

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6239529号  
(P6239529)

(45) 発行日 平成29年11月29日(2017.11.29)

(24) 登録日 平成29年11月10日(2017.11.10)

(51) Int.Cl. F I  
**A 6 1 B 8/08 (2006.01)** A 6 1 B 8/08 Z DM

請求項の数 16 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2014-551064 (P2014-551064)  
 (86) (22) 出願日 平成25年11月28日(2013.11.28)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2013/082060  
 (87) 国際公開番号 W02014/087919  
 (87) 国際公開日 平成26年6月12日(2014.6.12)  
 審査請求日 平成28年10月26日(2016.10.26)  
 (31) 優先権主張番号 特願2012-267036 (P2012-267036)  
 (32) 優先日 平成24年12月6日(2012.12.6)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 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 100145735  
 弁理士 田村 尚隆  
 (72) 発明者 猪上 慎介  
 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号  
 日立アロカメディカ  
 ル株式会社内  
 審査官 宮川 哲伸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置及び超音波画像表示方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

超音波探触子を介して被検体に超音波を送信する送信部と、  
 前記被検体からの反射エコー信号を受信する受信部と、  
 前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータに陰影処理を施してボ  
 リュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成する三次元弾性画像構成部  
 と、  
 前記三次元弾性画像を表示する画像表示部とを備え、  
 前記三次元弾性画像構成部は、前記弾性値に応じた弾性不透明度を用いてボリュームレ  
 ンダリングし、所定の前記弾性不透明度を有する部分について前記陰影処理を無効とする  
 ことを特徴とする超音波診断装置。

【請求項2】

超音波探触子を介して被検体に超音波を送信する送信部と、  
 前記被検体からの反射エコー信号を受信する受信部と、  
 前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータに陰影処理を施してボ  
 リュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成する三次元弾性画像構成部  
 と、  
 前記三次元弾性画像を表示する画像表示部とを備え、  
 前記三次元弾性画像構成部は、所定の前記弾性値を有する部分について前記陰影処理を  
 無効とすることを特徴とする超音波診断装置。

**【請求項 3】**

超音波探触子を介して被検体に超音波を送信する送信部と、  
前記被検体からの反射エコー信号を受信する受信部と、  
前記反射エコー信号に基づく前記被検体の断層ボリュームデータを作成する断層ボリュームデータ作成部と、  
前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータを作成する弾性ボリュームデータ作成部と、  
前記断層ボリュームデータと前記弾性ボリュームデータを合成して、合成ボリュームデータを作成するボリュームデータ合成部と、  
前記合成ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、  
三次元合成画像を構成する三次元合成画像構成部と、  
前記三次元合成画像を表示する画像表示部とを備え、  
前記三次元合成画像構成部は、前記断層ボリュームデータの輝度に応じた所定の断層不透明度、前記弾性値に応じた所定の弾性不透明度、及び所定の前記弾性値のうち少なくとも1つを有する部分について前記陰影処理を無効とすることを特徴とする超音波診断装置。

10

**【請求項 4】**

前記弾性ボリュームデータを複数の原色成分に変換する弾性ボリューム原色成分変換部を備え、  
前記三次元弾性画像構成部は、  
前記複数の原色成分の少なくとも1つに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成し、  
前記弾性値に応じた所定の弾性不透明度及び所定の前記弾性値のうち少なくとも1つを有する部分について、前記複数の原色成分の少なくとも1つの前記陰影処理を無効とすることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の超音波診断装置。

20

**【請求項 5】**

前記断層ボリュームデータを複数の原色成分に変換する断層ボリューム原色成分変換部と、  
前記弾性ボリュームデータを複数の原色成分に変換する弾性ボリューム原色成分変換部とを備え、  
前記ボリュームデータ合成部は、前記複数の原色成分に応じて前記断層ボリュームデータと前記弾性ボリュームデータを合成して、前記複数の原色成分に応じた複数の前記合成ボリュームデータを作成し、  
前記三次元合成画像構成部は、  
前記複数の合成ボリュームデータの少なくとも1つに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元合成画像を構成し、  
前記弾性値に応じた所定の弾性不透明度及び所定の前記弾性値のうち少なくとも1つを有する部分について、前記複数の合成ボリュームデータの少なくとも1つの前記陰影処理を無効とすることを特徴とする請求項 3 に記載の超音波診断装置。

30

**【請求項 6】**

前記三次元弾性画像構成部は、前記弾性不透明度が予め設定された基準値よりも小さい場合に、前記陰影処理を無効とすることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

40

**【請求項 7】**

前記基準値を調整する操作部を備えることを特徴とする請求項 6 に記載の超音波診断装置。

**【請求項 8】**

前記基準値は、前記弾性値に応じた前記弾性不透明度の最小値に基づいて設定されることを特徴とする請求項 6 に記載の超音波診断装置。

**【請求項 9】**

前記弾性値に前記弾性不透明度を関連付けることにより前記弾性値に応じた前記弾性不

50

透明度を設定する弾性不透明度設定部を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

前記弾性不透明度設定部は、関心部位の前記弾性値に関連付けられた前記弾性不透明度よりも小さい弾性不透明度を前記関心部位以外の部位に関連付け、

前記三次元弾性画像構成部は、前記弾性値又は前記弾性不透明度に基づいて前記関心部位以外の部位について前記陰影処理を無効とすることを特徴とする請求項 9 に記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

前記三次元弾性画像構成部は、関心部位の前記弾性値及び前記関心部位以外の前記弾性値のうち少なくとも 1 つに基づいて、前記関心部位以外の部位について前記陰影処理を無効とすることを特徴とする請求項 2 に記載の超音波診断装置。

10

【請求項 12】

前記画像表示部は、前記陰影処理を無効とした前記三次元弾性画像及び前記陰影処理を有効とした前記三次元弾性画像の両方又は何れか一方を切り替えて表示することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の超音波診断装置。

【請求項 13】

前記陰影処理を無効とした前記三次元弾性画像及び前記陰影処理を有効とした前記三次元弾性画像の両方又は何れか一方を切り替える制御部を備えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の超音波診断装置。

20

【請求項 14】

超音波探触子を介して被検体に超音波を送信し、  
前記被検体からの反射エコー信号を受信し、  
前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成し、  
前記三次元弾性画像を表示する超音波画像表示方法であって、  
前記弾性値に応じた弾性不透明度を用いてボリュームレンダリングし、所定の前記弾性不透明度を有する部分について前記陰影処理を無効とすることを特徴とする超音波画像表示方法。

【請求項 15】

30

超音波探触子を介して被検体に超音波を送信し、  
前記被検体からの反射エコー信号を受信し、  
前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成し、  
前記三次元弾性画像を表示する超音波画像表示方法であって、  
所定の前記弾性値を有する部分について前記陰影処理を無効とすることを特徴とする超音波画像表示方法。

【請求項 16】

超音波探触子を介して被検体に超音波を送信し、  
前記被検体からの反射エコー信号を受信し、  
前記反射エコー信号に基づく前記被検体の断層ボリュームデータを作成し、  
前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータを作成し、  
前記断層ボリュームデータと前記弾性ボリュームデータを合成して、合成ボリュームデータを作成し、  
前記合成ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元合成画像を構成し、  
前記三次元合成画像を表示する超音波画像表示方法であって、  
前記断層ボリュームデータの輝度に応じた所定の断層不透明度、前記弾性値に応じた所定の弾性不透明度、及び所定の前記弾性値のうち少なくとも 1 つを有する部分について前記陰影処理を無効とすることを特徴とする超音波画像表示方法。

40

50

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、超音波診断装置及び超音波画像表示方法に関し、特に、所定の部分の陰影処理を無効とする超音波診断装置及び超音波画像表示方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

超音波診断装置は、超音波探触子を介して被検体内部に超音波を送信し、被検体内部の生体組織から受信される受信信号に基づいて三次元断層画像と三次元弾性画像を構成して、超音波画像を表示する。

10

**【0003】**

従来の超音波診断装置では、関心部位よりも視線方向の視点側に関心部位以外の部位が存在する場合にも関心部位を適切に表示するために、三次元弾性画像を構成する際に関心部位の不透明度を大きく、関心部位以外の部位の不透明度を小さく設定することが行なわれている（例えば、特許文献1参照）。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】WO2011/086774号公報

**【発明の概要】**

20

**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

特許文献1には、三次元弾性画像の不透明度を設定することが開示されているが、不透明度又は弾性値に基づいて、ボリュームレンダリングにおける陰影処理を無効にすることについては開示されていない。そのため、例えば、不透明度を小さく設定することにより関心部位以外の部位を半透明に表示しても、半透明の部位（関心部位以外の部位）にも陰影処理が行われ、三次元弾性画像の見た目が悪くなる可能性があった。

**【0006】**

本発明の目的は、関心部位以外の部位の陰影処理を無効にすることにより、関心部位以外の部位を半透明に表示しても見た目のよい三次元弾性画像を構成することである。

30

**【課題を解決するための手段】****【0007】**

本発明の超音波診断装置は、超音波探触子を介して被検体に超音波を送信する送信部と、前記被検体からの反射エコー信号を受信する受信部と、前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成する三次元弾性画像構成部と、前記三次元弾性画像を表示する画像表示部とを備え、前記三次元弾性画像構成部は、前記弾性値に応じた弾性不透明度を用いてボリュームレンダリングし、所定の前記弾性不透明度を有する部分について前記陰影処理を無効とする。

**【0008】**

40

この構成によれば、関心部位以外の部位の陰影処理を無効にすることにより、関心部位以外の部位を半透明に表示しても見た目のよい三次元弾性画像を構成することができる。

**【発明の効果】****【0009】**

本発明に係る超音波診断装置は、弾性不透明度又は弾性値に基づいてボリュームレンダリングにおける陰影処理を無効にし、見た目のよい三次元弾性画像を構成することができる。

**【図面の簡単な説明】****【0010】**

【図1】第1の実施の形態の超音波診断装置の一例を示した図である。

50

【図 2】輝度値に応じた断層不透明度を示した図である。  
 【図 3】三次元断層画像構成部の一例を示した図である。  
 【図 4】弾性値に応じた色相バーの一例を示した図である。  
 【図 5】弾性値に応じた弾性不透明度を示した図である。  
 【図 6】三次元弾性画像構成部の一例を示した図である。  
 【図 7】陰影処理を施してボリュームレンダリングされた三次元弾性画像の一例を示した図である。

【図 8】弾性不透明度に関する任意の閾値（基準値）を示した図である。  
 【図 9】三次元弾性画像構成部により陰影処理を無効とされた三次元弾性画像の一例を示した図である。

10

【図 10】第 2 の実施の形態の超音波診断装置の一例を示す図である。  
 【図 11】三次元合成画像構成部により陰影処理を無効とされた三次元合成画像の一例を示した図である。

【図 12】画像表示部の表示例を示した図である。  
 【図 13】弾性不透明度テーブルにおいて、弾性不透明度の最小値に基づいて設定された閾値（基準値）を示した図である。

【図 14】陰影処理を無効とした三次元弾性画像及び陰影処理を有効とした三次元弾性画像を切り替えて表示する例を示した図である。

【図 15】関心部位及び関心部位以外の部位の弾性不透明度を示した図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0011】

（第 1 の実施の形態）

以下、本発明の実施の形態の超音波診断装置について、図面を用いて説明する。図 1 は、本実施の形態の超音波診断装置の一例を示す図である。図 1 に示すように、本実施の形態の超音波診断装置 200 の特徴は、超音波探触子 2 を介して被検体 1 に超音波を送信する送信部 3 と、前記被検体 1 からの反射エコー信号を受信する受信部 4 と、前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成する三次元弾性画像構成部と、前記三次元弾性画像を表示する画像表示部 19 とを備え、前記三次元弾性画像構成部 17 は、前記弾性値に応じた弾性不透明度を用いてボリュームレンダリングし、所定の前記弾性不透明度を有する部分について前記陰影処理を無効とする。

30

【0012】

また、本実施の形態の超音波診断装置 200 の他の特徴は、超音波探触子 2 を介して被検体 1 に超音波を送信する送信部 3 と、前記被検体 1 からの反射エコー信号を受信する受信部 4 と、前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成する三次元弾性画像構成部 17 と、前記三次元弾性画像を表示する画像表示部 19 とを備え、前記三次元弾性画像構成部 17 は、所定の前記弾性値を有する部分について前記陰影処理を無効とする。

【0013】

40

本実施の形態の超音波診断装置 200 について詳細に説明する。超音波診断装置 200 は、被検体 1 に当接させて用いる超音波探触子 2 と、超音波探触子 2 を介して被検体 1 に一定の時間間隔において超音波を繰り返し送信する送信部 3 と、被検体 1 から反射した反射エコー信号を受信する受信部 4 と、送信部 3 と受信部 4 を制御する超音波送受信制御部 5 と、受信部 4 が受信した反射エコーを整相加算する整相加算部 6 とを備える。

【0014】

超音波探触子 2 は、複数の振動子を配設して形成されており、振動子を介して超音波を被検体 1 に送受信する機能を有している。超音波探触子 2 は、矩形又は扇形をなす複数の振動子からなり、複数の振動子の配列方向と直交する方向に振動子を機械的に振り、超音波を三次元に送受信することができる。なお、超音波探触子 2 は、複数の振動子が二次元

50

配列され、超音波の送受信を電子的に制御することができるものでもよい。

【 0 0 1 5 】

送信部 3 は、超音波探触子 2 の振動子を駆動して超音波を発生させるための送波パルス  
を生成する。送信部 3 は、送信される超音波の収束点を所定の深さに設定する機能を有し  
ている。受信部 4 は、超音波探触子 2 が受信した反射エコー信号を所定のゲインで増幅し  
て、RF 信号（すなわち、受信信号）を生成する。超音波送受信制御部 5 は、送信部 3 や  
受信部 4 を制御する。

【 0 0 1 6 】

整相加算部 6 は、受信部 4 で増幅された RF 信号の位相を制御し、1 つ又は複数の収束  
点に対する超音波ビームを形成して、RF 信号フレームデータ（RAW データに相当）を  
生成する。

10

【 0 0 1 7 】

超音波診断装置 2 0 0 は、整相加算部 6 で生成された RF 信号フレームデータに基づい  
て二次元断層画像を構成する断層画像構成部 7 と、二次元断層画像の取得位置に基づいて  
、断層画像構成部 7 で構成された二次元断層画像に三次元座標変換を行ない、断層ポリ  
ュームデータを生成する断層ポリュームデータ作成部 1 0 と、断層ポリュームデータを輝度  
に対応するカラー画像表示用三原色成分に分離（変換）する断層ポリューム原色成分変換  
部 1 1 と、断層ポリュームデータの輝度に対応する断層不透明度のテーブルを作成する断  
層不透明度テーブル作成部（断層不透明度設定部）1 2 と、断層ポリューム原色成分変換  
部 1 1 によって分離（変換）された断層ポリュームデータの各原色成分のポリュームデー  
タに、断層不透明度を用いてポリュームレンダリングを行い、三次元断層画像を構成する  
三次元断層画像構成部 1 3 と、整相加算部 6 で生成された RF 信号フレームデータを記憶  
する RF 信号フレームデータ記憶部 8 と、RF 信号フレームデータ記憶部 8 に記憶された  
複数の RF 信号フレームデータに基づいて二次元弾性画像を構成する弾性画像構成部 9 と  
、二次元弾性画像の取得位置に基づいて、弾性画像構成部 9 で構成される二次元弾性画像  
に三次元座標変換を行ない、弾性ポリュームデータを生成する弾性ポリュームデータ作成  
部 1 4 と、弾性ポリュームデータを弾性値に対応するカラー画像表示用三原色成分に分離  
（変換）する弾性ポリューム原色成分変換部 1 5 と、弾性ポリュームデータの弾性値に対  
応する弾性不透明度のテーブルを作成する弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設  
定部）1 6 と、弾性ポリューム原色成分変換部 1 5 によって分離（変換）された弾性ポリ  
ュームデータの各原色成分のポリュームデータに、弾性不透明度を用いてポリュームレン  
ダリングを行い、三次元弾性画像を構成する三次元弾性画像構成部 1 7 と、二次元断層画  
像と二次元弾性画像とを合成したり、三次元断層画像と三次元弾性画像とを合成したりす  
る切替加算部 1 8 と、切替加算部 1 8 で合成された合成画像や二次元画像（二次元断層画  
像及び二次元弾性画像）や三次元画像（三次元断層画像と三次元弾性画像）などを表示す  
る画像表示部 1 9 とを備える。

20

30

【 0 0 1 8 】

三次元断層画像構成部 1 3 と、三次元弾性画像構成部 1 7 と、切替加算部 1 8 とは、三  
次元画像構成部 1 7 0 に含まれる。三次元画像構成部 1 7 0 は、ポリュームデータに陰影  
処理を施してポリュームレンダリングする場合に、弾性値に応じた所定の弾性不透明度及  
び所定の弾性値のうち少なくとも 1 つを有する部分について陰影処理を無効として、三次  
元画像を構成する。

40

【 0 0 1 9 】

また、超音波診断装置 2 0 0 は、各構成要素を制御する制御部 2 1 と、制御部 2 1 に各  
種入力を行なう操作部 2 0 を備える。操作部 2 0 は、キーボードやトラックボールなどを  
備える。

【 0 0 2 0 】

断層画像構成部 7 は、制御部 2 1 における設定条件に基づいて、整相加算部 6 から出力  
される RF 信号フレームデータを入力して、ゲイン補正、ログ圧縮、検波、輪郭強調、及  
びフィルタ処理などの信号処理を行ない、二次元断層画像を構成する。

50

## 【 0 0 2 1 】

超音波探触子 2 は、超音波を送受信するとともに送受信方向の偏角（ $\theta$ ）を計測することができる。断層ボリュームデータ作成部 1 0 は、二次元断層画像の取得位置に相当する送受信方向の偏角（ $\theta$ ）に基づいて、複数の二次元断層画像に三次元変換を行ない、断層ボリュームデータを生成（作成）する。

## 【 0 0 2 2 】

断層ボリューム原色成分変換部 1 1 は、断層ボリュームデータを複数の原色成分に変換する。断層ボリューム原色成分変換部 1 1 は、断層ボリュームデータを輝度値に対応するカラー画像表示用三原色成分に分離（変換）し、各原色成分のボリュームデータを出力する。カラー画像表示用三原色成分は、色相を決定する R（赤）、G（緑）、B（青）の三原色であることが好ましいが、断層ボリューム原色成分変換部 1 1 は、これらの成分に限らず他の原色成分に分離（変換）してもよい。

10

## 【 0 0 2 3 】

本実施の形態では、R G B の三原色に分離（変換）する例を説明する。断層画像は一般的に白黒で表示され、輝度の最も高い部分が白色、輝度の最も低い部分が黒色となるように輝度に応じた色相が割り当てられる。例えば、白色は R G B 三原色では  $R = 255$ 、 $G = 255$ 、 $B = 255$  と表される。したがって、輝度の最も高いボクセルは、 $R = 255$ 、 $G = 255$ 、 $B = 255$  と 3 つの成分に分離（変換）されることができる。このように、断層ボリューム原色成分変換部 1 1 は、断層ボリュームデータの各ボクセルを、輝度に応じた色相を R G B の 3 つの成分に分離（変換）し、R 成分を断層第 1 成分ボリュームデータとして、G 成分を断層第 2 成分ボリュームデータとして、B 成分を断層第 3 成分ボリュームデータとして作成する。

20

## 【 0 0 2 4 】

図 2 は、輝度値に応じた断層不透明度を示した図である。三次元断層画像構成部 1 3 は、輝度値に応じた断層不透明度を用いてボリュームレンダリングを行う。断層不透明度テーブル作成部（断層不透明度設定部）1 2 は、輝度値に断層不透明度を関連付けることにより輝度値に応じた断層不透明度を設定する。

## 【 0 0 2 5 】

図 2 に示すように、断層不透明度テーブル作成部（断層不透明度設定部）1 2 は、横軸を断層ボリュームデータの輝度値とし、縦軸を不透明度とする断層不透明度テーブル 2 2 を作成する。三次元断層画像構成部 1 3 は、断層不透明度テーブル 2 2 で設定された不透明度を断層不透明度として用いる。

30

## 【 0 0 2 6 】

図 3 は、三次元断層画像構成部 1 3 の一例を示した図である。図 3 に示すように、三次元断層画像構成部 1 3 は、断層第 1 成分ボリュームレンダリング部 3 0、断層第 2 成分ボリュームレンダリング部 3 1、及び断層第 3 成分ボリュームレンダリング部 3 2 を備える。断層第 1 成分ボリュームレンダリング部 3 0 は、断層第 1 成分ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングする。断層第 2 成分ボリュームレンダリング部 3 1 は、断層第 2 成分ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングする。断層第 3 成分ボリュームレンダリング部 3 2 は、断層第 3 成分ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングする。

40

## 【 0 0 2 7 】

陰影処理を施したボリュームレンダリングは、式（1）～（3）を用いて行われる。各成分（例えば、R G B 成分）のボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングした結果を結合（合成）することにより、三次元断層画像構成部 1 3 は三次元断層画像を作成する。

## 【 0 0 2 8 】

$$Cout(i) = Cout(i - 1) + (1 - Aout(i - 1)) \cdot A(i) \cdot C(i) \cdot S(i) \\ \cdot \dots \cdot (1)$$

$$Aout(i) = Aout(i - 1) + (1 - Aout(i - 1)) \cdot A(i)$$

50

..... (2)

$A(i) = \text{Opacity}[I(i)]$  ..... (3)

【0029】

$C(i)$ は、作成される二次元投影面（三次元断層画像）上の所定の点から三次元断層画像を見た場合の視線“ $i$ ”番目に存在するボクセルの成分値である。本実施の形態では、 $C(i)$ は、ボクセルの各原色成分の値（例えば、RGBの各原色成分値）である。 $\text{Cout}(i)$ は、出力されるピクセル値である。例えば、視線上に $N$ 個のボクセルが並んだとき、 $\text{Cout}(N-1)$ は、“ $C(i=0)$ ”から“ $C(i=N-1)$ ”までを積算した原色成分値である。 $\text{Cout}(N-1)$ が最終的に出力されるピクセル値となる。 $\text{Cout}(i-1)$ は、“ $i-1$ ”番目まで積算された成分値（原色成分値）を示す。

10

【0030】

$I(i)$ は、作成される二次元投影面（三次元断層画像）上の所定の点から三次元断層画像を見た場合の視線“ $i$ ”番目に存在するボクセルの輝度値である。 $A(i)$ は、視線“ $i$ ”番目に存在する輝度値 $I(i)$ に応じた不透明度（断層不透明度）であり、図2に示すように、“0”から“1.0”までの値をとる断層不透明度テーブル22により設定されている。断層不透明度は、出力する二次元投影面（三次元断層画像）上への寄与率を決定する。 $\text{Aout}(i-1)$ は、ボクセルを通過するたびに積算される不透明度（断層不透明度）であり、“ $i-1$ ”番目までの不透明度（断層不透明度）の積算値である。

【0031】

$S(i)$ は、輝度値 $I(i)$ とその周辺の輝度値から算出された勾配により決定される陰影処理のための陰影重み成分である。例えば、光源からの光線方向とボクセル“ $i$ ”を中心とする面の法線方向とが一致する場合、光線が最も強く反射するため、陰影重み成分“ $S(i) = 1.0$ ”が与えられ、光源方向と法線方向とが直交する場合、光線が最も弱く反射するため、陰影重み成分“ $S(i) = 0.0$ ”が与えられ、陰影重み成分 $S(i)$ は陰影効果を示す。

20

【0032】

$\text{Cout}(i)$ 及び $\text{Aout}(i)$ は、ともに“0”を初期値としている。式(2)に示すように、 $\text{Aout}(i)$ は、ボクセルを通過するたびに積算され“1.0”に収束する。よって、式(1)に示すように、“ $i-1$ ”番目までの不透明度の積算値が“1.0”になった場合（ $\text{Aout}(i-1) = 1.0$ ）、“ $i$ ”番目以降の成分値 $C(i)$ は出力画像に反映されない。

30

【0033】

このように、三次元断層画像構成部13は、複数の原色成分の少なくとも1つに陰影処理を施してポリリュームレンダリングすることにより、三次元断層画像を構成する。

【0034】

弾性画像構成部9は、RF信号フレームデータ記憶部8に記憶された複数のRF信号フレームデータから変位を計測する。そして、弾性画像構成部9は、計測した変位に基づいて弾性値を演算し、二次元弾性画像を構成する。弾性値は、歪み、弾性率、変位、粘性、及び歪み比などの弾性情報の少なくとも1つである。

【0035】

弾性ポリリュームデータ作成部14は、二次元弾性画像の取得位置に相当する送受信方向の偏角（ $\theta$ ）に基づいて、複数の二次元弾性画像に三次元変換を行ない、弾性ポリリュームデータを生成（作成）する。

40

【0036】

弾性ポリリューム原色成分変換部15は、弾性ポリリュームデータを複数の原色成分に変換する。弾性ポリリューム原色成分変換部15は、弾性ポリリュームデータを弾性値に対応するカラー画像表示用三原色成分に分離（変換）し、各原色成分のポリリュームデータを出力する。図4は、弾性値に応じた色相バーの一例を示した図である。図4に示すように、色相バー40に基づいて、弾性値に応じた青色、緑色、及び赤色の色相が割り当てられることにより、画像表示部19は弾性画像を表示する。例えば、硬い部位（弾性値が小さい部位）には青色の色相が割り当てられ、軟らかい部位（弾性値が大きい部位）には赤色の色相

50

が割り当てられる。図4の例では、離散的に色相が割り当てられるが、硬い側（弾性値が小さい側）から軟らかい側（弾性値が大きい側）へ、青色から赤色までのグラデーションにより色相が割り当てられてもよい。例えば、硬い側（弾性値が小さい側）から軟らかい側（弾性値が大きい側）へ、青色、水色、緑色、黄色、赤色と連続的にグラデーションを伴って変化するように色相が割り当てられてもよい。

【0037】

弾性ボリューム原色成分変換部15は、弾性ボリュームデータの各ボクセルを、弾性値に応じて割り当てられた色相をRGBの3つの成分に分離（変換）し、R成分を弾性第1成分ボリュームデータとして、G成分を弾性第2成分ボリュームデータとして、B成分を弾性第3成分ボリュームデータとして作成する。

10

【0038】

図5は、弾性値に応じた弾性不透明度を示した図である。三次元弾性画像構成部17は、弾性値に応じた弾性不透明度を用いてボリュームレンダリングを行う。弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設定部）16は、弾性値に弾性不透明度を関連付けることにより弾性値に応じた弾性不透明度を設定する。

【0039】

図5に示すように、弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設定部）16は、横軸を弾性ボリュームデータの弾性値とし、縦軸を不透明度とする弾性不透明度テーブル50を作成する。三次元弾性画像構成部17は、弾性不透明度テーブル50で設定された不透明度を弾性不透明度として用いる。図5に示すように、弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設定部）16は、関心部位となる可能性が高い硬い部位（例えば、弾性値が所定の基準値より小さい部位）と軟らかい部位（例えば、弾性値が所定の基準値より大きい部位）に大きい弾性不透明度を設定し、関心部位となる可能性が低い中間硬さの部位に小さい弾性不透明度を設定する。ただし、弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設定部）16は、目的（例えば、関心部位の硬さ）に応じて、硬い部位又は軟らかい部位に小さい弾性不透明度を設定してもよい。つまり、弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設定部）16は、関心部位の弾性値に関連付けられた弾性不透明度よりも小さい弾性不透明度を、関心部位以外の部位（例えば、中間硬さの部位）に関連付けてもよい。

20

【0040】

小さい弾性不透明度の値は、ボリュームレンダリングの際の視線方向のボクセル数に依存するが、一般的に“0.1”未満の値に設定されると、関心部位以外の部位が半透明な三次元弾性画像として構成される。ただし、関心部位以外の部位が半透明な三次元弾性画像により構成されれば、弾性不透明度の値は“0.1”以上であってもよい。大きな弾性不透明度の値は、ボリュームレンダリングの際の視線方向のボクセル数に依存するが、一般的に“0.5”以上の値に設定されると、関心部位が不透明な三次元弾性画像として構成される。ただし、関心部位が不透明な三次元弾性画像により構成されれば、弾性不透明度の値は“0.5”未満であってもよい。

30

【0041】

図6は、三次元弾性画像構成部17の一例を示した図である。図6に示すように、三次元弾性画像構成部17は、弾性第1成分ボリュームレンダリング部60、弾性第2成分ボリュームレンダリング部61、及び弾性第3成分ボリュームレンダリング部62を備える。弾性第1成分ボリュームレンダリング部60は、弾性第1成分ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングする。弾性第2成分ボリュームレンダリング部61は、弾性第2成分ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングする。弾性第3成分ボリュームレンダリング部62は、弾性第3成分ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングする。

40

【0042】

陰影処理を施したボリュームレンダリングは、式(4)～(6)を用いて行われる。各成分（例えば、RGB成分）のボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングした結果を結合（合成）することにより、三次元弾性画像構成部17は三次元弾性画

50

像を作成する。

【 0 0 4 3 】

$$\text{Cout}(i) = \text{Cout}(i - 1) + (1 - \text{Aout}(i - 1)) \cdot A(i) \cdot C(i) \cdot S(i) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (4)$$

$$\text{Aout}(i) = \text{Aout}(i - 1) + (1 - \text{Aout}(i - 1)) \cdot A(i) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (5)$$

$$A(i) = \text{Opacity}[E(i)] \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (6)$$

【 0 0 4 4 】

C(i)は、作成される二次元投影面（三次元弾性画像）上の所定の点から三次元弾性画像を見た場合の視線“i”番目に存在するボクセルの成分値である。本実施の形態では、C(i)は、ボクセルの各原色成分の値（例えば、RGBの各原色成分値）である。Cout(i)は、出力されるピクセル値である。例えば、視線上にN個のボクセルが並んだとき、Cout(N - 1)は、“C(i = 0)”から“C(i = N - 1)”までを積算した原色成分値である。Cout(N - 1)が最終的に出力されるピクセル値となる。Cout(i - 1)は、“i - 1”番目まで積算された成分値（原色成分値）を示す。

10

【 0 0 4 5 】

E(i)は、作成される二次元投影面（三次元弾性画像）上の所定の点から三次元弾性画像を見た場合の視線“i”番目に存在する弾性値である。A(i)は、視線“i”番目に存在する弾性値E(i)に応じた不透明度（弾性不透明度）であり、図5に示すように、“0”から“1.0”までの値をとる弾性不透明度テーブル50により設定されている。弾性不透明度は、出力する二次元投影面（三次元弾性画像）上への寄与率を決定する。Aout(i - 1)は、ボクセルを通過するたびに積算される不透明度（弾性不透明度）であり、“i - 1”番目までの不透明度（弾性不透明度）の積算値である。

20

【 0 0 4 6 】

S(i)は、弾性値E(i)とその周辺の弾性値から算出された勾配により決定される陰影処理のための陰影重み成分である。例えば、光源からの光線方向とボクセル“i”を中心とする面の法線方向とが一致する場合、光線が最も強く反射するため、陰影重み成分“S(i) = 1.0”が与えられ、光源方向と法線方向とが直交する場合、光線が最も弱く反射するため、陰影重み成分“S(i) = 0.0”が与えられ、陰影重み成分S(i)は陰影効果を示す。

30

【 0 0 4 7 】

Cout(i)及びAout(i)は、ともに“0”を初期値としている。式(5)に示すように、Aout(i)は、ボクセルを通過するたびに積算され“1.0”に収束する。よって、式(4)に示すように、“i - 1”番目までの不透明度の積算値が“1.0”になった場合(Aout(i - 1) = 1.0)、“i”番目以降の成分値C(i)は出力画像に反映されない。

【 0 0 4 8 】

このように、三次元弾性画像構成部17は、複数の原色成分の少なくとも1つに陰影処理を施してポリリュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成する。本実施の形態では、弾性ポリリューム原色成分変換部15は、弾性ポリリュームデータをカラー画像表示用三原色成分に分離（変換）し、それぞれに陰影処理を施してポリリュームレンダリングを行い、それぞれの原色成分を結合（合成）することにより、色相の情報を保持したまま三次元弾性画像を得ることができる。

40

【 0 0 4 9 】

例えば、青色に相当するボクセルの原色成分値“C(i)”がR = 50, G = 50, B = 255であり、式(4)の“(1 - Aout(i - 1)) · A(i) · S(i)”の値が“0.5”である場合、式(4)で“Cout(i - 1)”に加算される値“(1 - Aout(i - 1)) · A(i) · C(i) · S(i)”が原色成分ごとにR = 25, G = 25, B = 127となる。この場合、R = 25, G = 25, B = 127で表される色は、色相は青系統のままであるが、明度が落ちて青黒い色となる。このように、陰影処理を施してポリリュームレンダリングされた三次元弾性画像は、色相を維持したまま弾性不透明度“A(i)”や陰影処理のための陰影重み

50

成分“ $S(i)$ ”の寄与が大きい部位は明度が落ちた立体的な画像が得られる。

【0050】

図7は、陰影処理を施してボリュームレンダリングされた三次元弾性画像の一例を示した図である。図7に示すように、三次元弾性画像70は、中間硬さのボリューム（関心部位以外の部位）の中に硬いボリューム（関心部位）を有する。中間硬さのボリュームは三次元弾性画像71で表示され、硬いボリュームは三次元弾性画像72で表示される。図5の弾性不透明度テーブル50では、弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設定部）16は、関心部位（硬いボリューム）の弾性値に設定された弾性不透明度よりも小さい弾性不透明度を関心部位以外の部位（中間硬さのボリューム）に設定するので、中間硬さのボリュームに相当する三次元弾性画像71は半透明となり、硬いボリュームに相当する三次元弾性画像72が半透明の三次元弾性画像71の内部に存在することを確認できるような三次元弾性画像70が構成される。

10

【0051】

しかし、不透明度を小さく設定することにより関心部位以外の部位（三次元弾性画像71）を半透明に表示しても、半透明の部位（関心部位以外の部位）にも陰影処理が行われ、三次元弾性画像70の見た目が悪くなる可能性がある。例えば、中間硬さのボリュームに相当する三次元弾性画像71にも陰影処理の陰影重み成分が寄与しているため、暗い緑色がただらに描出された見た目の悪い三次元弾性画像71が表示される。また、半透明の部位（関心部位以外の部位）にも陰影処理が行われるため、陰影により関心部位以外の部位が暗くなり、関心部位が鮮明に表示されなくなる。

20

【0052】

そこで、本実施の形態の超音波診断装置200は、弾性値を含む弾性ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成する三次元弾性画像構成部17を備え、三次元弾性画像構成部17は、弾性値に応じた所定の弾性不透明度及び所定の弾性値のうち少なくとも1つを有する部分について陰影処理を無効とする。

【0053】

本実施の形態では、図6の弾性第1成分ボリュームレンダリング部60、弾性第2成分ボリュームレンダリング部61、及び弾性第3成分ボリュームレンダリング部62が、所定の閾値（基準値）より小さい弾性不透明度が設定されたボクセルに、陰影重み成分 $S(i)$ を“1.0”とする陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、陰影処理を無効とする。陰影重み成分 $S(i)$ を“1.0”とすることにより、光線が最も強く反射する場合と同様の効果を得られ、陰影処理を無効とすることができる。

30

【0054】

弾性不透明度に関する任意の閾値（基準値） $A_{th}$ が予め設定され、式（4）において、三次元弾性画像構成部17が閾値（基準値） $A_{th}$ に基づいてボリュームレンダリングを行い、陰影処理を無効とする。例えば、“ $A(i) < A_{th}$ ”ならば“ $S(i) = 1.0$ ”に陰影重み成分 $S(i)$ を変更し、陰影処理を無効とする。一方、“ $A(i) > A_{th}$ ”ならば“ $S(i) = S(i)$ ”として陰影重み成分 $S(i)$ を変更せず、陰影処理を有効とする。

【0055】

図8は、弾性不透明度に関する任意の閾値（基準値）を示した図である。図8に示すように、図5の弾性不透明度テーブル50に、閾値（基準値） $A_{th}$ が予め設定され、ライン80として示される。閾値（基準値） $A_{th}$ は、関心部位以外の部位（例えば、中間硬さの弾性値範囲81）に関連付けられる弾性不透明度よりも大きく設定される。閾値（基準値） $A_{th}$ を設定することで、閾値（基準値） $A_{th}$ 以下の弾性不透明度を割り当てられた関心部位以外の部位（弾性値範囲81）に含まれるボクセルでは“ $A(i) < A_{th}$ ”であるので、“ $S(i) = 1.0$ ”に陰影重み成分 $S(i)$ が変更され、陰影処理を無効としてボリュームレンダリングが行われる。よって、半透明の部位に対して陰影処理の効果が無効となる。このように、三次元弾性画像構成部17は、弾性不透明度が予め設定された基準値よりも小さい場合に、陰影処理を無効とする。三次元弾性画像構成部17は、弾性値に応じた所定の

40

50

弾性不透明度及び所定の弾性値のうち少なくとも1つを有する部分について陰影処理を無効とする。

【0056】

図9は、三次元弾性画像構成部17により陰影処理を無効とされた三次元弾性画像の一例を示した図である。図9に示すように、三次元弾性画像90は、中間硬さのポリウム（関心部位以外の部位）の中に硬いポリウム（関心部位）を有する。三次元弾性画像90では、中間硬さのポリウムは三次元弾性画像91で表示され、硬いポリウムは三次元弾性画像92で表示される。

【0057】

図5及び図8の弾性不透明度テーブル50では、弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設定部）16は、関心部位（硬いポリウム）の弾性値に設定された弾性不透明度よりも小さい弾性不透明度を関心部位以外の部位（中間硬さのポリウム）に設定するので、中間硬さのポリウムに相当する三次元弾性画像91は半透明となり、硬いポリウムに相当する三次元弾性画像92が半透明の三次元弾性画像91の内部に存在することを確認できるような三次元弾性画像90が構成される。

【0058】

三次元弾性画像90では、図7の三次元弾性画像70と異なり、中間硬さのポリウムに相当する三次元弾性画像91について陰影処理を無効とされる。図9では、中間硬さのポリウムに相当する三次元弾性画像91に、図8の閾値（基準値） $A_{th}$ 以下の弾性不透明度が割り当てられており、弾性不透明度が予め設定された基準値よりも小さいので、三次元弾性画像構成部17は、関心部位以外の部位（三次元弾性画像91）について陰影処理を無効とする。

【0059】

関心部位の弾性値に関連付けられた弾性不透明度よりも小さい弾性不透明度を関心部位以外の部位に関連付け、関心部位以外の部位の不透明度を関心部位の不透明度よりも小さく設定することにより、関心部位以外の部位（三次元弾性画像91）を半透明に表示するとともに、関心部位以外の部位（三次元弾性画像91）について陰影処理の効果を無効とすることで、均一な見た目のよい中間硬さの関心部位以外の部位（三次元弾性画像91）が描出される。

【0060】

一方、硬い部位（関心部位）に相当する三次元弾性画像92に、図8の閾値（基準値） $A_{th}$ 超の弾性不透明度が割り当てられており、弾性不透明度が予め設定された基準値よりも大きいので、三次元弾性画像構成部17は、関心部位（三次元弾性画像92）について陰影処理を有効とする。

【0061】

関心部位の弾性値に関連付けられた弾性不透明度よりも小さい弾性不透明度を関心部位以外の部位に関連付け、関心部位の不透明度を関心部位以外の部位の不透明度よりも大きく設定することにより、関心部位（三次元弾性画像92）について陰影処理の効果は有効とすることで、立体的な硬い三次元弾性画像92が陰影処理されて描出される。

【0062】

このように、本実施の形態の超音波診断装置200は、前記弾性ポリウムデータを複数の原色成分に変換する弾性ポリウム原色成分変換部15を備え、前記三次元弾性画像構成部17は、前記複数の原色成分の少なくとも1つに陰影処理を施してポリウムレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成し、前記弾性値に応じた所定の弾性不透明度及び所定の前記弾性値のうち少なくとも1つを有する部分について、前記複数の原色成分の少なくとも1つの前記陰影処理を無効とする。

【0063】

以上、本実施の形態によれば、弾性不透明度が大きい関心部位については、陰影処理を有効にした立体的な三次元弾性画像を構成し、弾性不透明度が小さい関心部位以外の部位については、陰影処理を無効にした見た目のよい半透明な三次元弾性画像を構成すること

10

20

30

40

50

ができる。この結果、注目しやすい三次元弾性画像として関心部位が構成可能となる。

【 0 0 6 4 】

なお、本実施の形態では、弾性ボリューム原色成分変換部 1 5 が弾性ボリュームデータを弾性値に対応するカラー画像表示用三原色成分に分離（変換）するが、他の方法を用いてもよい。例えば、三次元弾性画像構成部 1 7 は、弾性値に基づいて、硬い弾性値を持つボリュームデータ（関心部位に相当する弾性値成分）、中間硬さの弾性値を持つボリュームデータ（関心部位以外の部位に相当する弾性値成分）、及び軟らかい弾性値を持つボリュームデータ（関心部位に相当する弾性値成分）に弾性ボリュームデータを分離（変換）し、それぞれのボリュームデータをボリュームレンダリングする場合に、硬い弾性値を持つボリュームデータ及び軟らかい弾性値を持つボリュームデータ（関心部位に相当する弾性値成分）より小さい不透明度を、中間硬さの部位（関心部位以外の部位に相当する弾性値成分）の弾性値を持つボリュームデータに設定して、本実施の形態を適用することで、上記の効果と同様の効果を得ることができる。

10

【 0 0 6 5 】

つまり、超音波診断装置 2 0 0 は、超音波探触子 2 を介して被検体 1 に超音波を送信する送信部 3 と、前記被検体 1 からの反射エコー信号を受信する受信部 4 と、前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成する三次元弾性画像構成部 1 7 と、前記三次元弾性画像を表示する画像表示部とを備え、前記三次元弾性画像構成部 1 7 は、前記弾性値に基づいて前記弾性ボリュームデータを複数の弾性値成分に分離（変換）し、前記複数の弾性値成分に陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元合成画像を構成し、前記複数の弾性値成分のうち少なくとも 1 つの前記陰影処理を無効とする。

20

【 0 0 6 6 】

また、本実施の形態では、式(4)において、“ $S(i) = 1.0$ ”とすることで陰影処理を無効にするが、陰影処理を無効にする効果が実質的に実現でき、見た目のよい三次元画像が構成されれば、 $S(i)$ は“ $1.0$ ”未満の比較的大きな値に設定されてもよい。

【 0 0 6 7 】

（第 2 の実施の形態）

以下、本発明の実施の形態の超音波診断装置について、図面を用いて説明する。主に、第 1 の実施の形態と異なる部分について説明し、その他の部分は第 1 の実施の形態と同様である。図 1 0 は、本実施の形態の超音波診断装置の一例を示す図である。図 1 0 に示すように、ボリュームデータ合成部 1 5 0 と、三次元合成画像構成部 1 0 3 とが、三次元画像構成部 1 7 0 に含まれる。三次元画像構成部 1 7 0 は、ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングする場合に、弾性値に応じた所定の弾性不透明度及び所定の弾性値のうち少なくとも 1 つを有する部分について陰影処理を無効として、三次元画像を構成する。

30

【 0 0 6 8 】

本実施の形態の超音波診断装置 2 0 1 の特徴は、超音波探触子 2 を介して被検体 1 に超音波を送信する送信部 3 と、前記被検体 1 からの反射エコー信号を受信する受信部 4 と、前記反射エコー信号に基づく前記被検体 1 の断層画像を含む断層ボリュームデータを作成する断層ボリュームデータ作成部 1 0 と、前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータを作成する弾性ボリュームデータ作成部 1 4 と、前記断層ボリュームデータと前記弾性ボリュームデータを合成して、合成ボリュームデータを作成するボリュームデータ合成部 1 5 0 と、前記合成ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元合成画像を構成する三次元合成画像構成部 1 0 3 と、前記三次元合成画像を表示する画像表示部 1 9 とを備え、前記三次元合成画像構成部 1 0 3 は、前記断層ボリュームデータの輝度に応じた所定の断層不透明度、前記弾性値に応じた所定の弾性不透明度、及び所定の前記弾性値のうち少なくとも 1 つを有する部分について前記陰影処理を無効とする。

40

50

【 0 0 6 9 】

また、本実施の形態の超音波診断装置 2 0 1 の他の特徴は、前記断層ボリュームデータを複数の原色成分に変換する断層ボリューム原色成分変換部 1 1 と、前記弾性ボリュームデータを複数の原色成分に変換する弾性ボリューム原色成分変換部 1 5 とを備え、前記ボリュームデータ合成部 1 5 0 は、前記複数の原色成分に応じて前記断層ボリュームデータと前記弾性ボリュームデータを合成して、前記複数の原色成分に応じた複数の前記合成ボリュームデータを作成し、前記三次元合成画像構成部 1 0 3 は、前記複数の合成ボリュームデータの少なくとも 1 つに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元合成画像を構成し、前記弾性値に応じた所定の弾性不透明度及び所定の前記弾性値のうち少なくとも 1 つを有する部分について、前記複数の合成ボリュームデータの少なくとも 1 つの前記陰影処理を無効とする。

10

【 0 0 7 0 】

断層ボリューム原色成分変換部 1 1 は、断層ボリュームデータを輝度値に対応するカラー画像表示用三原色成分に分離（変換）し、弾性ボリューム原色成分変換部 1 5 は、弾性ボリュームデータを弾性値に対応するカラー画像表示用三原色成分に分離（変換）する。断層ボリューム原色成分変換部 1 1 及び弾性ボリューム原色成分変換部 1 5 により断層ボリュームデータと弾性ボリュームデータがカラー画像表示用三原色成分に分離（変換）された後、三次元画像構成部 1 7 0 が、成分（例えば、R G B 成分）ごとに断層ボリュームデータと弾性ボリュームデータを合成し、合成された各成分のボリュームデータに弾性不透明度を用いてボリュームレンダリングする。

20

【 0 0 7 1 】

図 1 0 では、断層ボリュームデータ作成部 1 0 及び弾性ボリュームデータ作成部 1 4 （三次元画像構成部 1 7 0 ）の前段は、第 1 の実施の形態と同様であるので、省略している。また、三次元合成画像構成部 1 0 3 （三次元画像構成部 1 7 0 ）の後段も、第 1 の実施の形態と同様であるので、省略している。

【 0 0 7 2 】

本実施の形態では、第 1 の実施の形態と同様に、断層ボリューム原色成分変換部 1 1 及び弾性ボリューム原色成分変換部 1 5 が R（赤）、G（緑）、B（青）の三原色に分離（変換）する例を説明する。もちろん、断層ボリューム原色成分変換部 1 1 及び弾性ボリューム原色成分変換部 1 5 は、これらの成分に限らず他の原色成分に分離（変換）してもよい。

30

【 0 0 7 3 】

ボリュームデータ合成部 1 5 0 は、第 1 成分合成部 1 0 0、第 2 成分合成部 1 0 1、及び第 3 成分合成部 1 0 2 を備える。第 1 成分合成部 1 0 0、第 2 成分合成部 1 0 1、及び第 3 成分合成部 1 0 2 は、カラー画像表示用三原色成分（例えば、R G B 成分）ごとに断層ボリュームデータと弾性ボリュームデータを合成する。

【 0 0 7 4 】

例えば、三次元合成画像構成部 1 0 3 は、断層ボリュームデータから分離（変換）された R 成分ボリュームデータと、弾性ボリュームデータから分離（変換）した R 成分ボリュームデータとを、第 1 成分合成部 1 0 0 で合成する。

40

【 0 0 7 5 】

断層ボリュームデータから分離された R 成分ボリュームデータを断層ボリュームデータ R 1 とし、弾性ボリュームデータから分離した R 成分ボリュームデータを弾性ボリュームデータ R 2 とし、断層ボリュームデータ R 1 と弾性ボリュームデータ R 2 を合成した R 成分ボリュームデータを合成ボリュームデータ R 3 とすると、第 1 成分合成部 1 0 0 は下記の式（7）を用いて合成を行う。

【 0 0 7 6 】

$$R 3 = (1 - \alpha) \times R 1 + \alpha \times R 2 \quad \dots \dots ( 7 )$$

【 0 0 7 7 】

は、“ 0 ~ 1 . 0 ” の合成重み係数であり、操作部 2 0 から設定される。

50

## 【 0 0 7 8 】

R成分と同様に、第2成分合成部101が断層ボリュームデータG1と弾性ボリュームデータG2を合成して合成ボリュームデータG3を作成し、第3成分合成部102が断層ボリュームデータB1と弾性ボリュームデータB2を合成して合成ボリュームデータB3を作成する。

## 【 0 0 7 9 】

三次元合成画像構成部103は、合成第1成分ボリュームレンダリング部104、合成第2成分ボリュームレンダリング部105、及び合成第3成分ボリュームレンダリング部106を備える。

## 【 0 0 8 0 】

合成第1成分ボリュームレンダリング部104は、合成ボリュームデータR3に対してボリュームレンダリングを行う。合成第2成分ボリュームレンダリング部105は、合成ボリュームデータG3に対してボリュームレンダリングを行う。合成第3成分ボリュームレンダリング部106は、合成ボリュームデータB3に対してボリュームレンダリングを行う。

## 【 0 0 8 1 】

本実施の形態では、三次元合成画像構成部103は、上記の式(4)~(6)に従ってボリュームレンダリングを行い、不透明度として弾性不透明度を用いる。また、三次元合成画像構成部103は、式(4)における $S(i)$ として、断層ボリュームデータの輝度に応じた所定の陰影重み成分を用いてもよいし、弾性ボリュームデータの弾性値に応じた陰影重み成分を用いてもよい。

## 【 0 0 8 2 】

本実施の形態でも、図5及び図8に示すように、弾性不透明度テーブル作成部(弾性不透明度設定部)16が弾性不透明度テーブル50を作成し、閾値(基準値)Athがライン80として設定される。また、第1の実施の形態と同様に、閾値(基準値)Athは、関心部位以外の部位(例えば、中間硬さの弾性値範囲81)に関連付けられる弾性不透明度よりも大きく設定され、閾値(基準値)Ath以下の弾性不透明度を割り当てられた関心部位以外の部位(弾性値範囲81)に含まれるボクセルでは“ $A(i) > Ath$ ”であるので、“ $S(i) = 1.0$ ”に陰影重み成分 $S(i)$ が変更され、陰影処理を無効としてボリュームレンダリングが行われる。

## 【 0 0 8 3 】

図11は、三次元合成画像構成部103により陰影処理を無効とされた三次元合成画像の一例を示した図である。図11に示すように、三次元合成画像110は、中間硬さのボリューム(関心部位以外の部位)の中に硬いボリューム(関心部位)を有する。三次元合成画像110では、中間硬さのボリュームは三次元合成画像111で表示され、硬いボリュームは三次元合成画像112で表示される。

## 【 0 0 8 4 】

第1の実施の形態と異なり、断層ボリュームデータと弾性ボリュームデータとを合成しているため、三次元合成画像110には断層画像の情報が弾性画像の情報に加味されている。断層画像は主に生体の組織情報を反映しているため、三次元合成画像110は、組織情報と弾性情報とを反映しており、組織状態と弾性状態とを同時に確認することができる。

## 【 0 0 8 5 】

例えば、腫瘍は主に低エコーとなるため、断層画像では黒色で描出されることが多い。また、腫瘍は周辺組織に比べ硬くなる場合が多いので、弾性画像では青色で描出されることが多い。したがって、腫瘍部位(関心部位)を三次元合成画像として構成すると、断層画像の黒色と弾性画像の青色が合成された暗い青色の立体的な合成画像が構成される。脂肪などの正常組織は断層画像では主に灰色から白色で描出されることが多い。また、脂肪などの正常組織は中間硬さを有する場合が多いので、弾性画像では主に緑色で描出されることが多い。したがって、脂肪などの正常組織(関心部位以外の部位)を三次元合成画像

10

20

30

40

50

として構成すると、断層画像の灰色や白色と弾性画像の緑色が合成された明るい緑色の立体的な合成画像が構成される。このように、色相によって、組織状態と弾性状態とを同時に確認することができる。

【 0 0 8 6 】

本実施の形態によれば、中間硬さを持つ正常組織（関心部位以外の部位）は、中間硬さの三次元合成画像 1 1 1 として描出される。図 5 及び図 8 に示すように、中間硬さを持つ正常組織（関心部位以外の部位）には小さい弾性不透明度が設定されているので、中間硬さの三次元合成画像 1 1 1 は半透明となり、中間硬さの三次元合成画像 1 1 1 の内部に存在する硬い三次元合成画像 1 1 2（関心部位）を確認することができる。また、図 8 に示すように、中間硬さの部位に対する弾性不透明度は閾値（基準値）Athよりも小さいので、陰影処理の効果が無効となり、均一な見た目のよい中間硬さの三次元合成画像 1 1 1 を構成することができる。さらに、腫瘍などの異常組織と疑われる硬い部位（関心部位）は硬い三次元合成画像 1 1 2 として構成することができる。硬い三次元合成画像 1 1 2 に対する弾性不透明度は閾値（基準値）Athよりも大きいので、陰影処理の効果が有効となり、組織状態と弾性状態を反映した立体的な硬い三次元合成画像 1 1 2 を構成することができる。

10

【 0 0 8 7 】

以上、本実施の形態によれば、断層ボリュームデータと弾性ボリュームデータを合成することで、弾性不透明度の大きい関心部位については陰影処理を有効にして組織情報と弾性情報を一目して確認できる立体的な三次元合成画像を構成し、弾性不透明度の小さい関心部位以外の部位については陰影処理の効果を無効にして見た目のよい半透明な三次元合成画像を構成することができる。この結果、関心部位の組織状態と弾性状態によって、注目しやすい三次元合成画像として関心部位が構成可能となる。

20

【 0 0 8 8 】

以上、本発明にかかる実施の形態について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、請求項に記載された範囲内において変更・変形することが可能である。

【 0 0 8 9 】

例えば、操作部 2 0 が閾値（基準値）Athを調整してもよい。図 1 2 は、画像表示部 1 9 の表示例を示した図である。画像表示部 1 9 の画面 1 2 0 には、図 8 の弾性不透明度テーブル 5 0 と図 9 の三次元弾性画像 9 0 とが表示されている。また、弾性不透明度閾値設定部 1 2 1 が表示されている。弾性不透明度閾値設定部 1 2 1 は、操作部 2 0 に相当する数値設定部やスライダーによって、閾値（基準値）Athを調整（設定）する。図 1 2 では、“閾値（基準値）Ath = 0 . 2 ” が設定されている。このように、操作部 2 0 が閾値（基準値）Athを調整することにより、陰影処理を無効とする部位（関心部位以外の部位）を調整することができる。

30

【 0 0 9 0 】

また、閾値（基準値）Athは、弾性値に応じた弾性不透明度の最小値に基づいて設定されてもよい。図 1 3 は、弾性不透明度テーブル 5 0 において、弾性不透明度の最小値に基づいて設定された閾値（基準値）Athを示した図である。図 1 3 に示すように、弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設定部）1 6 により作成された弾性不透明度テーブル 5 0 には、閾値（基準値）Athに相当するライン 8 0 が示されている。弾性不透明度テーブル 5 0 において、弾性不透明度の最小値は“Amin”である。

40

【 0 0 9 1 】

弾性値に応じた弾性不透明度の最小値に基づいて閾値（基準値）Athが設定される場合、弾性不透明度の最小値Aminに、任意の値Aoffsetを加算した値を閾値（基準値）Athとしてもよい。この場合、閾値（基準値）Athは下記の式（8）で表される。なお、Aoffsetは任意の定数である。

【 0 0 9 2 】

$$Ath = Amin + Aoffset \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (8)$$

【 0 0 9 3 】

50

また、弾性値に応じた弾性不透明度の最小値に基づいて閾値（基準値）Athが設定される場合、弾性不透明度の最小値Aminに、任意の重み成分を乗算した値を閾値（基準値）Athとしてもよい。この場合、閾値（基準値）Athは下記の式（9）で表される。なお、“1”より大きな任意の定数である。

【0094】

$Ath = Amin \cdot Acoeff \dots (9)$

【0095】

この結果、弾性不透明度に対する閾値（基準値）Athが自動的に設定され、使用者が閾値（基準値）Athを手動で設定する必要がなくなり、閾値（基準値）Athの設定が簡便になる。なお、不透明度“0”は完全な透明領域を表すとともに、ノイズの除去など特別な意図を持って用いられることもあるため、弾性不透明度“0”を除いた最小値を“Amin”としてもよい。

10

【0096】

また、画像表示部19は、前記陰影処理を無効とした前記三次元弾性画像及び前記陰影処理を有効とした前記三次元弾性画像の両方又は何れか一方を切り替えて表示してもよい。この場合、操作部20が、弾性不透明度に関する閾値（基準値）Athよりも小さい弾性不透明度が設定される部位（関心部位以外の部位）について、操作部20が陰影処理を無効にするか否かを設定する。そして、制御部21が、前記陰影処理を無効とした前記三次元弾性画像及び前記陰影処理を有効とした前記三次元弾性画像の両方又は何れか一方を切り替える。図14は、陰影処理を無効とした三次元弾性画像及び陰影処理を有効とした三次元弾性画像を切り替えて表示する例を示した図である。画像表示部19の画面130には、陰影処理を無効とした三次元弾性画像90が表示されている。画像表示部19の画面132には、陰影処理を有効とした三次元弾性画像70が表示されている。

20

【0097】

また、画像130、132には、陰影制御部131が表示されている。陰影制御部131は、操作部20に相当するボタンによって、弾性不透明度が小さい部位（関心部位以外の部位）に対する陰影処理の有効/無効を設定することができる。図14(a)は、弾性不透明度が小さい部位（関心部位以外の部位）に対する陰影処理を、陰影制御部131がオフ（つまり、無効）にしている状態を示している。図14(b)は、弾性不透明度が小さい部位（関心部位以外の部位）に対する陰影処理を、陰影制御部131がオン（つまり、有効）にしている状態を示している。使用者が、操作部20を通して陰影制御部131により、陰影処理のオン/オフを切り替える。このように、陰影処理の有効/無効を自由に選択することができる。

30

【0098】

また、弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設定部）16は、関心部位の前記弾性値に関連付けられた前記弾性不透明度よりも小さい弾性不透明度を前記関心部位以外の部位に関連付け、三次元弾性画像構成部17は、前記弾性値又は前記弾性不透明度に基づいて前記関心部位以外の部位について前記陰影処理を無効としてもよい。弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設定部）16は、弾性値に基づき定められる関心部位以外の部位について、ボリュームレンダリングに用いられる弾性不透明度を、関心部位の弾性不透明度よりも低く設定する。三次元弾性画像構成部17は、関心部位以外の部位について、ボリュームレンダリングにおける陰影処理を無効とする。

40

【0099】

図15は、関心部位及び関心部位以外の部位の弾性不透明度を示した図である。図15に示すように、弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設定部）16により作成された弾性不透明度テーブル140に、関心部位が設定される。中間硬さの部位は診断対象となることが少ないので、関心部位以外の部位として設定される。したがって、弾性値“a”から弾性値“b”までの弾性値範囲に属する中間硬さの部位が、関心部位以外の部位として弾性不透明度に関連付けられる。その他の弾性値範囲に属する硬い部位及び軟らかい部位が、関心部位として弾性不透明度に関連付けられる。そして、弾性不透明度テーブル

50

作成部（弾性不透明度設定部）16は、関心部位以外の部位である弾性値“a”から弾性値“b”までの弾性値範囲に関連付けられた弾性不透明度を、その他の弾性値範囲に関連付けられた弾性不透明度よりも小さい値に設定する。関心部位及び関心部位以外の部位は、目的に応じて弾性不透明度に関連付けられる。

#### 【0100】

例えば、図6の弾性第1成分ボリュームレンダリング部60、弾性第2成分ボリュームレンダリング部61、弾性第3成分ボリュームレンダリング部62が、式(4)~(6)に従ってボリュームレンダリングを行い、不透明度として弾性不透明度を用いる。この場合、弾性第1成分ボリュームレンダリング部60、弾性第2成分ボリュームレンダリング部61、弾性第3成分ボリュームレンダリング部62は、弾性値“a”から弾性値“b”までの弾性値範囲に属する弾性値を持つボクセルについて、陰影重み成分を“1.0”として、陰影処理の効果を無効とする。

10

#### 【0101】

具体的には、ボリュームレンダリングの式(4)において、“ $a \leq E(i) \leq b$ ”ならば“ $S(i) = 1.0$ ”に陰影重み成分 $S(i)$ を変更し、陰影処理を無効とする。一方、“ $E(i) < a$ ”又は“ $b < E(i)$ ”ならば“ $S(i) = S(i)$ ”として陰影重み成分 $S(i)$ を変更せず、陰影処理を有効とする。このように、任意に設定された関心部位について弾性不透明度を大きくすることで、陰影処理を有効にした立体的な三次元弾性画像を構成し、関心部位以外の部位について弾性不透明度を小さくすることで、陰影処理を無効にした見た目のよい半透明な三次元弾性画像を構成することができる。この結果、注目しやすい三次元弾性画像として関心部位が構成可能となる。関心部位の陰影処理は有効となるので関心部位の弾性不透明度を自由に設定することが可能となる。例えば、図15に示すように、弾性不透明度テーブル140では、関心部位である軟らかい部位（弾性値“b”以上の弾性値範囲）の弾性不透明度が緩やかに増加しているため、関心部位において弾性不透明度が比較的小さく、関心部位以外の部位の弾性不透明度に近い値を有しているが、弾性値“b”を設定することにより関心部位及び関心部位以外の部位を確実に区別することができる。

20

#### 【0102】

このように、三次元画像構成部170は、任意に設定された関心部位の前記弾性値（弾性値範囲）に基づいて、前記関心部位の前記弾性値よりも小さい又は大きい弾性値を有する部分について陰影処理を無効としてもよい。例えば、前記三次元弾性画像構成部170は、関心部位の前記弾性値及び前記関心部位以外の前記弾性値のうち少なくとも1つに基づいて、前記関心部位以外の部位について前記陰影処理を無効とする。この場合、図15に示すように、弾性不透明度テーブル作成部（弾性不透明度設定部）16は、関心部位の前記弾性値に関連付けられた前記弾性不透明度よりも小さい弾性不透明度を前記関心部位以外の部位に関連付けてもよい。弾性値に基づいて関心部位及び関心部位以外の部位を任意に設定するので、弾性不透明度によらずに、関心部位については、陰影処理を有効にした立体的な三次元弾性画像を構成し、関心部位以外の部位については、陰影処理を無効にした見た目のよい半透明な三次元弾性画像を構成することができる。また、この場合も、関心部位以外の部位に対する陰影処理の有効/無効を制御してもよい。

30

40

#### 【0103】

また、三次元断層画像構成部13は、輝度値に応じた所定の断層不透明度及び所定の輝度値のうち少なくとも1つを有する部分について、複数の原色成分（例えば、RGB成分）の少なくとも1つの陰影処理を無効としてもよい。

#### 【0104】

また、上記の実施の形態の超音波診断装置に関する超音波画像表示方法は、超音波探触子2を介して被検体1に超音波を送信し、前記被検体1からの反射エコー信号を受信し、前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成し、前記三次元弾性画像を表示する超音波画像表示方法であって、前記弾性値に応じた弾性不透明度を用いてボリュー

50

ムレンダリングし、所定の前記弾性不透明度を有する部分について前記陰影処理を無効とする。

【0105】

また、上記の実施の形態の超音波診断装置に関する超音波画像表示方法は、超音波探触子2を介して被検体1に超音波を送信し、前記被検体1からの反射エコー信号を受信し、前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元弾性画像を構成し、前記三次元弾性画像を表示する超音波画像表示方法であって、所定の前記弾性値を有する部分について前記陰影処理を無効とする。

【0106】

また、上記の実施の形態の超音波診断装置に関する超音波画像表示方法は、超音波探触子2を介して被検体1に超音波を送信し、前記被検体1からの反射エコー信号を受信し、前記反射エコー信号に基づく前記被検体1の断層ボリュームデータを作成し、前記反射エコー信号に基づく弾性値を含む弾性ボリュームデータを作成し、前記断層ボリュームデータと前記弾性ボリュームデータを合成して、合成ボリュームデータを作成し、前記合成ボリュームデータに陰影処理を施してボリュームレンダリングすることにより、三次元合成画像を構成し、前記三次元合成画像を表示する超音波画像表示方法であって、前記断層ボリュームデータの輝度に応じた所定の断層不透明度、前記弾性値に応じた所定の弾性不透明度、及び所定の前記弾性値のうち少なくとも1つを有する部分について前記陰影処理を無効とする。

【産業上の利用可能性】

【0107】

本発明に係る超音波診断装置は、弾性不透明度又は弾性値に基づいてボリュームレンダリングにおける陰影処理を無効にし、見た目のよい三次元画像を構成することができ、所定の部分の陰影処理を無効とする超音波診断装置及び超音波画像表示方法などとして有用である。

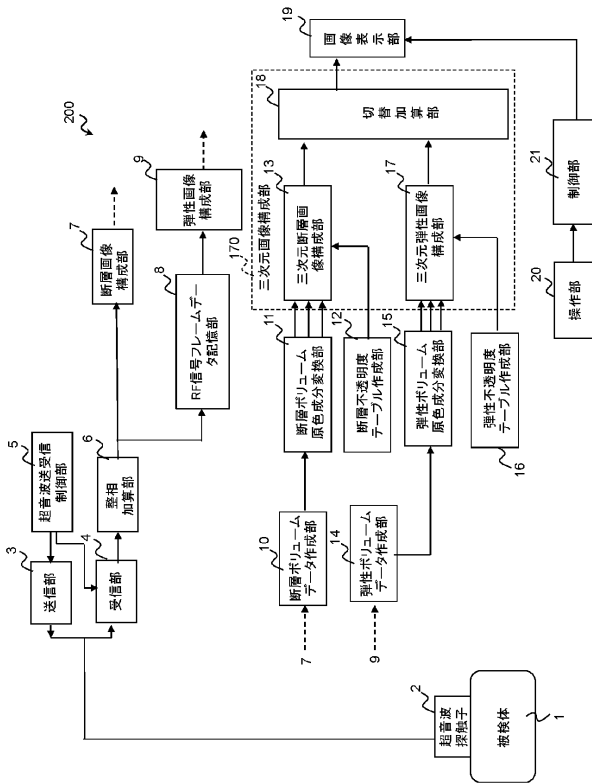
【符号の説明】

【0108】

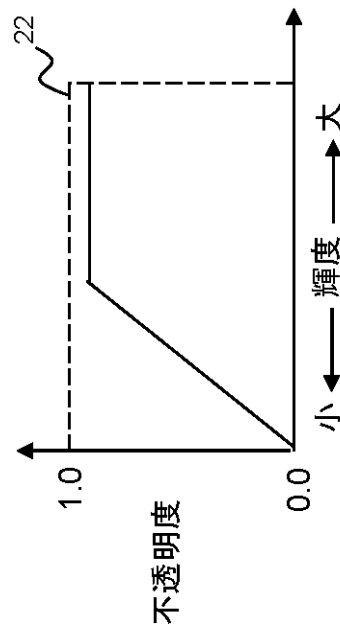
- |    |                          |    |
|----|--------------------------|----|
| 1  | 被検体                      |    |
| 2  | 超音波探触子                   | 30 |
| 3  | 送信部                      |    |
| 4  | 受信部                      |    |
| 5  | 超音波送受信制御部                |    |
| 6  | 整相加算部                    |    |
| 7  | 断層画像構成部                  |    |
| 8  | RF信号フレームデータ記憶部           |    |
| 9  | 弾性画像構成部                  |    |
| 10 | 断層ボリュームデータ作成部            |    |
| 11 | 断層ボリューム原色成分変換部           |    |
| 12 | 断層不透明度テーブル作成部(断層不透明度設定部) | 40 |
| 13 | 三次元断層画像構成部               |    |
| 14 | 弾性ボリュームデータ作成部            |    |
| 15 | 弾性ボリューム原色成分変換部           |    |
| 16 | 弾性不透明度テーブル作成部(弾性不透明度設定部) |    |
| 17 | 三次元弾性画像構成部               |    |
| 18 | 切替加算部                    |    |
| 19 | 画像表示部                    |    |
| 20 | 操作部                      |    |
| 21 | 制御部                      |    |
| 30 | 断層第1成分ボリュームレンダリング部       | 50 |

- 3 1 断層第2成分ボリュームレンダリング部
- 3 2 断層第3成分ボリュームレンダリング部
- 6 0 弾性第1成分ボリュームレンダリング部
- 6 1 弾性第2成分ボリュームレンダリング部
- 6 2 弾性第3成分ボリュームレンダリング部
- 1 0 0 第1成分合成部
- 1 0 1 第2成分合成部
- 1 0 2 第3成分合成部
- 1 0 3 三次元合成画像構成部
- 1 0 4 合成第1成分ボリュームレンダリング部
- 1 0 5 合成第2成分ボリュームレンダリング部
- 1 0 6 合成第3成分ボリュームレンダリング部
- 1 5 0 ボリュームデータ合成部
- 1 7 0 三次元画像構成部

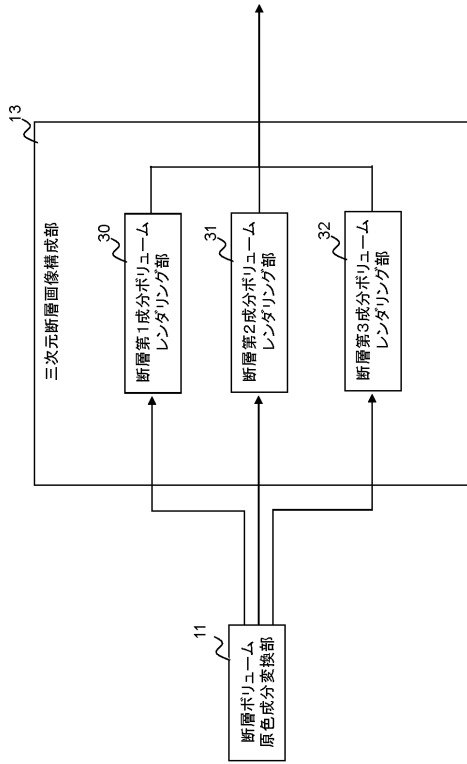
【図1】



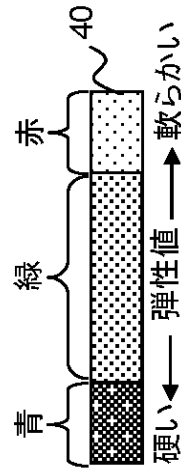
【図2】



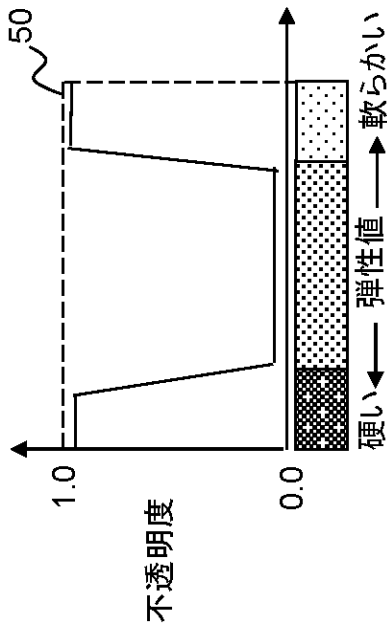
【 図 3 】



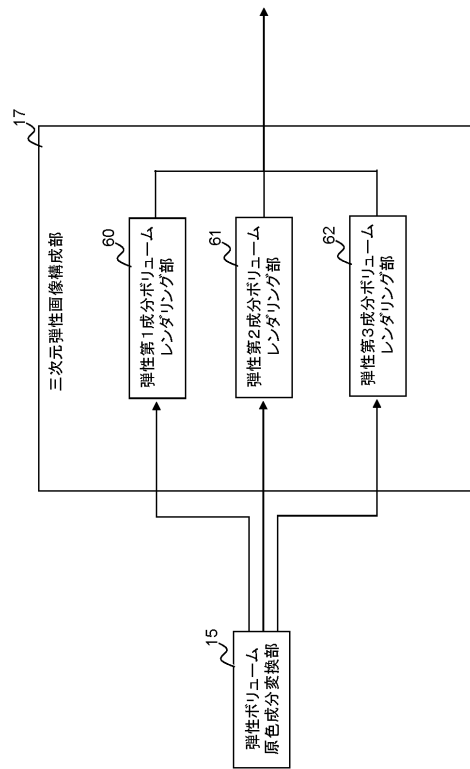
【 図 4 】



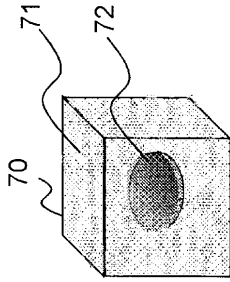
【 図 5 】



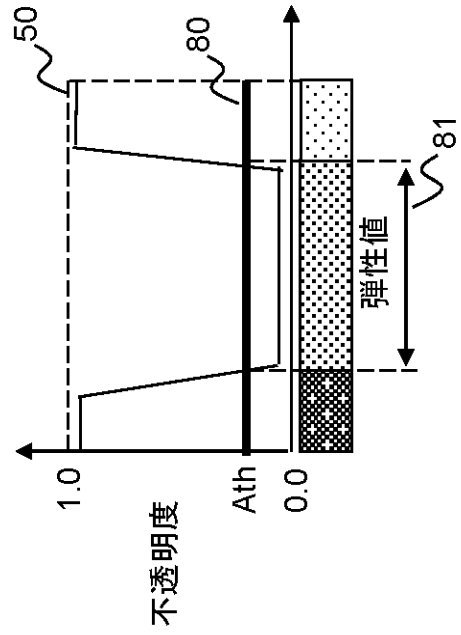
【 図 6 】



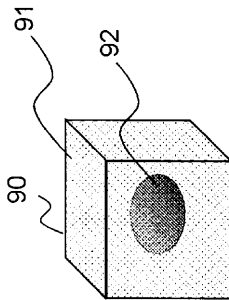
【図7】



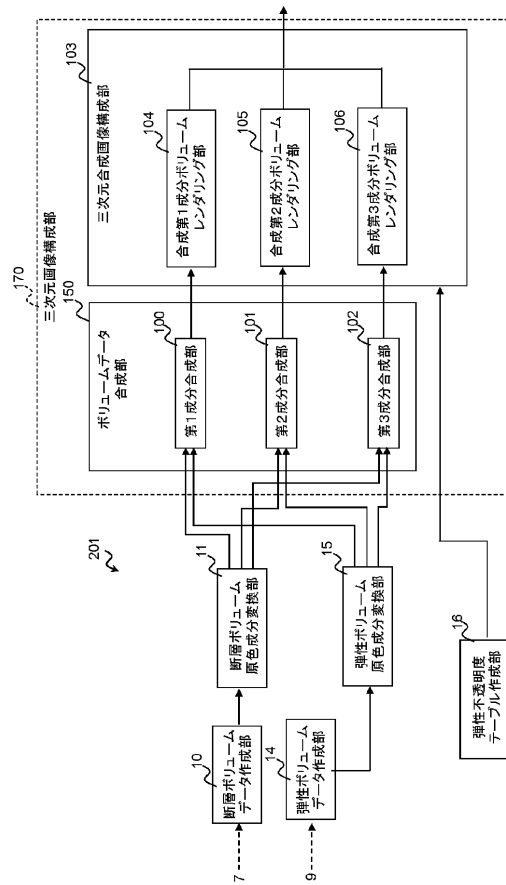
【図8】



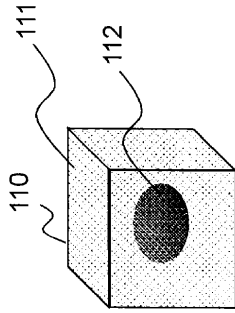
【図9】



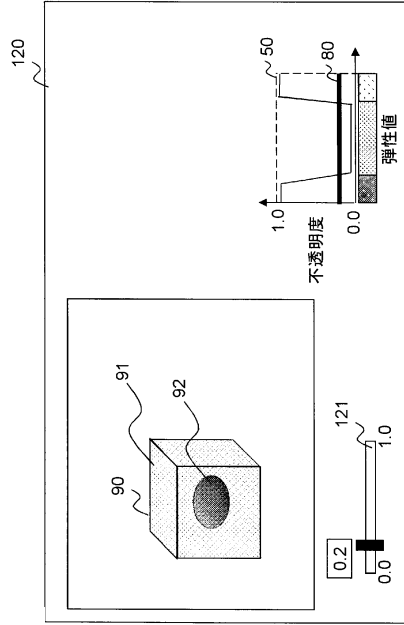
【図10】



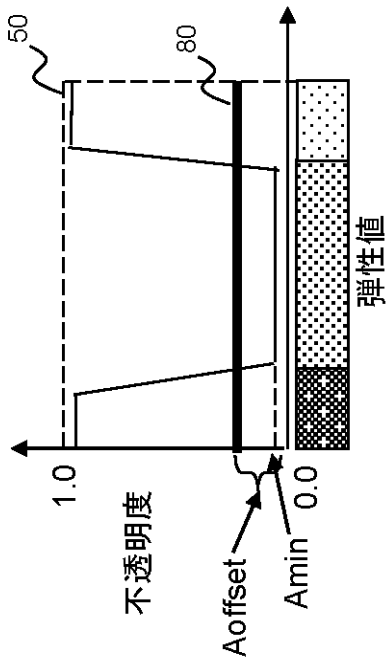
【図 1 1】



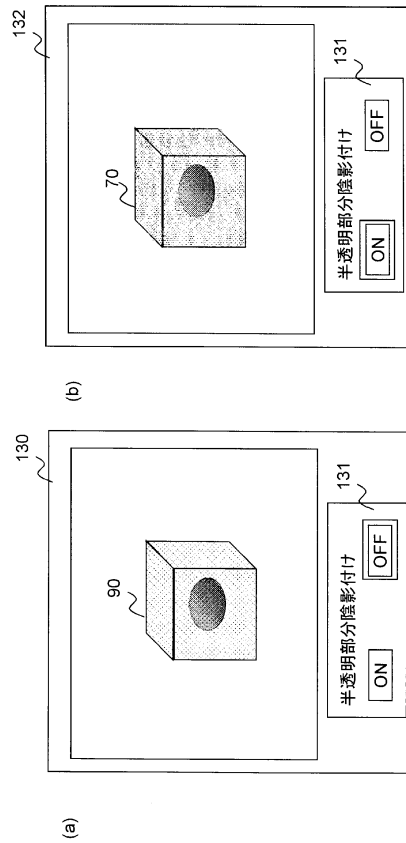
【図 1 2】



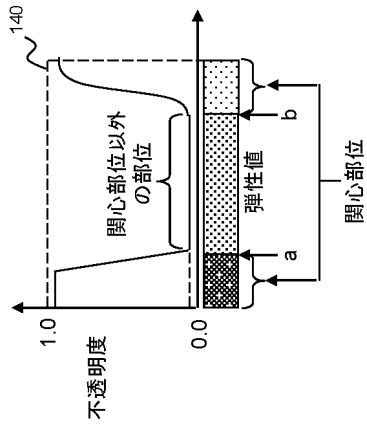
【図 1 3】



【図 1 4】



【 図 15 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2012/043200(WO, A1)  
特開2012-213545(JP, A)  
国際公開第2011/086774(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 8/00 - 8/15