

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2015 年 9 月 17 日(17.09.2015)



(10) 国際公開番号  
**WO 2015/137131 A1**

- (51) 国際特許分類:  
**A61B 8/08** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/055567
- (22) 国際出願日: 2015 年 2 月 26 日(26.02.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2014-048884 2014 年 3 月 12 日(12.03.2014) JP
- (71) 出願人: 古野電気株式会社(FURUNO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 喜屋武 弥(KIYAN, Wataru); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 川浪 敏志(KAWANAMI, Satoshi); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

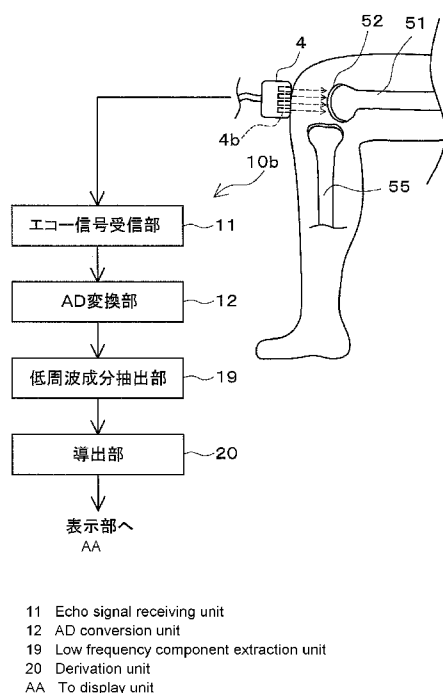
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ULTRASOUND DIAGNOSTIC DEVICE AND ULTRASOUND DIAGNOSTIC METHOD

(54) 発明の名称: 超音波診断装置、及び超音波診断方法



(57) Abstract: [Problem] To accurately detect the shape of cartilage, and to derive information relating to said cartilage on the basis of accurately detected echoes from the cartilage. [Solution] This ultrasound diagnostic device is provided with an ultrasound transmitting unit (4b) and an ultrasound receiving unit (4b), a low frequency component extraction unit (19) and a derivation unit (20). In a state in which the wave transmitting/receiving surface, where the ultrasound waves are sent and received, is positioned fixed relative to the cartilage (52), the ultrasound transmitting unit (4b) transmits ultrasound waves at the cartilage (52) in multiple bending states in which a second bone (55) is bent at different angles to a first bone (51). The ultrasound receiving unit (4b) receives an echo signal in each of the multiple bending states. From the echo signal, the low frequency component extraction unit (19) extracts low-frequency echo data, which is echo data of a frequency component lower than a prescribed frequency for the frame direction. The derivation unit (20) derives information relating to the cartilage on the basis of the low-frequency echo data.

(57) 要約: 【課題】軟骨の形状を正確に検出するとともに、精度よく検出された軟骨のエコーに基づいて該軟骨に関する情報を導出する。【解決手段】超音波診断装置は、超音波送信部 4b 及び超音波受信部 4b と、低周波成分抽出部 19 と、導出部 20 と、を備えている。超音波送信部 4b は、超音波の送受信が行われる送受波面の軟骨 52 に対する相対位置が固定された状態における、第 1 の骨部 51 に対する第 2 の骨部 55 の屈曲角度が異なる複数の屈曲状態のそれぞれにおいて、軟骨 52 に超音波を送信する。超音波受信部 4b は、複数の屈曲状態のそれぞれにおいて、各フレームにおけるエコー信号を受信する。低周波成分抽出部 19 は、エコー信号から、フレーム方向について所定周波数より低い周波数成分のエコーデータである低周波エコーデータを抽出する。導出部 20 は、低周波エコーデータに基づいて、軟骨に関する情報を導出する。

## 明 細 書

**発明の名称：**超音波診断装置、及び超音波診断方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、軟骨の状態を診断するための超音波診断装置、及び超音波診断方法に関する。

### 背景技術

[0002] 従来より、軟骨の状態を解析するために、軟骨に向かって送信された超音波の反射エコーに基づいて、軟骨に関する情報を導出する超音波診断装置が知られている。例えば、特許文献1に開示される超音波診断装置では、膝軟骨に向かって送信される超音波ビームのエコー信号のエコーレベルのエッジ抽出を行うことにより、軟骨と、該軟骨に隣接する他の組織との境界を抽出している。そして、当該抽出された境界に基づき、軟骨の形状を抽出している。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-125号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、軟骨と、該軟骨に隣接する他の組織との間のエコーレベルの差が小さい場合、上述のようなエッジ抽出が正確に行われず、両者の間の境界の推定精度が低くなるおそれがある。そうすると、軟骨の形状を正確に検出することができない。

[0005] 本発明は、上記課題を解決するためのものであり、その目的は、軟骨の形状を正確に検出するとともに、精度よく検出された軟骨のエコーに基づいて該軟骨に関する情報を導出することである。

#### 課題を解決するための手段

[0006] (1) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係る超音波診断

装置は、第1の骨部の端部と第2の骨部の端部とを含む関節部を覆う軟部組織を介して、前記第1の骨部の端部の軟骨に向かって超音波を送信する超音波送信部と、該超音波送信部から送信された超音波のエコー信号を受信する超音波受信部と、を備え、該超音波受信部で受信された前記エコー信号に基づいて前記軟骨の変性度を診断するための超音波診断装置であって、前記超音波送信部は、前記超音波の送受信が行われる送受波面の前記軟骨に対する相対位置が固定された状態における、前記第1の骨部に対する前記第2の骨部の屈曲角度が異なる複数の屈曲状態のそれぞれにおいて、前記軟骨に超音波を送信し、前記超音波受信部は、前記複数の屈曲状態のそれぞれにおいて、前記軟骨の深さ方向と該深さ方向に直交する方向とで特定される各フレームにおけるエコー信号を受信し、前記超音波診断装置は、前記超音波受信部で受信されたエコー信号から、複数の前記フレームの整列方向であるフレーム方向について、所定周波数より低い周波数成分のエコーデータである低周波エコーデータを抽出する低周波成分抽出部と、前記低周波成分抽出部で抽出された前記低周波エコーデータに基づいて、前記軟骨に関する情報を導出する導出部と、を更に備えている。

[0007] (2) 好ましくは、前記第2の骨部は、前記複数の屈曲状態のうち前記屈曲角度が最も大きい第1屈曲状態と、前記屈曲角度が最も小さい第2屈曲状態との間において、所定周期で屈曲動作を行い、前記超音波送信部は、所定の時間間隔で超音波を送信する。

[0008] (3) 更に好ましくは、前記所定周波数は、前記所定周期の逆数として表される周波数よりも低い周波数として設定されている。

[0009] (4) 好ましくは、前記導出部は、前記低周波エコーデータに基づいて、前記軟骨に関する情報としてのエコー画像を生成するエコー画像生成部を有している。

[0010] (5) 好ましくは、前記低周波成分抽出部は、前記フレーム方向に整列した前記フレーム毎のエコーデータで構成され、前記フレーム方向、前記軟骨

の深さ方向、及び、前記フレーム方向及び前記深さ方向の両方に直交する方向、で特定される３次元エコーデータ、に対して、少なくとも前記フレーム方向にフーリエ変換を行うフーリエ変換部と、前記フーリエ変換部でフーリエ変換が行われた前記３次元エコーデータから前記低周波エコーデータを抽出するローパスフィルタ部と、を有している。

[0011] （６）更に好ましくは、前記フーリエ変換部は、前記３次元エコーデータに対して３次元フーリエ変換を行い、前記導出部は、前記フーリエ変換部でフーリエ変換された前記３次元エコーデータから、前記フレーム方向における低周波の２次元エコーデータである低周波２次元エコーデータを選択する選択部と、前記選択部で選択された前記低周波２次元エコーデータにおける原点を通過する基準線に対して設定される複数の角度位置のそれぞれに対応する領域内のエコー強度を合計して合計値を算出し、各前記角度位置に対する各前記合計値をスペクトル角度特性として算出するスペクトル角度特性算出部と、前記スペクトル角度特性算出部で算出された前記スペクトル角度特性において、前記合計値が、前記スペクトル角度特性のピーク値に対する所定の割合となる角度の幅を算出する角度幅算出部と、を有している。

[0012] （７）更に好ましくは、前記超音波診断装置は、前記フレーム毎のエコーデータのいずれか１つにおいて、前記軟骨の深さ方向及び該深さ方向に直交する方向で特定され、前記軟骨を含み且つ該軟骨が付着する軟骨下骨を除く領域である解析領域、を設定する解析領域設定部を更に備え、前記選択部は、前記解析領域設定部で設定された前記解析領域内に含まれる前記低周波２次元エコーデータを選択する。

[0013] （８）好ましくは、前記超音波診断装置は、前記第１の骨部として的大腿骨、及び前記第２の骨部としての脛骨、に対して用いられる。

[0014] （９）更に好ましくは、前記送受波面は、法線方向が、前記軟骨に向かい且つ該大腿骨が延びる方向に沿って配置される。

[0015] （１０）好ましくは、前記超音波診断装置は、前記導出部で導出された前記軟骨に関する情報が表示される表示部、を更に備えている。

[0016] (11) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係る超音波診断方法は、第1の骨部の端部と第2の骨部の端部とを含む関節部を覆う軟部組織を介して、前記第1の骨部の端部の軟骨に向かって超音波を送信するステップと、前記超音波を送信するステップで送信された超音波のエコー信号を受信するステップと、を含み、前記エコー信号を受信するステップで受信された前記エコー信号に基づいて前記軟骨の変性度を診断するための超音波診断方法であって、前記超音波を送信するステップでは、前記超音波の送受信が行われる送受波面の前記軟骨に対する相対位置が固定された状態における、前記第1の骨部に対する前記第2の骨部の屈曲角度が異なる複数の屈曲状態のそれぞれにおいて、前記軟骨に超音波が送信され、前記エコー信号を受信するステップでは、前記複数の屈曲状態のそれぞれにおいて前記軟骨の深さ方向と該深さ方向と交差する方向とで特定される各フレームにおけるエコー信号が受信され、複数の前記フレームの整列方向であるフレーム方向について、所定周波数より低い周波数成分のエコーデータである低周波エコーデータを抽出するステップと、前記低周波エコーデータに基づいて前記軟骨に関する情報を導出するステップと、を更に含む。

### 発明の効果

[0017] 本発明によれば、軟骨の形状を正確に検出できるとともに、精度よく検出された軟骨のエコーに基づいて該軟骨に関する情報を導出できる。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の実施形態に係る超音波診断装置の構成を示すブロック図、及び、超音波診断装置のプロープがセットされた状態の患者の膝を模式的に示す断面図、である。

[図2]超音波送信時における膝関節の状態を示す模式図であって、(A)は、装置使用時において大腿骨と脛骨との間の角度（屈曲角度）が最も大きい状態（第1屈曲状態）を示す図、(B)は、屈曲角度が最も小さい状態（第2屈曲状態）を示す図、である。

[図3]図1に示す超音波診断装置の信号処理部の構成を示すブロック図である。

[図4]図3に示す解析領域設定部の構成の一例を示すブロック図である。

[図5]A/D変換部から出力されたエコーデータに基づくエコー画像であって、注目領域の設定について説明するための図である。

[図6]エコー画像生成部によって生成されたエコー画像の一例を示す図である。

[図7]図3に示す特徴量算出部の構成を示すブロック図である。

[図8]3次元DFT処理部から出力された3次元エコーデータから得られるパワースペクトル $S^2$ から選択された低周波成分のパワースペクトルを示す図である。

[図9]図8で示すパワースペクトルからスペクトル角度特性を算出するための手法について説明するための図である。

[図10]図9で示す手法によって得られたスペクトル角度特性の一例を示す波形である。

[図11]軟骨のエコー画像であって、(A)は正常な軟骨のエコー画像の一例、(B)は変性した軟骨のエコー画像の一例、である。

[図12]図11(B)に示す変性した軟骨のエコーデータを逆フーリエ変換して得られるエコーデータの画像である。

[図13]正常な軟骨のスペクトル角度特性を示す波形と、変性した軟骨のスペクトル角度特性を示す波形とを重ねて表示する図であって、両者の違いを説明するための図である。

[図14]超音波診断装置の動作を説明するためのフローチャートである。

[図15]特徴量を算出するステップで行われる各ステップを示すフローチャートである。

[図16]変形例に係る超音波診断装置の構成を示すブロック図である。

[図17]変形例に係る超音波診断装置の信号処理部の構成を示すブロック図である。

[図18]変形例に係る超音波診断装置の信号処理部の構成を示すブロック図である。

### 発明を実施するための形態

[0019] 本発明の実施形態に係る超音波診断装置1について、図を参照して説明する。図1は、本発明の実施形態に係る超音波診断装置1の構成を示す模式図である。超音波診断装置1は、患者の膝における、大腿骨（第1の骨部）の近位端の軟骨の状態（変性度）を診断するためのものである。具体的には、超音波診断装置1では、詳しくは後述するが、上述した膝軟骨の変性度を示す指標が算出され、ユーザ（例えば医師）は、当該指標から患者の膝軟骨を診断することができる。

[0020] [全体構成]

超音波診断装置1は、図1に示すように、操作部2と、制御部3と、プローブ4と、信号処理部10と、表示部5と、を備えている。

[0021] 操作部2は、例えば、キーボード又はタッチパネル等で構成され、ユーザの操作入力を受け付ける。操作部2は、ユーザの操作入力に応じて、軟骨表面を検出する処理の実行開始を制御部3へ指示する。また、操作部2は、ユーザの操作入力に応じて、表示態様を設定もしくは切り替える指示を、表示部5に出力する。なお、この操作部2は、表示部5に組み込まれたものであってもよい。

[0022] 制御部3は、パルス状の超音波信号を生成し、当該超音波信号がプローブ4から送信されるように、プローブ4を制御する。

[0023] プローブ4は、送受波面4aに平行な方向へ配列された複数の振動子4bを備える（図1参照）。この振動子4bの配列方向が走査方向（図1におけるX方向、軟骨52の深さ方向と直交する方向）となる。各振動子4bは、超音波信号を、所定の時間間隔で軟骨52に向けて送信する超音波送信部として設けられている。また、各振動子4bは、送信された超音波信号のエコ信号を受信する超音波受信部として設けられている。

[0024] プローブ4は、図1に示すように、当該プローブ4の送受波面4aの法線

方向が、大腿骨 5 1 の軟骨 5 2 に向かい且つ大腿骨 5 1 の近位から遠位側へ向かう方向となるように（すなわち、大腿骨 5 1 が延びる方向に沿うように）、膝の軟部組織 6 0 の表面に当てられる。これにより、超音波が軟骨 5 2 の深さ方向に沿って送信される。ここで、図 1 に示すように、軟部組織 6 0 は、大腿骨 5 1 の軟骨 5 2 よりも膝の表面側に存在する部位であって、皮膚及び筋肉等で構成されている。軟骨 5 2 は、軟骨下骨 5 3 に付着しており、軟骨下骨 5 3 は、海綿骨 5 4 に結合した組織である。

[0025] 図 2 は、超音波送信時における膝関節 5 0 の状態を示す模式図である。図 2 に示すように、超音波診断装置 1 では、大腿骨 5 1 に対する脛骨 5 5（第 2 の骨部）の屈曲角度が異なる複数の屈曲状態のそれぞれにおいて、各振動子 4 b から超音波が送信されるとともに、送信された超音波の反射波が各振動子 4 b によって受信される。各屈曲状態で得られたエコー信号は、それぞれ、信号処理部 1 0 へ出力される。

[0026] 本実施形態では、例えば一例として、医師が、患者の脚における膝から下の部分（以下、膝下部と称する場合もある）を所定周期で曲げ伸ばしする間、各振動子 4 b が、所定の時間間隔で超音波を送信する。具体的には、医師は、患者の膝の状態が、図 2（A）に示す第 1 屈曲状態と図 2（B）に示す第 2 屈曲状態との間で繰り返されるように、患者の膝下部の曲げ伸ばしを所定周期（一例として、10 秒）で行う。この間、各振動子 4 b は、一定の時間間隔で超音波を送信するとともに、第 1 屈曲状態と第 2 屈曲状態との間の各屈曲状態において送信された前記超音波のエコー信号を受信する。

[0027] 上述のように患者の膝下部が曲げ伸ばしされる際、プローブ 4 は、大腿骨 5 1 に対する相対位置が固定される。これにより、膝の曲げ伸ばしの際、プローブ 4 に対する軟骨 5 2 の位置が概ね同じとなるのに対し、プローブ 4 に対する軟部組織 6 0 の位置は、所定の周期性で（上記所定の周期で）変化する。

[0028] 信号処理部 1 0 は、上述のように各振動子 4 b が受信したエコー信号に基づいて軟骨 5 2 の状態を解析し、その解析結果を表示部 5 へ出力する。信号

処理部 10 の詳細な構成及び動作については、詳しくは後述する。

[0029] 表示部 5 は、信号処理部 10 で解析された軟骨 52 の解析結果を表示する。具体的には、表示部 5 には、軟骨 52 の形状を示すエコー画像が表示される。また、表示部 5 には、信号処理部 10 で算出された、軟骨の状態を示す指標としての特徴量が表示される。ユーザは、これらのエコー画像及び特徴量から、患者の膝の軟骨 52 の状態を診断する。

[0030] [信号処理部の構成]

図 3 は、本実施形態に係る超音波診断装置 1 の信号処理部 10 の構成を示すブロック図である。信号処理部 10 は、図 3 に示すように、エコー信号受信部 11 と、A/D 変換部 12 と、解析領域設定部 13 と、3 次元 DFT 処理部 14 と、LPF 処理部 15 と、3 次元 IDFT 処理部 16 と、エコー画像生成部 17 と、特徴量算出部 18 と、を備えている。信号処理部 10 は、CPU、RAM 及び ROM（図示せず）等を含むハードウェアを用いて構成されている。また、信号処理部 10 は、ROM に記憶された信号処理プログラムを含むソフトウェアを用いて構成されている。

[0031] 上記信号処理プログラムは、本発明の一実施形態における信号処理方法を、信号処理部 10 に実行させるためのプログラムである。このプログラムは、外部からインストールできる。このインストールされるプログラムは、例えば、記録媒体に格納された状態で流通する。上記ハードウェアとソフトウェアとは、協働して動作するように構成されている。これにより、信号処理部 10 を、上述したエコー信号受信部 11、A/D 変換部 12、解析領域設定部 13、等として機能させることができる。

[0032] エコー信号受信部 11 は、図 2 を参照して説明した複数の屈曲状態のそれぞれで得られたエコー信号に対して所定の増幅処理を行い、A/D 変換部 12 へ出力する。

[0033] A/D 変換部 12 は、エコー信号を所定の時間間隔でサンプリングすることで、離散データ化する。この離散データ化されたエコー信号がエコーデータ

となる。これにより、走査方向 $x$ と深度方向 $z$ とで特定される2次元のエコーデータを、複数枚（複数フレーム枚）、得ることができる。すなわち、AD変換部12によって、3次元エコーデータを得ることができる。AD変換部12は、当該エコーデータを解析領域設定部13へ出力する。

[0034] 図4は、解析領域設定部13の構成の一例を示すブロック図である。解析領域設定部13は、軟骨52の状態を診断するために不要な軟骨下骨53からのエコー信号を除く領域を、解析領域として設定する。解析領域設定部13は、図4に示すように、注目領域設定部13aと、エコーレベル差算出部13bと、判定部13cと、設定部13dと、を有している。

[0035] 図5は、AD変換部12から出力されたエコーデータに基づくエコー画像であって、注目領域の設定について説明するための図である。図5は、プローブ4の走査方向（図5における $x$ 方向）と軟骨の深さ方向（図5における $z$ 方向）とで特定される領域のエコー画像として図示されている。

[0036] 注目領域設定部13aは、図5に示すように、走査方向（ $X$ 方向）に細長い矩形状のエリアを注目領域 $R_n$ （ $n = 1, 2, \dots, N$ ）として設定する。注目領域 $R_n$ は、第1領域 $R_A$ と第2領域 $R_B$ とで構成される。第1領域 $R_A$ は、注目領域 $R$ における膝表面側の領域である。第2領域 $R_B$ は、注目領域 $R$ における第1領域 $R_A$ よりも深度方向（ $Z$ 方向）が深い側の領域であって、該第1領域 $R_A$ よりも深度方向の幅が短い領域である。注目領域設定部13aは、注目領域 $R_n$ を、深度方向における深い側へ所定間隔ずつずらしながら、複数回、設定する。

[0037] エコーレベル差算出部13bは、第1領域内の全サンプルのエコー強度の平均値（第1平均値）と、第2領域内の全サンプルのエコー強度の平均値（第2平均値）とを算出し、第1平均値から第2平均値を減算して減算値を算出する。エコーレベル差算出部13bは、当該減算値を、複数回に亘って設定される上記注目領域 $R_n$ のそれぞれに対して、算出する。

[0038] 判定部13cは、複数回に亘って設定される注目領域 $R_n$ のそれぞれに対し

て算出される複数の上記減算値の中から、最も値が小さい減算値を選択し、当該減算値が算出された注目領域  $R_N$  を、軟骨下骨が含まれる領域である軟骨下骨領域であると判定する。

[0039] 設定部 13d は、上記判定部 13c で判定された軟骨下骨領域の除く領域、具体的には、軟骨下骨領域よりも浅い側の矩形領域を、解析領域として設定する。

[0040] 3次元DFT処理部 14（フーリエ変換部）は、解析領域設定部 13で設定された解析領域内のエコーデータに、3次元DFT（Discrete Fourier Transformation、離散フーリエ変換）処理を行う。これにより、実空間領域及び時間領域のデータを含む3次元エコーデータを、波数空間領域及び周波数領域のデータを含む3次元エコーデータに変換することができる。当該3次元エコーデータは、LPF処理部 15及び特徴量算出部 18に出力される。

[0041] LPF処理部 15（ローパスフィルタ部）は、3次元DFT処理部 14から出力された3次元エコーデータについて、フレーム方向にLPF処理（ローパスフィルタ処理）を行う。これにより、周波数が低いエコーデータ（膝を屈曲させても位置が概ね変化しない軟骨 52のエコー）から、周波数が高いデータ（膝を屈曲させると位置が変化する軟部組織 60のエコー）を取り除くことができる。本実施形態では、膝の曲げ伸ばしが行われる所定周期の逆数として表される周波数（例えば0.1Hz）よりも低い周波数がカットオフ周波数として設定されており、当該カットオフ周波数よりも高い周波数成分がカットされる。これにより、上記所定周期よりも十分に周期が小さい軟骨 52のエコー信号から、上記所定周期とほぼ同じ周期を有する軟部組織 60のエコー信号を除去できる。LPF処理部 15で得られたデータは、低周波数エコーデータとして、3次元IDFT処理部 16に出力される。この低周波エコーデータは、x方向の波数  $k_x$  と、z方向の波数  $k_z$  とで特定される座標上において、パワースペクトルとして表示することができる。

[0042] 3次元IDFT処理部 16は、LPF処理部 15から出力された低周波数

エコーデータを逆フーリエ変換する。これにより、３次元ＩＤＦＴ処理部１６は、波数空間領域及び周波数領域のデータである低周波数エコーデータを、実空間のエコーデータに変換する。

[0043] なお、上述した３次元ＤＦＴ処理部１４、ＬＰＦ処理部１５、及び３次元ＩＤＦＴ処理部１６は、ＡＤ変換部１２から出力された３次元エコーデータから、所定周波数より低い周波数成分のエコーデータである低周波エコーデータを抽出する低周波成分抽出部として機能する。

[0044] 図６は、エコー画像生成部１７によって生成されたエコー画像の一例を示す図である。エコー画像生成部１７は、３次元ＩＤＦＴ処理部１６で生成された、軟部組織６０のエコーデータが低減されたエコーデータからエコー画像を生成する。本実施形態のエコー画像生成部１７は、解析領域設定部１３で設定された解析領域の各位置からのエコーデータに基づくエコーレベル画像を生成する。エコーレベル画像は、格子状に配列された複数の画素によって構成される。各画素は、解析領域の各位置に対応した位置に配置され、解析領域の各位置におけるエコー強度に対応する輝度レベルを有している。本実施形態では、例えば一例として、輝度レベルが高い方から低い方へいくにつれて、赤、橙、黄、緑、青、濃青、の順に徐々に変化する色調を対応させて表示している。なお、図６では、便宜上、輝度レベルが高い領域を濃いハッチングで示し、輝度レベルが低い領域を薄いハッチングで示している。当該エコー画像は、表示部５に表示される。

[0045] 図７は、特徴量算出部の構成を示すブロック図である。特徴量算出部１８は、ＬＰＦ処理部１５から出力された低周波数エコーデータ、すなわち、主に軟骨５２からのエコーデータで構成されるエコーデータから、該エコーデータの特徴を示す指標である特徴量を算出する。本実施形態では、特徴量算出部１８は、特徴量として、詳しくは後述する半値幅を算出する。

[0046] 特徴量算出部１８は、図７に示すように、パワースペクトル選択部１８ａと、スペクトル角度特性算出部１８ｂと、半値幅算出部１８ｃ（角度幅算出部）と、を有している。

- [0047] 図8は、低周波成分のパワースペクトルを示す図である。パワースペクトル選択部18aは、3次元DFT処理部14から出力された3次元エコーデータから得られるパワースペクトルのうち、低周波成分のパワースペクトルを選択する。すなわち、パワースペクトル選択部18aは、主に軟骨52のエコーデータで構成されるパワースペクトルを選択する。
- [0048] 図9は、図8で示すパワースペクトルからスペクトル角度特性を算出するための手法について説明するための図であり、図10は、図9で示す手法によって得られたスペクトル角度特性の一例を示す波形である。スペクトル角度特性算出部18bは、図9に示すように、パワースペクトルの中心部C（原点）を中心とする扇形の微小領域である対象領域 $R_{\Delta\theta}$ を設定する。
- [0049] スペクトル角度特性算出部18bは、対象領域 $R_{\Delta\theta}$ の回転位置 $\theta$ を0度～180度の範囲でずらしていく。スペクトル角度特性算出部18bは、回転位置 $\theta$ が徐々にずれていく対象領域 $R_{\Delta\theta}$ において、各対象領域 $R_{\Delta\theta}$ 内の全地点のエコー強度を足し合わせる。このようにして、スペクトル角度特性算出部18bは、各回転位置 $\theta$ に対応するエコー強度の合計値を算出することにより、図10に示すスペクトル角度特性を算出する。なお、図10においては、各回転位置 $\theta$ に対するエコー強度の合計値が規格化されているが、これに限らず、上述した合計値をそのまま用いてもよい。
- [0050] 半値幅算出部18cは、スペクトル角度特性算出部18bによって算出されたスペクトル角度特性のピークの半値幅を算出する。具体的には、半値幅算出部18cは、90度付近の所定角度範囲（例えば一例として、80度～100度）においてピーク値を検出し、当該ピーク値を有するピーク波形の半値幅（図10に示す例では、16度）を算出する。この半値幅は、軟骨52の変性度合を示す指標である特徴量として、表示部5に出力されて表示される。なお、本実施形態では、スペクトル角度特性から半値幅を求めているが、これに限らない。具体的には、スペクトル角度特性において、上記合計値が、スペクトル角度特性のピーク値に対する所定の割合となる角度の幅、を算出してもよい。

[0051] [半値幅について]

ここで、上述のように算出される半値幅と、軟骨 5 2 との変性度合との関係性について説明する。

[0052] 図 1 1 は、軟骨のエコー画像であって、(A) は正常な軟骨のエコー画像の一例、(B) は変性した軟骨のエコー画像の一例、である。また、図 1 2 は、図 1 1 (B) に示す変性した軟骨のエコーデータを逆フーリエ変換して得られるエコーデータの画像である。なお、図 1 1 (A) に示す軟骨のエコー画像は、図 8 に示すエコーデータを逆フーリエ変換したものである。

[0053] 図 1 1 (A) に示すように、正常な軟骨のエコー画像は、プローブ 4 の走査方向  $x$  に沿って連続的となっている。よって、これを逆フーリエ変換すると、方向性を持ったパワースペクトルが生成される (図 8 参照)。よって、当該パワースペクトルから算出されるスペクトル角度特性の半値幅は、図 1 0 に示すように、比較的小さくなる。

[0054] これに対して、変性した軟骨のエコー画像は、図 1 1 (A) に示す正常な軟骨のエコー画像と異なり、図 1 1 (B) に示すように、プローブ 4 の走査方向  $x$  に沿って連続的とならず、離散的になる。よって、これを逆フーリエ変換すると、比較的方向性が小さいパワースペクトルが生成される (図 1 2 参照)。よって当該パワースペクトルから算出されるスペクトル角度特性の半値幅は、図 1 3 に示すように、正常な軟骨から得られるスペクトル角度特性の半値幅よりも大きくなる。なお、図 1 3 において破線で示される波形が、正常な軟骨から得られるスペクトル角度特性であり、実線で示される波形が、変性した軟骨から得られるスペクトル角度特性である。

[0055] [信号処理部の動作]

図 1 4 は、信号処理部 1 0 の動作を説明するためのフローチャートである。図 1 4 を参照して、信号処理部 1 0 の動作について説明する。

[0056] まず、ステップ S 1 で、患者の膝に対してプローブ 4 がセットされる。このとき、プローブ 4 は、送受波面 4 a の法線方向が大腿骨 5 1 の延びる方向

に沿うように、患者の膝に対してセットされる。

[0057] 次に、ステップS 2で、図2を参照して、患者の膝が、第1屈曲状態と第2屈曲状態との間において所定周期で曲げ伸ばしされる。この曲げ伸ばしは、例えば一例として、医師が、患者の膝下部を揺動することにより行われる。

[0058] 一方、上記ステップS 2と並行して、ステップS 3で、プローブ4の振動子4 bによって超音波の送信及び受信が行われる。振動子4 bによって受信されたエコー信号は、エコー信号受信部1 1によって所定の増幅処理が行われた後、AD変換部1 2によってデジタル信号に変換される。

[0059] 次に、ステップS 4で、以後行う3次元DFT処理に必要なデータが取得されたか否かが判断される。具体的には、必要数（例えば一例として、3 2）の屈曲状態におけるエコーデータが得られているか否かが判断される。必要数の屈曲状態におけるエコーデータが得られている場合（ステップS 4のY e s）、ステップS 5に進む。一方、必要数の屈曲状態におけるエコーデータが得られていない場合（ステップS 4のN o）、ステップS 2及びステップS 3に戻り、再度ステップS 2及びステップS 3の工程が行われる。

[0060] 次に、ステップS 5で、解析領域の設定が行われる。具体的には、図5を参照して、注目領域設定部1 3 aが、第1領域 $R_A$ と第2領域 $R_B$ とで構成される注目領域 $R_1$ を設定し、エコーレベル差算出部1 3 bが、各領域 $R_A$ 、 $R_B$ 内の全サンプルのエコー強度の平均値（第1平均値及び第2平均値）を算出した後、第1平均値から第2平均値が減算された減算値を算出する。ステップS 5では、深い方向へ所定間隔ずつすらされる各注目領域 $R_n$ について上記減算値が算出される。そして、判定部1 3 cが、最も減算値が大きい注目領域を、軟骨下骨が含まれる領域である軟骨下骨領域であると判定し、設定部1 3 dが、当該軟骨下骨領域よりも浅い側の矩形領域を解析領域として設定する。

[0061] 次に、ステップS 6で、複数の屈曲状態のそれぞれに対応する膝関節のエコーデータのうち、ステップS 5で設定された解析領域内のエコーデータ、

に対して、3次元DFT処理が行われる。これにより、波数空間領域及び周波数領域のデータを含む3次元エコーデータを得ることができる。

[0062] 次に、ステップS7で、LPF処理部15は、3次元エコーデータに対してフレーム方向にLPF処理を行うことにより、低周波エコーデータを生成する。これにより、軟部組織60からのエコー信号を低減することができる。

[0063] 次に、ステップS8で、3次元IDFT処理部16は、低周波エコーデータを逆フーリエ変換する。これにより、3次元IDFT処理部16は、波数空間領域及び周波数領域のデータである低周波数エコーデータを、実空間のエコーデータに変換する。

[0064] 次に、ステップS9で、エコー画像生成部17は、3次元IDFT処理部16で生成された低周波数エコーデータ（すなわち、軟部組織60のエコー信号が低減されたエコーデータ）から、エコー画像を生成する（図6参照）。当該エコー画像は、軟骨に関する情報として、表示部5に表示される。

[0065] 一方、ステップS10では、特徴量算出部18が、特徴量としての半値幅を算出する処理を行う。図15は、ステップS10で行われる各ステップを示すフローチャートである。図15を参照して、特徴量を算出するステップについて説明する。

[0066] まず、ステップS11で、パワースペクトル選択部11aは、3次元DFT処理部14から出力された3次元エコーデータから得られるパワースペクトルのうち、低周波成分のパワースペクトルを選択する。なお、パワースペクトル選択部11aは、LPF処理部15で生成された低周波エコーデータから得られるパワースペクトルのうち、低周波成分のパワースペクトルを選択してもよい。

[0067] 次に、ステップS12で、スペクトル角度特性算出部18bは、パワースペクトルの中心部C（原点）を中心とする扇形の微小領域である対象領域 $R_{\Delta\theta}$ を設定する（図9参照）。ステップS12では、例えば一例として、回転角度が0度となる対象領域 $R_{\Delta\theta}$ を設定する。

[0068] 次に、ステップS 1 3で、スペクトル角度特性算出部1 8 bは、対象領域 $R_{\Delta\theta}$ 内の全地点のエコー強度を合計して合計値を算出する。

[0069] 次に、ステップS 1 4で、スペクトル角度特性算出部1 8 bは、選択したパワースペクトルにおいて合計値を算出すべき領域の全範囲に亘って合計値を算出したか否かを判定する。具体的には、スペクトル角度特性算出部1 8 bは、対象領域 $R_{\Delta\theta}$ の回転角度が1 8 0度に到達したか否かを判定する。1 8 0度に到達していない場合（ステップS 1 4のN o）、スペクトル角度特性算出部1 8 bは、ステップS 1 5で、対象領域 $R_{\Delta\theta}$ を所定角度だけ回転させることにより対象領域 $R_{\Delta\theta}$ の位置をずらし、新たに設定された対象領域 $R_{\Delta\theta}$ について再びステップS 1 3の処理を行う。一方、1 8 0度に到達した場合（ステップS 1 4のY e s）、ステップS 1 6に進む。

[0070] 次に、ステップS 1 6で、スペクトル角度特性算出部1 8 bは、上述のように算出した合計値を正規化する。具体的には、スペクトル角度特性算出部1 8 bは、回転角度毎に算出された各合計値の最大値を検出し、正規化後の当該最大値が1となるような係数を算出するとともに、当該係数を他の合計値の全てに乗算する。これにより、スペクトル角度特性を得ることができる。なお、ステップS 1 6を省略し、ステップS 1 4の次にステップS 1 7を行ってもよい。

[0071] 最後に、ステップS 1 7で、半値幅算出部1 8 cは、スペクトル角度特性の半値幅を求める。当該半値幅は、特徴量として、表示部5に表示される。

[0072] [効果]

以上のように、本実施形態に係る超音波診断装置1では、軟骨5 2に対するプローブ4の相対位置が固定された状態で大腿骨5 1に対する脛骨5 5の屈曲角度を変化させつつ、超音波を複数のタイミングで送信することにより、複数の屈曲状態のそれぞれにおいて、軟骨5 2のエコー信号が得られる。そして、当該複数の屈曲状態のそれぞれにおいて得られた各エコー信号のうち低周波成分を抽出することにより、高周波成分である軟部組織6 0に起因するエコーを低減できる。すなわち、所望のエコー（本実施形態の場合、軟

骨 5 2 からのエコー) から、不要なエコー (本実施形態の場合、軟部組織 6 0 からのエコー) を除去できる。こうすると、所望のエコーと不要なエコーとの間のエコーレベルの差が小さい場合であっても、不要なエコーを所望のエコーから確実に分離することができる。

[0073] 従って、超音波診断装置 1 では、軟骨 5 2 の形状を正確に検出できる。

[0074] また、超音波診断装置 1 では、正確に検出された軟骨 5 2 の形状に基づいて、当該軟骨 5 2 に関する情報 (本実施形態の場合、軟骨 5 2 のエコー画像、及び軟骨 5 2 の特徴量としての半値幅) を導出できる。よって、より高い確度で軟骨の変性度を診断できる。

[0075] また、超音波診断装置 1 では、所定周期で曲げ伸ばしが行われる膝関節に対して、所定の時間間隔で超音波が送信されるため、比較的短時間でスムーズにエコー信号を取得することができる。

[0076] また、超音波診断装置 1 では、カットオフ周波数が、膝の曲げ伸ばしの周期の逆数として表される周期 (本実施形態の場合、0.1 Hz) よりも低い周波数として設定されている。これにより、カットオフ周波数を適切に設定することができる。

[0077] また、超音波診断装置 1 では、軟骨に関する情報としてエコー画像が生成されるため、ユーザ (医師等) は、当該エコー画像から軟骨の状態を診断することができる。

[0078] また、超音波診断装置 1 では、フレーム方向、軟骨の深さ方向 (z 方向)、及び該深さ方向に直交する方向 (x 方向)、で特定される 3 次元エコーデータをフレーム方向にフーリエ変換し、当該フーリエ変換が行われた 3 次元エコーデータからローパスフィルタ部によって高周波成分が除去されている。これにより、3 次元エコーデータから、軟部組織 6 0 に起因するエコー信号を適切に除去できる。

[0079] また、超音波診断装置 1 では、3 次元エコーデータを全方向についてフーリエ変換するとともに、フーリエ変換された当該 3 次元エコーデータからフレーム方向における低周波成分 (低周波 2 次元エコーデータ) を抽出し、当

該データに基づいて特徴量（半値幅）を算出している。これにより、不要なエコー（軟部組織 60 からのエコー）の除去と、所望のエコー（軟骨 52 からのエコー）に関する解析結果の導出とを、一連の処理によって行うことができる。

[0080] また、超音波診断装置 1 では、軟骨 52 を含み且つ軟骨下骨 53 を除く領域を解析領域として設定し、当該解析領域内のエコー信号を対象として 3 次元フーリエ変換を行っている。これにより、特徴量の算出に不要な領域（軟骨下骨 53 を含む領域）を除去できるため、信号処理部 10 の計算負荷を軽減できる。

[0081] また、超音波診断装置 1 では、大腿骨 51 の近位端と脛骨 55 の遠位端とを含む膝関節について、大腿骨 51 の軟骨 52 の変性度を診断することができる。

[0082] また、超音波診断装置 1 では、プローブ 4 の送受波面 4a の法線方向が、軟骨 52 に向かい且つ大腿骨 51 が延びる方向に沿って配置されるため、軟骨 52 の深さ方向に沿って適切に超音波を送信することができる。

[0083] また、超音波診断装置 1 では、信号処理部 10 によって算出された特徴量（半値幅）が表示部 5 に表示される。これにより、ユーザは、軟骨 52 の変性度を示す指標としての特徴量を視覚的に認識できる。

[0084] 以上、本発明の実施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、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。

[0085] [変形例]

（1）図 16 は、変形例に係る超音波診断装置 1a の構成を示すブロック図である。上記実施形態では、医師等によって、患者の膝の屈曲状態が変更させられた。しかし、本変形例に係る超音波診断装置 1a は、上述した実施形態と異なり、患者の膝の屈曲状態を自動で変更可能な自動膝屈曲機構 30 を備えている。なお、以下で説明する自動膝屈曲機構 30 の構成は、一例で

あって、患者の膝を自動で屈曲可能な機構であれば、どのような構成であってもよい。また、以下では、上記実施形態と大きく異なる部分、具体的には、自動膝屈曲機構 30 の構成及び動作について主に説明し、それ以外の部分については説明を省略する。

[0086] 自動膝屈曲機構 30 は、患者が椅子に座って大腿骨の位置が固定された状態において、患者の膝から下の部分（膝下部）を揺動可能に構成されている。このとき、プローブ 4 は、固定具（図示省略）等によって、大腿骨に対する相対的な位置が固定されている。これにより、当該自動膝屈曲機構 30 によって患者の膝が複数の状態に屈曲させられる。

[0087] 自動膝屈曲機構 30 は、基台部 31 と、支柱部 32 と、揺動機構 33 と、を備えている。

[0088] 基台部 31 は、床に対して載せ置かれる略板状の部分であり、例えば比較的重量が重い金属材料等で形成される。支柱部 32 は、床に対して設置された状態の基台部 31 から上方へ延びるように設けられている。支柱部 32 は、基台部 31 に対して固定されている。

[0089] 揺動機構 33 は、患者の膝下部を前後方向に揺動させるように構成されている。揺動機構 33 は、電動モータ 34 と、足置き部 35 と、連結部 36 とを有している。電動モータ 34 は、支柱部 32 における上側の部分に取り付けられている。足置き部 35 は、患者の足を載置可能な略板状に形成され、基台部 31 の上面に支持されている。患者の足は、固定ベルト 37 によって足置き部 35 に固定される。連結部 36 は、支柱部に沿って上下方向に延びるように設けられるとともに下端部が足置き部 35 に固定されており、電動モータ 34 の回転力を足置き部 35 に伝達する。

[0090] 揺動機構 33 では、電動モータ 34 が回転すると、その回転力がギア（図示省略）等によって連結部 36 に伝達される。これにより、足置き部 35 が図 16 の両側矢印方向に沿って揺動するため、患者の膝を自動で屈曲することができる。

[0091] また、本変形例に係る超音波診断装置 1a では、電動モータ 34 は、図 2

に示す第 1 屈曲状態と第 2 屈曲状態との間において、患者の膝が上述した所定周期で曲げ伸ばしされるように、正回転又は逆回転する。その間、上記実施形態の場合と同様、各振動子 4 b から、所定の時間間隔で超音波が送信される。これにより、超音波診断装置 1 a では、複数の屈曲状態のそれぞれにおける軟骨のエコー信号を、自動で取得することができる。なお、このように取得されたエコー信号は、上記実施形態の場合と同様にして処理される。

[0092] (2) 図 1 7 は、変形例に係る超音波診断装置の信号処理部 1 0 a の構成を示すブロック図である。上記実施形態では、フレーム方向、軟骨の深さ方向、及び、前記フレーム方向及び前記深さ方向の両方に直交する方向、で特定される 3 次元エコーデータに対して、全ての方向についてフーリエ変換（3 次元フーリエ変換）を行ったが、これに限らず、フレーム方向のみにフーリエ変換を行ってもよい。これにより、上記実施形態の場合と比べて、フーリエ変換を行う際に信号処理部 1 0 a にかかる計算負荷を低減することができる。本変形例については、例えば一例として、軟骨に関する情報としてエコー画像が生成される。

[0093] (3) 図 1 8 は、変形例に係る超音波診断装置の信号処理部 1 0 b の構成を示すブロック図である。本変形例に係る信号処理部 1 0 b は、エコー信号受信部 1 1、A D 変換部 1 2、低周波成分抽出部 1 9、導出部 2 0、を備えている。

[0094] 低周波成分抽出部 1 9 は、3 次元エコーデータから、所定の周波数よりも低い周波数成分のエコーデータである低周波エコーデータを抽出する。例えば、低周波成分抽出部 1 9 は、L P F 処理（ローパスフィルタ処理）、ウェーブレット変換、畳み込み、等の手法を用いることにより、低周波エコーデータを抽出する。なお、ウェーブレット変換とは、周波数解析の手法の一つであって、基底関数としてウェーブレット関数が用いられる手法である。また、畳み込みでは、上記実施形態におけるローパスフィルタ処理で用いられる伝達関数を逆フーリエ変換した関数が、3 次元エコーデータに対して畳み込まれる。

[0095] 導出部 20 は、低周波成分抽出部 19 で抽出された低周波エコーデータに基づいて、軟骨に関する情報を導出する。当該軟骨に関する情報には、上記実施形態で例示したエコー画像及び半値幅に限らず、その他の情報も含まれる。

[0096] (4) 上記実施形態では、大腿骨の軟骨に超音波診断装置を適用する例を挙げて説明したが、これに限らず、本発明に係る超音波診断装置は、その他の軟骨に対しても適用することができる。

[0097] (5) 上記実施形態では、軟骨に関する情報として、エコー画像及び半値幅を表示部 5 に表示しているが、これに限らず、パワースペクトル選択部 18a で選択されたパワースペクトルを表示部 5 に表示してもよい。

## 符号の説明

|        |       |                    |
|--------|-------|--------------------|
| [0098] | 1, 1a | 超音波診断装置            |
|        | 4     | プローブ               |
|        | 4a    | 送受波面               |
|        | 4b    | 振動子（超音波送信部、超音波受信部） |
|        | 17    | エコー画像生成部（導出部）      |
|        | 18    | 特徴量算出部（導出部）        |
|        | 19    | 低周波成分抽出部           |
|        | 20    | 導出部                |
|        | 50    | 膝関節（関節部）           |
|        | 51    | 大腿骨（第 1 の骨部）       |
|        | 52    | （第 1 の骨部の）軟骨       |
|        | 55    | 脛骨（第 2 の骨部）        |
|        | 60    | 軟部組織               |

## 請求の範囲

### [請求項1]

第1の骨部の端部と第2の骨部の端部とを含む関節部を覆う軟部組織を介して、前記第1の骨部の端部の軟骨に向かって超音波を送信する超音波送信部と、該超音波送信部から送信された超音波のエコー信号を受信する超音波受信部と、を備え、該超音波受信部で受信された前記エコー信号に基づいて前記軟骨の変性度を診断するための超音波診断装置であって、

前記超音波送信部は、前記超音波の送受信が行われる送受波面の前記軟骨に対する相対位置が固定された状態における、前記第1の骨部に対する前記第2の骨部の屈曲角度が異なる複数の屈曲状態のそれぞれにおいて、前記軟骨に超音波を送信し、

前記超音波受信部は、前記複数の屈曲状態のそれぞれにおいて、前記軟骨の深さ方向と該深さ方向に直交する方向とで特定される各フレームにおけるエコー信号を受信し、

前記超音波受信部で受信されたエコー信号から、複数の前記フレームの整列方向であるフレーム方向について、所定周波数より低い周波数成分のエコーデータである低周波エコーデータを抽出する低周波成分抽出部と、

前記低周波成分抽出部で抽出された前記低周波エコーデータに基づいて、前記軟骨に関する情報を導出する導出部と、

を更に備えていることを特徴とする、超音波診断装置。

### [請求項2]

請求項1に記載の超音波診断装置において、

前記第2の骨部は、前記複数の屈曲状態のうち前記屈曲角度が最も大きい第1屈曲状態と、前記屈曲角度が最も小さい第2屈曲状態との間において、所定周期で屈曲動作を行い、

前記超音波送信部は、所定の時間間隔で超音波を送信することを特徴とする、超音波診断装置。

### [請求項3]

請求項2に記載の超音波診断装置において、

前記所定周波数は、前記所定周期の逆数として表される周波数よりも低い周波数として設定されていることを特徴とする、超音波診断装置。

[請求項4] 請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の超音波診断装置において、

前記導出部は、前記低周波エコーデータに基づいて、前記軟骨に関する情報としてのエコー画像を生成するエコー画像生成部を有していることを特徴とする、超音波診断装置。

[請求項5] 請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の超音波診断装置において、

前記低周波成分抽出部は、

前記フレーム方向に整列した前記フレーム毎のエコーデータで構成され、前記フレーム方向、前記軟骨の深さ方向、及び、前記フレーム方向及び前記深さ方向の両方に直交する方向、で特定される3次元エコーデータ、に対して、少なくとも前記フレーム方向にフーリエ変換を行うフーリエ変換部と、

前記フーリエ変換部でフーリエ変換が行われた前記3次元エコーデータから前記低周波エコーデータを抽出するローパスフィルタ部と、  
を有していることを特徴とする、超音波診断装置。

[請求項6] 請求項5に記載の超音波診断装置において、

前記フーリエ変換部は、前記3次元エコーデータに対して3次元フーリエ変換を行い、

前記導出部は、

前記フーリエ変換部でフーリエ変換された前記3次元エコーデータから、前記フレーム方向における低周波の2次元エコーデータである低周波2次元エコーデータを選択する選択部と、

前記選択部で選択された前記低周波2次元エコーデータにおける原点を通過する基準線に対して設定される複数の角度位置のそれぞれに

対応する領域内のエコー強度を合計して合計値を算出し、各前記角度位置に対する各前記合計値をスペクトル角度特性として算出するスペクトル角度特性算出部と、

前記スペクトル角度特性算出部で算出された前記スペクトル角度特性において、前記合計値が、前記スペクトル角度特性のピーク値に対する所定の割合となる角度の幅を算出する角度幅算出部と、

を有していることを特徴とする、超音波診断装置。

[請求項7] 請求項6に記載の超音波診断装置において、

前記フレーム毎のエコーデータのいずれか1つにおいて、前記軟骨の深さ方向及び該深さ方向に直交する方向で特定され、前記軟骨を含み且つ該軟骨が付着する軟骨下骨を除く領域である解析領域、を設定する解析領域設定部を更に備え、

前記選択部は、前記解析領域設定部で設定された前記解析領域内に含まれる前記低周波2次元エコーデータを選択することを特徴とする、超音波診断装置。

[請求項8] 請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の超音波診断装置において、

前記第1の骨部としての大腿骨、及び前記第2の骨部としての脛骨、に対して用いられることを特徴とする、超音波診断装置。

[請求項9] 請求項8に記載の超音波診断装置において、

前記送受波面は、法線方向が、前記軟骨に向かい且つ該大腿骨が延びる方向に沿って配置されることを特徴とする、超音波診断装置。

[請求項10] 請求項1から請求項9のいずれか1項に記載の超音波診断装置において、

前記導出部で導出された前記軟骨に関する情報が表示される表示部、を更に備えていることを特徴とする、超音波診断装置。

[請求項11] 第1の骨部の端部と第2の骨部の端部とを含む関節部を覆う軟部組織を介して、前記第1の骨部の端部の軟骨に向かって超音波を送信す

るステップと、前記超音波を送信するステップで送信された超音波のエコー信号を受信するステップと、を含み、前記エコー信号を受信するステップで受信された前記エコー信号に基づいて前記軟骨の変性度を診断するための超音波診断方法であって、

前記超音波を送信するステップでは、前記超音波の送受信が行われる送受波面の前記軟骨に対する相対位置が固定された状態における、前記第1の骨部に対する前記第2の骨部の屈曲角度が異なる複数の屈曲状態のそれぞれにおいて、前記軟骨に超音波が送信され、

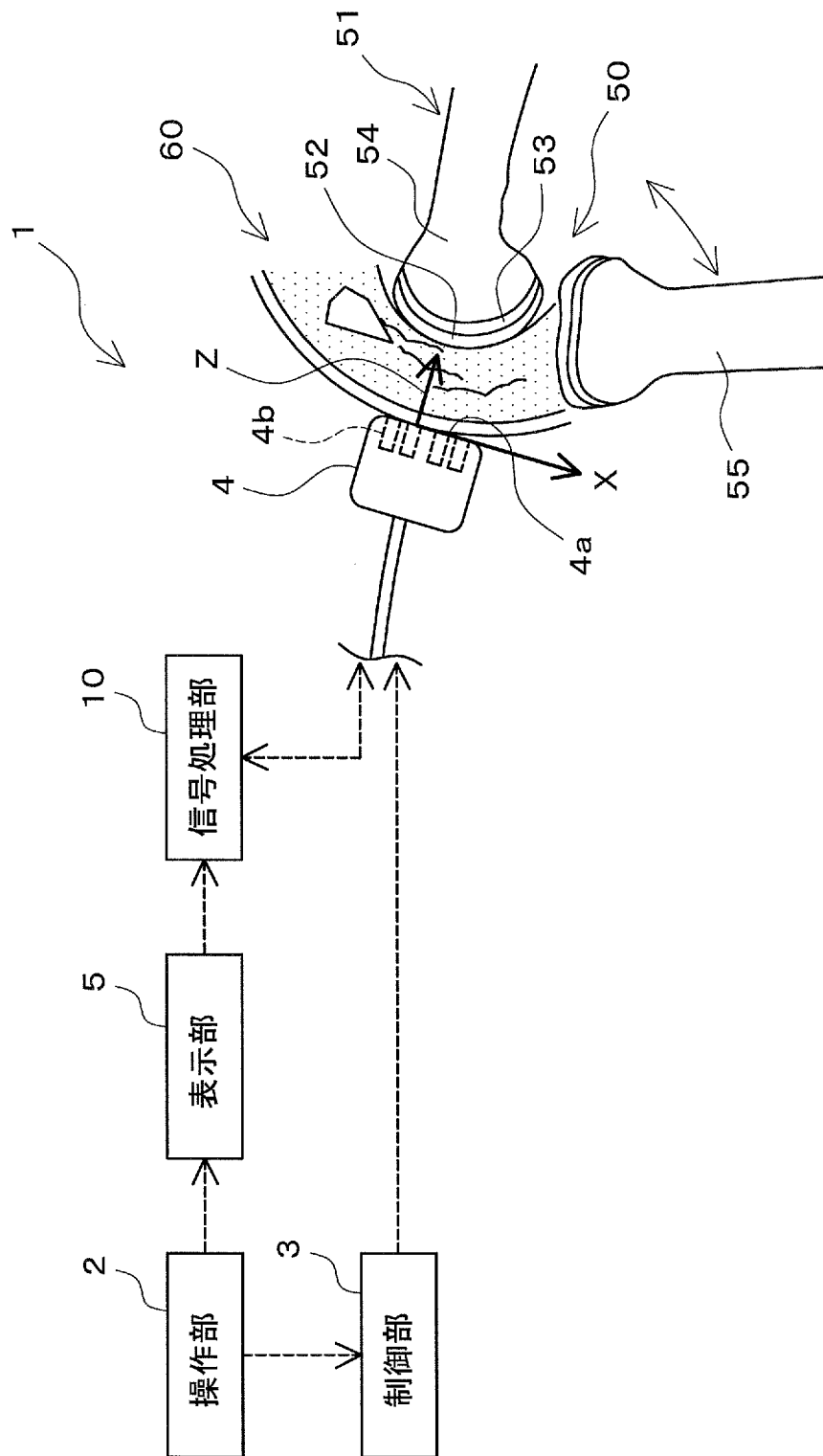
前記エコー信号を受信するステップでは、前記複数の屈曲状態のそれぞれにおいて前記軟骨の深さ方向と該深さ方向と交差する方向とで特定される各フレームにおけるエコー信号が受信され、

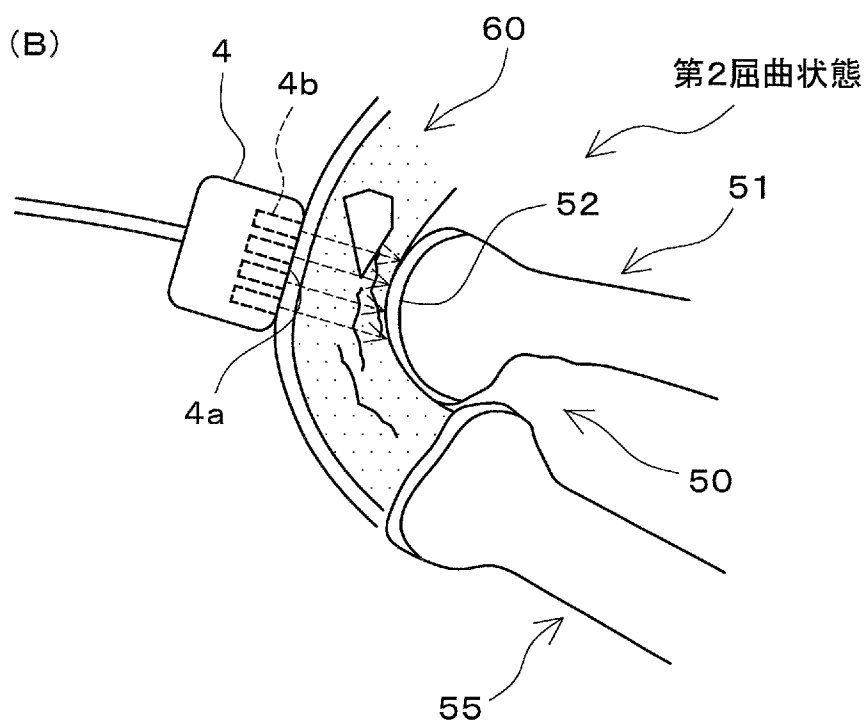
複数の前記フレームの整列方向であるフレーム方向について、所定周波数より低い周波数成分のエコーデータである低周波エコーデータを抽出するステップと、

前記低周波エコーデータに基づいて前記軟骨に関する情報を導出するステップと、

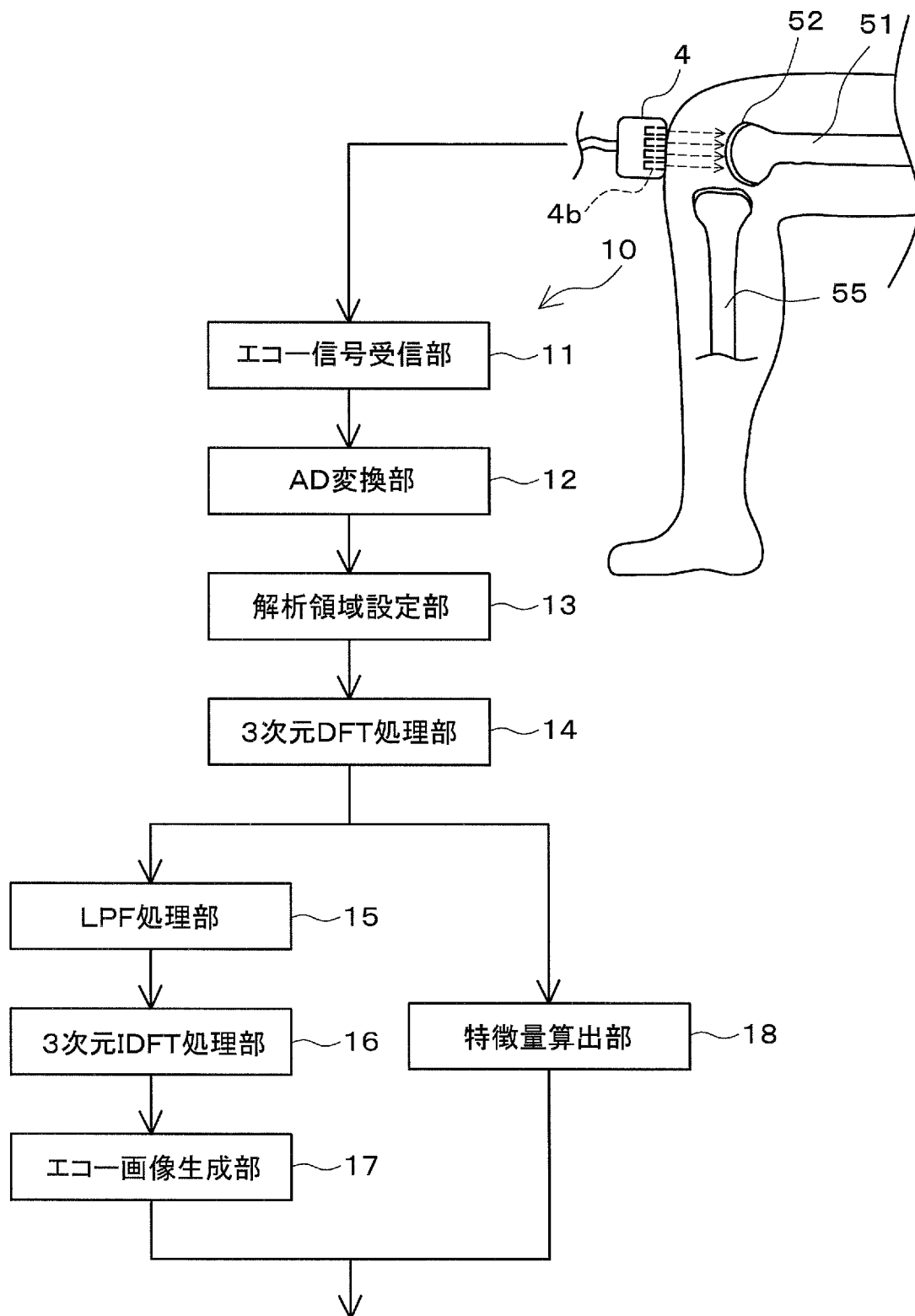
を更に含むことを特徴とする、超音波診断方法。

[図1]

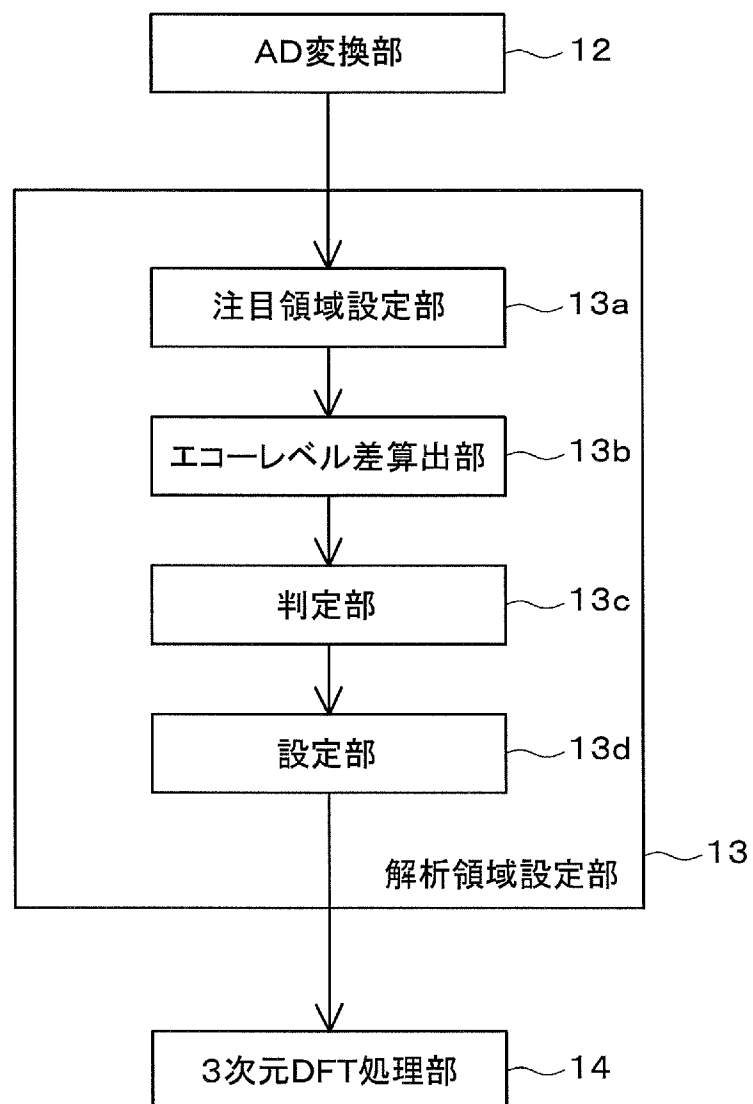




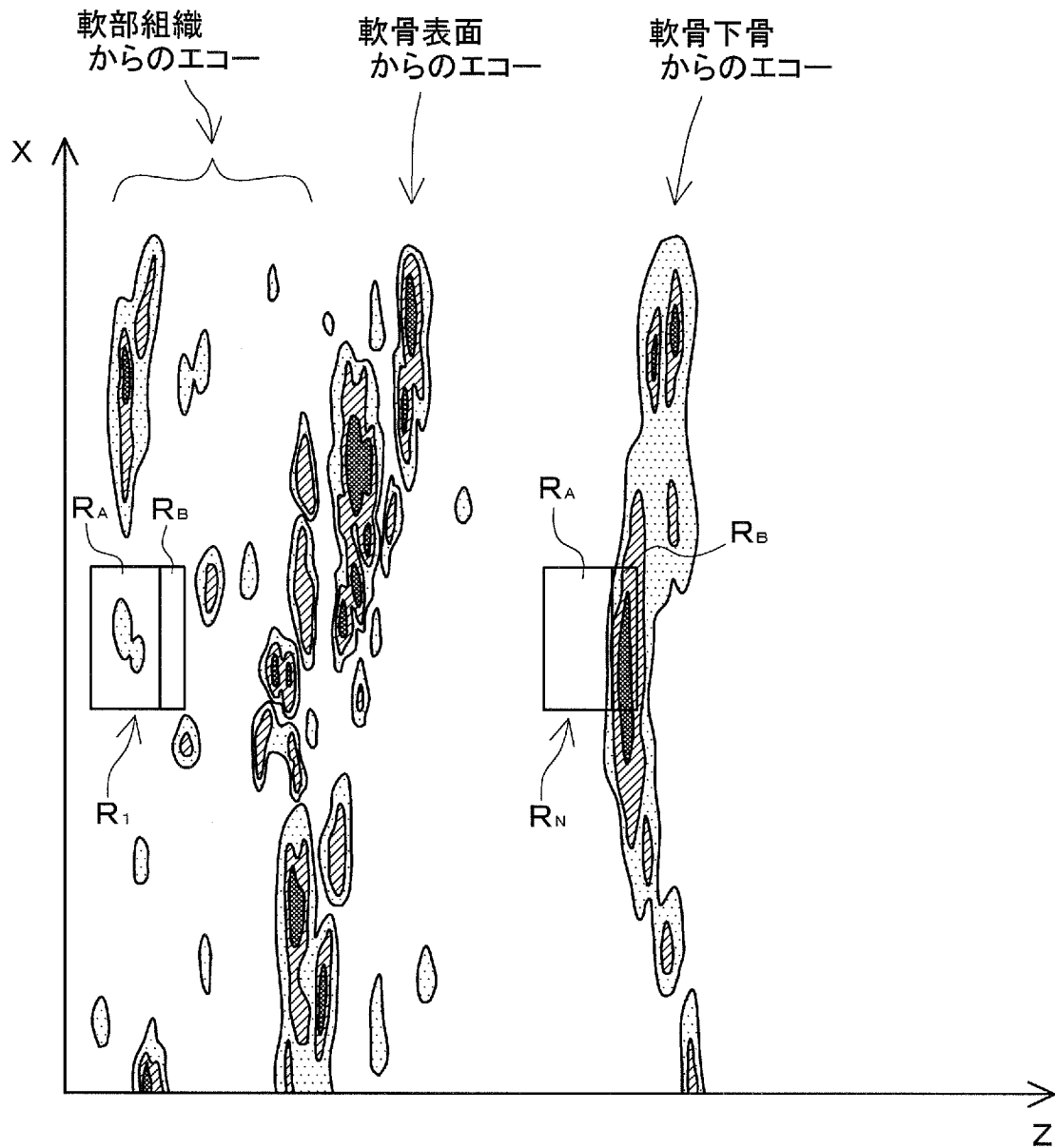
[図3]



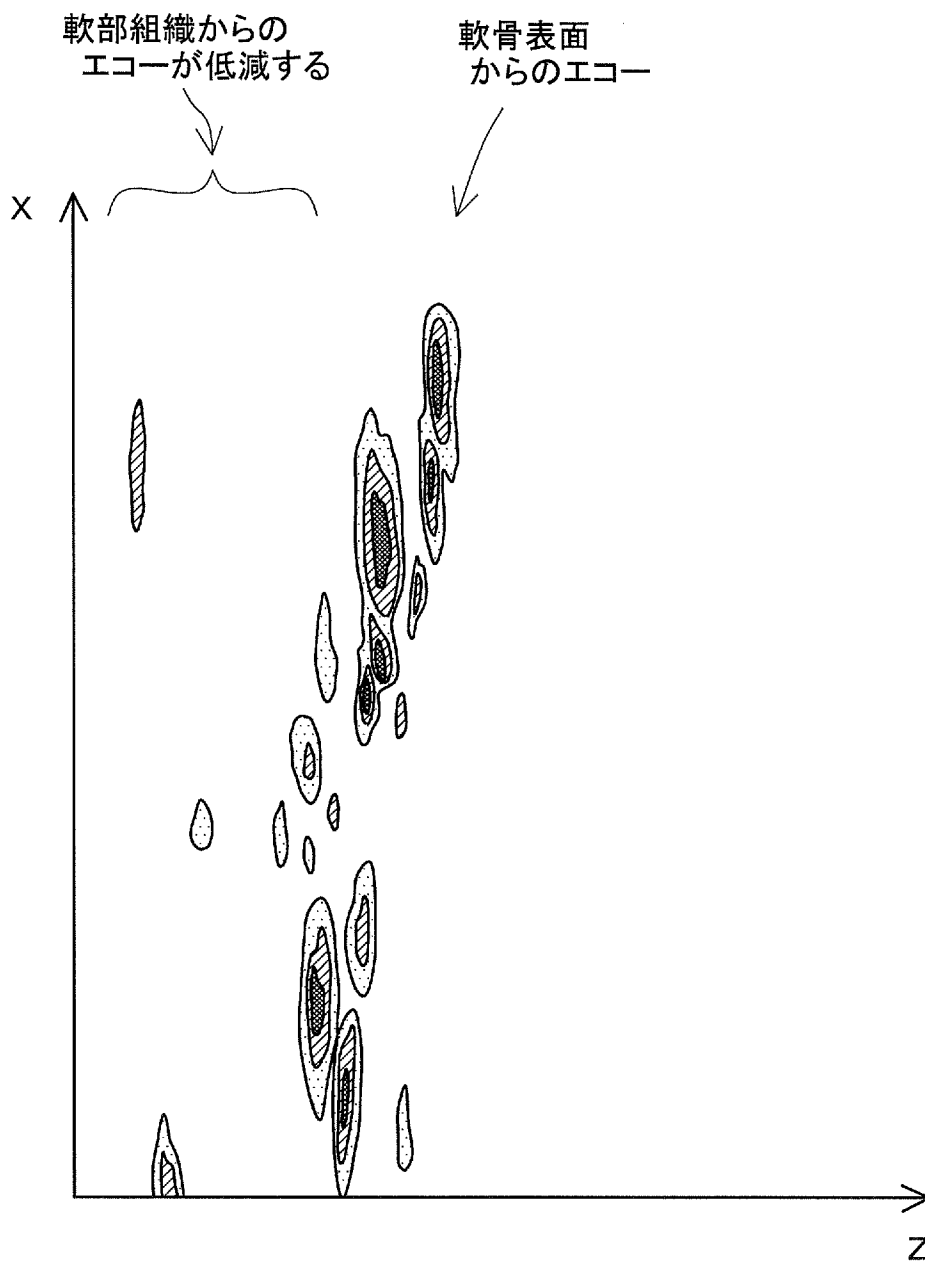
[図4]



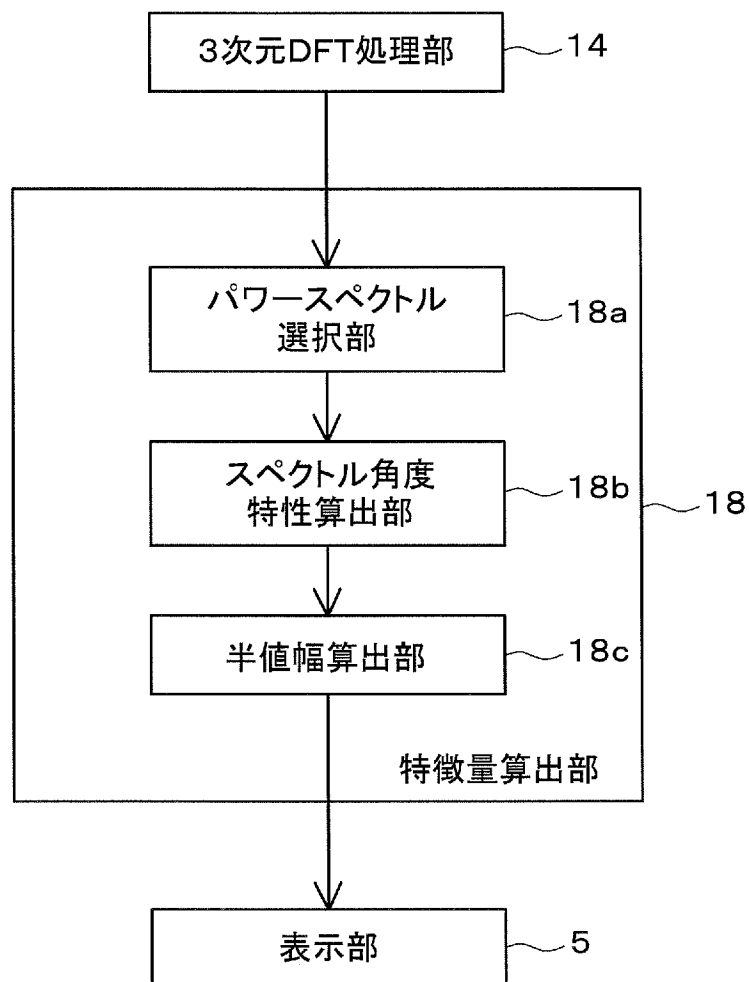
[図5]



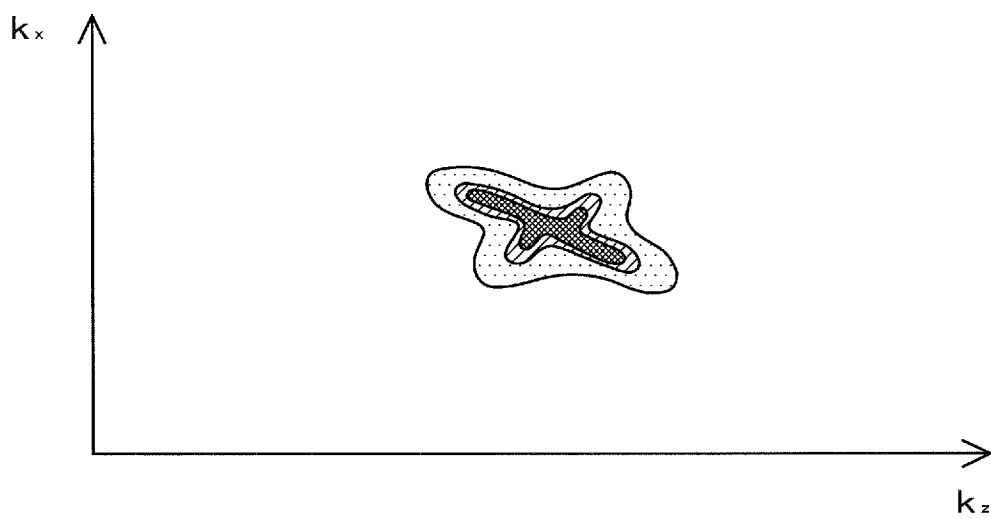
[図6]



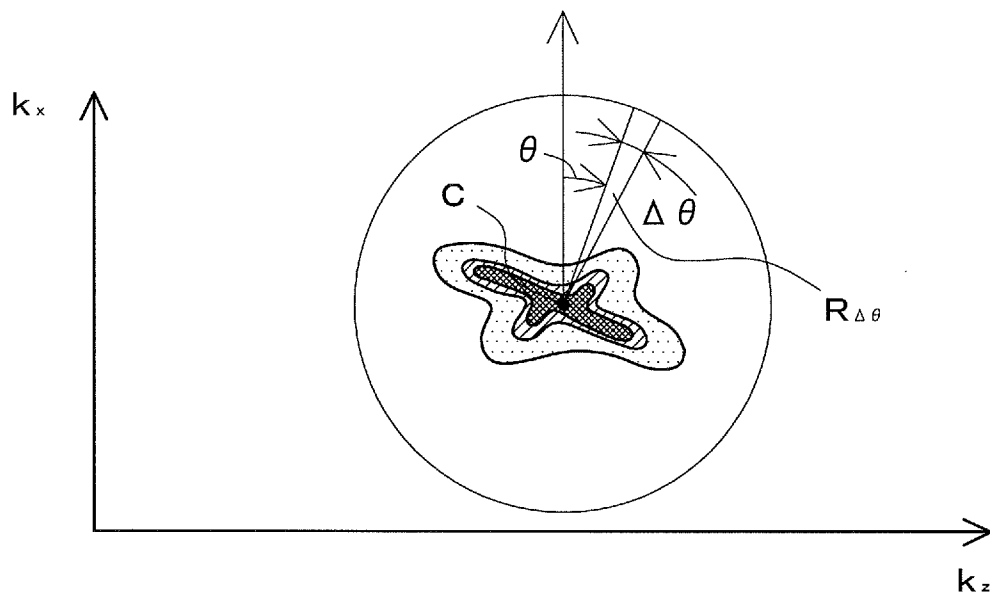
[図7]



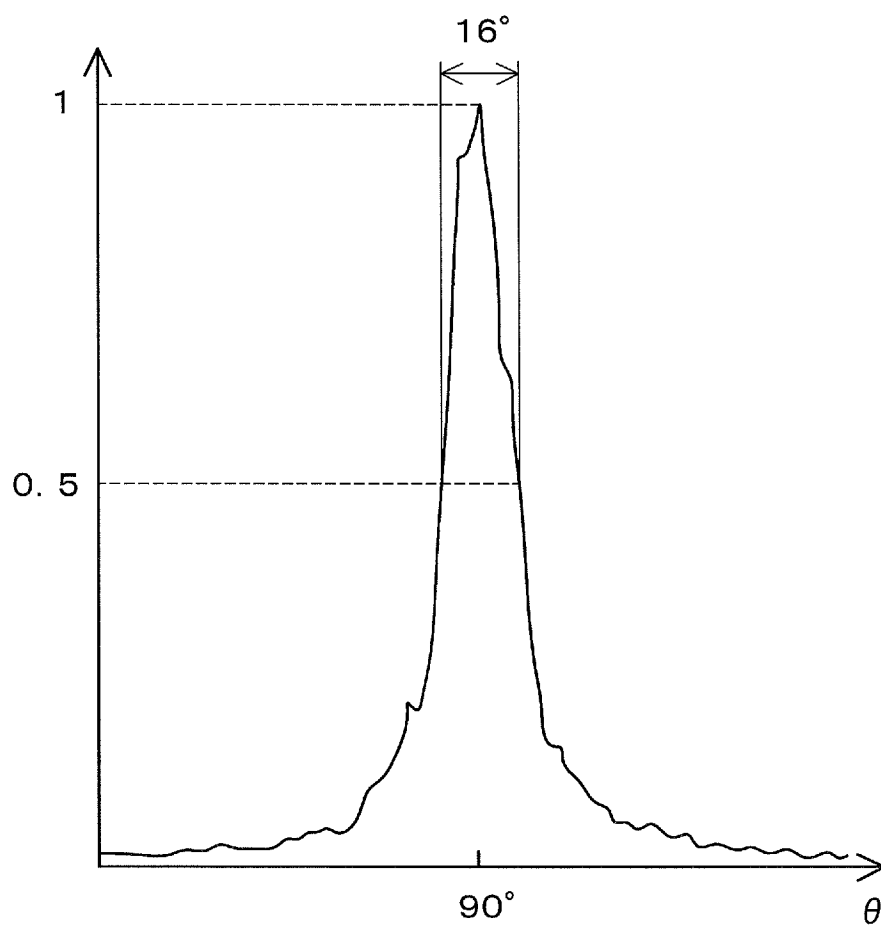
[図8]



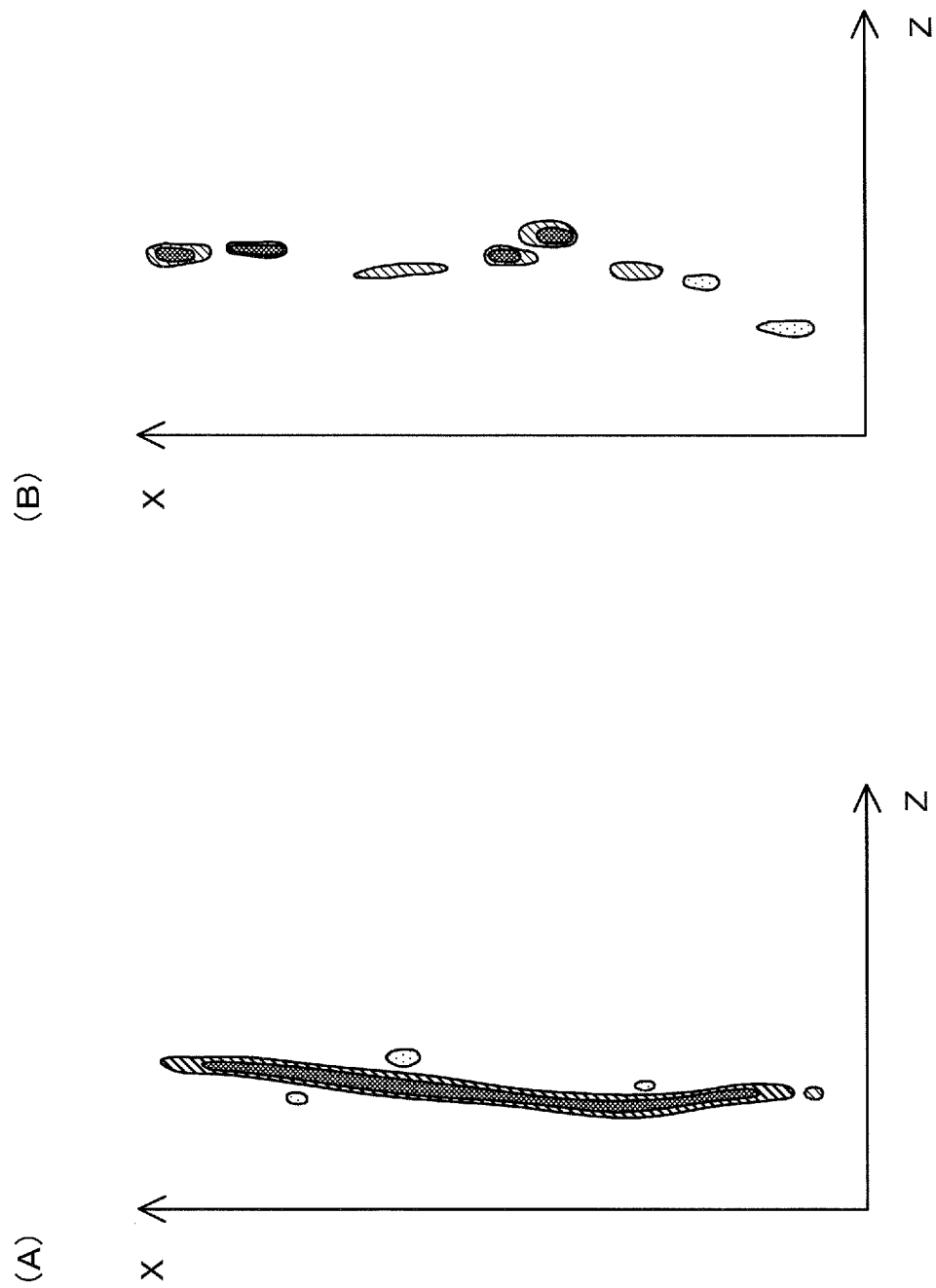
[図9]



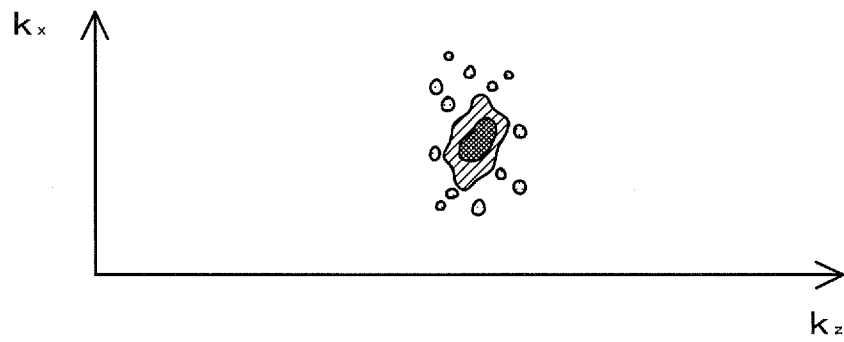
[図10]



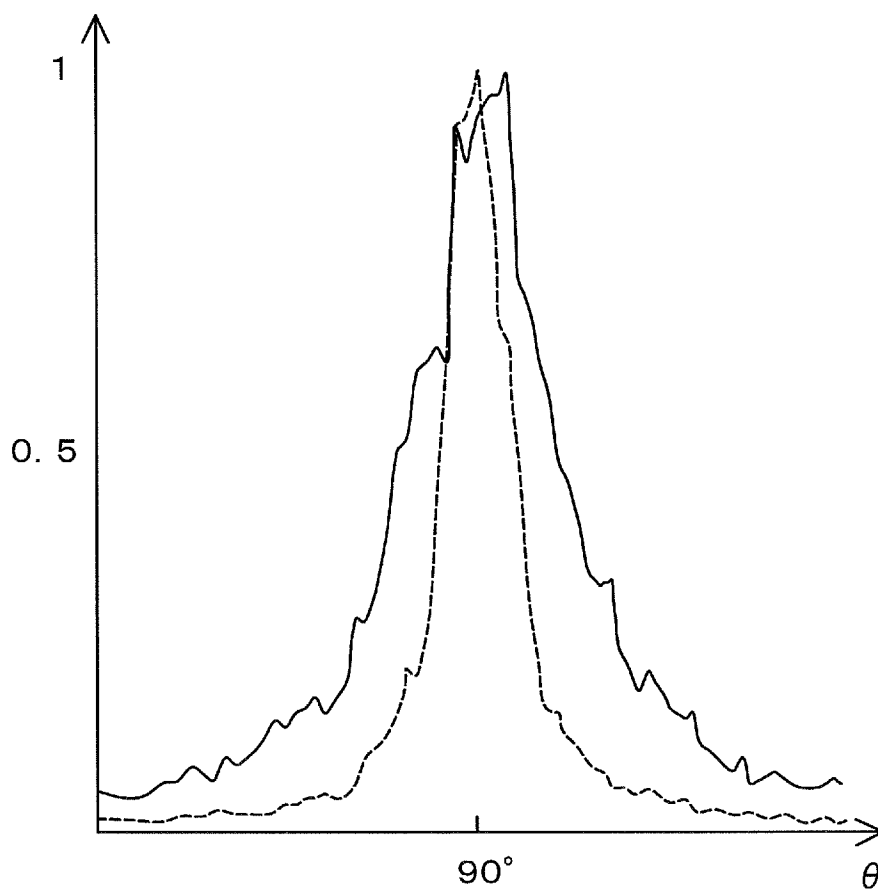
[図11]



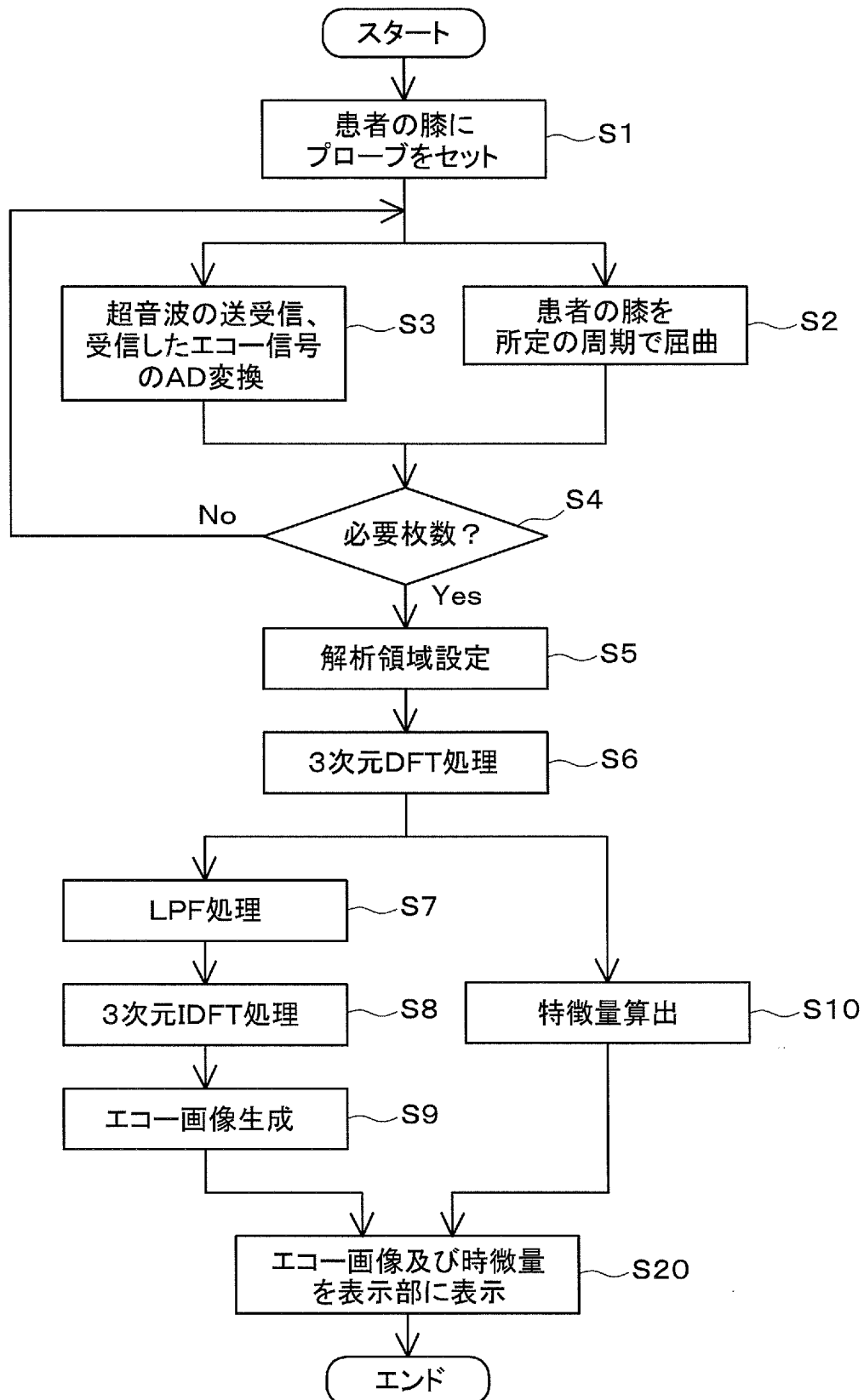
[図12]



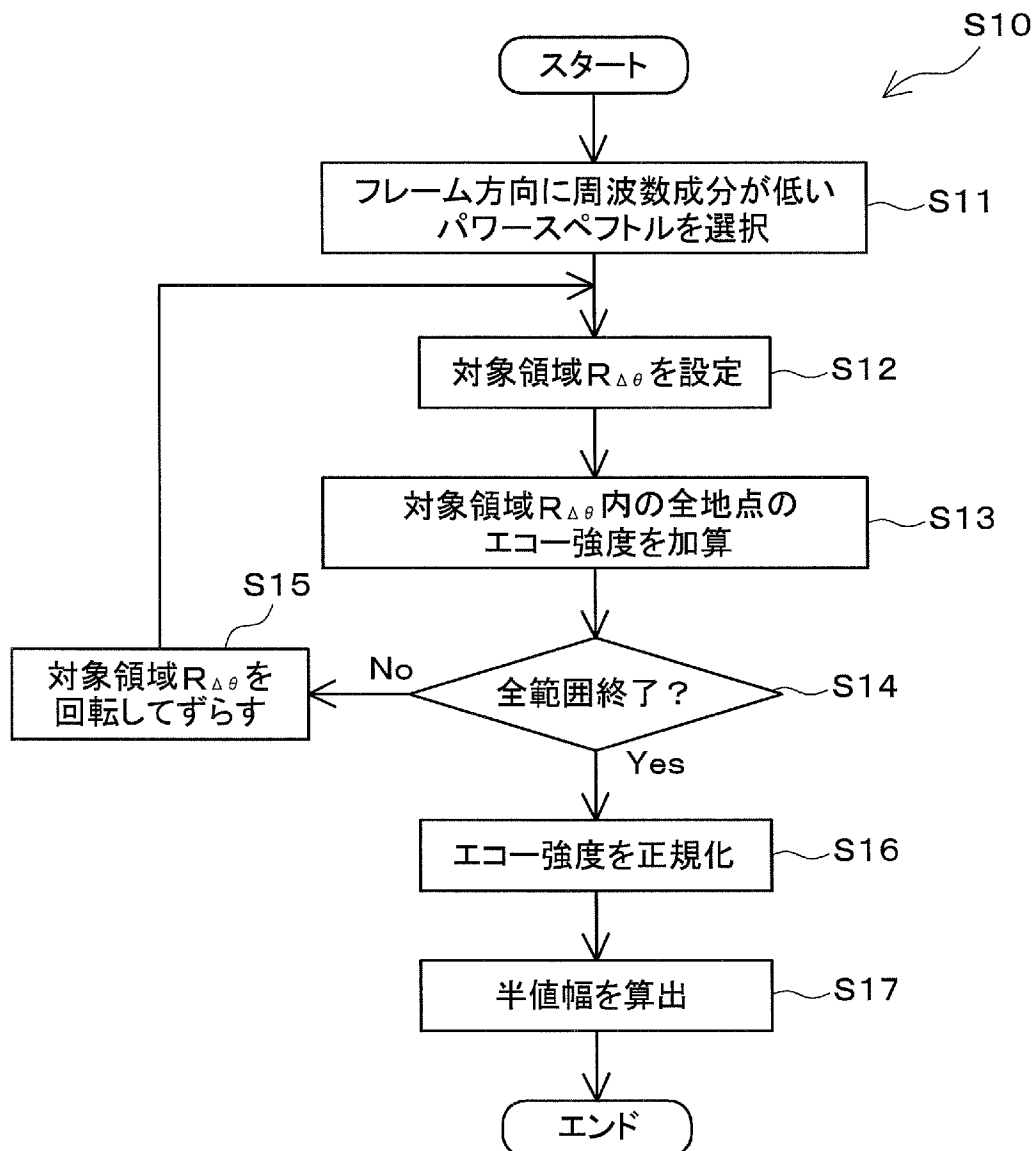
[図13]



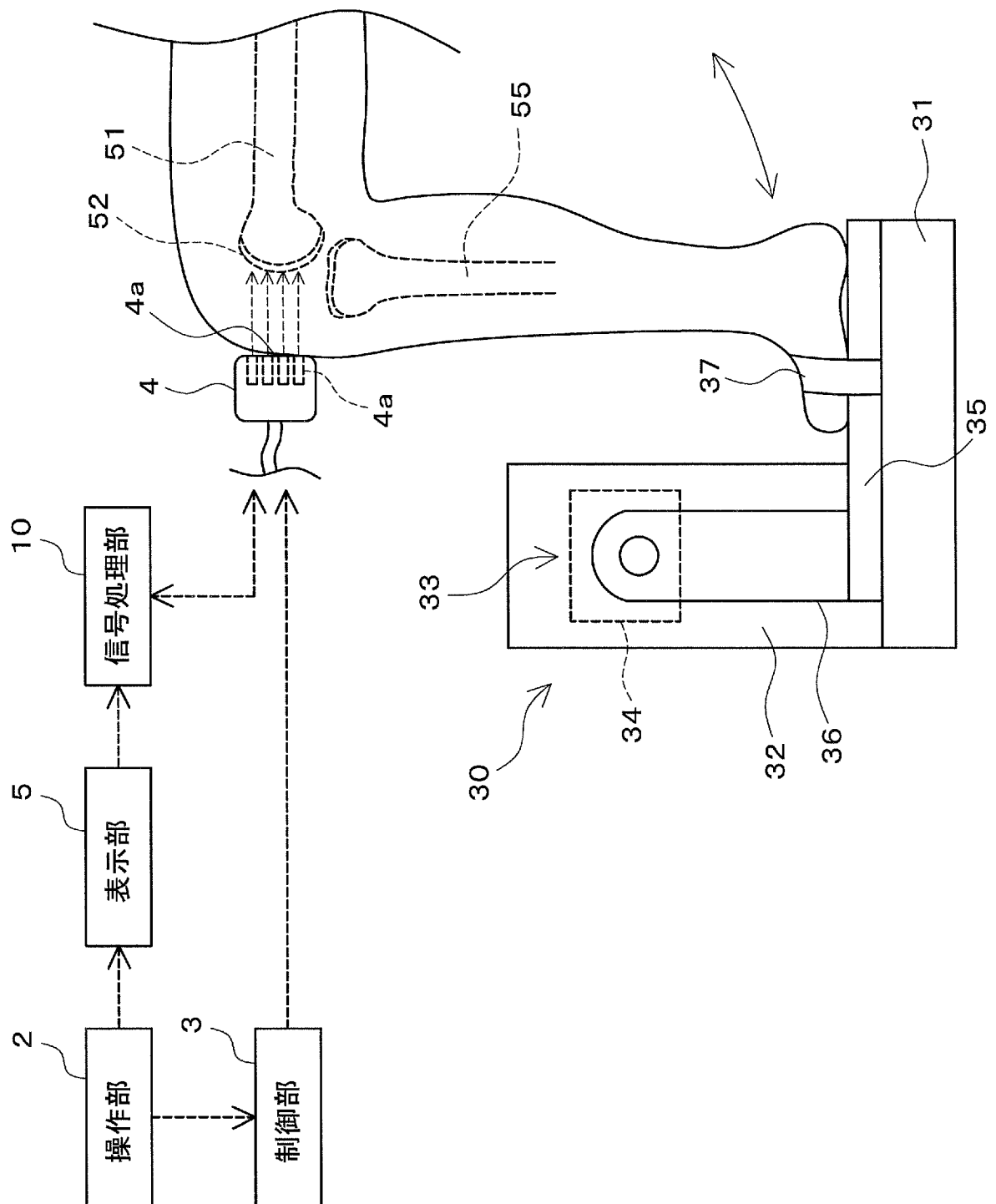
[図14]



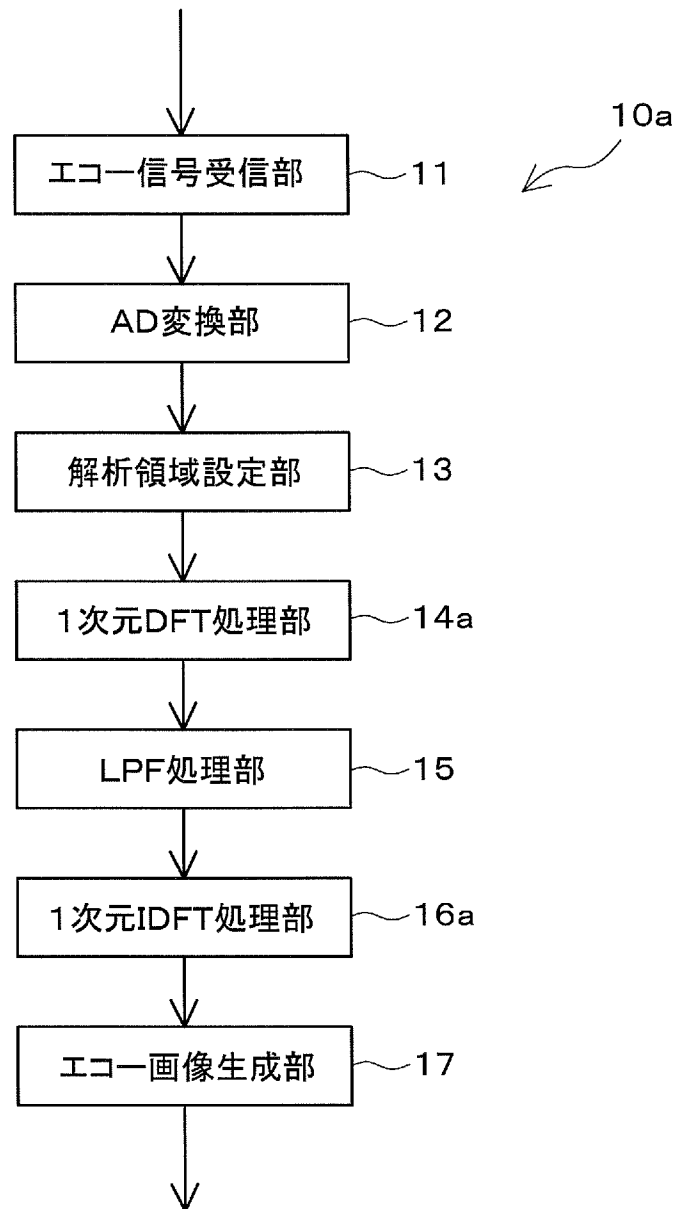
[図15]



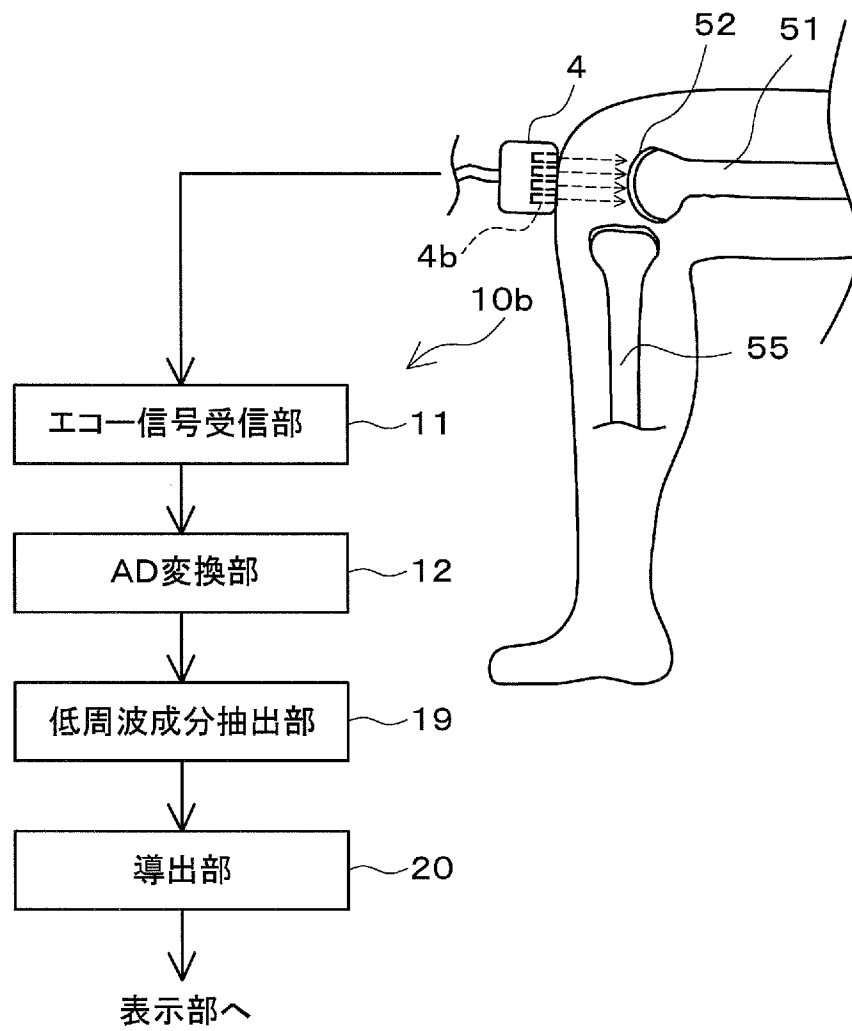
[図16]



[図17]



[図18]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/055567

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B8/08(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B8/00-8/15

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2015 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2015 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2015 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                           | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2010-125 A (Aloka Co., Ltd.),<br>07 January 2010 (07.01.2010),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                             | 1-11                  |
| A         | JP 2011-125757 A (Hitachi Aloka Medical, Ltd.),<br>30 June 2011 (30.06.2011),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                 | 1-11                  |
| A         | WO 2008/108054 A1 (Yamaguchi University),<br>12 September 2008 (12.09.2008),<br>paragraphs [0012], [0013]; fig. 1, 2<br>& JP 4911540 B2 & US 2010/0030077 A1 | 1-11                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
08 May 2015 (08.05.15)

Date of mailing of the international search report  
19 May 2015 (19.05.15)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/055567

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2010-17369 A (Aloka Co., Ltd.),<br>28 January 2010 (28.01.2010),<br>paragraphs [0043], [0044]; fig. 4, 5, 11<br>(Family: none) | 1-11                  |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B8/08(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B8/00 - 8/15

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| 日本国実用新案公報   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 5 年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                    | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A               | JP 2010-125 A（アロカ株式会社）2010.01.07,<br>全文、全図（ファミリーなし）                                                  | 1-11           |
| A               | JP 2011-125757 A（日立アロカメディカル株式会社）2011.06.30,<br>全文、全図（ファミリーなし）                                        | 1-11           |
| A               | WO 2008/108054 A1（国立大学法人山口大学）2008.09.12,<br>段落 12, 13、図 1, 2<br>& JP 4911540 B2 & US 2010/0030077 A1 | 1-11           |

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 8 . 0 5 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 5 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

富永 昌彦

2 Q

4 4 6 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                         |                |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                       | 関連する<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 2010-17369 A (アロカ株式会社) 2010.01.28,<br>段落 43, 44、図 4, 5, 11 (ファミリーなし) | 1-11           |