、再サンプリングするボクセルに最も近い位置にある元のボクセルの値を用いる最近傍法など、別の方法を用いてもよい。

以上のような方法で計算を行うとき、ボリュームレンダリング計算におけるパラメータを定義する。

まず、不透明度αはボクセル値から定義されるが、この対応付けを変化させることで様々な表示が可能となる。そこで、本実施例ではボクセル値に比例して不透明度を決めることにする。図４のように、ボクセル値ｆと不透明度αを対応付け、不透明度を０とするボクセル値のしきい値ｆthと、比例定数ｋをパラメータとすることにする。これは、不透明度を簡単に設定できるようにするためと、Ｘ線ＣＴなどで計測された人体のような３次元データを表示する場合には、ボクセル値の高いものほど不透明度が高いように設定すると、自然な表示が行えるためである。

【００１４】

上記実施例によれば、レンダリングパラメータであるしきい値ｆthと比例定数ｋを変化させることで、表示対象を変更することができる。

また、３次元データと投影面の位置関係を変えることで、様々な方向からの３次元画像表示が可能となる。そこで、３次元データ空間の座標系Ａと投影空間の座標系Ｖとの座標変換を行う行列、特に本実施例では回転のみを考え、回転行列をパラメータとする。
本実施例では簡略化のため、以上の要素のみをパラメータとし、ボクセルの色はモノクロとし、光源の方向などについては固定とするが、もちろん、これらをパラメータに加え、可変にしても良いことは言うまでもない。
さて、上述の方法で、ステップ１０１でボリュームレンダリングを行うとき、各ピクセルの投影値を求めるときのライン上にあるボクセルで、しきい値ｆthを超える、最も投影面に近いボクセルの投影面からの距離をＺバッファとして記憶する(ステップ１０２)。

【００１５】

次に、上のように計算され、表示された３次元画像上で着目する点をマウスで指定し、表示する(ステップ１０３)。
指定された着目点のＺバッファを参照し、回転後の座標系Ｖにおける着目点の座標値を得る(ステップ１０４)。
ステップ１０５では、３次元画像上のＲＯＩとして、着目点を中心とするあらかじめ定めた初期値の半径を持つ円を設定し、３次元画像上にＲＯＩの範囲を表示する。
座標系Ｖにおける着目点の座標を変換し、オリジナルの座標系Ａにおける着目点の座標を求めて記憶する(ステップ１０６)。
以上で着目点の設定とＲＯＩの設定が終了し、表示パラメータの変更・入力待ち状態となり、この時点で表示されている３次元画像は、図５(ａ)に示すようになる。

【００１６】

続いて、回転を行い、表示方向を変化させる場合について説明する。ここで、回転を指示するときにレンダリング処理部に与えられるパラメータは、座標系Ａと座標系Ｖの座標値を変換する回転行列であるとする。
パラメータが入力され(ステップ１０７)、ステップ１０８で回転のパラメータかどうかチェックする。ここでは、回転パラメータが入力されたため、ステップ１０９へ進む。
ステップ１０９では、入力された回転行列を用い、記憶した座標系Ａにおける着目点の座標から座標系Ｖにおける座標値を求める。
求めた座標系Ｖにおける着目点の投影面上の座標を中心とする、円形のＲＯＩを設定し、表示する(ステップ１１０)。
この後は、ステップ１１１で、投影面全体についてボリュームレンダリングを行う。このとき、計算中のピクセル位置が、設定されたＲＯＩの領域内かどうか判定し(ステップ１１２)、ＲＯＩ内についてはＲＯＩ用の表示パラメータで、それ以外の領域は通常の表示パラメータでボリュームレンダリングをして、表示を行う(ステップ１１３，１１４)。このとき表示される画像は、図５(ｂ)のようになり、注目点３２を中心としたＲＯＩ３３が注目点とともに回転する。

【００１７】

次に、回転以外の表示パラメータが変更された場合には、ステップ１１４でＲＯＩ用の表示パラメータの変更か判定する。ＲＯＩ用のパラメータの場合はＲＯＩ内のピクセルについてのみ、ＲＯＩ用のパラメータでボリュームレンダリングを行い、ＲＯＩの部分のみ表示し直す(ステップ１１６)。このとき表示される画像は図５(ｃ)のようになり、ＲＯＩについてのみ別の部位を表示できる。
また、通常のパラメータが変更されたときは、ＲＯＩ以外のピクセルについてのみ、通常のパラメータでボリュームレンダリングを行い、ＲＯＩ以外の部分のみ表示し直す(ステップ１１７)。このとき表示される画像は図５(ｄ)のように、ＲＯＩ以外の部分について表示部位を変更できる。
表示が終れば、次の入力待ち状態となり、レンダリングパラメータが入力されればステップ１０７へ戻る。
上記実施例によれば、注目点を中心としてＲＯＩが設定でき、回転を行った場合にも注目点を特別の表示パラメータで表示することが可能となる。更に、ＲＯＩの深さ方向は視線

方向と一致するため、関心領域が奥まで隠れることなしに表示できる。
【００１８】
本実施例の応用として、例えば、全体としては体の表面を表示しておいて、関心領域については内臓を表示することができるようになり、内部の状態と外部の位置関係を把握しやすい表示ができる。
また、上記実施例では、投影画像計算方法としてボリュームレンダリング法を用いたが、他の方法でも良い。例えば、しきい値を超えたボクセル位置に表面があると考えて、表面ボクセルの位置から、表面の傾きを求めて、表面における反射を計算して投影画像を生成する、ボクセル法と呼ばれる方法などでも良い。
更に、前記実施例では注目点を設定するのにマウスを用いていたが、キーボードや、ペン入力装置など、他の座標指示装置を用いても良い。
また、Ｚバッファの位置を決めるとき、最も投影面に近いしきい値を超えたボクセルの位置をとっていたが、その視線上にあるボクセルの反射光量が最も多いボクセルの位置をとっても良い。これは、仮想的な表面をどう定義するかということであり、このようなデータでは実際の表面が曖昧であるため、どちらでも問題ではない。
【００１９】
更に、一度注目点を設定した後にステップ１０３へ戻り、着目点を設定し直しても構わないし、着目点の設定を取り消して、通常の３次元表示を行っても構わない。
また、上記実施例において、表示パラメータとして、ＲＯＩのサンプリング数を増やすことによって高精細なレンダリングを行うことができる。
図６に、この実施例を示す。簡略化のため、３次元データ１は投影面２と平行であるとする。４１は３次元データ中に存在する線上の物体、４２は投影面上におけるＲＯＩ、４３はＲＯＩに対応した３次元データ上の領域、４４はＲＯＩ以外の領域と同じサンプリング間隔で表示したときのＲＯＩの画像、４５はＲＯＩ以外の領域の半分のサンプリング間隔で表示したときのＲＯＩの画像であり、４６は物体４１を投影した領域である。
図６のようにサンプリング間隔を細かくとった方が、より細かく正確な画像をことができる。サンプリング数が増えるため、計算時間は増えるが、注目している限定されたＲＯＩのみについて計算するため、全体を細かく計算するより圧倒的に計算量は少なくて済む。
【００２０】
上記実施例によれば、例えば、高エネルギーのＸ線ＣＴを用いて、荷物の検査を３次元画像により行っていた場合に、全体の表示は処理時間を考慮し、ある程度サンプリング間隔を広くとって計算しておき、何か異常な物体、例えば、拳銃らしいものが見つかった場合に、その領域をマークし、その周囲のＲＯＩのみ細かくサンプリングを行って正確な観察を行い、更に回転して表示することで３次元形状を把握する、ということが可能となる。
ここで、図７に示すようなデータについて、ＲＯＩの深さをレンダリングパラメータとして指定する実施例について説明する。図７では、説明を簡略化するため、３次元データ中のある１断面のレンダリングについて考える。図中５１は、今着目する３次元データの１断面、５２は３次元データ中に存在する物体で、内部に丸い形状の５３、四角い形状の５４、三角の形状の５５の構造を持ち、それぞれの領域のボクセル値は丸囲みの数字で示された１０，５０，１００，３０である。
【００２１】
５６は断面５１が投影面に投影される領域、５７は５３の領域のうちＲＯＩにあたる領域を示す。また、５８，５９，６０はＲＯＩ領域のレンダリング計算の開始点の位置を示している。
まず、通常のレンダリング計算開始位置５８から計算を行うと、しきい値が１０より小さければ四角い物体の表面が表示され、１０～５０では丸い物体が、５０～１００では棒状の物体が表示される。このように、しきい値を変更することでＲＯＩ内の物体の内部を表示できる。
次に、レンダリング計算開始位置５９から計算を行うと、しきい値が３０より小さければ三角の物体の表面と丸い物体の内部が表示され、３０～５０では丸い物体の内部が、５０

～１００では棒状の物体が表示される。
更に、レンダリング計算開始位置６０から計算を行うと、しきい値が５０より小さければ丸い物体の内部が表示され、５０～１００では棒状の物体が表示される。
【００２２】
上述の実施例のように、レンダリング開始位置を奥にすることで、物体に穴をあけて内部の表示を行うことができる。更に、通常のレンダリング位置からでは表示できなかった、高いボクセル値の物体の中にある低いボクセル値の三角の物体を表示することもできるようになる。
以上の実施例では、レンダリング開始位置を投影面からの距離で設定したが、他の設定法でもよく、例えば、ボクセル値１０の物体の表面からの奥行きで設定したりすることもできる。
次に、ＲＯＩの形状と大きさを変更する実施例について、図８を用いて説明する。図中、３５は変更後のＲＯＩである。
まず、ＲＯＩの初期状態が、例えば、注目点３２を中心とする正方形で１辺が２０の長さだとする。このとき、マウスを用いて正方形ＲＯＩの頂点をドラッグすることで、ＲＯＩの大きさを変更する。ＲＯＩは注目点を中心として変化し、変更後のＲＯＩ３５は１辺が３０となったとする。ここで、例えば、ポップアップメニューからＲＯＩの形状を選択し、円形に変更したとすると、ＲＯＩは直径３０の円になる。マウスでこの円周をドラッグをすることで、ＲＯＩの大きさを変更する。
【００２３】
以上の実施例では、大きさを直観的に変更するために、マウスを用いていたが、１辺の長さや、直径、半径などの数値をキーボードから入力するようにしても良い。また、ＲＯＩの形状は長方形や三角形であってもよく、マウスでなぞった自由形状としてもよい（ただし、注目点をＲＯＩ内部に含む）。更にＲＯＩ形状の指定は、メニューで選択しないで、例えば、マウスの中ボタンを押すたびに、形状が切り替わるようにしてもよい。
次に、注目点の位置を表示する実施例を図９に示す。図中、６１は表示対象物である。
まず、(ａ)の角度で表示したときに注目点３２を設定する。これを回転して別の角度から表示したものが、(ｂ)，(ｃ)，(ｄ)である。
(ｂ)は、回転後、座標系Ｖにおいて、注目点の手前側、すなわち注目点と投影面との間に表示対象物６１が存在する場合で、このような場合には、注目点の位置を表示しない。このようにすることで、注目点を３次元データに書き込んだような効果を得ることができ、自然な前後関係で表示が行える。
【００２４】
しかし、(ｂ)の方法では、物体の影にある注目点の位置がわからなくなってしまうため、(ｃ)ではどのような場合にも注目点の位置を表示する。ただし、この方法では、注目点の奥行き感覚はわからなくなる場合がある。
また、(ｄ)では、注目点と投影面との間に物体が存在するときには、注目点と物体の色を平均した色で表示を行い、半透明に表示する。これは、(ｂ)，(ｃ)両方の長所と欠点を持つ。
そこで、上の(ｂ)，(ｃ)，(ｄ)の方法を場合によって使いわけるようにする。注目点位置の表示は、図１におけるステップ１１１または１１６の終了後に、ステップ１０９で求めたＶ系での注目点座標と３次元画像のＺバッファを用いて上記の方法により行う。
以上の実施例では、注目点は物体の表面にしか設定ができなかったので、物体の内部にも設定できる実施例について、図１０，図１１を用いて説明する。
【００２５】
図１０は、本実施例のフローチャート、また、図１１は、図１０に示したフローチャートに対応した操作と画像の例を示している。６５は表示対象となっている物体、６６は物体表面の仮の注目点、６７は物体６５を投影した３次元画像、６８は３次元画像上における注目点の位置、６９は仮の注目点の周りに設定されたＲＯＩの断面画像、７０は断面上で指定した真の注目点である。

このとき、３次元データ１中の表示対象は、図１１(ａ)に示す６５のような球状の中身の詰まった物体であるとする。以下、フローチャートを用いて注目点の設定方法を説明する。
まず、ステップ２０１では、物体６５が投影された３次元画像６７上で仮の注目点６８を指定する。すると、３次元空間上では物体の表面位置６６に注目点が設定される(図１１(ａ)参照)。
次のステップ２０２では、ステップ２０１で設定した仮の注目点６６を通り、投影面２に平行な断面の画像６９を計算し、ステップ２０３で表示する。この段階では、断面は物体の表面に接するような位置なので、図１１(ｂ)のように点として表示されている。

【００２６】

続いて、真の注目点として指定する断面位置を探すためにステップ２０５で断面の位置を平行移動させ、図１１(ｃ)のような表示を行う。
平行移動を行いながら注目点を設定する位置が決まったら、ステップ２０４で注目点を設定するステップ２０６へ進み、図１１(ｄ)のように真の注目点の位置を指定する。断面画像上で指定された注目点の３次元位置を求めて記憶し、図１に示した実施例のステップ１０７以降の処理に用いることができる。
以上の実施例により、物体の内部に注目点を指定することができる。これにより、例えば腫瘍の中心を常に関心領域の中心とした表示が可能となり、腫瘍が関心領域をはみ出さないように回転することができる。
さて、次に、注目点へのアプローチ方向を設定し、表示するための実施例について図１２のフローチャートと図１３を用いて説明する。本実施例は、例えば、腫瘍のある患者を撮影した３次元データに対して、注目点として腫瘍を指定し、手術する際のアプローチを事前に検討するような場合に利用できる。

【００２７】

本実施例は、図１に示した注目点を中心としたＲＯＩを設定する方法などの上記実施例と併用することもできるが、ここでは説明簡略化のため、単独でアプローチの設定と表示を行う例を示す。アプローチは指定した注目点を通り、投影面に垂直な方向に設定する。図１３中、７１はアプローチ方向、７２はアプローチ方向単位ベクトル、７３は物体６５の投影画像、７４は注目点を投影したもの、７５はアプローチを投影したものである。
まず、注目点を設定するところに関しては、図１に示した実施例と同じである(ステップ１０１，１０２，１０３，１０４，１０６)。
注目点を設定した後、回転を行って、表示対象を様々な角度から観察を行い、注目点へアプローチするために最適な方向を探して、アプローチ方向を決定する(ステップ３０１)。
回転後座標系Ｖ系における、Ｚ軸向きの(投影面に垂直方向の)単位ベクトルのオリジナル座標系Ａ系における値を求めて、アプローチ方向単位ベクトルとして記憶する(ステップ３０２)。

【００２８】

以上のステップにより、アプローチ方向が設定できる。次に、設定されたアプローチを表示する。
アプローチが設定されたときには、アプローチ方向は投影面と垂直であるため投影面上では注目点と重なる位置に点として表示される(図１３(ａ))。回転をして、アプローチ方向と視線方向が一致しない場合には、アプローチは直線として表示されるが、このとき、アプローチを示す直線と投影面との間に物体が存在すれば、アプローチは表示しないようにする(図１３(ｂ))。また、アプローチは注目点から、アプローチ方向単位ベクトルの向きに、ある長さだけ表示することにする。この長さは初期設定されているものとする。
アプローチが設定された、または、回転などのパラメータが入力された場合には(ステップ３１１)、ステップ３１２で、回転後のＶ系における注目点の座標を求める。

【００２９】

次に、Ｖ系におけるアプローチ方向単位ベクトルを求める(ステップ３１３)。
また、すでに指定されているアプローチの長さとアプローチ方向単位ベクトルと注目点の

座標から、アプローチを表示する際の注目点ではない方の端点を求める(ステップ３１４)。そこで、注目点と端点を結ぶ直線を投影面に投影し、そのときのＶ系でのＺバッファを記憶する(ステップ３１５)。ボリュームレンダリングを行い、３次元画像を求め(ステップ３１６)、そのとき求めた画像のＺバッファ(ステップ３１７)とアプローチのＺバッファとを比較し、画像のＺバッファの方が投影面に近い場合には３次元画像を表示し、そうでなければアプローチを表示する。(ステップ３１８)。
その後、注目点は、例えば、図９の実施例のように表示する。
本実施例により、前後関係を考慮した自然な合成表示を行うことができるが、アプローチと３次元画像を合成表示するならば、他の方法でも良い。
また、アプローチの長さや太さは変更できるようにしてもよい。

【００３０】
上記実施例により、アプローチ方向を決めた後、回転を行い、様々な角度から観察してアプローチの検討を行うことができる。ここで、設定したアプローチ方向と視線方向が一致した表示をすることにより、術中にアプローチする方向から観察するような状態をシミュレーションできる。そこで、図１４にアプローチビューを表示するための実施例を示す。
図１２におけるフローチャートに次の処理を加える。
ステップ３０２によりアプローチ方向が決定された後、現在の表示角度での座標系Ａから座標系Ｖへの回転行列を記憶する(ステップ４０１)。これにより、アプローチビュー方向が記憶される。
ここで、アプローチビュー表示を行う指示が入力されると(ステップ４１１)、ステップ４０１で記憶した回転行列をパラメータに入力する(ステップ４１２)。
すると、図１２のステップ３１１へ進み、上記の図１２の実施例により、アプローチ方向と視線方向が一致したアプローチビューが表示される。

【００３１】
上述の実施例により、手術のアプローチを計画できるが、そのとき、体の表面のどこからアプローチすればよいかを求めることにより、更に手術計画を支援できる。
図１５にアプローチ表面位置を求めるための実施例を示す。
まず、注目点やアプローチを設定する前に、ボリュームレンダリングを行い、体表面を表示するようなパラメータを設定し、記憶する(ステップ５０１)。本実施例ではしきい値を記憶する。
ここで、図１２の実施例のステップ３０１，３０２によりアプローチ方向が設定されたあと、ステップ５０１で記憶したパラメータ(しきい値)を呼び出し、レンダリングパラメータに入力する(ステップ５１１)。
すると、図１２に示した実施例(ステップ３１１～３１８)により、体表面の３次元画像とアプローチと注目点とを合成表示する。このとき、アプローチは投影面と垂直のため点となり、アプローチと注目点は重なり、図１３(ａ)のようになる。

【００３２】
すると、体表面とアプローチ方向の交わる位置はステップ３１７で得られたＺバッファにより求められる(ステップ５１２)。得られたアプローチ表面位置はＶ系の座標なので、Ａ系の座標に変換し、記憶する(ステップ５１３)。
以降、記憶されたアプローチ表面位置は、注目点を表示するときに、記憶していた座標系Ａから、座標系Ｖに変換し、図９の実施例と同様に表示を行う。
以上の実施例により、術前にアプローチ方向と、アプローチ表面位置の検討を行うことができる。
なお、上記各実施例は本発明の一例を示したものであり、本発明はこれに限定されるべきものではないことは言うまでもないことである。

【００３３】
【発明の効果】
以上述べたように、本発明によれば、観察方向によらず、常に注目する部分を中心として関心領域が設定され、関心領域とそれ以外の領域との関係を、表示パラメータをインタラ

クティブに変更することにより、立体的に把握できるようになる。また、関心領域についてのみレンダリングすることで、高速な処理が可能となったり、高精細な画像を得ることができるようになる。
更に、表示対象について穴をあけるような表示や、アプローチ方向を表示することにより、手術の計画などを行うことができるようになる。

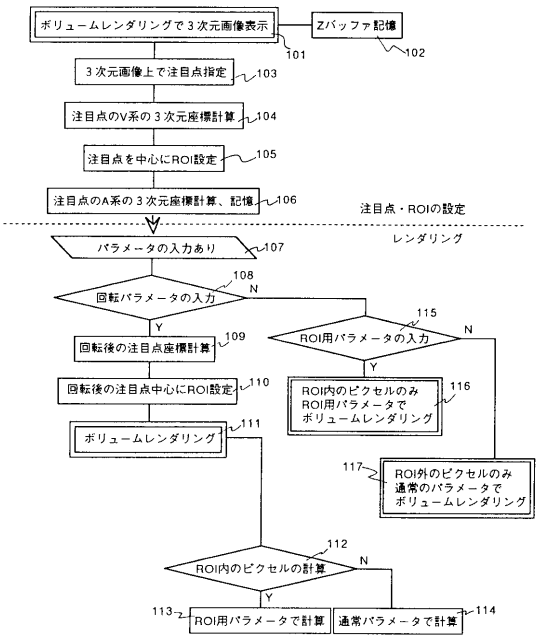
【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施例に係る、注目点を中心とした関心領域の設定とレンダリング法を示すフローチャートである。
【図２】ボリュームレンダリングの実施例を説明する図である。
【図３】再サンプリングの実施例を説明する図である。
【図４】不透明度とボクセル値の対応例を示す図である。
【図５】注目点と関心領域とが設定されたときのレンダリング結果の例を説明する図である。
【図６】高精細な表示を行うときの例を示す図である。
【図７】レンダリング計算開始位置を変更する実施例を説明する図である。
【図８】関心領域の大きさと形状を変更する例を示す図である。
【図９】注目点を表示する例を示す図である。
【図１０】注目点を物体内部に指定する例を示す図である。
【図１１】注目点を物体内部に指定する例を示す図である。
【図１２】アプローチ方向の設定とレンダリングの例を示すフローチャートである。
【図１３】アプローチ方向の表示例を示す図である。
【図１４】アプローチビューへの復帰の例を示すフローチャートである。
【図１５】アプローチ上の表面位置を求める実施例を示したフローチャートである。

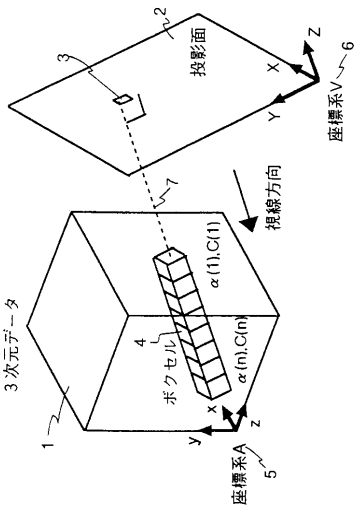
【符号の説明】

１　３次元データ
２　投影面
５　３次元データのオリジナル座標系
６　回転後の投影座標系
２１　しきい値
２２　不透明度を定義する比例定数
３２　注目点
３３　関心領域
６６　仮の注目点
７０　真の注目点
７１　アプローチ方向

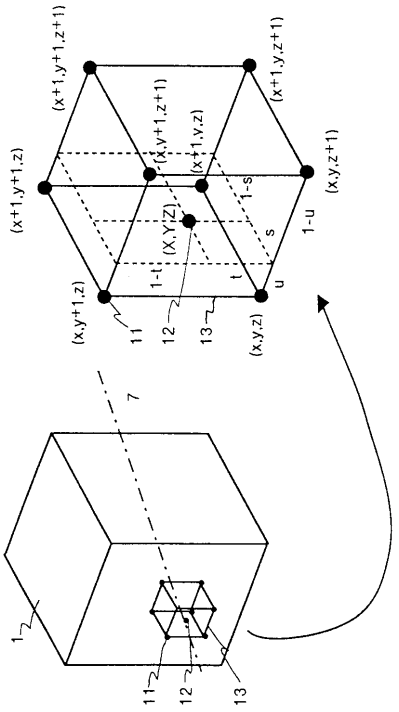
【図１】


ボリュームレンダリングで３次元画像表示
101
Zバッファ記憶
102
３次元画像上で注目点指定
103
注目点のV系の３次元座標計算
104
注目点を中心にROI設定
105
注目点のA系の３次元座標計算、記憶
106
注目点・ROIの設定
レンダリング
パラメータの入力あり
107
回転パラメータの入力
108
N
Y
回転後の注目点座標計算
109
回転後の注目点中心にROI設定
110
ボリュームレンダリング
111
ROI用パラメータの入力
115
N
Y
ROI内のピクセルのみ
ROI用パラメータで
ボリュームレンダリング
116
ROI外のピクセルのみ
通常のパラメータで
ボリュームレンダリング
117
ROI内のピクセルの計算
112
N
Y
ROI用パラメータで計算
113
通常パラメータで計算
114

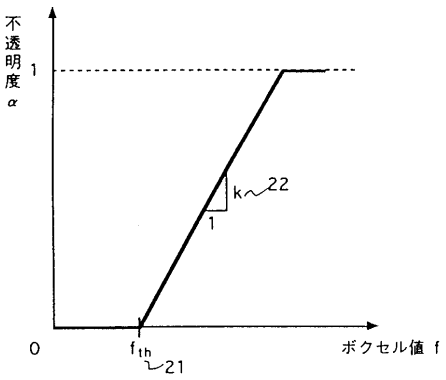
【図２】


投影面
2
3
Z
X
Y
座標系V
6
視線方向
7
3次元データ
α(1),C(1)
4
ボクセル
α(n),C(n)
x
z
y
1
座標系A
5

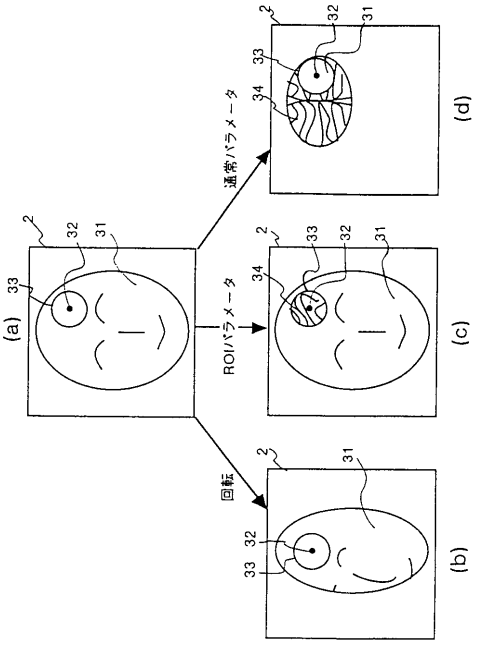
【図３】


(x+1,y+1,z+1)
(x+1,y,z+1)
(x,y+1,z+1)
(x+1,y,z)
(x,y+1,z)
(x,y,z+1)
(X,Y,Z)
1-s
s
1-u
u
1-t
t
(x,y+1,z)
(x,y,z)
11
12
13
7
1

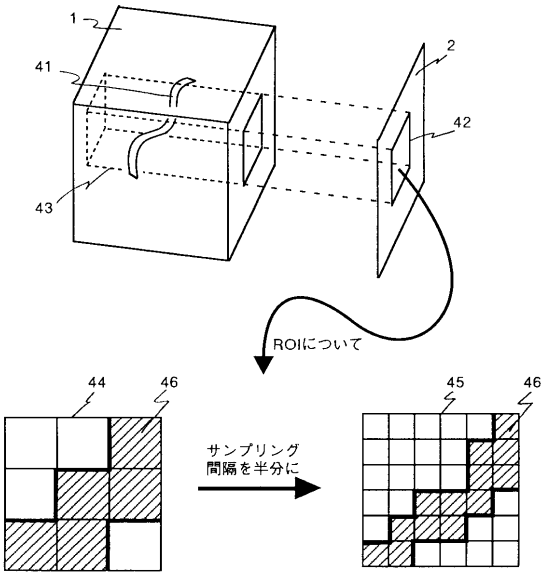
【図４】


不透明度 α
1
k
22
1
0
fth
21
ボクセル値 f

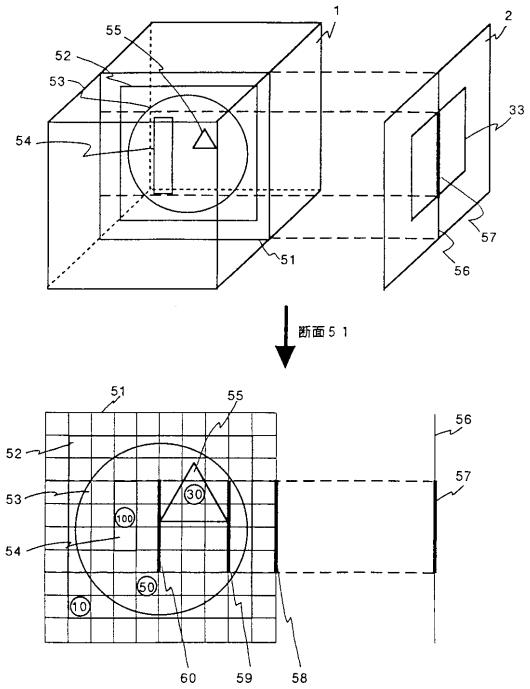
【図５】


(a)
(b)
(c)
(d)
通常パラメータ
ROIパラメータ
回転

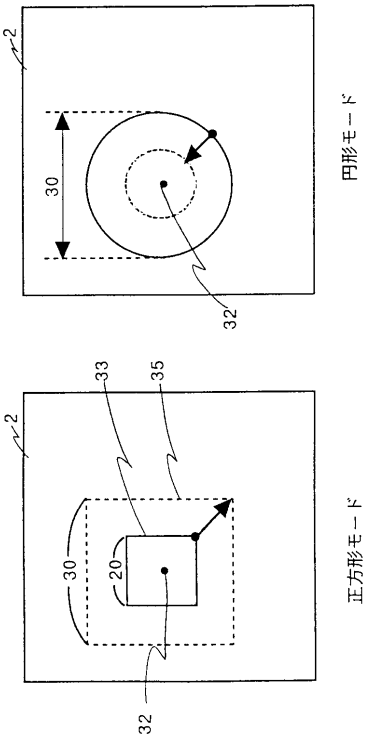
【図６】


ROIについて
サンプリング
間隔を半分に

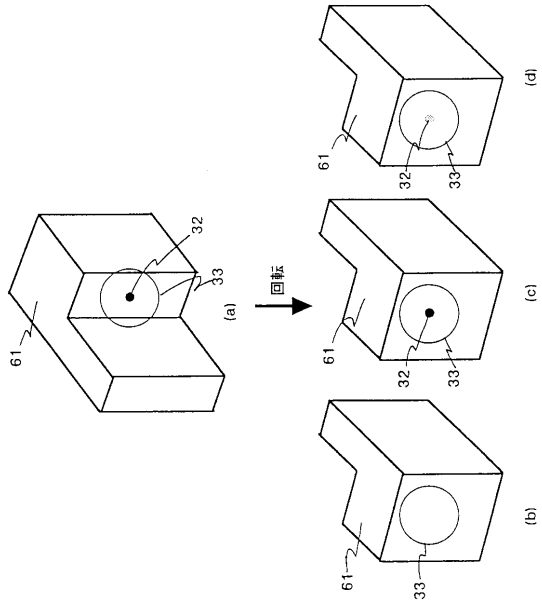
【図７】


断面５１

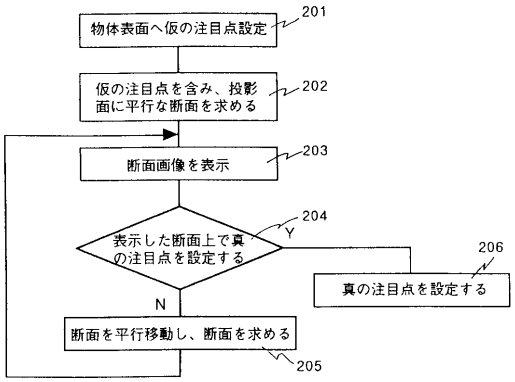
【図８】


円形モード
正方形モード

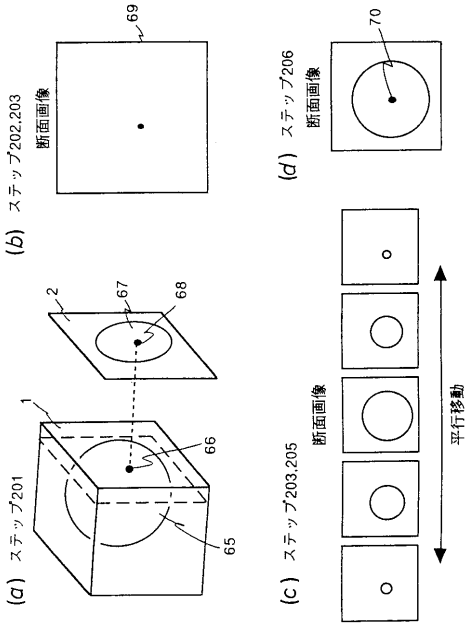
【図９】



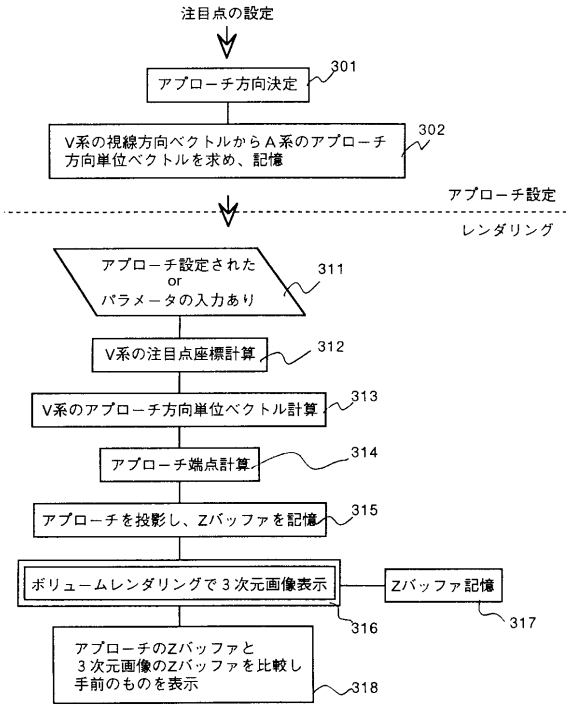
【図１０】



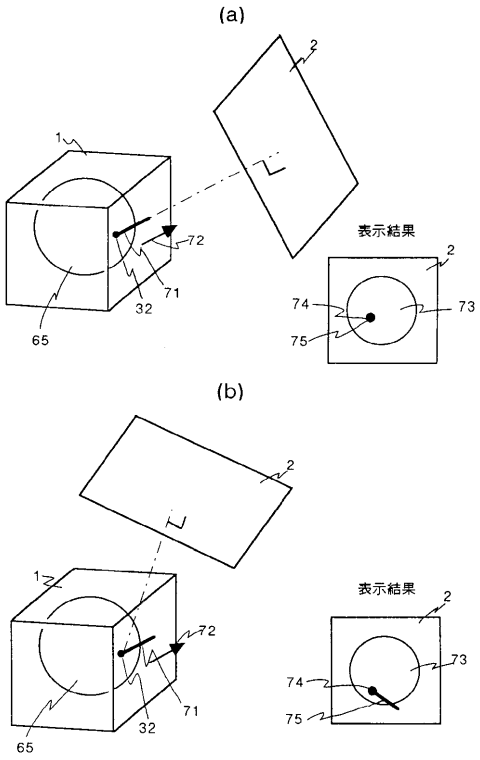
【図１１】



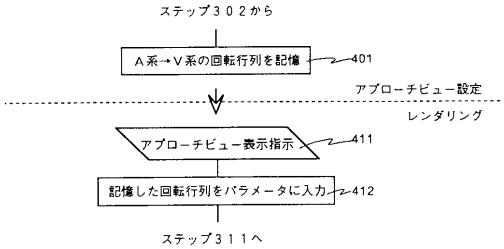
【図１２】



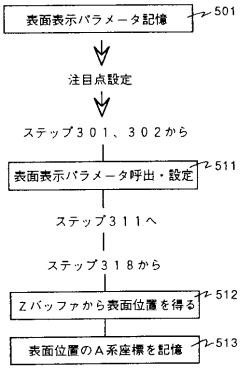
【図１３】


(a)
2
1
72
71
32
65
表示結果
2
74
73
75
(b)
2
1
72
71
32
65
表示結果
2
74
73
75

【図１４】


ステップ３０２から
Ａ系→Ｖ系の回転行列を記憶
401
アプローチビュー設定
レンダリング
アプローチビュー表示指示
411
記憶した回転行列をパラメータに入力
412
ステップ３１１へ

【図１５】


表面表示パラメータ記憶
501
注目点設定
ステップ３０１、３０２から
表面表示パラメータ呼出・設定
511
ステップ３１１へ
ステップ３１８から
Ｚバッファから表面位置を得る
512
表面位置のＡ系座標を記憶
513

フロントページの続き

審査官　橋爪　正樹

(56)参考文献　特開平７－１４０３３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G06T15/00-15/70
G06T17/00-17/50