

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-779

(P2018-779A)

(43) 公開日 平成30年1月11日(2018.1.11)

(51) Int.Cl.

A61B 8/13 (2006.01)

F I

A61B 8/13

テーマコード(参考)

4C601

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2016-135187 (P2016-135187)
 (22) 出願日 平成28年7月7日(2016.7.7)

(71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人YK I 国際特許事務所
 (72) 発明者 佐藤 みか
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
 式会社日立製作所内
 (72) 発明者 三谷 由紀
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
 式会社日立製作所内
 (72) 発明者 永瀬 優子
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
 式会社日立製作所内
 Fターム(参考) 4C601 BB03 JC29 KK02 KK22 KK25
 KK31

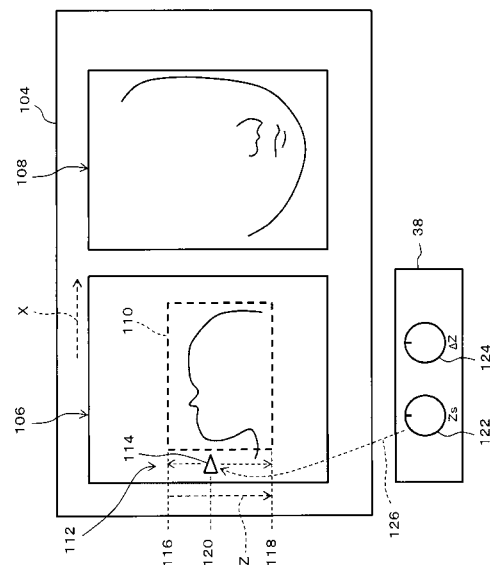
(54) 【発明の名称】 超音波画像処理装置

(57) 【要約】

【課題】超音波画像処理装置において、深さに応じた色付け条件を定める関数に従ってカラー三次元画像を生成する場合に、ユーザーにおいて、関数が作用する深さを認識できなかった。

【解決手段】カラー三次元画像108と共に表示される断層画像106上にガイド像112が表示される。ガイド像112が有する深さ軸と断層画像106が有する深さ軸とが平行になるように、ガイド像112が表示される。ガイド像112は深さ方向に運動するマーカー120を有する。マーカー120は関数が規定する深さ方向の混色範囲における中間深さを表す。ガイド像112が複数のマーカーやカラー見本を有していてもよい。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

生体内の三次元空間から取得されたボリュームデータに対してボリュームレンダリングを適用する手段であって、前記ボリュームレンダリングの結果として輝度マップ及び深さマップを生成するレンダリング手段と、

深さに応じた色付け条件を定める関数に従って、前記輝度マップ及び前記深さマップからカラー三次元画像を生成するカラー処理手段と、

前記関数の内容又は作用を表す像として第 1 の深さ軸を有するガイド像を生成するガイド像生成手段と、

を含むことを特徴とする超音波画像処理装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の装置において、

前記ボリュームデータに基づいて、第 1 の深さ軸を有する断層画像を形成する断層画像形成手段を含み、

前記ガイド像は第 2 の深さ軸を有し、

前記第 1 の深さ軸と前記第 2 の深さ軸が平行になるように前記ガイド像が表示される、ことを特徴とする超音波画像処理装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の装置において、

前記関数に含まれる深さパラメータの変化に応じて前記ガイド像の表示態様が変わる、

20

ことを特徴とする超音波画像処理装置。

【請求項 4】

請求項 3 記載の装置において、

前記関数によって深さ方向の混色範囲が規定され、

前記ガイド像は前記混色範囲の深さを表す少なくとも 1 つの深さマーカーを有し、

前記深さパラメータの変化に応じて前記深さマーカーが前記第 2 の深さ軸に沿って運動する、

ことを特徴とする超音波画像処理装置。

30

【請求項 5】

請求項 4 記載の装置において、

前記深さマーカーは前記混色範囲における中間深さを表す、

ことを特徴とする超音波画像処理装置。

【請求項 6】

請求項 4 記載の装置において、

前記ガイド像は第 1 の深さマーカー及び第 2 の深さマーカーを有し、

前記第 1 の深さマーカー及び前記第 2 の深さマーカーは前記混色範囲の開始深さ及び終了深さを表す、

ことを特徴とする超音波画像処理装置。

40

【請求項 7】

請求項 1 記載の装置において、

前記ガイド像は前記関数に与えられるメインカラー及びサブカラーを表す 2 つのカラー見本を有し、

前記 2 つのカラー見本は深さ方向に並んで表示される、

ことを特徴とする超音波画像処理装置。

【請求項 8】

請求項 7 記載の装置において、

前記関数に含まれる深さパラメータに応じて前記 2 つのカラー見本の間の境界線が深さ方向に運動する、

ことを特徴とする超音波画像処理装置。

50

【請求項 9】

請求項 1 記載の装置において、
前記ガイド像は前記関数によって生じる深さ方向のカラー変化を示すカラー変化見本を有する、
ことを特徴とする超音波画像処理装置。

【請求項 10】

請求項 1 記載の装置において、
前記カラー処理手段は、
前記カラー三次元画像を構成する画素ごとに、当該画素に対応する輝度の大きさに基づいてメインカラーを決定する手段と、
前記カラー三次元画像を構成する画素ごとに、当該画素に対応する輝度の大きさに基づいてサブカラーを決定する手段と、
前記カラー三次元画像を構成する画素ごとに、当該画素に対応する深さを前記関数に与えることにより決定される混合割合に従って前記メインカラーと前記サブカラーとを混合することにより当該画素に対応するカラーを決定する手段と、
を含むことを特徴とする超音波画像処理装置。

10

【請求項 11】

超音波画像処理装置に超音波画像処理方法を実行させるためのプログラムであって、
前記超音波画像処理方法が、
生体内の三次元空間から取得されたボリュームデータに対してボリュームレンダリングを適用する工程であって、前記ボリュームレンダリングの結果として輝度マップ及び深さマップを生成する工程と、
深さに応じた色付け条件を定める関数に従って、前記輝度マップ及び前記深さマップからカラー三次元画像を生成する工程と、
前記関数の内容又は作用を表す像としてガイド像を生成する工程と、
前記カラー三次元画像と共に前記ガイド像を表示する工程と、
を含む、ことを特徴とするプログラム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は超音波画像処理装置に関し、特に、超音波ボリュームデータに基づいてカラー三次元画像を形成する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波画像処理装置として、超音波診断装置や、超音波診断装置で取得された超音波ボリュームデータ（以下、単に「ボリュームデータ」という。）を処理する情報処理装置があげられる。超音波画像処理装置においては、ボリュームデータに対してボリュームレンダリングを適用することにより、三次元超音波画像（対象組織を三次元表現した画像）が形成される。

40

【0003】

ボリュームレンダリングの実行に際しては、ボリュームデータに対して、視点から出る複数のレイ（視線）が設定される。個々のレイごとに、つまりカラー三次元画像を構成する個々の画素ごとに、レンダリング演算が実行されて画素値が求められる。より詳しくは、開始点から奥行き方向に沿って、ボクセル単位で、オパシティ（不透明度）を利用した出力光量演算（ボクセル演算）が繰り返し実行される。所定の終了条件が満たされた時点での出力光量つまり演算終了点での出力光量が画素値（輝度）を構成する。所定の終了条件としては、オパシティ累積値が 1 又はそれに近い所定値に到達したことを内容とする第 1 の終了条件、レイ上の最後のサンプル点まで出力光量演算が到達したことを内容とする第 2 の終了条件、等が知られている。オパシティ累積値は、一般に、出力光量演算ごとにそ

50

ここで利用されたオパシティを順次加算することによって求められるものである。出力光量演算式としては各種の式が知られている。複数のレイについて求められた複数の輝度は輝度マップとして観念され、それが三次元超音波画像を構成する。

【0004】

上記のような一般的なボリュームレンダリング法とは異なる特別なボリュームレンダリング法として、輝度マップと共に深さマップ（距離マップ）を生成し、それらのマップに基づいてカラー三次元画像を形成するボリュームレンダリング法が知られている。その方法では、レイ単位でのレンダリング演算に際し、終了点での出力光量（輝度）と、終了点の深さと、が特定される。これによって、複数のレイに対応する複数の輝度からなる輝度マップと、複数のレイに対応する複数の深さからなる深さマップ（距離マップ）と、が生成される。深さマップは、典型的には、対象組織の三次元形態を表す。例えば、終了点の深さに応じてカラー（例えばRGB値の組み合わせ）を変化させることにより、カラー三次元画像上において奥行き感を増大させることが可能である。

10

【0005】

特許文献1、2は、三次元超音波画像の形成に際して、終了点の深さに応じた色付けを提案するものである。特許文献3には、ボリュームデータに対して設定される三次元関心領域が示されている。その関心領域はクリッピング面としてのレンダリング開始面（以下「開始面」と称する。）を有する。その開始面は変形可能な面である（更に高さ方向への並行移動や傾斜運動も可能な面である）。例えば、胎児と子宮壁（胎盤を含む）との間の隙間の形状に合わせて開始面を変形させれば、子宮壁を画像化対象から除外しつつ、胎児だけをレンダリング対象とすることが可能である。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第5117490号公報

【特許文献2】特許第5525930号公報

【特許文献3】特開2011-83439号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記のように、輝度マップ及び深さマップに基づくカラー三次元画像の生成に際しては、一般に、輝度に基づいて決定されたメインカラー及びサブカラーの混合割合を終了点の深さに応じて変化させる「関数」が利用される。その関数は、混色関数、重み付け合成関数又はブレンド関数として機能するものである。その他の関数が利用されることもある。

30

【0008】

しかしながら、色付け結果であるカラー三次元画像を観察しても、関数それ自体の内容や作用をユーザーにおいて認識し難いという問題がある。また、関数に含まれる1又は複数のパラメータを調整する際にその調整を支援することが望まれる。

【0009】

本発明の目的は、深さに応じて変化する色付け条件を定める関数に従ってカラー三次元画像を生成する場合に、カラー三次元画像を観察しているユーザーにおいて、当該関数の内容又は作用を認識できるようにすることにある。あるいは、本発明の目的は、上記関数に含まれるパラメータをユーザーが調整する場合にその作業を支援することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明に係る超音波画像処理装置は、生体内の三次元空間から取得されたボリュームデータに対してボリュームレンダリングを適用する手段であって、前記ボリュームレンダリングの結果として輝度マップ及び深さマップを生成するレンダリング手段と、深さに応じた色付け条件を定める関数に従って、前記輝度マップ及び前記深さマップからカラー三次元画像を生成するカラー処理手段と、前記関数の内容又は作用を表す像として第1の深さ

50

軸を有するガイド像を生成するガイド像生成手段と、を含むことを特徴とする。

【0011】

上記構成によれば、カラー三次元画像と共に、関数を象徴するガイド像が表示される。ガイド像は第1の深さ軸を有し、第1の深さ軸上に、例えば、深さマーカーとして、又は、色変化見本として、関数の内容又は作用が表示される。ガイド像の観察を通じて、カラー三次元画像を生成する際に適用された色付け条件に関する情報を得られる。ガイド像において、関数の内容又は作用の一部又は一面だけが表されてもよい。関数が作用する深さ又は深さに応じた関数作用の変化をおよそ認識できるように、あるいは、カラー三次元画像の生成に際して適用された色付け条件を把握するのに役立つ情報が得られるように、ガイド像を生成するのが望ましい。関数を設定する際に、その設定内容がリアルタイムにガイド像に反映されれば、関数設定作業を支援できる。

10

【0012】

ポリウムレンダリング法としては各種の方法を利用することが可能である。但し、通常のポリウムレンダリング法では輝度マップしか生成されないため、輝度マップと共に深さマップ（距離マップ）が生成されるように、公知のポリウムレンダリング法を修正又は拡張して利用するのが望ましい。望ましくは、対象組織は子宮内の胎児であり、特に望ましくは、胎児の顔面である。

【0013】

望ましくは、前記ポリウムデータに基づいて、第2の深さ軸を有する断層画像を形成する断層画像形成手段を含み、前記第1の深さ軸と前記第2の深さ軸が平行になるように前記ガイド像が表示される。この構成によれば、断層画像中の対象組織の深さと、関数が作用する深さと、対比することが可能となる。例えば、色付けの基準となる深さを、もっと小さく（手前側、視点側）にすべきか、あるいは、もっと大きく（奥側、非視点側）にすべきか、を容易に判断することが可能である。断層画像は三次元空間の断面を表す画像であり、ポリウムデータに対して設定される二次元レイアレイ中のレイ列に相当する画像である。

20

【0014】

望ましくは、前記関数に含まれる深さパラメータの変化に応じて前記ガイド像の表示態様が変化する。この構成によれば、ガイド像の表示態様の变化を観察しながら、手動で深さパラメータを最適化することが可能である。自動的にパラメータが決定される構成では、パラメータ変化をガイド像の表示態様の变化として認識できる。

30

【0015】

望ましくは、前記関数によって深さ方向の混色範囲が規定され、前記ガイド像は前記混色範囲の深さを表す深さマーカーを有し、前記深さパラメータの変化に応じて前記深さマーカーが深さ方向に運動する。深さマーカーは深さ軸方向に運動するインジケータである。望ましくは、混色範囲についての開始深さ、中間深さ、終了深さ、又は、その他の深さが深さマーカーによって表現される。望ましくは、前記深さマーカーは前記混色範囲における中間深さを表す。混色割合が1:1となる深さを深さマーカーによって表示してもよいし、他の特定の深さを深さマーカーによって表示してもよい。

【0016】

望ましくは、前記ガイド像は第1の深さマーカー及び第2の深さマーカーを有し、前記第1の深さマーカー及び前記第2の深さマーカーは前記混色範囲の開始深さ及び終了深さを表す。この構成によれば、深さ方向の混色範囲を深さ軸上で具体的に特定することが可能となる。特に、上記構成によれば、混色範囲の深さ及び大きさを同時に認識できる。

40

【0017】

望ましくは、前記ガイド像は前記関数に与えられるメインカラー及びサブカラーを表す2つのカラー見本を有し、前記2つのカラー見本は深さ方向に並んで表示される。この構成によれば、混合前の2つの元カラーを認識できる。望ましくは、画素の輝度に応じてメインカラーのRGB値及びサブカラーのRGB値が定まり、それらが画素に対応する深さに従う混合割合で合成される。2つのカラー見本の間の境界線によって混色が生じる深さ

50

範囲が表現されてもよい。境界線を斜線として構成し、その斜線により当該範囲が表現されてもよい。望ましくは、前記関数に含まれる深さパラメータに応じて前記2つのカラー見本の間の境界線が深さ方向に運動する。望ましくは、前記関数に含まれる範囲パラメータに応じて前記境界線の傾斜角度（深さ軸に対する角度）が変化する。

【0018】

望ましくは、前記ガイド像は前記関数によって生じる深さ方向のカラー変化を示すカラー変化見本を有する。この構成によれば、関数の作用をカラー変化（グラデーション）として具体的に認識することが可能である。

【0019】

望ましくは、前記カラー処理手段は、前記カラー三次元画像を構成する画素ごとに、当該画素に対応する輝度の大きさに基づいてメインカラーを決定する手段と、前記カラー三次元画像を構成する画素ごとに、当該画素に対応する輝度の大きさに基づいてサブカラーを決定する手段と、前記カラー三次元画像を構成する画素ごとに、当該画素に対応する深さを前記関数に与えることにより決定される混合割合に従って前記メインカラーと前記サブカラーとを混合することにより当該画素に対応するカラーを決定する手段と、を含む。

10

【0020】

本発明に係る超音波画像処理方法は、生体内の三次元空間から取得されたボリュームデータに対してボリュームレンダリングを適用する工程であって、前記ボリュームレンダリングの結果として輝度マップ及び深さマップを生成する工程と、深さに応じた色付け条件を定める関数に従って、前記輝度マップ及び前記深さマップからカラー三次元画像を生成する工程と、前記関数の内容又は作用を表す像としてガイド像を生成する工程と、前記カラー三次元画像と共に前記ガイド像を表示する工程と、を含む。

20

【0021】

上記の超音波画像処理方法はプロセッサ上で動作するプログラムとして実現され得る。そのプログラムは、ネットワークを介して又は記憶媒体を介して、超音波画像処理装置へインストールされる。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、ユーザーにおいて関数の内容又は作用を認識することが可能となる。よって、カラー三次元画像の観察上の便宜を図ることができ、また、関数の設定作業を支援することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明に係る超音波画像処理装置の実施形態を示すブロック図である。

【図2】輝度マップ及び距離マップの生成を示す図である。

【図3】基準面を有しない従来例を示す図である。

【図4】基準面の第1例を示す図である。

【図5】基準面の第2例を示す図である。

【図6】基準面の第3例を示す図である。

【図7】輝度マップ及び深さマップの生成を説明するためのフローチャートである。

40

【図8】カラー処理部の構成例を示す図である。

【図9】混色関数（重み付け合成関数）を示す図である。

【図10】表示処理部の動作例を示すフローチャートである。

【図11】ガイド像の第1例を示す図である。

【図12】ガイド像の第2例を示す図である。

【図13】ガイド像の第3例を示す図である。

【図14】ガイド像の第4例を示す図である。

【図15】ガイド像の第5例を示す図である。

【図16】ガイド像の第6例を示す図である。

【図17】ガイド像の第7例を示す図である。

50

【図 18】ガイド像の第 8 例を示す図である。

【図 19】パラメータ決定方法を説明するための図である。

【図 20】深さパラメータ決定方法の第 1 例を示す図である。

【図 21】深さパラメータ決定方法の第 2 例を示す図である。

【図 22】最浅点の深さと最深点の深さとに基づく深さパラメータの決定を示す図である。

【図 23】深さパラメータ決定方法の第 3 例を示す図である。

【図 24】深さパラメータ決定方法の第 4 例を示す図である。

【図 25】混色関数の変化を示す図である。

【図 26】範囲パラメータ決定方法の第 1 例を示す図である。

10

【図 27】範囲パラメータ決定方法の第 1 例における混色関数の変化を示す図である。

【図 28】範囲パラメータ決定方法の第 2 例を示す図である。

【図 29】範囲パラメータ決定方法の第 2 例における混色関数の変化を示す図である。

【図 30】カラー演算部の変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

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。

【0025】

(1) 装置構成

図 1 には、本発明に係る超音波画像処理装置の好適な実施形態が示されている。この超音波画像処理装置は、本実施形態において超音波診断装置である。超音波画像処理装置が、画像処理を実行する情報処理装置（コンピュータ）によって構成されてもよい。その場合、超音波診断装置で取得されたボリュームデータが情報処理装置へ渡される。

20

【0026】

図 1 に示す超音波診断装置は医療機関に設置され、生体に対する超音波の送受波により超音波画像を形成する装置である。本実施形態においては、以下に詳述するように、超音波画像として、カラー三次元画像が生成されている。それは、例えば、子宮内の胎児の三次元形態を輝度及び色相の変化によって立体的に表現した画像である。

【0027】

図 1 において、3Dプローブ 10 は、生体内の三次元空間に対して超音波の送受波を行うことによりボリュームデータを取得する送受波器である。3Dプローブ 10 は、例えば、2Dアレイ振動子を有する。2Dアレイ振動子は二次元配列された複数の振動素子からなるものである。2Dアレイ振動子によれば、超音波ビームを電子的に二次元走査することが可能である。電子走査方式としては、電子セクタ走査方式等が知られている。1Dアレイ振動子を機械的に走査することによってボリュームデータを取得してもよい。一般に、1つのボリュームデータは複数の走査面データ（フレームデータ）により構成され、各走査面データは複数のビームデータにより構成される。各ビームデータは深さ方向に並ぶ複数のエコーデータにより構成される。

30

【0028】

送受信部 12 は電子回路であり、それは送信ビームフォーマー及び受信ビームフォーマーとして機能する。すなわち、送信時において、送受信部 12 から 3Dプローブ 10 へ複数の送信信号が供給され、これにより送信ビームが形成される。受信時において、生体内からの反射波が 3Dプローブ 10 によって受波されると、3Dプローブ 10 から複数の受信信号が送受信部 12 へ出力される。送受信部 12 では複数の受信信号を整相加算し、これにより受信ビームに相当するビームデータを生成する。

40

【0029】

送受信部 12 からビームデータ処理部 14 へ複数のビームデータが順次出力される。ビームデータ処理部 14 は、検波器、対数変換器等を備える電子回路である。そこで処理された各ビームデータが座標変換部 16 へ送られる。

【0030】

50

座標変換部 16 は、座標変換機能、補間機能、等を有する電子回路である。座標変換部 16 は、各ビームデータを構成する個々のエコーデータを三次元記憶空間にマッピングする処理を実行する。実際には、三次元座標ごとに補間データを生成しそれをマッピングしている。走査面に対応するフレームデータ単位で座標変換を実行し、それを繰り返すことによりボリュームデータを生成するようにしてもよい。その場合には二次元スキャンコンバータが利用される。いずれにしても、本実施形態においては、座標変換部 16 が有するメモリ 18 内にボリュームデータが格納される。なお、そのようなボリュームデータから切り出される面データに基づいて二次元断層画像（Bモード画像）が形成される。この場合、面データは、後述するレイ群中の特定のレイ列に相当する。この場合、面データは深さ軸を有する。

10

【0031】

ボリュームレンダリング部 20 は、三次元関心領域設定手段、レンダリング手段、等として機能する。それは電子回路又はソフトウェア機能として実現される。三次元関心領域（3D-ROI）は、ボリュームデータの中で画像化したい部分を切り出すための領域であり、逆に言えば、画像化したくない部分を除外した領域である。三次元関心領域の形態や位置が自動的に又はユーザー入力により定められる。例えば、子宮内の胎児の三次元画像を形成したい場合、胎児と子宮壁（胎盤）との間の隙間（羊水中）に、クリッピング面としての開始面が設定されるように、三次元関心領域が設定される。その場合において、視点に対してボリュームデータを相対的に回転させれば、それに伴って三次元関心領域に対してボリュームデータが相対的に回転する。クリッピング面つまり開始面は、デフォルト状態では平面であるが、上記特許文献 3 に記載されているように、それは例えば凸面又は凹面に変形可能な面である。更に、その高さ、傾きを変更することも可能である。

20

【0032】

本実施形態においては、ボリュームレンダリング部 20 が、後述する基準面の設定手段として機能する。基準面は、典型的には、開始面よりも視点側に設けられる平面であり、後述するレイ群に対して直交する平面である。基準面については後に図 3 乃至図 6 を用いて詳述する。

【0033】

ボリュームレンダリング部 20 は、ボリュームレンダリング法に基づいて、三次元関心領域つまり対象データに対してレイ群を設定し、個々のレイごとにレンダリング演算を実行する。複数のレイは本実施形態において互いに平行であり、それらは視点（又はそれに相当する面）から奥行き方向に延びる。複数のレイは三次元画像を構成する複数の画素に対応する。ボリュームレンダリング部 20 は、レイ単位で、開始点（レンダリング開始点）から終了点（レンダリング終了条件が満たされた点）までにわたって、一定のピッチで、出力光量演算（ボクセル演算）を繰り返し実行する。より正確に言えば、所定の終了条件が満たされるまで、演算点を順次シフトさせながら、オパシティ（不透明度）を利用した出力光量演算が繰り返し実行される。

30

【0034】

所定の終了条件には、第 1 の終了条件と第 2 の終了条件とがある。出力光量演算で参照するオパシティの累積値が所定値（例えば 0.98）を超える場合に、第 1 の終了条件が満たされたと判断される。一方、出力光量演算が終了面まで到達した場合に第 2 の終了条件が満たされたと判断される。オパシティ関数を適宜設定しておけば、例えば、胎児表面又はその近傍で、つまり胎児の表層で、第 1 の終了条件が満たされる確率が高まる。その結果、専ら胎児表面が表された三次元画像を形成することが可能である。所定の終了条件が満たされた時点での出力光量、つまり終了点での出力光量、がそのレイに対応する輝度とされる。その輝度がメモリ 22 上にマッピングされる。複数のレイに対応する複数の輝度のマッピング結果として、メモリ 22 上に輝度マップが構成される。

40

【0035】

一方、出力光量演算に際しては、上記のように、オパシティが順次加算されており、その累積値が所定値に到達して第 1 の終了条件が満たされた時点で、あるいは、レイ上の演

50

算点が三次元関心領域の終了面まで到達して第2の終了条件が満たされた時点で、終了点の深さが特定される。本実施形態では、その深さとして、基準点（基準面）から終了点までの長さが演算される。具体的には、終了条件が満たされるまでの出力光量演算回数に対し、レイ上でのサンプル点ピッチを乗算することにより、開始面から終了点までの第1の距離が求められる。一方、当該レイ上において又はその延長線上において、基準面から開始面までの長さが第2の距離として求められる。第1の距離と第2の距離とを加算することにより、カラー処理で参照される深さ（基準面を基準として規格化された深さ）が求められる。その深さがメモリ24上にマッピングされる。複数のレイに対応する複数の深さにより、メモリ24上に深さマップが構成される。それは、輝度マップと同様、三次元画像を構成する画素配列と同じ配列を有するものである。本実施形態では、上記のように、深さマップを構成する個々の深さが基準面からの深さつまり規格化された距離である。但し、開始面から終了点までの距離あるいは他の距離を上記深さとしてメモリ24上にマッピングするようにしてもよい。ポリウムレンダリングについては後に図2及び図7を用いて詳述する。

10

20

30

40

50

【0036】

表示処理部30は、色付け機能、画像合成機能、等の各種の表示処理機能を備えている。その内で、カラー三次元画像を生成する部分がカラー処理部32として示されている。また、それに関連する機能としてガイド像生成部26及びパラメータ決定部28が示されている。表示処理部30はプロセッサ又は電子回路により構成される。制御部36を構成するCPU及びプログラムによって表示処理部30が構成されてもよい。

【0037】

カラー処理部32は、カラー三次元画像を構成する画素ごとに、輝度Iと深さZとから、画素値としてのカラーを決定するものである。例えば、輝度Iに応じて決定される暖色系のカラーと、同じく輝度Iに応じて決定される寒色系のカラーと、が深さZに応じて決定される色付け条件（混合率）に従って混合され、その混合結果として当該画素のカラーが決定される。その例において、前者の暖色系のカラーはメインカラーであり、つまり近距離表現用カラーであり、それは例えばオレンジ系のカラーである。後者の寒色系のカラーはサブカラーであり、つまり遠距離表現用カラーであり、例えばブルー系のカラーである。各画素に対応する深さは、典型的には、対象組織の表層の深さを表しているのので、浅い位置に存在する表層については暖色系カラーで表現され、深い位置に存在する表層については寒色系カラーの混合割合が高められたカラーで表現される。もちろん、上記であげた具体的なカラーは例示である。

【0038】

本実施形態では、カラー処理部32が、輝度に応じてメインカラー及びサブカラーを決定する2つの変換テーブル（変換関数）を有しており、また、メインカラー及びサブカラーを深さに応じて重み付け合成する合成器を有している。その重み付け合成条件は混色関数によって規定される。混色関数には、深さ方向における混色範囲の中間深さを示す深さパラメータと、深さ方向における混色範囲の大きさを示す範囲パラメータと、が含まれる。但し、それらは例示である。それらに代わる複数のパラメータが混色関数に含まれていてもよい。本実施形態において、混色関数に含まれる個々のパラメータは、カラー三次元画像及び断層画像を観察しながらユーザーによって指定され、あるいは、深さマップ等に基づいて自動的に決定される。カラー処理部32の構成及び作用については後に図8及び図9を用いて詳述する。

【0039】

ガイド像生成部26は、断層画像と共に表示されるガイド像を生成するモジュールである。ガイド像は、後述するように、グラフィック要素として構成され、つまり図形、色見本等として構成され、混色関数の内容又は作用の一部を視覚的に表現した像である。ガイド像も深さ軸（第1の深さ軸）を有する。断層画像は深さ軸（第2の深さ軸）を有する。第2の深さ軸はレイ群に対して平行であり、それは通常、断層画像の左側辺又は右側辺に一致する。第1の深さ軸が第2の深さ軸に平行になるように、ガイド像が断層画像の近傍

に又は断層画像の上に表示される。第1の深さ軸が後述するマーカーの運動軸であってもよい。混色関数に含まれる深さパラメータ及び範囲パラメータをユーザーが設定する場合にガイド像が参照される。これによりパラメータ設定を支援できる。カラー三次元画像を観察する場合にもガイド像が参照される。これによりカラー三次元画像として表示された胎児の形態の把握を促進できる。ガイド像については後に図11乃至図18を用いて詳述する。

【0040】

パラメータ決定部28は、混色関数に含まれる深さパラメータ（具体的には後に示す Z_s ）及び範囲パラメータ（具体的には後に示す Z ）の内の前者又は両者を自動的に（又は半自動的に）設定するモジュールである。この構成により、ユーザーの負担を軽減でき、また、カラー三次元画像の色合いを最適化することが容易となる。パラメータ自動設定については後に図19乃至図29を用いて詳述する。

10

【0041】

制御部36はCPU及びプログラムによって構成され、制御部36により、図1に示されている個々の構成の動作が制御される。操作パネル38は入力装置を構成し、それを利用して三次元関心領域をマニュアル設定したり混色関数に含まれるパラメータを設定したりすることが可能である。クリッピング面としての開始面をマニュアルで設定する場合にも操作パネル38が利用される。本実施形態では、三次元関心領域よりも視点側に基準面が自動的に設定されているが、その基準面をマニュアルで設定できるように構成してもよい。表示器34には、カラー三次元画像、断層画像、ガイド像の他、必要に応じて、任意断層画像等が表示される。表示器34にトリプレーン画像が表示されてもよい。

20

【0042】

（2）輝度マップ及び深さマップの生成

図2には、輝度マップ及び深さマップの生成方法が模式的に示されている。但し、図2には一般的な生成方法が示されており、そこには基準面を利用した深さマップの生成方法は示されていない。

【0043】

三次元関心領域40に対して互いに並行に複数のレイ42が設定される。X-Y-Zは直交座標系を表している。Z方向が深さ方向である。符号41で示す矢印は視点から出る投影方向を示している。その方向に対して複数のレイ42が平行に設定される。なお、ボリュームデータに対して任意の位置に視点を設定することが可能である。

30

【0044】

図示の例では、符号40Aがクリッピング面としての開始面を示している。それは平面として描かれている。実際には開始面40Aの形状等を自在に変更することが可能である。個々のレイ42において、開始面40A上の開始点から奥行き方向（図示の例ではZ方向）へ出力光量演算が繰り返し実行される。その演算の都度、オパシティが累積加算される。上述した終了条件が満たされた時点で、出力光量演算が止まり、つまり、レンダリング演算が終了する。これによって、レイ42ごとに終了点44が特定される。その終了点44は例えば胎児の表層に相当する。レンダリング演算終了時点での出力光量が輝度としてメモリ上にマッピングされる。複数のレイ42に対応する複数の輝度のマッピング結果として輝度マップ46が構成される。それは白黒のボリュームレンダリング画像に相当する。

40

【0045】

一方、レイ単位で、終了点44の深さがメモリ上にマッピングされる。複数のレイ42に対応する複数の深さのマッピング結果として深さマップ48が構成される。グレースケール50に示されているように、図2においては、最小深さから最大深さまでが輝度の変化として表現されている。

【0046】

輝度マップ46及び深さマップ48は、三次元画像を構成する二次元画素配列と同じ二次元画素配列を有する。輝度マップ46及び深さマップ48に基づいて、カラー三次元画

50

像が形成される。例えば、上記のように、個々の画素ごとに、輝度に対応する2つのカラーが、深さに応じて重み付け合成され、これにより当該画素のカラーが決定される。これが全画素にわたって繰り返される。深さマップ48を構成する各深さは、以下に説明するように、基準点から終了点までの距離であるのが望ましい。但し、開始点から終了点までの距離であってもよい。それらの距離は、いずれも視点側から見た対象組織の深さを示すものである。

【0047】

(3) 基準面に基づく深さの演算

図3には基準面を有しない従来例が比較例として示されている。符号54は胎児を示しており、符号56は胎盤を示している。符号57は羊水を示している。符号52はボリュームデータを示し、符号58は三次元関心領域を示している(図3には三次元関心領域の断面が現れている)。三次元関心領域58は、クリッピング面として機能する開始面60、底面(下面)としての終了面65、及び、4つの側面(図3には2つの側面62, 64が現れている)を有するボックス状の形態を有する。開始面60の凹形変形により、開始面60が胎児54と胎盤56との間の隙間に差し込まれている。このように三次元関心領域58の形態が定められた上で、それに対して設定される個々のレイごとにレンダリング演算が実行される。

10

【0048】

図3において、個々の下向き矢印63はレンダリング演算経路を示しており、矢印63の先端が終了点を示している。なお、図3には、複数の下向き矢印63の中で胎児表層まで到達していないものが含まれているが、それは作図上の都合によるものである。図3に示す例では、基準面が採用されていない。つまり、各レイにおいて、開始面から終了点までの長さが深さとして演算され、その深さがそのまま色付け処理で参照される。それ故、開始面60が湾曲していることに起因して、深さマップにおいて胎児表面の形態とは関係のない深さ変化が生じてしまう。それは無用な色相変化を引き起こし得るものである。

20

【0049】

図4には基準面の第1例が示されている。なお、図3に示した要素と同様の要素には同一符号を付し、その説明を省略する。このことは、後に説明する図5及び図6についても同様である。

【0050】

図4においては、開始面60よりも視点に近い側に基準面66が設定されている。その基準面66は、複数のレイに直交する平面である。デフォルト状態の開始面60を基準面と定めてもよい。基準面66は三次元関心領域58の全体を覆っている。具体的には、三次元関心領域58が有する4つの側面の上辺に接続する平面として基準面が構成されている。但し、視点により近い位置に基準面が設定されてもよい。基準面66が対象組織を横切らないように当該基準面66の位置を定めるのが望ましい。

30

【0051】

個々のレイにおいては、従来同様にレンダリング演算が実行されるが、深さの演算に限っては、基準面66が基準として利用される。すなわち、各レイにおいて、基準面66から終了点までの規格化された長さが深さとして演算される。実際には、開始面60上の開始点から終了点までの第1の距離が演算され、一方、基準面66から開始面60までの第2の距離が演算される。そして、第1の距離と第2の距離とを加算することにより、その加算結果として、マッピングされる深さが演算される。もっとも、基準面から終了点までの距離が直接的に求められてもよい。本実施形態では、レンダリング演算範囲とは別に、深さが定義されるようにしたので、開始面の形態に依存しない、規格化された深さをカラー処理で利用できる。

40

【0052】

図5には基準面の第2例が示されている。この第2例では、胎盤56Aの形態を考慮して、三次元関心領域58Aの開始面60Aが凸面を構成しており、これにより、開始面60Aから見て視点とは反対側に基準面70が設定されている。但し、基準面70は、胎児

50

54にかかっておらず、各レイにおいて演算される深さは、いずれもプラスの深さである（符号72を参照）。もっとも、図5に示す第2例では、基準面70が対象組織にかかり易いので、基準面70がより上方に位置するように、例えば、基準面70が開始面60Aの頂点を通過するように、基準面設定条件を変更するのが望ましい。

【0053】

図6には基準面の第3例が示されている。この例では、胎盤56Bがかなり複雑な形態を有しており、それに応じて、三次元関心領域58Bの開始面60Bも複雑な形態を有している。開始面60Bの視点側に基準面74が設定されている。それは平面であるが、各レイに対しては傾斜している。その傾斜角度は小さく、傾斜を原因とする深さ変化量はかなり小さい。しかも一様に傾斜しているので不自然な深さ変化や局所的な深さ変化は生じていない。このように、場合によっては、傾斜した基準面74を利用することも可能である。但し、傾斜に起因して見かけ上の深さ増減が生じるので、できる限り、各レイに直交する基準面（上記第1例として示した基準面）を採用するのが望ましい。

10

【0054】

（4）ボリュームレンダリング

図7に輝度マップ及び深さマップの生成に関する動作の一例が示されている。S10では、レイ番号を示すkが初期化され、S12では、距離を示すdが初期化される。S14では、k番目のレイ上において距離dにある注目点について、エコー値（ボクセル値）が演算される。例えば、注目点の近傍に存在する8個のエコー値に基づいて三次元線形補間演算により注目点のエコー値が算出される。S16では、注目点でのエコー値、それに対応したオパシティ、等に基づく出力光量演算（ボクセル演算）が実行される。これにより注目点での出力光量が求まり、その出力光量が次の注目点での入力光量とされる。このようなアルゴリズムとして各種のものが知られている。S16では、オパシティの累積加算も実行される。

20

【0055】

S18では、所定の終了条件が満たされたか否かが判断される。満たされていない場合、S28においてdがインクリメントされた上で、S14からの各工程が繰り返し実行される。一方、S18において、終了条件が満たされたと判断された場合、S19において、最終的な出力光量が輝度としてメモリ上にマッピングされる。

【0056】

S20では、基準面から開始面までの距離dが計算される。距離dは開始面の位置及び形態に依存する。S22では、終了点の距離であるdと、基準面と開始面との間の距離dと、が加算され、その結果として、規格化された深さZが求まる。S24では深さZがメモリ上にマッピングされる。S26では、kが最大値に到達したか否かが判断され、n0であればS30においてkがインクリメントされた上で、S12以降の各工程が繰り返し実行される。

30

【0057】

この後、輝度マップ及び距離マップに基づいてカラーの三次元画像が形成される。但し、三次元画像形成に先立って、少なくとも深さマップに対してはS27で平滑化処理が施される。

40

【0058】

（5）カラー処理

図8には、図1に示したカラー処理部32の構成例が示されている。カラー処理部32は、2つのテーブル84、86と、重み付け合成器88と、を有している。テーブル84は、フロント側変換テーブルであり、輝度Iに応じてメインカラー（RGB値）Cfを決定するルックアップテーブルである。一般的には、メインカラーとして、温かみを感じられるオレンジ系のカラーが採用される。つまり、近距離に存在する組織がそのようなカラーによって表現される。テーブル86は、バック側変換テーブルであり、輝度Iに応じてサブカラー（RGB値）Cbを決定するルックアップテーブルである。一般的には、サブカラーとして、メインカラーへの混色によって遠近感を増大できるブルー系のカラーが採

50

用される。もっとも、上記のいずれのカラーも例示に過ぎない。

【0059】

重み付け合成器88は、輝度Iに応じて決定されたカラーCf及びカラーCbを、深さZに応じて重み付け合成するモジュールである。深さZに応じた混色割合は、以下に説明する混色関数（符号88A参照）によって決定される。重み付け合成器88から、重み付け合成後のカラー（RGB値）Cが出力される。もっとも、カラーCfに対して重み1.0が与えられる場合にはカラーCfがそのままカラーCとして出力され、同様に、カラーCbに対して重み1.0が与えられる場合にはカラーCbがそのままカラーCとして出力される。本実施形態においては、混色関数に含まれる2つのパラメータZs、Zを操作することにより、色付け条件が変更される。

10

【0060】

図9には混色関数の一例が示されている。横軸は深さZを示している。縦軸は重みを示しており、具体的には、左側の縦軸はメインカラー（フロントカラー）Cfに与えられるフロント重みを示しており、右側の縦軸はサブカラー（バックカラー）Cbに与えられるバック重みを示している。第1の混色関数100によってメインカラーCfに与えられる重みが決定される。同様に、第2の混色関数102によってサブカラーCbに与えられる重みが決定される。2つの重みの総和は1.0である。よって、一方の混色関数から他方の混色関数が自動的に定まるので、一方の混色関数だけを利用するようにしてもよい。以下においては、必要に応じて2つの混色関数100, 102の中で、メインカラー用の混色関数100だけを明示する。

20

【0061】

図9において、横軸方向に3つの区間が設定されている。左側の区間（Z: 0 - Z1）においてはメインカラーが100%採用される。中央の区間（Z: Z1 - Z2）においてはメインカラーとサブカラーとが深さに応じた混合割合で混合される。当該区間は深さ方向における混色区間あるいは混合範囲と言い得る。右側の区間（Z: Z2 - Zmax）においてはサブカラーが100%採用される。混合区間における中間深さが深さパラメータZsであり、混合区間の深さ方向の範囲が範囲パラメータZである。本実施形態では、それらのパラメータによって、混色関数100, 102の形態つまり混合作用が規定される。例えば、対象組織の表層における平均的な深さ付近に、あるいは、特に形態観察を行いたい部位の深さ付近に、深さパラメータZsが設定される。また、例えば、対象組織の形態の変化の度合いに応じて、範囲パラメータZが設定される。

30

【0062】

深さパラメータZsを増減すると、混色関数100, 102が横軸方向にシフトすることから、深さパラメータZsをシフトパラメータと称することもできる。範囲パラメータZを増減すると、カラー三次元画像におけるメインカラー及びサブカラーの割合と、混合カラーの割合とが変化することから、範囲パラメータZをコントラストパラメータと称することもできる。なお、他のパラメータによって混色関数が定義されてもよい。また、曲線によって混色関数が定義されてもよい。

【0063】

カラー三次元画像を観察するだけで、上記パラメータをマニュアルで設定することは難しく、その設定を支援することが望まれる。そこで、本実施形態ではガイド像が生成されており、それが三次元画像及び断層画像と共に表示される。また、パラメータ設定の際のユーザー負担を軽減するためパラメータを自動的に決定する仕組みが設けられている。

40

【0064】

それらの概要を図10に基づいて説明する。図10には図1に示した表示処理部の動作がフローチャートとして示されている。S40ではモードが選択される。パラメータをマニュアルで設定をする場合にはS42が実行され、パラメータを自動的に（又は半自動的に）設定する場合にはS50が実行される。S42では、画素ごとに、輝度に応じてフロントカラー及びバックカラーが決定され、それらが深さに応じて重み付け合成される。これにより、当該画素のカラーが決定される。重み付け合成の条件（つまり色付け条件）は

50

混色関数により定められる。重み付け合成に先立って、S 4 4において、ユーザーにより、深さパラメータZs及び範囲パラメータ Zが指定され、それらが受け付けられる。それらのパラメータZs、Zによって混色関数が定義されることになる。S 4 6において、混色関数を象徴する像として、混色関数の内容又は作用の少なくとも一部又は一面を表すガイド像が表示される。それを参照しながらパラメータ設定を行える。ガイド像に影響を与えるパラメータが変更された場合、その変更がガイド像にリアルタイムで反映される。S 4 8では、本処理を継続するか否かが判定され、本処理を継続する場合にはS 4 0以降の各工程が繰り返し実行される。

【0065】

S 4 0において、パラメータの自動設定が選択された場合、S 5 0において、深さマップに基づいて深さパラメータZsが自動的に決定される。その上で、S 5 2において範囲パラメータ Zが例えば深さパラメータZsに基づいて自動的に決定される。但し、範囲パラメータ Zがマニュアルで決定されてもよい。S 5 6では、上記S 4 6と同様に、決定された深さパラメータZsと範囲パラメータ Zの内の両方又は一方がガイド像の内容に反映される。S 5 4では、画素ごとに、輝度に応じてフロントカラー及びバックカラーが決定され、それらが深さに応じて重み付け合成される。これにより当該画素のカラーが決定される。この場合も、重み付け合成の条件が混色関数により定められる。

【0066】

(6) ガイド像

図11にはガイド像の第1例が示されている。表示画面104上には白黒の断層画像106及びカラー三次元画像108が表示されている。カラー三次元画像108は、三次元関心領域内のボリュームデータに対してボリュームレンダリングを適用し、更にカラー処理を適用することにより生成された画像である。ここでは胎児の顔が立体的に表現されている。断層画像106は、三次元空間(ボリュームデータ)の垂直断面を示し、それはレイ列に相当する。この例では、断層画像106において、横軸がX軸であり、縦軸がZ軸である。断層画像106における左側の垂直辺及び右側の垂直辺はいずれもZ軸に相当する。断層画像106内にはボックスとして三次元関心領域110が表示されている。

【0067】

断層画像106の左側端部には、具体的には、三次元関心領域110の左側垂直辺の近傍には、ガイド像112が表示されている。ガイド像112は、混色関数の内容又は作用を示す像である。この第1例では、ガイド像が、深さパラメータZs(つまり混色範囲の中間レベル120)を示すマーカー114を有している。符号116は開始面レベルを表し、符号118は終了面レベルを示している。マーカー114はそれらの間を垂直方向につまり深さ軸方向に運動するグラフィック要素である。図示の例では、マーカー114が三角形の形態を有しているが、それは例示に過ぎない。

【0068】

ガイド像112は運動軸としての深さ軸を有し、その深さ軸は断層画像が有する深さ軸と平行である。操作パネル38における摘み122を操作すると、符号126で示すように、深さパラメータZsが変化し、それに伴ってマーカー114が上下方向に運動する。同時にカラー三次元画像108のカラー態様も変化する。深さ軸上のマーカー114によって深さパラメータZsを認識できる。本実施形態によれば、断層画像106上に表示されている組織構造を参照しつつ、深さパラメータZsを最適化することが可能である。なお、操作パネル38には範囲パラメータ Zを調整するための摘み124も含まれる。図11に示す第1例では、範囲パラメータ Zを変更しても、ガイド像112の表示態様は変化しないが、カラー三次元画像108のカラー表現態様は変化する。この第1例によると、混色関数の内容(特にそこに含まれる主要なパラメータ)及び混色関数が作用する深さ(混色範囲の中間レベル)を断層画像との対比において認識することが可能である。

【0069】

図12には、ガイド像の第2例が示されている。なお、図11に示した要素と同様の要素には同一符号を付しその説明を省略する。このことは図13以後の各図においても同様

10

20

30

40

50

である。

【0070】

図12において、ガイド像128は、深さ方向に伸長した帯状の形態を有する。この例では、ガイド像128の上端は開始面レベル116に一致しており、ガイド像128の下端は終了面レベル118に一致している。ガイド像128は、大別して、倒立した台形状の上部126aと、台形状の下部126bと、からなる。それらの間が境界線126cであり、それは共通斜辺をなしている。境界線126cは混色関数（フロント重みを規定する混色関数）における混色範囲を表している。境界線126cの深さ方向の幅が混色範囲の深さ方向のサイズに対応しており、境界線126cの傾きが混合率つまり勾配に対応している。つまり、ガイド像128は混色関数の形態それ自体を表現している。

10

【0071】

上部126aはフロント側変換テーブルにより生成されるメインカラー群の内の代表的なメインカラーによって着色されている。下部126bはバック側変換テーブルにより生成されるサブカラー群の内の代表的なサブカラーによって着色されている。よって、上部126a及び下部126bはそれぞれ色見本として機能する。

【0072】

符号126で示されているように、摘み122を操作して深さパラメータ Z_s を変化させると、境界線126cがその傾斜角度を維持したまま深さ方向へ運動する。一方、符号134で示されているように、摘み124を操作して範囲パラメータ Z を変化させると、境界線126cの中間深さが維持されたまま、境界線126cの両端間の深さ方向のサイズが変化し、同時に傾斜角度が変化する。この第2例によれば、深さ軸上において、2つのパラメータを具体的に認識することが可能である。換言すれば、この第2例によれば、混色関数それ自体の具体的な内容及びそれによる作用の全体を直感的に認識し易い。

20

【0073】

図13には、ガイド像の第3例が示されている。ガイド像136はグラフ状の形態を有し、具体的には、横軸136a、縦軸136b及び折れ線136cを有する。横軸136aはフロント重み（メインカラーに与える重み）の大きさを示している。縦軸136bは深さ Z を示している。折れ線136cはメインカラー用の混色関数を示している。サブカラー用の混色関数は、メインカラー用の混色関数から容易に導ける。第4例によれば、混色関数の内容を具体的に認識できる。

30

【0074】

図14には、ガイド像の第4例が示されている。ガイド像138は深さ方向に伸長した帯状の形態を有する。ガイド像の上端138aから下端138bにかけて深さ方向に色が変化する色変化見本が構成されている。実際には、混色範囲（符号130で示される深さ Z_1 から符号132で示される深さ Z_2 の間）において、色変化（グラデーション）が生じている。深さ Z_1 よりも上側ではメインカラーが表示され、深さ Z_2 よりも下側ではサブカラーが表示される。このような深さ方向に変化する色変化見本により、混色関数の作用を具体的に認識することができる。

【0075】

図15には、ガイド像の第5例が示されている。ガイド像140は、色変化見本142と、2つのマーカー144、146と、により構成されている。色変化見本142は、深さ方向に伸長した帯状の形態を有し、その上辺142aが開始面深さを表しており、その下辺142bが終了面深さを表している。色変化見本142は、上記のガイド像138と同様に、深さ方向に変化するカラーによって構成されている。符号130及び符号132は、混色範囲の両端の深さ Z_1 、 Z_2 を示している。それらの深さ Z_1 、 Z_2 が2つのマーカー144、146によって特定されている。各マーカー144、146は深さ Z_1 、 Z_2 の変化に伴って深さ方向に運動するグラフィック要素である。その形態として三角形以外の形態（例えば単なる水平ライン）を採用してもよい。各マーカー144、146の位置を調整することにより混色関数を設定することが可能である。その場合、深さパラメータ Z_s 及び範囲パラメータ Z が深さ Z_1 、 Z_2 によって定められてもよいし、深さ Z_1 、 Z_2 がパラメータと

40

50

して混色関数に直接的に与えられてもよい。各マーカー 144, 146 をポインティングデバイスによって直接的に動かすようにしてもよいし、摘み操作によって動かすようにしてもよい。

【0076】

図16には、ガイド像の第6例が示されている。表示画面148上にはいわゆるトリプレーンを構成する直交関係にある3つの白黒断層画像150, 152, 154が表示されている。更に、カラー三次元画像156が表示されている。断層画像150はX軸及びZ軸を有し、第1垂直断面としてのA面を表すものである。断層画像152はY軸及びZ軸を有し、第2垂直断面としてのB面を表すものである。断層画像154はX軸及びY軸を有し、水平断面としてのC面を表すものである。断層画像150内には三次元関心領域の近傍にガイド像158が表示されている。断層画像152内には三次元関心領域の近傍にガイド像160が表示されている。このように複数の断層画像と共に複数のガイド像を表示するようにしてもよい。

10

【0077】

なお、ガイド像158, 160は、それぞれ、図12に示したガイド像と同じ態様を有している。もちろん、ガイド像158, 160として、他の態様を採用してもよいし、それらの態様を互いに異ならせてもよい。

【0078】

図17には、ガイド像の第7例が示されている。断層画像上には三次元関心領域162が示されており、それはクリッピング面として機能する上面162Aを有する。それとは別に、規格化された深さを演算するための基準面164が設定されている。ガイド像166は左側部分166L及び右側部分166Rを含む。左側部分166Lは深さパラメータZsを示すマーカー168を有している。深さパラメータZsを示す水平ライン174も表示されている。右側部分166Rは混色範囲の両端の深さZ1, Z2を示す2つのマーカー170, 172を有している。

20

【0079】

このようにガイド像を構成する複数の要素を分散的に表示することにより、視認性や見栄えを良好にできる。更に、水平ライン174を表示すれば、組織構造と深さパラメータZsとの関係を具体的に特定できるので、深さパラメータZsの調整がし易くなる。

【0080】

図18には、ガイド像の第8例が示されている。三次元関心領域176の上面176Aが凸面を構成している。この例では基準面が採用されていない。つまり、上面176Aから終了点までの距離が深さとして演算されている。表示エリア内における個々の開始点の位置が揃わなくなることから（湾曲することから）、水平方向の各位置での深さパラメータZsの位置も画面上で湾曲することになる。これを踏まえ、ガイド像178には、マーカー180を含む左側部分178L、及び、マーカー182, 184を含む右側部分178Rに加えて、深さパラメータZsを表す曲線186、深さZ1を表す曲線188及び深さZ2を表す曲線190が含まれている。それらの曲線186, 188, 190は、断層画像を横断している。この第8例によれば、各水平位置において、深さパラメータZs、深さZ1及び深さZ2を正しく認識することが可能である。

30

40

【0081】

以上のように、断層画像と共に（それに重畳して又はその近傍に）ガイド像を表示すれば、断層画像上に表示された組織との関係において、関数の内容又は作用を直感的に認識することが可能である。よって、そのようなガイド像を見ながらパラメータの設定を行えば、ユーザーの負担や混乱を軽減できる。ガイド像はカラー三次元画像を観察する場合においても参考になるものである。

【0082】

(7) パラメータ自動決定

既に説明したように、本実施形態においては、必要に応じて、混色関数に含まれるパラメータが自動的に決定される。図19において、符号194で示されている深さパラメー

50

タZs（以下、単に「深さZs」ともいう。）は、符号192で示されている深さマップから決定される。その場合、以下に説明するように、深さマップの全部又は一部における、平均値、最浅点の深さ、最深点の深さ、ユーザー指定点の深さ等として、深さパラメータZsが決定される。符号196で示されている範囲パラメータZ（以下、単に「範囲Z」ともいう。）がマニュアルで設定されてもよいが、望ましくは、それは、深さパラメータZsから自動的に決定され、あるいは、深さマップから自動的に決定される。三次元画像上での指定点に対応する深さに基づいて範囲パラメータZが決定されてもよい。

【0083】

深さパラメータZs及び範囲パラメータZが決定されると、それらによって混色関数198が定義される。混色関数198は、既に詳述したように、画素の輝度から並列的に求められるメインカラー及びサブカラーを、画素に対応する深さに応じて混合する関数である。以下にパラメータ決定方法の具体例を説明する。

10

【0084】

図20には、深さパラメータ決定方法の第1例が示されている。カラー三次元画像200内にはユーザー設定により又は自動的に参照エリア206が設定されている。図示の例では、垂直中心線204及び水平中心線202の交点（中心点）を中心として広がる矩形のエリアとして参照エリア206が設定されている。参照エリア206は、エコーが不安定となる、あるいは、エコーが消失し易い周囲部分を除外したものである。カラー三次元画像200の全体を参照エリア206として設定してもよいが、観察したい部位が支配的に含まれ、観察したくない部位が除外されるように、参照エリアのサイズや位置を調整するのが望ましい。

20

【0085】

この第1例では、深さマップ上に参照エリア206と同じ参照エリアが設定され、その参照エリア内において深さの平均値が演算される。参照エリア206はそのために設定されるエリアであるとも言える。深さマップにおける参照エリア内の平均値がそのまま深さパラメータZsとして設定される。なお、範囲パラメータについては、マニュアルで設定されてもよいし、後述するように、深さパラメータZsに連動する値としてもよい。

【0086】

参照エリア内の平均値は、画像化したい組織（表層）の平均的な深さと言えるから、そこを深さパラメータZsとすれば、混色範囲を最適化できる可能性を高められる自動設定誤、必要に応じて、マニュアルで微調整してもよい。

30

【0087】

図21には、深さパラメータ決定方法の第2例が示されている。第1例と同様に、カラー三次元画像200に対して参照エリア206が設定されている。この参照エリア206と同じ参照エリアが深さマップ上に設定される。そして、その参照エリア内における最も浅い点（最浅点）Aの深さZaと、その参照エリア内における最も深い点（最深点）Bの深さZbと、が自動的に特定される。その上で、例えば次の(1)式により、深さパラメータZsが決定される（符号210参照）。但しは係数である。

【0088】

$$Zs = (Zb - Za) \times \quad + Za \quad \dots (1)$$

40

【0089】

この構成によれば、参照エリア内における深さの広がりを考慮して、深さパラメータZsを自動的に決定できる。決定された深さパラメータZsはガイド像を通じて確認し得る。

【0090】

図22には上記(1)式を構成する要素が示されている。符号212は断層画像上における三次元関心領域を示している。それは胎児の頭部214を包含している。最浅点Aの深さZaと、最深点Bの深さZbとの間を一定の割合で内分する深さとして深さZsが決定される。を固定値とせずパラメータとし、ユーザーによって又は対象組織によってそれを可変できるようにしてもよい。

【0091】

50

図 2 3 には、深さパラメータ決定方法の第 3 例が示されている。カラー三次元画像 2 0 0 上には参照エリア 2 0 6 が設定されており、また、カラー三次元画像 2 0 0 上にはユーザー指定された指定点 A が設定されている。指定点 A が断層画像上において指定されてもよい。指定点 A は、例えば、胎児において最も浅いと思われる部位上に指定される。深さマップから指定点に対応する深さ Z_a が特定される。また、深さマップにおける参照エリア（上記参照エリア 2 0 6 と同じ参照エリア）内における最深点 B が特定され、その深さ Z_b が特定される。そして、上記(1)式に従って、深さパラメータ Z_s が決定される（符号 2 1 6 参照）。最深点をユーザーが指定し、最浅点を自動的に決定するようにしてもよい。

【 0 0 9 2 】

図 2 4 には、深さパラメータ決定方法の第 4 例が示されている。カラー三次元画像 2 0 0 において最浅点 A 及び最深点 B を自動的に特定することにより、深さマップから最浅点 A の深さ Z_a 及び最深点 B の深さ Z_b が決定される。その上で、上記(1)式に従って、深さパラメータ Z_s が決定される（符号 2 1 8 参照）。

【 0 0 9 3 】

図 2 5 には、深さパラメータ Z_s の変化に伴う混色関数の変化が示されている。範囲パラメータ Z を維持したまま、深さパラメータ Z_s を変化させると、符号 2 2 0 a、符号 2 2 0 b、符号 2 2 0 c で示すように、混色関数が平行移動（シフト）する。その場合、混色範囲における重み変化率つまり勾配は不変である。もっとも、以下に説明するように、範囲パラメータ Z を深さパラメータ Z_s 等に応じて変化させるようにしてもよい。

【 0 0 9 4 】

図 2 6 には、範囲パラメータ決定方法の第 1 例が示されている。横軸は深さ Z を示しており、縦軸は範囲 Z を示している。その最大値は Z_{max} である。 Z_{s_0} は深さパラメータ Z_s の初期値又は標準値を示しており、 Z_{s_1} は現在の深さパラメータ Z_s を示している。このような前提の下、以下の(2)式に従って、現在の範囲パラメータ Z_1 が決定される（符号 2 2 4 参照）。以下の α は係数である。

【 0 0 9 5 】

$$Z_1 = Z_{max} - \alpha \times |Z_{s_1} - Z_{s_0}| \quad \dots (2)$$

【 0 0 9 6 】

上記(2)式において、 α は係数である。但し、混色範囲の下限 Z_1 及び上限 Z_2 が $0 < Z_1, Z_2 < MaxZ$ の条件を満たすことが上記(2)式の前提となる。上記第 1 例において、範囲パラメータ Z_{max} は任意の値を取り得るようにし、これに応じて係数 α を調整した上で(2)式を用いて Z_1 を決定するようにしてもよい。

【 0 0 9 7 】

上記第 1 例によると、深さパラメータ Z_s がその初期値又は標準値からずればずれるほど、範囲パラメータ Z は小さくなる。つまり、混色変化が生じる深さ範囲が小さくなり、同時に、その範囲内での変化率が大きくなる。その変化の様子が図 2 7 に示されている。深さパラメータ Z_s が深さゼロ又は深さ $MaxZ$ に近づくに従って、符号 2 2 6 A、2 2 6 B、2 2 6 C で示すように、混色範囲での変化率が急峻となっている。

【 0 0 9 8 】

図 2 8 には、範囲パラメータ決定方法の第 2 例が示されている。横軸は深さ Z を示しており、縦軸は範囲 Z を示している。関数 2 2 8 に示すように、深さパラメータ Z_s が小さくなるに従って、範囲パラメータ Z が増大されている。その変化率を定数 β とすると、以下の(3)式によって、範囲パラメータ Z が決定される（符号 2 3 0 参照）。

【 0 0 9 9 】

$$Z = \beta (MaxZ - Z_s)$$

【 0 1 0 0 】

上記の範囲パラメータ Z の変化に伴う混色関数の変化が図 2 9 に示されている。横軸が深さ Z を示しており、縦軸がフロント重みを示している。符号 2 3 0 A、2 3 0 B、2 3 0 C で示すように、深さパラメータ Z_s の増大に伴い、混色関数が左側へシフトしつつ、混色範囲内での変化率が緩和されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 1 】

以上示したパラメータ決定方法は例示に過ぎず、上記以外の手法を利用して、深さパラメータ Z_s 及び範囲パラメータ Z が決定されてもよい、また、それらのパラメータに代えて他のパラメータ（例えば深さ Z_1, Z_2 ）が自動的に決定されてもよい。混色関数として曲線からなる関数（例えばロジステック曲線）を利用してよい。いずれにしても、混色関数を規定する複数のパラメータの中で少なくとも1つのパラメータを自動的に決定すればユーザーの負担を軽減できる。

【 0 1 0 2 】

パラメータ自動調整を行うタイミングとして、幾つかのタイミングをあげることができる。例えば、混色関数の調整を行うスイッチがオンされた時点の直後の画像更新タイミングでパラメータ自動調整が実行されてもよい。その後において、例えば、混色関数に関わる何等かの操作が行われたタイミング、画像が更新されたタイミング、一定の時間間隔をおいたタイミング、で自動的にパラメータ自動調整が実行されてもよい。

10

【 0 1 0 3 】

図30には、カラー処理部32の変形例が示されている。カラー処理部32は、フロント側変換テーブル232、バック側変換テーブル234及び重み付け合成器236を有している。重み付け合成器236には、上記同様に、深さパラメータ Z_s 及び範囲パラメータ Z 等のパラメータ群が与えられる。フロント側変換テーブル232及びバック側変換テーブル234はそれぞれルックアップテーブルとして構成される。フロント側変換テーブル232は、入力される輝度 I 及び深さ Z に基づいてメインカラーを決定するテーブルである。バック側変換テーブル234は、入力される輝度 I 及び深さ Z に基づいてサブカラーを決定するテーブルである。それらのカラーが重み付け合成器236において合成されて画素のカラーが決定される。カラー処理部32において、3つ以上のテーブルによって決定される3つのカラーを合成するようにしてもよい。

20

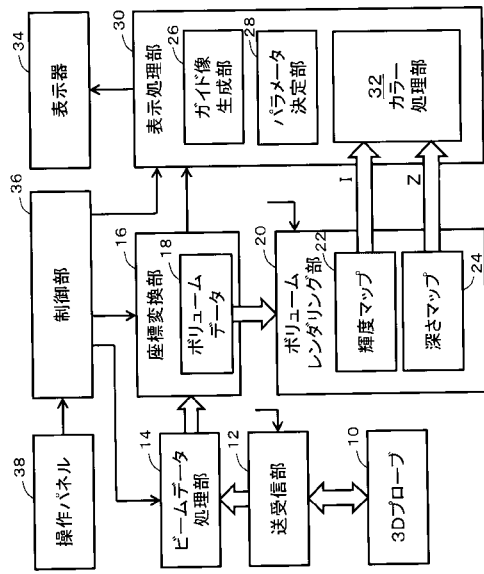
【 符号の説明 】

【 0 1 0 4 】

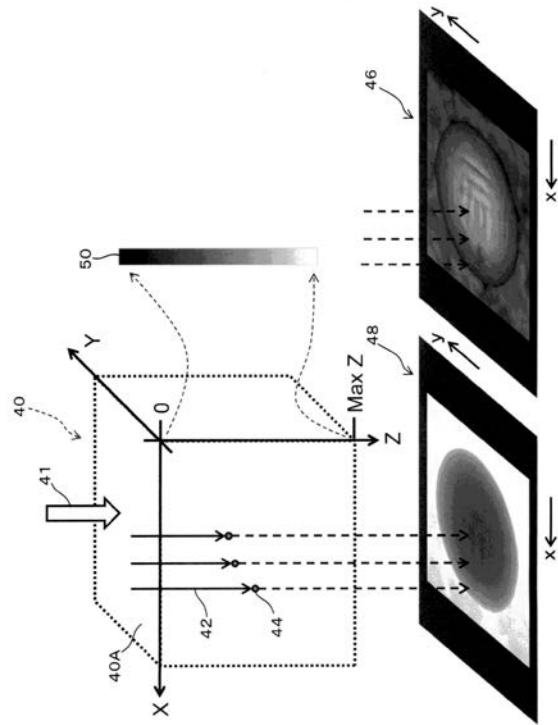
20 ポリウムレンダリング部、26 ガイド像生成部、28 パラメータ決定部、30 表示処理部、32 カラー処理部、46 輝度マップ、48 深さマップ（距離マップ）。

30

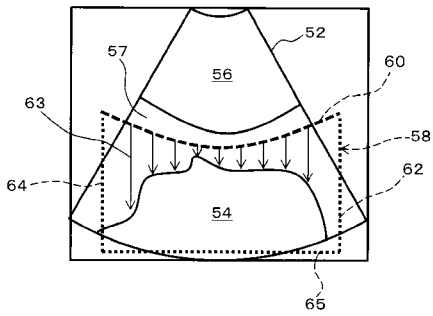
【 図 1 】



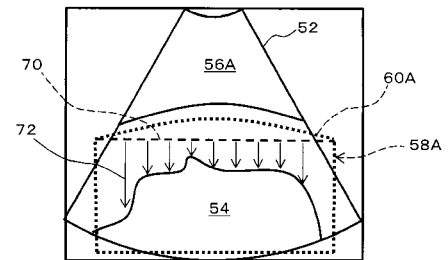
【 図 2 】



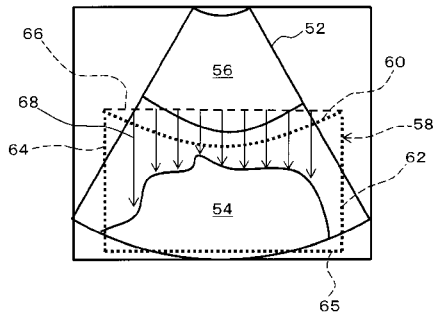
【 図 3 】



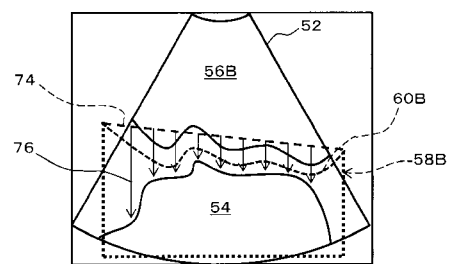
【 図 5 】



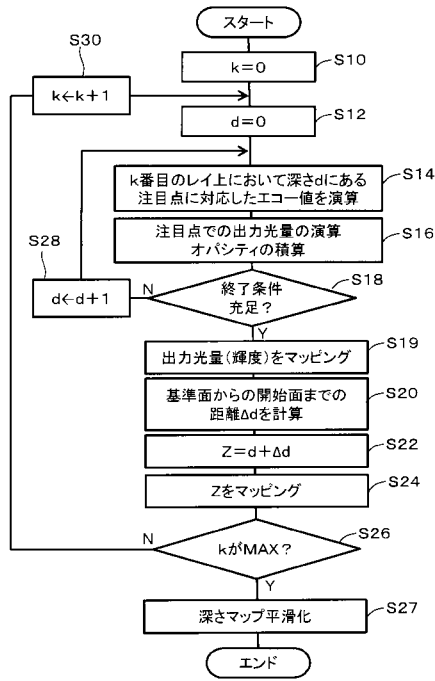
【 図 4 】



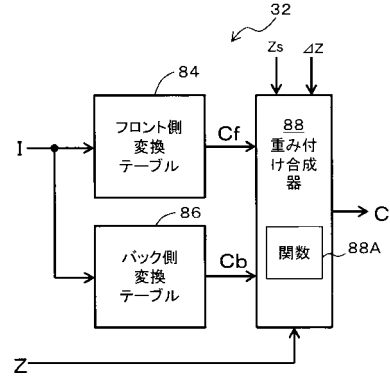
【 図 6 】



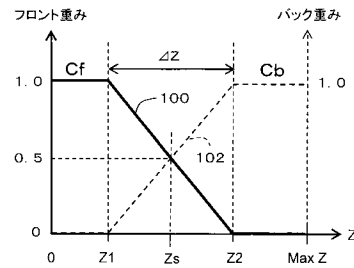
【図7】



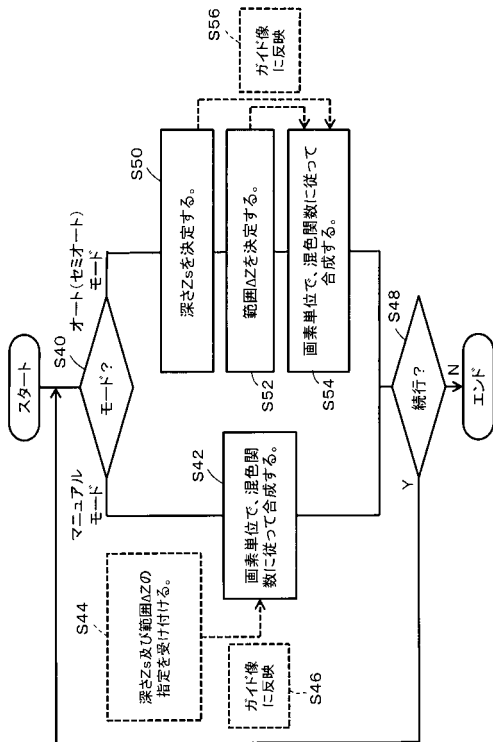
【図8】



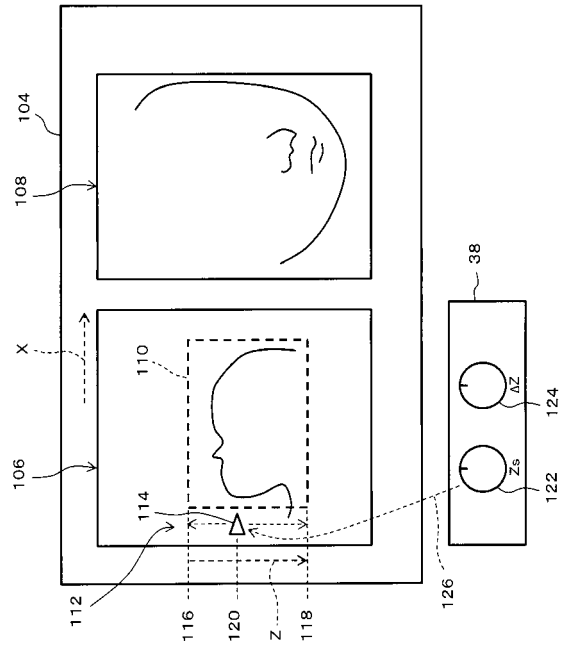
【図9】



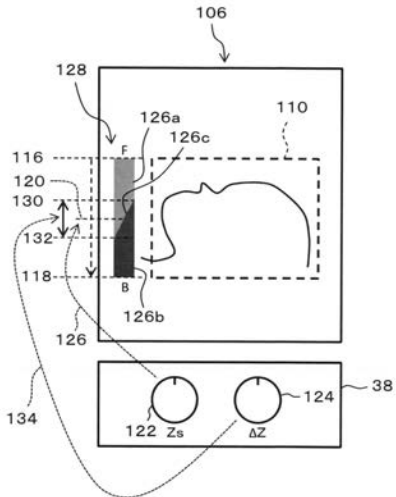
【図10】



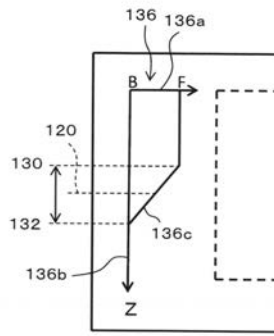
【図11】



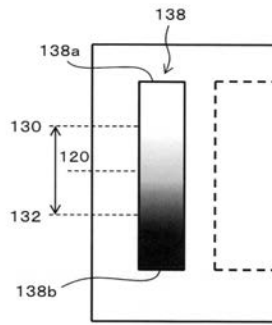
【 図 1 2 】



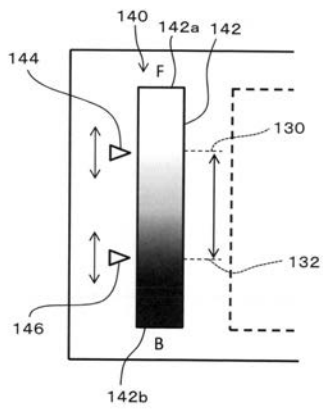
【 図 1 3 】



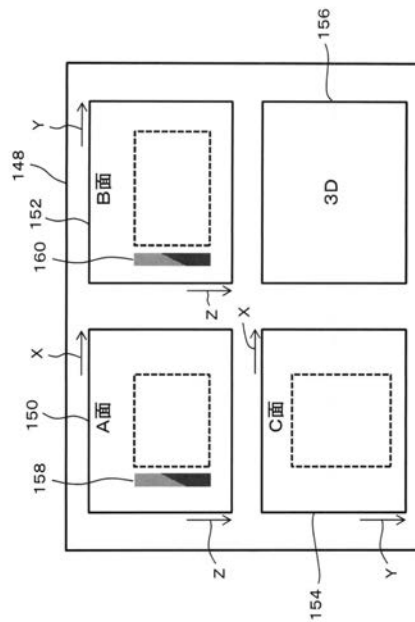
【 図 1 4 】



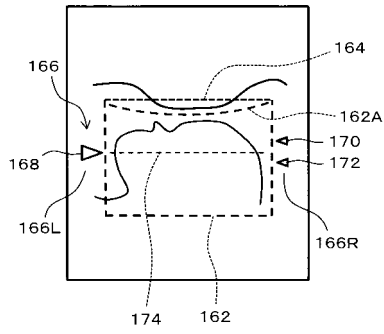
【 図 1 5 】



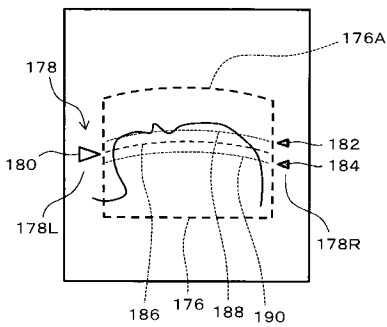
【 図 1 6 】



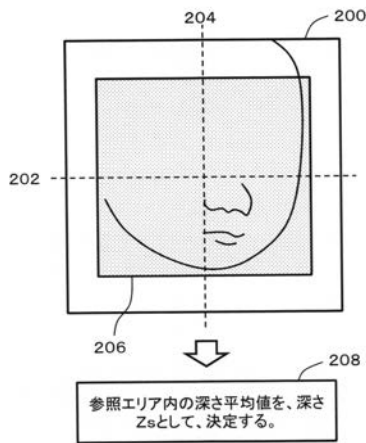
【図17】



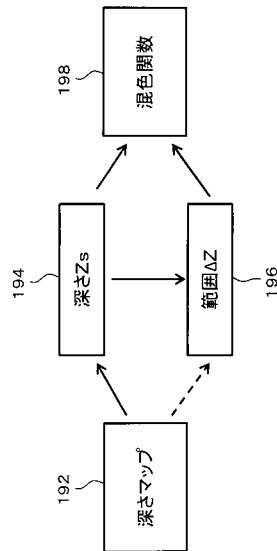
【図18】



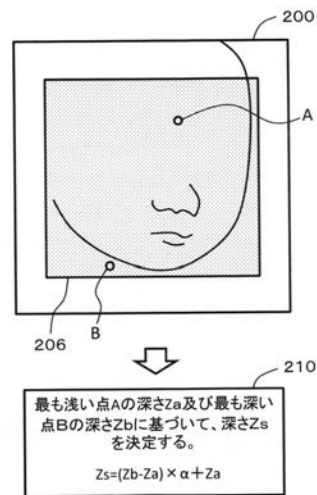
【図20】



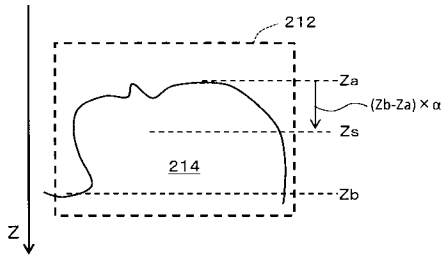
【図19】



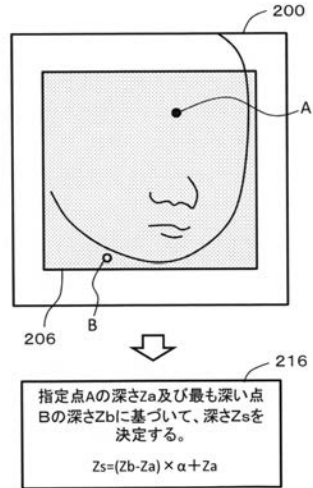
【図21】



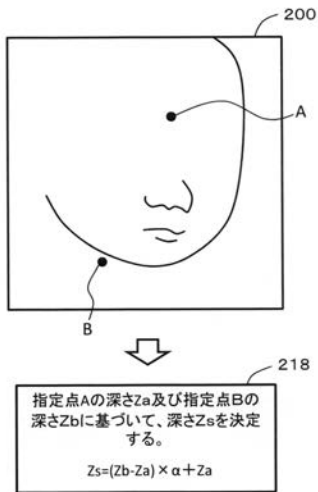
【図 2 2】



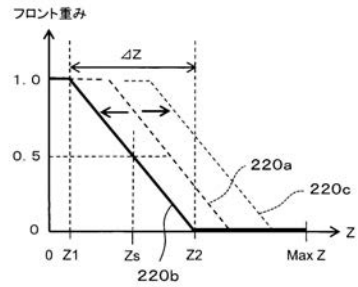
【図 2 3】



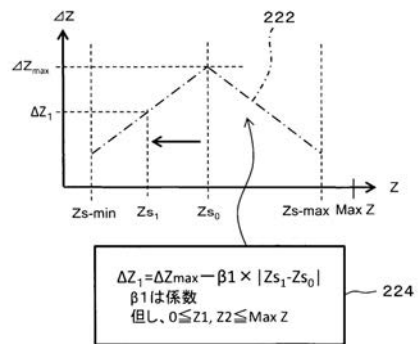
【図 2 4】



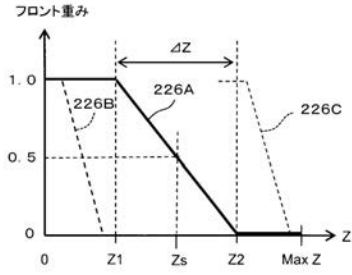
【図 2 5】



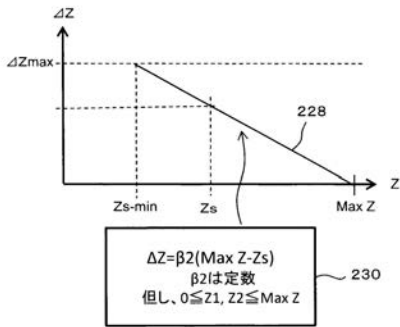
【図 2 6】



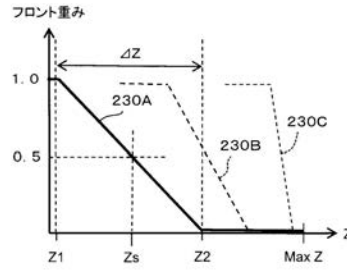
【図 27】



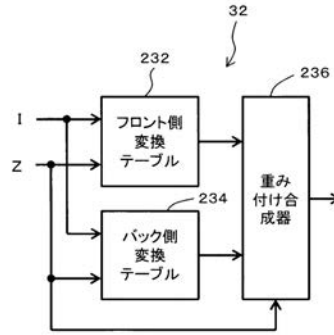
【図 28】



【図 29】



【図 30】



专利名称(译)	超声波图像处理装置		
公开(公告)号	JP2018000779A	公开(公告)日	2018-01-11
申请号	JP2016135187	申请日	2016-07-07
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
[标]发明人	佐藤みか 三谷由紀 永瀬優子		
发明人	佐藤 みか 三谷 由紀 永瀬 優子		
IPC分类号	A61B8/13		
FI分类号	A61B8/13		
F-TERM分类号	4C601/BB03 4C601/JC29 4C601/KK02 4C601/KK22 4C601/KK25 4C601/KK31		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：在根据超声波图像处理设备中根据深度限定着色条件的功能生成彩色三维图像的情况下，用户无法识别功能发挥作用的深度。引导图像112显示在与彩色三维图像108一起显示的断层图像106上。引导图像112被显示为使得引导图像112的深度轴和断层图像106的深度轴平行。引导图像112具有沿深度方向移动的标记120。标记120表示在由函数限定的深度方向上的颜色混合范围中的中间深度。引导图像112可以具有多个标记和颜色样本。

