

(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2015-39466

(P2015-39466A)

(43) 公開日 平成27年3月2日(2015.3.2)

(51) Int.Cl.
A61B 8/00 (2006.01)F1
A61B 8/00テーマコード (参考)
4C601

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2013-171033 (P2013-171033)	(71) 出願人	000001270
(22) 出願日	平成25年8月21日 (2013.8.21)		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
		(74) 代理人	100090446
			弁理士 中島 司朗
		(72) 発明者	松本 悠希
			愛媛県東温市南方2131番地1 パナソニックヘルスケア株式会社内
		(72) 発明者	高木 一也
			愛媛県東温市南方2131番地1 パナソニックヘルスケア株式会社内
		Fターム(参考)	4C601 DD10 DD26 EE09 JC08 JC09 JC11 JC12 JC13 JC37

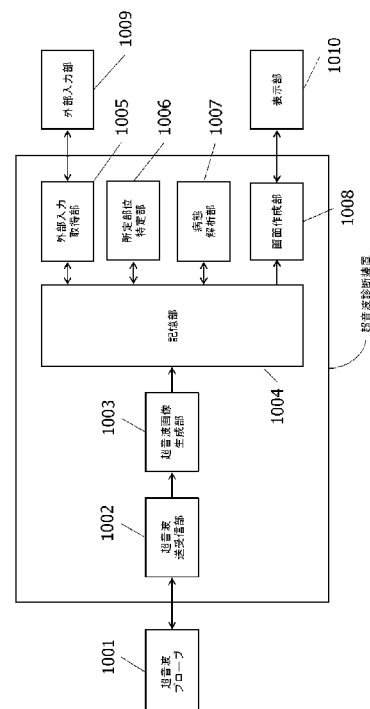
(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、画像処理方法、およびプログラム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】超音波診断装置を用いた関節リウマチ診断において、関節リウマチの疾患活動性を包括的かつ客観的に定量評価する超音波診断装置を提供する。

【解決手段】超音波診断装置は、測定対象部に超音波プローブ1001を当てて得られた超音波画像から関節を構成する部位である骨表面、関節位置、関節包、関節腔領域のいずれか、あるいは複数の所定部位を特定する所定部位特定部1006と、特定された所定部位内の特徴量を定量化する病態解析部1007とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波プローブを測定対象部に当て、前記測定対象部の超音波画像を得る超音波診断装置であって、

前記超音波画像から関節を構成する少なくとも 1 つの所定部位を特定する所定部位特定部と、

前記所定部位における特徴量を定量化する病態解析部と、
を備えることを特徴とする超音波診断装置。

【請求項 2】

前記所定部位は骨表面であり、

前記病態解析部は、前記骨表面の形状を定量化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。

【請求項 3】

前記病態解析部は、前記骨表面の軌跡の滑らかさを前記骨表面の形状として定量化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。

【請求項 4】

前記病態解析部は、前記骨表面の軌跡に所定の関数をフィッティングさせたフィッティング誤差を前記骨表面の軌跡の滑らかさとして定量化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。

【請求項 5】

前記病態解析部は、前記骨表面における骨びらんを抽出し、前記骨びらの進行度を前記特徴量として定量化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。

【請求項 6】

前記病態解析部は、前記骨びらの軌跡に所定の関数をフィッティングさせたフィッティング誤差を前記骨びらの進行度として定量化することを特徴とする請求項 5 に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

前記病態解析部は、前記骨表面の軌跡の任意の領域における水平方向もしくは垂直方向の一階差分の符号を算出し、算出された前記符号に基づいて前記骨びらを抽出することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の超音波診断装置。

【請求項 8】

前記所定部位は骨表面の断裂部であり、

前記病態解析部は、前記断裂部の断裂直線距離もしくは水平距離を定量化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。

【請求項 9】

前記所定の部位は関節包であり、

前記病態解析部は、前記関節包の厚さ、前記関節包の幅、前記関節包の長さ、前記関節包の面積のいずれかもしくは複数を前記特徴量として定量化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。

【請求項 10】

前記関節包の厚さは、前記関節包の垂直方向における座標の最大値と、前記関節包の端点の垂直方向における座標位置との差であ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】

前記関節包の厚さは、前記関節包の垂直方向における座標の最大値から前記関節包の両端点どうしを結んだ直線に対する垂線の長さであ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 12】

前記関節包の幅は、前記関節包の両端点の水平方向における座標位置間の距離であることを特徴とする請求項 9 に記載の超音波診断装置。

10

20

30

40

50

【請求項 13】

前記関節包の長さは、前記関節包の両端を前記関節包のエッジに沿って結んだ曲線の長さであ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 14】

前記関節包の面積は、前記関節包のエッジと前記関節包の両端を結んだ直線によって囲まれた領域の面積であ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 15】

前記所定部位は関節腔領域であり、

前記病態解析部は、前記関節腔領域の高さ、前記関節腔領域の幅、前記関節腔領域の面積、前記関節腔領域の形状のいずれかもしくは複数を前記特徴量として定量化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。

10

【請求項 16】

前記関節腔領域の高さは、前記関節腔領域の垂直方向における座標の最大値と最小値との差であることを特徴とする請求項 15 に記載の超音波診断装置。

【請求項 17】

前記関節腔領域の幅は、前記関節腔領域の水平方向における座標の最大値と最小値との差であることを特徴とする請求項 15 に記載の超音波診断装置。

【請求項 18】

前記関節腔領域の形状は、骨表面の断裂部の中心と関節包の両端をそれぞれ結んだ両直線によって形成される角度であることを特徴とする請求項 15 に記載の超音波診断装置。

20

【請求項 19】

前記所定部位は関節腔領域であり、

前記病態解析部は、前記関節腔領域内の血流信号の総面積、前記関節腔領域内血流信号の総面積と前記関節腔領域の面積の比、前記関節腔領域において連続した領域として観測される血流信号の個数のいずれかもしくは複数を前記特徴量として定量化することを特徴とする請求項 15 に記載の超音波診断装置。

【請求項 20】

前記病態解析部は、前記関節腔領域内の血流信号の総面積、前記関節腔領域内血流信号の総面積と前記関節腔領域の面積の比、前記関節腔領域において連続した領域として観測される血流信号の個数のいずれかもしくは複数を、前記関節腔領域内の血流信号の座標位置を組み合わせて定量化することを特徴とする請求項 19 に記載の超音波診断装置。

30

【請求項 21】

超音波プローブを測定対象部に当てることによって得られた超音波画像を画像処理する方法であって、

前記超音波画像から関節を構成する少なくとも 1 つの所定部位を特定する所定部位特定ステップと、

前記所定部位における特徴量を定量化する定量化ステップと、
を備えることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 22】

請求項 21 に記載の画像処理方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波の送受信を行う超音波プローブを被検者の体表面、特に四肢関節に当接させて超音波診断を行う超音波診断装置及び画像処理方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年関節リウマチの疾患活動性の評価に超音波診断装置を用いることが一般的になりつつある。関節リウマチの疾患活動性の評価には、Bモード画像とパワードブラ画像が主に用いられており、Bモード画像では滑膜肥厚や滑液貯留、骨びらんを、パワードブラ画像

50

では滑膜の炎症を観察することができる。

【0003】

加えて、超音波画像を用いてこれらの疾患活動性をグレード別に判定する方法が提案されている。パワードプラ画像を用いて炎症の程度をグレード化する場合、観測される血流信号が肥厚した滑膜領域のうち、どれだけの割合を占めているかでグレードを判定する。その際検査者の主観で判断しているため、検査者間でグレードのばらつきが生じる。

【0004】

上記課題を解決するために、超音波画像の所見から疾患活動性を客観的に定量化する方法が提案されている。例えば非特許文献1においては、肥厚した滑膜を含む関節腔を超音波画像上にてフリーハンドでトレースし、このトレースした領域に占める血流信号の占有率を定量評価値として算出することが提案されている。

10

【0005】

しかしながら、このような方法においては、関節腔を正確にトレースすることを検査者に要求しなくてはならない。診断フローにフリーハンドトレースのステップを追加することは好ましくなく、またトレース結果が検査者に依存するため、血流信号の占有率が検査者間でばらつくことが想定される。

【0006】

また関節リウマチの超音波画像所見は血流信号だけでなく、骨皮質の破壊、軟骨の損傷による関節の狭小化、滑膜肥厚に伴う関節包の伸展等が確認される。血流信号だけでなく、これらの画像所見を定量評価することで、関節リウマチの疾患活動性を包括的かつ客観的に評価できる。

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0007】

【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」、P 40-43、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】

【0008】

骨皮質の破壊、軟骨の損傷による関節の狭小化、滑膜肥厚に伴う関節包の伸展、血管新生による血流信号を、画像処理を用いて自動的に計測することで、関節リウマチの疾患活動性をより客観的に定量化する。

30

【0009】

本発明の目的は、包括的かつ客観的に関節リウマチの疾患活動性を評価するための特徴量を定量化する超音波診断装置および画像処理方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る超音波診断装置は、前記超音波画像から関節を構成する少なくとも1つの所定部位を特定する所定部位特定部と、前記所定部位における特徴量を定量化する病態解析部と、を備える。

40

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、関節超音波画像から関節リウマチの疾患活動性を定量的に評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明に係る超音波診断装置のブロック図

【図2】関節の概略の一例を示した図

【図3】関節を撮像した超音波画像の一例を示した図

【図4】所定部位特定部1006の詳細構成を示した図

50

- 【図 5】実施形態 1 の超音波画像の一例を示した図
- 【図 6】実施形態 1 の超音波画像の一例を示した図
- 【図 7】実施形態 1 の超音波画像の一例を示した図
- 【図 8】実施形態 1 の超音波画像の一例を示した図
- 【図 9】実施形態 1 の超音波画像の一例を示した図
- 【図 10】実施形態 1 の超音波画像の一例を示した図
- 【図 11】実施形態 1 の超音波画像の一例を示した図
- 【図 12】実施形態 1 の超音波画像の一例を示した図
- 【図 13】関節包の定量化を示した図
- 【図 14】実施形態 1 の超音波画像の一例を示した図 10
- 【図 15】関節腔領域の定量化を示した図
- 【図 16】関節腔領域内の血流信号の定量化を示した図
- 【図 17】所定部位として骨表面を特定する場合のリウマチ疾患活動性評価のための特徴量定量化処理フローを示した図
- 【図 18】所定部位として関節位置を特定する場合のリウマチ疾患活動性評価のための特徴量定量化処理フローを示した図
- 【図 19】所定部位として関節包特定する場合のリウマチ疾患活動性評価のための特徴量定量化処理フローを示した図
- 【図 20】所定部位として関節腔領域を特定する場合のリウマチ疾患活動性評価のための特徴量定量化処理フローを示した図 20
- 【発明を実施するための形態】
- 【0013】
- 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。
- 【0014】
- (実施の形態 1)
- 図 1 は、本発明の超音波診断装置の構成を示すブロック図である。図 1 において、本発明の超音波診断装置は、超音波送受信部 1002、超音波画像生成部 1003、記憶部 1004、外部入力取得部 1005、所定部位特定部 1006、病態解析部 1007、画面作成部 1008、から構成される。ここで、超音波プローブ 1001、外部入力部 1009、表示部 1010 は超音波診断装置外の構成としているが、必要に応じて超音波診断装置内の構成としても構わない。 30
- 【0015】
- 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放出する。放出された超音波は生体内の組織間の音響インピーダンスの差が異なる部分において反射される。この時、音響インピーダンスの差が顕著であるほど、反射される超音波のエネルギーも大きくなる。
- 【0016】
- 反射された超音波は、超音波プローブ 1001 で受信される。超音波プローブ 1001 で受信された超音波は超音波受信信号として超音波送受信部 1002 に入力される。超音波受信信号は超音波送受信部 1002 でビームフォーミング、検波、対数圧縮などの処理を施された後に、音響線信号として超音波画像生成部 1003 に入力される。 40
- 【0017】
- 超音波画像生成部 1003 は、超音波送受信部 1002 から入力された音響線信号をまとめて、超音波画像を生成する。超音波画像生成部 1003 で生成された超音波画像は記憶部 1004 で一時的に記憶される。外部入力部 1009 は、検査者が検査者名、患者名、超音波診断装置の設定情報を入力するための構成である。外部入力取得部 1005 は、検査者が外部入力部 1009 を通して入力した設定情報と、記憶部 1004 に記憶されている超音波画像を対応付ける。
- 【0018】
- 所定部位特定部 1006 は、記憶部 1004 に記憶されている超音波画像内の所定部位 50

を特定する。所定部位が特定された超音波画像は、記憶部 1004 に記憶される。

【0019】

病態解析部 1007 は、記憶部 1004 に記憶されている所定部位が特定された超音波画像の所定部位を解析し、病態（リウマチ）の疾患活動性に係る特徴量を定量化する。

【0020】

表示部 1010 は、超音波画像を検査者に提示する。その際には記憶部 1004 から読み出した画像に対して、画面作成部 1008 によって検査者名、患者名、時間情報、超音波診断装置の設定情報、疾患活動性の評価結果などが重畳された超音波画像を提示する。

【0021】

本実施の形態における主な測定対象は関節である。関節の一例として手指関節の概略を図 2 に示す。図 2 に示すように関節は、骨 2001、骨 2002、軟骨 2003、軟骨 2004、滑膜 2005、関節包 2006 からなる部位である。骨 2001 と骨 2002 の先端部分には軟骨 2003 と 2004 が付帯しており、軟骨 2003 と軟骨 2004 を包むように滑膜 2005 が存在する。さらに滑膜 2005 を囲むように関節包 2006 が骨 2001 と骨 2002 に付着している。

10

【0022】

例えば、関節リウマチが進行すると滑膜の肥厚や滑膜内の関節液の貯留、骨皮質の破壊（骨びらん）が観察される。さらには軟骨破壊により関節の隙間が狭くなり、関節が強直する。また、多くの症例では、滑膜内部での血管新生の増殖も確認される。

【0023】

図 3（A）、図 3（B）を用いて、疾患を持たない関節と関節リウマチを罹病している関節を測定対象とした場合の超音波画像の特徴を説明する。

20

【0024】

疾患を持たない関節を測定対象として撮像すると、図 3（A）のような画像が取得される。超音波画像には、骨表面 3001、骨表面 3002、皮膚 3003、腱 3004、関節包 3005 が描画される。骨表面 3001、骨表面 3002 や皮膚 3003 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。骨表面 3001、骨表面 3002、関節包 3005 に囲まれた領域は関節腔領域 3006 である。

【0025】

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、骨表面のみが高輝度で描画される。腱 3004 や関節包 3005 は骨表面 3001、骨表面 3002、皮膚 3003 と比較すると低輝度で描画される。また滑膜や軟骨部分はほぼ輝度値を持たない。従って、関節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、関節包、骨表面である。

30

【0026】

また、関節リウマチを罹病している関節を測定対象として撮像すると、図 3（B）のような画像が取得される。リウマチ疾患の活動性が進行するに従って滑膜が肥厚するため、滑膜をとり囲む関節包 3007 の肥大が確認される。また、骨びらんとよばれる骨皮質の破壊 3008 も超音波画像所見に現れる。さらに、関節腔領域 3006 の内部では血管新生に起因する血流信号 3009 が観測される。

40

【0027】

本発明のリウマチ疾患活動性評価は、まず超音波診断装置の所定部位特定部 1006 において所定部位を特定し、次に病態解析部 1007 において所定部位のリウマチ疾患活動性評価に関わる特徴量を定量化する。

【0028】

ここで、いずれの所定部位を特定させるかは、検査者が選択可能である。

【0029】

また、定量化された特徴量を用いて検査者が疾患活動性を評価してもよいし、予め設定した疾患活動性の基準と特徴量を比較して超音波診断装置が疾患活動性の評価をしてもよい。

50

【0030】

所定部位特定部1006は、図3(A)に代表される関節超音波画像から、骨表面、関節位置、関節包、関節腔領域のいずれかもしくは複数の所定部位を特定する。図4は所定部位特定部1006の詳細構成を示す図である。記憶部1004から取得した超音波画像から所定部位特定部1006で所定部位が特定され、その超音波画像が記憶部1004に記憶される。

【0031】

より詳細に所定部位特定部1006は、骨表面を特定する骨表面特定部4001、関節位置を特定する関節位置特定部4002、関節包を特定する関節包特定部4003、関節腔領域を特定する関節腔領域特定部4004、各特定部の特定結果を超音波画像と結び付ける特定結果合成部4005から構成される。特定結果が結び付けられた超音波画像は、再び記憶部1004に記憶され、その結果は病態解析部1007によって利用される。

10

【0032】

以降、所定部位特定部1006および病態解析部1007における一連の処理を、所定部位ごとに説明する。

【0033】

(1) 所定部位が骨表面である場合について説明する。

【0034】

所定部位として骨表面を特定する場合のリウマチ疾患活動性評価のための特徴量定量化処理フローを図17に示す。

20

【0035】

[ステップS101]：骨表面特定(骨表面特定部4001)

ステップS101では、超音波画像から、所定部位として骨表面を特定する。骨表面を特定する方法として、エッジを抽出し、抽出したエッジを各組織に分類する方法の詳細を、図5(A)、図5(B)を用いて説明する。

【0036】

図5(A)の5001と5002は、骨表面特定部4001において最終的に特定される骨表面である。図5(B)は超音波画像内のエッジから骨表面を特定する方法を説明する図であり、超音波画像内のエッジがいずれかの領域に分類されることを示している。すなわち、皮膚に属するエッジ5003、腱に属するエッジ5004、骨に属するエッジ5005である。

30

【0037】

超音波画像からエッジを抽出する方法としては、事前に設定した骨表面の輝度値の代表値、あるいは検査者が外部入力部1009を介して入力する値を閾値として二値化処理を行う方法、Sobelオペレータ、ラプラシアンフィルタ等を用いて微分画像から強勢なエッジを取り出す方法、連続したエッジを抽出するCanny法などが挙げられるが、画像中のエッジを抽出する方法であれば何でもよい。

【0038】

上記方法により、図5(B)のように骨、皮膚、腱、関節包に起因するエッジが超音波画像から取り出される。骨表面のみを特定するためには、超音波画像内のエッジを各組織、すなわち皮膚に属するエッジ5003、腱に属するエッジ5004、骨に属するエッジ5005に分類する必要がある。腱と関節包を区別して分類することは困難であるため、同じセグメントに分類しても構わない。エッジを分類するためには、例えばK-meansやmean-shiftのように、画像上で距離が近いエッジを同じセグメントに分類することが可能な方法であれば何でもよい。この分類結果の中から骨表面に分類されたエッジが骨表面特定部4001の結果として採用される。

40

【0039】

骨表面を抽出する別の方法は、例えばグラフカットや領域拡張法のように、骨を代表する画素から近距離に位置し、また近い画素値をもつ領域を抽出する方法であれば何でもよい。この時、骨表面を代表する画素は自動的に決定してもよいし、外部入力部1009を

50

介して検査者が入力してもよい。同様の方法を用いて骨表面以外の皮膚・腱などの各組織を特定しておいてもよい。

【0040】

あるいは、予め保存しておいた代表的な骨表面の超音波画像をテンプレートとしてマッチング（剛体マッチングや非剛体マッチング）を行う、予め学習しておいた骨表面の特徴量を用いてAdaBoost、サポートベクタマシン、ニューラルネット、ランダムフォレストなどの機械学習方法により骨表面を検出する、などの方法もある。同様の方法を用いて骨表面以外の皮膚・腱などの各組織を特定しておいてもよい。なお、骨表面を特定した結果は、特定結果合成部4005において超音波画像と関連付けられ、記憶部1004に記憶される。

10

【0041】

〔ステップS102〕：骨びらん抽出（病態解析部1007）

リウマチ症状が進行するに従って、骨表面には図6のように骨びらん6001が観測されるようになる。従って、骨表面特定部4001で特定された骨表面の軌跡から骨びらんを抽出し、骨びらの進行度を定量評価することが可能である。

【0042】

Sステップ102では、骨びらんを抽出する。骨びらは骨表面の軌跡が極値を持つ地点として抽出することが可能である。図7（A）、図7（B）、図7（C）を用いて極値から骨びらんを抽出する方法を説明する。骨びらんが存在する骨表面は、骨表面の軌跡7001のように滑らかな骨表面が骨びらんによって凹型に変形する（図7（A）参照）。この凹みを検出するためには、軌跡上の極値を検出すればよい。骨表面の軌跡7001上の極値を検出するためには、超音波画像におけるx軸方向7008とy軸方向7009のそれぞれにおいて軌跡の一階差分を算出する必要がある。一階差分は骨表面の軌跡上で隣り合うi番目の画素7010と（i+1）番目の画素7011のx軸、y軸それぞれの座標位置の差によって定義される（図7（B）参照）。より具体的には式〔数1〕により算出される。

20

【0043】

〔数1〕

$$\dot{x} = x_{i+1} - x_i$$

30

$$\dot{y} = y_{i+1} - y_i$$

【0044】

まず、x軸の原点側から骨表面の軌跡7001の一階差分を計算する。極値7002においては、x軸方向の一階差分の符号が極値7002の画素を境にプラスからマイナスに反転し、画素7003にて再びプラスに反転する。あるいは、画素7004を境にy軸方向の一階差分の符号がマイナスからプラスに反転し、極値7005周辺でプラスからマイナスに再び反転する。一階差分の符号が反転する画素が局所的な領域7006の内部に複数存在する場合、その領域内には骨びらんが存在すると判断することができる。

40

【0045】

骨びらんが存在する局所的な領域を特定する方法を、図7（C）を使って説明する。第一のステップでは局所的な領域7006内に含まれる骨表面の軌跡7001の画素の一階差分を計算し、骨びらんが含まれているかどうかを判断する。なお、画素の一階差分は、x軸、y軸両方向において計算される。第二のステップでは局所的な領域7006を骨表面の軌跡7001に沿って一定距離移動させる。この二つのステップを逐次繰り返すことで、骨びらんが存在する局所的な領域を自動的に特定することができる。一方、骨びらんが存在しない骨表面の軌跡7007について同様に一階差分を計算すると、x軸、y軸と

50

もに一階差分の符号が反転することではなく、従って極値も持たないため、骨びらんが存在しないことが自動的に判定される。

【0046】

〔ステップS103〕：骨びらんの定量化（病態解析部1007）

ステップS103では、リウマチの疾患活動性の評価に用いられる骨びらん（骨表面）を定量化する。

【0047】

図8を用いてステップS103の処理を説明する。図8は局所的な領域7006内の骨表面の軌跡を示しており、骨びらんがある場合の軌跡8001と骨びらんがない場合の軌跡8003を示している。骨表面の滑らかさは、骨表面の軌跡に関数をフィッティングさせ、フィッティング誤差で定量化する。関数8002と関数8004はフィッティングの一例を示している。関数8002は骨びらんがある場合の軌跡8001にフィッティングした例で、関数8004は骨びらんがない場合の軌跡8003にフィッティングした例である。図に示されている通り、骨びらんがある場合の軌跡8001の方が、フィッティング誤差が大きい。また、骨びらんが進行しているほどフィッティング誤差が大きくなる。従って、ステップS102で抽出した骨びらんを含んだ軌跡に対して関数をフィッティングさせ、フィッティング誤差を算出する。

10

【0048】

ここで、フィッティングに使う関数は任意だが、骨びらんの部分がフィットするのは好ましくなく、次数の選択に注意が必要である。なお、骨びらんが複数存在する場合は、各骨びらんのフィッティング誤差を個別に採用してもよいし、複数の骨びらんのフィッティング誤差の最大値、最小値、合計値、平均値、中央値等の統計量を算出しても構わない。

20

【0049】

また、骨表面の軌跡にフィッティングさせる関数は楕円でも構わない。図10に示すように、骨びらんと判定された軌跡10001に楕円関数10002をフィッティングさせることができる。フィッティングの方法には最少二乗法等を用いればよい。骨びらんの定量化する指標としては、軌跡にフィッティングさせた楕円の面積、長径、短径、偏心率等楕円の幾何学的諸量ならばなんでもよい。なお、骨びらんが複数存在する場合は各楕円の幾何学的諸量を個別に採用してもよいし、各楕円の幾何学的諸量の最大値、最小値、合計値、平均値、中央値等の統計量を算出しても構わない。

30

【0050】

なお、先述のように、骨びらんを含んだ局所的な領域の軌跡に関数をフィッティングする方法以外に、骨表面全体の軌跡に関数をフィッティングさせる方法もある。具体的には、骨表面の最深部、あるいは断裂部（関節位置）から左右に分けて、左右それぞれの軌跡に関数をフィッティングさせる方法である。このように骨表面全体の軌跡に関数をフィッティングさせる場合は、ステップS102の骨びらんの抽出は不要である。

【0051】

図9は、骨表面全体の軌跡に関数をフィッティングさせる方法を示す。図9には、軌跡9001にフィッティングさせた関数9002と、軌跡9003にフィッティングさせた関数9004とが描かれている。図9に示されている通り、骨びらんがある場合、フィッティングした関数9002と軌跡9001の誤差は大きくなるため、この場合もフィッティング誤差を定量化することで、骨びらんの存在を知ることができ、リウマチの疾患活動性の評価も可能となる。

40

【0052】

なお、フィッティングに使う関数は任意だが、骨びらんの部分がフィットするのは好ましくなく、次数の選択に注意が必要である。

【0053】

（2）所定部位が関節位置である場合について説明する。

【0054】

所定部位として関節位置を特定する場合のリウマチ疾患活動性評価のための特徴量定量

50

化処理フローを図 18 に示す。

【0055】

〔ステップ S201〕：関節位置特定（関節位置特定部 4002）

ステップ S201 では、超音波画像から、所定部位として関節位置を特定する。関節位置とは、すなわち骨表面の断裂部である。方法として、骨表面特定部 4001 で特定された骨表面の断裂部を検出する方法がある。この処理の詳細を図 11（A）、図 11（B）を用いて説明する。

【0056】

図 11（A）は骨表面特定部 4001 で特定された骨表面 11001 と骨表面 11002 が描画されている。11003、11004、11005 は関節位置特定部 4002 で特定される関節位置を示している。

10

【0057】

関節位置 11003 と関節位置 11004 は、骨表面 11001 と骨表面 11002 が連続していない断裂部を検出することで決定される。なお、予め保存しておいた関節の代表的な超音波画像をテンプレートとしてマッチング（剛体マッチングや非剛体マッチング）を行う、予め学習しておいた関節の特徴量を用いて AdaBoost、サポートベクタマシン、ニューラルネット、ランダムフォレストなどの機械学習方法により関節位置を特定する、などの方法もある。いずれの方法においても、図 11（A）のように二つの骨表面毎に代表画像あるいは特徴量を保存しておき、二つの関節位置を特定してもよいし、図 11（B）のように関節の全体の代表画像あるいは特徴量を保存しておき、二つの骨表面を包括する関節位置 11005 を特定しても構わない。また、骨表面特定部 4001 での骨表面特定結果を用いずに、直接関節位置を特定しても構わない。

20

【0058】

なお、関節位置が特定された結果は、特定結果合成部 4005 において超音波画像と関連付けられて記憶部 1004 に記憶される。

【0059】

〔ステップ S202〕：関節位置間隔の定量化（病態解析部 1007）

ステップ S202 では、S201 で特定された関節位置に対して、リウマチの疾患活動性評価のための定量化を行う。解剖学的には症状が進行するに従って軟骨 2003 と軟骨 2004 が減少していき、骨 2001 と骨 2002 が近接する（図 2 を参照）。従って、超音波画像上では関節位置の間隔が狭小化していく。この間隔を定量化し、リウマチの疾患活動性を評価することが可能である。具体的には、図 11（A）に示された関節位置 11003 と関節位置 11004 の直線距離、あるいは水平距離を定量化する。

30

【0060】

（3）所定部位が関節包である場合について説明する。

【0061】

所定部位として関節包を特定する場合のリウマチ疾患活動性評価のための特徴量定量化処理フローを図 19 に示す。

【0062】

〔ステップ S301〕：関節包特定（関節包特定部 4003）

ステップ S301 では、超音波画像から、所定部位として関節包を特定する。ここでは、関節包特定部 4003 が関節位置特定部 4002 で特定された関節位置の上方に位置する関節包を特定する。この処理の詳細を図 12 を用いて説明する。

40

【0063】

図 12 の 12001 と 12004 は、骨表面 12005 および骨表面 12006 よりも上方にあるエッジである。その中でもエッジ 12004 は、関節包のエッジである。骨表面特定部 4001 で特定された骨表面が 12005 と 12006 であり、関節包のエッジ 12004 と骨表面 12005、骨表面 12006 が接する地点がそれぞれ 12002 と 12003 である。

【0064】

50

解剖学上、関節包 2006 は骨 2003 と 2004 に接しているため（図 2 を参照）、超音波画像上での関節包のエッジも骨表面に接している。超音波画像上では関節腔領域は低輝度、関節包と骨表面は比較的高輝度に描画されるため、輝度差が顕著な境界を検出することで関節包が抽出可能である。従って、二値化方法、Sobel オペレータによる微分画像からのエッジ抽出、Canny 法等を用いて関節位置より上方に位置するエッジ 12001 を複数抽出し、そのエッジの中からエッジの両端が骨表面 12005 と骨表面 12006 上の地点 12002 と地点 12003 に接しているエッジ 12004 を選択することで超音波画像上の関節包を特定することができる。あるいは、骨表面 12005 と骨表面 12006 にエッジが接する地点 12002 と地点 12003 を抽出し、この二つの地点を結ぶエッジ 12004 を関節包として特定する方法でもよい。また、関節位置特定部 4002 での関節位置特定結果を用いずに、直接関節包を特定しても構わない。

10

【0065】

なお、関節位置が特定された結果は、特定結果合成部 4005 において超音波画像と関連付けられて記憶部 1004 に記憶される。

【0066】

〔ステップ S302〕：関節包の定量化（病態解析部 1007）

ステップ S302 では、S301 で特定された関節包に対して、リウマチの疾患活動性評価のための定量化を行う。

【0067】

解剖学的には症状が進行するに従って滑膜 2005 が肥厚するため、滑膜を包括する関節包 2006 も伸展していく（図 2 を参照）。従って、超音波画像上では関節包のエッジが変形していく。従って、関節包の長さ、高さ、幅、面積等を定量化し、リウマチの疾患活動性の評価をすることが可能である。

20

【0068】

関節包の長さ、高さ、幅、面積等を定量化する方法を、図 13（A）、図 13（B）を用いて説明する。

【0069】

関節包の長さは、関節包のエッジ 13001 の長さを以て定量化する。

【0070】

関節包の高さは、関節包のエッジの極大値を示す地点 13002 から、エッジの左端 13003 を通る水平線 13005 と右端 13004 を通る水平線 13006 のそれぞれへ垂直に下した垂直線 13007 と垂直線 13008 の距離を以て定量化する。この時、最大で二本の垂直線が在りうるが、二つの長さを個別に採用してもよいし、最大値、最小値、平均値、合計値等の統計量を算出しても構わない。あるいは関節包のエッジの極大値 13002 から左端 13003 と右端 13004 を結ぶ直線 13010 に垂直に下した垂直線 13011 の長さを以て定量化してもよい。

30

【0071】

関節包の幅は、関節包の左端 13003 と右端 13004 の水平距離 13009、あるいは左端 13003 と右端 13004 を結ぶ直線 13010 の長さを以て定量化する。

【0072】

関節包の面積は、関節包のエッジ 13001 と直線 13010 に囲まれた領域内のピクセル数を合計することで定量化する。

40

【0073】

なお、関節包のエッジの極大値 13002、左端 13003、右端 13004 は、超音波診断装置が自動に決定してもよいし、外部入力 1009 を介して、検査者が決定してもよい。

【0074】

（４）所定部位が関節腔領域である場合について説明する。

【0075】

所定部位として関節腔領域を特定する場合のリウマチ疾患活動性評価のための特徴量定

50

量化処理フローを図 20 に示す。

【0076】

〔ステップ S 401〕：関節腔領域特定（関節腔領域特定部 4004）

ステップ S 401 では、超音波画像から、所定部位として関節腔領域を特定する。関節腔領域特定部は、関節包 3005 と骨表面 3001 と骨表面 3002 に囲まれた関節腔領域 3006 を特定する（図 3 を参照）。関節腔領域を特定するためには、動的輪郭モデルや領域拡張法等を用いて低輝度に描画される関節腔領域 3006 を直接抽出する方法がある。この場合図 14（A）に示されるように、初期探索点 14001 を設定する必要があるが、これは関節位置特定部 4002 で決定された関節位置から自動的に導かれる。例えば、関節位置 14002 と関節位置 14003 の中点から上方に所定の距離離れた位置に初期探索点 14001 を置くことで実現される。なお、外部入力 1009 を介して検査者が初期探索点を入力しても構わない。

10

【0077】

決定された初期探索点 14001 から反復的に探索領域 14004 を拡大していき（図 14（B）参照）、最終的には輝度差が顕著な領域 14005 が関節腔領域として特定される（図 14（C）参照）。なお、この方法で特定された関節腔領域のうち、関節包のエッジ部分のみを抽出し、骨表面に関しては骨表面特定部の結果を流用してもよい。また、関節位置特定部 4002 での関節位置特定結果を用いずに、直接関節腔領域を特定しても構わない。

20

【0078】

なお、関節腔領域が特定された結果は、特定結果合成部 4005 において超音波画像と関連付けられて記憶部 1004 に記憶される。

【0079】

〔ステップ S 402〕：関節腔領域の定量化（病態解析部 1007）

ステップ S 402 では、S 401 で特定された関節腔領域に対して、リウマチの疾患活動性評価のための定量化を行う。関節腔領域の定量化方法を、図 15（A）、図 15（B）を用いて説明する。

【0080】

図 15（A）には関節腔領域 15001、関節腔領域の高さ 15002、関節腔領域の幅 15003、超音波画像の x 軸方向 15004、y 軸方向 15005 が描かれている。図 15（B）には、関節位置特定部 4002 で特定された関節位置から関節包の両端へ向かう矢印 15006、関節腔領域の角度 15007 が描かれている。

30

【0081】

関節腔領域内の定量化指標としては、関節腔領域 15001 の面積、幅、高さ、角度が挙げられる。

【0082】

関節腔領域の面積は関節腔領域内のピクセル数をカウントすることで定量化される。

【0083】

関節腔領域の幅は、関節腔領域 15001 の x 軸方向 15004 の最大値と最小値の差、あるいは関節包特定部で特定された関節包の左端と右端の x 軸上の座標差を以って定量化する。

40

【0084】

関節腔領域の高さは、関節腔領域 15001 の y 軸方向 15005 の最大値と最小値の差を以って定量化する。

【0085】

関節腔領域の角度は、関節位置特定部 4002 で特定された関節位置の中心から関節腔領域の両端へ向かう矢印 15006 が成す角 15007 の角度として定量化される。関節腔領域の両端は x 軸方向の最大値と最小値でもよいし、関節包特定部 4003 で特定された関節包の左端と右端でも構わない。

【0086】

50

関節腔領域の別の定量化方法を、図 16 を用いて説明する。

【0087】

図 16 には関節腔領域特定部 4004 で特定された関節腔領域 16001 と血流信号 16002 と血流信号 16003 が描かれている。リウマチの疾患活動性評価のための定量化は、関節腔領域内において観測される血流信号 16002 を計測することでも可能である。なお、関節腔領域以外で観測される血流信号 16007 は計測しない。定量化の指標としては、関節腔領域内に観測される血流信号 16002 の総面積、関節腔領域 16001 の面積に対する血流信号 16002 の総面積の割合、連続した領域として計測される血流信号の個数が挙げられる。さらに、これらの指標に血流信号の位置と関連付けて定量化することも可能である。病状が進行すると血流信号は関節腔領域の上方にも観測されるからである。

10

【0088】

まず、関節腔領域を横断する直線を、関節腔領域の上方と下方を区別する境界線 16004 として設定する。この境界線 16004 は関節包特定部 4003 で特定された関節包の左端と右端、あるいは x 軸方向で関節腔領域の最小値と最大値を示す点、を結ぶ直線として自動的に設定してもよいし、外部入力 1009 を介して検査者が設定してもよい。

【0089】

次に、境界線 16004 の上方に位置する血流信号 16002 と下方に位置する血流信号 16003 の二つのカテゴリに区別して、それぞれの領域において血流信号の総面積、関節腔領域 16001 の面積に対する血流信号の総面積の割合、連続した領域として計測される血流信号の個数を定量化する。

20

【0090】

また、境界線 16004 の上方と下方に位置する血流のそれぞれに係数を設定し、式 [数 2] に従って定量評価値の重み付き平均として定量化することも可能である。

【0091】

【数 2】

$$Value = \omega_1 Q_1 + \omega_2 Q_2$$

【0092】

ω_1 は境界線 16004 の上方に位置する血流信号に付与された係数、 Q_1 は境界線の上方に位置する血流信号から導かれる定量化値、 ω_2 は境界線 16004 の下方に位置する血流信号に付与された係数、 Q_2 は境界線 16004 の下方に位置する血流信号から導かれる定量化値である。 Q_1 と Q_2 は、上方／下方それぞれに位置する血流信号の総面積、関節腔領域 16001 の面積に対する血流信号の総面積の割合、連続した領域として計測される血流信号の個数のいずれかであり、 Q_1 と Q_2 には同じ種類の定量化評価値を用いることが好ましい。

30

【0093】

また、境界線 16004 から血流信号の位置までの垂直距離を定量化に用いてもよい。図 16 に示されているように、血流信号 16002 から境界線 16004 に垂直におろした垂直線 16005 の距離と血流信号 16003 から境界線 16004 に垂直におろした垂直線 16006 の距離を評価値とする。このとき、境界線 16004 の上方に位置する血流信号に対しては境界線 16004 から遠方に位置するほど高い評価値に、境界線 16004 の下方に位置する血流信号に対しては境界線 16004 から遠方に位置するほど低い評価値になるように予め設定しておく。そして、境界線 16004 から血流信号まで距離、すなわち評価値の合計値を以って、定量化値とする。あるいは、距離による評価値を重みとみなして個々の血流信号の評価値の重み平均を以って定量化値としてもよい。例えば、境界線 16004 から個々の血流信号まで距離による評価値を l_n 、個々の血流信号の面積を V_n として、式 [数 3] により重み平均された血流信号の総面積が算出される。

40

【0094】

50

【数 3】

$$Value = l_1 V_1 + l_2 V_2 + \dots$$

【0095】

この場合、血流の位置と面積を包括的に評価可能な定量化値を定義できる。なお、 V_n には関節腔領域16001の面積に対する血流信号の総面積の割合、連続した領域として観測される血流信号の個数を用いても構わない。

【産業上の利用可能性】

【0096】

本発明にかかる超音波診断装置は、関節リウマチ診断における疾患活動性の評価に利用可能性がある。

【符号の説明】

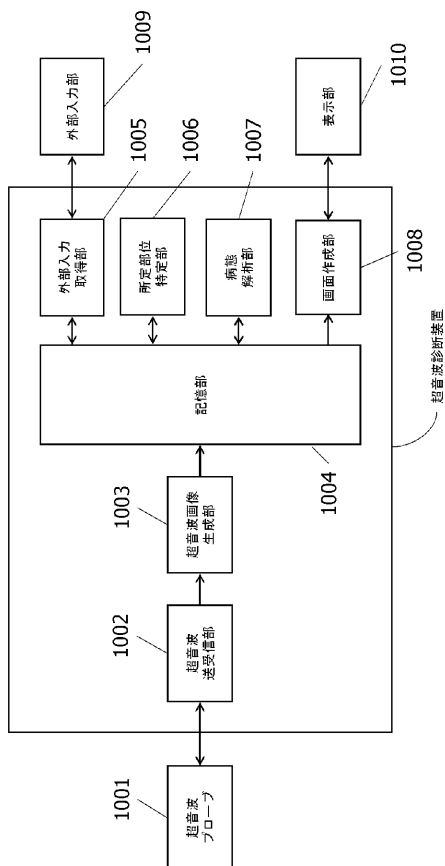
【0097】

1001	超音波プローブ	
1002	超音波送受信部	
1003	超音波画像生成部	
1004	記憶部	
1005	外部入力取得部	
1006	所定部位特定部	10
1007	病態解析部	
1008	画面作成部	
1009	外部入力部	
1010	表示部	
2001	骨	
2002	骨	
2003	軟骨	
2004	軟骨	
2005	滑膜	
2006	関節包	20
3001	骨表面	
3002	骨表面	
3003	皮膚	
3004	腱	
3005	関節包	
3006	関節腔領域	30
3007	関節包	
3008	骨皮質の破壊	
3009	血流信号	
4001	骨表面特定部	40
4002	関節位置特定部	
4003	関節包特定部	
4004	関節腔領域特定部	
4005	特定結果合成部	
5001	骨表面	
5002	骨表面	
5003	皮膚に属するエッジ	
5004	腱に属するエッジ	
5005	骨に属するエッジ	
6001	骨びらん	50

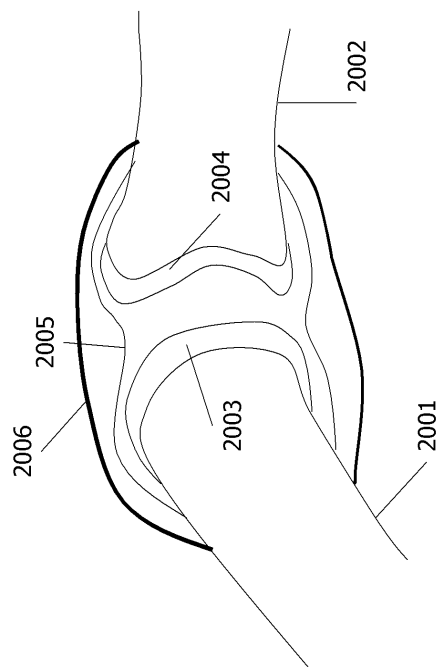
7 0 0 1	骨表面の軌跡	
7 0 0 2	極値	
7 0 0 3	画素	
7 0 0 4	画素	
7 0 0 5	極値	
7 0 0 6	局所的な領域	
7 0 0 7	骨表面の軌跡	
7 0 0 8	x 軸方向	
7 0 0 9	y 軸方向	
7 0 1 0	画素	10
7 0 1 1	画素	
8 0 0 1	軌跡	
8 0 0 2	関数	
8 0 0 3	軌跡	
8 0 0 4	関数	
9 0 0 1	軌跡	
9 0 0 2	関数	
9 0 0 3	軌跡	
9 0 0 4	関数	
1 0 0 0 1	軌跡	20
1 0 0 0 2	楕円関数	
1 1 0 0 1	骨表面	
1 1 0 0 2	骨表面	
1 1 0 0 3	関節位置	
1 1 0 0 4	関節位置	
1 1 0 0 5	関節位置	
1 2 0 0 1	エッジ	
1 2 0 0 2	関節包と骨の接地点	
1 2 0 0 3	関節包と骨の接地点	
1 2 0 0 4	関節包のエッジ	30
1 2 0 0 5	骨表面	
1 2 0 0 6	骨表面	
1 3 0 0 1	関節包のエッジ	
1 3 0 0 2	極大値	
1 3 0 0 3	左端	
1 3 0 0 4	右端	
1 3 0 0 5	水平線	
1 3 0 0 6	水平線	
1 3 0 0 7	垂直線	
1 3 0 0 8	垂直線	40
1 3 0 0 9	水平距離	
1 3 0 1 0	直線	
1 3 0 1 1	垂直線	
1 4 0 0 1	初期探索点	
1 4 0 0 2	関節位置	
1 4 0 0 3	関節位置	
1 4 0 0 4	探索領域	
1 4 0 0 5	関節腔領域	
1 5 0 0 1	関節腔領域	
1 5 0 0 2	関節腔の高さ	50

- 1 5 0 0 3 関節腔領域の幅
- 1 5 0 0 4 x 軸方向
- 1 5 0 0 5 y 軸方向
- 1 5 0 0 6 矢印
- 1 5 0 0 7 関節腔領域の角度
- 1 6 0 0 1 関節腔領域
- 1 6 0 0 2 血流信号
- 1 6 0 0 3 血流信号
- 1 6 0 0 4 境界線
- 1 6 0 0 5 垂直線
- 1 6 0 0 6 垂直線
- 1 6 0 0 7 血流信号

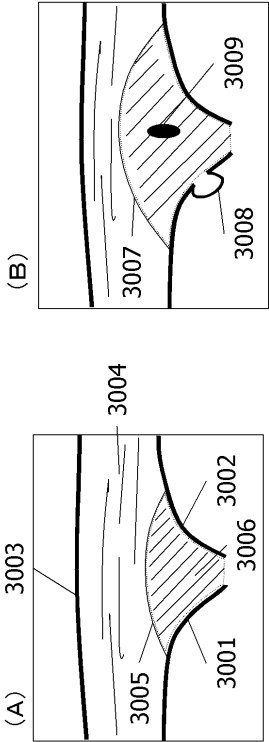
【図 1】



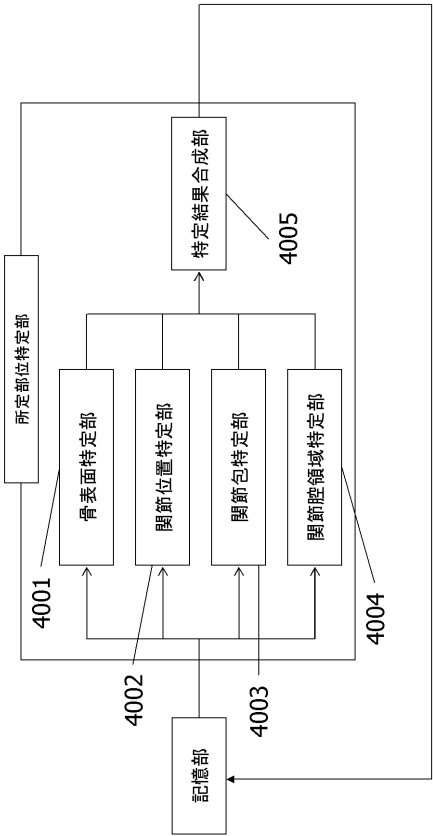
【図 2】



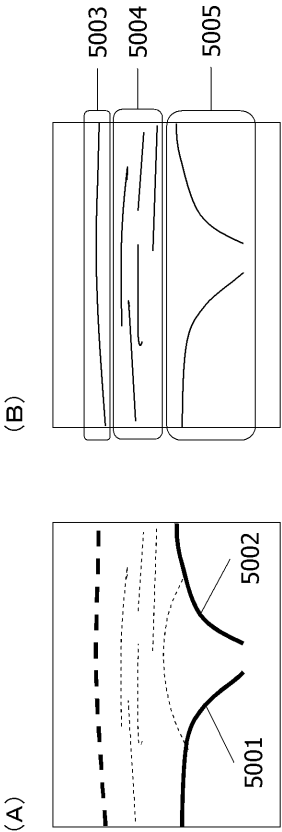
【図 3】



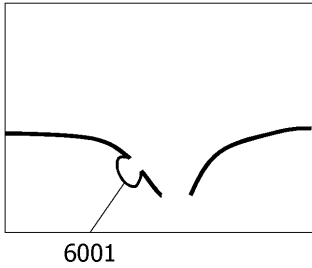
【図 4】



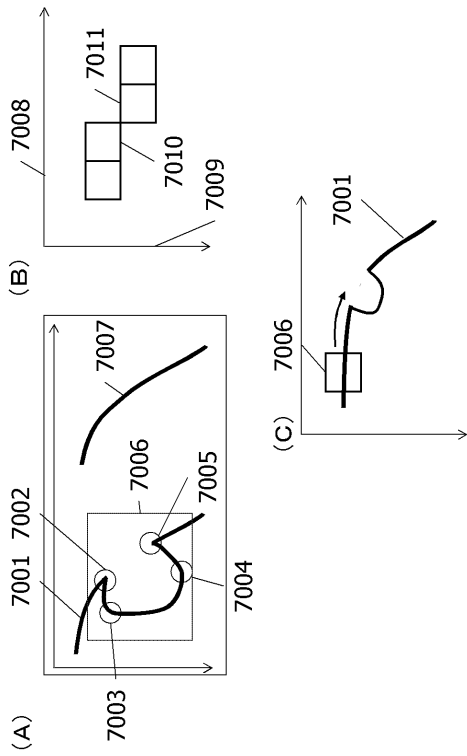
【図 5】



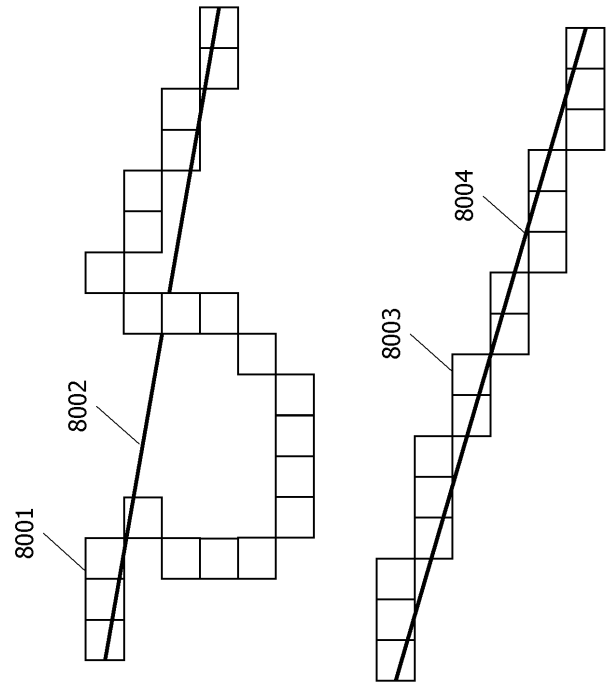
【図 6】



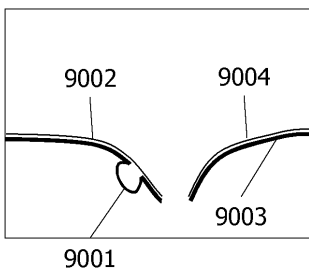
【図 7】



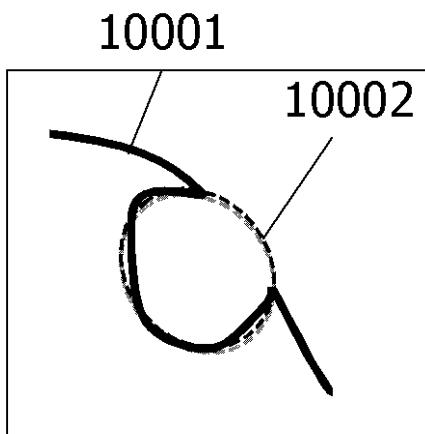
【図 8】



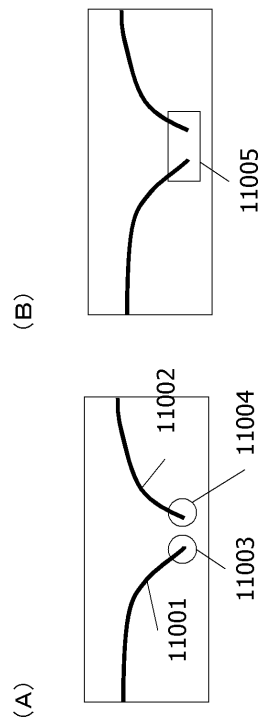
【図 9】



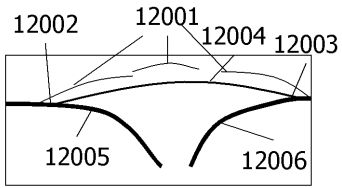
【図 10】



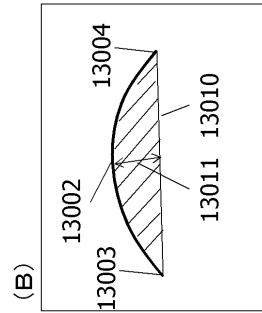
【図 11】



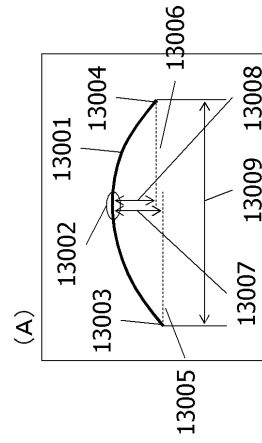
【図 1 2】



【図 1 3】

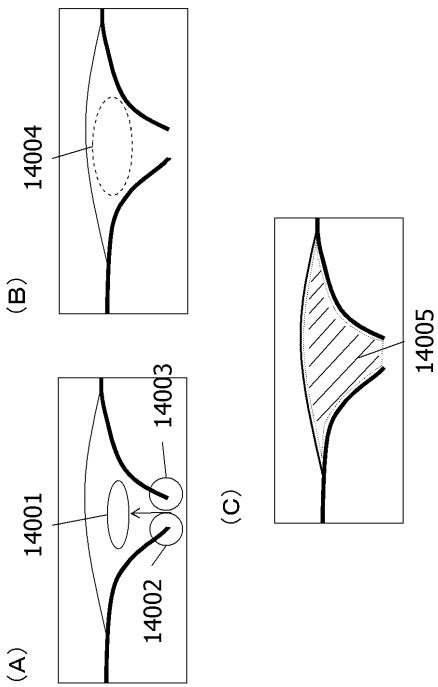


(B)

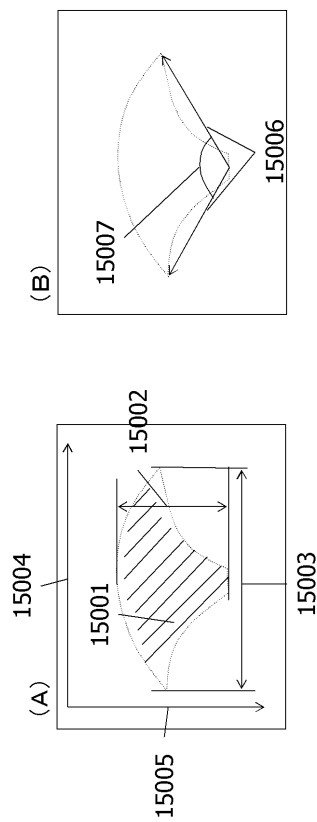


(A)

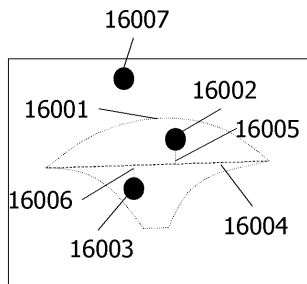
【図 1 4】



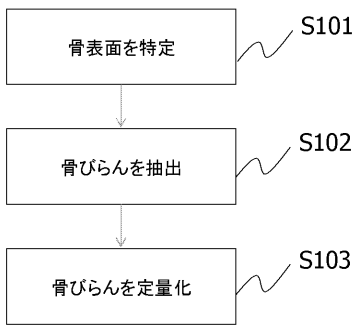
【図 1 5】



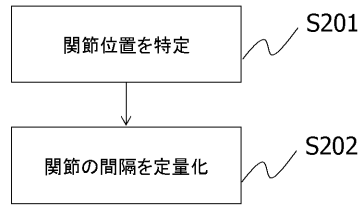
【図 16】



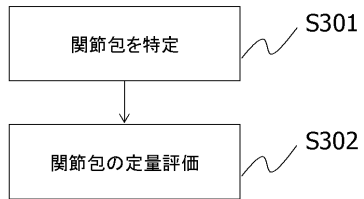
【図 17】



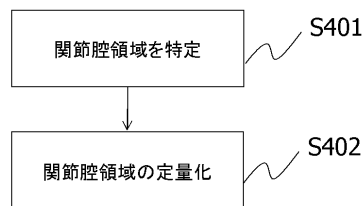
【図 18】



【図 19】



【図 20】



专利名称(译)	超声波诊断装置，图像处理方法和程序		
公开(公告)号	JP2015039466A	公开(公告)日	2015-03-02
申请号	JP2013171033	申请日	2013-08-21
[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	松本悠希 高木一也		
发明人	松本 悠希 高木 一也		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/DD10 4C601/DD26 4C601/EE09 4C601/JC08 4C601/JC09 4C601/JC11 4C601/JC12 4C601/JC13 4C601/JC37		
代理人(译)	中岛四郎		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种超声诊断设备，用于在使用超声诊断设备诊断类风湿性关节炎时全面，客观地定量评估类风湿性关节炎的疾病活动性。超声波诊断装置包括骨表面，关节位置，关节囊或关节腔区域，该关节表面或关节腔区域是根据通过将超声探头1001施加到测量目标部分而获得的超声图像构成关节的部分。可替代地，其包括识别多个预定部位的预定部位识别单元1006，以及量化所识别的预定部位内的特征量的病理状况分析单元1007。[选型图]图1

