

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4808303号  
(P4808303)

(45) 発行日 平成23年11月2日(2011.11.2)

(24) 登録日 平成23年8月26日(2011.8.26)

(51) Int.Cl.

F 1

<b>G06T 19/00</b>	<b>(2011.01)</b>	<b>G06T 17/40</b>	<b>A</b>
<b>G06T 15/30</b>	<b>(2011.01)</b>	<b>G06T 15/30</b>	
<b>A61B 5/05</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>A61B 5/05</b>	<b>380</b>
<b>A61B 6/03</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>A61B 6/03</b>	<b>360G</b>

請求項の数 10 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2000-212082 (P2000-212082)
(22) 出願日	平成12年7月13日 (2000.7.13)
(65) 公開番号	特開2001-160155 (P2001-160155A)
(43) 公開日	平成13年6月12日 (2001.6.12)
審査請求日	平成19年7月5日 (2007.7.5)
(31) 優先権主張番号	09/354822
(32) 優先日	平成11年7月16日 (1999.7.16)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ クタディ、リバーロード、1番
(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 智志
(72) 発明者	ジョン・ブイ・スキナー, ジュニア アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ニュ ー・ベルリン、サウス・ラッセル・コート 、3345番

審査官 村松 貴士

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】三次元データ・セットを効率良くリサンプリングする方法及び装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

三次元画像を表す三次元データ・ボリューム(52)を、ユーザ指定のリサンプリング方向から会話形式で再視覚化するために、前記データ・ボリュームをコンピュータ処理によりリサンプリングするリサンプル画像生成方法において、

このコンピュータのメモリ空間の座標系で表した傾き(d y / d x)を有し且つ前記三次元データ・ボリューム(52)と交わるところのリサンプリング面(50)を定義する一組の平行な線分(56、58、60、62、64、66、68)を、前記リサンプリング方向として選択する線分選択過程と、

クリッピング後の前記一組の平行な線分(170、172、174)が前記三次元データ・ボリューム(52)の中に完全に入るように前記一組の平行な線分(56、58、60、62、64、66、68)の端部を、前記コンピュータにより、クリッピングするクリッピング過程と、

前記三次元データ・ボリューム(52)のデータに対して、前記コンピュータによる前記一組の平行な線分(170、172、174)の上の複数の点でのリサンプリング処理を行うことにより、前記三次元データ・ボリューム(52)のリフォーマッティング済み画像を生成するデータ処理過程と、

を具備するリサンプル画像生成方法であって、

前記データ処理過程は、

前記リサンプリング処理にて適用されるサンプリング機能を、前記一組の平行な線分(

10

20

56、58、60、62、64、66、68)の前記傾きの値に応じて、三次元線形補間サンプリング機能と最隣接サンプリング機能とプロセス・サンプリング機能との中から1つ選択して決定するサンプリング機能決定過程と、

クリッピング後の前記一組の平行な線分(170、172、174)上の複数の点に沿って前記三次元データ・ボリュームの前記データに対して、前記決定された前記サンプリング機能を適用してリサンプリング処理を行うリサンプリング処理過程と、  
を具備することを特徴とするリサンプル画像生成方法。

#### 【請求項2】

前記リサンプリング処理過程は、クリッピング後の線分上の複数の点に沿ってデータを10  
処理する過程を含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

#### 【請求項3】

前記線分選択過程は、一組の平行な共面線分を選択する過程を含む請求項1または2記載の方法。

#### 【請求項4】

前記線分選択過程は、一対の直交する軸を有し、その一対の直交する軸のいずれか一方に沿って湾曲を有する面の中の一組の平行な線分を選択する過程を含むことを特徴とする請求項1または2または3に記載の方法。

#### 【請求項5】

前記クリッピング過程は、

前記一組の平行な線分の各々の第1の端点(172)をクリッピングするために、前記データ・ボリュームの第1の組の面(94, 96, 98)を決定し、且つ、各々の線分の反対側の第2の端点(168)をクリッピングするために前記データ・ボリュームの第2の組の面(116, 118, 120)を決定する過程と、  
20

線分ごとに、第1のクリッピング点(174)でクリッピングするために、その線分の前記第1の端点(172)及び第1の組の面(94, 96, 98)を解析し、且つ第2のクリッピング点(170)でクリッピングするために、その線分の前記第2の端点(168)及び第2の組の面(116, 118, 120)を解析する過程と、  
を含むことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の方法。

#### 【請求項6】

前記リサンプリング処理過程は、平行な線分の傾きに対応する特殊サンプリング機能を選択する過程と、クリッピング後の線分に沿った複数の点におけるデータの前記選択された特殊サンプリングを計算する過程とを含むことを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の方法。  
30

#### 【請求項7】

前記サンプリング機能決定過程において決定されるサンプリング手法は、前記一組の平行な線分の傾きの値に応じた異なる補間方法を有することを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の方法。

#### 【請求項8】

三次元画像を表す三次元データ・ボリューム(52)をユーザ指定のリサンプリング方向から会話形式で再視覚化するために、前記データ・ボリュームをリサンプリングするコンピュータ(36)を有するリサンプル画像生成システムであって、  
40

前記コンピュータ(36)は、

このコンピュータのメモリ空間の座標系で表した傾き(dy/dx)を有し且つ前記三次元データ・ボリューム(52)と交わるところの面(50)を定義する一組の平行な線分(56、58、60、62、64、66、68)を、前記リサンプリング方向として選択し、

クリッピング後の前記一組の平行な線分(170、172、174)が前記三次元データ・ボリューム(52)の中に完全に入るよう前記一組の平行な線分(56、58、60、62、64、66、68)の端部をクリッピングし、

前記三次元データ・ボリューム(52)のデータに対して前記一組の平行な線分(17  
50

0、172、174)の上の複数の点でのリサンプリング処理を行うことにより、前記三次元データ・ボリューム(52)のリフォーマッティング済み画像を生成する、ように構成されていると共に、

前記コンピュータは、さらに、

前記リサンプリング処理にて適用されるサンプリング機能を、前記一組の平行な線分(56、58、60、62、64、66、68)の前記傾きの値に応じて、三次元線形補間サンプリング機能と最隣接サンプリング機能とプロセス・サンプリング機能との中から1つ選択して決定し、

クリッピング後の前記一組の平行な線分(170、172、174)上の複数の点に沿って前記三次元データ・ボリュームの前記データに対して、前記決定された前記サンプリング機能を適用してリサンプリング処理を行う、

ように構成されていることを特徴とするリサンプル画像生成システム。

#### 【請求項9】

前記一組の平行な線分を選択する動作は、一対の直交する軸を有し、その一対の直交する軸のいずれか一方に沿って湾曲を有する面の中の一組の平行な線分を選択する動作を含むことを特徴とする請求項8記載のシステム。

#### 【請求項10】

前記コンピュータは、さらに、

前記一組の平行な線分の各々の第1の端点(172)をクリッピングするために、前記三次元データ・ボリュームの第1の組の面(94, 96, 98)を決定し、且つ、各々の線分の反対側の第2の端点(168)をクリッピングするために前記三次元データ・ボリュームの第2の組の面(116, 118, 120)を決定する動作と、

線分ごとに、第1のクリッピング点(174)でクリッピングするために、その線分の前記第1の端点(172)及び第1の組の面(94, 96, 98)を解析し、且つ第2のクリッピング点(170)でクリッピングするために、その線分の前記第2の端点(168)及び第2の組の面(116, 118, 120)を解析する動作と、

を実行するように構成されたことを特徴とする請求項8乃至9のいずれかに記載のシステム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は一般的にはデータをリサンプリング(resampling)する方法及び装置に関し、特に、医学的データを視覚的に処理し且つ表示するために三次元データ・セットをリサンプリングする方法及び装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

少なくとも1つの周知のコンピュータ断層撮影(CT)イメージング・システムの構成においては、X線源が扇形ビームを投射し、ビームは一般に「イメージング平面」と呼ばれるデカルト座標系のXY平面の中におさまるようにコリメートされる。X線ビームは、患者などの画像を生成すべき物体を通過する。ビームはその物体により減衰された後、放射線検出器のアレイに入射する。減衰後、検出器アレイが受けるビーム放射の強さは、物体によるX線ビームの減衰の程度によって決まる。アレイの各検出器要素は、その検出器の場所におけるビーム減衰を表す個別の電気信号を発生する。全ての検出器からの減衰測定値を個別に収集して、1つの透過プロファイルを生成する。

##### 【0003】

周知の第三世代CTシステムでは、X線源と検出器アレイは、X線ビームが物体と交わる角度が絶えず変化するように、イメージング平面の中で画像を生成すべき物体を中心としてガントリと共に回転する。ある1つのガントリ角度における検出器アレイからの一群のX線減衰測定値、すなわち、投影データを「ビュー」という。物体の「走査」は、X線源と検出器が一回転する間に異なるガントリ角度、すなわち、ビュー角度で得られた一組の

10

20

30

40

50

ビューから成る。軸方向走査においては、投影データを処理して、オブジェクトの断面である二次元スライスに対応する画像を構成する。一組の投影データから1つの画像を再構成する方法の1つを、当該技術では、フィルタ補正逆投影技法と呼ぶ。このプロセスは1回の走査から選られた減衰測定値を「CT数」又は「ハウズフィールド単位」と呼ばれる整数に変換する。これらの値は、陰極線管表示装置における対応する画素の輝度を制御するために使用される。これらの整数は医学的データのボリュームを形成する。

#### 【0004】

医療用として広く適用されている可視化技法の1つは、CT又はMRIイメージング・システムから収集された医学的データのボリュームを任意の傾きを有する平面に沿ってリサンプリングする方法である。この可視化技法はリフォーマット(reformat)として知られている。1つの平面に沿ったボリュームリサンプリングを一般には所定ボリュームのリフォーマットという。リフォーマッティングにより、患部の横断面を見ることが可能、とりわけ、狭窄、動脈瘤、面積及び距離を正確に測定する能力を獲得できる。10

#### 【0005】

リサンプリング平面をどこに配置するかの決定は、会話形式で場所を決定することによって容易に行えるであろう。会話形式による場所の決定は、第1のリフォーマット平面画像を表示し、続いて、新たなリフォーマット平面画像を生成し、表示することにより行われると考えられる。この場合、新たなリフォーマット平面は第1のリフォーマット平面と比較して徐々に縮尺、回転角度又は並行移動距離の点で変化していく。しかし、会話形式で場所を設定するためには、データのリサンプリング性能が良くなければならぬ。通常、毎秒約10枚のリフォーマット画像を生成することが要求される。適切な性能が備わっていなければ、会話形式による場所の設定を制御するのは困難である。従来より知られているシステムは、適切なリサンプリング性能を提供することができない。20

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

従って、会話形式により医学的データを効率よく観察し且つ可視化することができるようするためにデータの三次元ボリュームを迅速に、効率良くなりサンプリングすることが望ましいであろう。また、リサンプリング面の効率の良いクリッピングを実行することも望ましいであろう。更に、リサンプリングのために高度に最適化され、特殊化された機能を使用する場合、最適化されたリサンプリング機能の多くの組を効率よく管理することも望ましいであろう。30

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

一実施例では、上記の利点及びその他の利点は、会話形式でデータを効率よく観察し且つ可視化できるようにするために、少なくとも1つの方向に一定の傾きを有し且つデータの三次元ボリュームと交わる面を定義する一組の平行な線分を選択し、平行な線分に沿った複数の点でデータを処理して、データのリフォーマッティング済み画像を生成することにより、データの三次元ボリュームを迅速にリサンプリングする方法によって達成される。これに対応する装置の実施例も提供される。本発明の方法及び装置の実施例を使用すれば、線分上の点を処理している間、それらの点が所定のデータ・ボリュームの中に入っているか否かを決定するために平行な線分を検査する必要がないので、データの処理を迅速に進行させることができる。更に、方法及び装置の実施例によれば、高度に最適化され、特殊化された複数組のリサンプリング機能を使用することにより、データ、例えば、医学的データの三次元ボリュームの迅速で、効率の良いリサンプリングを実現することができる。40

#### 【0008】

##### 【発明の実施の形態】

図1及び図2を参照して説明する。図示されているように、コンピュータ断層撮影(CT)イメージング・システム10は、「第三世代」CTスキャナを代表するガントリ12を含む。ガントリ12は、反対側にある検出器アレイ18に向けてX線ビーム16を投射す50

るX線源14を有する。検出器アレイ18は、患者22の身体を通過した投射X線を一体となって感知する複数の検出器要素20により形成されている。検出器アレイ18は1スライス構成、多重スライス構成のいずれであっても良い。各検出器要素20は入射X線ビームの強さ、すなわち、ビームが患者22を通過するときに起こるビームの減衰を表す電気信号を発生する。X線投影データを収集するための走査の間、ガントリ12及びガントリ12に装着された構成要素は回転中心24を中心として回転する。

#### 【0009】

ガントリ12の回転及びX線源14の動作は、CTシステム10の制御機構26により規制される。この制御機構26は、X線源14に電力及びタイミング信号を供給するX線制御装置28と、ガントリ12の回転速度及び回転位置を制御するガントリ・モータ制御装置30とを含む。制御機構26のデータ収集システム(DAS)32は検出器要素20からアナログ・データをサンプリングし、後の処理に備えて、そのデータをデジタル信号に変換する。画像再構成装置34はDAS32からサンプリングされたデジタル化X線データを受信し、高速画像再構成を実行する。再構成画像は入力としてコンピュータ36に印加され、コンピュータ36は画像を大容量記憶装置38に格納する。

#### 【0010】

コンピュータ36はオペレータから、キーボードを有するコンソール40を介して、指令や走査パラメータも受信する。オペレータは、関連する陰極線管表示装置42を通して、再構成画像及びコンピュータ36からのその他のデータを観察することができる。コンピュータ36は、オペレータが提供した指令やパラメータを使用して、DAS32、X線制御装置28及びガントリ・モータ制御装置30に制御信号と情報を提供する。更に、コンピュータ36は、ガントリ12内における患者22の位置を決定するために電動テーブル46を制御するテーブル・モータ制御装置44を動作させる。

#### 【0011】

患者22の走査によって、多量の医学的データが収集される。このデータをコンピュータとの会話を通じてボリューム・サンプリングすれば、患部の複数の横断面画像を見て、狭窄、動脈瘤、面積及び距離を正確に測定することができる。一実施例では、本発明は、傾きが等しい線分の組としてモデル化できる面をリサンプリングする場合に適用可能である効率の良い高速クリッピング(clipping)方法を提供する。それらの面は平面と、2つの直交軸を有し且つその一方の軸に沿っては湾曲しているが他方の軸に沿っては湾曲していない他の面とを含む。そのような面の一例は、x軸又はy軸に沿って変位を伴うZ平面である。この種の面は、その面にある全ての線分に関して決定される重要なクリッピング範囲を有することができるので、線分ごとのクリッピング・プロセスは速くなる。

#### 【0012】

より一般的な例を挙げて説明する。図3は、例えば、立方体により表されるデータ・ボリューム52とリサンプリング平面50との交差を示す。点線(例えば、54)は、ボリューム52の内側にサンプリング点が位置している線を表す。一実施例では、データ・ボリューム52内の点におけるリサンプリングは、平面50上の各々の線分をクリッピングすることが、サンプリング点がボリューム52の内部に入ると始まり、解析すべき線分が完全にボリューム52の外に出たことがわかるまで継続される。平面50内にある線分56、58、60、62、64、66及び68は、クリッピングの有無について解析すべき線分の種類を表す。これらの線分のうちいくつか(56、58、66、68)は完全にボリュームの外に出ている。その他の線分(60、62、64)は部分的にボリュームの中に入っており、リサンプリング時にはクリッピングされる。データ点がリサンプリングされて行くデータ・ボリューム52の部分は、シート64の中に位置している。図3では、傾きの等しい平行な線分56、58、60、62、64、66及び68が平面50の軸Aを定義する。リサンプリング面が平面であるため、平面50の直交軸Bに沿って湾曲は全くない。

#### 【0013】

別の実施例では、湾曲したリサンプリング面を検査する。例えば、図4は、湾曲したリサ

10

20

30

40

50

ンプリング面 7 2 とデータ・ボリューム 5 2 との交差を示す。リサンプリング面 7 2 は湾曲しているが、この場合にも、傾きの等しい平行な線分 7 4、7 6、7 8、8 0、8 2、8 4 及び 8 6 により特徴づけられる、すなわち、定義される。これらの平行な線分の傾きは、リサンプリング面 7 2 の軸 A を定義する。軸 A と平行な方向にはリサンプリング面 7 2 は湾曲していないが、軸 A に対し直交する軸 B の方向では湾曲が許されており、実際に湾曲が存在する。図 4 に示す例では、リサンプリング面は完全にボリューム 5 2 の中に入っている湾曲シート 8 8 である。

#### 【 0 0 1 4 】

線分の両端については、リサンプリング点がボリューム 5 2 の中に入つてから、線分が完全にボリュームの外に出ているとわかるまでクリッピングされることにより、なされる。  
即ち、この一実施例では、このプロセスは線分の各々の端部で 1 度ずつ、2 回繰り返して実行される。プロセスは線分に沿つた一方の末端のサンプル点から始まり、その線分のもう一方の末端に達するまで、即ち、ボリュームの内部に入つてからサンプル点が見出されるまで、各サンプル点を試験することになる。線分の両端の点は最初にクリッピングされるので、データ・ボリューム内のサンプル点を処理する歩進(step)及び補間の繰り返しを上下限検査(bounds checking)なしで実行することができる。言い換えれば、処理している点がデータ・ボリュームの中にあるか又は外にあるかを決定するために、歩進及び補間の繰り返しの中で各点を検査する必要がないのである。繰り返しからこの検査が省略されるため、リフォーマッティング動作の効率は向上する。

#### 【 0 0 1 5 】

図 5 は、一実施例で使用されるクリッピング手続きのフローチャートである。手続きの実行はブロック 9 0 から始まる。ブロック 9 0 では、サンプリング平面の 1 つの線分の両端の点の一方を選択する。ブロック 9 2 では、選択した点がデータ・ボリュームの下方の面により表現されるデータ・ボリューム 5 2 の境界の中にあるか否かを決定するための試験を実行する。この境界は、例えば、図 3 及び図 4 のボリューム 5 2 の底面 9 4、右側面 9 6 及び正面 9 8 に相当するが、サンプリング面の向きに応じては、この試験に適する別の面として、例えば、サンプリング面 5 0 又は 7 2 のような面を使用する場合もある。点が下面の中に入つていなければ、すなわち、データ・ボリュームの中になければ、流れはブロック 1 0 0 へ進む。データ・ボリュームの中に入つていた場合には、ブロック 1 0 2 で実行を継続する。

#### 【 0 0 1 6 】

ブロック 1 0 0 は、考慮すべきリサンプリング点がデータ・ボリューム 5 2 の外にある場合にのみ実行される。この場合、そのリサンプリング点に対応する出力点、すなわち、視覚表現点又は画素は、その出力点がデータ・ボリューム 5 2 の外にあり、従って、医学的データを利用できないことを指示するために、「背景」データで充填される。次に、プロセスはブロック 1 0 4 へ進み、線分のもう一方の端に到達したか否かを決定するための試験を実行する。もう一方の端に到達していれば、その線分は完全にデータ・ボリューム 5 2 の外に出ているので、それ以上線分を検査する必要はない。そこで、プロセスはブロック 1 0 6 の呼出し手順に戻り、リサンプリング面の別の線分を検査するか、あるいは別の処理へ移行する。もう一方の端に到達していない場合には、ブロック 1 0 8 で現在線分に沿つてもう一方の終端点に向かって進み、クリッピング終端点になりうる点として新たなリサンプリング点を選択する。その後、プロセスはブロック 9 2 に戻る。

#### 【 0 0 1 7 】

ブロック 9 2 で下方の面の中に入る点が見出された場合、ブロック 1 1 0、1 1 2 及び 1 1 4 では、その反対側の端部で線分をクリッピングするための同様の試験が実行される。この場合、データ・ボリューム 5 2 の「上方の」面は上面 1 1 6、背面 1 1 8 及び左側面 1 2 0 により表現されている。尚、線分の終端点を試験する順序は任意であり、データ・ボリュームの様々な面に適用される「上方」と「下方」という用語も、ボリュームのどちらの側を任意に「上」、「下」と定義するかによって異なるため、多少なりとも任意性を有することに注意すべきである。しかし、線分が完全にデータ・ボリュームの外

10

20

30

40

50

に出ているのであれば、その事実は最初のクリッピング試験の際に既に決定されているであろう。従って、終端点を試験する順序に関わらず、2回目のクリッピング試験ループにおいては、線分の反対側の終端点に達したか否かを検査する必要はない。

#### 【0018】

検査すべき点がデータ・ボリューム52の下方の面と上方の面の間にある場合、これは、ブロック122で補間が実行される点である。補間機能では、点がデータ・ボリューム52の中にあるか否かを決定するための検査を実行する必要がないので、ブロック122においては補間機能が効率良く実行される。次に、ブロック124では、この点が線分上の最後の点であるか否かを決定するための検査を実行する。最後の点であれば、プロセスは呼び出し機能に戻る(ブロック126)。そうでなければ、ブロック128で線分上の次のサンプル点を選択し、最後の点が選択されるまで、実行はブロック122へ戻り、このループを繰り返す。

#### 【0019】

一実施例においては、このクリッピング手続きの特徴は、ある1つの面にある全ての線分が図3及び図4のA軸と整列した線分の場合のように等しい傾きを有するとき、線分の各終端点を検査するためのボリューム52のどの3つの面が必要とされるかを容易に決定できることである。これを単純に示した図6の二次元の例を参照すると、線分130を上方の終端点132からクリッピングするための手続きは、領域136の上方Y座表面134と、領域136の下方X座表面138とを考慮に入れるだけで良い。同様に、線分130を下方の終端点140からクリッピングする場合にも、手続きは下方Y座表面142と、上方X座表面144とを考慮に入れるだけで良い。このような解析は1つの面に対して一度実行されればよい。単純化した二次元の例では、図6に示すように、背景充填が行われる点は132、146、148、150、140、152、154及び156により表されている。線分130は点158及び160でクリッピングされ、点162、164及び166はデータ・ボリューム136内にある点を表している。図3及び図4に示す三次元の場合については、線分56及び74は完全にそれぞれ対応するボリューム52の外に出ていることが認識される。線分60及び78はクリッピングされている。図3では、線分60の点168と点170との間及び点172と点174との間で背景充填が行われ、図4の場合には、線分78の点176と点178との間及び点180と点182との間で背景充填が行われる。一実施例においては、いずれかの線分についてクリッピングが完了した後、また、別の実施例では全ての線分についてクリッピングが完了した後に、特殊サンプラー(sampler)を採用する。

#### 【0020】

一実施例では、リサンプリング面の全ての線分について、リサンプリング面上の線分の傾きに従って選択された特殊サンプラーを採用する。すなわち、図3を参照して説明すると、シート70上に位置する線分60の部分、すなわち、線分60の、クリッピング点170とクリッピング点174との間にある部分似ついて、軸Aの傾きに従って選択された特殊サンプラーを採用するということになる。特殊サンプラーを選択するときには、決定ツリーを使用する。そのような決定ツリーの一例184を図7に示す。決定ツリー184は、x軸、y軸及びz軸それぞれの方向における線分の傾きの符号に従って特殊サンプラーを選択するために使用される。図7に示す例では、考えうる線分の傾きの組み合わせの各々に関して最適化された特殊サンプラーを更に選択することができる。すなわち、一実施例においては、補間方法ごとに、また、サンプル点の処理に要求される条件ごとに、異なる特殊サンプラーが提供されるのである。一実施例では、従来より知られた方法である三次元線形(trilinear)補間及び最隣接(nearest neighbour)補間を使用する。しかし、本発明はこれらの補間方法の使用には限定されない。一実施例では、ボリュームの1つの軸に沿ってはより高次の補間を実行し、ボリュームの他の軸に沿っては低次の補間を実行する。処理に際して一般に要求される選択肢には、補間値におけるインラインセーブ、またはその後の処理のためのサンプル点ごとの機能呼び出しがある。2番目に挙げた処理要求は平面リサンプリングの場合に使用される。

10

20

30

40

50

### 【0021】

図8は、平面リサンプリングの実施例を二次元で表現した図である。この表現を三次元に拡張することは当業者には自明である。平面リサンプリングにおいては、基線線分186がサンプリング領域188の1つの辺を形成している。基線線分186から、この辺に対し垂直なサンプリング線分190は走査線線分を形成する。走査線線分は出力画像で使用される補間サンプル値を生成する。

従来のリフォーマッティングを実現するために3種類の処理方法、すなわち、補間方法が提供される場合、図7の決定ツリーの例においては、異なる傾きの組み合わせのそれについて24の特殊サンプラが必要である。また、ボリュームの次元が2の累乗である場合には、特殊ボクセル・アドレッシング方式を支援することが望ましいであろう。特殊サンプラの数は、リサンプリングの新たな変形方式ごとに指數関係をもって増加する。従つて、特殊サンプラ機能を自動的に生成する方法を提供することが望ましい。10

### 【0022】

サンプリング機能を自動的に生成させるために、サンプリング機能をプログラミングするときにカプセル化方法及び仮想方法の技法を採用するのが望ましい。この方式は、性能を劣化させずにオブジェクト指向パラダイムを使用することによって、単純であり且つ再利用が可能であるという利点をもたらす。カプセル化は、例えば、ローカル機能変数の使用により実行される。各特殊サンプラは1つの機能として実現されるので、一実施例では、クラス変数の代わりにローカル変数を使用する。サンプル関するを表すソースコードを生成するのに適する特徴を持つ様々なプログラミング言語がある。20

### 【0023】

C++プログラミング言語で書かれた一実施例の場合、間接的にメンバ変数を参照するのではなく、直接に変数を参照するので、性能が向上する。サンプラ機能はマクロのクラス構造集合と、制御論理マクロとを使用して生成される。(マクロのクラス構造集合とは、継承方法、カプセル化方法及び仮想方法を有するマクロの集合を言う。)マクロのクラス構造集合は、補間方法又は処理方法を実現するステッパポイントクラスを定義する。このクラスは次の方法を含む。

- ・Const( ) - この方法は、インタポレータ／プロセッサのコンストラクタである。他の方法により参照される変数宣言を生成する。
- ・Init(resultBuffer,resultbuffersize) - このイニシャライザは、補間値を格納するために、ポインタをバッファに設定する。30
- ・ComputeValue(x, y, z, value) - この方法は、1つの点について特定の補間方法を実行する。
- ・GetPointNumber(number) - この方法はリサンプリング点番号を検索する。

### 【0024】

第1のリサンプリング点は0、次のリサンプリング点は1などとなっている。

・ProcessBackward(value, x, y, z), ProcessForward(value, x, y, z) - これらの方  
法は値の特殊処理を規定する。また、これらの方法は基線線分についてステッパを実現するための機会を与える。順方向及び逆方向の方式により、処理方法は現在点を追跡することができる。40

### 【0025】

この実施例においては、ステッパ・コントローラ・マクロは、ステッパ点クラスのマクロ実現方法を参照することにより機能全体を構築する。補間又は処理のスタイルごとにステッパ方法を定義することにより、全ての特殊サンプラ機能を生成する。例えば、一実施例では、C/C++プログラムコードを使用してサンプラ機能を生成するために次のコードセグメントを使用する(各ステートメントに先行する行番号はコードの一部ではないが、参考のために示されているだけである)。別の実施例においては、別のコンピュータ言語で対応する特徴を利用するため等価のコードを書き込む。

```
1     include(vtkM4ProcessTrilinear.m4)
2     VtkM4Stepper(P,P,P,Inline,TR)
```

10

20

30

40

50

```

3      VtkM4Stepper(P,P,N,Inline,TR)
4      VtkM4Stepper(P,N,P,Inline,TR)
5      VtkM4Stepper(P,N,N,Inline,TR)
6      VtkM4Stepper(N,P,P,Inline,TR)
7      VtkM4Stepper(N,P,N,Inline,TR)
8      VtkM4Stepper(N,N,P,Inline,TR)
9      VtkM4Stepper(N,N,N,Inline,TR)

10
10     1 0      include(vtkM4ProcessInline.m4)
11     1 1      VtkM4Stepper(P,P,P,Inline,NN)
12     1 2      VtkM4Stepper(P,P,N,Inline,NN)
13     1 3      VtkM4Stepper(P,N,P,Inline,NN)
14     1 4      VtkM4Stepper(P,N,N,Inline,NN)
15     1 5      VtkM4Stepper(N,P,P,Inline,NN)
16     1 6      VtkM4Stepper(N,P,N,Inline,NN)
17     1 7      VtkM4Stepper(N,N,P,Inline,NN)
18     1 8      VtkM4Stepper(N,N,N,Inline,NN)
19     1 9      VtkM4Stepper(N,N,N,Inline,NN)

20
20     2 0      include(vtkM4ProcessProcess.m4)
21     2 1      VtkM4Stepper(P,P,P,Process,NN)
22     2 2      VtkM4Stepper(P,P,N,Process,NN)
23     2 3      VtkM4Stepper(P,N,P,Process,NN)
24     2 4      VtkM4Stepper(P,N,N,Process,NN)
25     2 5      VtkM4Stepper(N,P,P,Process,NN)
26     2 6      VtkM4Stepper(N,P,N,Process,NN)
27     2 7      VtkM4Stepper(N,N,P,Process,NN)
28     2 8      VtkM4Stepper(N,N,N,Process,NN)
29     2 9      VtkM4Stepper(N,N,N,Process,NN)。

```

## 【0026】

第1の行は、三次元線形補間スタイル・ポイント・ステッパに関わる方法を定義するマクロ定義の集合を含む。VtkM4Stepperマクロはステッパ・コントローラ・マクロである。このマクロはその引数を使用して、線分の傾きに特有のクリッピング・コードを生成すると共に、それ独自の機能名を作成する。行11は、最隣接補間スタイル・ポイント・ステッパを伴うステッパ方法を再定義する。行21は、基線線分ステッパを実現するために使用されるプロセス・ポイント・スタイル・ポイント・ステッパを伴うステッパ方法を再び置き換えている。

ポイント・ステッパのConst( )は、オブジェクトインスタンス名及びメンバ変数名から取り出されるローカル変数名を生成することにより、十分なラン・タイム性能及びカプセル化が得られるように支援する。すなわち、どの補間方法においてもデータの隠蔽が行われるのである。

## 【0027】

標準型コンピュータ・システム又はカスタム・コンピュータ・システムはこれらの方法の様々な実施例を実行するのに適した装置であり、本発明による方法の実施例を実行するよう構成されれば、そのようなシステムは本発明による装置の実施例を構成することになる。このようなコンピュータ・システムは、プログラムやデータを格納するメモリ、オペレータ・コンソール、マウス又はジョイスティックなどの1つ又は複数の標準入力装置、及びビデオ表示装置を含むことができる。適切なコンピュータ・システムは図2に示すCTイメージング・システムの一部として設けられる。このコンピュータ・システムは、医学的データ及び方法を実行するための格納プログラムを格納できる大容量記憶装置38と、コンピュータ又はプロセッサ36と、オペレータ・コンソール40と、表示装置42とを含む。イメージング・システムとは別個に設けられる装置の実施例もあり、この場合、

10

20

30

40

50

装置により処理すべき画像データは何らかの適切な方法によりコンピュータのメモリへ転送される。

**【0028】**

248MHzプロセッサを有するSUN(登録商標)UltraSPARC-IIコンピュータ(Sun Microsystems、Palo Alto、CA)を考えてみる。最隣接補間を使用して、 $512 \times 512 \times 64$ の大きさの16ビット・ボクセルのボリュームから $512 \times 512$ の出力画像を毎秒26フレームの速度で生成することができる。三次元線形補間を使用する場合には、 $512 \times 512 \times 64$ の大きさの16ビット・ボクセルのボリュームから $512 \times 512$ の出力画像を毎秒5.5フレームの速度で生成することができる。

10

**【0029】**

以上説明した方法及び装置は、データを会話形式で観察し且つ可視化することを可能にするために三次元データを迅速に、効率良くなりサンプリングするものである。本発明による方法及び装置の利点は、等しい傾きを有する一組の線分としてモデル化された面を選択し、それらの線分を効率良くクリッピングし、リサンプリングのために高度に最適化され且つ特殊化された機能を使用し、それらを効率良く管理することにより実現される。

**【0030】**

本発明を詳細に説明し且つ図示したが、以上の説明及び図面は単なる例示を目的としており、本発明を限定するとみなされてはならないことを明確に理解すべきである。更に、ここで説明したCTシステムは、X線源と検出器の双方がガントリ内部で回転する「第三世代」のシステムである。検出器がフルリング静止検出器であり、X線源のみがガントリ内部で回転する「第四世代」のシステムを含むその他の多くのシステムについても、個々の検出器要素を所定のX線ビームに対してほぼ均一の応答を示すように修正したならば、使用しても差し支えない。また、ここで説明したシステムは軸方向走査を実行するが、螺旋走査を行うシステムと組み合わせても本発明を利用できる。従って、本発明の趣旨は特許請求の範囲の用語によってのみ限定されるものとする。

20

**【図面の簡単な説明】**

**【図1】** CTイメージング・システムの概略図。

**【図2】** 図1に示すシステムの概略ブロック線図。

**【図3】** リサンプリング平面と、立方体により表されるデータ・ボリュームとの交差を示す図。

30

**【図4】** より一般的な湾曲した面と、立方体により表されるデータ・ボリュームとの交差を示す図。

**【図5】** 線分クリッピング手続きの一実施例のフローチャート。

**【図6】** 正方形の二次元データ・ボリュームと交わる線分に適用される線分クリッピング手続きの一実施例の一、より簡略化された二次元の例を示す図。

**【図7】** 特殊サンプラーを選択する際に有用である決定ツリーの一実施例を表す概略図。

**【図8】** ベースライン線分がサンプリング領域の一方の端を形成し、ベースラインに対し垂直な線分は走査線線分を構成するような平面リサンプリングの簡略化された一例を示す図。

40

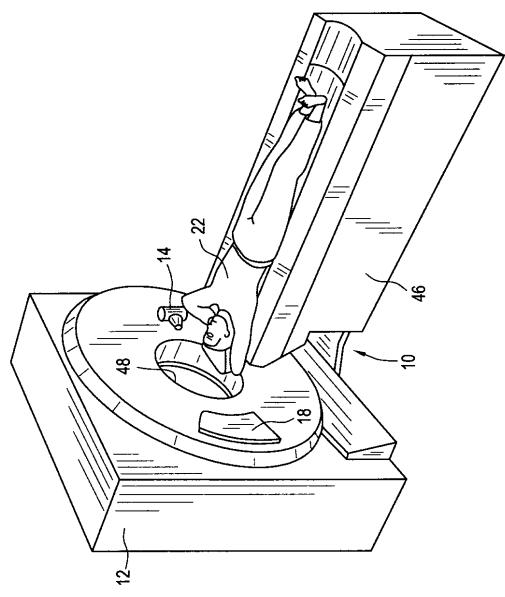
**【符号の説明】**

- 10 CTイメージング・システム
- 12 ガントリ
- 14 X線源
- 18 検出器アレイ
- 20 検出器要素
- 28 X線制御装置
- 30 ガントリ・モータ制御装置
- 32 データ収集システム(DAS)
- 34 画像再構成装置

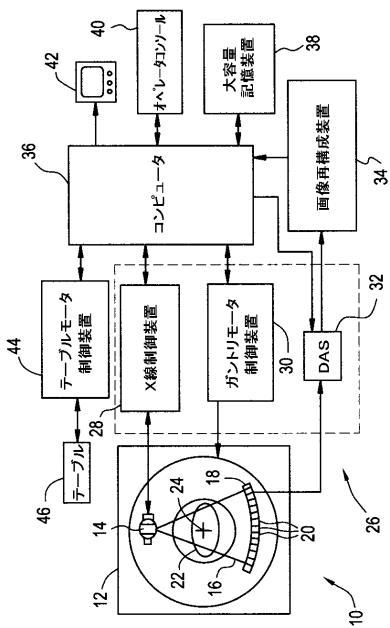
50

- 3 6 コンピュータ
- 3 8 大容量記憶装置
- 4 0 オペレータ・コンソール
- 4 2 ビデオ表示装置
- 4 4 テーブル・モータ制御装置

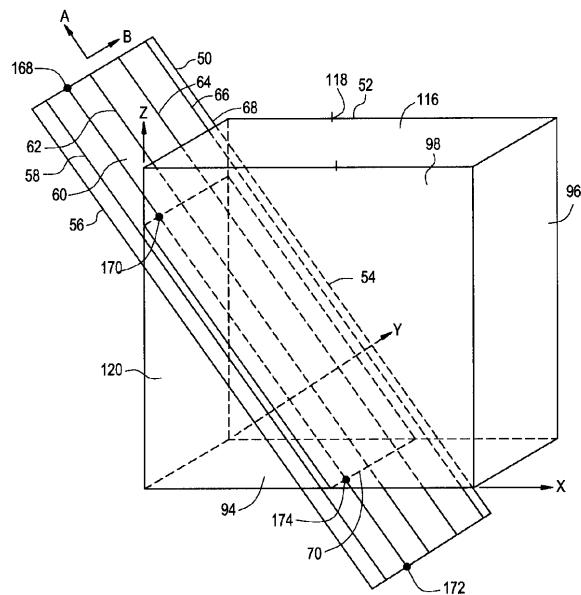
【図1】



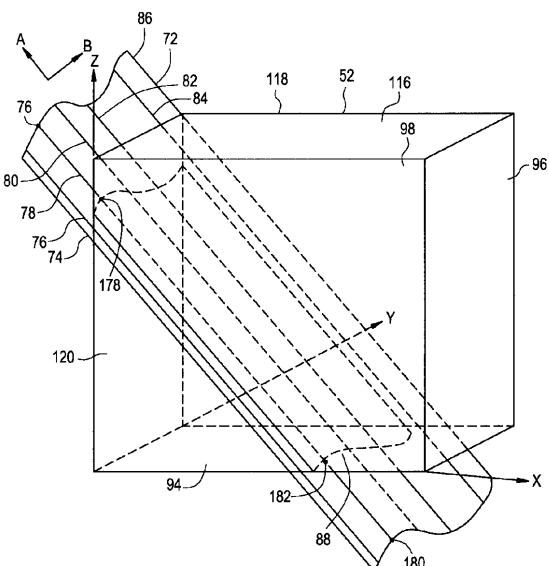
【図2】



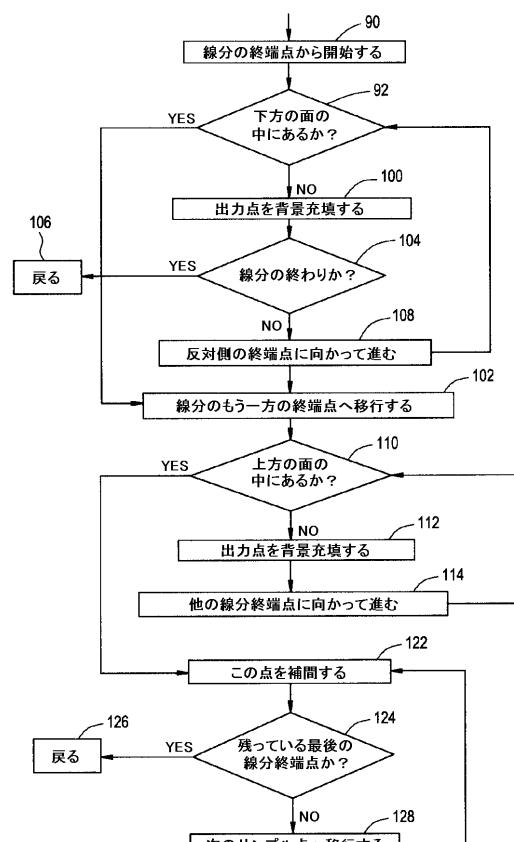
【図3】



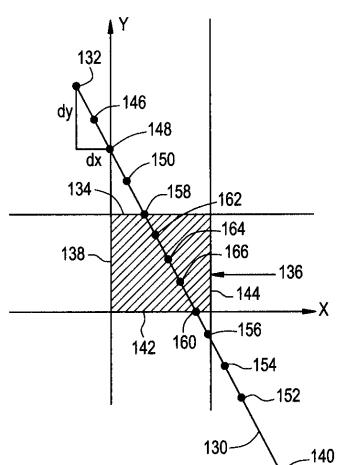
【図4】



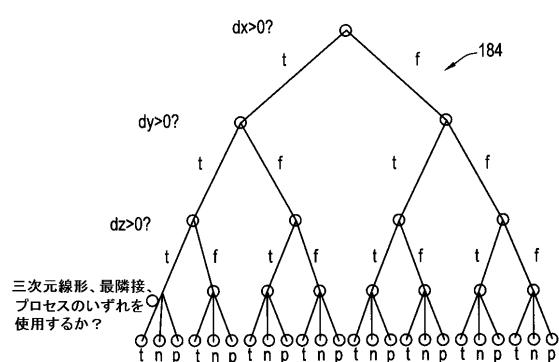
【図5】



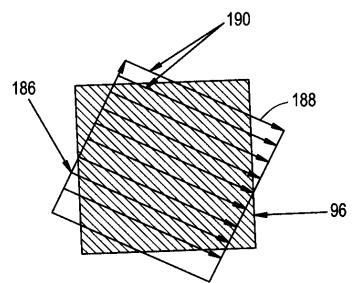
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平08-212391(JP,A)  
特開昭60-108977(JP,A)  
特開平08-215192(JP,A)  
特開平03-113685(JP,A)  
特公平08-010468(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 15/00 - 19/20  
A61B 5/00 - 6/14