

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3982817号

(P3982817)

(45) 発行日 平成19年9月26日(2007.9.26)

(24) 登録日 平成19年7月13日(2007.7.13)

(51) Int. Cl.

A 6 1 B 8/08 (2006.01)

F I

A 6 1 B 8/08

請求項の数 14 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2003-60876 (P2003-60876)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成15年3月7日(2003.3.7)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2004-267393 (P2004-267393A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成16年9月30日(2004.9.30)	(74) 代理人	100109900
審査請求日	平成16年6月9日(2004.6.9)		弁理士 堀口 浩
		(72) 発明者	西浦 正英
			神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
			式会社東芝 研究開発センター内
		審査官	右▲高▼ 孝幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置および画像処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の側と第2の側とを隔てる壁を撮像した時系列画像を入力する画像入力部と、  
前記時系列画像の初期画像において、前記第1の側と前記壁との境界である第1の境界、  
及び、前記第2の側と前記壁との境界である第2の境界を設定する境界設定部と、  
前記第1の境界及び前記第2の境界に挟まれた領域の画像パターンから正規化画像を生成  
する正規化画像生成部と、

前記初期画像から生成した正規化画像をテンプレート画像として記憶するテンプレート記  
憶手段と、

時系列画像の各画像において、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可  
能な領域を探索して、当該画像における第1の境界を探索する境界探索部と、  
を備える画像処理装置。

10

【請求項2】

第1の側と第2の側とを隔てる壁を撮像した時系列画像を入力する画像入力部と、  
前記時系列画像の初期画像において、前記第1の側と前記壁との境界である第1の境界、  
及び、前記第2の側と前記壁との境界である第2の境界を設定する境界設定部と、  
前記第1の境界及び前記第2の境界に挟まれた領域の画像パターンから正規化画像を生成  
する正規化画像生成部と、

前記初期画像から生成した正規化画像をテンプレート画像として記憶するテンプレート記  
憶手段と、

20

時系列画像の各画像において、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索して、当該画像における第1及び第2の境界を探索する境界探索部と、  
を備える画像処理装置。

【請求項3】

前記境界探索部は、

前記時系列画像の各画像において、各画像より前に入力された画像における第1の境界及び第2の境界に基づいて、第1の仮境界及び第2の仮境界を設定する手段と、

前記各画像において、前記第1の仮境界及び前記第2の仮境界を代表する点の座標を変化させながら、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索する手段と、

を備えることを特徴とする請求項2記載の画像処理装置。

【請求項4】

前記境界探索部は、

前記時系列画像の各画像において、輝度値に基づいて前記第1の境界を検出する手段と、

前記各画像より前に入力された画像における第2の境界に基づいて、前記各画像に第2の仮境界を設定する手段と、

前記各画像において、前記第2の仮境界を代表する点の座標を変化させながら、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索する手段と、

を備えることを特徴とする請求項2記載の画像処理装置。

【請求項5】

第1の側と第2の側とを隔てる壁を撮像した時系列画像を入力する画像入力部と、

前記時系列画像の初期画像において、前記第1の側と前記壁との境界である第1の境界、

前記第2の側と前記壁との境界である第2の境界、及び、前記壁を分割した各部分壁の境界を設定する境界設定部と、

前記壁を分割した部分壁毎の局所壁厚情報を求める手段と、

前記部分壁それぞれの画像パターンから正規化画像を生成する正規化画像生成部と、

前記初期画像から生成した正規化画像をテンプレート画像として記憶するテンプレート記憶手段と、

時系列画像の各画像において、前記部分壁毎に、前記局所壁厚情報を変化させながら前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索して、当該画像における第1及び第2の境界を探索する境界探索部と、

を備える画像処理装置。

【請求項6】

心臓の断層を撮像した時系列画像を入力する画像入力部と、

前記時系列画像の初期画像において心筋の心内膜境界及び心筋の心外膜境界を設定する境界設定部と、

前記心内膜境界及び前記心外膜境界に挟まれた領域の画像パターンから正規化画像を生成する正規化画像生成部と、

前記初期画像から生成した正規化画像をテンプレート画像として記憶するテンプレート記憶手段と、

時系列画像の各画像において、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索して、心内膜の境界及び心外膜の境界を探索する境界探索部と、

を備える画像処理装置。

【請求項7】

前記境界探索部は、

時系列画像の各画像において、各画像より前に入力された画像における前記心内膜境界及び前記心外膜境界を代表する点に基づいて、心内膜の仮境界及び心外膜の仮境界を設定する手段と、

前記各画像において、前記心内膜の仮境界及び前記心外膜の仮境界を代表する点の座標を変化させながら、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探

10

20

30

40

50

索する手段を備えることを特徴とする請求項 6 記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記境界探索部は、  
時系列画像の各画像において、輝度値に基づいて心内膜境界を検出する手段と、前記各画像より前に入力された画像における心外膜境界に基づいて、前記各画像に前記心外膜の仮境界を設定する手段と、  
前記心外膜の境界を代表する点の座標を変化させながら、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索する手段と、  
を備えることを特徴とする請求項 6 記載の画像処理装置。

【請求項 9】

請求項 6 記載の画像処理装置であって、さらに、  
前記心内膜境界及び前記心外膜境界を用いて、前記心筋を分割した各部分壁毎の局所壁厚情報を求める手段を備え、  
前記境界探索部は、  
時系列画像の各画像において、前記各部分壁毎に、前記局所壁厚情報を変化させながら前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索する手段を備えることを特徴とする請求項 6 記載の画像処理装置。

【請求項 10】

コンピュータを用いて時系列画像から自動的に若しくは半自動的に臓器の壁を検出する画像処理方法であって、  
計測対象となる壁を撮像した時系列画像を入力し、  
前記時系列画像の初期画像において前記壁の一方の側に第 1 の境界を設定し、  
前記初期画像において前記壁の他方の側に第 2 の境界を設定し、  
前記初期画像において前記第 1 及び第 2 の境界に挟まれた領域の画像パターンから正規化画像を生成してテンプレート画像として登録し、  
時系列画像の各画像において、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索し、  
探索した領域に基づいて第 1 及び第 2 の境界を探索する画像処理方法。

【請求項 11】

前記探索は、  
時系列画像の各画像において、各画像より前に入力された画像における第 1 の境界及び第 2 の境界に基づいて、第 1 の仮境界及び第 2 の仮境界を設定し、  
前記各画像において、前記第 1 の仮境界及び前記第 2 の仮境界を代表する点の座標を変化させながら行うことを特徴とする請求項 10 記載の画像処理方法。

【請求項 12】

前記探索は、  
時系列画像の各画像において、輝度値に基づいて前記第 1 の境界を検出し、  
時系列画像の各画像において、各画像より前に入力された画像における第 1 の境界及び第 2 の境界に基づいて、第 2 の仮境界を設定し、  
前記各画像において、前記第 2 の仮境界を代表する点の座標を変化させながら行うことを特徴とする請求項 10 記載の画像処理方法。

【請求項 13】

請求項 10 記載の画像処理方法において、  
前記探索の前に、第 1 及び第 2 の境界を用いて前記壁を分割した各部分壁毎の局所壁厚情報を求めておき、  
前記探索では、  
時系列画像の各画像において、前記各部分壁毎に、前記局所壁厚情報を変化させながら前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索することを特徴とする請求項 10 記載の画像処理方法。

【請求項 14】

請求項 6 記載の画像処理装置であって、  
さらに、探索した心内膜の境界及び心外膜の境界とを用いて心筋各部の厚さを計算するパラメータ計算部と、  
前記時系列画像の心筋部分に、心筋各部の厚さに応じた色をつけて出力する出力部と、  
を備えることを特徴とする請求項 6 記載の画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、医用画像を用いた診断を支援する画像処理装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

心臓の心筋厚の変化は、心筋梗塞等の心臓病の診断において重要な指標である。

【0003】

心筋厚の変化を測定する方法として、心臓付近の時系列断層画像を撮像し、画像処理により心筋の内側境界および外側境界を検出し、心筋の厚みを画像毎に算出する方法がある。

【0004】

しかし、画像に重畳したアーチファクトやノイズ等が、心筋の境界の自動抽出を困難にしている。このため、境界抽出のための種々の手法が考案されている。

【0005】

特許文献 1 では、スネークを利用した境界の抽出法が開示されている。スネークは画像の輝度の変化や境界面の滑らかさの条件から定義されるエネルギー関数の値を最小化することで境界を得る手法である。

【0006】

しかし、輝度の変化を使用した場合、輝度変化の乏しい境界の検出は困難である。

【0007】

心臓の場合を例にとると、心筋の内側境界である心内膜は心筋と血液の境界であるので、種々の画像診断装置で得られる画像上でも輝度の変化は明瞭である。

【0008】

これに対して、心筋の外側境界である心外膜は心筋とその外側を包む組織との境界であるので、画像上で輝度の変化が不明瞭な場合が多い。そのため、心内膜と心外膜との両方を精度良く安定して自動抽出することは難しい。

【0009】

特許文献 2 では、壁厚方向の輝度分布を算出し、最大輝度の  $n\%$  (例えば  $70 \sim 80\%$ ) になる位置を境界位置とする手法である。

【0010】

しかしこの手法でも、境界付近の輝度変化が不明瞭な場合には、輝度分布の裾が最大輝度の  $n\%$  を超えたまま継続することがあり、十分な精度を得ることができない。

【0011】

【特許文献 1】

特開平 10 - 229979 号公報

【特許文献 2】

特開平 10 - 165401 号公報

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、本発明では、対象物、例えば心臓の時系列断層画像における心筋、の境界における輝度変化が不明瞭な場合においても、安定して精度良く対象物の境界を求めることができる装置及び方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の画像処理装置は、第 1 の側と第 2 の側とを隔てる壁

10

20

30

40

50

を撮像した時系列画像を入力する画像入力部と、前記時系列画像の初期画像において、前記第1の側と前記壁との境界である第1の境界、及び、前記第2の側と前記壁との境界である第2の境界を設定する境界設定部と、前記第1の境界及び前記第2の境界に挟まれた領域の画像パターンから正規化画像を生成する正規化画像生成部と、前記初期画像から生成した正規化画像をテンプレート画像として記憶するテンプレート記憶手段と、時系列画像の各画像において、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索して、当該画像における第1の境界を探索する境界探索部とを備える。

【0014】

本発明の画像処理装置は、第1の側と第2の側とを隔てる壁を撮像した時系列画像を入力する画像入力部と、前記時系列画像の初期画像において、前記第1の側と前記壁との境界である第1の境界、及び、前記第2の側と前記壁との境界である第2の境界を設定する境界設定部と、前記第1の境界及び前記第2の境界に挟まれた領域の画像パターンから正規化画像を生成する正規化画像生成部と、前記初期画像から生成した正規化画像をテンプレート画像として記憶するテンプレート記憶手段と、時系列画像の各画像において、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索して、当該画像における第1及び第2の境界を探索する境界探索部とを備える。

10

【0015】

また、前記境界探索部は、前記時系列画像の各画像において、各画像より前に入力された画像における第1の境界及び第2の境界に基づいて、第1の仮境界及び第2の仮境界を設定する手段と、前記各画像において、前記第1の仮境界及び前記第2の仮境界を代表する点の座標を変化させながら、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索する手段とを備えることを特徴としても良い。

20

【0016】

また、前記境界探索部は、前記時系列画像の各画像において、輝度値に基づいて前記第1の境界を検出する手段と、前記各画像より前に入力された画像における第2の境界に基づいて、前記各画像に第2の仮境界を設定する手段と、前記各画像において、前記第2の仮境界を代表する点の座標を変化させながら、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索する手段とを備えることを特徴としても良い。

【0017】

尚、輝度値に基づく境界検出としては、例えば、輝度変化を利用したエッジ検出やスネーク等の手法を用いることが可能である。

30

【0018】

尚、前記時系列画像の各画像において求めた第1及び第2の境界に基づいて、壁の厚さを算出する壁厚算出部を備えていても良い。

【0019】

本発明の画像処理装置は、第1の側と第2の側とを隔てる壁を撮像した時系列画像を入力する画像入力部と、前記時系列画像の初期画像において、前記第1の側と前記壁との境界である第1の境界、前記第2の側と前記壁との境界である第2の境界、及び、前記壁を分割した各部分壁の境界を設定する境界設定部と、前記壁を分割した部分壁毎の局所壁厚情報を求める手段と、前記部分壁それぞれの画像パターンから正規化画像を生成する正規化画像生成部と、前記初期画像から生成した正規化画像をテンプレート画像として記憶するテンプレート記憶手段と、時系列画像の各画像において、前記部分壁毎に、前記局所壁厚情報を変化させながら前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索して、当該画像における第1及び第2の境界を探索する境界探索部とを備える。

40

【0020】

尚、前記時系列画像の各画像において求めた第1及び第2の境界に基づいて、壁の厚さを算出する壁厚算出部を備えていても良い。

【0021】

本発明の画像処理装置は、心臓の断層を撮像した時系列画像を入力する画像入力部と、前記時系列画像の初期画像において心筋の心内膜境界及び心筋の心外膜境界を設定する境界

50

設定部と、前記心内膜境界及び前記心外膜境界に挟まれた領域の画像パターンから正規化画像を生成する正規化画像生成部と、前記初期画像から生成した正規化画像をテンプレート画像として記憶するテンプレート記憶手段と、時系列画像の各画像において、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索して、心内膜の境界及び心外膜の境界を探索する境界探索部とを備える。

【0022】

また、前記境界探索部は、時系列画像の各画像において、各画像より前に入力された画像における前記心内膜境界及び前記心外膜境界を代表する点に基づいて、心内膜の仮境界及び心外膜の仮境界を設定する手段と、前記各画像において、前記心内膜の仮境界及び前記心外膜の仮境界を代表する点の座標を変化させながら、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索する手段を備えることを特徴としても良い。

10

【0023】

また、前記境界探索部は、時系列画像の各画像において、輝度値に基づいて心内膜境界を検出する手段と、前記各画像より前に入力された画像における心外膜境界に基づいて、前記各画像に前記心外膜の仮境界を設定する手段と、前記心外膜の境界を代表する点の座標を変化させながら、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索する手段とを備えることを特徴としても良い。

【0024】

また、さらに、前記心内膜境界及び前記心外膜境界を用いて、前記心筋を分割した各部分壁毎の局所壁厚情報を求める手段を備え、前記境界探索部は、時系列画像の各画像において、前記各部分壁毎に、前記局所壁厚情報を変化させながら前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索する手段を備えることを特徴としても良い。

20

【0025】

尚、前記時系列画像の各画像において求めた心内膜境界及び心外膜境界に基づいて、心筋各部の厚さ、厚さの変化率、厚さの変化速度等を計算するパラメータ計算部を備えていても良い。また、前記時系列画像の心筋部分に、心筋各部の厚さに応じた色をつけて出力する出力部を備えても良い。

【0026】

本発明の画像処理方法は、コンピュータを用いて時系列画像から自動的若しくは半自動的に臓器の壁を検出する画像処理方法であって、計測対象となる壁を撮像した時系列画像を入力し、前記時系列画像の初期画像において前記壁の一方の側に第1の境界を設定し、前記初期画像において前記壁の他方の側に第2の境界を設定し、前記初期画像において前記第1及び第2の境界に挟まれた領域の画像パターンから正規化画像を生成してテンプレート画像として登録し、時系列画像の各画像において、前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を生成可能な領域を探索し、探索した領域に基づいて第1及び第2の境界を探索する。

30

【0027】

また、前記探索は、時系列画像の各画像において、各画像より前に入力された画像における第1の境界及び第2の境界に基づいて、第1の仮境界及び第2の仮境界を設定し、前記各画像において、前記第1の仮境界及び前記第2の仮境界を代表する点の座標を変化させながら行うことを特徴としても良い。

40

【0028】

また、前記探索は、時系列画像の各画像において、輝度値に基づいて前記第1の境界を検出し、時系列画像の各画像において、各画像より前に入力された画像における第1の境界及び第2の境界に基づいて、第2の仮境界を設定し、前記各画像において、前記第2の仮境界を代表する点の座標を変化させながら行うことを特徴としても良い。

【0029】

また、前記探索の前に、第1及び第2の境界を用いて前記壁を分割した各部分壁毎の局所壁厚情報を求めておき、前記探索では、時系列画像の各画像において、前記各部分壁毎に、前記局所壁厚情報を変化させながら前記テンプレート画像と最も類似する正規化画像を

50

生成可能な領域を探索することを特徴としても良い。

【0030】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態の画像処理装置を、図面を参照しながら説明する。

【0031】

本実施形態は、画像撮像装置からの時系列の画像出力を受け取り、その画像データに含まれる対象物の壁厚変化の計測処理を行う画像処理装置である。特に、心臓の超音波画像を用いて、心臓の内部と外部とを隔てる心筋である心壁の壁厚変化の計測を行うのに好適な実施形態である。

【0032】

(構成) 図1は本実施形態の構成図である。本実施形態の画像処理装置は、外部の機器、例えば超音波画像撮像装置、から得られた時系列の心臓画像を入力する画像入力部101と、画像データや処理途中におけるデータを記憶するメモリ102とを備える。

【0033】

また、本実施形態の画像処理装置は、画像データの輝度情報を基に心壁の境界を半自動で検出する境界設定部103と、境界を探索するために用いる正規化画像を生成する正規化画像生成部104とを備える。

【0034】

また、本実施形態の画像処理装置は、初期画像におけるテンプレート画像と処理画像における正規化画像とを比較することで心壁の境界を探し出す境界探索部105と、決定された境界から心壁の厚さの変化等の診断に有用な値を算出するパラメータ計算部106とを備える。

【0035】

また、本実施形態の画像処理装置は、様々な指示動作(例えば境界を手動で設定する場合)に用いるポインティングデバイス107と、求めた境界、心壁厚の変化、心壁厚計測処理途中の画像並びにGUI等を画面に出力する出力部108とを備える。

【0036】

画像入力部101は、外部の画像撮像装置(例えば、超音波画像撮像装置、MRI撮像装置、X線撮像装置等)で撮像した画像を受け取る。メモリ102は、画像入力部101が受け取った画像をフレーム単位で順次、画像102-1として記憶する。

【0037】

境界設定部103では、初期画像の輝度情報に基づいて心壁の境界を設定する。本実施形態では、利用者がポインティングデバイス107を用いて心壁の境界を指定する。

【0038】

検出した境界は複数の代表的な点の集まりとして表現する。メモリ102は、境界設定部103が検出した各点の座標を、境界座標102-2として記憶する。

【0039】

正規化画像生成部104では、境界座標102-2で表現される点で構成される境界で囲まれた心壁の領域の画像を正規化して正規化画像を生成する。

【0040】

正規化はアフィン変換を用いて矩形の領域に変形することで行う。メモリ102は、正規化画像生成部104が生成した正規化画像を、正規化画像102-3として記憶する。尚、メモリ102は、初期画像における心壁領域の正規化画像については、テンプレート画像102-4として記憶する。

【0041】

境界探索部105は、各フレームの画像において、1つ前の画像で求めた境界とテンプレート画像102-4とを用いて、境界の探索を行う。詳細な探索手法については後述する(後述のS207以降を参照)。メモリ102は、境界探索部105が求めた境界を構成する点の座標を境界座標102-2として記憶する。

【0042】

10

20

30

40

50

パラメータ計算部 106 では、境界座標 102 - 2 を用いて各画像における壁の厚さを求める。さらには、壁厚の変化率、壁厚の変化する速度及び壁の変形を表すパラメータ等を求める。

【0043】

出力部 107 は、LCD、CRT あるいは PDP 等の表示装置を備え、求めた境界、心壁厚の変化、心壁厚計測処理途中の画像並びに GUI 等を表示装置の画面に出力する。利用者は画面を見ながら本装置を利用する。

【0044】

(動作) 図 2 は本発明の一実施形態に関する処理の流れを示す流れ図である。以下、処理の流れに沿って説明する。

10

【0045】

まず、心壁の壁厚変化計測処理の全体の流れを説明する。初期画像において手動で設定される心壁の境界から心壁部分の画像パターンを正規化し、この正規化画像をテンプレート画像として登録する。以降、時系列の各画像に対してテンプレート画像と最も類似する正規化画像を得られる境界を探索することで心壁の境界を決定し、心壁の壁厚変化等のパラメータを算出する。

【0046】

以下、処理の詳細について説明する。

【0047】

(S201) 時系列画像の中から心壁の壁厚変化計測を開始する初期画像を入力する。

20

【0048】

本装置には、外部の画像撮像装置から時系列の画像データが入力される。そして、メモリ 102 は、入力された画像データを順次記憶する。

【0049】

本実施形態では、入力された時系列画像データの先頭のフレームを初期画像とする。

【0050】

(S202) 境界設定部 103 で、初期画像における心壁の両側の境界を設定する。

【0051】

本実施形態では、心壁の内側境界(心内膜)を境界 1 と呼び、心壁の外側境界(心外膜)を境界 2 と呼ぶ。

30

【0052】

本実施形態では、初期画像を画面に出力し、利用者がポインティングデバイス 107 を用いて境界 1 及び境界 2 のそれぞれを構成する代表的な点を複数指定する。境界 1 及び境界 2 は、これらの代表的な点を結んだ折れ線として設定する。

【0053】

図 3 は境界 1 と境界 2 の例である。 $x_{a1}$ ,  $y_{ak}$  のように添え字が a のものは境界 1 を構成する点であり、 $x_{b1}$ ,  $y_{bk}$  のように添え字が b のものは境界 2 を構成する点である。

【0054】

メモリ 102 は設定された境界 1 及び境界 2 のそれぞれを構成する点の座標を記憶する。

【0055】

(S203) 正規化画像生成部 105 で境界 1 と境界 2 の間に位置する画像データから正規化画像を生成する。

40

【0056】

正規化画像は図 4 に例示するように、心壁が湾曲している場合でも所定の大きさの矩形となるように領域の形状を正規化することで生成する。

【0057】

本実施形態では、心壁を境界 1 及び境界 2 を構成する点で区切った四角形の領域(単位領域)毎に正規化を行う。そして、正規化された単位領域を連結して心壁全体の正規化画像を得る。

【0058】

50

本実施形態における正規化処理を図6(A)及び(B)を用いて説明する。図6(A)は単位領域を示した図であり、図6(B)はこの単位領域を正規化したものである。

【0059】

ここでは正規化された単位領域の画素数を、縦7画素×横6画素とした場合を例に説明を行う。また、単位領域の辺のうち、境界1及び境界2にあたる辺を横の辺とし、境界1あるいは境界2のいずれにも該当しない辺を縦の辺とする。

【0060】

まず、単位領域の縦の辺及び横の辺をN等分する等分点を求める。ここでは正規化後の単位領域の画素数が縦7画素×横6画素であるので、縦の辺については $7 + 1 = 8$ 等分する点、横の辺については $6 + 1 = 7$ 等分する点を求める。そして、図6(A)に示すように、縦横それぞれ向かい合う辺の等分点を結んだ等分線(V601~V607、H611~H616)で作られる格子に着目する。

10

【0061】

次に、単位領域において、各格子点の画素値を求める。ここでは周囲1画素にある画素の画素値の平均を格子点の画素値とするが、各格子点が所属する画素の画素値を用いても良いし、ガウス分布等で周囲の画素の画素値から求めても良い。

【0062】

そして、各格子点の座標を等分線を利用して表す。例えば、図6(A)の点641は、下から4本目の等分線V604と左から2本目の等分線H612との交点だから座標値は(2, 4)となる。

20

【0063】

ここまでで求めた座標値と画素値とを持つ画素を集めて正規化された単位領域を生成する。例えば点641は正規化画像で(2, 4)という位置にある点642になる(図6(B)参照)。

【0064】

このような処理を心壁を構成する単位領域全てについて行い、正規化された単位領域を連結して正規化画像を生成する。尚、連結の際は正規化された単位領域の境界1を上にし縦の辺同士を連結する。

【0065】

メモリ102は、初期画像から生成された正規化画像をテンプレート画像として記憶する。

30

【0066】

(S204)時系列画像における、次の画像(以下、画像Nと呼ぶ)を入力する。

【0067】

(S205)境界探索部105において、画像Nにおいて境界1と境界2とを探索する。

【0068】

画像Nにおける境界1と境界2との探索は以下のようにして行う。まず、境界の探索処理の概要を説明する。

【0069】

画像Nにおいて仮境界1と仮境界2とを設定する。仮境界は一つ前の画像において求めた境界と同じ位置に設定する。

40

【0070】

次に、仮境界1と仮境界2から正規化画像を生成し、テンプレート画像との類似度Sを算出する。類似度Sには、後述するSSD(Sum of Square Difference)を用いる。

【0071】

そして、仮境界1と仮境界2を種々に変化させ得られた類似度の中で最も高い類似度を与える仮境界1と仮境界2とを時系列画像中の1処理画像における境界1、2とする。

【0072】

以下、境界の探索処理の詳細を説明する。

50

## 【 0 0 7 3 】

境界 1 及び境界 2 は点の集合として表現されているので、仮境界 1、2 も同様にして点の集合として表現される。仮境界 1 及び 2 の点の集合  $X$  は次式で表現される。

## 【 0 0 7 4 】

## 【 数 1 】

$$X = \{x_{a1}, y_{a1}, \dots, x_{ak}, y_{ak}, x_{b1}, y_{b1}, \dots, x_{bk}, y_{bk}\}$$

尚、 $x_{a1}, y_{a1}$  のように添え字が  $a$  のものは仮境界 1 を構成する点であり、 $x_{bk}, y_{bk}$  のように添え字が  $b$  のものは仮境界 2 を構成する点である。

## 【 0 0 7 5 】

仮境界 1、2 から生成される正規化画像の画素値を  $f(i, j)$ 、テンプレート画像の画素値を  $f_t(i, j)$  とし、類似度  $S$  を測るための距離尺度  $D$  として、画素値の  $SSD$  (差分二乗和) を用いることにすると、正規化画像とテンプレート画像との距離  $D$  は、次式で表される。

## 【 0 0 7 6 】

## 【 数 2 】

$$D = \sum_{i,j} \{f(i,j) - f_t(i,j)\}^2$$

テンプレート画像と正規化画像の距離  $D$  は、仮境界を構成する点の集合  $X$  に依存するので次式で表される。

## 【 0 0 7 7 】

## 【 数 3 】

$$D(X) = \sum_{i,j} \{f(i,j|X) - f_t(i,j)\}^2$$

テンプレート画像と正規化画像の類似度  $S$  が最大となるのは、距離  $D$  が最小となるときである。最小の距離  $D$  を与える点の集合  $X$  が画像  $N$  における境界 1 及び 2 を構成する点の集合である。

## 【 0 0 7 8 】

## 【 数 4 】

$$X_{n+1} = X_n - \alpha \nabla D(X_n)$$

この式は解析的に解けないため、最急降下法等の数値的な繰り返し計算により局所的な最小解を求める方法をとる。つまり、境界を構成する各点を少しずつ動かして距離  $D$  が極小となる組み合わせを探ることになる。

## 【 0 0 7 9 】

組み合わせを探る際には、仮境界から所定の範囲内について全て計算すると計算量が莫大になるので、距離  $D$  が小さくなる方向に各点を移動させるようにして行い、どの方向に移動しても距離  $D$  が小さくならない場合に極小と判定する。

## 【 0 0 8 0 】

尚、使用する類似度  $S$  は、相互相関値や差分絶対値和 ( $SAD$ ) 等、他の類似度指標を用いてもよい。

## 【 0 0 8 1 】

尚、仮境界は、一つ前の画像における境界と同一でなくても良い。例えば、初期画像における境界をそのまま用いても良いし、画像  $N$  から時間的に近い画像 (一つ前とは限らない) であっても構わない。あるいは、何らかの手段で動きを予測、例えば過去における境界の動きから予測、した位置に仮境界を設定しても良い。

## 【 0 0 8 2 】

(S206) パラメータ計算部 106 で、探索した境界 1、2 を用いて、心壁の厚さや厚

10

20

30

40

50

さの変化等のパラメータを算出する。そして、出力部 108 でグラフ表示やカラーコーディングによる画像上への重畳表示等により出力する。

【0083】

心壁の厚さは、境界 1 を構成する点同士を結んだ折れ線のそれぞれについて求めていく。例えば点 A 1 と点 A 2 とを結んだ折れ線 A 1 - 2 については、境界 2 を構成する点のうち点 A 1 及び点 A 2 からの距離が最短となる点 B x と、折れ線 A 1 - 2 を通る直線との距離を求める。求めた距離を心壁の厚さとする。

【0084】

パラメータ計算部 106 はパラメータの算出を行うとともに、パラメータを加工してグラフ等の生成も行う。

10

【0085】

(S207) S205 の境界探索処理を、時系列画像の各画像に対して行う。未処理の画像がある場合は S204 以降の処理を繰り返す。

【0086】

これまでの処理で、時系列画像中の各画像における心壁の境界が決定される。

【0087】

(本実施形態の効果) 従来は、時系列画像中の各画像毎に、画像内での輝度値の変化を利用してエッジ検出を行って心壁の境界を求めていた。そして、求めた境界を利用して心壁の厚さの時系列的変化等を調べていた。

【0088】

20

しかし、心壁の外側境界は輝度変化が不明瞭なために安定して検出することが難しい。すなわち、境界の運動以外の要素(不明瞭性)のために検出されるエッジの位置が揺らいでしまう。その結果、心壁の厚さを求めようとしても不明瞭性に起因する揺らぎの影響で不安定になりやすい。

【0089】

この点、本実施形態では、心臓の運動に伴い心壁の厚さが変わっても、心壁の模様はほとんど変化しない(サイズは変わるが)という点に着目している。すなわち、画像処理で拡大縮小を行って大きさを揃えた上で比較すれば、心壁の模様はほとんど変動しないということに着目している。

【0090】

30

そして、初期画像において生成した正規化画像をテンプレート画像として記憶しておき、各画像において正規化画像を基準にテンプレートマッチングを行って心壁を探索している。

【0091】

これにより、輝度変化の不明瞭さの影響を最小限に抑えて、心壁の境界を検出することが可能となる。すなわち、心壁の境界が安定して検出可能である。よって、心壁の厚さも輝度変化の不明瞭さに起因する揺らぎの影響を最小限に抑え、安定して求めることが可能となる。

【0092】

(S205 で用いる探索処理の手法の他の例) S205 で行う境界探索処理の手法としては境界の表現形式や最適解の解法により種々の方法が考えられる。以下に、その例を示す。

40

【0093】

(探索処理手法の例 1) この手法は、特に心臓画像へ適用する場合に好適な例である。

【0094】

心臓画像では、心内膜(境界 1) は画像の輝度差を有することが多いためエッジ検出等の方法により同定しやすい。逆に、心外膜(境界 2) は画像の輝度差が不明瞭なことが多いためエッジ検出等の方法では安定した境界の同定は困難である。

【0095】

そこで、本手法では、心内膜は一般的な輝度変化を利用したエッジ検出やスネーク等の他

50

の手法で決定する。

【0096】

そして、心外膜をS204の説明で述べた手法により求める。この場合、テンプレート画像と正規化画像の類似度に影響を与えるのは、心外膜のみである。従って点の集合Xは次式で表現される。

【0097】

【数5】

$$X = \{x_{b1}, y_{b1}, \dots, x_{bk}, y_{bk}\}$$

あとは、前述のS207の説明と同様に距離Dが最小となる点の集合Xを求めればよい。S204の説明で述べた、心内膜（境界1）及び心外膜（境界2）の両方を扱う手法に比べて、扱う変数の数が半減するので、より高速に解を得ることができる。

【0098】

なお、画像の輝度変化（エッジ）を基に輪郭抽出する方法を用いて心内膜を決定した場合、ある時刻t1における心内膜上の点と別の時刻t2における心内膜上の点との対応付けが明確ではない。しかし、壁厚変化を計測する場合には、同一の壁部分について壁厚変化を計測することが望ましい。

【0099】

そこで、特開平10-99334号公報に示されているような、特徴点位置を基準として分割された輪郭上の点同士を対応づける方法を用いると良い。

【0100】

心臓の場合、心尖部や弁の付近は、曲率が大きかったり或いは独特な形状をしているので、特徴点として検出しやすい。

【0101】

従って、探索により求めた心内膜及び心外膜において、心尖部に相当する点I<sub>c</sub>及びO<sub>c</sub>を求める。さらに、心内膜及び心外膜の一端I<sub>A0</sub>、O<sub>A0</sub>と心尖部に相当する点I<sub>c</sub>及びO<sub>c</sub>との間を均等に分割する分割点を求める。同様に心内膜及び心外膜の他端I<sub>B0</sub>、O<sub>B0</sub>と心尖部に相当する点I<sub>c</sub>及びO<sub>c</sub>との間を均等に分割する分割点を求める。

【0102】

例えば3分割した場合なら、心内膜については一端から順に点I<sub>A0</sub>、I<sub>A1</sub>、I<sub>A2</sub>、I<sub>c</sub>、I<sub>B2</sub>、I<sub>B1</sub>、I<sub>B0</sub>が得られ、心外膜については一端から順に点O<sub>A0</sub>、O<sub>A1</sub>、O<sub>A2</sub>、O<sub>c</sub>、O<sub>B2</sub>、O<sub>B1</sub>、O<sub>B0</sub>が得られる。

【0103】

これらの点のうち添え字が同じもの同士を対応点とみなす。尚、分割する数は壁厚を測定する位置等に応じて適宜変えればよい。

【0104】

さらには、次に述べるような動的輪郭モデルを使用して心内膜を抽出するとなお良い。

【0105】

壁の局所部分を追跡しながら境界を抽出しうる動的輪郭モデルについて以下に述べる。この動的輪郭モデルでは、例えば図7に示されるような輪郭701近辺の領域における画像パターン702の類似度を用いる。そのために、動的輪郭モデルの画像エネルギーを次式のように定義する。

【0106】

【数6】

$$E_{image} = - \int \text{Edge}(V(s)) + Pt(V(s)) ds$$

ここで、V(s)はパラメータsで表された輪郭701であり、Edge(V(s))は輪郭上における画像の輝度勾配の大きさを意味する。Pt(V(s))は輪郭近辺の画像パターン702と事前に設定されたテンプレートパターンとの類似度を意味する。類似度

10

20

30

40

50

としては、相互相関値等を用いると良い。

【0107】

このように画像エネルギーを定義することで、輪郭近辺の画像パターンを追跡しながら境界輪郭を抽出することができる。つまり、壁の局所部分の対応をとりながら壁の境界を得ることが可能となる。

【0108】

(探索処理手法の例2)さらに高速化するには、境界設定部103において、初期画像で設定された心内膜及び心外膜に基づいて、心壁の壁厚の変化を測定する対象を複数個のセグメントに分割する。そして、各セグメントの境界ごとに、心外膜を心内膜からの厚み  $t$  と変位パラメータ  $s$  とで表すと良い。

10

【0109】

尚、各画像において心内膜は一般的な輝度変化を利用したエッジ検出やスネーク等の他の手法で決定する。

【0110】

画像の輝度変化(エッジ)を基に輪郭抽出する方法を用いて心内膜を決定した場合、ある時刻  $t_1$  における心内膜上の点と別の時刻  $t_2$  における心内膜上の点との対応付けが明確ではない。しかし、本手法では心外膜を心内膜からの厚み  $t$ 、変位パラメータ  $s$  とで表現しているので、対応付けする必要がある。

【0111】

そこで、探索処理手法の例1で説明したのと同様な手法で対応付けを行う。すなわち、特徴点位置を基準として分割された輪郭上の点同士を対応づける方法を用いる。

20

【0112】

まず、初期画像において設定された心内膜及び心外膜について、特徴点を基準にして心内膜及び心外膜を分割する分割点を求め、分割点同士を対応付ける。そして、対応点の位置で心壁をセグメントに分割するとともに、各対応点毎に厚み  $t$  と変位パラメータ  $s$  とを求めておく。

【0113】

以後、各画像においては、エッジ検出等で決定された心内膜について、特徴点位置を基準として初期画像と同様にして分割点を求める。そして、各分割点から最適な厚み  $t$  及び最適な変位パラメータ  $s$  だけ離れた位置に心外膜の分割点があるので、厚み  $t$  及び変位パラメータ  $s$  の値を変えながら最適な値を求める。

30

【0114】

最適な  $s$  及び  $t$  の値は、その画像において、初期画像のセグメントに基づいて求めたテンプレート画像と最も類似度の高い正規化画像を求めることができる値である。

【0115】

図5は、心筋画像を6個のセグメント501~506に分割し、各セグメントの境界ごとに、心外膜上の点を心内膜上の点からの厚み  $t$  と変位パラメータ  $s$  とを用いて表現している様子を説明する図である。

【0116】

心外膜をこのように表現すると、心外膜を構成する点座標の集合は次式で表現される。

40

【0117】

【数7】

$$X = \{t_1, s_1, \dots, t_k, s_k\}$$

図5の例では、 $k = 7$ であるからパラメータは14個で済む。数5や数1よりも遥かに少ないパラメータで境界を表現することができるので、より高速に解を得ることができる。

【0118】

尚、探索処理手法の例1で説明した動的輪郭モデルを使用して心内膜を抽出しても良い。

【0119】

(探索処理手法の例3)変形例1では心壁の壁厚の変化を測定する対象をセグメントに分

50

割し、その境界ごとに境界 2 を表現する点を設定したが、境界をスプライン曲線等の補間方法により少ないパラメータで表現してもよい。

【0120】

尚、これまでには心臓を例に説明したが、心臓に限らず他の臓器（例えば、胃、肝臓、膀胱、腎臓、膵臓、子宮）や胎児等についても、壁等の厚みの変化を検出することが可能である。

【0121】

（変形例）本実施形態は、心壁の壁厚変化の計測処理だけでなく、その他の画像計測処理やファイリング等のデータ管理機能を含むような医用ワークステーションの形態として実現しても良い。

【0122】

あるいは、画像データに対する一連の心壁の壁厚変化の計測処理（例えば、境界設定部 103、正規化画像生成部 104、境界探索部 105、パラメータ計算部 106 の持つ機能）を汎用のコンピュータで処理するためのプログラムとして実現しても良い。また、画像診断装置に本機能を組み込んだ形で実現しても良い。

【0123】

本装置では、境界設定部 103 において利用者が手動で境界を設定しているが、スネークと呼ばれる手法や一般的なエッジ検出法を初期画像に対して適用して自動的に境界検出しても良い。この場合、境界が不明瞭で自動的に検出された境界が必ずしも信頼できない場合に、利用者がポインティングデバイス 107 を用いて境界を修正できるようにしても良い。

【0124】

また、本装置の出力部 108 で、各画像における心壁の厚さに応じて色を割り当てて心壁画像を表示しても良い。図 8 は心壁の厚さに応じて色をつけた例である。例えば厚い部分は青く表示し、薄い部分は赤で表示し、中間は緑で表示する。このようにすると、色の変化の激しさを見るだけで、心筋が活発に動いている（伸縮を繰り返している）かを知ることができ、診断に役立つ。

【0125】

心壁の厚さそのものに限らず、所定単位時間内における心壁の厚さの変化に応じて色をつけて表示しても良い。個の場合は、所定単位時間内における心壁各部の厚さをメモリ 102 上に記憶させておき、それを用いて厚さの変化の程度を求める。

【0126】

【発明の効果】

以上本発明によれば、画像のエッジだけによらず画像パターンを利用して壁の変形をとらえている。これにより、従来ならば検出されるエッジが揺らいでしまうような不明瞭な境界を持った壁であっても、安定して境界を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施形態の構成を説明する図。

【図 2】 本発明の一実施形態における処理の流れを説明する図。

【図 3】 輪郭の表現の一例。

【図 4】 正規化画像の作成及びテンプレート画像との比較に関する説明図。

【図 5】 境界を少ないパラメータで表現する一例。

【図 6】 正規化処理を説明する図。

【図 7】 壁の局所部分を追跡しながら境界を抽出しうる動的輪郭モデルの概要を説明する図。

【図 8】 心壁画像を心壁の厚さに応じて色をつけて表示した例。

【符号の説明】

101 画像入力部

102 メモリ

103 境界設定部

10

20

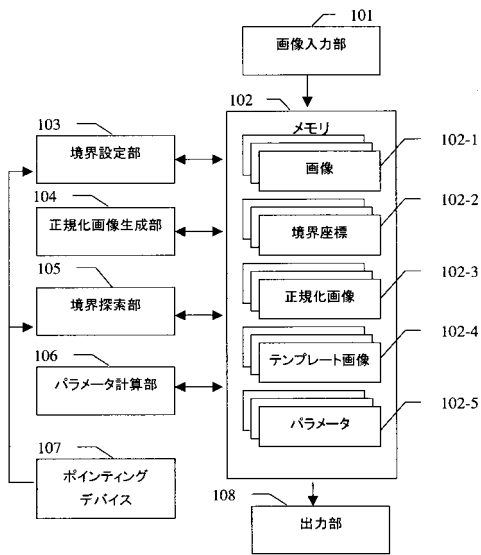
30

40

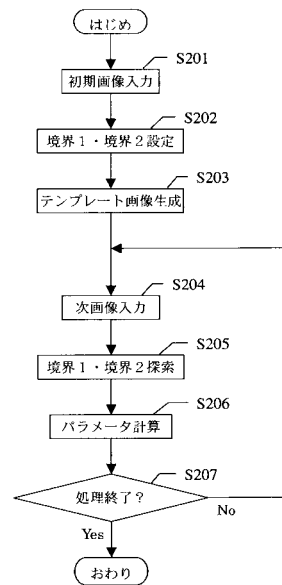
50

- 104 正規化画像生成部
- 105 境界探索部
- 106 パラメータ計算部
- 107 ポインティングデバイス
- 108 出力部

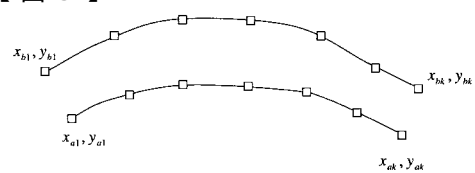
【図1】



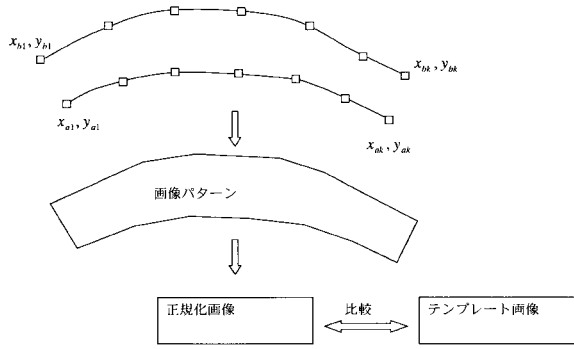
【図2】



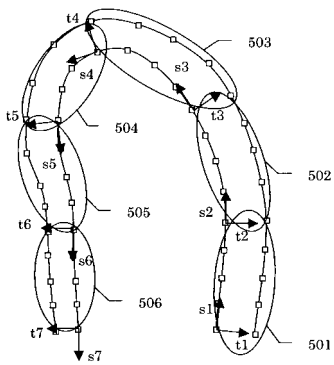
【図3】



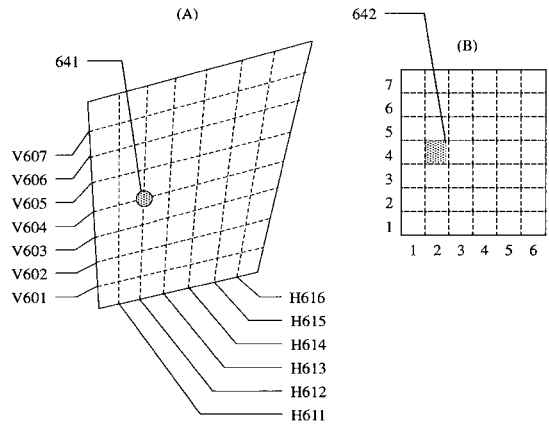
【 図 4 】



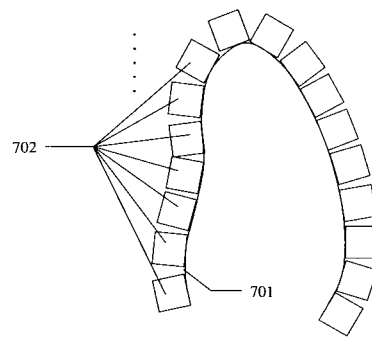
【 図 5 】



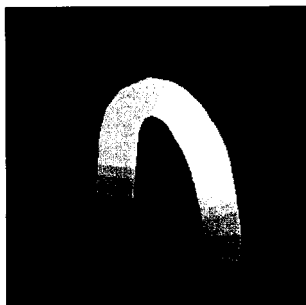
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10 - 99334 ( J P , A )

米国特許出願公開第2002 / 0072674 ( U S , A 1 )

西浦正英 他, 部分形状拘束輪郭モデルによる超音波心壁動的輪郭抽出法, 電子情報通信学会論文誌 D-II, 2000年 1月, vol. J83-D-II, no.1, 183-190

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

A61B 8/00

专利名称(译)	图像处理设备和图像处理方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP3982817B2</a>	公开(公告)日	2007-09-26
申请号	JP2003060876	申请日	2003-03-07
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社东芝		
申请(专利权)人(译)	东芝公司		
当前申请(专利权)人(译)	东芝公司		
[标]发明人	西浦正英		
发明人	西浦 正英		
IPC分类号	A61B8/08 G01R33/54 A61B5/00 A61B5/055 A61B6/00 A61B8/00 G06K9/00 G06T1/00 G06T5/00 G06T7/00 G06T7/60		
CPC分类号	G06T7/0012 A61B6/503 A61B8/0883 G06T7/12 G06T7/62 G06T2207/10132 G06T2207/20104 G06T2207/30048 Y10S128/922		
FI分类号	A61B8/08 A61B5/00.G A61B5/05.380 A61B5/055.380 A61B6/00.350.D A61B8/00 G01N24/00.530.Y G01N24/02.530.Y G06T1/00.290.A G06T7/00.300.D G06T7/00.612		
F-TERM分类号	4C093/AA26 4C093/CA50 4C093/DA02 4C093/EE01 4C093/FD03 4C093/FD04 4C093/FD20 4C093/FF16 4C093/FF22 4C093/FG01 4C093/FG05 4C093/FG13 4C096/AA20 4C096/AB50 4C096/AC04 4C096/AD14 4C096/AD25 4C096/DC14 4C096/DC19 4C096/DC22 4C096/DC33 4C096/DC37 4C096/DD07 4C096/DD09 4C117/XA07 4C117/XB09 4C117/XD24 4C117/XD27 4C117/XE44 4C117/XE45 4C117/XE46 4C117/XF03 4C117/XG01 4C117/XG02 4C117/XG19 4C117/XG22 4C117/XG33 4C117/XG34 4C117/XG39 4C117/XJ01 4C117/XJ21 4C117/XK03 4C117/XK09 4C117/XK13 4C117/XK18 4C117/XK25 4C117/XK51 4C117/XQ12 4C117/XR07 4C117/XR08 4C117/XR09 4C601/DD15 4C601/DD27 4C601/EE09 4C601/JC09 4C601/JC16 4C601/KK02 4C601/KK28 4C601/KK31 4C601/KK44 5B057/AA09 5B057/BA03 5B057/BA05 5B057/DA08 5B057/DB02 5B057/DB05 5B057/DB09 5B057/DC17 5B057/DC34 5L096/AA03 5L096/AA06 5L096/AA13 5L096/BA06 5L096/BA13 5L096/CA18 5L096/CA24 5L096/DA02 5L096/DA04 5L096/EA18 5L096/FA06 5L096/FA25 5L096/GA02 5L096/GA19 5L096/HA08 5L096/JA03 5L096/JA09 5L096/JA28		
代理人(译)	堀口博		
其他公开文献	JP2004267393A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

要解决的问题：即使在医学图像诊断中壁的边界处的亮度变化不清楚的情况下，也能够稳定且准确地自动计算壁厚变化。

ŽSOLUTION：墙壁一侧的边界1在初始图像中自动或手动决定，边界2在墙壁的另一边界附近自动或手动生成，从保持区域的图像模式生成标准化图像在边界1和边界2之间并且登记为模板图像，并且计算边界1和边界2，边界2和边界2生成与时间序列图像的各个图像中的模板图像最相似的归一化图像。因此，即使在壁的边界处的亮度变化不清楚的情况下，也可以稳定且准确地自动计算壁厚变化，并且对于诊断医学图像诊断中的心脏病等是有用的。Ž

