(19)日本国特許庁(JP)　(12)特 許 公 報(B2)　(11)特許番号
特許第7698306号
(P7698306)

(45)発行日　令和7年6月25日(2025.6.25)　(24)登録日　令和7年6月17日(2025.6.17)

(51)Int.Cl.　F I
Ａ６１Ｂ　8/00　(2006.01)　Ａ６１Ｂ　8/00

請求項の数 4　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願2021-182897(P2021-182897)
(22)出願日　令和3年11月9日(2021.11.9)
(65)公開番号　特開2023-70601(P2023-70601A)
(43)公開日　令和5年5月19日(2023.5.19)
審査請求日　令和6年6月27日(2024.6.27)

(73)特許権者　390001421
学校法人早稲田大学
東京都新宿区戸塚町１丁目１０４番地
(74)代理人　100114524
弁理士　榎本　英俊
(72)発明者　岩田　浩康
東京都新宿区戸塚町１丁目１０４番地　学校法人早稲田大学内
(72)発明者　志田　優樹
東京都新宿区戸塚町１丁目１０４番地　学校法人早稲田大学内
(72)発明者　岡田　麻里
東京都新宿区戸塚町１丁目１０４番地　学校法人早稲田大学内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】エコー画像取得用の探索装置及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
被検体の体表面にプローブを接触させることで体内のエコー画像を取得する超音波画像撮像装置により、所望とする前記エコー画像を得るために適切となる前記プローブの配置状態を探索する装置であって、
相互に異なる前記配置状態で撮像された前記エコー画像に前記プローブの配置情報をそれぞれ対応させた複数の画像データを解析し、適切となる前記配置状態における前記配置情報を所望情報として決定する画像処理部を備え、
前記画像処理部では、複数の前記エコー画像における所定部位の描出状況に基づいて、所定の前記画像データが特定され、当該画像データを取得した際の前記配置情報から前記所望情報が決定され、
前記画像処理部は、前記配置情報として前記プローブの姿勢情報を用い、前記所望情報として、心臓の前記エコー画像の対象断面を取得するのに適切となる前記プローブの所望姿勢情報を探索する姿勢探索部を含み、
前記姿勢探索部は、左室の先端の心尖と僧帽弁とを結ぶ直線である左室長軸に沿う前記エコー画像を取得可能となる前記プローブのヨー方向におけるヨー角度を前記所望姿勢情報として探索するヨー角度探索部を備え、
前記ヨー角度探索部では、前記プローブをヨー方向に回転させながら都度取得された前記各画像データを取得順に対比したときの左室領域の形状変化から、左室壁の開放状態と閉塞状態の２箇所の境界地点の間の前記ヨー角度である臨界角度を推定し、当該臨界角度の

中央値となる前記ヨー角度を、前記左室長軸に沿う前記対象断面が得られる前記所望姿勢情報とすることを特徴とするエコー画像取得用の探索装置。
【請求項２】
前記画像処理部は、前記配置情報として前記プローブの位置情報を用い、基点となる心臓弁の描出状況に応じ、前記所望情報として、心臓の前記エコー画像の対象断面を取得するのに適切となる前記プローブの所望位置情報を探索する位置探索部を含み、
前記位置探索部では、学習済みの前記画像データに基づき、前記各エコー画像内の前記心臓弁を認識する物体検出システムにより、前記各エコー画像内での前記心臓弁の存在の可能性を表す推定値が算出され、当該推定値が高いと判定された前記エコー画像に対応する前記位置情報が、前記所望位置情報とされることを特徴とする請求項１記載のエコー画像取得用の探索装置。
【請求項３】
前記姿勢探索部は、腱索と乳頭筋が連ならない僧帽弁を認識するための前記プローブのピッチ方向におけるピッチ角度を前記所望姿勢情報として探索するピッチ角度探索部を備え、
前記ピッチ角度探索部では、学習済みの前記画像データに基づき、前記エコー画像内において前記腱索と前記乳頭筋が連ならない前記僧帽弁を認識する物体検出システムにより、当該僧帽弁の前記各エコー画像内での存在の可能性を表す推定値が算出され、当該推定値の最も高い前記エコー画像に対応するピッチ角度が前記所望姿勢情報とされることを特徴とする請求項１又は２記載のエコー画像取得用の探索装置。
【請求項４】
被検体の体表面にプローブを接触させることで体内のエコー画像を取得する超音波画像撮像装置により、所望とするエコー画像を得るために適切となる前記プローブの配置状態を探索する装置のプログラムであって、
相互に異なる前記配置状態で撮像された前記エコー画像に前記プローブの配置情報をそれぞれ対応させた複数の画像データを解析し、適切となる前記配置状態における前記配置情報を所望情報として決定する画像処理部としてコンピュータを機能させ、
前記画像処理部では、複数の前記エコー画像における所定部位の描出状況に基づいて、所定の前記画像データが特定され、当該画像データを取得した際の前記配置情報から前記所望情報が決定され、
前記画像処理部は、前記配置情報として前記プローブの姿勢情報を用い、前記所望情報として、心臓の前記エコー画像の対象断面を取得するのに適切となる前記プローブの所望姿勢情報を探索する姿勢探索部を含み、
前記姿勢探索部は、左室の先端の心尖と僧帽弁とを結ぶ直線である左室長軸に沿う前記エコー画像を取得可能となる前記プローブのヨー方向におけるヨー角度を前記所望姿勢情報として探索するヨー角度探索部を備え、
前記ヨー角度探索部では、前記プローブをヨー方向に回転させながら都度取得された前記各画像データを取得順に対比したときの左室領域の形状変化から、左室壁の開放状態と閉塞状態の２箇所の境界地点の間の前記ヨー角度である臨界角度を推定し、当該臨界角度の中央値となる前記ヨー角度を、前記左室長軸に沿う前記対象断面が得られる前記所望姿勢情報とすることを特徴とするエコー画像取得用の探索装置のプログラム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、所望とするエコー画像を取得する際に、被検者の体表面に当てるプローブの適切な位置や姿勢を探索するためのエコー画像取得用の探索装置及びプログラムに関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、日本では死亡率上位を占める心疾患に対して、非侵襲的で高精度な診断が可能な経胸壁心エコー検査（以下、「心エコー検査」と称する）が注目されている。心エコー検査

においては、心エコー画像の鮮明性を担保するために、音響窓と呼ばれる適切な超音波入射部位からプローブを当てることが推奨される。それ以外の部位から心エコー画像を取得すると、アーチファクトと呼ばれる虚像や画像の歪みにより鮮明な心エコー画像を取得することが困難となる。ここで、病状の診断に使われる基本断面は、音響窓の位置にて、プローブの角度を微調整することで描出可能であるが、基本断面の描出を行うためのプローブの操作技術に熟練を要する。

【０００３】

すなわち、心エコー画像の鮮明性に影響を与える肺や、心エコー画像を欠落させる胸骨、肋骨が、心臓の周囲に存在するため、前記基本断面を得るには、適切となる数少ないプローブの位置及び姿勢を探索する必要がある。ところが、被検者への呼吸指示や体位指示を行っても、心臓の位置や向きには個人差があるため、被検者に対する適切なプローブの位置情報及び姿勢情報を事前に特定できない。また、心エコー検査では、心臓の３次元的構造の把握や細部まで鮮明に描出することを必要とされることから、高い技術や経験則を要するとともに、検査が長時間になり易く被検者への負担が増大する。

【０００４】

この心エコー検査による心疾患の早期発見は、医師不足や前述の検査手技の困難性のために十分に行われていないことから、本発明者らは、心エコー検査による心疾患の早期発見を促すべく、遠隔操作や自律動作による支援を目的としたロボットの開発を進めてきた。ロボットによって、基本断面と呼ばれる診断用画像を自動的に取得できれば、効率的な支援が可能になる。

【０００５】

ところで、オペレータの遠隔操作により、ロボットアームの先端に取り付けられた超音波診断装置のプローブを患者の患部に当てて患部の超音波画像を取得するロボットが知られている（例えば、特許文献１参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開２０１９－１６５８４０号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

しかしながら、特許文献１等の従来のロボットを心エコー検査に利用した場合でも、基本断面を適切に取得できるプローブの位置や姿勢は、依然、医師等が超音波画像を目視しながら決定するため、医師等の経験や技術に依存することは変わらず、ロボットによる心エコー検査の自動化や効率化を十分に発揮することができない。

【０００８】

本発明は、このような課題に着目して案出されたものであり、その目的は、エコー検査において所望とするエコー画像を取得可能なプローブの位置情報や姿勢情報を自動的に探索することができるエコー画像取得用の探索装置及びプログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

前記目的を達成するため、本発明は、主として、被検体の体表面にプローブを接触させることで体内のエコー画像を取得する超音波画像撮像装置により、所望とする前記エコー画像を得るために適切となる前記プローブの配置状態を探索する装置であって、相互に異なる前記配置状態で撮像された前記エコー画像に前記プローブの配置情報をそれぞれ対応させた複数の画像データを解析し、適切となる前記配置状態における前記配置情報を所望情報として決定する画像処理部を備え、前記画像処理部では、複数の前記エコー画像における所定部位の描出状況に基づいて、所定の前記画像データが特定され、当該画像データを取得した際の前記配置情報から前記所望情報が決定される、という構成を採っている。

【００１０】

なお、本特許請求の範囲及び本明細書においては、プローブＰの位置及び姿勢の各方向については、特に明示しない限り、図１に示される方向とされる。すなわち、プローブＰの位置を表す直交３軸の座標における「ｘ軸方向」は、被検者の頭尾方向とされ、同「ｙ軸方向」は、被検者の横（左右）方向とされ、同「ｚ軸方向」は、被検者の体表面の法線方向とされる。また、同図に示される向きのプローブＰの下端中央部分を回転中心としたときに、「ロール方向」は、ビーム走査面Ｆに直交する軸（前記ｘ軸）回りの回転方向とされ、「ピッチ方向」は、ビーム走査面Ｆを前後に揺動させる方向（前記ｙ軸回り）の回転方向とされ、「ヨー方向」は、前記ｚ軸回りの回転方向とされる。

【発明の効果】

【００１１】

本発明によれば、所望とするエコー画像を取得可能なプローブの位置情報や姿勢情報を自動的に特定することができる。このため、ロボットの遠隔操作による心エコー検査における診断時に、プローブの所定範囲の移動や回転を行うことで、所望とする心エコー画像を自動的に取得することができ、ロボットによる自動化や効率化により、心エコー検査の一層の普及が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】本実施形態に係る心エコー検査システムの概略構成を表した図である。

【図２】傍胸骨左縁左室長軸断面の心エコー画像の模式図である。

【図３】所望位置情報の探索と決定の手順を表すフローチャートである。

【図４】変形例における所望位置情報の探索と決定の手順を表すフローチャートである。

【図５】図４の一部手順を変更したフローチャートである。

【図６】左室長軸を算出する概念を説明するための図である。

【図７】所望ヨー角度の探索と決定の手順を表すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００１３】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【００１４】

図１には、本実施形態に係るエコー画像取得用の探索装置を含む心エコー検査システムの概略構成を表した図が示されている。この図において、前記心エコー検査システム１０は、医師と離れた場所にいる被検者の心エコー検査を可能にするシステムである。具体的に、この心エコー検査システム１０は、被検体の胸部の体表面にプローブＰを接触させることで、心臓のエコー画像（以下、「心エコー画像」と称する）を撮像する超音波画像撮像装置１１と、プローブＰを移動させるプローブ移動装置１２と、取得したエコー画像を処理、解析することにより、プローブＰの位置情報、姿勢情報からなる配置情報について、所望とする心エコー画像が得られる際の適切なプローブＰの配置状態を探索する探索装置１３とを備えている。

【００１５】

前記超音波画像撮像装置１１としては、２次元若しくは３次元の心エコー検査を行うための超音波画像（エコー画像）を取得できる公知の超音波診断装置が適用される。つまり、この超音波画像撮像装置１１では、プローブＰによるビーム走査によって、ビーム走査面Ｆと同一断面における２次元の断層画像である心エコー画像が取得される。

【００１６】

前記プローブ移動装置１２は、医師等の遠隔操作により、プローブＰを保持する保持部（図示省略）を動作させることで、プローブＰに対し、直交３軸方向の並進運動と直交３軸回りの回転運動とからなる６自由度の動作を可能にするロボットからなる。当該ロボットは、本発明の本質的な要素でないため、詳細な構成等の説明を省略する。

【００１７】

また、前記プローブＰには、その位置情報及び姿勢情報を検出可能な公知のセンサ（図示省略）が設けられている。このセンサでは、所定地点を原点とする直交３軸の各座標にお

ける位置情報と、当該３軸回りの回転角度である姿勢情報とからなる３次元の配置情報を取得可能になっている。なお、ここでのセンサとしては、加速度センサ、磁気センサ、光学センサ等、前記配置情報を取得可能な限りにおいて、種々の機器を採用することができる。また、前記配置情報における座標系は、所定の位置を原点として事前に設定される。

【００１８】

前記探索装置１３は、ＣＰＵ等の演算処理装置及びメモリやハードディスク等の記憶装置等からなるコンピュータによって構成されている。

【００１９】

この探索装置１３は、超音波画像撮像装置１１で取得した心エコー画像を含む画像データ等を保存する記憶部１５と、記憶部１５から抽出された画像データを解析し、心エコー検査に適切となるプローブＰの配置状態における前記配置情報を所望情報として決定する画像処理部１６とを備えている。

【００２０】

前記画像データは、プローブＰに取り付けられた前記センサの検出結果から、心エコー画像を取得した際のプローブＰの位置情報及び姿勢情報を当該心エコー画像に対応させたデータである。前記記憶部１３には、プローブＰの移動時や回転時における所定のタイミング毎に画像データが逐次保存される。

【００２１】

前記画像処理部１６では、心エコー検査において病状の診断に用いられる基本断面のうち、最も所見の多い傍胸骨左縁左室長軸断面と呼ばれる対象断面の心エコー画像を取得可能となるプローブＰの位置情報及び姿勢情報が、所望位置情報及び所望姿勢情報（所望情報）として決定されるようになっている。

【００２２】

傍胸骨左縁左室長軸断面のエコー画像としては、図２に模式的に示されるように、扇型の外形の上側頂部に右室５１が描出され、同下側に左室壁５２、左室５３、僧帽弁５４及び左房５５等が描出される。

【００２３】

ここで、プローブＰの位置情報としては、心エコー画像を取得可能に体表面に対して一義的に定まる体表面への押圧方向であるｚ軸方向を除くｘ軸方向及びｙ軸方向の２自由度の位置情報が対象となる。また、プローブＰの姿勢情報としては、心エコー画像を中心軸上に移動させるために一義的に定まるロール方向を除くヨー方向及びピッチ方向の２自由度の角度情報が対象となる。

【００２４】

前記画像処理部１６では、プローブ移動装置１２によるプローブＰの移動や回転による走査により、相互に異なるプローブＰの配置状態で得られた複数の心エコー画像の中から、所定部位となる左室壁５２や僧帽弁５４の描出状況に基づいて、所定の前記画像データを特定し、当該画像データを取得した際のプローブＰの配置情報から、所望位置情報及び所望姿勢情報が決定される。

【００２５】

具体的に、画像処理部１６は、基点となる僧帽弁５４の描出状況に応じ、心エコー画像の対象断面を取得するのに適切となるプローブＰの所望位置情報を探索する位置探索部１８と、心エコー画像の対象断面を取得するのに適切となるプローブＰの所望姿勢情報を探索する姿勢探索部１９とにより構成される。

【００２６】

前記位置探索部１８では、僧帽弁５４が心エコー画像に表れるプローブＰのｘ軸及びｙ軸方向の座標からなる所望位置情報を探索する。

【００２７】

すなわち、ここでは、学習済みの画像データに基づき、所定の物体を認識する深層学習モデル等を利用したＹＯＬＯ等の公知の物体検出システムが適用されており、プローブＰの各位置で取得した心エコー画像の中から、予め学習した僧帽弁５４の存在とその確率を表

す推定値が算出される。そして、当該推定値の最も高い心エコー画像を取得したプローブＰの位置を表すｘ軸及びｙ軸方向の座標が所望位置情報とされる。なお、物体検出システムとしては、心エコー画像の中から僧帽弁５４の存在等を推定可能な限りにおいて、様々な手法の他のシステムや装置類を採用することができる。

【００２８】

所望位置情報の探索及び決定の手順について、図３のフローチャートを用いながら以下に説明する。

【００２９】

先ず、プローブＰのヨー方向及びピッチ方向の角度を所定値に固定した所定の姿勢で、プローブ移動装置１２の動作により、プローブＰが、被検者の胸部表面の所定範囲に沿って走査される（ステップＳ１０１）。この際、ｎ箇所の各位置で都度取得した画像データが記憶部１５に保存される（ステップＳ１０２）。そして、前記所定範囲でのプローブＰの走査が終了したら、位置探索部１８により、記憶部１５に保存された取得位置毎の全ての画像データについて、それぞれ次の画像処理が行われる。つまり、座標（ｘｉ，ｙｉ）となる所定位置（ｉ＝１、２・・・ｎ）の画像データが記憶部１５から抽出され（ステップＳ１０３）、当該１フレームの心エコー画像について僧帽弁５４の検出が行われる（ステップＳ１０４）。そして、僧帽弁５４が検出された心エコー画像について、公知の画像処理により、僧帽弁５４が、予め設定された心エコー画像の所定の端部領域に位置するか否かが判定される（ステップＳ１０５）。そこで、僧帽弁５４が、前記端部領域に位置しない場合に、その心エコー画像内での僧帽弁５４の推定値が、その画像データに対応して記録された状態で、画像データに保存される（ステップＳ１０６）。なお、以上の手順で僧帽弁５４が検出されない場合、また、僧帽弁５４が前記端部領域に位置する場合には、他の位置で取得された画像データについて、同一の画像処理が行われる。

【００３０】

以上の画像処理が、プローブＰの走査によって取得された全ての画像データについて行われた後（ステップＳ１０７）、前記推定値の有無が判定される（ステップＳ１０８）。ここで、前記推定値が記録された画像データが存在する場合には、その中で最大の前記推定値を有する画像データが推定値が高いと判定され、その取得時の位置情報がプローブＰの所望位置情報として決定される（ステップＳ１０９）。一方、全ての画像データについて、僧帽弁５４が検出されない場合、或いは、心エコー画像の前記端部領域でのみ僧帽弁５４が検出された場合には、前記推定値が記録された画像データが存在しないため、プローブＰのヨー方向及びピッチ方向の角度を別の値に変更して姿勢を変えた上で（ステップＳ１１０）、再度、胸部表面の前記所定範囲に沿ってプローブＰを走査させ、前述の処理が繰り返し行われる。

【００３１】

なお、プローブＰの所望位置情報の探索、決定の手順としては、前述に限定されるものではなく、次の変形例の手順により行うこともできる。

【００３２】

前述の手順では、プローブＰが移動した領域内の各位置で画像データを全て取得した後で、前述の画像処理を行っているが、当該変形例では、プローブＰが移動する経路上の各位置にて、前述の画像処理を都度行い、所定の前記推定値の画像データが得られた時点で、その位置情報がプローブの所望位置情報として決定される。

【００３３】

すなわち、図４に示されるように、先ず、プローブＰのヨー方向及びピッチ方向の角度を所定値に固定した所定の姿勢で、プローブ移動装置１２の動作により、所定の経路に沿ってプローブが走査され（ステップＳ２０１）、最初の位置で画像データが取得される（ステップＳ２０２）。次に、当該位置での画像データについて、位置探索部１８により僧帽弁５４の検出が行われる（ステップＳ２０３）。そして、僧帽弁５４が検出された心エコー画像について、前述と同様に、僧帽弁５４が、予め設定された心エコー画像の端部領域に位置するか否かが判定される（ステップＳ２０４）。その後、僧帽弁５４が、前記端部

領域に位置しない場合に、その画像データにおける僧帽弁５４の推定値が、予め設定した閾値以上か否かについて判定される（ステップＳ２０５）。当該推定値が閾値以上の場合には、推定値が高いと判定され、プローブ移動装置１２による経路移動が停止され（ステップＳ２０６）、その際のプローブＰの位置情報が所望位置情報として決定される（ステップＳ２０７）。一方、位置探索部１８により僧帽弁５４が検出されない場合、僧帽弁５４が前記端部領域に位置する場合、或いは、前記推定値が閾値未満の場合には、プローブＰが、次の位置に移動して同様の画像処理が行われる。そして、予め設定された経路の全域をプローブＰが移動しても、前述の処理により所望位置情報が得られない場合には、プローブＰのヨー方向及びピッチ方向の角度を別の値に変更して姿勢を変えた上で（ステップＳ２０８）、再度、プローブＰが前記経路上を移動し、前述の手順で画像処理が行われる。

【００３４】

なお、前記変形例では、当該推定値の閾値を使って所望位置情報を決定しているが、当該変形例に対する変更点として、図５に示されるように、経路上のプローブＰの移動に伴って取得される心エコー画像の推定値が連続的に上昇し続けるまでプローブＰの移動を継続し（ステップＳ２０５Ａ）、高い推定値と判定される最大の推定値を有する最後のプローブの位置を所望位置情報とする（ステップＳ２０７Ａ）態様も採用可能である。

【００３５】

前記姿勢探索部１９は、図６に示されるように、左室の先端の心尖５６と僧帽弁５４とを結ぶ直線である左室長軸Ｌに沿う断面を描出可能となるように、プローブＰのヨー方向における所望姿勢情報となる所望ヨー角度を探索するヨー角度探索部２１と、腱索と乳頭筋が連ならない位置での僧帽弁５４を認識するためのプローブＰのピッチ方向における所望姿勢情報となる所望ピッチ角度を探索するピッチ角度探索部２２とを備えている。

【００３６】

前記ヨー角度探索部２１では、以下の概念に基づいて、左室長軸Ｌに沿う心エコー画像を描出可能なプローブＰのヨー方向の回転角度が、所望ヨー角度として決定される。

【００３７】

左室長軸Ｌの角度を推定するために、心臓の左室形状に着目する。図６に示されるように、左室５３は、回転楕円体に近似することが可能で、その中心軸は左室長軸Ｌに一致する。また回転楕円体の対称性より、左室長軸Ｌ上の任意の点Ｏを通る断面には、左室長軸Ｌに対して対称な断面が存在すると考えられる。つまり、これら断面が得られるプローブＰの回転角度の中央値は、左室長軸Ｌに一致することになる。ここで、左室長軸Ｌが心尖５６から僧帽弁５４を結ぶ直線であることを考慮すると、僧帽弁５４を通る左室の断面Ａには左室長軸に対して対称な断面Ａ´が存在する。次に、左室長軸Ｌを含む断面が得られるプローブＰの回転角度から、ヨー方向時計回りにプローブＰを回転させた際の断面に着目する。この際、プローブＰにより描出される断面の左室壁５２の形状は、画像左端の外周部分の一部が開放したチューブ状の形状（開放状態）から、同外周部分が連続して閉塞する楕円形状若しくは円形状（閉塞状態）に変化する。また、逆方向にプローブを回転した際も同様に左室壁５２の形状が変化する。ここで、左室壁５２の形状が、開放状態と閉塞状態との間で変化する２か所の境界地点Ｆの間のヨー角度である臨界角度θに着目をすると、臨界角度θの中央値が左室長軸Ｌに沿う断面を取得可能なプローブＰの所望ヨー角度であると考えられる。

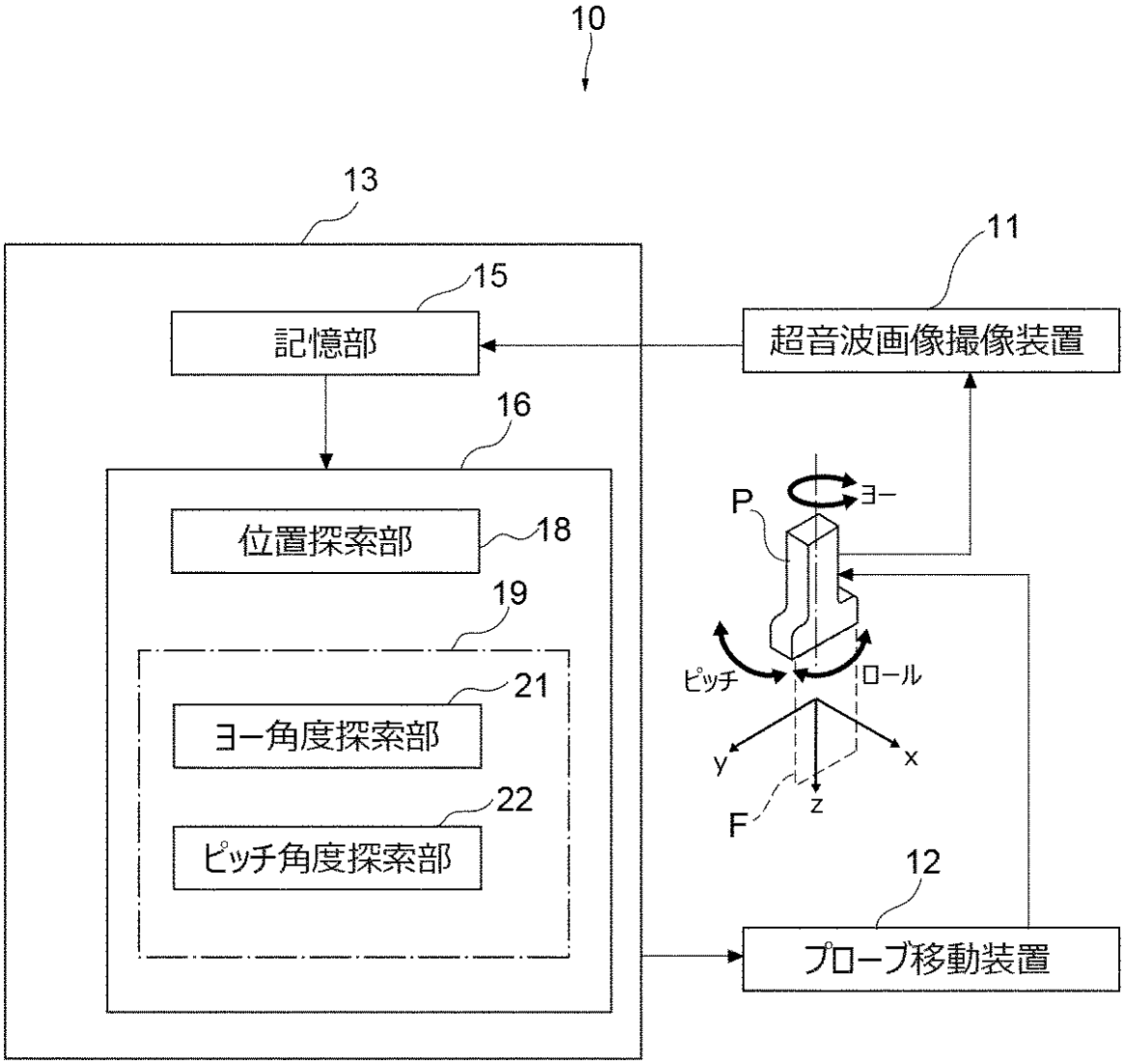
【００３８】

そこで、前記ヨー角度探索部２１では、次の処理が行われる。すなわち、僧帽弁５４の位置を中心とし、プローブＰをヨー方向に回転させた際に取得された心エコー画像に、当該取得時のヨー方向の角度（ヨー角度）に対応して記憶部１５に保存された画像データから、公知の画像処理によって、左室壁５３の形状が閉塞状態と開放状態との間で変化する際の心エコー画像が特定される。そして、当該心エコー画像に紐付いているプローブＰのヨー角度から臨界角度を求め、その中央値が、左室長軸Ｌに沿って描出される断面の得られるプローブＰの所望ヨー角度として決定される。

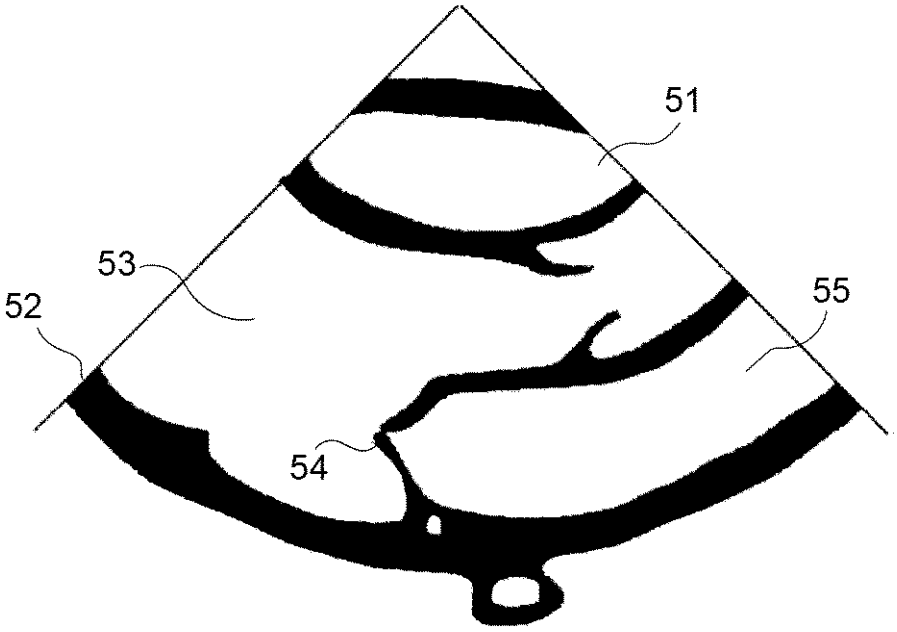
【００３９】
所望ヨー角度の探索及び決定の手順について、図７のフローチャートを用いながら以下に説明する。
【００４０】
先ず、前述した所望位置情報に対応する位置にプローブＰを移動し、当該位置と、ピッチ方向の角度を所定値に固定した所定の姿勢を維持した状態で、プローブ移動装置１２により、プローブＰを３６０度の範囲で全周回転させながら走査する（ステップＳ３０１）。この際、ｎ箇所の各ヨー角度で都度取得した画像データが記憶部１５に保存される（ステップＳ３０２）。そして、プローブＰの全周回転が終了したら、ヨー角度探索部２１により、記憶部１５に保存されたヨー角度毎の全ての画像データについて、それぞれ次の画像処理が行われる。つまり、角度（εｉ）となる所定のヨー角度（ｉ＝１、２・・・ｎ）における対象の画像データと、その前後所定数の各フレームの画像データとが記憶部１５から抽出される（ステップＳ３０３）。そして、公知の画像処理により、当該対象の画像データについて、その前後の所定数のフレーム（例えば、５フレーム）連続で、左室壁５２の一部が開放しない状態となる閉塞左室壁が検出されたか否かが判定される（ステップＳ３０４）。そして、閉塞左室壁が前記所定数連続して検出された対象の画像データは、検出画像データとして記録される（ステップＳ３０５）。なお、閉塞左室壁が前記所定数連続して検出されない場合には、別のヨー角度で取得された次の対象の心エコー画像について、同一の画像処理が行われる。
【００４１】
以上の画像処理が、ヨー方向における全周のプローブＰの走査によって取得された全ての画像データについて行われた後（ステップＳ３０６）、前記検出画像データの存否が判定される（ステップＳ３０７）。そして、検出画像データが存在する場合には、前後フレームでの対比により、当該検出画像データを検出し始めた時のプローブＰの２箇所のヨー角度から、臨界角度が算出される（ステップＳ３０８）。その上で、臨界角度の中央値が算出され、当該中央値に対応するプローブＰのヨー角度が、所望ヨー角度として決定される（ステップＳ３０９）。一方、全ての画像データについて、閉塞左室壁が検出されない場合には、プローブＰのピッチ方向の角度を別の値に変更して姿勢を変えた上で（ステップＳ３１０）、再度、前述の処理が行われる。
【００４２】
前記ピッチ角度探索部２２では、左室長軸Ｌを含む傍胸骨左縁左室長軸断面において、左室の乳頭筋や腱索が描出されないようにする必要があることから、左室５３の乳頭筋や腱索が描出されない僧帽弁５４の中央位置におけるプローブＰの所望ピッチ角度が探索される。
【００４３】
このピッチ角度探索部２２では、僧帽弁５４を撮像可能な所望位置情報に対応する位置にプローブＰを移動した上で、所望ヨー角度でのプローブＰの姿勢とした状態で、プローブＰのピッチ方向の角度（ピッチ角度）を変化させながら、乳頭筋や腱索が連ならない僧帽弁５４が心エコー画像に描出されるピッチ角度で得られた画像データを特定することで、プローブＰの所望ピッチ角度が決定される。
【００４４】
すなわち、ここでは、前記位置探索部１８と同様の物体検出システムが適用されており、プローブＰの各ピッチ角度で取得した画像データの中から、予め学習した乳頭筋や腱索が連ならない僧帽弁５４の存在とその確率を表す推定値が算出される。そして、前述した実施形態や変形例における位置探索部１８と同様の手順により、推定値が高いと判定された画像データを取得した際のプローブＰのピッチ角度が所望ピッチ角度とされる。
【００４５】
以上の画像処理部１６での画像処理により、適切な傍胸骨左縁左室長軸断面が得られるプローブＰの位置情報及び姿勢情報が特定され、これら配置情報に対応するプローブＰの位置及び姿勢で取得された心エコー画像が、診断に有用となる傍胸骨左縁左室長軸断面とし

て用いられることになる。
【００４６】
なお、本発明における探索装置１３は、心エコー画像に限らず所望とするエコー画像を得るために適切となるプローブＰの配置状態を探索するために、複数のエコー画像における所定部位の描出状況に基づいて、適切となる画像データを特定し、当該画像データを取得した際のプローブＰの配置情報を所望情報として決定することも可能である。
【００４７】
また、前記画像処理部１６としては、所望情報の把握状況に応じて、前記位置探索部１８及び姿勢探索部１９の何れか一方のみを設ける態様を採用することもできる。また、画像処理部１６では、同様の手法により、他の心臓弁等の部位の描出状況に基づいて、所望とする他の基本断面を得るためのプローブＰの所望位置情報及び所望姿勢情報を決定することも可能である。
【００４８】
更に、前記実施形態では、プローブ移動装置１２による動作により、プローブＰの移動及び回転を行っているが、本発明はこれに限らず、プローブＰの移動及び回転を操作者の手動で行い、探索装置１３により、適切なプローブＰの位置及び姿勢を自動的に特定することもできる。
【００４９】
その他、本発明における装置各部の構成や処理手順は、前述の説明に限定されるものではなく、実質的に同様の作用を奏する限りにおいて、種々の変更が可能である。
【符号の説明】
【００５０】
１１　超音波画像撮像装置
１３　探索装置
１６　画像処理部
１８　位置探索部
１９　姿勢探索部
２１　ヨー角度探索部
２２　ピッチ角度探索部
Ｐ　プローブ
Ｌ　左室長軸

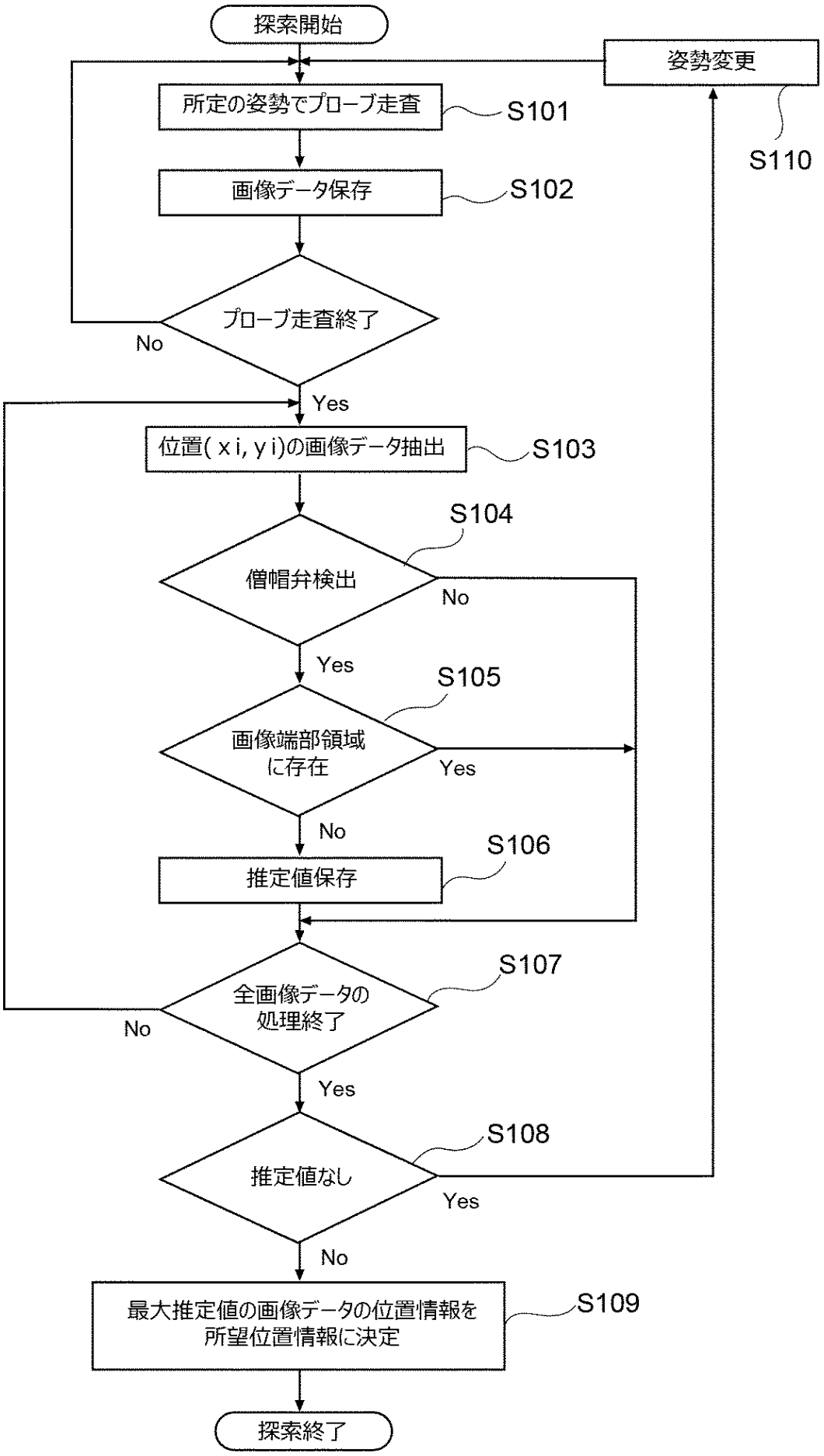
【図１】


10
13
11
15
記憶部
超音波画像撮像装置
16
位置探索部
18
19
21
ヨー角度探索部
22
ピッチ角度探索部
P
ヨー
ピッチ
ロール
y
x
z
F
12
プローブ移動装置

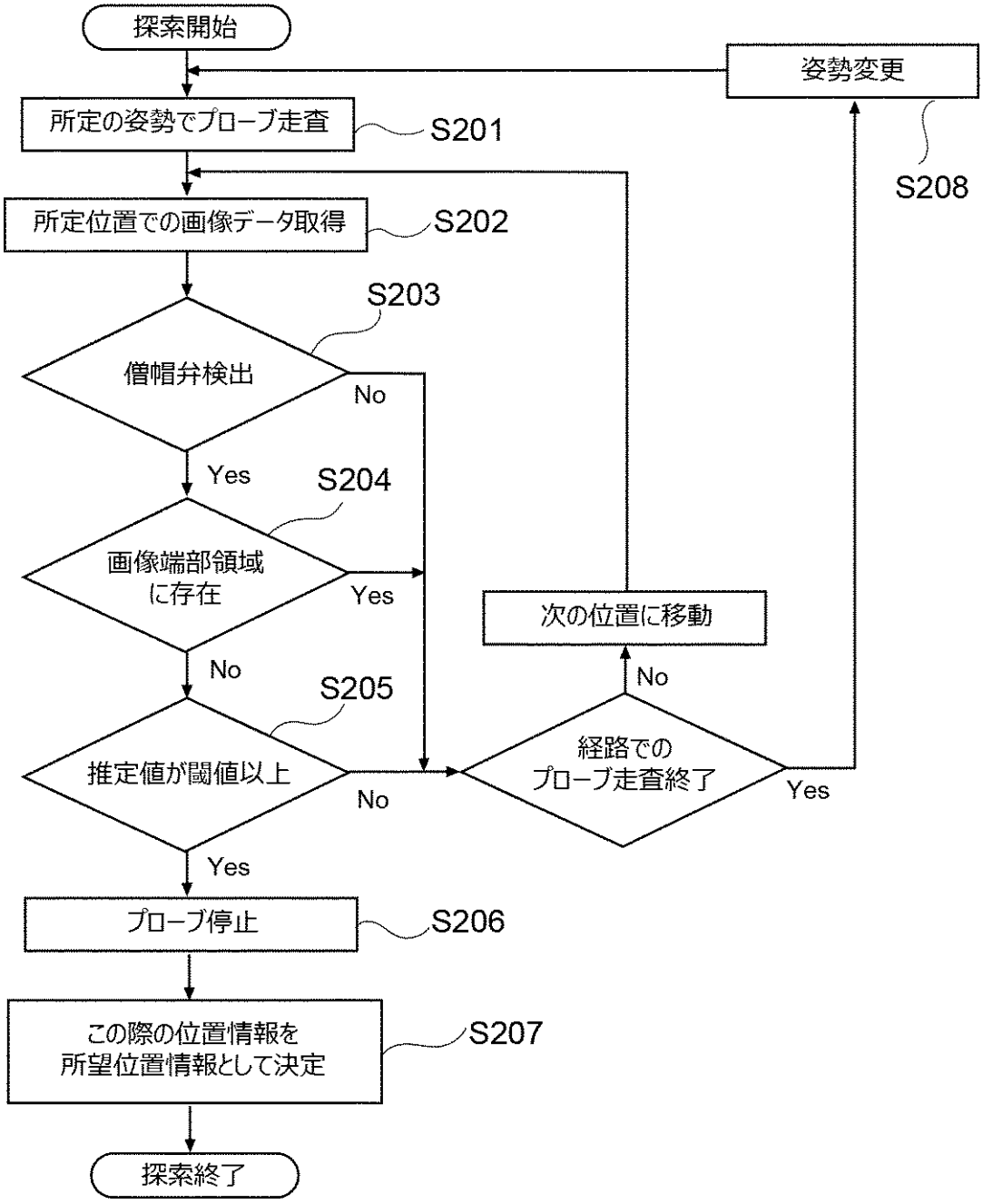
【図２】



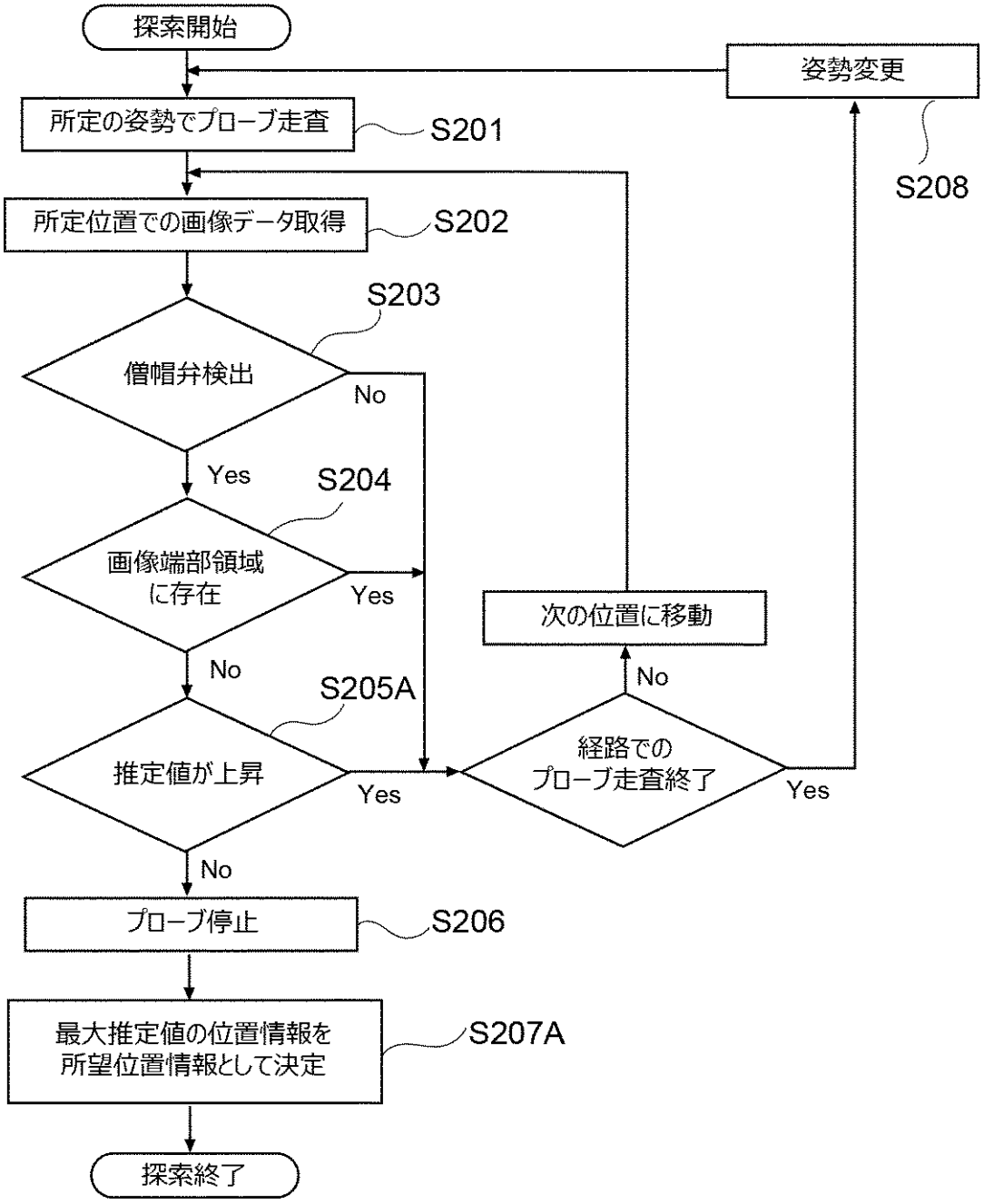
【図３】


探索開始
所定の姿勢でプローブ走査
S101
画像データ保存
S102
プローブ走査終了
No
Yes
位置(x i, y i)の画像データ抽出
S103
S104
僧帽弁検出
No
Yes
S105
画像端部領域
に存在
Yes
No
S106
推定値保存
S107
全画像データの
処理終了
No
Yes
S108
推定値なし
Yes
No
S109
最大推定値の画像データの位置情報を
所望位置情報に決定
探索終了
姿勢変更
S110

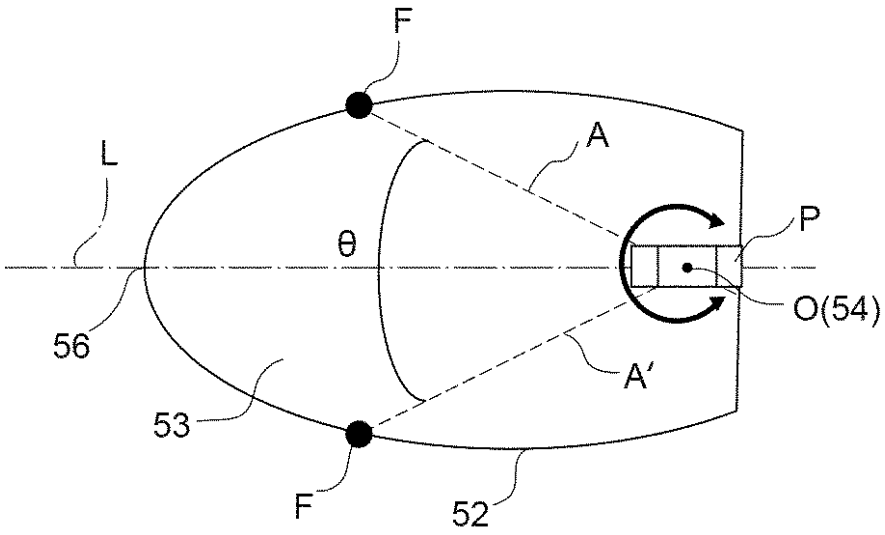
【図４】


探索開始
所定の姿勢でプローブ走査
S201
所定位置での画像データ取得
S202
S203
僧帽弁検出
No
Yes
S204
画像端部領域
に存在
Yes
No
S205
推定値が閾値以上
No
Yes
プローブ停止
S206
この際の位置情報を
所望位置情報として決定
S207
探索終了
経路での
プローブ走査終了
Yes
No
次の位置に移動
姿勢変更
S208

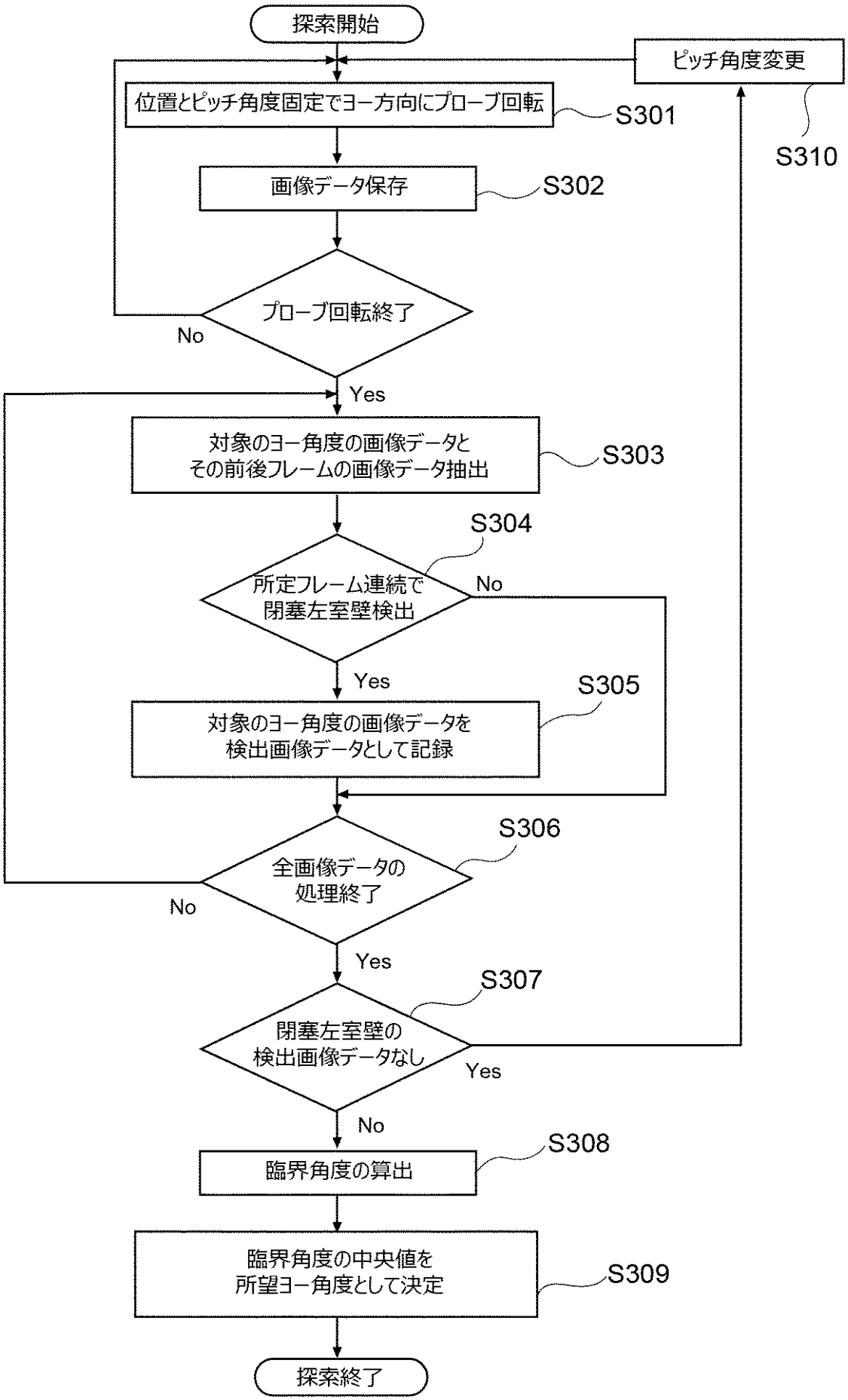
【図５】


探索開始
所定の姿勢でプローブ走査
S201
所定位置での画像データ取得
S202
S203
僧帽弁検出
No
Yes
S204
画像端部領域
に存在
Yes
No
S205A
推定値が上昇
Yes
No
プローブ停止
S206
最大推定値の位置情報を
所望位置情報として決定
S207A
探索終了
経路での
プローブ走査終了
Yes
No
次の位置に移動
姿勢変更
S208

【図６】



【図７】


探索開始
位置とピッチ角度固定でヨー方向にプローブ回転
S301
画像データ保存
S302
プローブ回転終了
No
Yes
対象のヨー角度の画像データと
その前後フレームの画像データ抽出
S303
S304
所定フレーム連続で
閉塞左室壁検出
No
Yes
S305
対象のヨー角度の画像データを
検出画像データとして記録
S306
全画像データの
処理終了
No
Yes
S307
閉塞左室壁の
検出画像データなし
Yes
No
S308
臨界角度の算出
臨界角度の中央値を
所望ヨー角度として決定
S309
探索終了
ピッチ角度変更
S310

フロントページの続き

審査官　清水　裕勝

(56)参考文献　特表２０１７－５０２７２９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－１０４１９４（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－０５６１２５（ＪＰ，Ａ）
一般社団法人日本超音波検査学会　走査法の標準化　循環器，2019年03月，https://www.jss.org/committee/standard/doc/standardization_junkanki.pdf

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