

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5958931号
(P5958931)

(45) 発行日 平成28年8月2日(2016.8.2)

(24) 登録日 平成28年7月1日(2016.7.1)

(51) Int.Cl.
A 6 1 B 8/00 (2006.01)

F 1
A 6 1 B 8/00

請求項の数 3 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-103973 (P2012-103973)	(73) 特許権者	504132881
(22) 出願日	平成24年4月27日 (2012.4.27)		国立大学法人東京農工大学
(65) 公開番号	特開2013-230247 (P2013-230247A)		東京都府中市晴見町 3-8-1
(43) 公開日	平成25年11月14日 (2013.11.14)	(74) 代理人	100079049
審査請求日	平成26年10月23日 (2014.10.23)		弁理士 中島 淳
		(74) 代理人	100084995
			弁理士 加藤 和詳
		(74) 代理人	100099025
			弁理士 福田 浩志
		(72) 発明者	榊田 晃司
			東京都府中市晴見町 3-8-1 国立大学
			法人 東京農工大学内
		(72) 発明者	竹島 昇吾
			東京都府中市晴見町 3-8-1 国立大学
			法人 東京農工大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 左心室壁情報抽出装置、方法、及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

心臓の超音波断層画像である四腔断面像から輝度情報に基づいて左心室内壁の初期輪郭を抽出する初期輪郭抽出手段と、

前記初期輪郭抽出手段により抽出された初期輪郭の運動ベクトルを複数算出する運動ベクトル算出手段と、

前記運動ベクトル算出手段により算出された複数の運動ベクトルの延長線の交点を複数算出する交点算出手段と、

前記交点算出手段により算出された複数の交点の分布から複数交点の重心座標を算出する重心算出手段と、

前記重心算出手段により算出された重心座標を左心室内腔の中心点とし、左心室形状を楕円の形状に近似すると共に、近似した近似楕円の内部を二値化して左心室内腔領域を抽出する左心室内腔領域抽出手段と、

前記左心室内腔領域抽出手段により近似された近似楕円の2つの僧帽弁の弁輪部を含むよう予め定められた探索範囲で、重心座標から半径方向の直線を円周方向に走査し、左心室壁の座標を探索して特徴点を抽出する弁輪部付近特徴点抽出手段と、

前記弁輪部付近特徴点抽出手段により抽出された特徴点を含む領域内における前記四腔断面像の輝度平均値を算出し、探索領域内の輝度平均値が大きい2つの特徴点を第1の弁輪部座標及び第2の弁輪部座標として特定する弁輪部座標特定手段と、

前記弁輪部座標特定手段により特定された第1の弁輪部座標と第2の弁輪部座標との間

において前記重心座標から半径方向の直線を円周方向に走査し、左心室壁の特徴点を抽出して座標を算出する左心室壁特徴点抽出手段と、

前記左心室壁特徴点抽出手段により算出された左心室壁の特徴点の各座標をスプライン補間すると共に、前記弁輪部座標特定手段により特定された第１の弁輪部座標と第２の弁輪部座標との間を結ぶ直線を描画する左心室輪郭抽出手段と、

を備えた左心室壁情報抽出装置。

【請求項２】

心臓の超音波断層画像である四腔断面像から輝度情報に基づいて左心室内壁の初期輪郭を抽出する初期輪郭抽出ステップと、

前記初期輪郭抽出ステップにより抽出された初期輪郭の運動ベクトルを複数算出する運動ベクトル算出ステップと、

前記運動ベクトル算出ステップにより算出された複数の運動ベクトルの延長線の交点を複数算出する交点算出ステップと、

前記交点算出ステップにより算出された複数の交点の分布から複数交点の重心座標を算出する重心算出ステップと、

前記重心算出ステップにより算出された重心座標を左心室内腔の中心点とし、左心室形状を楕円の形状に近似すると共に、近似した近似楕円の内部を二値化して左心室内腔領域を抽出する左心室内腔領域抽出ステップと、

前記左心室内腔領域抽出ステップにより近似された近似楕円の予め２つの僧帽弁の弁輪部を含むよう定められた探索範囲で、重心座標から半径方向の直線を円周方向に走査し、左心室壁の座標を探索して特徴点を抽出する弁輪部付近特徴点抽出ステップと、

前記弁輪部付近特徴点抽出ステップにより抽出された特徴点を含む領域内における前記四腔断面像の輝度平均値を算出し、探索領域内の輝度平均値が大きい２つの特徴点を第１、第２の弁輪部座標として特定する弁輪部座標特定ステップと、

前記弁輪部座標特定ステップにより特定された第１の弁輪部座標と第２の弁輪部座標との間において前記重心座標から半径方向の直線を円周方向に走査し、左心室壁の特徴点を抽出して座標を算出する左心室壁特徴点抽出ステップと、

前記左心室壁特徴点抽出ステップにより算出された左心室壁の特徴点の各座標をスプライン補間すると共に、前記弁輪部座標特定ステップにより特定された第１の弁輪部座標と第２の弁輪部座標との間を結ぶ直線を描画する左心室輪郭抽出ステップと、

を含む左心室壁情報抽出方法。

【請求項３】

コンピュータを、請求項１に記載の左心室壁情報抽出装置における各手段として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、心臓部の画像から左心室壁の輪郭を抽出する左心室壁情報抽出装置、方法、及びプログラムに係り、特に、四腔断面画像における左心室壁の輪郭を抽出するのに好適な左心室壁情報抽出装置、方法、及びプログラムに関するものである。

【背景技術】

【０００２】

近年、虚血性心疾患による死亡者の増加等により、虚血性心疾患の診断のために、画像による心壁の動きの解析が行なわれている。特に、心臓部の画像から左心室壁の輪郭を抽出することは、疾患の診断に重要である。

【０００３】

心臓部の画像から左心室壁の輪郭を抽出する場合、心腔内のノイズなどの問題により、初期輪郭を適切に設定しないと高精度な輪郭抽出結果は得られない。しかし、心臓断面の形には個人差があるため効果的に初期輪郭を少ない手間で設定することは困難である。

【０００４】

心臓部の画像から左心室壁の輪郭等を抽出する技術としては、例えば、特許文献 1, 2 に開示されている。

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 においては、心臓部の画像から左心室壁の輪郭等を抽出する技術として、対象物の撮像された画像を入力する第 1 のステップと、入力された前記画像に対し、3 点以上の前記対象物の特徴点を入力する第 2 のステップと、入力された特徴点に基づき前記対象物の初期輪郭を生成する第 3 のステップと、前記特徴点の位置を変化させずに、前記対象物の輪郭形状の特徴量と前記画像の特徴量と必要に応じて与えられる前記初期輪郭の変化量との総和が最小になるように前記初期輪郭を変形することにより、前記画像中の対象物の輪郭を抽出する第 4 のステップと、を有し、前記第 3 のステップは、前記第 4 のステップで抽出された過去の複数のサンプル輪郭のそれぞれから、当該サンプル輪郭を抽出する際に入力された隣り合う特徴点間を結んで得られる各線分上の点から当該サンプル輪郭までの方向と距離を示すベクトルを求めるステップと、前記複数のサンプル輪郭のそれぞれから求めた複数の前記ベクトルを統計処理して、前記各線分に対応し、当該線分を外側に広げる広げ方を定める代表ベクトルを生成するステップと、前記代表ベクトルを記憶手段に記憶するステップと、前記第 2 のステップで入力された隣り合う特徴点間を結んで得られる各線分上の点を、前記記憶手段で記憶された当該線分に対応する前記代表ベクトルの示す方向へ当該代表ベクトルの示す距離だけ移動させて、前記初期輪郭を生成するための各点を求めるステップと、前記第 2 のステップで入力された各特徴点と、求めた各点を通る円弧とをつないで前記初期輪郭を生成するステップと、を有することを特徴とする画像処理方法が記載されている。しかしながら、この技術においては、予め特徴点の位置を指定する必要がある。

【 0 0 0 6 】

また、特許文献 2 は、本願発明者等によるものであり、この特許文献 2 に記載の心室壁情報抽出装置では、超音波診断装置のプロープにより心臓の心室壁の超音波断層画像が撮像されると、運動ベクトル計測手段により心室壁の運動ベクトルを複数計測し、初期探索点設定手段により複数の運動ベクトルの延長線の交点領域を初期探索点として設定するため、従来、プロープの操作者が手動で設定することが必要であった心室壁の初期輪郭の初期設定等が一切不要となる。

【 0 0 0 7 】

そして、初期探索点設定手段により設定された初期探索点を原点とする極座標により、輪郭点抽出手段により心室壁の輪郭点を複数抽出するため、心室壁の輪郭を含む心室壁情報を容易に抽出することができる。すなわち、初期輪郭等の初期設定が全く不要でありながら、心室壁の輪郭を含む心室壁情報を容易に抽出することができ、その結果、遠隔超音波診断も容易に実現することが可能となる。

【 0 0 0 8 】

また、楕円近似手段と 3 次元計測手段とを付加して、輪郭点抽出手段が心室壁の輪郭点を複数抽出すると、その複数の輪郭点から心室壁の輪郭に沿った近似楕円を楕円近似手段により描画し、プロープのランダム操作に応じて複数の近似楕円が描画されると、その複数の近似楕円に基づいて 3 次元計測手段により心室壁の形状及び 3 次元位置の情報を求めるため、心室壁の形状及び 3 次元位置を含む心室壁情報を容易に抽出することができ、遠隔超音波診断も容易に実現することが可能となる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】 特開平 1 1 - 2 6 5 4 5 5 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 1 0 - 2 3 3 9 2 1 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

従来、超音波断層像における心機能の計測技術では、通常、内腔形状を手動によって数点クリックする等の初期設定が必要であり、作業の効率化を妨げていたが、特許文献2に記載の技術により、このような初期設定が不要な心室壁形状の自動認識が可能となった。

【0011】

しかしながら、特許文献2の技術は、医療現場で得られた左心室短軸断面像の動画ファイルに対して適用したものであり、四腔断面像に適用することは考慮されておらず、このような医療現場で得られた四腔断面像の動画ファイルから、左心室腔の形状を自動抽出することはできない。

【0012】

なお、短軸断面像の場合、左心室を輪切り状に撮像するため、左心室の断面像が円形状に見え、また、体表面のプロープの押し当て位置を探し易い。しかしながら、左心室の全体を観察するためには、超音波診断装置のプロープを短軸断面に対して平行移動させる必要があるため、左心室の全体の状態を把握するのには不向きである。

【0013】

これに対して、四腔断面像の場合、左心室を縦切り方向に横断するので、左心室の断面像が楕円状に見え、また、体表面のプロープの押し当て位置を探すのが難しい。しかしながら、プロープを回転させるだけで左心室の全体を観察することができ、総合的な診断に適している。

【0014】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、四腔断面像の動画ファイルから左心室腔の形状を自動抽出することを可能とし、その結果として、超音波診断による左心室の総合的な診断における利便性を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記目的を達成するために、本発明の左心室壁情報抽出装置は、心臓の超音波断層画像である四腔断面像から輝度情報に基づいて左心室内壁の初期輪郭を抽出する初期輪郭抽出手段と、前記初期輪郭抽出手段により抽出された初期輪郭の運動ベクトルを複数算出する運動ベクトル算出手段と、前記運動ベクトル算出手段により算出された複数の運動ベクトルの延長線の交点を複数算出する交点算出手段と、前記交点算出手段により算出された複数の交点の分布から複数交点の重心座標を算出する重心算出手段と、前記重心算出手段により算出された重心座標を左心室内腔の中心点とし、左心室形状を楕円の形状に近似すると共に、近似した近似楕円の内部を二値化して左心室内腔領域を抽出する左心室内腔領域抽出手段と、前記左心室内腔領域抽出手段により近似された近似楕円の2つの僧帽弁の弁輪部を含むよう予め定められた探索範囲で、重心座標から半径方向の直線を円周方向に走査し、左心室壁の座標を探索して特徴点を抽出する弁輪部付近特徴点抽出手段と、前記弁輪部付近特徴点抽出手段により抽出された特徴点を含む領域内における前記四腔断面像の輝度平均値を算出し、探索領域内の輝度平均値が大きい2つの特徴点を第1の弁輪部座標及び第2の弁輪部座標として特定する弁輪部座標特定手段と、前記弁輪部座標特定手段により特定された第1の弁輪部座標と第2の弁輪部座標との間において前記重心座標から半径方向の直線を円周方向に走査し、左心室壁の特徴点を抽出して座標を算出する左心室壁特徴点抽出手段と、前記左心室壁特徴点抽出手段により算出された左心室壁の特徴点の各座標をスプライン補間すると共に、前記弁輪部座標特定手段により特定された第1の弁輪部座標と第2の弁輪部座標との間を結ぶ直線を描画する左心室輪郭抽出手段と、を備えている。

【0016】

一方、上記目的を達成するために、本発明の左心室壁情報抽出方法は、心臓の超音波断層画像である四腔断面像から輝度情報に基づいて左心室内壁の初期輪郭を抽出する初期輪郭抽出ステップと、前記初期輪郭抽出ステップにより抽出された初期輪郭の運動ベクトルを複数算出する運動ベクトル算出ステップと、前記運動ベクトル算出ステップにより算出された複数の運動ベクトルの延長線の交点を複数算出する交点算出ステップと、前記交点

10

20

30

40

50

算出ステップにより算出された複数の交点の分布から複数交点の重心座標を算出する重心算出ステップと、前記重心算出ステップにより算出された重心座標を左心室内腔の中心点とし、左心室形状を楕円の形状に近似すると共に、近似した近似楕円の内部を二値化して左心室内腔領域を抽出する左心室内腔領域抽出ステップと、前記左心室内腔領域抽出ステップにより近似された近似楕円の予め2つの僧帽弁の弁輪部を含むよう定められた探索範囲で、重心座標から半径方向の直線を円周方向に走査し、左心室壁の座標を探索して特徴点を抽出する弁輪部付近特徴点抽出ステップと、前記弁輪部付近特徴点抽出ステップにより抽出された特徴点を含む領域内における前記四腔断面像の輝度平均値を算出し、探索領域内の輝度平均値が大きい2つの特徴点を第1、第2の弁輪部座標として特定する弁輪部座標特定ステップと、前記弁輪部座標特定ステップにより特定された第1の弁輪部座標と第2の弁輪部座標との間において前記重心座標から半径方向の直線を円周方向に走査し、左心室壁の特徴点を抽出して座標を算出する左心室壁特徴点抽出ステップと、前記左心室壁特徴点抽出ステップにより算出された左心室壁の特徴点の各座標をスプライン補間すると共に、前記弁輪部座標特定ステップにより特定された第1の弁輪部座標と第2の弁輪部座標との間を結ぶ直線を描画する左心室輪郭抽出ステップと、を含む。

10

【0017】

一方、上記目的を達成するために、本発明のプログラムは、コンピュータを、請求項1に記載の左心室壁情報抽出装置における各手段として機能させる。

【発明の効果】

【0018】

20

本発明によれば、四腔断面像の動画ファイルから左心室腔の形状を、初期輪郭等の初期設定をすることなく自動的に抽出することが可能となり、超音波診断による左心室の総合的な診断における利便性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】実施の形態に係る左心室壁情報抽出装置の構成を示すブロック図である。

【図2】実施の形態に係る左心室壁情報抽出装置のコンピュータ構成例を示すブロック図である。

【図3】心臓の短軸断面像例を示す説明図である。

【図4】心臓の四腔断面像例を示す説明図である。

30

【図5】図1における初期輪郭抽出部の処理動作例を示す説明図である。

【図6】図1における初期輪郭抽出部の詳細な処理動作例を示す説明図である。

【図7】図1における初期輪郭抽出部で抽出された初期輪郭例を示す説明図である。

【図8】図1における運動ベクトル算出部と交点算出部及び重心算出部の処理動作例を示す説明図である。

【図9】図1における図1における弁輪部付近特徴点抽出部及び弁輪部座標特定部の処理動作例を示す説明図である。

【図10】図1における図1における弁輪部付近特徴点抽出部及び弁輪部座標特定部の処理動作例の詳細を示す説明図である。

【図11】図1における左心室壁特徴点抽出部の処理動作例を示す説明図である。

40

【図12】図1における左心室輪郭抽出部の処理動作例を示す説明図である。

【図13】実施の形態に係る左心室壁情報抽出方法の左心室壁情報抽出処理を示すフローチャートである。

【図14】図1における初期輪郭抽出部の処理結果例を示す説明図である。

【図15】図1における弁輪部付近特徴点抽出部及び弁輪部座標特定部の処理結果例を示す説明図である。

【図16】実施の形態に係る左心室壁情報抽出装置による左心室輪郭抽出処理結果例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

50

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。本実施の形態に係る左心室壁情報抽出装置 10 は、図 1 に示される機能ブロックで表すことができる。また、これらの機能ブロックは、図 2 に示されるコンピュータのハードウェア構成により実現することができる。図 2 を参照してコンピュータの構成を説明する。

【0021】

図 2 に示す本実施の形態に係る左心室壁情報抽出装置 10 は、プログラムに基づき左心室壁情報抽出装置 10 の本実施の形態に係る処理を行う CPU (Central Processing Unit; 中央処理装置) 21 と、CPU 21 による各種プログラムの実行時のワークエリア等として用いられる RAM (Random Access Memory) 22 と、各種制御プログラムや各種パラメータ等が予め記憶された記録媒体である ROM (Read Only Memory) 23 と、各種情報を記憶するために用いられるハードディスク 24 (図中「HDD」と記載) と、キーボードやマウス等からなる入力装置 25 と、ディスプレイ等からなる表示装置 26 と、LAN (Local Area Network) 等を用いて通信を行う通信装置 27 と、外部に接続された画像情報提供装置 30 との間の各種情報の授受を司る入出力インタフェース部 (図中、「外部 I/F」と記載) 28 と、を備えており、これらがシステムバス BUS 29 により相互に接続されて構成されている。

【0022】

CPU 21 は、RAM 22、ROM 23、及びハードディスク 24 に対するアクセス、入力装置 25 を介した各種情報の取得、表示装置 26 に対する各種情報の表示、通信装置 27 を用いた各種情報の通信処理、及び入出力インタフェース部 28 に接続された画像情報提供装置 30 を含む外部装置からの情報の入力等を、各々行うことができる。

【0023】

CPU 21 が、ハードディスク 24 に記憶された本実施形態に係る処理を制御するプログラムを、RAM 22 に読み込み実行することにより、図 1 に示す本実施の形態に係る左心室壁情報抽出装置 10 における、図 1 に示す各処理部の機能が実行される。

【0024】

このようなコンピュータ構成により、図 1 に示す本実施の形態に係る左心室壁情報抽出装置 10 が構成されている。なお、図 1 は機能ブロックとなる構成を表し、一方、図 2 はデバイス等の接続状態を表すものである。前記したように、機能ブロックとデバイス等とは有機的、かつ相互に関連して左心室壁情報抽出装置 10 を構成するため、図 2 と共に図 1 についても詳細に説明する。

【0025】

左心室壁情報抽出装置 10 は、図 2 に示したコンピュータのハードウェア及び制御プログラムを含むソフトウェアを利用して構成される機能として、初期輪郭抽出部 10a、運動ベクトル算出部 10b、交点算出部 10c、重心算出部 10d、左心室内腔領域抽出部 10e、弁輪部付近特徴点抽出部 10f、弁輪部座標特定部 10g、左心室壁特徴点抽出部 10h、及び、左心室輪郭抽出部 10i を含む画像処理部 10j を備えている。なお、画像処理部 10j の各部の処理状態は表示装置 26 に表示される。

【0026】

このような構成により、左心室壁情報抽出装置 10 は、超音波診断装置のプロープを用いて撮像され画像情報提供装置 30 に記憶された心臓の超音波断層画像に基づいて心室壁の情報を抽出する。特に、本実施形態の左心室壁情報抽出装置 10 では、心臓の超音波断層画像として四腔断面像から、肺静脈から左心房を經由して流入する新鮮な血液を大動脈に吐出する左心室の輪郭の情報を抽出する。

【0027】

初期輪郭抽出部 10a は、画像情報提供装置 30 から読み込まれた心臓の超音波断層画像である四腔断面像から輝度情報に基づいて左心室内壁の初期輪郭を抽出する。

【0028】

運動ベクトル算出部 10b は、初期輪郭抽出部 10a により抽出された初期輪郭の運動ベクトルを複数算出する。

【 0 0 2 9 】

交点算出部 1 0 c は、運動ベクトル算出部 1 0 b により算出された複数の運動ベクトルを延長し、延長線の交点を複数算出する。

【 0 0 3 0 】

重心算出部 1 0 d は、交点算出部 1 0 c により算出された複数の交点の分布から複数交点の重心座標を算出する。

【 0 0 3 1 】

左心室内腔領域抽出部 1 0 e は、重心算出部 1 0 d により算出された重心座標を、左心室内腔の中心点として設定し、左心室形状を楕円の形状に近似して近似楕円を算出すると共に、算出した近似楕円の内部を二値化して左心室の内腔領域を抽出する。

10

【 0 0 3 2 】

弁輪部付近特徴点抽出部 1 0 f は、左心室内腔領域抽出部 1 0 e により近似された近似楕円において予め僧帽弁の弁輪部を含むように定められた探索範囲で、重心座標から半径方向の直線を円周方向に走査して、すなわち重心座標から左心室壁に向かって放射状に、左心室壁の座標を探索することで、左心室壁として特定される座標を特徴点として抽出する。

【 0 0 3 3 】

弁輪部座標特定部 1 0 g は、弁輪部付近特徴点抽出部 1 0 f により抽出された特徴点を含む領域を探索領域として設定し、各探索領域内における四腔断面像の輝度平均値を算出し、探索領域内の輝度平均値が大きい 2 つの特徴点を第 1、第 2 の弁輪部座標として特定する。

20

【 0 0 3 4 】

左心室壁特徴点抽出部 1 0 h は、第 1 の弁輪部座標と第 2 の弁輪部座標との間において重心座標から半径方向の直線を円周方向に走査して左心室壁の特徴点を抽出し、当該特徴点の座標を算出する。

【 0 0 3 5 】

左心室輪郭抽出部 1 0 i は、左心室壁特徴点抽出部 1 0 h で算出された左心室壁の特徴点の各座標をスプライン補間すると共に、第 1、第 2 の弁輪部座標に輝度や明度を高くする等の重みを付加して第 1 の弁輪部座標と第 2 の弁輪部座標との間を直線で結ぶ。

【 0 0 3 6 】

ここで、心臓の左心室の短軸断面像と四腔断面像について説明する。

30

【 0 0 3 7 】

短軸断面像は、図 3 に示すようにして得られる画像であり、心臓を輪切りした際の左心室 (L V ; Left Ventricle) 壁の断面が撮像され、正常な心臓の場合には左心室壁が同心円状に撮像され、僧帽弁 (M V ; Mitral Value) が対称に開口するという特徴があり、右心室 (R V ; Right Ventricle)) との判別が容易である。

【 0 0 3 8 】

このように、短軸断面像は、左心室を輪切り状にして撮像されたものであり、左心室が円状に見える。このような短軸断面像の特徴を利用して、特許文献 1 では、短軸断面像からの操作者側での初期設定が一切不要な左心室腔形状の自動認識を行なっている。

40

【 0 0 3 9 】

これに対して、四腔断面像は、図 4 に示すようにして得られる画像であり、短軸断面像の場合と比較して、左心房 (L A ; Left Atrium)、右心室 (R V)、及び右心房 (R A ; Right Atrium) 等の、左心室以外の部位も表示される。さらに、左心室の形状も円状ではないので、特許文献 1 による技術では、四腔断面像からの左心室腔形状の自動認識を行なうことができない。

【 0 0 4 0 】

本実施形態の左心室壁情報抽出装置 1 0 では、以下の概略で示す処理により、このような四腔断面像からの左心室腔形状の自動認識を行なう。

【 0 0 4 1 】

50

本実施形態の左心室壁情報抽出装置 10 では、まず、断面像の形状を認識して、右心室側の領域を除去するための領域設定処理を行なう。その後、特許文献 1 と同様にして、運動ベクトルの交点検出処理を行い、交点領域の重心から左心室腔の内部壁を求める。

【0042】

しかしながら、四腔断面画像の場合は、僧帽弁の弁輪部が高輝度を示す傾向が高く、短軸断面像の場合のように、単純な楕円近似は適当ではない。そのため、本実施形態の左心室壁情報抽出装置 10 では、弁輪部のみを探索する処理を行ない、さらに弁輪部を考慮して左心室内膜を抽出する。

【0043】

そして、左心室座標に B - Spline 補間を適用し、弁輪部に輝度や明度を高くする等の重みを付加して弁輪部間を直線で結ぶことにより、左心室の内膜形状を描画する。

10

【0044】

このような処理を行なうことにより、本実施形態の左心室壁情報抽出装置 10 では、四腔断面像中に左心室が含まれていれば、操作者側での初期設定が一切不要である。

【0045】

以下、各図を用いて、このような左心室壁情報抽出装置 10 の動作を詳細に説明する。

【0046】

まず、左心室壁情報抽出装置 10 は、初期輪郭抽出部 10a により、図 5 に示すように、左心室壁の概略の形状を初期輪郭として抽出する。ここでは、1 フレーム目の画図に対して 3 方向から輝度走査を行い、高輝度部分を抽出して、左心室内壁の概略位置とサイズを抽出する。

20

【0047】

図 5 においては、図の上から下に予め定められた点から放射状に向かう第 1 の走査線、図の下から上に予め定められた点から放射状に向かう第 2 の走査線、及び、図の左から右に平行に向かう第 3 の走査線の 3 方向からの輝度走査を行なっている。その結果、図中の「RIO」と示された 5 角形の部分が、左心室内壁の概略形状（初期輪郭）として抽出されている。

【0048】

この初期輪郭抽出部 10a による初期輪郭の抽出動作に関して、図 6 及び図 7 を用いてより詳細に説明する。

30

【0049】

図 6 (a) においては、第 1 の走査線による輝度走査状況を示しており、予め定められた点 (0) から、図中下方向に、半径 R の円周上における所定の範囲 (Scan area, θ_1) 内で、扇状に走査 (High brightness line) を行なう。

【0050】

図 6 (b) においては、第 2 の走査線による輝度走査状況を示しており、予め定められた点 (0) から、図中上方向に、半径 R の円周上における所定の範囲 (Scan area, θ_2) 内で、扇状に走査 (導出しで示す) を行なう。

【0051】

図 6 (c) においては、第 3 の走査線による輝度走査状況を示しており、予め定められた間隔 m で、図中左から右方向に平行に、所定の範囲 ($L \times K$) で走査 (High brightness line) を行なう。

40

【0052】

図 7 においては、図 6 (a) ~ 図 6 (c) で示した第 1 走査 ~ 第 3 走査による左心室内壁の概略形状（初期輪郭）の抽出状態を示しており、第 1 走査 ~ 第 3 走査 (High brightness line) で囲まれた領域が左心室内壁の概略形状（初期輪郭） (Approximate shape of LV wall) である。

【0053】

その後、特許文献 1 と同様の技術により、左心室壁の運動ベクトルの算出処理、複数交点の重心座標の算出処理、及び、左心室内壁領域の抽出処理を行なう。

50

【 0 0 5 4 】

すなわち、左心室壁の運動ベクトルの算出処理では、運動ベクトル算出部 10 b により、図 8 (a) 及び図 8 (b) に示すように、上述の処理で導出した左心室概形内の所定領域 (area A , area B) における運動ベクトル (V_A , V_B) を算出し、算出したベクトル (V_A , V_B) を、直線を用いて延長して、交点 (Intersection point K_{AB} (x_{AB} , y_{AB})) を求める。ここでは、例えば、「Horn B, Schunk B: Determining optical flow. Artif Intell. 17: 185-204, 1981.」に記載されているオプティカルフロー (Optical Flow) を用いる。

【 0 0 5 5 】

なお、オプティカルフローは、連続する複数の画像フレームを用いて、時間的に連続する画像上の動物体の各画素毎の速度ベクトルを求める技術である。心臓におけるオプティカルフローの適用に関しては、「高良研一・井上博人・榊田晃司 “超音波断層像の動画処理による検査手技支援のための心臓断層面認識” 生体医工学 44 (1) : 221 - 228 , 2006」, 「竹島省吾・内堀駿・吉永崇・榊田晃司 “時系列超音波画像処理による左心室内腔の自動抽出方法の開発と疾患心への応用” 生体医工学 49 (1) : 25 - 33 , 2011」等に記載された公知の技術であり、ここでの詳細な説明は行なわない。

【 0 0 5 6 】

次の複数交点の重心座標の算出処理では、図 8 (c) に示すように、交点算出部 10 c により、延長したベクトル同士の交点 (Intersection poin) を複数算出し、重心算出部 10 d により、交点分布から交点の重心座標 G_I (Gravity point) を決定する。

【 0 0 5 7 】

このような複数交点の算出処理、及び重心座標の算出処理は、上述の「高良研一・井上博人・榊田晃司 “超音波断層像の動画処理による検査手技支援のための心臓断層面認識” 生体医工学 44 (1) : 221 - 228 , 2006」, 及び「竹島省吾・内堀駿・吉永崇・榊田晃司 “時系列超音波画像処理による左心室内腔の自動抽出方法の開発と疾患心への応用” 生体医工学 49 (1) : 25 - 33 , 2011」等に記載された公知の技術であり、ここでの詳細な説明は行なわない。

【 0 0 5 8 】

なお、特許文献 1 においては、超音波断層画像を例えば 15×15 ピクセルの複数の小領域に分割し、各小領域の平均ベクトルを各小領域の領域運動ベクトル f と定義して算出し、算出した領域運動ベクトル f を左心室 LV の収縮期には終点を無限に延長し、左心室 LV の拡張期には始点を無限に延長することで交点を算出しており、本左心室壁情報抽出装置 10 においても同様にして交点を算出する。

【 0 0 5 9 】

次の左心室の内壁領域の抽出処理では、左心室内腔領域抽出部 10 e により、まず、図 9 (a) に示すように、重心算出部 10 d により算出された重心座標 G_I (Gravity point) を左心室内腔の中心点として設定し、重心座標を中心点とした極座標系を画像に適用し、輝度の起伏から左心室壁の形状を楕円 (Ellipsoid line) の形状で近似すると共に、図 9 (b) に示すように、近似した近似楕円の内部を二値化して左心室内腔領域を抽出する。

【 0 0 6 0 】

なお、左心室壁形状を楕円で近似する技術 (楕円近似アルゴリズム) は、例えば「酒井太郎・吉永崇・今井崇雄・榊田晃司 “動画から左心室腔形状抽出による超音波画像取得補助システムの開発” , 電気学会論文誌 C . 129 (12) . 2180 - 2188 , 2009」等に記載された公知の技術である。

【 0 0 6 1 】

短軸断面像の場合であれば、近似した楕円内部を二値化して内腔領域を抽出するが、上述したように、四腔断面画像の場合は、弁輪部のみを探索する処理を行なう。

【 0 0 6 2 】

10

20

30

40

50

このように、僧帽弁輪部を特定して左心室の心臓内膜の抽出処理を行なうために、本実施形態の左心室情報抽出装置 10 では、発明に係る僧帽弁付近の特徴点抽出処理と弁輪部探索処理を行う。その後、特許文献 1 の技術を用いて、左心壁の特徴点抽出処理と心臓内膜の抽出処理を行なう。

【0063】

僧帽弁付近の特徴点抽出処理では、弁輪部付近特徴点抽出部 10 f により、図 9 (c) に示すように、図 8 で抽出した近似楕円の長径から左右に、僧帽弁輪部を含むように例えば 60 度 (deg) の探索範囲を設定し、近似楕円の重心から半径方向の直線を円周方向に走査して、二値化された心室壁の座標を探索し、特徴点 (Feature point) として抽出する。

10

【0064】

さらに、弁輪部探索処理では、弁輪部座標特定部 10 g により、同図 9 (c) に示すように、各特徴点 (Feature point) に探索領域を設定し、各探索領域内の元画像の輝度平均値を算出し、右探索範囲、及び左探索範囲ごとに、各々の領域内の輝度平均値が最大の特徴点を特定し、特定した右探索範囲及び左探索範囲において輝度平均値が最大の特徴点を弁輪部 (mitral annulus points) 各々の座標を算出する。ここでは、第 1 の弁輪部 (右弁輪部) 及び第 2 の弁輪部 (左弁輪部) とする。

【0065】

このような弁輪部座標特定部 10 g による弁輪部探索処理の詳細と、左心壁特徴点抽出部 10 h による左心壁の特徴点抽出処理の詳細を、図 10、図 11 を用いて説明する。

20

【0066】

弁輪部座標特定部 10 g は、図 10 (a) に示すように、各特徴点 (Feature point) に探索領域を設定し、当該探索領域において、楕円の中心点 (Gravity point of ellipse) から楕円の円周に対して元画像の輝度探索を行い、図 10 (a) 及び図 10 (b) に示すように、各探索領域内における左心室壁の特徴点を抽出する。なお、図 10 (b) においては、原の生検画像 (Original echogram) 上における特徴点を示している。

【0067】

そして、図 10 (c) に示すように、右探索範囲、及び左探索範囲ごとに、各々の領域内の輝度平均値が最大の特徴点を特定し、特定した右探索範囲及び左探索範囲において輝度平均値が最大の特徴点を、弁輪部 (右弁輪部、左弁輪部) (Mitral annulus points) として各々の座標を算出する。

30

【0068】

その後、左心壁の特徴点抽出処理では、左心壁特徴点抽出部 10 h により、図 11 (a) に示すように、楕円内部を二値化して内腔領域を抽出する。ここでは、右弁輪部から左弁輪部まで反時計回り方向に左心室壁の座標を抽出する。図 11 (a) においては、一例として、等間隔に、右弁輪部と左弁輪部を含む 18 点の座標を抽出している。

【0069】

なお、このような特徴点抽出処理では、例えば特許文献 1 等に記載のように、形状の特徴抽出を行う画像処理手法であるモルフォロジー演算と、各画素にラベルを属性として付加することにより、特定の領域を抽出し、連結している画素に同じラベルを付加することで複数の領域をグループとして分類するラベリング処理を施すことで、微小面積領域を除去した左心室 L V の壁の輪郭点を抽出することができる。

40

【0070】

そして、心臓内膜の抽出処理では、左心室輪郭抽出部 10 i により、図 12 に示すように、左心壁の特徴点抽出処理で抽出された左心室壁座標に B - S p l i n e 補間を適用して、左心室内壁の形状 (Interpolation curve) を描画すると共に、右弁輪部及び左弁輪部に対して重みを付加して、左右の弁輪部間を直線で結ぶ。図 12 には、右弁輪部及び左弁輪部に対して付加する重みとして、サイズを大きくする重み付けを行なっている。

【0071】

次に、図 13 を用いて、このような左心室壁情報抽出装置 10 の処理手順例を説明する

50

。

【 0 0 7 2 】

図 1 3 で示す左心室壁情報抽出装置 1 0 の処理は、図 2 における C P U 2 1 により H D D 2 4 等に記憶されたプログラムに基づき行なわれるものである。

【 0 0 7 3 】

ステップ 1 3 0 1 では、初期輪郭抽出部 1 0 a により、心臓の超音波断層画像である四腔断面像から輝度情報に基づいて左心室内壁の初期輪郭を抽出する。

【 0 0 7 4 】

ステップ 1 3 0 2 では、運動ベクトル算出部 1 0 b により、初期輪郭抽出部 1 0 a により抽出された初期輪郭の運動ベクトルを複数算出する。

10

【 0 0 7 5 】

ステップ 1 3 0 3 では、交点算出部 1 0 c により、運動ベクトル算出部 1 0 b により算出された複数の運動ベクトルの延長線の交点を複数算出する。

【 0 0 7 6 】

ステップ 1 3 0 4 では、重心算出部 1 0 d により、交点算出部 1 0 c により算出された複数の交点の分布から複数交点の重心座標を算出する。

【 0 0 7 7 】

ステップ 1 3 0 5 では、左心室内腔領域抽出部 1 0 e により、重心算出部 1 0 d により算出された重心座標を、左心室内腔の中心点として設定し、左心室形状を楕円の形状に近似すると共に、近似した楕円の内部を二値化して左心室の内腔領域を抽出する。

20

【 0 0 7 8 】

ステップ 1 3 0 6 では、弁輪部付近特徴点抽出部 1 0 f により、左心室内腔領域抽出部 1 0 e により抽出された近似楕円の予め僧帽弁の弁輪部を含むよう定められた探索範囲で、重心座標から半径方向の直線を円周方向に走査し、左心室壁の座標を探索して特徴点を抽出する。

【 0 0 7 9 】

ステップ 1 3 0 7 では、弁輪部座標特定部 1 0 g により、弁輪部付近特徴点抽出部 1 0 f により抽出された特徴点を含む領域を探索領域として設定し、各探索領域内における四腔断面像の輝度平均値を算出し、探索領域内の輝度平均値が大きい 2 つの特徴点を第 1、第 2 の弁輪部座標として特定する。

30

【 0 0 8 0 】

ステップ 1 3 0 8 では、左心室壁特徴点抽出部 1 0 h により、第 1 の弁輪部座標と第 2 の弁輪部座標との間において重心座標から半径方向の直線を円周方向に走査し、左心室壁の特徴点を抽出して当該特徴点の座標を算出する。

【 0 0 8 1 】

ステップ 1 3 0 9 では、左心室輪郭抽出部 1 0 i により、左心室壁特徴点抽出部 1 0 h で算出された左心室壁の特徴点の各座標をスプライン補間すると共に、第 1、第 2 の弁輪部座標に重みを付加して第 1 の弁輪部座標と第 2 の弁輪部座標との間を結ぶ直線を描画する。

【 0 0 8 2 】

40

図 1 4 においては、図 5 ~ 図 8 で説明した初期輪郭抽出部 1 0 a による処理結果を示しており、四腔断面図において、初期輪郭が正確に描画されている。

【 0 0 8 3 】

図 1 5 においては、図 1 0 で説明した弁輪部付近特徴点抽出部 1 0 f 及び弁輪部座標特定部 1 0 g による処理結果を示しており、四腔断面図において、弁輪部 (Mitral annulus points) が正確に描画されている。

【 0 0 8 4 】

図 1 6 においては、図 1 2 で説明した左心室壁特徴点抽出部 1 0 h 及び左心室輪郭抽出部 1 0 i による処理結果を示しており、四腔断面図において、左心室壁の輪郭 (Contour of LV) が正確に描画されている。

50

【 0 0 8 5 】

以上説明したように、本実施形態の左心室壁情報抽出装置 10 では、プログラムに基づくコンピュータ処理による機能として、初期輪郭抽出部 10 a、運動ベクトル算出部 10 b、交点算出部 10 c、重心算出部 10 d、左心室内腔領域抽出部 10 e、弁輪部付近特徴点抽出部 10 f、弁輪部座標特定部 10 g、左心室壁特徴点抽出部 10 h、及び、左心室輪郭抽出部 10 i、を備え、超音波診断装置のプロープにより撮像され画像情報提供装置 30 に記憶された心臓の超音波断層画像としての四腔断面像から左心室壁の情報を自動的に抽出することができる。

【 0 0 8 6 】

このように、超音波や心臓の知識がなくとも、被験者の胸にプロープを当てて画像を得るだけで、四腔断面像から自動的に心臓の左心室の形状を認識することができるので、専門医でなくとも疾患の程度を定量化できると共に、健康診断時に適用することにより、疾患の早期発見につながり、予防医学に貢献できる可能性がある。

【 0 0 8 7 】

なお、以上の本実施形態の左心室壁情報抽出装置 10 による処理を、40 の被検体から超音波診断装置により得られた各々 30 フレームの動画像からなる四腔断面像を用いて行なった場合の、臨床検査技師による評価結果では、95% の認識率が得られた。

【 0 0 8 8 】

なお、本発明は、上述した例に限定されるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲内で様々な変形や応用が可能である。

【 0 0 8 9 】

例えば、本実施形態においては、左心室壁情報抽出装置 10 を個別の装置として構成した例を示しているが、ポータブル化が進んでいる超音波診断装置に左心室壁情報抽出装置 10 を搭載することにより、家庭等での簡易診断にも応用することができる。

【 0 0 9 0 】

また、本実施形態では、左心室壁情報抽出装置 10 は、超音波診断装置のプロープにより撮像され画像情報提供装置 30 に記憶された心臓の超音波断層画像に基づいて左心室壁の情報を抽出しているが、左心室壁情報抽出装置 10 を超音波診断装置に直接接続して、リアルタイムで超音波診断装置から得られる連続画像を用いて左心室壁の情報を抽出する構成としても良い。

【 0 0 9 1 】

また、図 2 に示したコンピュータ構成において、本発明に係る各処理部の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより、各構成による処理が実行されてもよいし、図示されていない通信機能を用いて、当該プログラムを読み込ませることでよい。

【 0 0 9 2 】

なお、コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM 等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。

【 0 0 9 3 】

また、上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。

【 0 0 9 4 】

また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、前述した機能を、コンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい

10

20

30

40

50

。

【 0 0 9 5 】

また、本実施の形態に係る左心室壁情報抽出装置 1 0 の図 1 に示した各処理部を、プログラムにより各機能の実行が可能なコンピュータで構成するものとしているが、論理素子回路からなるハードウェア構成とすることでも良い。

【 0 0 9 6 】

また、図 2 に示す左心室壁情報抽出装置 1 0 のコンピュータ構成に関しても適宜にその構成内容を変更しても良い。

【 0 0 9 7 】

このように、本発明を実施する形態例を、図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施の形態例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も含まれる。

10

【 符号の説明 】

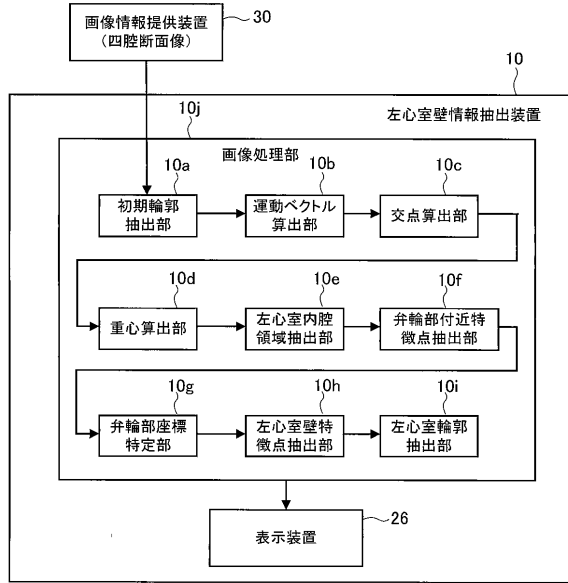
【 0 0 9 8 】

- 1 0 左心室壁情報抽出装置
- 1 0 a 初期輪郭抽出部
- 1 0 b 運動ベクトル算出部
- 1 0 c 交点算出部
- 1 0 d 重心算出部
- 1 0 e 左心室内腔領域抽出部
- 1 0 f 弁輪部付近特徴点抽出部
- 1 0 g 弁輪部座標特定部
- 1 0 h 左心室壁特徴点抽出部
- 1 0 i 左心室輪郭抽出部
- 1 0 j 画像処理部
- 2 1 C P U
- 2 2 R A M
- 2 3 R O M
- 2 4 ハードディスク 2 4 (H D D)
- 2 5 入力装置
- 2 6 表示装置
- 2 7 通信装置
- 2 8 入出力インターフェース部
- 2 9 システムバス B U S
- 3 0 画像情報提供装置

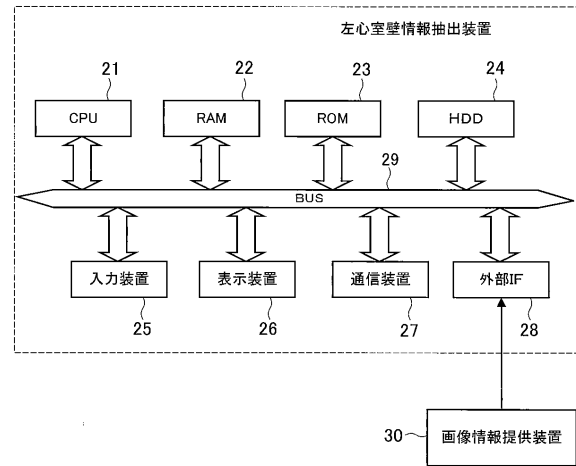
20

30

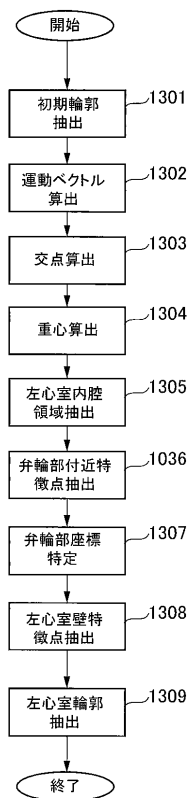
【図 1】



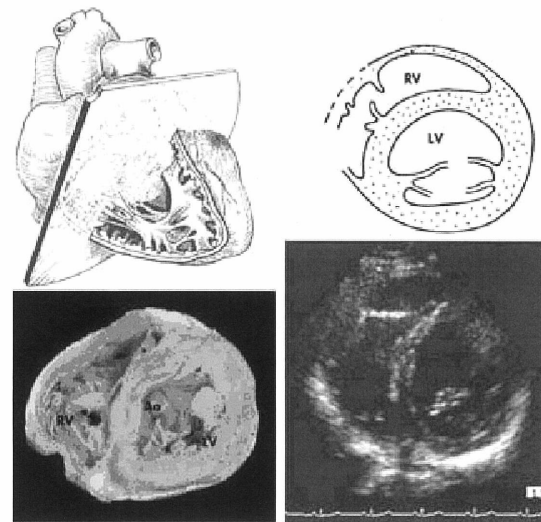
【図 2】



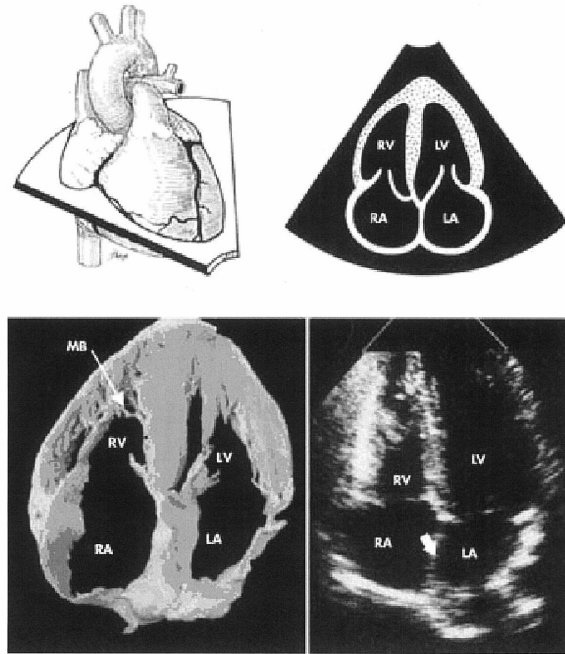
【図 1 3】



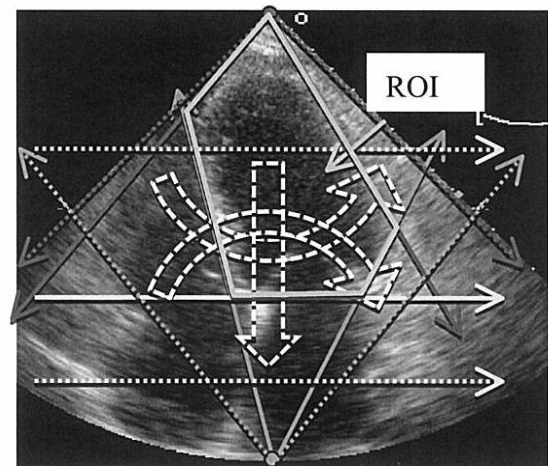
【図 3】



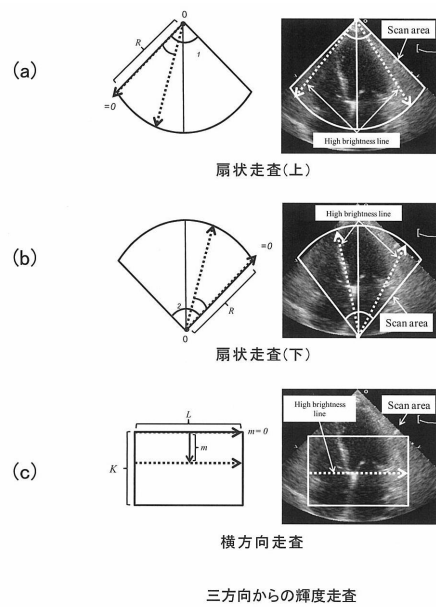
【図 4】



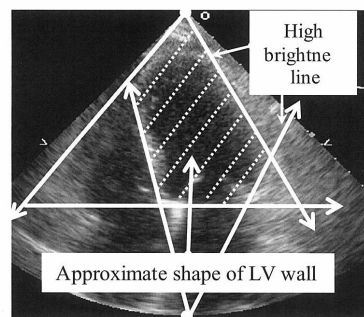
【図 5】



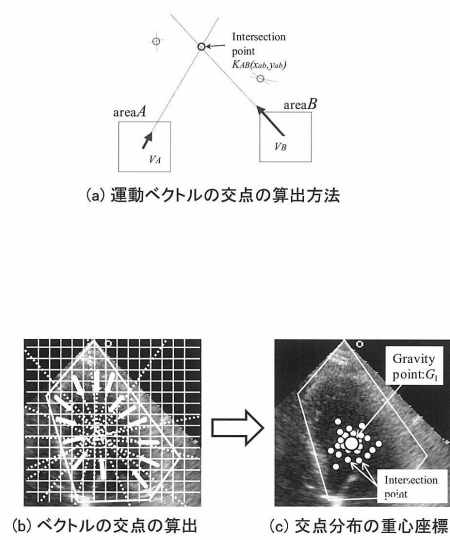
【図 6】



【図 7】

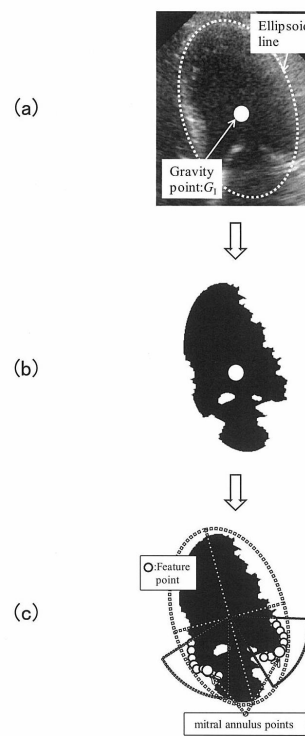


【図 8】

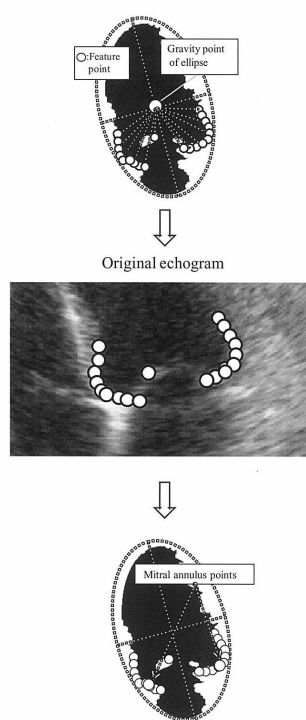


四腔像における左室腔内部の自動検出

【図 9】

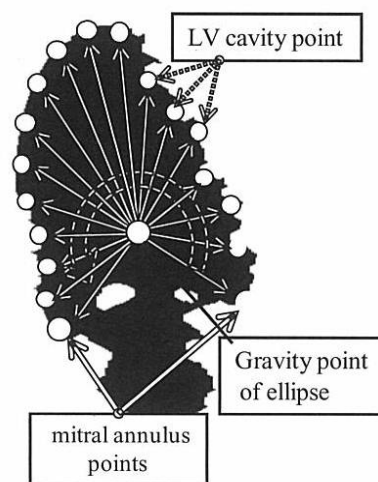


【図 10】

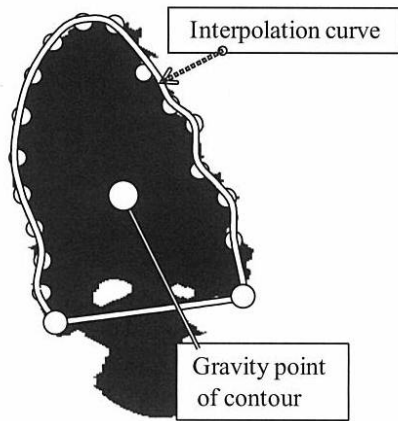


弁輪部探索処理の概要

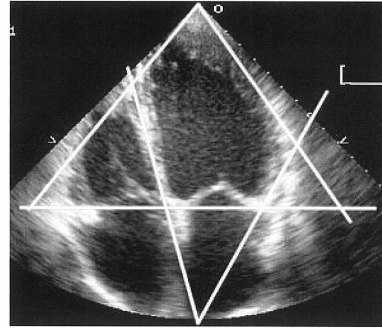
【図 11】



【図 12】

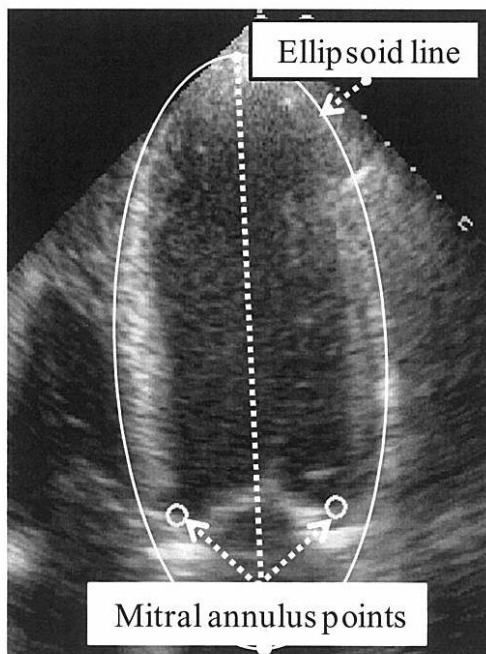


【図 14】

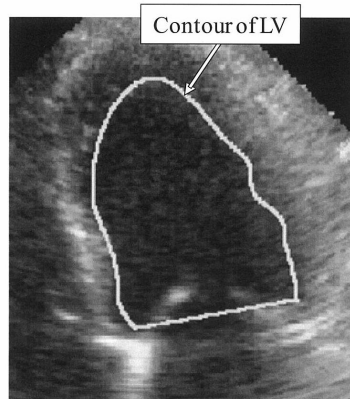


左室概形取得の処理結果

【図 15】



【図 16】



抽出した輪郭の断層像重量表示例

僧帽弁輪部抽出の例

フロントページの続き

審査官 伊藤 幸仙

- (56)参考文献 竹島昇吾 他3名,「画面操作を必要としないEjection Fractionの自動計測法の開発と疾患心での評価」,超音波医学,日本,2012年 4月15日,Vol.39,Supplement,S514
竹島昇吾 他3名,「画面操作を必要としないEjection Fractionの自動計測法の開発と疾患心での評価」,超音波医学,日本,2012年,Vol.39,No.6,p615-p626
竹島昇吾 他3名,「時系列超音波画像処理による左心室内腔の自動抽出法の開発と疾患心への応用」,生体医工学,日本,2011年 2月,第49巻第1号,p25-p33

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

A61B 8/00 - 8/15
A61B 5/00
A61B 5/055
A61B 6/00 - 6/14
JSTPlus(JDreamIII)
JMEDPlus(JDreamIII)

专利名称(译)	左心室壁信息提取装置，方法和程序		
公开(公告)号	JP5958931B2	公开(公告)日	2016-08-02
申请号	JP2012103973	申请日	2012-04-27
[标]申请(专利权)人(译)	国立大学法人东京农工大学		
申请(专利权)人(译)	国立大学法人东京农工大学		
当前申请(专利权)人(译)	国立大学法人东京农工大学		
[标]发明人	榊田晃司 竹島昇吾		
发明人	榊田 晃司 竹島 昇吾		
IPC分类号	A61B8/00		
FI分类号	A61B8/00 A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/DD15 4C601/EE11 4C601/JC07 4C601/JC09		
代理人(译)	中岛敦 福田浩		
其他公开文献	JP2013230247A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

摘要：要解决的问题：能够从四腔横截面图像的动画文件中自动提取左心室腔的形状，以提高超声诊断对左心室综合诊断的便利性。解决方案：基于来自四腔横截面图像的亮度信息提取左心室内壁的初始轮廓，所述四腔横截面图像是心脏的超声波断层图像。相对于初始轮廓执行运动矢量计算，交叉计算，质心计算和左心室内腔区域的提取以提取近似椭圆。从近似椭圆中提取与阀环部分相邻的特征点。基于包括提取的特征点的区域中的四腔横截面图像的亮度平均值来指定第一和第二阀环部分。提取第一和第二阀环部分的坐标之间的左心室壁的特征点。进行左心室壁的特征点的各坐标的样条插值，并且通过用直线连接第一和第二阀环部分的坐标来提取左心室壁的轮廓点。

【 图 1 】

