

(11) 特許出願公開番号

特開2015-61592

(P2015-61592A)

(43) 公開日 平成27年4月2日(2015.4.2)

(51) Int.Cl.
A 6 1 B 8/08 (2006.01)

F 1
A 6 1 B 8/08

テーマコード (参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2014-164845 (P2014-164845)
 (22) 出願日 平成26年8月13日 (2014. 8. 13)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-171036 (P2013-171036)
 (32) 優先日 平成25年8月21日 (2013. 8. 21)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. JAVASCRIPT

(71) 出願人 000001270
コニカミノルタ株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号

(74) 代理人 110001900
特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所

(72) 発明者 高木 一也
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ
ニカミノルタ株式会社内

(72) 発明者 松本 悠希
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ
ニカミノルタ株式会社内

(72) 発明者 酒井 智仁
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ
ニカミノルタ株式会社内

最終頁に続く

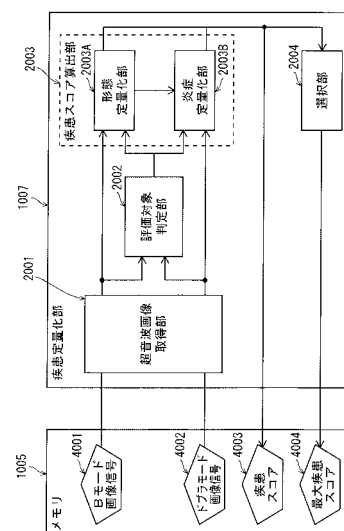
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、超音波画像処理方法およびコンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体

(57) 【要約】

【課題】超音波診断装置を用いたリウマチ診断において、評価結果の検者依存性を低減可能な超音波診断装置を提供する。

【解決手段】超音波診断装置 1 1 0 0 は、複数フレームの超音波画像信号を取得する超音波画像取得部 2 0 0 1 と、複数フレームの超音波画像信号を解析して各フレーム中に関節部位を示す対象画像部分が含まれるか否かを判定する評価対象判定部 2 0 0 2 と、評価対象フレームの超音波画像信号における対象画像部分の超音波画像信号から疾患の程度を数値量化した疾患スコアを算出する疾患スコア算出部 2 0 0 3 と、算出された疾患スコアに対して、所定の数値処理に基づき 1 以上の疾患スコアを選択する選択部 2 0 0 4 と、選択された疾患スコア及び当該疾患スコアに対応するフレームの超音波画像とを表示器 1 0 0 8 に表示させる表示制御部 1 0 0 6 とを備えた。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波プローブを介して被検体から取得された複数フレームの超音波画像信号から 1 以上の超音波画像信号のフレームを選択して表示器に表示する超音波診断装置であって、制御回路を備え、

当該制御回路は、前記複数フレームの超音波画像信号を取得する超音波画像取得部と、前記複数フレームの超音波画像信号を解析して各フレーム中に関節部位を示す対象画像部分が含まれときに、その超音波画像信号のフレームは評価対象フレームであると判定する評価対象判定部と、

前記評価対象フレームの超音波画像信号における前記対象画像部分の信号から、疾患の程度を定量化した疾患スコアを前記評価対象フレーム毎に算出する疾患スコア算出部と、

前記算出された疾患スコアに対して、所定の数値処理に基づき 1 以上の疾患スコアを選択する選択部と、

前記選択された疾患スコア及び当該疾患スコアに対応するフレームの超音波画像を表示器に表示させる表示制御部と

を備えた超音波診断装置。

【請求項 2】

前記評価対象判定部は、さらに、

前記複数フレームの超音波画像信号から、当該信号を取得した際に前記超音波プローブによる前記被検体体表への圧迫が無く、かつ、前記超音波画像信号のフレームにおけるドプラ信号がモーションノイズに起因したものでないことを検出したときに前記超音波画像信号のフレームは評価対象フレームであると判定する

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記選択部における所定の数値処理は、算出された前記疾患スコアのうち、(a) 疾患が最も進行した状態を示す疾患スコアの最大値、(b) 疾患の程度が平均的である状態を示す疾患スコアの平均値、又は、(c) 疾患の程度が中間的である状態を示す疾患スコアの中央値、から選択される少なくとも 1 の数値と同一の疾患スコア、又は当該数値に最も近い疾患スコアを選択する処理である

請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記超音波画像信号は、B モード画像信号及びドプラモード画像信号を含む

請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 5】

前記疾患はリウマチである

請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記超音波プローブと、前記超音波プローブの傾斜角度を算出する角度検出部をさらに備え、前記表示制御部は、前記疾患スコア及び当該疾患スコアに対応する超音波画像信号のフレームが取得されたときの前記超音波プローブの傾斜角度を前記表示器に表示させる

請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

さらに、前記複数フレームの超音波画像信号が保存される記憶装置を備え、

前記選択部は、前記選択した疾患スコアを前記記憶装置に保存する

請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

前記対象画像部分の超音波画像信号は、関節腔を示す画像部分の B モード画像信号であり、

前記疾患スコア算出部は、関節腔を示す画像部分の大きさを GS_x 、関節腔を示す画像部分の平均輝度を GS_y 、骨びらの程度を GS_z 、 gs_a 、 gs_b 、 gs_c を定数とし

10

20

30

40

50

たとき、〔数 3〕で示される GS を算出する

請求項 4 に記載の超音波診断装置。

【数 3】

$$GS = gsa \cdot GSx + gsb \cdot GSy + gsc \cdot GSz$$

【請求項 9】

前記対象画像部分の超音波画像信号は、関節腔を示す画像部分の B モード画像信号及び
ドプラモード画像信号であり、

10

前記疾患スコア算出部は、関節腔を示す画像部分の一部又は全部を占める関心領域の面積を PDy 、前記関心領域に含まれる画素中ドプラ信号が検出される画素の占める面積を PDx としたとき〔数 4〕で示される PD を算出する

請求項 4 に記載の超音波診断装置。

【数 4】

$$PD = \frac{PDx}{PDy}$$

【請求項 10】

20

前記 PDy は固定値である

請求項 9 に記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

前記記憶装置には過去に算出された疾患スコア及び前記所定の数値処理に基づく選択基準が保存されており、

前記選択部は、前記過去の疾患スコアを参照して前記選択基準を決定する

請求項 7 に記載の超音波診断装置。

【請求項 12】

超音波プローブを介して被検体から取得された複数フレームの超音波画像信号から 1 以上の超音波画像信号のフレームを選択して表示器に表示させる超音波画像処理方法であって、

30

前記複数フレームの超音波画像信号が保存された記憶装置から前記複数フレームの超音波画像信号を読み出すステップと、

前記複数フレームの超音波画像信号を解析して各フレーム中に関節部位を示す対象画像部分が含まれときに、その超音波画像信号のフレームは評価対象フレームであると判定する判定ステップと、

前記評価対象フレームの超音波画像信号における前記対象画像部分の信号から、リウマチの程度を定量化した疾患スコアを算出するステップと、

前記算出された疾患スコアに対して、所定の数値処理に基づき 1 以上の疾患スコアを選択する選択ステップと、

40

前記選択された疾患スコア及び当該疾患スコアに対応するフレームの超音波画像を表示器に表示させるステップと

を有する超音波画像処理方法。

【請求項 13】

前記判定ステップでは、さらに、

前記複数フレームの超音波画像信号から、当該信号を取得した際に、前記超音波プローブによる前記被検体体表への圧迫が無く、かつ、前記超音波画像信号のフレームにおけるドプラ信号がモーションノイズに起因したものでないことを検出したときに前記超音波画像信号のフレームは評価対象フレームであると判定する

請求項 12 に記載の超音波画像処理方法。

50

【請求項 14】

前記選択判定ステップにおける所定の数値処理は、算出された前記疾患スコアのうち、
 (a) 疾患が最も進行した状態を示す疾患スコアの最大値、(b) 疾患の程度が平均的である状態を示す疾患スコアの平均値、又は、(c) 疾患の程度が中間的である状態を示す疾患スコアの中央値、から選択される少なくとも 1 の数値と同一の疾患スコア、又は当該数値に最も近い疾患スコアを選択する処理である

請求項 12 記載の超音波画像処理方法。

【請求項 15】

前記超音波画像信号のフレームは、B モード画像信号及びドプラモード画像信号を含む
 請求項 12 から 14 の何れか 1 項に記載の超音波画像処理方法。

10

【請求項 16】

前記対象画像部分の超音波画像信号は、関節腔を示す画像部分の B モード画像信号であり、

前記疾患スコア算出部は、関節腔を示す画像部分の大きさを GS_x 、関節腔を示す画像部分の平均輝度を GS_y 、骨びらの程度を GS_z 、 gs_a 、 gs_b 、 gs_c を定数としたとき、[数 3] で示される GS を算出する

請求項 15 に記載の超音波画像処理方法。

【数 3】

$$GS = gsa \cdot GS_x + gsb \cdot GS_y + gsc \cdot GS_z$$

20

【請求項 17】

前記対象画像部分の超音波画像信号は、関節腔を示す画像部分の B モード画像信号及びドプラモード画像信号であり、

前記疾患スコア算出部は、関節腔を示す画像部分の一部又は全部を占める関心領域の面積を PD_y 、前記関心領域に含まれる画素中ドプラ信号が検出される画素の占める面積を PD_x としたとき [数 4] で示される PD を算出する

請求項 15 に記載の超音波画像処理方法。

【数 4】

30

$$PD = \frac{PD_x}{PD_y}$$

【請求項 18】

請求項 12 から 17 の何れか 1 項に記載の超音波画像処理方法をコンピュータに実行させるプログラムが記録されたコンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本開示は、超音波画像処理方法の技術分野に属し、特にリウマチ疾患の程度を定量化する超音波画像処理方法及びそれを用いた超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、心臓、腹部、胎児などの診断、観察に古くから用いられてきた。近年、超音波診断装置の分解能が向上し、体表面に近い部位の観察も可能となってきた。それに伴い、整形領域でも超音波診断装置が用いられるようになり、骨、腱、筋肉等の観察や、リウマチ診断における関節部分の炎症の評価などが、超音波診断装置を用いて行われている。

50

【0003】

リウマチの炎症の評価は、Bモード画像とドプラモード画像を用いて行う（例えば、非特許文献1参照）。具体的には、Bモード画像を用いて関節腔の厚さ、骨びらんと関節液貯留の有無を観察し、ドプラモード画像を用いて新生血管の有無を観察する。

臨床研究においては、炎症の程度を定量化する手法が注目されており、例えば、主観に基づいて4段階に分類する半定量評価法、矩形内のドプラ信号をカウントするBOX法、骨を2辺とする三角形内のドプラ信号をカウントするトレース法等が提案されている。このような疾患の程度の定量化は、治療効果の判定に有用である。

【先行技術文献】

【非特許文献】

10

【0004】

【非特許文献1】小池隆夫、「超音波検査法を用いた関節リウマチの新しい診療」、P40-43、メディカルレビュー社、2010年3月10日

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、被検体におけるどの断面から超音波画像を取得して評価を行うかにより、異なる評価結果が得られる。そのため、評価結果が検査者の手技や主観に依存するという課題があった。

本開示は、上記課題を解決するものであり、評価結果の検者依存性を低減する超音波診断装置、超音波画像処理方法およびコンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するために、本開示の一態様に係る超音波診断装置は、超音波プローブを介して被検体から取得された複数フレームの超音波画像信号から1以上の超音波画像信号のフレームを選択して表示器に表示する超音波診断装置であって、制御回路を備え、当該制御回路は、前記複数フレームの超音波画像信号を取得する超音波画像取得部と、前記複数フレームの超音波画像信号を解析して各フレーム中に関節部位を示す対象画像部分が含まれときに、その超音波画像信号のフレームは評価対象フレームであると判定する評価対象判定部と、前記評価対象フレームの超音波画像信号における前記対象画像部分の超音波画像信号から、疾患の程度を定量化した疾患スコアを前記評価対象フレーム毎に算出する疾患スコア算出部と、前記算出された疾患スコアに対して、所定の数値処理に基づき1以上の疾患スコアを選択する選択部と、前記選択された疾患スコア及び当該疾患スコアに対応するフレームの超音波画像を表示器に表示させる表示制御部とを備えたことを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0007】

本開示によれば、上記構成により、多方向から得た超音波画像の中で、所定の数値処理に基づき選択された断面の超音波画像により疾患の程度を評価することができる。そのため、適切な手技の下で得た超音波画像を選択して疾患の程度を客観的に評価することができ、疾患評価における評価結果の検者依存性を低減できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】超音波診断装置1100を含む超音波診断システム1000の外観図である。

【図2】超音波診断装置1100の内部構成を示すブロック図である。

【図3】超音波診断装置1100における疾患定量化部1007のブロック図である。

【図4】超音波診断装置1100における評価対象判定部2002のブロック図である。

【図5】手指関節のリウマチ検査をしている状態を示す模式図である。

【図6】超音波診断装置1100における疾患スコア算出処理のフローチャートである。

50

【図 7】手指関節を測定対象として撮像した超音波画像を示す模式図である。

【図 8】超音波診断装置 1100 における関節検出処理の動作を示すフローチャートである。

【図 9】(a)、(b)は、関節探索処理に用いる関節検出窓を示す模式図である。

【図 10】実施の形態に係る超音波診断装置 1100 に係る関節探索処理における動作説明図である。

【図 11】超音波診断装置 1100 におけるテンプレートマッチング法による関節検出処理の詳細を示すフローチャートである。

【図 12】機械学習を用いる関節探索器の一例を示す模式図である。

【図 13】超音波診断装置 1100 におけるモーションノイズ検出のフローチャートである。

10

【図 14】(a)、(b)は、フレームの B モード画像信号中のモーションノイズが発生した状態の一例を示す模式図である。

【図 15】体表圧迫度検出の処理を説明する図である。

【図 16】超音波診断装置 1100 における体表圧迫検出処理のフローチャートである。

【図 17】超音波診断装置 1100 における疾患スコア算出処理のフローチャートである。

【図 18】骨を示す画像部分 1、2 を検出する処理を説明した模式図である。

【図 19】関節包の境界を示す画像部分 5 を検出する処理を説明した模式図である。

【図 20】骨びらん 7 の程度を検出する処理を説明した模式図である。

20

【図 21】正常な骨表面の境界におけるフィッティングの一例を示した模式図である。

【図 22】骨びらんの骨表面の境界におけるフィッティングの一例を示した模式図である。

【図 23】検査順序を登録するための操作入力画面である。

【図 24】計測開始前の表示画面である。

【図 25】計測中の表示画面である。

【図 26】画像中に関節部位が含まれていない警告メッセージを示す表示画面である。

【図 27】ドプラモード画像にモーションノイズによるものである警告メッセージを示す表示画面である。

【図 28】超音波プローブが被検体体表を圧迫している警告メッセージを示す表示画面である。

30

【図 29】計測した疾患スコアを示す表示画面である。

【図 30】計測完了を示す表示画面である。

【図 31】修正操作中の表示画面である。

【図 32】修正後の表示画面である。

【図 33】各手指関節における検査結果を示した表示画面である。

【図 34】手指関節における複数フレームの超音波画像から算出した疾患スコアを示した検査結果を示す表示画面である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

40

《実施の形態》

＜構成について＞

以下、実施の形態に係る超音波診断装置 1100、超音波画像処理方法、超音波診断装置 1100 を含む超音波診断システム 1000 について、図面を参照しながら説明する。

1. 超音波診断システム 1000 の全体構成

実施の形態に係る超音波診断装置 1100 の概略構成を説明する。図 1 は、超音波診断装置 1100 を含む超音波診断システム 1000 の外観図である。超音波診断システム 1000 は、超音波診断装置 1100、超音波プローブ 1001、表示器 1008、操作ユニット 1009 から構成される。以下、超音波診断システム 1000 を構成する各装置について説明する。

50

【0010】

(1) 超音波プローブ1001

超音波プローブ1001は、超音波送受信部1002で生成された送信波を被検体内に向けて送信し、被検体内で反射された反射超音波を受信する。超音波プローブ1001で受信された反射超音波は、エコー信号として超音波送受信部1002へ出力される。

超音波プローブ1001は、例えば、1次元方向（以下、「振動子配列方向」とする）に配列された複数の圧電素子（不図示）からなる振動素子列を有し、後述の超音波送受信部1002から供給されたパルス状の電気信号（以下、「送信超音波信号」とする）をパルス状の超音波に変換する。このとき、超音波プローブ1001は、振動素子側外表面を被検体の皮膚表面に接触させた状態で、複数の振動素子から発せられる超音波から構成される超音波ビームを測定対象に向けて送信する。そして、超音波プローブ1001は、被検体からの複数の反射超音波を受信し、複数の振動素子によりこれら反射超音波をそれぞれ電気信号（以下、「受信超音波信号」とする）に変換し、受信超音波信号を超音波送受信部1002に出力する。

10

【0011】

このような超音波プローブ1001を介して振動素子列と相対する被検体の所定領域に向けて超音波ビームを送信し、被検体から反射される反射超音波を受信する超音波走査を行うことにより、振動素子列方向とこの振動素子列方向に垂直な深さ方向から構成される断面における超音波画像を取得することができる。1回の超音波走査により取得された超音波画像の単位をフレームとし、1枚の断層画像を構築するために必要な1つのまとまった信号の単位としてあらわす。この超音波走査を繰り返すことにより、複数フレームの超音波画像を取得することができる。

20

【0012】

(2) 表示器1008

表示器1008は、いわゆる画像表示用の表示装置であって、後述する表示制御部からの画像出力を表示画面に表示する。表示器1008には、液晶ディスプレイ、CRT、有機ELディスプレイ等を用いることができる。

(3) 操作ユニット1009

操作ユニット1009は、入力デバイスであり、操作者からの超音波診断装置1100に対する各種設定・操作等の各種操作入力を受け付け、制御回路1010に出力する。操作者より入力される情報は、患者名、検査日時、画面の再生・停止、保存、画質調整、等である。これら入力情報は、メモリ1005に記憶される。

30

【0013】

操作ユニット1009は、例えば、具体的には、キーボード、トラックボール、タッチパネルに相当する。タッチパネルである場合には、表示器1008と一体として構成されていてもよい。この場合、表示器1008に表示された操作キーに対してタッチ操作やドラッグ操作を行うことで超音波診断装置1100の各種設定・操作を行うことができ、超音波診断装置1100がこのタッチパネルにより操作可能に構成される。

【0014】

また、操作ユニット1009は、各種操作用のキーを有するキーボードや、各種操作用のボタン、レバー等を有する操作パネルであってもよい。また、操作ユニット1009は、表示器1008に表示されるカーソル表示を動かすためのトラックボール、マウス等であってもよい。または、これらを複数用いてもよく、これらを複数組合せた構成のものであってもよい。

40

【0015】

(4) 超音波診断装置1100

超音波診断装置1100は、超音波プローブ1001を介して超音波診断のための超音波信号送受信と、受信した反射超音波信号の画像化を行う。超音波診断装置1100の内部構成について説明する。図2は、超音波診断装置1100の内部構成を示す機能ブロック図である。超音波診断装置1100に、超音波プローブ1001、表示器1008、操

50

作ユニット１００９が接続された状態を示している。

【００１６】

図２に示すように、超音波診断装置１１００は、超音波送受信部１００２、Ｂモード処理部１００３、ドプラモード処理部１００４、メモリ１００５、表示制御部１００６、疾患定量化部１００７を備えた制御回路１０１０から構成される。超音波送受信部１００２、Ｂモード処理部１００３、ドプラモード処理部１００４、表示制御部１００６、疾患定量化部１００７は、それぞれ、例えば、ＦＰＧＡ（Ｆｉｅｌｄ　Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　Ｇａｔｅ　Ａｒｒａｙ）、ＡＳＩＣ（Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎ　Ｓｐｅｃｉｆｉｃ　Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ　Ｃｉｒｃｕｉｔ）などのハードウェア回路により実現される。あるいは、ＣＰＵ（[HYPERLINK "javascript:void\(0\);"](#)　Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）やＧＰＵ（[Graphics](#)　[HYPERLINK "javascript:void\(0\);"](#)　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）やプロセッサなどのプログラマブルデバイスとソフトウェアにより実現される構成であってもよい。これらの構成要素は一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。また、複数の構成要素を組合せて一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。

10

【００１７】

超音波送受信部１００２には超音波プローブ１００１が、表示制御部１００６には表示器１００８が各々接続可能に構成されている。また、制御回路１０１０には操作者からの入力を受け付ける操作ユニット１００９が接続可能に構成されている。

20

以上が超音波診断システム１０００を構成する各装置についての説明である。

２．超音波診断装置１１００の各部構成

次に、超音波診断装置１１００に含まれる各要素の構成について説明する。

【００１８】

（１）超音波送受信部１００２

超音波送受信部１００２は、超音波プローブ１００１と接続される。超音波送受信部１００２は、超音波プローブ１００１に対して超音波ビームを送信させるためのパルス状の送信超音波信号を供給する送信処理を行う。具体的には、超音波送受信部１００２は、例えば、クロック発生回路、パルス発生回路、遅延回路を備えている。クロック発生回路は、超音波ビームの送信タイミングを決定するクロック信号を発生させる回路である。パルス発生回路は、各振動素子を駆動するパルス信号を発生させるための回路である。遅延回路は、超音波ビームの送信タイミングを各振動素子毎に遅延時間を設定し、遅延時間だけ超音波ビームの送信を遅延させて超音波ビームのフォーカシングやステアリングを行うための回路である。

30

【００１９】

また、超音波送受信部１００２は、超音波プローブ１００１より入力されたエコー信号に基づき超音波走査の順にビームフォーミングを行い、Ｂモード処理部１００３及びドプラモード処理部１００４へ音響線信号を出力する受信処理を行う。

なお、ビームフォーミングでは、超音波プローブ１００１から取得した受信超音波信号を増幅した後ＡＤ変換したＲＦ信号を整相加算して深さ方向に連なった音響線信号を生成する。ここで、ＲＦ信号とは、例えば、振動素子配列方向と超音波の送信方向であって振動素子配列と垂直な方向からなる複数の信号からなり、各信号は反射超音波の振幅から変換された電気信号をＡ／Ｄ変換したデジタル信号である。音響線信号とは、整相加算処理後のＲＦ信号を構成する深さ方向に連続したデータのことである。

40

【００２０】

超音波送受信部１００２は、送信処理および受信処理を繰り返し連続して行う。

（２）Ｂモード処理部１００３

Ｂモード処理部１００３では、超音波送受信部１００２より入力された音響線信号に基づきＢモード画像信号を生成する。生成されたＢモード画像信号はメモリ１００５で一時的に記憶される。

50

【0021】

具体的には、Bモード処理部1003は、音響線信号に対して包絡線検波、対数圧縮などの処理を実施してその強度に対応した輝度信号へと変換し、その輝度信号を直交座標系に座標変換を施すことで、Bモード画像信号を生成する。Bモード処理部1003はこの処理をフレーム毎に逐次行い、生成されたフレームBモード画像信号は超音波走査が行われる毎にメモリ1005に出力される。また、後述するように、Bモード画像信号は表示制御部1006へ供給され、表示器1008に表示される。

【0022】

(3) ドプラモード処理部1004

ドプラモード処理部1004では、超音波送受信部1002から入力された音響線信号に対して自己相関演算を施して、生体内の血流の時間変化を表示するドプラ信号のソースデータとなるドプラ成分を抽出する。そして、平均速度や分散、パワー等の血流情報の強度をカラーで表現するドプラモード画像信号を生成する。

【0023】

具体的には、ドプラモード処理部1004は、音響線信号に対する自己相関演算を行い、流速に変換した後、血流成分を示す速度成分をフィルタリングにより抽出する。さらに、フィルタリングされた血流成分の平均速度、分散及びパワーを算出しドプラモード画像信号を生成する。生成されたドプラモード画像信号は、超音波走査が行われる毎にメモリ1005に出力される。また、後述するように、ドプラモード画像信号は表示制御部1006へ供給され、表示器1008に表示される。

【0024】

(4) メモリ1005

メモリ1005は、生成されたフレームBモード画像信号及びドプラモード画像信号を入力として、超音波走査が行われる毎に一時的に記憶する記憶装置である。また、後述する疾患定量化部1007により算出される疾患スコアを記憶する。メモリ1005は、半導体メモリを使ったDRAM(Dynamic Random Access Memory)、SRAM(Static Random Access Memory)等を含むRAMより構成される。また、ハードディスクドライブ、光ディスクドライブ、磁気記憶装置、等により実現される構成であってもよい。なお、本明細書においては、Bモード画像信号及びドプラモード画像信号が超音波画像信号を構成するものとする。

【0025】

(5) 疾患定量化部1007

疾患定量化部1007は、メモリ1005に記憶されているBモード画像信号とドプラモード画像信号を解析して、リウマチ疾患の程度を定量化する。定量化の方法については後述する。定量化された結果は、超音波画像信号のフレーム毎にメモリ1005に記憶される。

【0026】

(6) 表示制御部1006

表示制御部1006は、メモリ1005に記憶されているBモード画像信号やドプラモード画像信号に基づき表示画面を作成し、検査者名、患者名、時間情報、超音波診断装置の設定情報、疾患定量化部1007で算出したスコアなどを表示画面に重畳して、外部接続される表示器1008に表示する。なお、超音波診断装置1100は、必要に応じて、超音波プローブ1001、操作ユニット1009、表示器1008の一部又は全部を含めた構成としてもよい。

【0027】

3. 疾患定量化部1007の詳細構成

次に、疾患定量化部1007の詳細構成について、図面を参照しながら説明する。図3は、疾患定量化部1007のブロック図である。

疾患定量化部1007は、超音波画像取得部2001、評価対象判定部2002、疾患スコア算出部2003、選択部2004から構成される。疾患スコア算出部2003は、

形態定量化部 2003A 及び炎症定量化部 2003B から構成される。疾患定量化部 1007 は、メモリ 1005 に記憶されている B モード画像信号 4001 及びドプラモード画像信号 4002 を入力とし、疾患の程度を示す疾患スコア 4003、疾患スコア 4003 の、例えば最大値である最大疾患スコア 4004 をメモリ 1005 に出力する。

【0028】

(1) 超音波画像取得部 2001

超音波画像取得部 2001 は、メモリ 1005 に記憶されている複数フレームの B モード画像信号 4001 及びドプラモード画像信号 4002 からフレーム毎に B モード画像信号 4001 及びドプラモード画像信号 4002 を読み出す。

(2) 評価対象判定部 2002

評価対象判定部 2002 は、超音波画像取得部 2001 から出力される B モード画像信号 4001 とドプラモード画像信号 4002 を入力とし両画像を解析して、操作者による適切な手技の下で取得された超音波画像であるか否かを判定し、判定結果を形態定量化部 2003A 及び炎症定量化部 2003B へ出力する。

【0029】

次に、評価対象判定部 2002 の詳細構成について、図面を参照しながら説明する。図 4 は、評価対象判定部 2002 のブロック図である。図 4 に示すように、評価対象判定部 2002 は、関節検出部 3001、圧迫検出部 3002、モーションノイズ検出部 3003、手技判定部 3004 から構成される。

i) 関節検出部 3001

関節検出部 3001 は、超音波画像取得部 2001 から出力される B モード画像信号 4001 を入力とし、超音波画像信号のフレーム毎に超音波画像信号中に関節部位を示す対象画像部分が含まれるか否かを判定する。判定結果は、〔関節有り〕〔関節無し〕のいずれかであり、手技判定部 3004 へ出力される。判定方法については後述する。

【0030】

ii) 圧迫検出部 3002

圧迫検出部 3002 は、超音波画像取得部 2001 から出力される B モード画像信号 4001 を入力とし、超音波画像信号のフレームは超音波プローブによる被検体の体表への圧迫が無い状態で取得されているか否かを画像から判定する。判定結果は、〔圧迫有り〕〔圧迫無し〕のいずれかであり、手技判定部 3004 へ出力される。判定方法については後述する。

【0031】

iii) モーションノイズ検出部 3003

モーションノイズ検出部 3003 は、超音波画像取得部 2001 から出力される B モード画像信号 4001 及びドプラモード画像信号 4002 を入力とし、超音波画像信号のフレームにおけるドプラモード画像信号 4002 がモーションノイズに起因したものであるか否かを判定する。判定結果は、〔モーションノイズ有り〕〔モーションノイズ無し〕のいずれかであり、手技判定部 3004 へ出力される。判定方法については後述する。

【0032】

iv) 手技判定部 3004

手技判定部 3004 は、関節検出部 3001、圧迫検出部 3002、モーションノイズ検出部 3003、それぞれの判定結果を入力とする。そして、判定結果が〔関節包有り〕であるときに、適切な手技の下で得られた画像と判定する。あるいは、判定結果が〔関節包有り〕であって、さらに、〔圧迫無し〕又は〔モーションノイズ無し〕の少なくとも 1 又は両方を満たすときに適切な手技の下で得られた画像と判定してもよい。このとき、手技判定部 3004 は、形態定量化部 2003A と炎症定量化部 2003B に対して〔定量化実行〕を出力する。それ以外の場合は〔定量化中止〕を出力する。

【0033】

(3) 形態定量化部 2003A

図 3 に戻り、疾患スコア算出部 2003 の構成について説明する。上述のとおり疾患ス

10

20

30

40

50

コア算出部 2003 は、形態定量化部 2003A 及び炎症定量化部 2003B から構成される。

先ず、形態定量化部 2003A の構成について説明する。形態定量化部 2003A は、超音波画像取得部 2001 から出力される B モード画像信号 4001 と、評価対象判定部 2002 の判定結果を入力とする。判定結果が「定量化中止」の場合は、形態定量化部 2003A は定量化を実施せず疾患スコアを無効にする。一方、判定結果が「定量化実行」である場合は、B モード画像信号 4001 中の関節腔を示す画像部分の大きさや骨を示す画像部分の輝度パターンに基づき疾患スコアを算出する。形態定量化部 2003A により算出された疾患スコアは腫張スコア (GS) と称呼する。腫張スコアはメモリ 1005 に記憶される。腫張スコアの算出方法については後述する。

10

【0034】

(4) 炎症定量化部 2003B

次に、炎症定量化部 2003B の構成について説明する。炎症定量化部 2003B は、超音波画像取得部 2001 から出力されるドプラモード画像信号 4002 と、評価対象判定部 2002 の判定結果、形態定量化部 2003A からの関節腔を示す情報を入力とする。判定結果が「定量化中止」の場合は、炎症定量化部 2003B は定量化を実施せず疾患スコアを無効にする。一方、判定結果が「定量化実行」である場合は、ドプラモード画像信号 4002 中の関節包を示す画像部分 5 と骨表面との間に位置する関節腔を示す画像部分 6 におけるドプラ信号が検出された画像領域の大きさから疾患スコアを算出する。炎症定量化部 2003B により算出された疾患スコアは炎症スコア (PD) と称呼する。炎症スコアはメモリ 1005 に記憶される。炎症スコアの算出方法については後述する。

20

【0035】

(5) 選択部 2004

選択部 2004 は、形態定量化部 2003A と炎症定量化部 2003B で算出されメモリ 1005 に記憶された疾患スコア (腫張スコア、炎症スコア) を入力とする。そして、所定の数値処理に基づき最適な 1 以上の疾患スコアを選択する。例えば、複数フレームにおける疾患スコアの最大値を最適な疾患スコアとして選択してもよい。または、複数フレームにおける疾患スコアの中央値、平均値を選択する構成としてもよい。選択された 1 以上の最適な疾患スコアは、メモリ 1005 に出力され記憶される。

【0036】

また、複数フレームにおける疾患スコアの最大値を最適な疾患スコアとして選択する場合には、選択部 2004 が形態定量化部 2003A と炎症定量化部 2003B にて算出される炎症スコアを入力して最大値を保持し、全フレームにおける疾患スコアが入力された後に保持されている最大値を最適な疾患スコアとしてメモリ 1005 に出力する構成としてもよい。

30

【0037】

<動作について>

1. 超音波診断装置 1100 の動作

次に、リウマチ検査を行う場合の超音波診断装置 1100 の動作について、手指関節の例を用いて説明する。手指関節のリウマチ検査では、全ての手指関節から選択される関節に対して検査を行う。1 つの関節に対する検査では、関節内の異なる複数の断面において超音波検査を行う。

40

【0038】

図 5 は、超音波診断装置 1100 を用いて手指関節のリウマチ検査をしている状態を示す模式図である。図 5 に示すように、超音波プローブ 1001 を、振動素子列が指の長手方向と平行な状態で手指関節に沿って配置する。その状態で、指を回転軸として超音波プローブ 1001 を rt1、rt2 のように回転させることにより、関節部位に対する傾斜角度を異ならせた状態で複数回の超音波走査を行い、1 つの手指関節について複数枚の超音波画像を撮像する。そして、取得した複数枚の超音波画像に基づき 1 つの手指関節に対するリウマチ疾患の検査を行う。

50

【0039】

(1) 疾患スコア算出処理の概要

図6は、実施の形態に係る超音波診断装置1100における疾患スコア算出処理のフローチャートである。

i) 評価対象画像の判定

ステップS1000において、超音波画像取得部2001は、メモリ1005に記憶されている複数フレームのBモード画像信号4001及びドプラモード画像信号4002からフレーム毎にBモード画像信号4001及びドプラモード画像信号4002を読み出す。

【0040】

次に、ステップS1001において、関節検出部3001は、Bモード画像信号4001を入力とし、超音波画像信号のフレーム毎に超音波画像信号中に関節部位を示す対象画像部分が含まれるか否かを判定する。関節部位を示す対象画像部分が含まれる場合は、次のステップに進み、それ以外の場合にはステップS1006に進む。

次に、ステップS1002において、モーションノイズ検出部3003は、1フレームの超音波画像におけるドプラモード画像信号4002がモーションノイズに起因したものであるか否かを判定する。ドプラモード画像信号4002がモーションノイズに起因したものでない場合には、次のステップに進み、それ以外の場合にはステップS1006に進む。

【0041】

次に、ステップS1003において、圧迫検出部3002は、超音波プローブ1001が被検体の体表を圧迫していないかを判定する。超音波プローブ1001が被検体の体表を圧迫していない場合には、次のステップに進み、それ以外の場合にはステップS1006に進む。

すなわち、手技判定部3004は、図6のステップS1001の判定結果が「関節有り」、ステップS1002の判定結果が「モーションノイズ無し」、ステップS1003の判定結果が「圧迫無し」の場合に、対象フレームの画像は適切な手技の下で得られた画像であると判定し、「定量化実行」を形態定量化部2003Aと炎症定量化部2003Bへ出力する。

【0042】

ii) 疾患スコアの算出

ステップS1004では、疾患スコア算出部2003が疾患スコアを算出する。形態定量化部2003Aは、腫張スコアをメモリ1005に出力しメモリ1005はこれを記憶する。炎症定量化部2003Bは、炎症スコアをメモリ1005に出力しメモリ1005はこれを記憶する。

【0043】

iii) 疾患スコアの選択

ステップS1005において、選択部2004は、メモリ1005に記憶された疾患スコア（腫張スコア、炎症スコア）を入力とし、所定の数値処理に基づき1以上の最適な疾患スコアを選択する。

【0044】

検査対象である手指関節についてのステップS1000～S1005の処理の実施が2回目以降である場合には、選択部2004は、既に検査が行われメモリ1005に記憶されている複数フレームの超音波画像信号から取得された複数の疾患スコアから、所定の数値処理に基づき最適な疾患スコアを選択する。

これにより、検査を行う時の検査者の手技や主観に依存せず、所定の数値処理に基づき選択された最適な疾患スコアとその算出のもとになった、最適な疾患スコアに対応する超音波画像信号のフレームに基づき、疾患の程度を評価することができる。

【0045】

なお、対象の手指関節についてのステップS1000～S1005の処理が初めて行な

10

20

30

40

50

われる場合には、1フレームの超音波画像信号から取得された疾患スコアのみがメモリ1005に記憶されている。その場合には、選択部2004は、メモリ1005に記憶されている1の疾患スコアを選択する。

iv) 疾患スコア等の表示

ステップS1006において、表示制御部1006は、メモリ1005に記憶されている疾患スコアと、S1005において所定の数値処理に基づき選択された最適な疾患スコアとを用いて表示画面を作成し、外部接続される表示器1008に表示する。S1005において選択された疾患スコアと、その算出のもとになった超音波画像信号に基づき表示画面を作成し、外部接続される表示器1008に表示してもよい。

【0046】

10

v) 検査の終了

ステップS1007において、1つの手指関節に対する検査において全ての超音波画像のフレームについて評価を完了したか否かを判定する。全ての超音波画像のフレームについて評価を完了した場合には処理を終了する。さらに、評価を行う超音波画像のフレームがある場合には、S1001に戻る。

【0047】

以下、各ステップにおける超音波診断装置1100の動作について説明する。

(2) 関節検出の処理

関節検出部3001における処理について、図面を用いて説明する。

図7は、超音波診断装置1100を用いて手指関節を測定対象として撮像した超音波画像を示す模式図である。振動素子列を指の長手方向と平行に配置して手指関節を超音波走査して取得したBモード画像である。図7に示すように、Bモード画像には、指の関節部位が描画されており、骨を示す画像部分1、2、皮膚を示す画像部分3、腱を示す画像部分4、関節包を示す画像部分5が含まれている。骨や皮膚や腱は比較的固い組織であるため、骨を示す画像部分1、2と皮膚を示す画像部分3と腱を示す画像部分4は、超音波画像上で高輝度に描画される。超音波の大部分は骨表面で反射されるため、骨の内部は描画されず、骨表面の骨皮質に相当する部分のみが高輝度で描画される。関節腔を示す画像部分6は骨を示す画像部分1、2や、皮膚を示す画像部分3と比較すると低輝度に描画される。また滑膜や軟骨部分はほぼ輝度値を有さず表示されない。

20

【0048】

30

従って、関節を示す超音波画像で比較的高い輝度で描画される組織は、皮膚、腱、骨表面である。超音波診断装置の関節検出部3001は、Bモード画像信号から関節包を示す画像部分5、骨を示す画像部分1、2を検出して両者に囲まれた関節腔を示す画像部分6を特定する。そして、関節包を示す画像部分5、骨を示す画像部分1、2、関節腔を示す画像部分6からなる関節部位を示す画像部分を特定する。

【0049】

図8は、関節検出処理の動作を示すフローチャートである。

ここでは、関節検出部3001は、メモリ1005に記憶されている1フレームのBモード画像信号を超音波画像取得部2001を介して取得し、関節部位を示す画像の探索を行う。

40

先ず、ステップS2001では、関節検出部3001は、関節検出窓302毎に関節パターンらしさを示す評価値を算出して評価値が最大となる位置を探索する。評価値が最大となる関節検出窓302の位置の探索は以下のように行われる。

【0050】

図9(a)、(b)は、関節探索処理に用いる関節検出窓を示す模式図である。Bモード画像301中に、関節検出窓302が設定され、関節検出窓302はスキャンライン303の方向に移動させて、各位置における関節検出窓302内のBモード画像の部分について探索処理を行うことで、Bモード画像301全体の探索処理を行う。また、様々な大きさの関節を検出できるように、Bモード画像301に替えて、Bモード画像301を拡大または縮小したBモード画像304を作成して、Bモード画像304内に関節検出窓3

50

02によりスキャンしてもよい。

【0051】

図10は、超音波診断装置1100における関節探索処理における動作説明図である。図10に示すように、実施の形態に係る関節探索処理では、Bモード画像301上に関節検出窓302を設定し、関節の典型的な画像パターンを示すテンプレート305と比較して類似度（誤差値、相関値、等）を関節検出窓302内の画像部分の関節パターンらしさを示す評価値として算出するテンプレートマッチング法を用いる。テンプレート305には、例えば、関節の平均的な画像パターンを示すBモード画像を用いることができる。スキャンライン303の方向に関節検出窓302を移動させて、各位置における関節検出窓302内のBモード画像の部分について探索処理を行う。関節検出窓302がBモード画像301全体を掃引するよう関節検出窓302を移動させながらこの処理を繰り返し、評価値が最大となる位置での関節検出窓302内の画像部分を特定する。

10

【0052】

図11は、テンプレートマッチング法による関節検出処理の詳細を示すフローチャートであり、図8のステップS2001における処理の一例を示したものである。図10に示すように、Bモード画像301上の左上隅部に関節検出窓302を初期位置として設定する。関節の典型的な画像パターンを示すテンプレート305と関節検出窓302内のBモード画像部分との類似度を算出する（S20011）。類似度は、テンプレート305と関節検出窓302内のBモード画像部分との輝度情報の誤差値を画素毎に算出し、関節検出窓302に含まれる全画素において総和することにより算出する。あるいは、類似度は、

20

【0053】

そして、関節検出窓302が初期位置にある場合には算出した類似度を最大値とし、それ以外の場合には、算出した類似度が類似度の最大値とを比較する（S20012）。

算出した類似度が最大値よりも大きい場合には新たに算出した類似度を最大値とし関節検出窓302の位置を保存する（S20013）。それ以外の場合にはS20014に進む。

【0054】

次に、Bモード画像301上において関節検出窓302の位置をスキャンライン303で示すようにX方向又はY方向に微小量移動させて各位置における類似度を算出する。探索範囲はBモード画像301全体であり、Bモード画像301の全領域にて類似度の算出を完了した場合（S20015）には、S20013において保存していた関節検出窓302の位置を、類似度が最大である関節検出窓302の位置として特定する（S20016）。

30

【0055】

評価値は、上述のテンプレートマッチング法以外に、例えば、機械学習法により得られるHaar-Likeフィルタを用いた関節パターン／非関節パターンの識別器でもよい。図12は、機械学習法を用いる関節検出器の一例を示す模式図である。機械学習法を用いた関節探索処理では、関節部位の典型的な画像パターンを示すテンプレート305の代わりに、複数のHaar-Likeフィルタ306a～gから構成される関節検出器306を用いて、図11に示すフローと同様の処理を行う。各Haar-Likeフィルタ306a～gは、輝度変化を検出するフィルタであり、検出窓内におけるその位置・大きさ・輝度変化に対する感度・重みは、アダプストのような機械学習法により得ることができる。この各フィルタの出力値は、S20016において関節位置を特定するときに算出され、各フィルタの出力値と学習により得た重みとの線形結合和を類似度として算出する。

40

【0056】

図8に戻り、ステップS2002では、関節検出部3001は、評価値の最大値と閾値の大小を比較する。関節検出部3001は、評価値の最大値が、閾値以上であれば、〔関節有り〕と判定し（ステップS2003）、以下の場合には、〔関節無し〕と判定し（ステ

50

ップ S 2 0 0 4)、判定結果を手技判定部 3 0 0 4 に出力する。このとき、関節検出部 3 0 0 1 は、評価値が最大である関節検出窓 3 0 2 の位置を示す情報を手技判定部 3 0 0 4 に出力する。

【0057】

(3) モーションノイズ検出の処理

図 6 のステップ S 1 0 0 2 では、モーションノイズ検出部 3 0 0 3 は、1 フレームの超音波画像におけるドプラモード画像信号がモーションノイズに起因したものであるか否かを判定する。本明細書において、モーションノイズとは操作者が超音波プローブ 1 0 0 1 を大きく動かすことにより、血流とは異なる要因により生じるドプラ信号を指す。

【0058】

1 フレームのドプラモード画像信号にドプラ信号自体が現れていない場合は、「モーションノイズ無し」と判定する。

1 フレームの超音波画像にドプラ信号が現れている場合には、

1) フレームの B モード画像信号と直前フレームの B モード画像信号との間の画素毎の輝度変動値 (以後、「フレーム間輝度差分」とする)、

2) 1 フレームの B モード画像信号中のドプラ信号が現れている領域 (以後、「ドプラ信号検出領域」とする) の占める面積比、

3) 1 フレームの B モード画像信号内の高輝度領域中のドプラ信号検出領域の占める面積比、によりモーションノイズの存在の可能性を判定する。

【0059】

図 1 3 は、モーションノイズ検出のフローチャートである。

最初に、ステップ S 3 0 0 1 において、モーションノイズ検出部 3 0 0 3 は、フレームの B モード画像信号の前フレームの B モード画像信号との間の画素毎の輝度変動値を算出する。輝度変動値はフレーム間の相関値であり、操作者が超音波プローブを大きく動かすとフレーム間の相関値は低くなる。相関値の代わりに、画素値の誤差和を用いてもよい。

【0060】

次に、S 3 0 0 2 において、モーションノイズ検出部 3 0 0 3 は、1 フレームの B モード画像信号中のドプラ信号検出領域の占める面積比を算出する。具体的には、1 フレームのドプラモード画像信号中のドプラ信号が現れている画素数の全画素数に対する比率を算出する。

図 1 4 (a)、(b) は、フレームの B モード画像信号中のモーションノイズが発生した状態の一例を示す模式図である。図 1 4 (a) では、B モード画像 3 0 1 中の大きな範囲にドプラ信号検出領域 3 0 1 A が存在する。ドプラ信号は、血流速を示す信号であるが原理的に動きに捉える信号であり、操作者が超音波プローブ 1 0 0 1 を大きく動かすと、図 1 4 (a) に示す通りドプラ信号検出領域 3 0 1 A は B モード画像信号 3 0 1 全体の大きな範囲を占める。そこで、B モード画像 3 0 1 中ドプラ信号検出領域 3 0 1 A の面積比が大きい場合には、モーションノイズが発生しているとする。

【0061】

次に、S 3 0 0 3 において、モーションノイズ検出部 3 0 0 3 は、1 フレームの B モード画像信号内の高輝度領域中のドプラ信号検出領域の占める面積比を算出する。具体的には、1 フレームの B モード画像信号中の所定の輝度を示す画素が占める領域においてドプラ信号が現れている画素の比率を算出する。B モード画像において、高輝度の領域は被検体中の組織が硬い領域であり、骨等がこれに該当する。そのような領域では、血流が存在しない。そのため、図 1 4 (b) に示すように、B モード画像 3 0 1 中の高輝度の領域である骨を示す画像部分 1 にドプラ信号検出領域 3 0 1 A の一部が存在する場合には、モーションノイズが発生しているとする。

【0062】

次に、S 3 0 0 4 において、モーションノイズ検出部 3 0 0 3 は、モーションノイズ判定の評価値を算出して、閾値と大小を比較する。モーションノイズ判定評価値 p は、1) B モード画像信号におけるフレーム間輝度差分を Mx 、2) 1 フレームの B モード画像信

10

20

30

40

50

号中のドプラ信号検出領域の占める面積比を M_y 、3) 1フレームのBモード画像信号内の高輝度領域中のドプラ信号検出領域の占める面積比を M_z とし、 m_a 、 m_b 、 m_c を定数とすると、[数1]で与えられる。

【0063】

【数1】

$$p = m_a \cdot M_x + m_b \cdot M_y + m_c \cdot M_z$$

M_x 、 M_y 、 M_z はそれぞれの最大値と最小値を用いて、0～1に正規化してもよい。評価値 p が大きいほどモーションノイズの可能性が高い。モーションノイズ検出部3003はモーションノイズ判定評価値 p が閾値以上であれば、[モーションノイズ有り]と判定し、閾値以下であれば、[モーションノイズ無し]と判定し、判定結果を手技判定部3004に出力する。

【0064】

(4) 体表圧迫度検出の処理

図6のステップS1003では、圧迫検出部3002は、超音波プローブ1001が被検体の体表を圧迫していないかを判定する。超音波画像を取得する際に被検体の体表が超音波プローブ1001により圧迫されていると、被検体中の新生血管が圧迫され、超音波画像中において炎症反応が現れない可能性がある。そのため、被検体の体表が超音波プローブ1001により圧迫されている場合に取得した超音波画像は、リウマチ疾患の評価対象画像として適切でなく評価対象から除外する。

【0065】

ステップS1003における具体的な判定は、Bモード画像信号において、被検体の体表と超音波プローブ1001の表面との間に、所定の基準を満たす大きさの超音波ジェル媒体層を示す画像部分が存在するか否かに基づいて行う。

図15は、体表圧迫度検出の処理を説明する図である。Bモード画像301の上端縁部分に位置する超音波プローブ1001と被検体体表の皮膚を示す画像部分3との間に、超音波ジェル媒体層を示す画像部分7(斜線部)が存在するか否かを判定する。超音波ジェル媒体層を示す画像部分7は、ベタ黒を示す低輝度かつ低分散となることから、Bモード画像301の上端縁部分に低輝度かつ低分散領域が存在するか否かにより、超音波ジェル媒体層を示す画像部分7が存在するか否かを判定することができる。このため、図15に示すように、Bモード画像301の上端縁部分近傍における予め定められた範囲に矩形形状のジェル判定領域307を設定し、ジェル判定領域307内の画素の輝度の平均と分散を算出し閾値と比較する。上端縁に位置する矩形領域であるジェル判定領域307の範囲 Y_7 は、例えば、上端部から3～5ミリの範囲に設定することが好ましい。Bモード画像301の上端部には超音波プローブ1001内の超音波の多重反射により輝度を有する場合がある。上端部から3ミリ未満の範囲を除くことにより多重反射の影響を回避でき、超音波ジェル媒体層を示す画像部分7の存否をより正確に判定することができる。

【0066】

図16は、体表圧迫検出処理のフローチャートである。

ステップS4001において、圧迫検出部3002は、Bモード画像中のジェル判定領域307の輝度の平均値と分散を算出する。分散から、超音波ジェル媒体層の輝度分布が一樣であるという特徴を抽出する。

次に、ステップS4002において、ジェル判定の評価値を算出して閾値と比較する。ジェル判定領域307の輝度の平均値を G_x 、分散を G_y 、 g_a 、 g_b を定数とすると、ジェル判定評価値 q は[数2]で与えられる。

【0067】

10

20

30

40

【数 2】

$$q=ga \cdot Gx+gb \cdot Gy$$

評価値 q が小さいほど、超音波ジェル媒体層が存在する可能性が高い。圧迫検出部 3002 は、ジェル判定評価値 q が閾値以下であれば、一定の超音波ジェル媒体層が存在するため「圧迫無し」と判定する（ステップ S4003）。一方、閾値以上であれば、一定の超音波ジェル媒体層が存在しないため「圧迫有り」と判定し（ステップ S4004）、判定結果を手技判定部 3004 に出力する。

10

【0068】

（5）評価対象の判定について

手技判定部 3004 は、図 6 のステップ S1001 の判定結果が「関節有り」、ステップ S1002 の判定結果が「モーションノイズ無し」、ステップ S1003 の判定結果が「圧迫無し」の場合に、対象フレームの画像は適切な手技の下で得られた画像であると判定し、「定量化実行」を形態定量化部 2003A と炎症定量化部 2003B へ出力する。併せて、評価値が最大である関節検出窓 302 の位置を示す情報を形態定量化部 2003A と炎症定量化部 2003B に出力する。他方、ステップ S1001 の判定結果が「関節無し」、ステップ S1002 の判定結果が「モーションノイズ有り」、ステップ S1003 の判定結果が「圧迫有り」のいずれかの場合、手技判定部 3004 は、対象フレームの

20

【0069】

これにより、手技判定部 3004 は、対象フレームの超音波画像信号は適切な手技の下で得られた画像であるか否かをより正しく判定して疾患スコアを算出するための評価対象フレームの選択をより一層正確に行うことができる。

（6）腫張スコア（GS）の算出

図 6 のステップ S1004 では、疾患スコア算出部 2003 が疾患スコアを算出する。図 17 は、疾患スコア算出処理のフローチャートである。

【0070】

30

形態定量化部 2003A は、B モード画像の関節腔の大きさ・輝度・骨びらんの程度から疾患スコア（腫張スコア）を算出する。

i) 関節腔の大きさ・輝度の算出

最初に、形態定量化部 2003A は、評価値が最大である関節検出窓 302 の位置を示す情報に基づき関節部位を示す B モード画像 301 の部分を特定し（S5001）、関節検出窓 302 内の B モード画像の部分から骨を示す画像部分を検出する（S5002）。

【0071】

図 18 は、骨を示す画像部分 1、2 を検出する処理を説明した模式図である。上述のとおり、骨は比較的固い組織であるため、超音波画像上でも高輝度で描画される。超音波の大部分は骨表面で反射されるため、骨の内部は描画されず、骨表面の骨皮質に相当する部分のみが高輝度で描画される。

40

骨を示す画像部分 1、2 は、関節検出窓 302 の垂直中心位置 308 よりも下方の関節検出窓 302 内に存在する。そのため、関節検出窓 302 の垂直中心位置 308 よりも下方の領域 302A 内の B モード画像の部分を探査範囲とする。関節検出窓 302 の垂直中心位置 308 を始点として下方に向けた方向を探査方向 309（図中矢印方向）として、探査方向 309 の輝度変化を検出する（S5002）。検出輝度が低輝度から高輝度となる方向に探査処理を行うことにより境界の誤検出を低減することができる。B モード画像 301 中、骨を示す画像部分 1、2 は高輝度であるので、動的輪郭モデル（SNAKES）等を用いて、骨を示す画像部分 1、2 と周囲の画像部分との境界 1A、2A を検出することができる。このとき、図 18 に示すように、検出された輝度変化により示される境界

50

1 B、2 Bが探索方向309において急激に変化しており、かつ、探索方向309における境界位置の変化が探索方向309と垂直な方向において滑らかに変化している場合に、その境界1 B、2 Bは骨を示す画像部分1、2の境界1 A、2 Aであると特定することができる。

【0072】

次に、形態定量化部2003Aは、関節包の境界を示す画像部分を検出する。

図19は、関節包の境界を示す画像部分5を検出する処理を説明した模式図である。関節検出窓302内の骨を示す画像部分1、2の上方に、関節包を示す画像部分5が存在する。そのため、関節検出窓302中、骨を示す画像部分1、2よりも上方にある領域内のBモード画像の部分を探査範囲とする。ここでも、検出輝度が低輝度から高輝度となる方向に探索処理を行うことにより境界の誤検出を低減することができる。関節検出窓302の骨を示す画像部分1、2と周囲の画像部分との境界1 A、2 Aを始点として上方に向けた方向を探索方向309（図中矢印方向）として、探索方向309における輝度変化を検出する（S5003）。Bモード画像301中、関節包を示す画像部分5上部に位置する脂肪層や筋肉層を示す画像部分の輝度は関節腔を示す画像部分6よりも輝度が高く、動的輪郭モデル（SNAKES）等を用いて、関節包を示す画像部分5と関節腔を示す画像部分6との境界5 Aを検出することができる。このとき、図19に示すように、検出された境界5 Aが探索方向309において急激に変化しており、かつ、探索方向309における境界位置の変化が探索方向309と垂直な方向において滑らかに変化している場合に、その境界5 Aは関節包を示す画像部分5であると特定することができる。その他、輝度値の類似度に基づく領域拡張法等の画像処理により画像部分5を特定しても良い。

【0073】

次に、形態定量化部2003Aは、関節腔を示す画像部分6の大きさを算出する（S5004）。関節腔を示す画像部分6が大きい場合、疾患の程度が高いと評価することができる。関節腔を示す画像部分6の大きさは、骨の境界1 A、2 Aと関節包を示す画像部分5（5 A）との垂直方向の距離や面積として算出することができる。探索方向309と垂直な方向に沿った平均値及び最大値を算出する。

【0074】

次に、形態定量化部2003Aは、関節腔を示す画像部分6の平均輝度を算出する（S5005）。関節腔を示す画像部分6の平均輝度が低い場合、疾患の程度が高いと評価することができる。関節腔を示す画像部分6の平均輝度は、骨の境界1 A、2 Aと関節包を示す画像部分5（5 A）とに囲まれた関節腔を示す画像部分6に含まれる各画素が示す輝度を平均することにより算出することができる。関節腔を示す画像部分6とは、図19において、関節腔を示す画像部分6の外周縁6 Aに囲まれた範囲である。また、平均輝度に変えて関節腔を示す画像部分6における輝度の中央値を算出してもよい。

【0075】

ii) 骨びらんの程度の算出

次に、形態定量化部2003Aは、骨びらん7の程度を算出する（S5006）。骨びらん7の程度が高い場合、疾患の程度が高いと評価することができる。

図20は、骨びらん7の程度を検出する処理を説明した模式図である。骨びらん7の程度は、関節腔を示す画像部分6との間の骨1、2の境界1 A、2 Aの滑らかさにより評価することができる。具体的には、図20に示すように、境界1 A、2 A界の最深部から左右に分けて境界1 A、2 Aに沿った探索方向309にて探索処理を行うことにより評価する。滑らかさは、境界1 A、2 Aのフィッティング関数を算出してフィッティング誤差により評価する。

【0076】

図21は、正常な骨表面の境界におけるフィッティングの一例を示した模式図であり、図22は、骨びらんの骨表面の境界におけるフィッティングの一例を示した模式図である。骨境界を示す画像1 Aと、そのフィッティング曲線310の一例をそれぞれ示している。図22に示す骨びらんの骨表面の境界では、図21に示す正常な骨表面の境界に比べて

フィッティング誤差 310 A が大きくなり、フィッティング曲線 310 に沿ってフィッティング誤差 310 A を累積することにより骨びらの程度を評価することができる。尚、フィッティングに使う関数は任意であるが、骨びらの部分にフィットしないよう次数の選択を行うことが好ましい。

【0077】

また、骨境界に変えて、骨境界を一次微分又は二次微分して、その骨表面に沿った方向での変化を検出することにより骨表面の滑らかさを検出する構成としてもよい。骨表面の個体間の形状変化の影響を排除して、骨表面の滑らかさについて評価することができる。

iii) 腫張スコアの算出

次に、形態定量化部 2003 A は、疾患スコアの 1 つである腫張スコアを算出する (S5007)。腫張スコアは、関節腔を示す画像部分 6 の大きさを GSx、関節腔を示す画像部分 6 の輝度を GSy、骨びらの程度を GSz とし、gsa、gsb、gsc を定数とすると、[数 3] で与えられる。

【0078】

【数 3】

$$GS = gsa \cdot GSx + gsb \cdot GSy + gsc \cdot GSz$$

発明者らの検討によると、疾患の進行と高い関係性がある 3 パラメータ、GSx、GSy、GSz の線形結合した腫張スコア (GS) を用いることにより、疾患の程度をより正確に評価することができる。GSx、GSy、GSz は、それぞれの最大値と最小値を用いて、0~1 に正規化してもよい。そして、上述のとおり、形態定量化部 2003 A は、腫張スコアをメモリ 1005 に出力しメモリ 1005 はこれを記憶する (ステップ S1004)。形態定量化部 2003 A は、関節腔を示す画像部分 6 を示す位置情報を炎症定量化部 2003 B に出力する。

【0079】

上記構成により、評価対象フレームの B モード画像信号における対象画像部分の信号から、疾患の程度を定量化した疾患スコアを評価対象フレーム毎に算出することができ評価の客観性を向上できる。

(7) 炎症スコア (PD) の算出

図 17 において、炎症定量化部 2003 B は、形態定量化部 2003 A からの関節腔を示す画像部分 6 を示す位置情報を入力とし、ドプラモード画像信号に基づき疾患スコアの 1 つである炎症スコアを算出する (S5008)。

【0080】

S5005 において形態定量化部 2003 A が特定した関節腔を示す画像部分 6 の範囲に基づいて、炎症定量化部 2003 B は、関節腔を示す画像部分 6 を関心領域 (ROI: Region of Interest) として設定する。そして関心領域の占める面積 (PDy) を算出する。さらに、炎症定量化部 2003 B は、関心領域である関節腔を示す画像部分 6 に含まれる各画素においてドプラ信号が検出された画素の占める面積 (PDx) を算出する。画素においてドプラ信号が検出されたか否かの判定は所定の閾値を超えるドプラ信号が検出されたか否かに基づき適宜設定することができる。炎症スコアは、面積 (PDx) を面積 (PDy) で除し値として [数 4] で与えられる。

【0081】

【数 4】

$$PD = \frac{PDx}{PDy}$$

10

20

30

40

このとき、関節腔を示す画像部分 6 の少なくとも一部を含む、例えば、矩形形状の固定サイズの画像部分に関心領域として、骨の検出結果より設定して、その関心領域の面積（ $P D y$ ）と、関心領域中のドプラ信号が占める面積（ $P D x$ ）とを算出する構成であってもよい。この場合、面積（ $P D y$ ）は固定値となる。

【0082】

発明者らの検討によると、画素におけるドプラ信号が検出の存否に基づく炎症スコア（ $P D$ ）を用いることにより、疾患の程度をより効率的かつ正確に評価することができる。上述のとおり、炎症定量化部 2003B は、炎症スコアをメモリ 1005 に出力しメモリ 1005 はこれを記憶する（ステップ S1004）。

上記構成により、評価対象フレームの B モード画像信号とドプラモード画像信号における対象画像部分の信号から、疾患の程度を定量化した疾患スコアを評価対象フレーム毎に算出することができ評価の客観性を向上できる。

【0083】

（8）疾患スコアの選択、選択された疾患スコアの表示および保存について

上述のとおり、図 6 のステップ S1005 では、選択部 2004 は、メモリ 1005 に記憶された疾患スコア（腫張スコア、炎症スコア）を入力とし、所定の数値処理に基づき 1 以上の最適な疾患スコアを腫張スコア及び炎症スコアの各々について選択する。本実施の形態では、選択部 2004 は、メモリ 1005 に記憶されている疾患スコアの最大値を最適な疾患スコアとして選択する構成とした。

【0084】

しかしながら、疾患の程度が平均的である状態を示す疾患スコアの平均値、又は、疾患の程度が中間的である状態を示す疾患スコアの中央値を最適な疾患スコアとして選択する構成としてもよい。また、選択される疾患スコアは、複数の疾患スコアの最大値、平均値、及び中央値から選択される少なくとも 1 つと同一の疾患スコア、又は当該数値に最も近い疾患スコアの何れかであってもよい。これにより、最適な疾患スコアを選択するための所定の数値処理に基づく選択基準を、医師や病院による検査指針、疾患の状態、被験者の特性など各種条件に基づき適宜設定することが可能となる。

【0085】

また、所定の数値処理に基づく選択基準を複数有し、選択して検査する構成としてもよい。疾患の状態、被験者の特性等の各種条件に基づき選択基準を選択して検査を行うことができる。この場合、検査において疾患スコアの選択に用いられた選択基準は、メモリ 1005 に出力され記憶される構成とすることが好ましい。

また、上述のとおり、所定の数値処理に基づき選択された最適な疾患スコアは、メモリ 1005 に出力され記憶される。このとき、さらに、疾患スコアの選択に用いられた数値処理又はその数値処理に基づく選択基準もメモリ 1005 に出力され記憶される構成としてもよい。係る構成により、過去に算出した疾患スコアと同じ選択基準を用いて疾患スコアの選択を行うことができ、定期検査等の経過観察において過去の評価結果との比較が容易になる。

【0086】

なお、疾患スコアを修正する場合には、操作ユニット 1009 より操作者による修正情報を取得して、メモリ 1005 に記憶する。関節包やドプラ信号が修正された場合には、形態定量化部 2003A と炎症定量化部 2003B において、修正情報に基づいて疾患スコアを再計算する。

2. 超音波診断装置 1100 による表示画面

（1）操作画面

次に、超音波診断装置 1100 の操作画面について説明する。

【0087】

以下、超音波診断装置 1100 への入力表示器 1008 の表示画面上に配設されたタッチパネルである操作ユニット 1009 へのタッチ操作を想定し、表示画面に表示された画像と共に説明する。

10

20

30

40

50

検査に先立って、操作者は手指関節の検査順序を登録する。図 2 3 は、検査順序を登録するための超音波診断装置 1 1 0 0 の操作入力画面である。関節位置を示すアイコン 2 0 1 にタッチした順序が、アイコン 2 0 1 が示す関節を検査する検査順序として登録される。アイコン 2 0 1 内には検査順序を示す数字が表示される。また、初期設定した順序を変えたい場合、アイコン 2 0 1 内には検査順序を示す数字が表示されている状態で、さらにアイコン 2 0 1 をタッチした順序が検査順序として更新登録される。

【0088】

次に、1つの手指関節に対する検査における超音波診断装置 1 1 0 0 の操作画面について説明する。

図 2 4 は、計測開始前の表示画面である。図 2 4 に示すように、表示画面内には、B モード画像表示枠 1 0 1、ドプラモード画像表示枠 1 0 2、腫張スコア表示枠 1 0 3、炎症スコア表示枠 1 0 4、フレーム番号 1 0 6 が表示される。また、フレーム位置を示すスライダ 1 0 7、検査中の選択された腫張スコアの例えば最大値表示枠 1 0 9、検査中の選択された炎症スコアの例えば最大値表示枠 1 1 0、計測開始及び停止ボタン 1 1 1、疾患スコアを確定させ次の関節の検査に進める次ボタン 1 1 2 が表示される。

【0089】

この状態において、操作者が計測開始及び停止ボタン 1 1 1 を押すと、図 6 の S 1 0 0 1 における計測が開始され図 2 5 に示す計測中の表示画面に移行しメッセージ 1 1 3 が表示される。そして、B モード画像表示枠 1 0 1 には取得された B モード画像がリアルタイムで表示され、ドプラモード画像表示枠 1 0 2 には取得されたドプラモード画像がリアルタイムで表示される。また、各画像には診断装置が検出した関節包境界 1 0 5 が重畳して表示される。

【0090】

S 1 0 0 1 において画像中に関節部位が含まれていないと判定された場合、図 2 6 に示すように、画像中に関節部位が含まれていない警告メッセージ 1 1 3 が表示される。その他、S 1 0 0 2 においてドプラモード画像がモーションノイズに起因したものであると判定された場合や、S 1 0 0 3 において超音波プローブ 1 0 0 1 が被検体体表を圧迫していると判定された場合にも、疾患スコアは算出されず、図 2 7、図 2 8 に示すように、警告メッセージ 1 1 3 が表示される。

【0091】

そして、操作者が超音波プローブ 1 0 0 1 を動かした結果、疾患の進んだ関節断面を捉えたと、図 2 9 に示すように、計測した疾患スコアを示す表示画面が表示される。具体的には、ドプラモード画像上に血流が存在する領域を示すドプラ信号存在領域 1 1 4 が表示され、最適な疾患スコアの一例として腫張スコアの最大値と炎症スコアの最大値が更新される。また、各疾患スコア（最大腫張スコア及び最大炎症スコア）が最大となるフレームを示すアイコン 1 0 8 が各々表示される。さらに、S 1 0 0 4 において疾患スコアが算出され、腫張スコア表示枠 1 0 3 には腫張スコアが表示され、炎症スコア表示枠 1 0 4 には炎症スコアが表示される。さらに、S 1 0 0 5 において、最適な疾患スコアの一例として最大疾患スコアが選択され、腫張スコアの最大値表示枠 1 0 9 に腫張スコアの最大値が表示され、検査中の炎症スコアの最大値表示枠 1 1 0 に炎症スコアの最大値が表示される。

【0092】

この状態において、操作者が計測開始及び停止ボタン 1 1 1 を押すと計測を停止して、図 3 0 に示すように、計測完了を示す表示画面が表示される。さらに、S 1 0 0 6 により、腫張スコア及び炎症スコアについての最大疾患スコア、各疾患スコアが最大であったフレームの超音波画像、検査した最終フレームを示すアイコン画像 1 1 6 が表示される。

最終フレームを示すアイコン 1 1 6 をタッチすると、最終フレームが表示される。これにより、検査中、診断装置により操作者の意に反する不適切なフレームが新たに取得され、評価対象フレームとして選択された場合に、操作者は評価に使うフレームを変更することができる。また、疾患スコアの修正ボタン 1 1 5 が表示され、操作者は、適切な疾患スコアが得られない場合には、疾患スコアの修正ボタン 1 1 5 を押下することにより計測結

10

20

30

40

50

果を修正できる。また、ドプラ信号存在領域 1 1 4 が、炎症により生じた血流ではなく、血管を捉えている場合は、ドプラ信号存在領域 1 1 4 を削除できる。修正の必要が無い場合には、次ボタン 1 1 2 を押すと次の関節の計測に移る。

【0093】

図 3 1 は、修正操作中の表示画面である。操作者は、削除したいドプラ信号存在領域 1 1 4 があれば指 1 1 7 でその領域をタッチする。これにより、図 3 2 に示すように、ドプラモード画像からそのドプラ信号存在領域 1 1 4 が削除され、削除を示すアイコン 1 1 8 が表示され、削除に伴い疾患スコアが更新される。また、図示していないが、関節包境界 1 0 5 も同様の方法により修正することができ、修正に伴い疾患スコアが更新される。

【0094】

S 1 0 0 7 において、1つの手指関節における全ての超音波画像について評価を完了した場合には、操作者からの操作により検査を完了して、図 3 0 に示すように計測完了を示す表示画面が表示される。あるいは、図 3 0 に示す表示画面が継続して表示がされる。同一の手指関節について新たな検査を行う場合には、S 1 0 0 1 に戻り、図 2 5 に示す表示画面が表示される。

【0095】

(2) 検査結果の表示画面

全ての手指関節における全ての超音波画像について評価を完了した場合には、検査結果を示す表示がされる。図 3 3 は、各手指関節における検査結果を示した表示画面である。図 3 3 に示す表示画面は、全ての手指関節の検査が完了した後に表示されてもよいし、次ボタン 1 1 2 を押した後、都度、表示される構成であってもよい。

【0096】

図 3 3 において、各手指関節の疾患スコアを示すアイコン 2 0 2 であり、左側の数字が腫張スコア、右側の数字が炎症スコアを示す。疾患スコアが高い関節の疾患スコアを示すアイコン 2 0 2 が色表示される等、強調表示される構成であってもよい。

手指関節の疾患スコアを示すアイコン 2 0 2 の 1 つをタッチすると、その手指関節における疾患スコアの最適値が算出されたフレームの超音波画像と疾患スコアを示した計測完了を示す表示画面（図 3 0）が表示される。

【0097】

各手指関節の疾患スコアを示すアイコン 2 0 2 の 1 つを長押しすると、図 3 4 に示すように、手指関節における複数フレームの超音波画像から算出した疾患スコアをグラフ化して表示した検査結果が表示される。図 3 4 は、超音波プローブ 1 0 0 1 の傾斜角度毎の疾患スコアを表示した表示方法の一例である。疾患スコアの角度に関する積分値と最大値 2 0 3、角度毎の腫張スコア 2 0 4、角度毎の炎症スコア 2 0 5 が表示される。このように、角度毎に記録を残しておくことで、定期検査等における経過観察において同じ傾斜角度において取得した超音波画像から算出した疾患スコア同士を比較することが容易になる。

【0098】

<効果>

以上、説明したとおり、実施の形態に係る超音波診断装置 1 1 0 0 は、超音波プローブ 1 0 0 1 を介して被検体から取得された複数フレームの超音波画像信号から 1 以上の超音波画像信号のフレームを選択して表示器 1 0 0 8 に表示する超音波診断装置 1 1 0 0 であって、制御回路 1 0 1 0 を備え、当該制御回路 1 0 1 0 は、複数フレームの超音波画像信号を取得する超音波画像取得部 2 0 0 1 と、複数フレームの超音波画像信号を解析して各フレーム中に関節部位を示す対象画像部分が含まれるときに、その超音波画像信号のフレームは評価対象フレームであると判定する評価対象判定部 2 0 0 2 と、評価対象フレームの超音波画像信号における対象画像部分の超音波画像信号から疾患の程度を数値量化した疾患スコアを算出する疾患スコア算出部 2 0 0 3 と、算出された疾患スコアに対して、所定の数値処理に基づき 1 以上の疾患スコアを選択する選択部 2 0 0 4 と、選択された疾患スコア及び当該疾患スコアに対応するフレームの超音波画像とを表示器 1 0 0 8 に表示させる表示制御部 1 0 0 6 とを備えたことを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0099】

上記構成により、多方向から得た超音波画像の中で、所定の数値処理に基づき選択された断面の超音波画像により疾患の程度を評価することができる。

従来、被検体のどの断面から超音波画像を取得して評価を行うかにより評価結果が検査者の手技や主観に依存するという課題があった。これに対し、上記構成により適切な手技の下で得た超音波画像を選択して疾患の程度を客観的に評価することができるので、疾患評価における評価結果の検者依存性を低減できる。

【0100】

<その他の変形例>

以上、各実施の形態に係る超音波診断装置について説明した。なお、本発明は、各実施の形態に限定されるものではなく実施の態様に基づき適宜変更可能である。

上記実施の形態においては、手技判定部3004は、図6のステップS1001の判定結果が「関節有り」、ステップS1002の判定結果が「モーションノイズ無し」、ステップS1003の判定結果が「圧迫無し」の場合に、対象フレームの画像は適切な手技の下で得られた画像であると判定し、「定量化実行」を形態定量化部2003Aと炎症定量化部2003Bへ出力する構成とした。そして、それ以外の場合には、手技判定部3004は、対象フレームの画像は適切な手技の下で得られた画像ではないと判定し「定量化中止」を出力して処理を終了する構成とした。

【0101】

しかしながら、手技判定部3004は、ステップS1001の判定結果が「関節包有り」であるときに、対象フレームの画像は適切な手技の下で得られた画像であると判定する構成としてもよい。

あるいは、手技判定部3004は、ステップS1001の判定結果が「関節包有り」であって、さらに、ステップS1002の判定結果が「圧迫無し」又はステップS1003の判定結果が「モーションノイズ無し」の少なくとも1を満たすときに適切な手技の下で得られた画像と判定してもよい。

【0102】

これにより、手技判定部3004は、対象フレームの超音波画像信号は適切な手技の下で得られた画像であるか否かをより簡便に判定して疾患スコアを算出するための評価対象フレームの選択をより一層迅速に行うことができる。

また、上記実施形態では、疾患スコアを「数3」「数4」としたが、リウマチ疾患に関連するスコアであれば、これに限定されない。

【0103】

また、上記実施形態では、疾患の程度を定量化した疾患スコアの一例として、リウマチを例に疾患スコアを選択して疾患の評価を行う手法を説明した。しかしながら、本開示の手法を用いることができる疾患の種類はリウマチに限定されず、超音波画像から疾患の程度を定量化することができるものであれば、他の疾患に対して適用することが可能である。例えば、器官内の腫瘍の大きさや腫瘍内の新生血管の面積比を超音波画像から定量化して、がん疾患の程度を定量化するために本開示の手法を用いることができる。

【0104】

上記実施形態に係る超音波診断装置1100では、記憶装置であるメモリ1005を超音波診断装置1100内に含む構成としたが、記憶装置はこれに限定されず、半導体メモリ、ハードディスクドライブ、光ディスクドライブ、磁気記憶装置、等が、超音波診断装置1100に外部から接続される構成であってもよい。

また、超音波診断装置1100には、超音波プローブ1001及び表示器1008が外部から接続される構成としたが、これらは、超音波診断装置1100内に一体的に具備されている構成としてもよい。

【0105】

また、超音波プローブ1001に例えば、角度センサ等の傾斜角度測定手段を設け、超音波プローブ1001の傾斜角度を測定して疾患スコアとともに検査結果に記録する構成

10

20

30

40

50

としてもよい。

また、上記実施の形態においては、超音波プローブは、複数の圧電素子が一次元方向に配列された超音波プローブ構成を示した。しかしながら、超音波プローブの構成は、これに限定されるものではなく、例えば、複数の圧電変換素子が２次元に配列された超音波プローブを用いることも可能である。２次元に配列された超音波プローブを用いた場合、圧電変換素子に電圧を与えるタイミングや電圧の値を個々に変化させることによって、送信する超音波ビームの照射位置や照射方向を制御することができる。

【０１０６】

また、超音波プローブは、送受信処理部の一部の機能を含んでいてもよい。例えば、送受信処理部から出力された送信電気信号を生成するための制御信号に基づき、超音波プローブ内で送信電気信号を生成し、この送信電気信号を超音波に変換する。併せて、受信した反射超音波を受信電気信号に変換し、超音波プローブ内で受信電気信号に基づき受信信号を生成する構成を採ることができる。

【０１０７】

また、各実施の形態に係る超音波診断装置に含まれる各処理部は典型的には集積回路であるＬＳＩとして実現される。これらは個別に１チップ化されてもよいし、一部又は全てを含むように１チップ化されてもよい。

また、実施の形態では、各ブロックは、独立したハードウェアによる構成として説明した。しかしながら、超音波診断装置を構成する各ブロックは、必ずしも独立したハードウェアによって構成される必要はなく、例えば、各ブロックを必要に応じて一体としたＣＰＵおよびソフトウェアによって、その機能を実現する構成であってもよい。

【０１０８】

また、超音波診断装置の各機能ブロックは、各々の機能ブロックの一部又は全部の機能を、典型的には集積回路であるＬＳＩとして実現することもできる。これらは個別に１チップ化されてもよいし、一部または全てを含むように１チップ化されてもよい。なお、ＬＳＩは、集積度の違いにより、ＩＣ、システムＬＳＩ、スーパーＬＳＩ、ウルトラＬＳＩと呼称されることもある。

【０１０９】

なお、集積回路化の手法はＬＳＩに限るものではなく、専用回路または汎用プロセッサで実現してもよい。ＬＳＩ製造後に、プログラムすることが可能なＦＰＧＡ（Ｆｉｅｌｄ Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｇａｔｅ Ａｒｒａｙ）や、ＬＳＩ内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサ（ＲｅＣｏｎｆｉｇｕｒａｂｌｅ Ｐｒｏｃｅｓｓｏｒ）を利用してもよい。

【０１１０】

さらには、半導体技術の進歩または派生する別技術によりＬＳＩに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。

また、各実施の形態に係る、超音波診断装置の機能の一部又は全てを、ＣＰＵ等のプロセッサがプログラムを実行することにより実現してもよい。

さらに、本発明は上記プログラムであってもよいし、上記プログラムが記録された非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体であってもよい。また、上記プログラムは、インターネット等の伝送媒体を介して流通させることができるのは言うまでもない。

【０１１１】

また、ブロック図における機能ブロックの分割は一例であり、複数の機能ブロックを一つの機能ブロックとして実現したり、一つの機能ブロックを複数に分割したり、一部の機能を他の機能ブロックに移してもよい。また、類似する機能を有する複数の機能ブロックの機能を単一のハードウェア又はソフトウェアが並列又は時分割に処理してもよい。

また、上記のステップが実行される順序は、本発明を具体的に説明するために例示するためのものであり、上記以外の順序であってもよい。また、上記ステップの一部が、他のステップと同時（並列）に実行されてもよい。

【０１１２】

10

20

30

40

50

また、各実施の形態に係る超音波診断装置、及びその変形例の機能のうち少なくとも一部を組み合わせてもよい。

さらに、本実施の形態に対して当業者が思いつく範囲内の変更を施した各種変形例も本発明に含まれる。

《まとめ》

以上、説明したとおり、本実施の形態に係る超音波診断装置は、超音波プローブを介して被検体から取得された複数フレームの超音波画像信号から1以上の超音波画像信号のフレームを選択して表示器に表示する超音波診断装置であって、制御回路を備え、当該制御回路は、前記複数フレームの超音波画像信号を取得する超音波画像取得部と、前記複数フレームの超音波画像信号を解析して各フレーム中に関節部位を示す対象画像部分が含まれ
10
ときに、その超音波画像信号のフレームは評価対象フレームであると判定する評価対象判定部と、前記評価対象フレームの超音波画像信号における前記対象画像部分の超音波画像信号から、疾患の程度を定量化した疾患スコアを前記評価対象フレーム毎に算出する疾患スコア算出部と、前記算出された疾患スコアに対して、所定の数値処理に基づき1以上の疾患スコアを選択する選択部と、前記選択された疾患スコア及び当該疾患スコアに対応するフレームの超音波画像を表示器に表示させる表示制御部とを備えたことを特徴とする。

【0113】

係る構成により、多方向から得た超音波画像の中で、所定の数値処理に基づき選択された断面の超音波画像により疾患の程度を評価することができ、疾患の程度を客観的に評価
20
することができる。そのため疾患評価における評価結果の検者依存性を低減できる。

また、別の態様では、前記評価対象判定部は、さらに、前記複数フレームの超音波画像信号から、当該信号を取得した際に、前記超音波プローブによる前記被検体体表への圧迫が無く、かつ、前記超音波画像信号のフレームにおけるドプラ信号がモーションノイズに
起因したものでないことを検出したときに前記超音波画像信号のフレームは評価対象フレームであると判定する構成であってもよい。

【0114】

係る構成により、対象フレームの超音波画像信号は適切な手技の下で得られた画像であるか否かをより一層正しく判定することができ、疾患スコアを算出するための評価対象フレームの選択をより一層正しく行うことができる。

また、別の態様では、前記所定の数値処理は、算出された前記疾患スコアのうち、（a）疾患が最も進行した状態を示す疾患スコアの最大値、（b）疾患の程度が平均的である状態を示す疾患スコアの平均値、又は、（c）疾患の程度が中間的である状態を示す疾患スコアの中央値、から選択される少なくとも1の数値と同一の疾患スコア、又は当該数値に最も近い疾患スコアを選択する処理である構成であってもよい。

【0115】

係る構成により、最適な疾患スコアを選択するための所定の数値処理に基づく選択基準を、医師や病院による検査指針、疾患の状態、被験者の特性など等各种条件に基づき適宜設定することが可能となる。

また、別の態様では、前記超音波画像信号は、Bモード画像信号及びドプラモード画像信号を含む構成であってもよい。

【0116】

また、別の態様では、前記疾患はリウマチである構成であってもよい。

また、別の態様では、前記超音波プローブと、前記超音波プローブの傾斜角度を算出する角度検出部をさらに備え、前記表示制御部は、前記疾患スコア及び当該疾患スコアに対応する超音波画像信号のフレームが取得されたときの前記超音波プローブの傾斜角度を前記表示器に表示させる構成であってもよい。

【0117】

係る構成により、疾患スコアの傾斜角度毎に記録を残しておくことで、同じ傾斜角度において取得した超音波画像から算出した疾患スコア同士を比較することが容易になる。

また、別の態様では、さらに、前記複数フレームの超音波画像信号が保存される記憶装
40

10

20

30

40

50

置を備え、前記選択部は、さらに、前記選択した疾患スコアを前記記憶装置に保存する構成であってもよい。

【0118】

係る構成により、経過観察において過去に取得した超音波画像から算出した疾患スコアとの比較が容易になる。

また、別の態様では、前記対象画像部分の超音波画像信号は、関節腔を示す画像部分のBモード画像信号であり、前記疾患スコア算出部は、関節腔を示す画像部分の大きさをGSx、関節腔を示す画像部分の平均輝度をGSy、骨びらの程度をGSz、gsa、gsb、gscを定数としたとき、[数3]で示されるGSを算出する構成であってもよい。

10

【0119】

【数3】

$$GS = gsa \cdot GSx + gsb \cdot GSy + gsc \cdot GSz$$

係る構成により、評価対象フレームのBモード画像信号における対象画像部分の信号から、疾患の程度を定量化した疾患スコアを評価対象フレーム毎に算出することができ評価の客観性を向上できる。

【0120】

20

また、別の態様では、前記対象画像部分の超音波画像信号は、関節腔を示す画像部分のBモード画像信号及びドプラモード画像信号であり、前記疾患スコア算出部は、関節腔を示す画像部分の一部又は全部を占める関心領域の面積をPDy、前記関心領域に含まれる画素中ドプラ信号が検出される画素の占める面積をPDxとしたとき[数4]で示されるPDを算出する構成であってもよい。

【0121】

【数4】

$$PD = \frac{PDx}{PDy}$$

30

係る構成により、評価対象フレームのBモード画像信号とドプラモード画像信号における対象画像部分の信号から、疾患の程度を定量化した疾患スコアを評価対象フレーム毎に算出することができ評価の客観性を向上できる。

【0122】

また、別の態様では、前記記憶装置には過去に算出された疾患スコア及び前記所定の数値処理に基づく選択基準が保存されており、前記選択部は、前記過去の疾患スコアを参照して前記選択基準を決定する構成であってもよい。

係る構成により、過去に算出した疾患スコアと同じ選択基準を用いて疾患スコアの選択を行うことができ、定期検査等の経過観察において過去の評価結果との比較が容易になる。

40

【0123】

また、実施の形態に係る超音波画像処理方法は、超音波プローブを介して被検体から取得された複数フレームの超音波画像信号から1以上の超音波画像信号のフレームを選択して表示器に表示させる超音波画像処理方法であって、前記複数フレームの超音波画像信号が保存された記憶装置から前記複数フレームの超音波画像信号を読み出すステップと、前記複数フレームの超音波画像信号を解析して各フレーム中に関節部位を示す対象画像部分が含まれときに、その超音波画像信号のフレームは評価対象フレームであると判定する判定ステップと、前記評価対象フレームの超音波画像信号における前記対象画像部分の超音

50

波画像信号から、リウマチの程度を定量化した疾患スコアを算出するステップと、前記算出された疾患スコアに対して、所定の数値処理に基づき1以上の疾患スコアを選択する選択ステップと、前記選択された疾患スコア及び当該疾患スコアに対応するフレームの超音波画像を表示器に表示させるステップとを有することを特徴とする。また、別の態様では、上記超音波画像処理方法をコンピュータに実行させるプログラムが記録されたコンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体であってもよい。

【0124】

係る構成により、適切な手技の下で得た超音波画像を選択して疾患の程度を客観的に評価することができ、疾患評価における評価結果の検者依存性を低減する超音波画像処理方法を提供することができる。

《補足》

以上で説明した実施の形態は、いずれも本発明の好ましい一具体例を示すものである。実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、工程、工程の順序などは一例であり、本発明を限定する主旨ではない。また、実施の形態における構成要素のうち、本発明の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない工程については、より好ましい形態を構成する任意の構成要素として説明される。

【0125】

また、発明の理解の容易のため、上記各実施の形態で挙げた各図の構成要素の縮尺は実際のものと異なる場合がある。また本発明は上記各実施の形態の記載によって限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。

さらに、超音波診断装置においては基板上に回路部品、リード線等の部材も存在するが、電氣的配線、電気回路について当該技術分野における通常の知識に基づいて様々な態様を実施可能であり、本発明の説明として直接的には無関係のため、説明を省略している。尚、上記示した各図は模式図であり、必ずしも厳密に図示したものではない。

【産業上の利用可能性】

【0126】

本開示に係る超音波診断装置及び超音波画像処理方法によれば、上記構成とすることで、疾患評価における評価結果の検者依存性を低減できる。したがって、超音波診断装置及び超音波画像処理方法等において広く活用することができる。

【符号の説明】

【0127】

- 1000 超音波診断システム
- 1001 超音波プローブ
- 1002 超音波送受信部
- 1003 Bモード処理部
- 1004 ドプラモード処理部
- 1005 メモリ（記憶装置）
- 1006 表示制御部
- 1007 疾患定量化部
- 1008 表示器
- 1009 操作ユニット
- 1010 制御回路
- 1100 超音波診断装置
- 2001 超音波画像取得部
- 2002 評価対象判定部
- 2003 疾患スコア算出部
- 2003A 形態定量化部
- 2003B 炎症定量化部
- 2004 選択部
- 3001 関節検出部

10

20

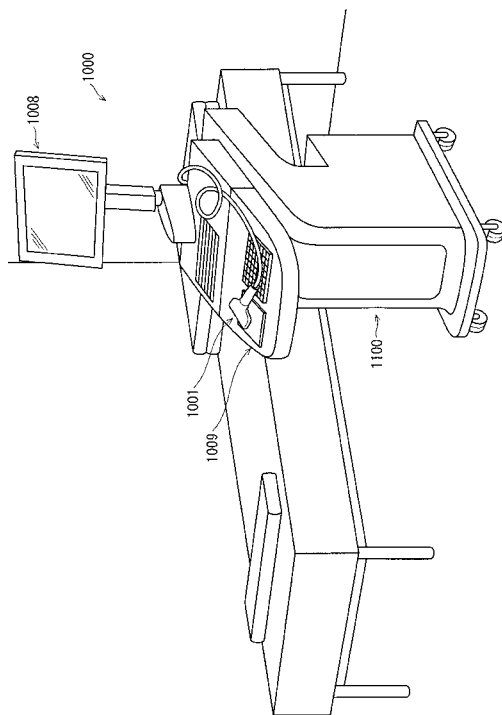
30

40

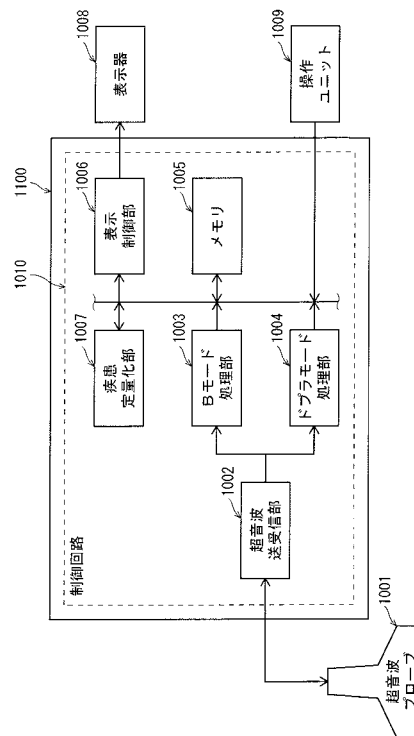
50

- 3 0 0 2 圧迫検出部
- 3 0 0 3 モーションノイズ検出部
- 3 0 0 4 手技判定部
- S 1 0 0 0 超音波画像信号を読み出すステップ
- S 1 0 0 1、S 1 0 0 2、S 1 0 0 3 評価対象フレームか否かを判定する判定ステップ
- S 1 0 0 4 疾患スコアを算出するステップ
- S 1 0 0 5 所定の数値処理に基づき1以上の疾患スコアを選択する選択ステップ
- S 1 0 0 6 選択された疾患スコア、疾患スコアに対応するフレームの
超音波画像を表示させるステップ

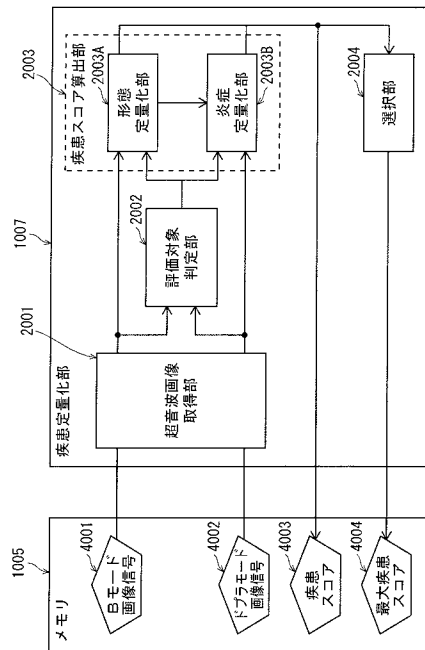
【図 1】



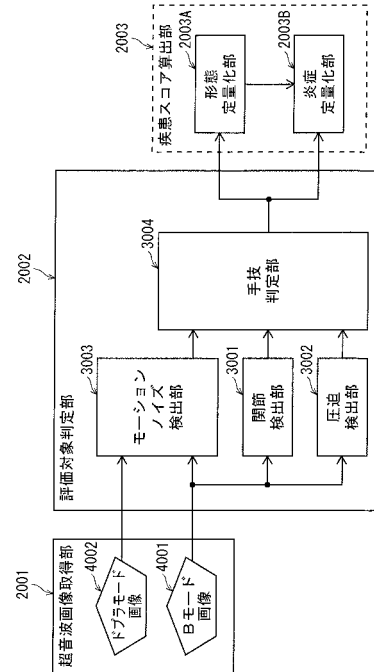
【図 2】



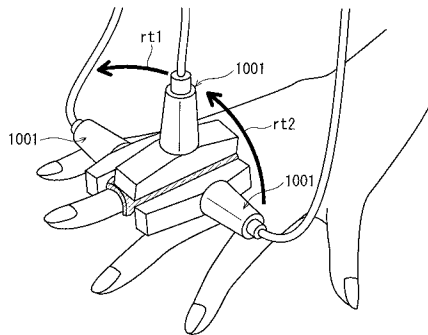
【 図 3 】



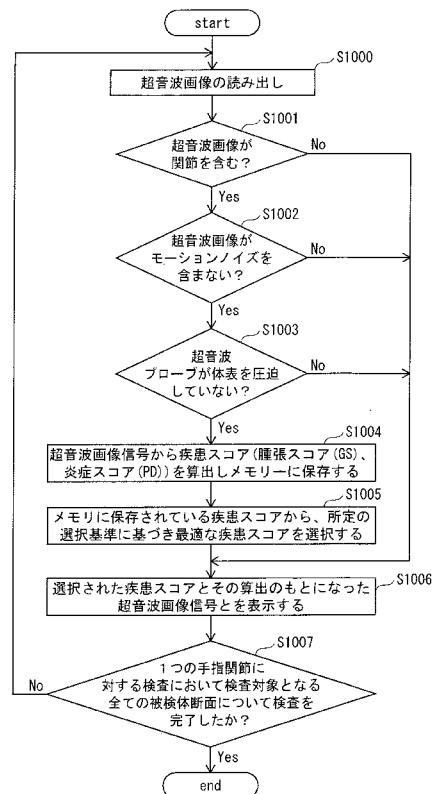
【図 4】



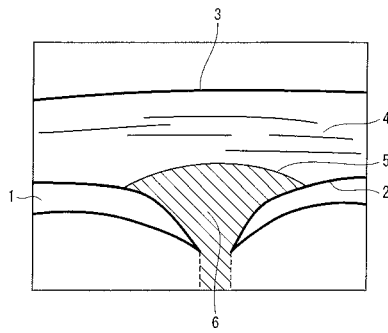
【図 5】



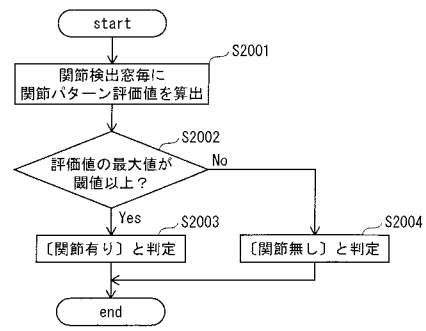
【図 6】



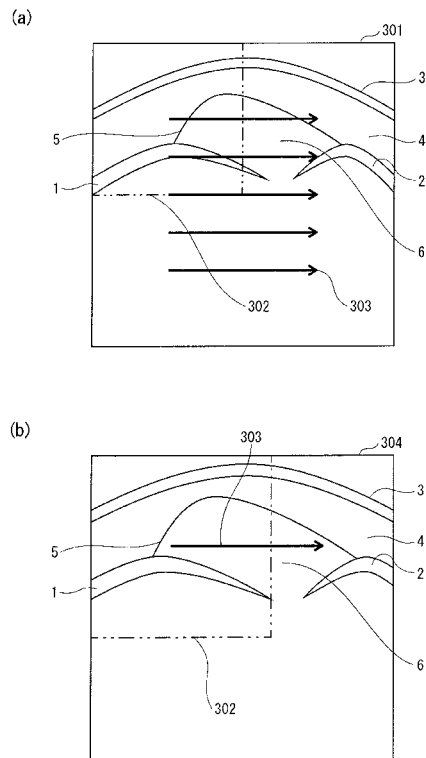
【図 7】



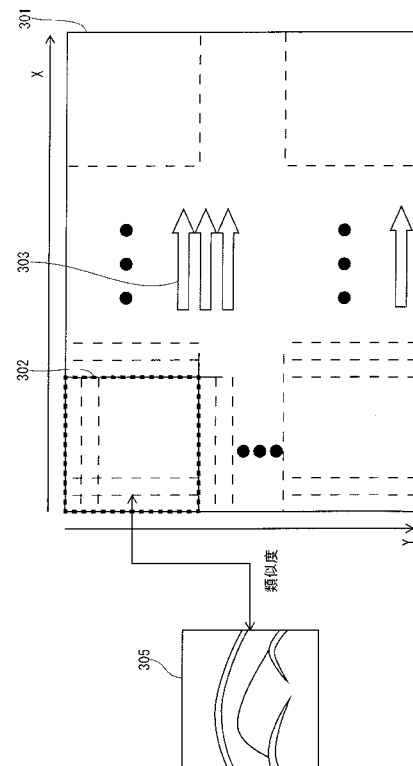
【図 8】



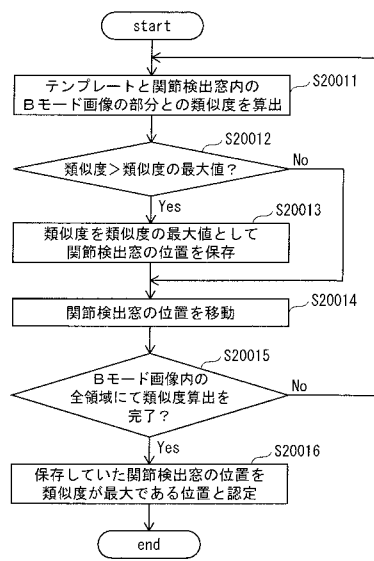
【図 9】



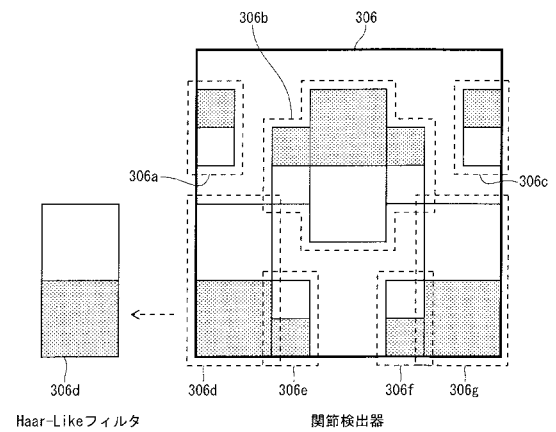
【図 10】



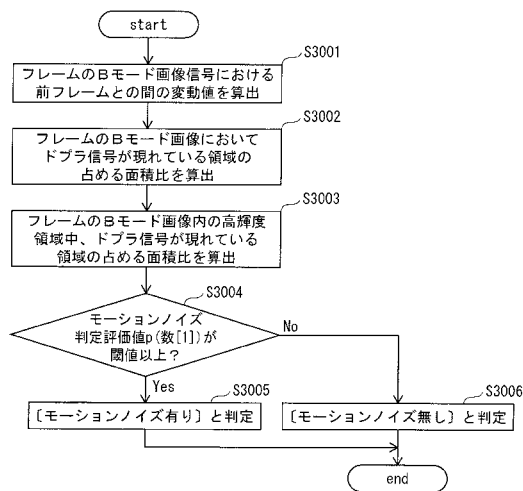
【図 1 1】



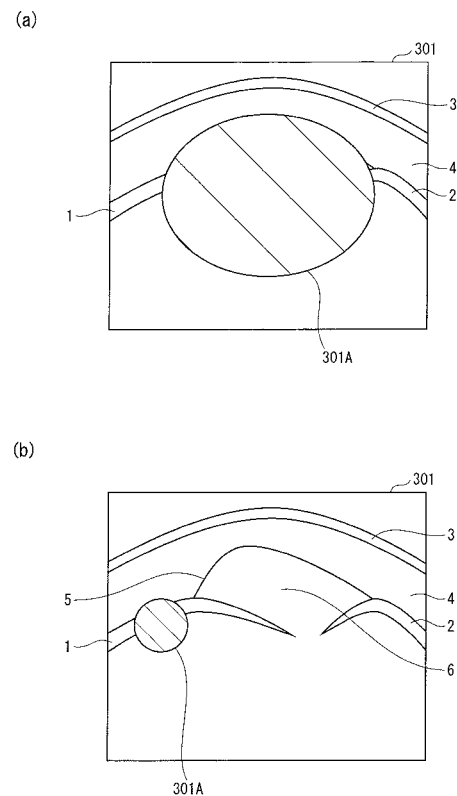
【図 1 2】



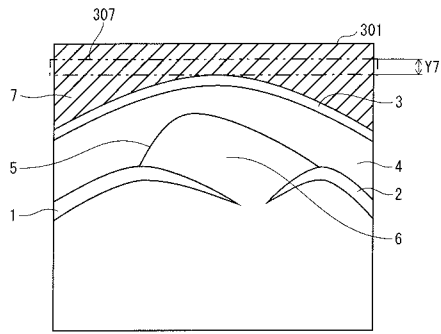
【図 1 3】



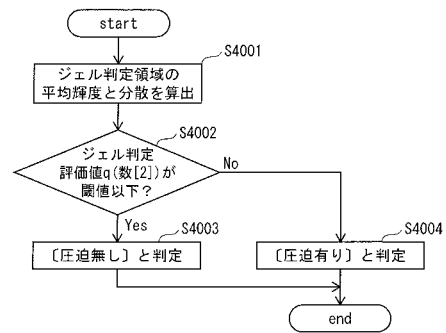
【図 1 4】



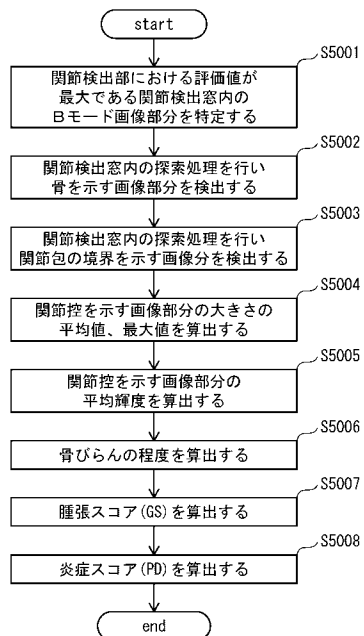
【图 15】



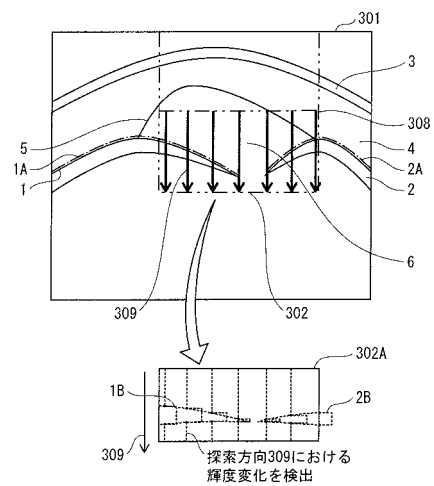
【 図 1 6 】



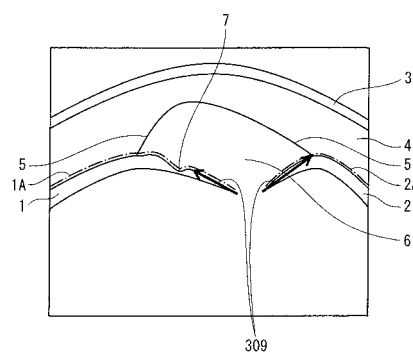
【図 17】



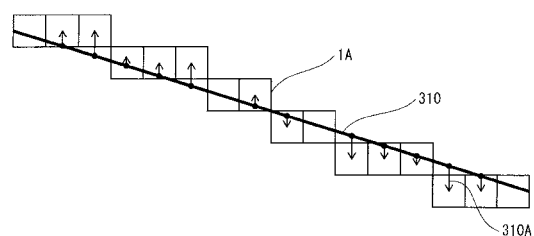
【 図 1 8 】



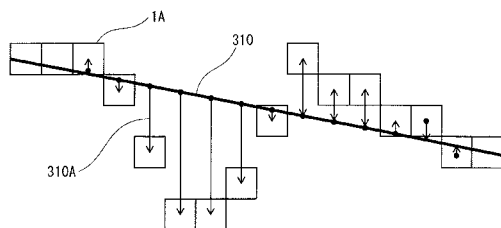
【図 20】



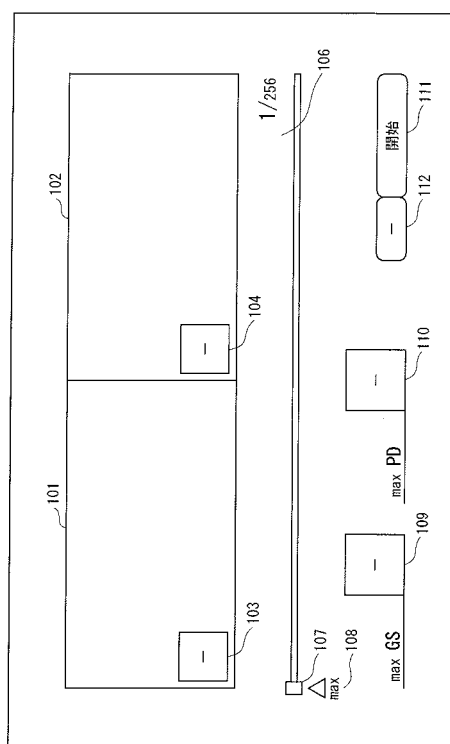
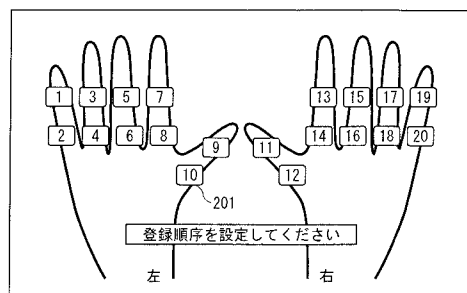
【図 2 1】



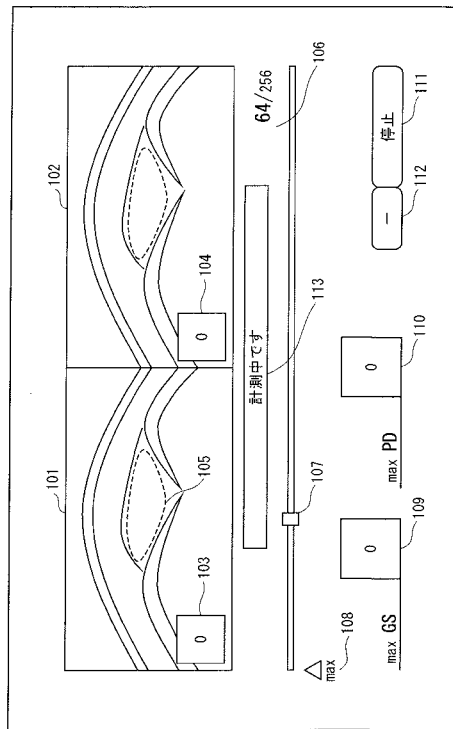
【图 2 4】



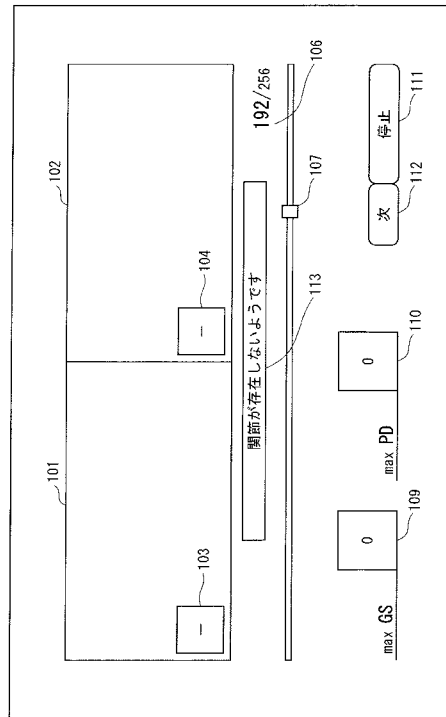
【图 2 3】



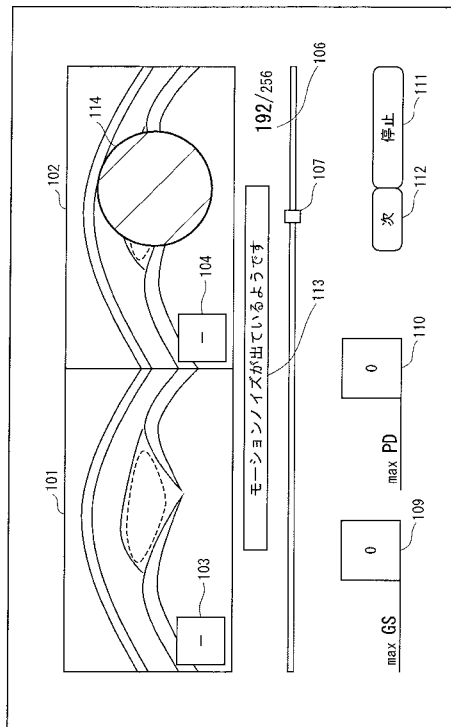
【图 2 5】



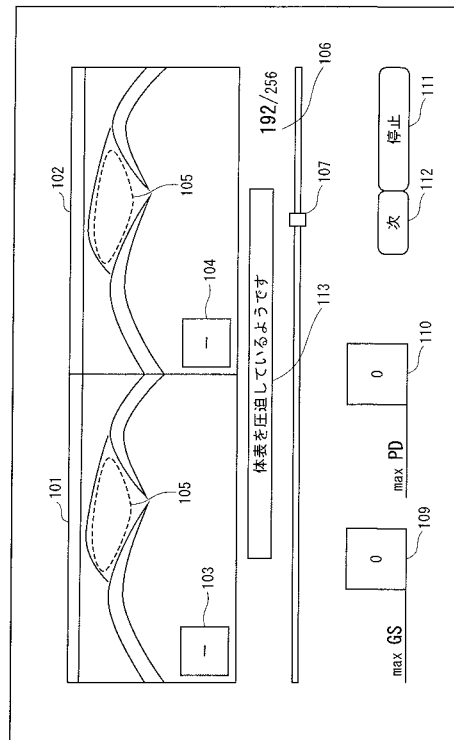
【 図 2 6 】



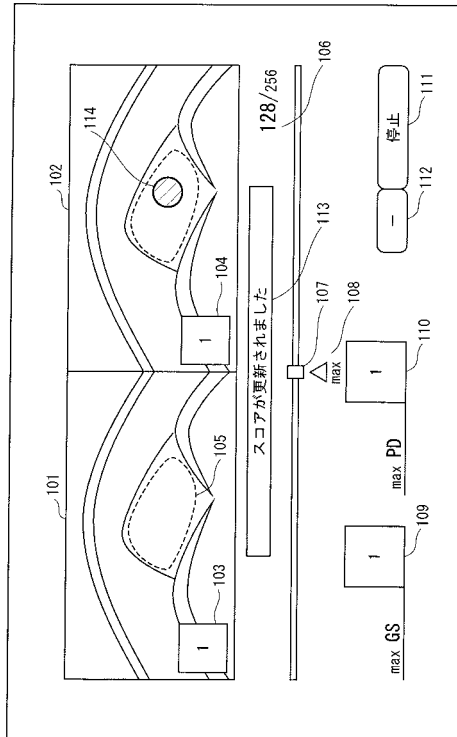
【图 27】



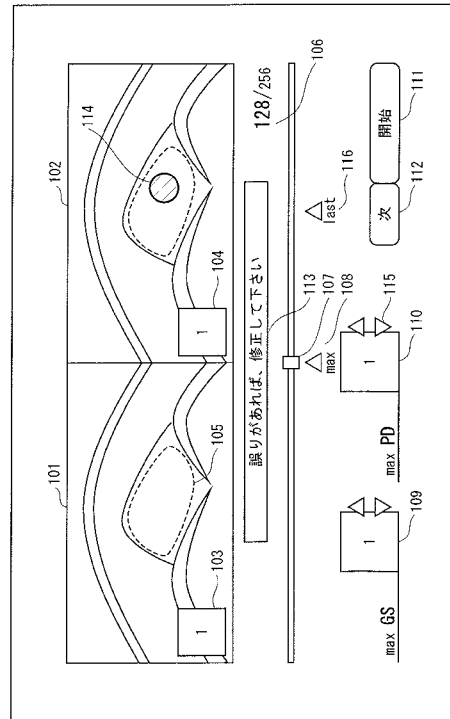
【图 28】



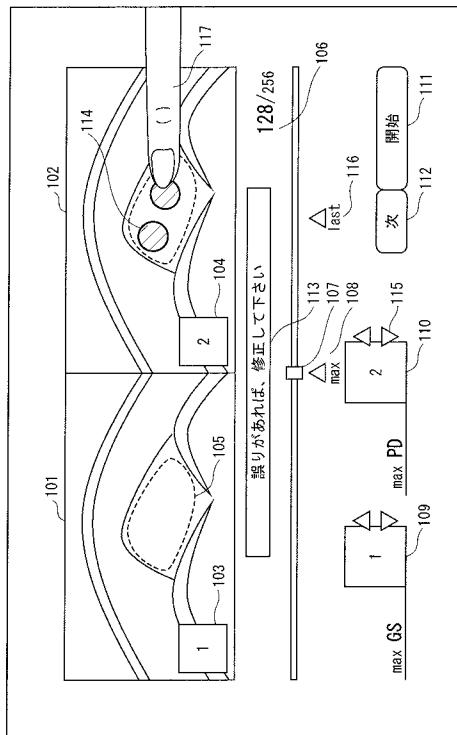
【図 29】



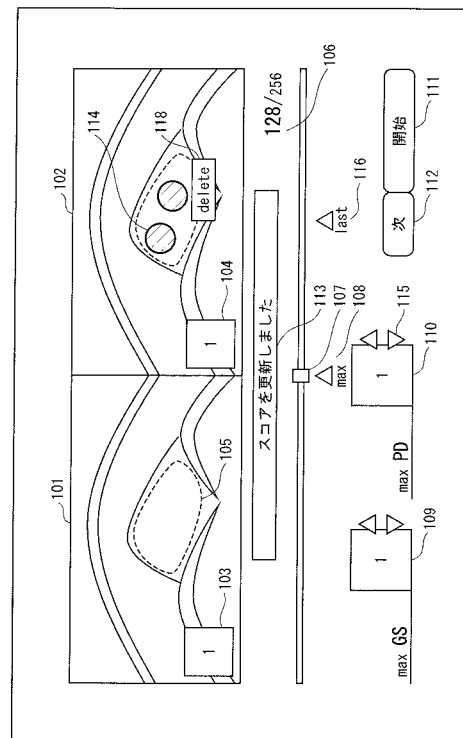
【図 30】



【図 31】



【図 32】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4C601 DD10 DE04 EE04 EE10 JB35 JB40 JB48 JB50 JC09 JC13
JC15 JC23 JC37 KK12 KK18 KK28 LL38

专利名称(译)	超声波诊断装置，超声波图像处理方法，计算机可读非暂时性记录介质		
公开(公告)号	JP2015061592A	公开(公告)日	2015-04-02
申请号	JP2014164845	申请日	2014-08-13
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达有限公司		
[标]发明人	高木一也 松本悠希 酒井智仁		
发明人	高木 一也 松本 悠希 酒井 智仁		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B8/463 A61B8/0875 A61B8/4209 A61B8/4405 A61B8/486 A61B8/488 A61B8/5223 A61B8/5276 G06T7/0012 G06T2207/10132 G06T2207/10136		
FI分类号	A61B8/08 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/DD10 4C601/DE04 4C601/EE04 4C601/EE10 4C601/JB35 4C601/JB40 4C601/JB48 4C601/JB50 4C601/JC09 4C601/JC13 4C601/JC15 4C601/JC23 4C601/JC37 4C601/KK12 4C601/KK18 4C601/KK28 4C601/LL38		
优先权	2013171036 2013-08-21 JP		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种超声诊断设备，该超声诊断设备能够减少使用超声诊断设备的风湿病诊断中检查者对评估结果的依赖性。超声诊断设备（1100）包括：超声图像获取单元（2001），其通过分析多个帧的超声图像信号来获取多个帧的超声图像信号；以及指示每个帧中的关节部位的对象图像。评估对象确定单元2002，其确定是否包括一部分；以及疾病得分计算，其通过根据评估目标帧的超声图像信号中的目标图像部分的超声图像信号对疾病程度进行数值量化来计算疾病得分。单元2003，计算出的疾病评分，选择单元2004基于预定的数值处理来选择一个或多个疾病评分，所选择的疾病评分以及与该疾病评分相对应的帧的超声图像，显示控制单元1006，用于在显示器1008上显示。[选择图]图3

