

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4139318号
(P4139318)

(45) 発行日 平成20年8月27日(2008.8.27)

(24) 登録日 平成20年6月13日(2008.6.13)

(51) Int.Cl.

F I

G O 6 T 15/00 (2006.01) G O 6 T 15/00 2 0 0
A 6 1 B 8/00 (2006.01) A 6 1 B 8/00

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2003-403080 (P2003-403080)
(22) 出願日 平成15年12月2日(2003.12.2)
(65) 公開番号 特開2005-165627 (P2005-165627A)
(43) 公開日 平成17年6月23日(2005.6.23)
審査請求日 平成17年8月24日(2005.8.24)

(73) 特許権者 390029791
アロカ株式会社
東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
(74) 代理人 100075258
弁理士 吉田 研二
(74) 代理人 100096976
弁理士 石田 純
(72) 発明者 赤羽 睦弘
東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロ
カ株式会社内

審査官 伊知地 和之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及びボリュームデータ処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

生体に対して超音波を送受波し、これにより複数のボクセルデータで構成されるボリュームデータを取り込む送受波手段と、

前記ボリュームデータが格納される三次元データ空間を有する三次元データメモリと、

前記ボリュームデータに基づいて三次元画像を形成する三次元画像形成手段と、

前記三次元データメモリから前記三次元画像形成手段へ前記ボリュームデータを転送する手段であって、所定のデータ集合を転送単位としてデータ転送を繰り返し実行するデータ転送手段と、

を含み、

前記三次元画像形成手段は、前記三次元データ空間の外側に任意に設定された視点から出る複数の視線として、前記三次元データ空間を任意の方向から通過する複数のレイを設定するレイ設定手段と、

前記データ転送ごとに、前記複数のレイの中でボクセル演算実行可能なレイを判定するレイ判定手段と、

前記データ転送ごとに、前記ボクセル演算実行可能なレイについてボクセル演算実行可能な座標までボクセル演算を進行させるボクセル演算手段と、

を含み、

前記各レイごとの最後のボクセル演算の結果として前記三次元画像が構成され、

前記各レイについてボクセル演算が独立して進行し、

10

20

前記所定のデータ集合は、前記三次元データ空間内において連続性をもった複数のボクセルデータで構成されるスライスデータであり、

前記データ転送手段は、スライスデータの並び順でデータ転送を繰り返し実行し、

前記データ転送手段は、前記スライスデータの並び方向における正方向又は負方向を前記スライスデータの取り出し方向として選択する方向選択手段を含み、

前記方向選択手段は、前記三次元データ空間に対する視点の位置に応じて前記正方向又は負方向を選択することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の装置において、

前記三次元データメモリへの前記ボリュームデータの書き込み時に三次元送受波空間の座標系から前記三次元データ空間の座標系への座標変換を実行する座標変換手段を含み、

前記データ記憶空間は、直交する 3 つの座標軸を有し、

前記スライスデータは、前記直交する 3 つの座標軸の内の特定の座標軸に直交する面に相当することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 3】

請求項 1 記載の装置において、

前記三次元画像形成手段は、前記ボクセル演算で必要なデータを補間処理によって生成するデータ補間手段を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 4】

請求項 1 記載の装置において、

前記三次元画像形成手段は、前記各レイごとに単位長さ当たりにおけるボクセル演算回数を均一化する手段を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 5】

請求項 1 記載の装置において、

前記三次元画像形成手段は、並列動作する複数の三次元画像形成モジュールを含み、

前記複数のレイが複数のグループに区分され、

前記各三次元画像形成モジュールがそれに対応付けられたグループについてボクセル演算を担当することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 6】

生体の三次元送受波空間に対して超音波を送受波し、これにより複数のボクセルデータで構成されるボリュームデータを取り込む送受波手段と、

互いに直交する 3 つの座標軸を有する三次元データ空間を有し、前記ボリュームデータが格納される三次元データメモリと、

前記ボリュームデータに基づいて三次元画像を形成する三次元画像形成手段と、

前記三次元データメモリから前記三次元画像形成手段へ前記ボリュームデータを転送する手段であって、前記三次元データ空間内において前記 3 つの座標軸における特定の座標軸に直交するスライスデータを転送単位とし、且つ、前記特定の座標軸の方向をスライスデータの取り出し方向として、データ転送を繰り返し実行するデータ転送手段と、

を含み、

前記三次元画像形成手段は、

前記三次元データ空間の外側に任意に設定された視点から出る複数の視線として、前記三次元データ空間を任意の方向から通過する複数のレイを設定するレイ設定手段と、

前記データ転送されたスライスデータを一時的に格納する内部メモリと、

前記データ転送ごとに、前記内部メモリ上に格納されたスライスデータを用いて、前記複数のレイの中でボクセル演算実行可能なレイについてボクセル演算実行可能な座標までボクセル演算を進行させ、これにより、各レイごとの最後のボクセル演算の結果として前記三次元画像を構成する画素値を求める手段と、

を有し、

前記データ転送手段は、前記スライスデータの並び方向における正方向又は負方向を前記スライスデータの取り出し方向として選択する方向選択手段を含み、

10

20

30

40

50

前記方向選択手段は、前記三次元データ空間に対する視点の位置に応じて前記正方向又は負方向を選択することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載の装置において、

前記三次元画像形成手段は、更に、

前記各レイごとに、それが前記三次元データ空間に対して最初に通過する点として、前記三次元データ空間における第 1 軸上の初期座標、第 2 軸上の初期座標及び第 3 軸上の初期座標を演算する初期座標演算手段と、

前記第 1 軸の刻み成分、前記第 2 軸の刻み成分及び前記第 3 軸の刻み成分を演算する刻み成分演算手段と、

10

前記各レイごとに、前記第 1 軸上の初期座標、前記第 2 軸上の初期座標及び前記第 3 軸上の初期座標に対して、それぞれ前記第 1 軸上の刻み成分、前記第 2 軸上の刻み成分及び前記第 3 軸上の刻み成分を累積的に加算することにより、前記各レイ上におけるボクセル演算対象座標を特定する対象座標特定手段と、

前記内部メモリ上に格納されたスライスデータの中から前記ボクセル演算対象座標に該当するボクセルデータを抽出し、あるいは、前記内部メモリ上に格納されたスライスデータを用いて前記ボクセル演算対象座標に該当するボクセルデータを補間演算により生成する手段と、

を含むことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 8】

20

請求項 6 記載の装置において、

前記三次元データ空間に対して定義される単位レイベクトルについて前記特定の座標軸上の座標成分を求める手段を含み、

前記方向選択手段は、前記特定の座標軸上の座標成分が正である場合に前記特定の座標軸の正方向をスライスデータの取り出し方向として選択し、前記特定の座標軸の座標成分が負である場合に前記特定の座標軸の負方向をスライスデータの取り出し方向として選択することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 9】

複数のボクセルデータで構成されるボリュームデータが格納された三次元データメモリから画像処理プロセッサ内の内部メモリへ前記ボリュームデータを転送する転送工程と、

30

前記転送されたボリュームデータを用いて、ボリュームレンダリング法に基づいて三次元画像を形成する画像形成工程と、

を含むボリュームデータ処理方法において、

前記転送工程は、前記ボリュームデータを特定の座標軸方向に整列した複数のスライスデータに区分し、前記複数のスライスデータの中から前記所定の座標軸の方向に順番にスライスデータを転送する工程を含み、

前記画像形成工程は、

前記三次元データ空間の外側に任意に設定された視点から出る複数の視線として、前記三次元データ空間を任意の方向から通過する複数のレイを設定する工程と、

前記データ転送ごとに、前記複数のレイの中でボクセル演算実行可能なレイについてボクセル演算実行可能な座標までボクセル演算を進行させ、これにより、各レイごとの最後のボクセル演算の結果として前記三次元画像を構成する画素値を求める工程と、

40

を含み、

前記転送工程は、前記スライスデータの並び方向における正方向又は負方向を前記スライスデータの取り出し方向として選択する方向選択工程を含み、

前記方向選択工程では、前記三次元データ空間に対する視点の位置に応じて前記正方向又は負方向が選択されることを特徴とするボリュームデータ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は超音波診断装置及びボリュームデータ処理方法に関し、特に、三次元メモリに格納されたボリュームデータに基づいて三次元画像を形成する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置において三次元超音波画像を形成する場合、生体内の三次元送受波空間に対して超音波が送受波され、それによりボリュームデータが取得される。ボリュームデータは、複数のボクセルデータ（エコーデータ）によって構成されるものである。そのようなボリュームデータを用いて三次元超音波画像を形成する場合、例えば、ボリュームレンダリング法が用いられる。

【0003】

この手法では、一般には、三次元データ空間（ボリュームデータが存在するデータ空間）を挟むように、視点とスクリーンとが定義され、また視点からスクリーンへ複数のレイ（視線）が定義される。そして、三次元データメモリから、各レイごとにそのレイ上に存在するボクセルデータが逐次的に読み出され、各ボクセルデータに対してボクセル演算（ここでは、ボリュームレンダリング法に基づくオパシティを利用した出力光量演算）が逐次的に実行される。最終的なボクセル演算結果（出力光量）が画素値に変換され、各レイごとの画素値をスクリーン上にマッピングすれば、三次元超音波画像が構成される。

【0004】

従来において、三次元画像を形成する各種の演算に当たっては専用のハードウェア（機能が固定された高速演算器）を設計し、そのハードウェアで上記ボクセル演算などを実行させていた。

【0005】

その一方において、近時、プログラマブルな汎用プロセッサ（例えば、DSP（デジタル・シグナル・プロセッサ））の処理速度が向上し、機能設計やその変更が容易であることなどから、そのような汎用プロセッサを利用することが要請されている。

【0006】

上記の三次元画像処理を汎用プロセッサで実現する場合、一般には、三次元データメモリ（外部メモリ）上にボリュームデータを格納し、汎用プロセッサからその三次元データメモリへアクセスし、各レイごとにボクセル演算に必要なボクセルデータをその都度特定してそれを汎用プロセッサに取り込む必要がある。任意位置に視点を設定できる場合、各レイはほとんどの場合にボリュームデータを斜めに通過することになるが、その場合において、各レイごとにボクセル演算を同時進行させると、複数のレイについてのボクセル演算に必要なボクセルデータ群はボリュームデータ上で様々に分布し、すなわち、三次元データメモリに対して必要なボクセルデータを得るためにランダムアクセスをする必要がある。

【0007】

なお、SRAMのようなメモリデバイスが三次元データメモリとして用いられる場合にはそのようなランダムアクセスを高速に行うことができるが、一般には安価且つ集積度が高いDRAMあるいはSDRAMなどが用いられ、それらのメモリデバイスの場合にランダムアクセスを行おうとすると、読み出し時間が増大し、高速転送の要請に反する結果となる。

【0008】

下記の特許文献1には超音波診断装置においてボリュームレンダリング法を基礎として三次元超音波画像を形成する技術が開示されている。しかし、データ転送の方式や各レイごとにどのようにボクセル演算を進行させるのかについては具体的に開示されていない。また、下記の特許文献2には、キャッシュミスの発生を防止するために、特定のアドレス関係にあるデータブロックを単位として、三次元データ空間（メインメモリ）から画像処理プロセッサ内へデータ転送を行う装置が開示されている。この装置では、データの読み出し時に特別な演算を行って読み出しアドレス集合を求めており、ランダムアクセスの必要性を指摘できる。

10

20

30

40

50

【0009】

【特許文献1】特許第2883584号

【特許文献2】特開平9-134447号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の目的は、ボリュームデータに基づく三次元超音波画像の形成を能率的に行えるようにすることにある。

【0011】

本発明の他の目的は、三次元データメモリから画像処理用のプロセッサへデータ転送を簡便かつ迅速に行えるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

(1)本発明は、生体に対して超音波を送受波し、これにより複数のボクセルデータで構成されるボリュームデータを取り込む送受波手段と、前記ボリュームデータが格納される三次元データ空間を有する三次元データメモリと、前記ボリュームデータに基づいて三次元画像を形成する三次元画像形成手段と、前記三次元データメモリから前記三次元画像形成手段へ前記ボリュームデータを転送する手段であって、所定のデータ集合を転送単位としてデータ転送を繰り返し実行するデータ転送手段と、を含み、前記三次元画像形成手段は、前記三次元データ空間の外側に任意に設定された視点から出る複数の視線として、前記三次元データ空間を任意の方向から通過する複数のレイを設定するレイ設定手段と、前記データ転送ごとに、前記複数のレイの中でボクセル演算実行可能なレイを判定するレイ判定手段と、前記データ転送ごとに、前記ボクセル演算実行可能なレイについてボクセル演算実行可能な座標までボクセル演算を進行させるボクセル演算手段と、を含み、前記各レイごとの最後のボクセル演算の結果として前記三次元画像が構成され、前記各レイについてボクセル演算が独立して進行し、前記所定のデータ集合は、前記三次元データ空間内において連続性をもった複数のボクセルデータで構成されるスライスデータであり、前記データ転送手段は、スライスデータの並び順でデータ転送を繰り返し実行し、前記データ転送手段は、前記スライスデータの並び方向における正方向又は負方向を前記スライスデータの取り出し方向として選択する方向選択手段を含み、前記方向選択手段は、前記三次元データ空間に対する視点の位置に応じて前記正方向又は負方向を選択することを特徴とする。

【0013】

上記構成によれば、三次元データメモリから画像形成手段へのデータ転送は所定のデータ集合を単位として行われ、そのデータ転送ごとに実行可能なボクセル演算が遂行される。すなわち、データ転送ごとに、複数のレイの中でボクセル演算実行可能なレイが判定され、且つ、そのレイについてボクセル演算実行可能な座標までボクセル演算が遂行される。これにより、転送されたデータの内容に応じた極めて能率的な演算処理を実現できる。

【0014】

例えば、各レイごとに同じ進行度合いでボクセル演算を実行させ、あるいは、各レイごとにその都度必要なデータを特定してそれを順次取得してボクセル演算を遂行させる場合には、どうしても複雑なアドレス演算が必要になる。これに対し、本発明によれば、転送されたデータ集合に依拠して実行可能なボクセル演算を実行させるだけでよいので、データ転送が簡素化され、すなわち、そのために複雑なアドレス演算を逐次行う必要がない。

【0015】

送受波手段は、電子走査と機械走査とを併用する送受波器、二次元的に電子走査を行う送受波器などで構成される。三次元データメモリはデータのブロック転送に適するメモリで構成されるのが望ましい。複数のレイは、互いに平行に設定されてもよいし、非平行に設定されてもよい。所定のデータ集合は、望ましくはデータがメモリ上で連続するデータブロックであるが、データ転送ごとに上記方法による演算を実行して最終的に三次元画像

10

20

30

40

50

を構成できる限りにおいて、1又は複数の不連続部分を有するものであってもよい。ここで、1又は複数のスライスデータを転送単位とするのが望ましく、特に1つのスライスデータを転送単位とするのが望ましいが、三次元データ空間あるいはメモリアドレス空間において抜けがなく連続的に読み出しを行える限りにおいて、例えば1.5個のスライスデータを転送単位とすることも可能である。上記の三次元画像形成手段はプログラム動作型のプロセッサで構成されるのが望ましく、その場合に、データ転送手段はそのプロセッサの機能として実現してもよい。

【0018】

ボクセル演算は、レイ（視線）上において視線向きの方向へ進行するので、並び方向における正方向と負方向の内で、視線の向きに沿う方向が取り出し方向として選択される。例外的には、レイと並び方向とが直交するが、その場合にはいずれの方向であってもボクセル演算を進行させることができる。その場合、基本的には、1つのデータ集合が得られると、それを貫く各レイに限ってはボクセル演算の全部が終了することになる。

10

【0019】

望ましくは、前記三次元データメモリへの前記ボリュームデータの書き込み時に三次元送受波空間の座標系から前記三次元データ空間の座標系への座標変換を実行する座標変換手段を含み、前記データ記憶空間は、直交する3つの座標軸を有し、前記スライスデータは、前記直交する3つの座標軸の内の特定の座標軸に直交する面に相当する。

【0020】

座標変換は、ボリュームデータの書き込み時及びボリュームデータの読み出し時に行うことが可能であるが、書き込み時に座標変換を行えば、メモリ上で連続したデータ集合をブロック転送することが容易となる。

20

【0021】

望ましくは、前記三次元画像形成手段は、前記ボクセル演算に必要なデータを補間処理によって生成するデータ補間手段を含む。レイ上の演算対象となる座標上にボクセルデータが存在しない場合に、その近傍に存在する複数のデータから二次元あるいは三次元の補間演算によって補間データを生成し、それをボクセル演算で利用するものである。補間演算に代えて、最も近傍のデータをそのまま利用すると共に、必要に応じて同じデータを複数回利用する方式を用いることができる。三次元補間を行う場合、必要に応じて、複数のデータ集合を利用して、必要な補間データを生成するようにしてもよい。その場合においても、データ集合が三次元データ空間あるいはメモリアドレス空間で連続性をもったデータ列として構成されていれば、各データ集合の転送を簡便に行える。

30

【0022】

望ましくは、前記三次元画像形成手段は、前記各レイごとに単位長さ当たりにおけるボクセル演算回数を均一化する手段を含む。この構成によれば、レイの向きによらずに、各レイごとの演算ピッチを均一にして、画質を安定させることができる。つまり、視点の位置に応じて、目ばえや奥行き感が異なってしまう問題を未然に防止できる。

【0023】

望ましくは、前記三次元画像形成手段は、並列動作する複数の三次元画像形成モジュールを含み、前記複数のレイが複数のグループに区分され、前記各三次元画像形成モジュールがそれに対応付けられたグループについてボクセル演算を担当する。この場合、1つのレイを単位として複数のレイを複数のグループに振り分けてもよいし、1つのレイ列を単位として複数のレイを複数のグループに振り分けてもよいし、あるいは、1つのレイブロックを単位として複数のレイを複数のグループに振り分けてもよい。

40

【0024】

(2) また本発明は、生体の三次元送受波空間に対して超音波を送受波し、これにより複数のボクセルデータで構成されるボリュームデータを取り込む送受波手段と、互いに直交する3つの座標軸を有する三次元データ空間を有し、前記ボリュームデータが格納される三次元データメモリと、前記ボリュームデータに基づいて三次元画像を形成する三次元画

50

像形成手段と、前記三次元データメモリから前記三次元画像形成手段へ前記ボリュームデータを転送する手段であって、前記三次元データ空間内において前記3つの座標軸における特定の座標軸に直交するスライスデータを転送単位とし、且つ、前記特定の座標軸の方向をスライスデータの取り出し方向として、データ転送を繰り返し実行するデータ転送手段と、を含み、前記三次元画像形成手段は、前記三次元データ空間の外側に任意に設定された視点から出る複数の視線として、前記三次元データ空間を任意の方向から通過する複数のレイを設定するレイ設定手段と、前記データ転送されたスライスデータを一時的に格納する内部メモリと、前記データ転送ごとに、前記内部メモリ上に格納されたスライスデータを用いて、前記複数のレイの中でボクセル演算実行可能なレイについてボクセル演算実行可能な座標までボクセル演算を進行させ、これにより、各レイごとの最後のボクセル演算の結果として前記三次元画像を構成する画素値を求める手段と、を有し、前記データ転送手段は、前記スライスデータの並び方向における正方向又は負方向を前記スライスデータの取り出し方向として選択する方向選択手段を含み、前記方向選択手段は、前記三次元データ空間に対する視点の位置に応じて前記正方向又は負方向を選択することを特徴とする。

10

【0025】

上記構成によれば、スライスデータを単位としてデータ転送が行われるので、それを特定するために複雑なアドレス演算が不要となる。ここで、スライスデータを単位として各レイごとにボクセル演算が進行する。

【0026】

20

望ましくは、前記三次元画像形成手段は、更に、前記各レイごとに、それが前記三次元データ空間に対して最初に通過する点として、前記三次元データ空間における第1軸上の初期座標、第2軸上の初期座標及び第3軸上の初期座標を演算する初期座標演算手段と、前記第1軸の刻み成分、前記第2軸の刻み成分及び前記第3軸の刻み成分を演算する成分演算手段と、前記各レイごとに、前記第1軸上の初期座標、前記第2軸上の初期座標及び前記第3軸上の初期座標に対して、それぞれ前記第1軸上の刻み成分、前記第2軸上の刻み成分及び前記第3軸上の刻み成分を累積的に加算することにより、前記各レイ上におけるボクセル演算対象座標を特定する対象座標特定手段と、前記内部メモリ上に格納されたスライスデータの中から前記ボクセル演算対象座標に該当するボクセルデータを抽出し、あるいは、前記内部メモリ上に格納されたスライスデータを用いて前記ボクセル演算対象座標に該当するボクセルデータを補間演算により生成する手段と、を含む。

30

【0027】

上記構成によれば、各レイについて各座標軸ごとに初期座標が求められ、それを基準として、各レイ上の対象座標が順次決定される。

【0028】

望ましくは、前記三次元データ空間に対して定義される単位レイベクトルについて前記特定の座標軸上の座標成分を求める手段と、前記特定の座標軸上の座標成分が正である場合に前記特定の座標軸の正方向をスライスデータの取り出し方向として選択し、前記特定の座標軸の座標成分が負である場合に前記特定の座標軸の負方向をスライスデータの取り出し方向として選択する手段と、を含む。

40

【0029】

上記構成によれば、単位レイベクトルを基準としてスライスデータの取り出し方向を自動的に判断することが可能となる。複数のレイに対して単一の単位レイベクトルを設定してもよく、複数のレイについてそれぞれ単位レイベクトルを設定してもよい。

【0030】

(3) また本発明は、複数のボクセルデータで構成されるボリュームデータが格納された三次元データメモリから画像処理プロセッサ内の内部メモリへ前記ボリュームデータを転送する転送工程と、前記転送されたボリュームデータを用いて、ボリュームレンダリング法に基づいて三次元画像を形成する画像形成工程と、を含むボリュームデータ処理方法において、前記転送工程は、前記ボリュームデータを特定の座標軸方向に整列した複数のス

50

ライスデータに区分し、前記複数のスライスデータの中から前記所定の座標軸の方向に順番にスライスデータを転送する工程を含み、前記画像形成工程は、前記三次元データ空間の外側に任意に設定された視点から出る複数の視線として、前記三次元データ空間を任意の方向から通過する複数のレイを設定する工程と、前記データ転送ごとに、前記複数のレイの中でボクセル演算実行可能なレイについてボクセル演算実行可能な座標までボクセル演算を進行させ、これにより、各レイごとの最後のボクセル演算の結果として前記三次元画像を構成する画素値を求める工程と、を含み、前記転送工程は、前記スライスデータの並び方向における正方向又は負方向を前記スライスデータの取り出し方向として選択する方向選択工程を含み、前記方向選択工程では、前記三次元データ空間に対する視点の位置に応じて前記正方向又は負方向が選択されることを特徴とする。

10

【0031】

上記の方法は、特に超音波診断装置においてボリュームレンダリング法に基づいて三次元画像を構成する場合に利用されるが、それ以外のボリュームデータを取り扱う分野での利用も可能である。

【発明の効果】

【0032】

以上説明したように、本発明によれば、ボリュームデータに基づく三次元超音波画像の形成を能率的に行える。本発明によれば、三次元データメモリから画像処理用のプロセッサへデータ転送を簡便かつ迅速に行える。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。

【0034】

図1には、ボリュームレンダリング法の原理が示されている。三次元データ空間36は、超音波ビームを二次元走査することによって取得されたボリュームデータを有し、超音波診断装置上においては、後述する3Dメモリ上に仮想的に構築される。ここでは、三次元データ空間36は、 x 、 y 、 z の互いに直交する座標軸を有し、三次元データ空間36内の各座標にはボクセルデータ(エコーデータ)が存在する。なお、三次元の超音波送受波空間が r 、 θ 、 ϕ の極座標空間として構成される場合には、各ボクセルデータに対して、それが有する (r, θ, ϕ) の座標を (x, y, z) の座標に変換される。

30

【0035】

ボリュームレンダリングに際しては、通常、三次元データ空間36の外側に仮想的に視点が設定され、三次元データ空間を間に介して、視点と反対側に二次元平面としてのスクリーン40が仮想的に設定される。その視点を基準として複数のレイ(視線)が定義される(図1には1つのレイ38が代表として示されている)。レイ38は、三次元データ空間36を貫通し、このため、レイ38には複数のボクセルデータからなるボクセルデータ列が対応することになる。視点側から各エコーデータごとにボリュームレンダリング法に基づくボクセル演算を逐次的に実行すると、最終のボクセル演算の結果として画素値が決定される。その画素値がスクリーン上における当該レイ38に対応する座標Pにマッピングされる。

40

【0036】

スクリーンは、 X 、 Y の座標軸を有し、すなわち各座標は X 、 Y の座標で定義される。各座標ごとにレイが設定されており、上記のように、各レイについて求められた画素値をスクリーン40上にマッピングすればそのスクリーン上に三次元画像が形成される。なお、複数のレイが互いに平行の場合もあるが、複数のレイが互いに非平行となる場合もある。

【0037】

ボリュームレンダリング法において、各エコーデータごとのボクセル演算の演算式としては各種のものが知られている。基本的には、いずれの演算式においても、各エコーデー

50

タのボクセル演算ごとに、不透明度（オパシティ）がパラメータとして利用される。そのようなパラメータを利用して、各ボクセル演算ごとに出力光量（出力値）が求められ、それが次のボクセル演算において入力光量（入力値）として利用される。そして、これが繰り返される。演算終了条件を満たした時点での出力光量が画素値に変換される。つまり、媒体中を光が散乱、減衰しながら伝搬するモデルを基礎とするものである。本実施形態では、例えば、次の（１）式が用いられる。

【数１】

$$C_{out i} = C_{in i} + E_j * \alpha_j * (1 - \alpha_{in i}) \quad (1)$$

$$\alpha_{out i} = \alpha_{in i} + \alpha_j * (1 - \alpha_{in i})$$

$C_{out i}$: i 番目のボクセルの出力値

$C_{in i}$: i 番目のボクセルへの入力値

E_j : i 番目のボクセルのエコー値

α_j : i 番目のボクセルの不透明度

エコー値と関係づけられ、 $0.0 \leq \alpha_j \leq 1.0$ の値を取る。

$\alpha_{in i}$: i 番目のボクセルへの不透明度入力値

$\alpha_{out i}$: i 番目のボクセルからの不透明度出力値

【００３８】

もちろん、上記の（１）式以外を用いるようにしてもよく、例えば、上記特許文献１に記載されたような演算式を用いてもよい。各レイごとのボクセル演算は、例えば、その対象座標が三次元データ空間を越えた場合、出力光量が所定値（例えば１）を越えた場合、及び、各ボクセル演算で用いた不透明度の累積加算値が所定値（例えば１）を越えた場合、など所定の条件を満たす場合に終了する。その時点の出力光量が画素値に対応付けられる。

【００３９】

なお、本実施形態にかかるデータ転送及び処理方法は、上記のようなボリュームレンダリング法による画像処理を行う場合に特に好適であるが、各レイに沿って逐次演算を行う画像処理法にも適用可能である。例えば、積算法、最大値や最小値の検出法、などである。

【００４０】

図２には、本実施形態に係る超音波診断装置の全体構成がブロック図として示されている。

【００４１】

３Ｄプローブ１０は、三次元エコーデータ取込用超音波探触子である。この３Ｄプローブ１０は、体表面上に当接して用いられ、あるいは体腔内に挿入して用いられる。この３Ｄプローブ１０によって超音波ビームが形成され、この超音波ビームは二次元走査される。この超音波ビームの二次元走査によって三次元の送受波空間１２が形成される。

【００４２】

送受波空間１２は、ここでは r , θ , ϕ の３つの座標によって定義される三次元空間であり、例えば超音波ビーム B を θ 方向に走査すると走査面 S が形成され、この走査面 S を ϕ 方向に走査すると三次元の送受波空間１２が構成される。３Ｄプローブ１０は、電子走査と機械走査とを組み合わせただのものであってもよいし、超音波ビームを二次元的に電子走査するものであってもよい。後者の場合には公知の２Ｄアレイ振動子が用いられる。なお、図２においては角錐形状をもった送受波空間１２が示されているが、その送受波空間１２の形態は立方体であってもよく、あるいはそれ以外であってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

送信部 1 4 は送信ビームフォーマーとして機能する。すなわち、送信部 1 4 はアレイ振動子を構成する複数の振動素子に対して複数の送信信号を供給する。また、受信部 1 6 は受信ビームフォーマーとして機能し、アレイ振動子を構成する複数の振動素子からの複数の受信信号に対して整相加算処理を実行する。これによって各超音波ビームごとに受信信号が受信部 1 6 から出力される。受信部 1 6 は A / D 変換器を有しており、受信部 1 6 から出力される整相加算後の受信信号はデジタルデータである。ここで、各データはボクセルデータ（エコーデータ）に相当する。

【 0 0 4 4 】

2 D 変換部 1 8 は、走査面 S に対応する二次元断層画像（B モード画像）を形成するモジュールである。この 2 D 変換部 1 8 は例えば従来から用いられているデジタルスキャンコンバータなどによって構成される。2 D 変換部 1 8 は r , θ 座標を x , y 座標に変換する処理、その他の補間処理などを実行する。この 2 D 変換部 1 8 により形成された二次元断層画像のデータは表示処理部 2 0 へ出力される。

10

【 0 0 4 5 】

3 D 変換部 2 2 は、受信部 1 6 から出力されるエコーデータすなわちボクセルデータに対して三次元の座標変換を実行する。すなわち、各ボクセルデータは r , θ , z で定義される座標を有しており、その座標を x , y , z の座標に変換する。すなわち極座標空間から直交座標空間への変換を実行している。座標変換後のボクセルデータは 3 D メモリ 2 4 上に格納される。

20

【 0 0 4 6 】

3 D メモリ 2 4 は、図 1 に示した三次元データ空間 3 6 に相当するメモリ空間を有しており、3 D メモリ 2 4 の各アドレスは三次元空間における各座標に対応付けられている。そして、入力される各ボクセルデータはそれが有する三次元座標に対応付けられたアドレスに格納される。3 D メモリ 2 4 は、後述する 3 D プロセッサ 2 6 との関係から見れば外部メモリに相当しており、その 3 D メモリは例えば D R A M などによって構成され、特に S D R A M などによって構成されるのが望ましい。すなわち、後述するように記憶されたデータを所定データ単位でブロック転送可能なメモリを用いるのが望ましい。この場合においてブロック転送の方式としては D M A 転送方式を用いることができる。

【 0 0 4 7 】

3 D プロセッサ 2 6 は、本実施形態においてはプログラム動作する C P U や D S P （デジタルシグナルプロセッサ）などによって構成されるものであり、その内部には内部メモリ 2 8 が設けられている。内部メモリ 2 8 は、3 D プロセッサ 2 6 内におけるキャッシュメモリとして機能し、その 3 D プロセッサ 2 6 はその内部メモリ 2 8 に対して高速でアクセスすることが可能である。その一方において、3 D メモリ 2 4 から内部メモリ 2 8 へのデータ転送は一般にあまり高速に行うことができない。

30

【 0 0 4 8 】

3 D プロセッサ 2 6 は、本実施形態において D M A コントローラを内蔵しており、その D M A コントローラによって 3 D メモリ 2 4 から内部メモリ 2 8 へデータを D M A 転送することができる。符号 2 5 で示すように、3 D プロセッサ 2 6 が 3 D メモリ 2 4 へのデータの書き込みを制御するようにしてもよく、その場合においては 3 D 変換部 2 2 から出力される各データが一旦 3 D プロセッサ 2 6 に取り込まれた後に、それを經由して 3 D メモリ 2 4 へ格納される。もちろん、そのような 3 D メモリ 2 4 へのデータの書き込みは他のプロセッサが行ってもよく、図 2 に示される制御部 3 2 の機能としてそれを実現するようにしてもよい。

40

【 0 0 4 9 】

本実施形態においては、後に詳述するように、3 D メモリ 2 4 から内部メモリ 2 8 へのデータ転送は所定のデータ集合、具体的にはスライスデータ、を単位として実行されており、その場合においてはレイの向きが考慮され、スライスデータの並び方向のうちで正方向又は負方向が適切に選択されている。3 D プロセッサ 2 6 においては、従来のように各

50

レイごとにボクセル演算を同時進行で進めるのではなく、送られてきたデータを用いて実行可能なボクセル演算が順次実行されている。したがって、三次元データ空間とレイの交差関係にもよるが、通常は、各レイごとにボクセル演算の進行度合いは区々である。

【 0 0 5 0 】

このような手法を用いることにより、3Dメモリ24から内部メモリ28への転送単位を画一的に設定することができ、その上で得られたデータを用いて各レイごとにボクセル演算を進行させることができる。3Dプロセッサ26は内部メモリ28に対して高速にアクセスすることができるため、内部メモリ28へのランダムアクセスは格別動作上の負担とはならないが、3Dプロセッサ26から3Dメモリ24へのランダムアクセスはデータ転送レートが低いなどの理由から画像処理上のボトルネックとなる。これに対し、本実施形態の手法によれば、3Dメモリ24から内部メモリ28へのデータのブロック転送を行わせることによりそのような問題を回避しつつ、能率的に画像処理を進めることが可能となる。これについては後に詳述する。

10

【 0 0 5 1 】

本実施形態において、3Dプロセッサ26はボクセル演算の演算式として例えば上記(1)式に示したものを利用している。したがって、各レイごとにその演算式が順次実行され、終了条件を満たした時点での出力値が画素値に変換される。その画素値は3Dプロセッサ26から表示処理部20に設けられたフレームメモリ上に格納される。もちろん、そのようなフレームメモリを3Dプロセッサ26内に設けることも可能である。いずれにしても、各レイごとにボクセル演算を繰り返し実行することによりスクリーン上に三次元画像が構成されることになる。

20

【 0 0 5 2 】

表示処理部20は画像データとグラフィックデータの合成機能やその他の表示処理機能を有しており、装置の動作モードに応じて、表示部30に対して二次元断層画像のデータあるいは三次元画像のデータを出力する。表示部32は二次元断層画像及び三次元画像の両方又は一方が表示されることになる。

【 0 0 5 3 】

制御部32はCPU及びそのための動作プログラムによって構成され、図2に示される各構成の動作制御を行っている。その制御部32には操作パネルによって構成される入力部34が接続されている。ユーザーはその入力部34を用いてモードの選択やパラメータの指定などの各種の入力操作を行うことができる。ちなみに、ドブラ処理を行う構成などに関しては図2において図示省略されている。

30

【 0 0 5 4 】

図3には、3Dメモリ24上に仮想的に構築される3Dデータ空間36が示されている。この3Dデータ空間36はx軸、y軸及びz軸を有し、各ボクセルデータがそれに対応付けられた三次元座標に格納されている。ここでは、x軸方向のアドレスが0~1で定義され、y方向のアドレスが0~mで定義され、z方向のアドレス0~nで定義されている。

【 0 0 5 5 】

図4には、図1に示した3Dメモリ24のアドレス構造38が示されており、図示のように各ボクセルデータは一次元のアドレス構造38上に連続的に格納される。ここでDはスライスデータに相当しており、すなわちx座標上の特定のアドレスで定義される1枚のy-z平面に相当するデータである。このようなブロックを単位として3Dメモリ24から内部メモリ28へのデータ転送が行われる。もちろん、複数枚のスライス面を1つのブロックとして、それを単位として転送を行うようにしてもよいし、1.5個のスライス面を1つの転送単位としてもよい。いずれにしても、連続するデータをそのままブロック転送することにより、先頭のアドレスと転送容量(あるいは終了アドレス)を指定するだけで対象となるデータ集合を迅速かつ容易にブロック転送することが可能となる。したがって、従来のようなランダムアクセス方式に比べて、データ転送レートを数倍から数十倍に高速化することも可能である。

40

50

【 0 0 5 6 】

ただし、単にブロック転送を行うと、3Dプロセッサ26内において各レイごとにボリュームレンダリング演算を遂行していくことが困難となる。つまり、場合によっては、そのような演算の進行がかえって阻害されてしまうという問題がある。そこで、本実施形態においては、レイの向きに応じてスライスデータの取り出し方向を選択する方法が採用されている。

【 0 0 5 7 】

図5には、レイ単位ベクトルVが示されている。このレイ単位ベクトルVは、レイの向きを判定し、また各レイにおいて演算対象となる座標を逐次的に求めるために用いられる。この単位レイベクトルは複数のレイが平行に設定される場合にはそれらについて共通に1つだけ設定され、複数のレイがそれぞれ非平行に設定される場合には、各レイごとに設定される。もちろん、その場合でも、代表として1つの単位レイベクトルを設定してもよい。

10

【 0 0 5 8 】

例えば、ある代表レイについて、その向きと同一で単位が1の大きさを持ったベクトルとして、この単位レイベクトルVが定義される。その単位ベクトルの各座標軸上の成分は x , y , z である。

【 0 0 5 9 】

図6には、三次元データ空間36に対して複数のレイが設定された状態が示されている。三次元データ空間36は、三次元空間ではあるが、図6においては説明のために平面的に表されている。

20

【 0 0 6 0 】

図6に示されるように、複数のレイがx軸及びy軸に対して交差する斜め方向に設定された場合、各レイに注目すると、各レイが最初に三次元データ空間36に進入する座標が図6において黒丸で示されている。各黒丸は同時にボクセルデータに相当するものである。図6に示されるように、各レイの位置に応じて三次元データ空間36に進入する最初の座標はそれぞれ異なっている。例えば、レイL5～L12までの8つのレイについては進入位置はx座標における原点を横切るy-z面上に存在し、それがボクセルデータe1～e8で表されている。その一方、レイL1～L4についてはy方向の終端を横切るx-zに進入しており、その最初の進入位置にあるボクセルデータが図6においてe9～e12で表されている。ちなみに、スクリーン40上における各座標ごとに1つのレイが対応付けられており、また、図6の例では、各レイは平行であって、便宜上、レイL1上に単位レイベクトルVが表されている。

30

【 0 0 6 1 】

本実施形態の装置においては、三次元データ空間36内に存在する複数のボクセルデータ(つまり、ボリュームデータ)が上述したようにスライスデータを単位として転送されており、そのような転送単位がD1, D2によって表されている。すなわち、x軸上における各座標ごとにx軸に直交する面を転送単位として順次x方向の正方向又は負方向のいずれかに順次転送される。図6に示す例ではx方向における正方向にスライスデータの取り出し方向が定められている。これは、後述するように単位ベクトルVのx軸上の成分 x が正の符号を有しているためである。

40

【 0 0 6 2 】

本実施形態においては、スライスデータD1が転送されると、レイL5～L12についてだけ、ボクセルデータe1～e8を用いてそれぞれのレイについてボクセル演算が実行される。この場合においては、L1～L4については、ボクセル演算は見送られる。すなわち、それらのレイ上においてはボクセル演算実行可能なボクセルデータが存在しないためである。次に、スライスデータD2が転送されると、レイL5～L12については再びボクセル演算が実行され、それに加えてレイL4についてもそこで初めてボクセルデータe9を用いてボクセル演算が実行される。以下同様に、スライスデータの転送を行うと、全部のレイの中でボクセル演算実行可能なレイが特定されつつ、そのレイについてだ

50

けボクセル演算実行可能な座標までボクセル演算が進行することになる。したがって、転送データに依存して各レイごとにボクセル演算の進行度合いが独立して定まることになる。

【 0 0 6 3 】

図 7 には、上記事項が段階的に示されており、(a) , (b) , (c) , (d) , の順で工程が進行する。すなわち、(a) に示されるように最初のデータ転送がなされると、レイ L 5 ~ レイ L 1 2 についてボクセルデータ列 E 1 を用いてボクセル演算が実行され、それ以外のレイ L 1 ~ 4 についてのボクセル演算は見送られる。次にデータ転送が行われると、(b) に示すように今度はボクセルデータ列 E 2 を用いてレイ L 4 ~ L 1 2 についてボクセル演算が実行される。すなわち、(a) に示した場合に比べてボクセル演算実行可能なレイとしてレイ L 4 が加えられている。

10

【 0 0 6 4 】

次に、(c) に示されるようにデータ転送が行われると、ボクセルデータ列 E 3 を用いてレイ L 4 ~ L 1 2 についてボクセル演算が実行され、この段階においては新しくボクセル演算実行可能なレイは加えられていない。そして、(d) に示されるように、更にデータ転送がなされると、ボクセルデータ列 E 4 を用いてレイ L 3 ~ L 1 2 についてボクセル演算が実行される。そして、このような過程が繰り返されると、最終的に全レイについて必要なボクセル演算をすべて行うことができ、その結果としてスクリーン 4 0 上に三次元画像を構築することが可能となる。ちなみに、各レイごとのボクセル演算の終了条件として、例えば、ボクセル演算の対象となる対象座標が三次元データ空間 3 6 から外れたこと、出力値が所定値を越えたこと、及び、累積加算した不透明度の値が所定値を越えたことなどが設定されており、そのような終了状況を満たした時点で各レイごとに個別的にボクセル演算が終了する。

20

【 0 0 6 5 】

ちなみに、図 7 に示した例では、左上から右下の方向に各レイの向きが定められていたが、それとは逆に例えば、右上から左下の方向に各レイの向きが設定されているような場合には、スライスデータは x 方向における負方向に順次読み出される。これによって、レイの向きに沿って各レイごとにボクセル演算を適切に進行させることになる。また、各レイの向きが例えば y 方向あるいは z 方向に一致した場合、1 つのスライスデータを転送すると、そのスライスデータを貫通するレイについては全部のボクセル演算が終了することになる。すなわち、本実施形態においては、レイ全体の中でボクセル演算実行可能なレイについてボクセル演算実行可能なところまでボクセル演算を進行させることを条件としており、これによって、転送されたデータにしたがった画像処理が実現されている。

30

【 0 0 6 6 】

ちなみに、レイの向きが y 方向あるいは z 方向に一致した場合においては、スライスデータの取り出し方向として x 方向において正方向及び負方向のいずれをも指定することも可能である。

【 0 0 6 7 】

図 8 には、複数のレイが y 軸に対して微小角度をもって交差した状態が示されている。このような場合においても、(a) に示されるように、最初のデータ転送がなされるとボクセルデータ列 E 1 を用いてレイ L 1 についてそれに沿ってボクセル演算が順次進行し、当該レイ L 1 について処理は完了する。そして、次にデータ転送がなされると、ボクセルデータ列 e 2 を用いてレイ L 2 についてボクセル演算が順次実行され、これによって当該レイ L 2 についてのボクセル演算が終了する。これは (c) 及び (d) に示す場合においても同様である。すなわち、ボクセルデータ列 E 3 を用いてレイ L 3 についてのボリュームレンダリングが実行され、ボクセルデータ列 E 4 を用いてレイ L 4 についてボリュームレンダリングが実行される。

40

【 0 0 6 8 】

したがって、本実施形態によれば、三次元データ空間に対して任意の位置に視点を設定した場合においても、x 軸上における正方向または負方向のいずれか適切な方向からスラ

50

イスデータを読み出せば、各レイについてのボリュームレンダリング演算を適切に行うことが可能となる。

【0069】

各レイ上における対象座標についてボクセル演算を実行する場合において、その対象座標に該当するボクセルデータが存在しない場合には、その対象座標の近傍に存在する複数のボクセルデータを用いて補間処理により対象座標に相当する補間データを生成し、それを用いてボクセル演算を行うのが望ましい。この場合において、補間演算は、転送されてきたスライスデータ上に存在するボクセルデータを用いてもよいし、X軸上に並ぶ複数のスライスデータを用いて例えば4点補間あるいは16点補間などの処理を用いて補間データを生成するようにしてもよい。また、図8に示したように、対象座標に最も近いボクセルデータを当該対象座標のボクセルデータとして利用するようにしてもよい。これも広義の意味での補間処理である。

10

【0070】

本実施形態においては、単位レイベクトルによってレイ方向における基本長が定義されており、その基本長が対象座標の間隔すなわちピッチとされている。このような方式によれば、各レイの向きによらずにボクセル演算の回数あるいは密度を均一化することができるので、視点を異ならせた場合において、ボクセル演算のピッチが不定の場合に生ずる画質の相違あるいは画像内容の変化といった問題を未然に防止することが可能となる。この度に、上述した単位レイベクトルの各成分が後述するように用いられている。

【0071】

20

次に、図9～図11を用いて、図2に示した超音波診断装置の動作、特に3Dプロセッサの動作、について説明する。図9にはメインルーチンが示されており、S101では、図10に示される初期化プロセスが実行される。S102では、単位レイベクトルの成分xの符号を用いて、スライスデータの取り出し方向が選択され、すなわちS103のプロセスを実行するか、S104のプロセスを実行するかが選択される。

【0072】

S103では、x方向における正方向がスライスデータの取り出し方向として指定され、そのデータ転送にしたがった画像処理が実行される。これについては後に図11を用いて詳述する。その一方において、S104においてはx方向における負方向がデータ取り出し方法として指定され、それに基づいた画像処理が実行される。S103のプロセスとS104のプロセスは基本的には同一であるがそこで設定されるパラメータがいくつか異なっている。これについては後に説明する。S105では、上記のいずれかのプロセスによって生成された三次元画像が3Dプロセッサから表示処理部へ転送される。

30

【0073】

図10には、図1に示したS101の初期化プロセスがフローチャートとして示されている。

【0074】

まず、S201では、正規化された視線(単位レイ)ベクトルについて各軸ごとの成分すなわち要素x, y, zが演算される。単位レイベクトルはその長さが1で、その向きが視点からスクリーンを見た方向として定義される。S202では、パラメータYに0が代入され、S203ではパラメータXに0が代入される。

40

【0075】

S204では、スクリーン座標X, Yで特定されるレイについて、それが最初に三次元データ空間と交わる点(x_s, y_s, z_s)が最初のボクセル演算の対象となる対象座標として演算される。そして、S205では、その対象座標が内部メモリ上に構成されるアドレステーブルに格納される。

【0076】

S206では、パラメータXが1つインクリメントされ、S207では、Xがその最大値を越えたか否かが判断され、越えていなければ、S204からの各工程が実行される。

【0077】

50

一方、S 2 0 8 では、パラメータ Y が 1 つインクリメントされ、S 2 0 9 ではパラメータ Y がその最大値を越えたか否かが判断され、越えていなければ S 2 0 3 からの各工程が繰り返し実行される。すなわち、パラメータ X 及び Y をそれぞれ 1 つずつ変えながら各レイについて最初の対象座標が演算され、それがアドレステーブルに格納されることになる。

【 0 0 7 8 】

図 1 1 には、図 9 に示した S 1 0 3 のプロセスの具体的な内容がフローチャートとして示されている。

【 0 0 7 9 】

S 3 0 1 では、パラメータ x に 0 が代入される（図 9 に示した S 1 0 4 の場合には、 $x = x_{max}$ が代入される）。S 3 0 2 では、スライスデータの転送が行われる。すなわち、 $x, y : 0 \sim y_{max}, z : 0 \sim z_{max}$ で特定されるボクセルデータが外部メモリから内部メモリへブロック転送される。そのデータ集合は上述したスライスデータを構成するものであり、すなわち実際のメモリ空間上で連続しているデータ集合である。このようなデータ集合を転送単位とすることにより従来のようなランダムアクセスは不要となり、必要なデータを一括して転送できるという利点がある。ちなみに、S 3 0 1 においてパラメータ x に 0 が代入され、後述するようにその x は 1 つずつインクリメントされるため、スライスデータは x 方向における正方向に順次取り出される。

【 0 0 8 0 】

S 3 0 3 ではパラメータ Y に 0 が代入され、S 3 0 4 ではパラメータ X に 0 が代入される。S 3 0 5 では、X 及び Y で特定されるレイについて、それについてのボクセル演算が全て完了したレイであるか否かが判断される。Yes であれば S 3 1 2 からの各工程が実行され、No であれば S 3 0 6 からの各工程が実行される。

【 0 0 8 1 】

S 3 0 6 では、アドレステーブルから X 及び Y で特定されるレイについて対象座標 (x_p, y_p, z_p) が読み出される。すなわち、当該レイについて現在演算対象となっている座標が特定される。そして、S 3 0 7 では、 x_p が x に一致しているか否かが判断され、一致していなければ現在転送されてきたスライスデータ内に演算可能なボクセルデータは存在しないものとして処理が S 3 1 2 へ移行し、一方、一致していればそのスライスデータ内に当該レイについてボクセル演算の対象となるボクセルデータが存在しているものとして処理が S 3 0 8 へ移行する。

【 0 0 8 2 】

S 3 0 8 では、対象座標によって特定されるボクセルデータを用いて上記の (1) 式を実行することにより、出力値が演算される。

【 0 0 8 3 】

S 3 0 9 では、上記の演算結果が内部メモリ上のテーブルに保存される。すなわち、上記の (1) 式に従えば、当該レイについての演算結果である C_{outXY} 及び C_{outXY} が保存される。ちなみに、この段階において例えばオパシティ値の累積加算値が 1 に到達した場合など所定の終了条件を満たす場合には、処理を S 3 1 0 へ移行させることなくデータの保存前あるいはデータの保存後に処理を S 3 1 2 へ移行させるのが望ましい。

【 0 0 8 4 】

S 3 1 0 では、当該レイについて対象座標が更新される。すなわち、x 座標、y 座標及び z 座標のそれぞれについて x, y, z が加算され、これによって対象座標が更新される。

【 0 0 8 5 】

S 3 1 1 においては、そのような更新された対象座標が三次元データ空間（あるいは有効な処理範囲）内にあるか否かが判断され、対象座標が三次元データ空間内に存在すれば処理が S 3 0 7 へ移行し、その一方、対象座標が三次元データ空間内でなければ処理が S 3 1 2 へ移行する。

【 0 0 8 6 】

10

20

30

40

50

ここで、S 3 1 1 から処理が S 3 0 7 へ移行した場合において、現在処理対象となっているスライスデータ内に更にボクセル演算実行可能なボクセルデータが存在するならば S 3 0 8 移行の各工程が繰り返し実行されることになる。すなわち、このようなプロセスにより、スライスデータごとにすなわちデータ転送ごとに、ボクセル演算実行可能なレイが判断され、しかもそのレイについてボクセル演算実行可能なところまでボクセル演算を進行させることができる。

【 0 0 8 7 】

S 3 1 2 においては、パラメータ X が 1 つインクリメントされ、S 3 1 3 ではそのパラメータ X がその最大値を越えたか否かが判断され、越えていなければ処理が S 3 0 5 へ移行し、越えていれば S 3 1 4 においてパラメータ Y が 1 つインクリメントされ、S 3 1 5 においてパラメータ Y がその最大値が越えているか否かが判断される。Y がその最大値を超えていなければ処理が S 3 0 4 へ移行し、その一方、越えていれば処理が S 3 1 6 へ移行する。S 3 1 6 では、x が 1 つインクリメントされ (図 9 の S 1 0 4 の場合には $x = x - 1$)、S 3 1 7 においてはそのパラメータ x がその最大値を越えたか否かが判断され (図 9 の S 1 0 4 の場合には $x < 0$ が判断され)、越えていなければ処理が S 3 0 2 へ移行し、越えていれば処理が S 3 1 8 へ移行する。

【 0 0 8 8 】

すなわち、スライスデータの転送ごとに、各レイごとにボクセル演算の実行が可能か否かが判断され、それが可能であればボクセル演算が実行可能なところまでボクセル演算が進行する。そして、全てのレイについてそのような検証及び演算が実行された後、処理が S 3 0 2 に戻って次のスライスデータの転送が行われ、これがスライスデータの転送ごとに順次繰り返されることになる。したがって、最初のスライスデータから最後のスライスデータまで転送を完了すると、その結果として全レイについて実行可能な全てのボクセル演算が完結することになる。そこで、S 1 0 8 においては、各レイごとに求められた出力値である C_{outXY} を輝度変換して画素値として格納する処理が実行される。

【 0 0 8 9 】

次に、図 1 2 ~ 図 1 5 を用いて上記実施形態の変形例について説明する。

【 0 0 9 0 】

図 2 には 1 つの 3 D メモリ 2 4 及び 1 つの 3 D プロセッサ 2 6 が示されていたが、それぞれについては複数個設けることが可能である。すなわち、図 1 2 に示されるように、3 D メモリ 2 4 に対して複数の 3 D プロセッサ 2 6 A , 2 6 B , 2 6 C を設けるようにしてもよい。それぞれのプロセッサ 2 6 A , 2 6 B , 2 6 C は複数のレイについてグルーピングされたそれぞれのグループを担当するものである。スライスデータは各プロセッサ 2 6 A , 2 6 B , 2 6 C に対して並列転送される。

【 0 0 9 1 】

これと同様に、図 1 3 に示すような構成を採用することができる。すなわち、3 つの 3 D メモリ 2 4 A , 2 4 B , 2 4 C が設けられており、それらについては同じボリュームデータが重複して格納される。また 3 つの 3 D プロセッサ 2 6 A , 2 6 B , 2 6 C が設けられており、それらは 3 D メモリ 2 4 A , 2 4 B , 2 4 C から出力されたスライスデータにしたがって、自己が担当するグループ内のレイについてボクセル演算を進行させる。

【 0 0 9 2 】

図 1 2 及び図 1 3 に示した構成例によれば、複数の 3 D プロセッサを並列動作させて複数のレイについて分担してボクセル演算を進行させることにより画像処理速度をより向上させることが可能となる。この場合において、3 D メモリから 3 D プロセッサへのデータ転送はそれぞれの 3 D プロセッサについて全く同じ内容とするのが望ましい。

【 0 0 9 3 】

図 1 4 及び図 1 5 には複数のレイについてのグルーピング方式が示されており、図 1 4 の (a) は 1 つのレイを単位として所定のシーケンスで複数のレイを 3 つのグループに配分した方式を示している。例えば互いに並んだ 3 つのレイについてはそれぞれ画素 5 0 , 5 1 , 5 2 が対応付けられる。このような方法によれば、図 1 5 の (a) に示すようなパ

10

20

30

40

50

ターンでそれぞれのレイについて画素値を演算することができる。また図14の(b)に示されるようにスクリーン40上におけるラインを単位としてグルーピングを行うようにしてもよい。すなわちライン53, 54, 55のそれぞれについて担当する3Dプロセッサを割り当てるものである。図15の(d)に示すようなパターンでグルーピングがなされることになる。

【0094】

図14の(c)に示す例においては、スクリーン40が複数のエリア56, 57, 58に区分され、それらのエリアごとに担当する3Dプロセッサが割り当てられる。その結果、図15の(c)に示すようなパターンでグルーピングが行われることになる。

【0095】

以上説明したように、上記実施形態によれば、3Dメモリ上においてメモリアドレスが連続しているデータ集合を単位として3Dプロセッサへの転送を行うことができるので、転送制御が簡便であり、また転送時間を著しく削減することが可能となる。その場合においてはバースト転送方式が採用され、3Dプロセッサ内に存在しているDMAコントローラによりDMA転送を行わせるのが望ましい。ここで、一般に、3Dプロセッサと外部メモリとの間のバスの幅は例えば32bitといったように非常に広い。ボクセルデータが例えば8bitとした場合に、ランダムアクセスによってボクセルデータを読み出そうとすると上記の広いバスを有効活用することができず、1回に8bitしかデータの読み出しを行えない。これに対し、上記実施形態によれば、複数のボクセルデータを並列読み出しをすることも可能であり、例えばバス幅が32bitであれば4つのボクセルデータの並列読み出しを実現でき、バス幅が64bitであれば8つのボクセルデータを並列的に読み出せるという利点がある。このような観点からもデータ転送時間を短縮化できるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【0096】

【図1】ボリュームレンダリングの原理を説明するための説明図である。

【図2】本実施形態に係る超音波診断装置の全体構成を示すブロック図である。

【図3】三次元データ空間の構造を概念的に示す図である。

【図4】3Dメモリにおけるアドレス構造を示す図である。

【図5】単位レイベクトルを説明するための説明図である。

【図6】スライスデータと各レイごとのボクセル演算との関係を示す図である。

【図7】各スライスデータが段階的にボクセル演算で利用される様子を示した説明図である。

【図8】各スライスデータが段階的にボクセル演算で利用される様子を示した説明図である。

【図9】装置の動作例を示すフローチャートである。

【図10】図1に示す初期化プロセスの具体的な内容を示すフローチャートである。

【図11】図9に示すS103のプロセスの具体的な内容を示すフローチャートである。

【図12】1つの3Dメモリと3つの3Dプロセッサを設ける場合の構成例を示す図である。

【図13】3つの3Dメモリと3つの3Dプロセッサを設ける場合の構成例を示す図である。

【図14】グルーピングを説明するための説明図である。

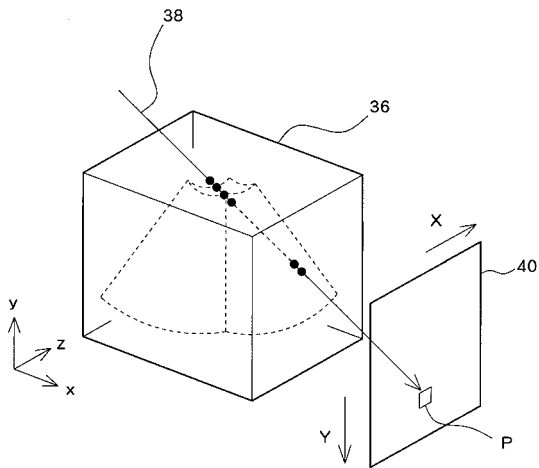
【図15】グルーピングを説明するための説明図である。

【符号の説明】

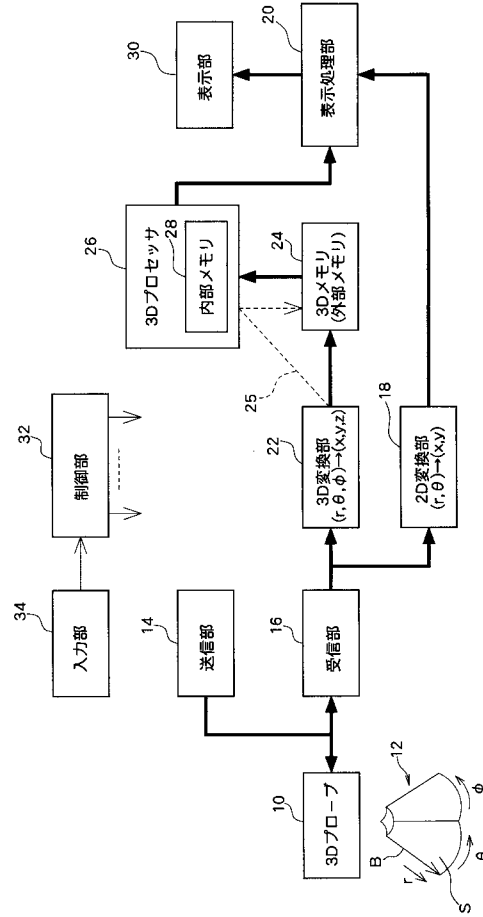
【0097】

10 3Dプローブ、12 送受波空間、22 3D変換部、24 3Dメモリ(外部メモリ)、26 3Dプロセッサ、28 内部メモリ、36 三次元データ空間、40 スクリーン。

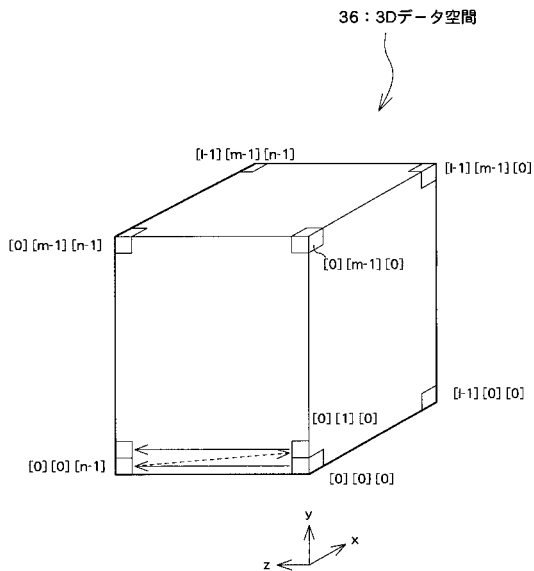
【図1】



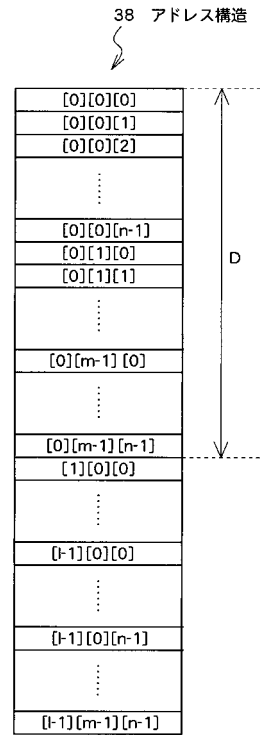
【図2】



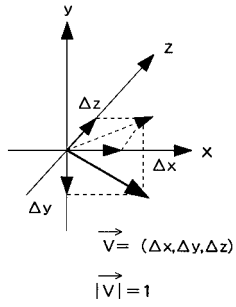
【図3】



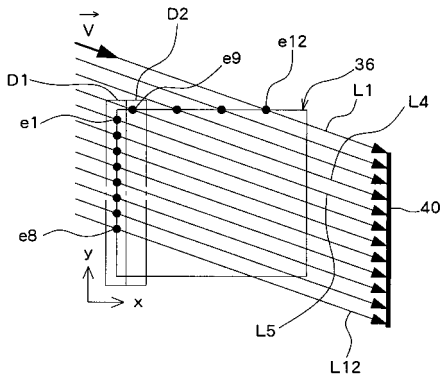
【図4】



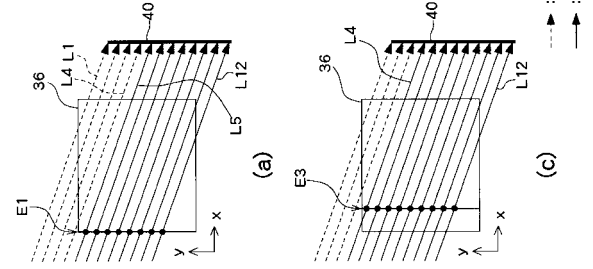
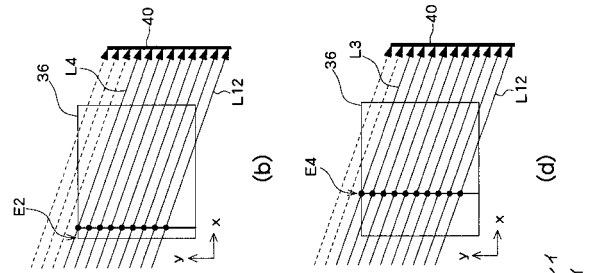
【図5】



【図6】

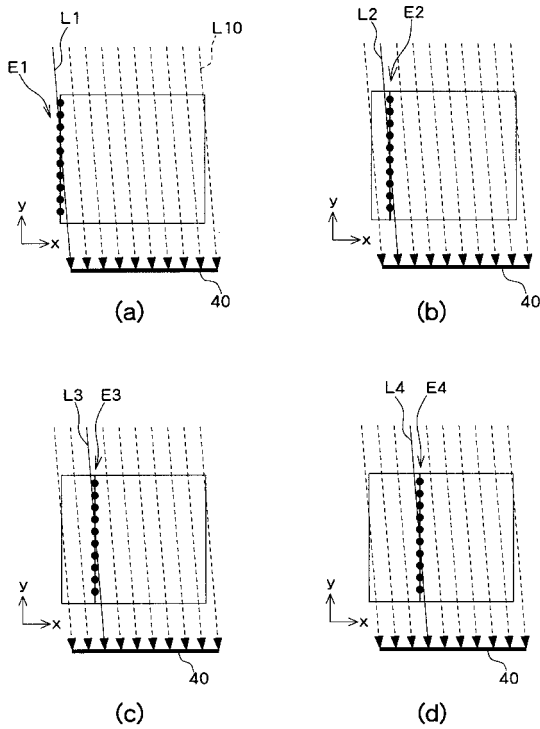


【図7】



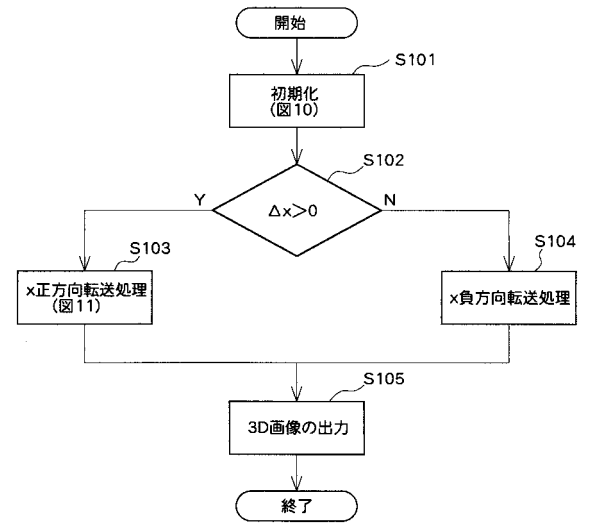
---▶ : 演算不実行レイ
 —▶ : 演算実行レイ

【図8】

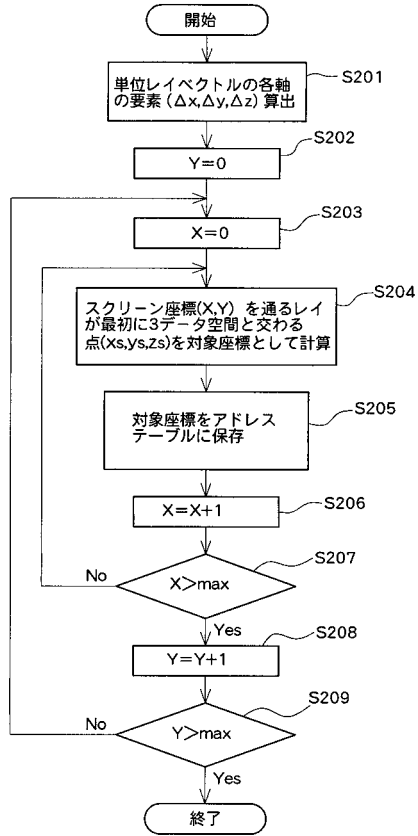


---▶ : 演算不実行レイ
 —▶ : 演算実行レイ

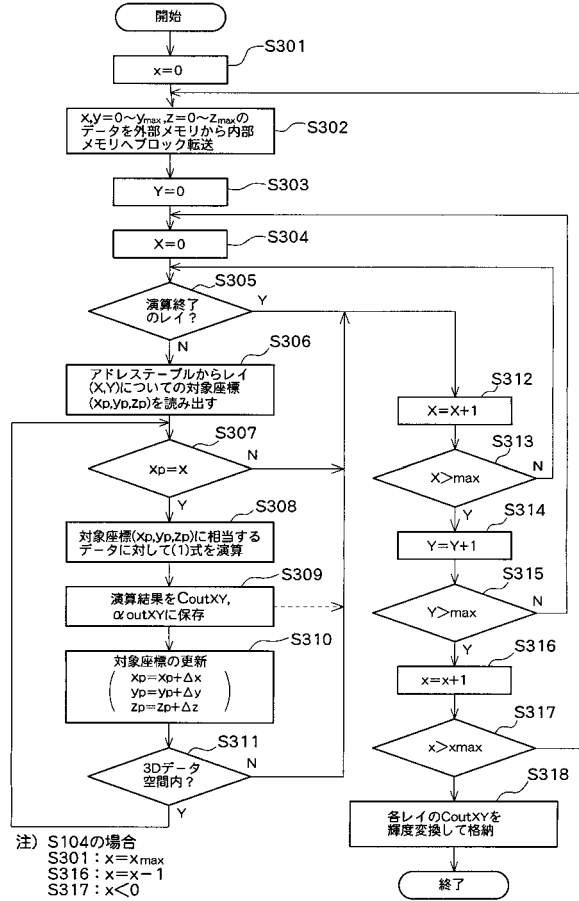
【図9】



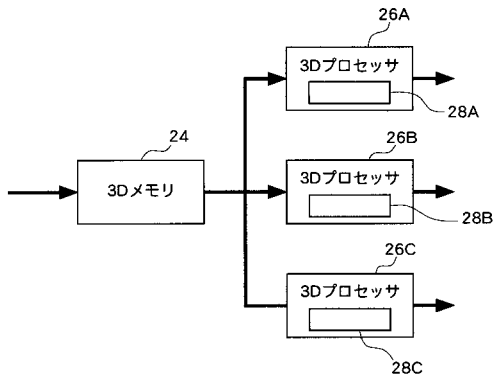
【図10】



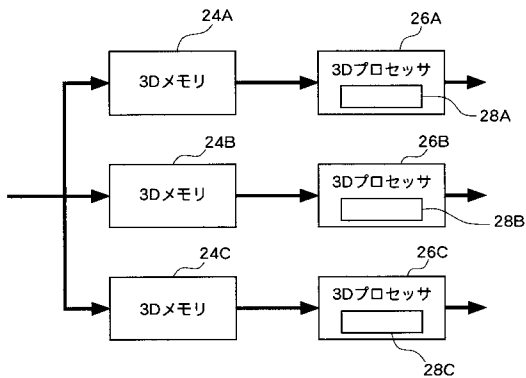
【図11】



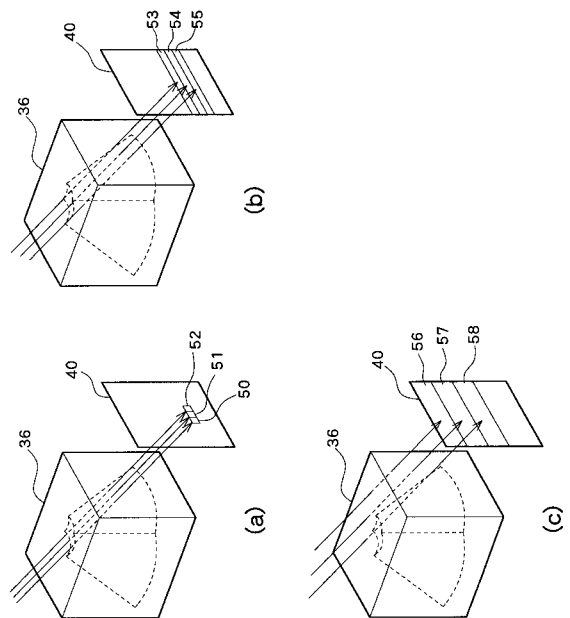
【図12】



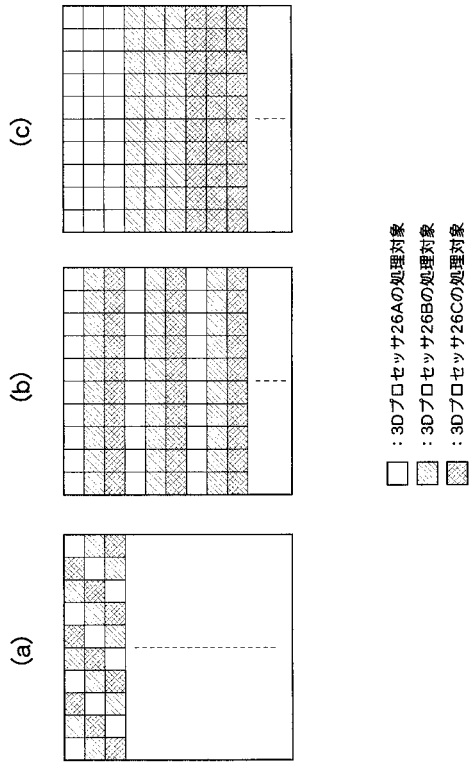
【図13】



【図14】



【 図 15 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-061956(JP,A)
特開2002-238890(JP,A)
特開2001-034782(JP,A)
特開2001-017424(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

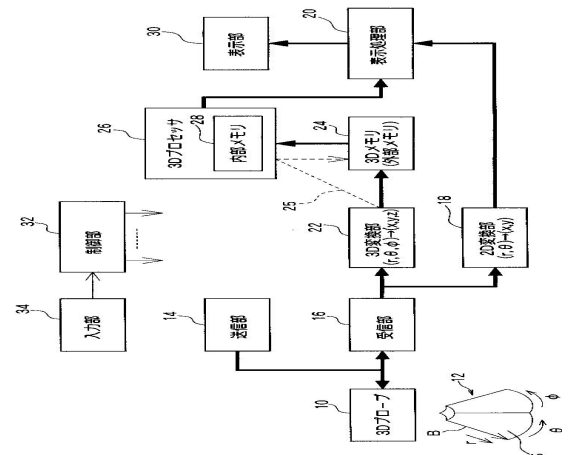
G06T 15/00 - 17/40
G06T 1/00
A61B 5/05
A61B 6/00 - 6/14
A61B 8/00 - 8/14
CSDB(日本国特許庁)

专利名称(译)	超声诊断设备和体积数据处理方法		
公开(公告)号	JP4139318B2	公开(公告)日	2008-08-27
申请号	JP2003403080	申请日	2003-12-02
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	阿洛卡有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	阿洛卡有限公司		
[标]发明人	赤羽睦弘		
发明人	赤羽 睦弘		
IPC分类号	G06T15/00 A61B8/00 G06T15/08		
FI分类号	G06T15/00.200 A61B8/00 A61B8/14 G06T15/08		
F-TERM分类号	4C601/BB03 4C601/EE07 4C601/JC02 4C601/JC26 4C601/JC28 4C601/JC29 4C601/JC32 4C601/JC33 4C601/KK12 4C601/KK22 4C601/LL04 5B080/AA17 5B080/FA15 5B080/FA17 5B080/GA06		
代理人(译)	吉田健治 石田 纯		
其他公开文献	JP2005165627A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：当数据从外部存储器传输到3D处理器以在超声诊断设备中执行体绘制操作时，在不损害体绘制计算的情况下提高数据传输效率。 解决方案：三维数据空间中的体数据存储于3D存储器24中。体数据以切片数据为单位传送到内部存储器28。3D处理器26判断可以对每个数据传输执行体素计算的光线，并使体素操作前进到可以对该光线执行体素计算的位置。根据光线的方向，选择取出切片数据的方向。 .The

【 图 2 】



【 图 4 】

