

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-58535

(P2005-58535A)

(43) 公開日 平成17年3月10日(2005.3.10)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/00	A 6 1 B 8/00	4 C 6 0 1
G 0 6 T 1/00	G 0 6 T 1/00 2 9 0 D	5 B 0 5 7
G 0 6 T 5/00	G 0 6 T 5/00 2 0 0 Z	5 L 0 9 6
G 0 6 T 5/20	G 0 6 T 5/20 C	
G 0 6 T 7/00	G 0 6 T 7/00 2 0 0 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2003-293594 (P2003-293594)
 (22) 出願日 平成15年8月14日 (2003.8.14)

(71) 出願人 390029791
 アロカ株式会社
 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
 (74) 代理人 100075258
 弁理士 吉田 研二
 (74) 代理人 100096976
 弁理士 石田 純
 (72) 発明者 廣田 浩二
 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロ
 カ株式会社内
 Fターム(参考) 4C601 BB02 DD15 DD27 EE09 JB40
 JC04 JC09 JC12 JC22 JC37
 KK12 KK28

最終頁に続く

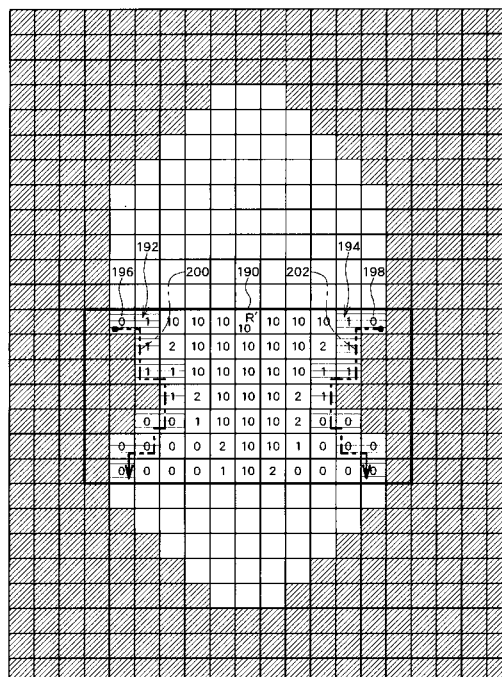
(54) 【発明の名称】 画像処理装置

(57) 【要約】

【課題】 心臓部の超音波断層画像で、左室と左房とが僧帽弁部によって連通している場合に僧帽弁部が括れ構造をもつことを評価して左室の分離を行う。

【解決手段】 まず、左室内の基準箇所 R' から心壁側に向けて、各画素に対する評価値演算を展開する。評価値演算は、その画素と心壁の近接度、及び、既に評価した画素の評価値とに基づく。これにより、左室内の画素と心壁との近接度の情報が展開方向に累積的に反映され、左室内を中心に滑らかな閉領域が形成される。次に、基準箇所に基づいて設定された関心領域である僧帽弁領域 190 内の、輪郭部分にある候補点群 192, 194 における評価値を探索して、評価値の変化に基づいて括れを代表する点を求める。この点に基づいて分離線を引くことで、左室が分離できる。

【選択図】 図 2 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

括れ部を介して互いに連通する注目腔と隣接腔とを含む組織腔部及びその周囲の組織部についての対象画像を生成する対象画像生成手段と、

前記対象画像上において、前記注目腔を基準として前記組織腔部の輪郭形態についての評価を行い、この評価結果に基づいて前記組織腔部の輪郭に沿って括れ代表点を探索する代表点探索手段と、

前記対象画像上において、前記括れ代表点に基づいて前記注目腔と前記隣接腔を分離し、これによって前記注目腔に相当する注目領域を抽出する分離処理手段と、

を備える、ことを特徴とする画像処理装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の画像処理装置において、

前記代表点探索手段は、

前記対象画像上において、前記注目腔内の評価開始点からその外側周囲へ向かって順次各画素を評価対象画像とする評価値演算を展開し、前記評価対象画素に対する評価値を求める評価値演算手段と、

前記組織腔部の輪郭に沿って各画素値の評価値を順次参照し、その評価値の変化に基づいて前記括れ代表点を検出する検出手段と、

を含む、ことを特徴とする画像処理装置。

20

【請求項 3】

請求項 2 に記載の画像処理装置において、

前記評価値は、少なくとも、前記評価対象画素の展開方向前方の近傍における参照画素に含まれる前記組織部の存在の度合いと、その展開方向後方の近傍における参照画素に既に与えられた評価値とに基づいて定められ、これにより前記評価値は前記展開方向後方における既評価画素と前記組織部との近接情報を累積的に反映する、ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の画像処理装置において、

前記展開方向前方の近傍における参照画素には、前記評価対象画素の前記展開方向の前方に隣接する画素、及び、前記展開方向斜め前方に隣接する画素とが含まれる、

又は、

前記展開方向後方の近傍における参照画素には、前記評価対象画素の前記展開方向の後方に隣接する画素、及び、前記展開方向斜め後方に隣接する画素とが含まれる、ことを特徴とする画像処理装置。

30

【請求項 5】

請求項 2 に記載の画像処理装置において、

前記評価値演算手段は、評価値の付与により、前記評価値開始点から連続的に分布し前記組織腔部の輪郭に内接する閉領域を画定し、

前記評価値の変化の位置は、前記閉領域の外縁が前記組織腔部の輪郭から乖離しはじめる位置に対応する、ことを特徴とする画像処理装置。

40

【請求項 6】

請求項 1 に記載の画像処理装置において、

前記代表点探索手段は、組織腔部を介して向き合う輪郭上で、対となる 2 点の括れ代表点を探索し、

前記分離処理手段は、前記 2 点の括れ代表点を結ぶ分離線によって前記注目腔と前記隣接腔を分離する、ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の画像処理装置において、

前記分離処理手段によって抽出された注目領域に基づいて、前記注目腔のサイズを計測するサイズ計測手段、を備えることを特徴とする画像処理装置。

50

、ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 8】

請求項 2 に記載の画像処理装置において、

前記評価開始点に基づいて関心領域を定める設定手段、が含まれ、

前記検出手段は、前記関心領域を対象として前記括れ代表点を検出する、ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の画像処理装置において、

前記対象画像生成手段は、画像を二値化処理する二値化手段を備え、

前記二値化処理によって、前記対象画像の組織腔部が組織部から区別されている、ことを特徴とする画像処理装置。 10

【請求項 10】

請求項 1 に記載の画像処理装置において、

前記対象画像生成手段は、画像に対して平滑化処理を行う平滑化手段を備え、

前記平滑化手段によって、前記対象画像の少なくとも前記組織腔部の輪郭が平滑化されている、ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 11】

括れ形状をもつ僧帽弁部を介して互いに連通する左室と左房とを含む心腔及びその周囲の心壁についての対象画像を生成する対象画像生成手段と、

前記対象画像上において、前記左室を基準として前記心腔の輪郭形態についての評価を行い、この評価結果に基づいて前記心腔の輪郭に沿って括れ代表点を探索する代表点探索手段と、 20

前記対象画像上において、前記括れ代表点に基づいて前記左室と前記左房を分離し、これによって前記左室に相当する注目領域を抽出する分離処理手段と、

前記分離処理手段によって抽出された注目領域に基づいて、前記左室のサイズを計測するサイズ計測手段、を備えることを特徴とする画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像データに対する画像処理、特に、超音波診断画像中の注目領域について行う分離処理に関する。 30

【背景技術】

【0002】

医療分野においては、画像データに基づいて、画像データ中に表現された構造を解析する手法がしばしば用いられる。例えば、超音波診においては、診断対象に対する超音波走査によって得られた画像データに基づいて、診断対象の内部構造についての解析がなされる。このような解析においては、時として、内部構造についての領域を画定する必要がある。一例として心臓に対する超音波診断画像をもとに、左室の体積演算などを行う場合を取り上げる。この場合には、左室領域を、僧帽弁部を介して連結された左房領域から分離して抽出する必要がある。下記の特許文献 1 乃至 3 は、この左室の抽出を行う画像処理に関するものである。 40

【0003】

特許文献 1 には、僧帽弁の根元において超音波画像の輝度が高いことを利用し、超音波画像中の最大輝度位置に基づいて左室と左房とを分離する手段が開示されている。

【0004】

特許文献 2 では、心尖部から撮影された超音波画像に対して、心壁の輪郭の重心を計算し、この重心よりも深い位置にある点のうち最も曲率が大きい 2 点に基づいて弁輪部を検出している。

【0005】

なお、特許文献 3 には、左室と左房を分ける分離ラインの運動条件をユーザ設定するこ 50

とにより、心臓の周期的な運動に対しても追従可能な領域抽出を実現する手段が記載されている。

【0006】

【特許文献1】特開平9-122123号公報

【特許文献2】特開平9-131345号公報

【特許文献3】特開2002-330967号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記特許文献1及び2では、僧帽弁部の括れによって隔てられる左室と左房との分離を必ずしも的確に行えない場合がある。 10

【0008】

本発明の目的は、分離する領域の構造、特に、分離部分付近の構造を忠実に評価して注目領域の分離を行うことにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するため、本発明の画像処理装置は、括れ部を介して互いに連通する注目腔と隣接腔とを含む組織腔部及びその周囲の組織部についての対象画像を生成する対象画像生成手段と、前記対象画像上において、前記注目腔を基準として前記組織腔部の輪郭形態についての評価を行い、この評価結果に基づいて前記組織腔部の輪郭に沿って括れ代表点を探索する代表点探索手段と、前記対象画像上において、前記括れ代表点に基づいて前記注目腔と前記隣接腔を分離し、これによって前記注目腔に相当する注目領域を抽出する分離処理手段と、を備える。 20

【0010】

上記画像処理装置は、医療上の診断のために作成された2次元の画像データに対して処理を行う。画像データには、解析対象である生体等の内部構造が含まれており、内部構造は組織腔部とその周囲の組織部とからなる。組織部と組織腔部とは心腔と心壁であることが望ましいが、特に限定されるものではない。このような組織腔部のうち抽出対象となる注目腔を、注目腔と括れ部によって連結された隣接腔から分離する画像処理を行う。括れ部は、注目腔と隣接腔に比べて細い構造をもつ。例えば、注目腔が心室で隣接腔が心房である場合には、括れ部は両者を繋ぐ弁部に相当する。 30

【0011】

画像処理装置の対象画像生成手段は、当該装置の処理前の画像データ（これを原画像と呼ぶ）から対象画像を生成する処理を行う。この処理の例としては、拡大縮小、平行移動、回転などの座標変換処理を挙げることができる。一連の画像処理において本質的ではない小さな構造を除去するための平滑化処理を行ってもよい。また、組織腔部を周囲の実質部と明瞭に区別するために二値化処理を行ってもよい。

【0012】

代表点探索手段は、対象画像に対して処理を行って、括れ部を代表する代表点を探索する。探索にあたっては、まず、注目腔を基準として、組織腔部の輪郭の形態を評価する。すなわち、例えば注目腔の中央付近や重心等の注目腔を代表する部位がユーザによりあるいは自動的に設定され、この基準に対して組織腔部の輪郭形態が評価される。輪郭形態の評価は様々に行うことが可能であり、例えば、括れ部によって注目腔が開領域を形成していることを利用して、境界が基準位置から見て急激に深い方向に折れ曲がっている状況を勾配や勾配変化率に基づいて評価することができる。また、括れ部が組織後部の内側に凸形状を示すことを利用して、基準位置から見て内側に凸な領域を、やはり勾配や勾配変化率に基づいて評価してもよい。そして、このような評価結果を組織後部の輪郭に沿って調べることにより、括れ代表点を見出す。なお、ここでいう輪郭とは、組織腔部と組織部との境界線であってもよいし、境界のいずれの側かに隣接した画素であってもよい。 40

【0013】

分離処理手段は、こうして得た括れ代表点に基づいて注目腔と隣接腔を分離する。分離処理手段は、さらに注目領域以外の領域を取り除く処理などを行ってもよい。

【0014】

この構成によれば、画像処理装置は、組織後部の輪郭形態を忠実に調べて括れ代表点を求める。従って、括れ部に基づいた注目腔と隣接腔の分離を行うことが可能となる。このため、例えば心臓の収縮によって括れ部の位置が変動する場合にも、的確に追従することが可能となる。ただし、時系列データに対して処理を行う場合には、必ずしも毎回、上記手順に従った分離を行う必要はなく、計算効率を考慮して、それ以前の結果を適宜利用することも有効である。なお、画像データは2次元に限定されるものではなく、3次元である場合にも容易に適用することができる。

10

【0015】

望ましくは、本発明の画像処理装置においては、前記代表点探索手段は、前記対象画像上において、前記注目腔内の評価開始点からその外側周囲へ向かって順次各画素を評価対象画像とする評価値演算を展開し、前記評価対象画素に対する評価値を求める評価値演算手段と、前記組織腔部の輪郭に沿って各画素値の評価値を順次参照し、その評価値の変化に基づいて前記括れ代表点を検出する検出手段と、を含む。

【0016】

評価開始点は、所定のルールに従って注目構内に自動設定されてもよいし、ユーザ設定されてもよい。評価値演算手段は、この評価開始点から外側周囲の組織部に向かって、各画素を順次評価対象として評価値演算を進行していく。評価値演算は様々に行うことが可能であり、例えば、評価対象画素の周囲に適切なサイズのウィンドウを設定し、そのウィンドウの中に含まれる組織部の分布パターンを、評価開始点との方向関係に基づいて評価するといったことが可能である。検出手段は、このようにして与えられた評価値を、組織腔部の輪郭に沿って評価する。そして、評価値の変化に基づいて括れ代表点を検出する。前に述べた分布パターンに従った場合には、分布パターンが通常の状態から特定の状態に変化する点に基づけばよい。このように括れ代表点を検出するための評価値変化の用い方は、評価値特性に応じて定めればよい。

20

【0017】

望ましくは、本発明の画像処理装置においては、前記評価値は、少なくとも、前記評価対象画素の展開方向前方の近傍における参照画素に含まれる前記組織部の存在の度合いと、その展開方向後方の近傍における参照画素に既に与えられた評価値とに基づいて定められ、これにより前記評価値は前記展開方向後方における既評価画素と前記組織部との近接情報を累積的に反映する。

30

【0018】

評価値は、このように、展開の進行とともに過去の評価結果を累積的に反映するものであってもよい。すなわち、評価値を与える場合には、評価対象画素の展開方向前方における組織部の存在の度合いが考慮されるとともに、展開方向後方における既評価画素の評価値が考慮される。これによって、ある評価対象画素の評価値は、それよりも展開方向後方において評価した組織部との近接度合いについての情報を含むことになる。

【0019】

望ましくは、本発明の画像処理装置においては、前記展開方向前方の近傍における参照画素には、前記評価対象画素の前記展開方向の前方に隣接する画素、及び、前記展開方向斜め前方に隣接する画素とが含まれる。また、望ましくは、本発明の画像処理装置においては、前記展開方向後方の近傍における参照画素には、前記評価対象画素の前記展開方向後方に隣接する画素と前記展開方向斜め後方に隣接する画素とが含まれる。

40

【0020】

評価対象画素に対する評価値演算において評価値や近接情報を直接参照する参照画素は、様々に選択可能である。そして、参照にあたっての重み付けや、評価値演算の演算規則への取り込み方も適宜定めることができる。その中でも、展開方向前方の近傍における参照画素として、展開方向前方に隣接する画素と、展開方向斜め前方に隣接する画素を採用

50

することが特に望ましい。また、展開方向後方の近傍における参照画素として、展開方向後方に隣接する画素と、展開方向斜め後方に隣接する画素を採用することも特に望ましい。このように、展開方向の前方あるいは後方に隣接する画素だけでなく、斜め前方あるいは斜め後方の画素に隣接する画素をも参照する理由は、これにより、既評価画素における評価結果を展開方向斜め前方に広く伝播させることが可能になることによる。すなわち、ある既評価画素における組織部との近接情報の影響は、この既評価画素よりも展開方向の前側の複数の画素に広く伝えられる。したがって、評価値によって、組織部の分布をスムーズにした構造が形成されることになる。

【0021】

望ましくは、本発明の画像処理装置においては、前記評価値演算手段は、評価値の付与により、前記評価値開始点から連続的に分布し前記組織腔部の輪郭に内接する閉領域を画定し、前記評価値の変化の位置は、前記閉領域の外縁が前記組織腔部の輪郭から乖離しはじめる位置に対応する。

10

【0022】

このように、評価値は、評価開始点をその領域内に含む滑らかな形状の外縁をもつ閉領域が、組織腔部の輪郭に内接する状態を再現するように定めることが可能である。この場合、閉領域の外縁と組織腔部の輪郭とが不一致しない部分は、組織腔部の輪郭が滑らかな形状を有しない箇所を意味する。この箇所は括れ部を表す可能性が高いため、両者の乖離箇所をもとに括れ代表点を定めることができる。

【0023】

望ましくは、本発明の画像処理装置においては、前記代表点探索手段は、組織腔部を介して向き合う輪郭上で、対となる2点の前記括れ代表点を探索し、前記分離処理手段は、前記2点の括れ代表点を結ぶ分離線によって前記注目腔と前記隣接腔を分離する。

20

【0024】

対となる2点の括れ代表点を検出し、これらを結ぶ分離線を設定する手法は、特に、対象画像が組織腔部を2次元的に表現している場合に有効である。括れ部は、心臓の弁部のように、二つの括れた輪郭線によって表現されることが多い。したがって、組織腔部を介して相互に対向する二つの輪郭線上において、それぞれ括れ代表点を見つけることにより、括れ部の検出精度が向上する。そして、この二つの括れ代表点を結ぶことにより、括れ部に基づいた注目腔と隣接腔との分離が適切に行われる。この分離線は、前にも述べたように、直線でも曲線でも良い。

30

【0025】

例えば、前記分離線は前記注目腔側に凸形状をなす曲線であってもよい。括れ代表点は、括れ部の形状を忠実に調査して求めているため、分離線も単純な直線ではなく、実際の注目腔の形状に相応しい形に定めることができる。注目腔として心臓の左室を検出ような場合には、注目腔側に出っ張りのある曲線とすることが好ましい場合があり、これにより精度よく注目腔を分離することができる。出っ張りの程度は、ユーザ設定により行ってもよいし、あらかじめ与えられたルールに従って設定されてもよい。

【0026】

また、前記曲線の曲率半径は、前記2点の括れ代表点と前記評価開始点とがなす距離に基づいて定められてもよい。曲線は、一定の曲率半径をもつ円弧であっても、曲率半径に変化のある曲線であってもよい。曲率半径は、例えば、各括れ代表点において、それぞれの評価開始点との距離に等しくなるように変化させてもよい。また、各括れ代表点と評価開始点との距離の平均値としてもよい。

40

【0027】

望ましくは、本発明の画像処理装置においては、前記分離処理手段によって抽出された注目領域に基づいて、前記注目腔のサイズを計測するサイズ計測手段、を備える。注目腔のサイズとは、特定部位の長さ、断面積、体積など注目腔の大きさを特徴づける量である。サイズ計測手段によるサイズ計測は、対象画像上の注目領域に対して直接的に行ってもよいし、対象画像の注目領域でマスクをされた元画像等に対して間接的に行ってもよい。

50

【0028】

望ましくは、本発明の画像処理装置においては、前記評価開始点に基づいて関心領域を定める設定手段、が含まれ、前記検出手段は、前記関心領域を対象として前記括れ代表点を検出する。対象画像には、検出したい括れ部以外にも、括れ部と似た構造が表されている場合がありえる。この場合に、評価値を算出するための関心領域を設定することは、検出の精度向上に有効である。しかしながら、ユーザの操作負担を軽減するためには、ユーザ設定をなるべく減らすことが望ましい。そこで、操作開始点を基準とする一定領域を関心領域とし、検出手段の実行をこの関心領域について行うこととした。関心領域は、例えば矩形、円形、楕円形などとし、その大きさ、及び、評価開始点との位置関係を設定しておくことで、自動的に定めることが可能となる。なお、評価開始点はユーザ設定されても、所定の基準に基づいて自動的に設定されてもよい。

10

【0029】

望ましくは、本発明の画像処理装置においては、対象画像生成手段は、画像を二値化処理する二値化手段を備え、前記二値化処理によって、前記対象画像の組織腔部が組織部から区別されている。二値化された二値画像を処理対象とすることにより、組織腔部と組織部との判別が容易になるだけでなく、データ量や演算量を減らすことも可能となる。なお、時系列データに対して処理を行う場合には、毎回改めて関心領域を設定する必要はなく、それ以前の関心領域を流用することも可能である。

【0030】

望ましくは、本発明の画像処理装置においては、対象画像生成手段は、画像に対して平滑化処理を行う平滑化手段を備え、前記平滑化手段によって、前記対象画像の少なくとも前記組織腔部の輪郭が平滑化されている。平滑化によりノイズの除去を行ったり、括れ部よりも小さな構造を除去することが可能となる。これにより、小さな構造に伴う括れ部検出の精度低下を回避することが可能となる。なお、平滑化手段と二値化手段とを併用する場合には、どちらの処理を前に行ってもよい。

20

【0031】

望ましくは、本発明の画像処理装置においては、括れ形状をもつ僧帽弁部を介して互いに連通する左室と左房とを含む心腔及びその周囲の心壁についての対象画像を生成する対象画像生成手段と、前記対象画像上において、前記左室を基準として前記心腔の輪郭形態についての評価を行い、この評価結果に基づいて前記心腔の輪郭に沿って括れ代表点を探索する代表点探索手段と、前記対象画像上において、前記括れ代表点に基づいて前記左室と前記左房を分離し、これによって前記左室に相当する注目領域を抽出する分離処理手段と、前記分離処理手段によって抽出された注目領域に基づいて、前記左室のサイズを計測するサイズ計測手段、を備える。

30

【発明の効果】

【0032】

本発明により、例えば超音波断層画像においては、左室と左房との分離を、両者を繋ぐ僧帽弁部の括れ形状に基づいて行うことができる。括れ形状を忠実に評価するこの手法は、分離を的確に行う上で効果的である。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0033】

以下に本発明の実施形態を、図面を用いて説明する。説明においては、超音波診断装置によって生成された断層画像についての画像処理を行う場合を主に取り上げる。そして、断層画像は、心筋等の組織部と心室心房等の組織腔部を含む心臓部、特に、左房と左室とが僧帽弁部を挟んで連結した状態を表現しているものとする。超音波診断装置は、括れ部である僧帽弁部を検出して、注目腔である左室を隣接腔である左房から分離する処理を行う。

【0034】

[装置構成と全体の流れ]

図1は、本実施の形態に係る画像処理装置110の構成概略図である。画像処理装置1

50

10は、超音波診断装置に組み込まれていてもよいし、それ自体が単体の装置となってもよい。そして、画像処理専用回路を備えたコンピュータはもとより、一般のパソコン等を用いても実現することができる。画像処理装置110は、ユーザ入力を受け付けるキーボード等の操作部112、ネットワークや記憶メディア等を通じた入出力を行う入出力部114、演算結果やユーザへの指示等を表示する液晶ディスプレイ等の表示部116、一時的あるいは半永久的に情報を記憶するハードディスクやメモリで構成された記憶部118を備えている。これらの各構成部の動作は、プログラムによって動作を規定された制御部120によって制御されている。

【0035】

制御部120は、さらに、CPU等によって実現される演算処理部を制御している。演算処理部としては、画像処理の対象画像を生成する対象画像生成部130、対象画像に対する設定を行う設定部140、括れ代表点を探索する代表点探索部150、代表点探索部150の結果に基づいて注目腔と隣接腔を分離する分離部160、分離結果に基づいて注目腔のサイズを計測する計測部164が含まれている。

【0036】

対象画像生成部130は、二値化部132、平滑化部134、エッジ抽出部136を含んでいる。二値化部132は、入出力部114から入力された超音波断層画像を元画像として、元画像の二値化を行い二値画像を得る。二値化においては、組織部と組織腔部とが区別できるように閾値が設定される。平滑化部134は、二値画像に対し、ノイズの除去や微小構造の除去を行って対象画像を得る。この平滑化の処理により、対象画像においては、組織腔部の輪郭（したがって組織部の輪郭も）は微小な凹凸がない滑らかなものとなる。エッジ抽出部136は、対象画像に対し、組織腔部の輪郭を形成する画素だけを取り出してエッジ画像を形成する。

【0037】

設定部140は、評価開始点部142と関心領域部144とを含んでいる。評価開始点部142は、ユーザの指示に基づいて、対象画像上に注目腔内に評価開始点を設定する。関心領域部144は、評価開始点を基準とする所定の規則に従って、対象画像上に関心領域を設定する。

【0038】

代表点探索部150は、評価値演算部152、検出部154、及び、絞り込み部156を含んでいる。評価値演算部152は、関心領域に含まれる画素を次々と評価対象画素とし、この評価対象画素にたいする評価値を与えていく。評価対象画素は、評価開始点側から周辺部側へと順次外側に向かって選ばれる。評価値演算は、後述するように、評価対象画素の周囲の参照点における組織部の影響を評価するように定められている。検出部154は、評価値演算部152が算出した評価値のうち、エッジ画像に含まれる画素の評価値を調査し、評価値の変化に基づいて、括れ代表点を検出する。括れ代表点は、最終的に、組織腔部を挟んで向き合う輪郭上に一点ずつ、合計2点が検出され、対となって括れ部の存在を表す。しかしながら、評価値の分布を探索する条件次第では、検出部154によって複数の点が選ばれてしまうことがありえる。絞り込み部156は、この場合に対となる2点へと絞り込みを行う。絞り込みの条件は特に限定されないが、ここでは、距離最短となる2点を抽出するものとする。

【0039】

分離部160は、検出された2点の括れ代表点を曲線で結んで注目腔と隣接腔とを分離する。分離曲線の曲率は、分離部160に含まれる曲率決定部162によって与えられる。曲率決定部162は、2点の括れ代表点と評価開始点との距離に基づいて曲率半径を決定することができる。

【0040】

計測部164は、分離部160によって抽出された注目領域に基づいて、注目腔のサイズを計測する。計測部164には、注目領域によって原画像をマスク処理するマスク処理部166と、マスク処理された領域又は注目領域自体のサイズを計測するサイズ計測部1

10

20

30

40

50

68が含まれている。サイズ計測部168は、幾何的な原理に基づいて画像の特定部位の長さ、断面積、体積などを計測する機能や、画像上のサイズを実物のサイズに換算する機能などを備えている。

【0041】

図2は、本実施の形態の実手順を示したフローチャートである。入出力部114から断層画像が入力される(S110)と、二値化部132において二値化処理がなされ、二値画像が形成される(S112)。二値画像に対しては、平滑化部134によってノイズ除去(S114)とエッジスムージング処理(S116)がなされ、対象画像が生成される。エッジ抽出部136は、対象画像に対し、組織腔部の輪郭を抽出するエッジ抽出(S118)を行い、エッジ画像を形成する(S118)。その一方で、対象画像に対しては、ユーザの指示に基づいて、評価開始点部142が対象画像上に評価開始点を設定する(S120)。

10

【0042】

次に、評価値演算部152が、この評価開始点から所定の条件に従って評価値演算を行う(S122)。関心領域部144は、評価開始点に基づいて関心領域である僧帽弁領域を設定し(S124)、さらに、僧帽弁領域に含まれ、かつ、エッジ画像で抽出された輪郭を括れ代表点の候補点群として抽出し(S126)、組織腔部を挟む二つの候補点群上で、各一点の検出開始点を決定する(S128)。そして、検出部154がこの検出開始点を起点として候補点群の探索を行う(S130)。続いて、絞り込み部156によって、ひとつの候補点群上に括れ代表点となる条件に該当する点が2点以上存在するか否かが調べられ(S132)、存在する場合には他方の候補点群上の該当点との距離が最短となる2点を選ばれる(S134)。こうして、対となる2点の括れ代表点が検出される(S136)。

20

【0043】

分離部160は、この2点を結ぶ分離曲線を設定し(S138)、左室に相当する注目領域を抽出する。そして、マスク処理部166が、当初入力された断層画像をこの注目領域によってマスク処理する(S142)。サイズ計測部168は、マスク処理された領域に基づいて、左室のサイズ計測を行う(S144)。

【0044】

以下では、評価値演算の具体例と、その評価結果に基づいて括れ代表点を探索する具体例について説明する。

30

【0045】

[評価値演算]

ここで説明する評価値演算は、注目腔の分離のために行う目的の他に、注目腔の輪郭における「ぬけ」等の穴あき部分を穴埋め処理する目的を兼ねたものである。この穴埋め処理を併用することで、注目腔の領域画定がより適切となる効果がある。以下に、その具体的なルールの例を図3、図4を参照して説明する。

【0046】

評価値演算は、代表点探索部150が各画素を評価する順番を決定する。ここでは、評価開始点を基準点Rとし、この点から放射状に外側に向かって引かれた探索ラインと、この基準点Rを中心とする複数の同心円とに基づいて順番を決定する。すなわち、各同心円の円弧上で探索ライン上に位置する画素を次々と評価対象画素として評価するという過程を、順々に外側の同心円に対して行っていく。

40

【0047】

代表点探索部150は、各評価対象画素に対して、その評価対象画素を中心とする3×3あるいは5×5の画素からなるウィンドウを設定する。ウィンドウの設定は探索ライン方向と同心円の弧方向を2軸として行われる。そして、図3に示す評価値付与の条件に従って、その評価対象画素に評価値を与える。

【0048】

評価値は、4つのランクのいずれかが与えられるものとし、それぞれを評価値0、評価

50

値 1、評価値 2、評価値 10 と呼ぶことにする。評価値 0 は組織部の影響度が最も強く、明らかに注目腔に含まれないとみなすことができる。評価値 1 は次に影響度が強く、評価値 2 がこれに続く。そして、評価値 10 は、組織部の影響を全く受けない状態を表している。

【0049】

参照画素については、次のように定める。まず、組織部との存在の度合いを参照するために定められ、少なくとも前記評価対象画素の展開方向前方（探索ラインの前方）の近傍の画素を含む参照画素を第 1 参照画素と呼ぶ。また、既に与えられた評価値を参照するために定められ、少なくとも展開方向後方の近傍の画素を含む参照画素を第 2 参照画素と呼ぶ。この第 1 参照画素と第 2 参照画素を定める際の近傍の定義は様々に定めることができ、両者は同じ定義を用いても、違う定義を持ち手もよい。そこで、ここでは、以下に説明するように、 3×3 と 5×5 のウィンドウに基づいて近傍を定義する。なお、同心円や探索ラインの間隔によっては、同一の画素が 2 回以上評価される場合がある。この場合には重複して評価を行わない方法もあるが、ここでは毎回評価を行うこととし、その際には、過去において与えられた評価値よりも値の低い評価値（すなわち影響度が強い評価値である）への変更のみを行うものとする。

10

【0050】

図 4 は、基準点 R から延びる探索ライン L 上において、評価対象画素 $\times 3$ が選ばれた際に、 3×3 のウィンドウ及び 5×5 のウィンドウが設定された様子を示している。そして、評価対象画素 $\times 3$ よりも基準点 R 寄りにある画素 $v_1 - v_5$, $w_1 - w_5$ の評価がなされたものとする。なお、画素の評価は内側から外側へと順次行われていくことから、このウィンドウにおいては探索ライン L の矢印方向を進行方向前方とし、反対方向を後方と呼ぶことにする。また、画素値 1 は組織腔部のもつ画素値（輝度値）、画素値 0 は組織部のもつ画素値であるとする。

20

【0051】

ここでは、第 1 参照画素は、画素 w_2 , w_3 , w_4 , x_2 , x_4 , y_2 , y_3 , y_4 , z_3 とし、また、第 2 参照画素は、画素 w_2 , w_3 , w_4 とする。この第 1 参照画素と第 2 参照画素を、図 3 に示したルールに適合した場合、評価値付与の条件は次のようになる。

【0052】

評価値 0 の条件は、第 1 参照画素のうち、「 3×3 ウィンドウ中評価対象画素の真後ろ（展開方向後方に隣接する）の画素」である画素 w_3 の画素値が 0 の場合、または、第 2 参照画素のうち、「 3×3 ウィンドウ中評価対象画素の真後ろの画素」である画素 w_3 の評価値が 0 または 1 の場合である。

30

【0053】

評価値 1 の条件は、上記評価値 0 の条件に該当せず、かつ次の二つの条件のうち少なくとも一つを満たすことである。この 2 条件とは、第 1 参照画素のうち、「 3×3 ウィンドウ中評価対象画素以外の画素」である画素 w_2 , w_3 , w_4 , x_2 , x_4 , y_2 , y_3 , y_4 の少なくとも一つの画素が画素値 0 である条件（ w_3 については、評価値 0 の条件が優先される）と、第 2 参照画素のうち、「 3×3 ウィンドウ中評価対象画素の真後ろの画素」である画素 w_3 の評価値が 2 である条件である。

40

【0054】

評価値 2 の条件は、評価値 0 の条件にも評価値 1 の条件にも該当せず、かつ、次の 2 条件のうち少なくとも一つを満たすことである。この 2 条件とは、第 1 参照画素のうち、「 5×5 ウィンドウ中評価対象画素の 2 つ前方の真正面の画素」である画素 z_3 の画素値が 0 である条件と、第 2 参照画素のうち、「 3×3 ウィンドウ中評価対象画素の斜め後ろの画素」である画素 w_2 , w_4 の少なくとも一つの評価値が 1 である条件である。

【0055】

評価値 10 の条件は、評価値 0 の条件、評価値 1 の条件、評価値 2 の条件のいずれにも該当しないことである。

50

【0056】

図5のフローチャートは、このルールに従って、図2のステップS122を行う手順を示している。まず、代表点探索部150によって定められた順序に従って、評価対象画素が選択される(S40)。そして、この評価対象画素が画素値0であるか否かを調べる(S42)。画素値0である場合には、この画素が属す同心円上の画素全てが画素値0をもつか否かを調べ(S44)、該当する場合には終了する。終了にあたっては、穴埋め成形の便宜を考えて、この同心円よりも外側にある画素値1の画素に評価値0を与える。なお、ある同心円の評価を終えた時点で、その同心円が通る画素が全て画素値0または評価値0の場合にも同様に処理を終了する。一方、該当しない場合には、順序に従って新しい評価対象画素を選ぶ(S40)。ステップS42において、画素値が0でない場合には、評価値0の条件が判定される(S46)。そして、この条件を満たす場合には評価値0が与えられ(S48)、満たさない場合には評価値1の条件が判定される(S50)。評価値1の条件の判定においては、既に、評価値0でないことがわかっているので、他の2条件に該当するかどうかを判定すればよい。そして評価値1の条件を満たした場合には、評価値1を付与し(S52)、条件を満たさない場合には、続いて評価値2の条件が判定される(S54)。この評価値2の条件を満たす場合には評価値2が与えられ(S56)、満たさない場合には評価値10が与えられる(S58)。ステップS48, S52, S56, S58において評価値が与えられた場合には、次の評価対象画素が選択される(S40)。このときに、全ての画素を評価し終わっていれば当然に終了する。

10

【0057】

次に画像処理の具体例を、図6から図19の一連の説明図を用いて示す。図6は、心臓部の診断データを基に生成された原画像から、2値画像を作成し、さらにノイズ除去を行って得た対象画像である。原画像と2値画像は、ともに20(横)×27(縦)の格子状に正方形のピクセルが配置されたデータである。原画像は、各画素において多段階(例えば256段階)で表現される輝度値(画素値)のデータからなる。そして、2値化は、原画像に表示される心臓の心腔部と心壁部が2値で分離されるよう輝度を閾値として実施され、さらに反転処理を行っている。ただし、反転処理は以下の処理においては本質的問題ではない。ノイズ除去としては、一定のスケール以下のパターンを取り除くために、周囲と画素値が異なる孤立した1画素または2画素を取り除くといった空間フィルタを作用させているが、もちろん他のフィルタを用いてもよい。

20

30

【0058】

このようにして作成された図6は、画素値が1(白色)の組織腔部40と、画素値が0の組織部44とからなる。このうち、組織腔部40部分は、左室50と左房52を主として表している。両者は別々の組織腔部を構成しているが、両者を隔てる僧帽弁がエコーで捉えられておらず、僧帽弁部54は左室50と左房52を連結する括れ部を構成するように表示されている。また、左室50の左側の壁部(ぬけ56と呼ぶ)は、筋線維の方向が超音波の伝播方向にほぼ平行でエコーが弱いことに起因している。また、図の左上と左下に、心臓内部とは無関係な画素値1の領域58, 59がある。以下では、組織腔部のうちの左室50を注目腔とし、左房52を隣接腔とする場合について説明する。

【0059】

図7では、まず、左室50内に評価開始点である基準点Rが設定されている。そして、評価値演算のための探索順序を定めるために、同心円A, B, C, . . . I(実際にはもっと外側の同心円も考える)が設定され、また、探索ラインL1, L2, L3, . . . , L20, . . . , L30, . . . を1度毎に設定している(ただし図7においては、その一部のみしか記していない)。探索は、まず、一番内側の同心円Aが通過する画素に対して行われる。この同心円の中の探索は、まず探索ラインL1が通過する画素に対して行われ、次に探索ラインL2が通過するラインに対して行われ、というように各探索ラインが通過する画素に対して順次時計回りに実施される。複数の探索ラインが通過する画素については、設定されるウィンドウが同じとなる場合には計算する必要はない。しかし、設定されるウィンドウが異なる場合には、再度処理する方が等方性の観点からは望ましい。も

40

50

ちろん、演算速度を考えると、重複処理を行わないという選択肢もある。

【0060】

ここで、第1参照画素および第2参照画素を選ぶためのウインドウの設定方法を、探索ラインL20上の画素d3を評価対象画素とした場合と、探索ラインL30上の画素b3'を評価対象画素とした場合を例に挙げて説明する。評価対象画素d3については、この画素と同じ同心円Dが通過し、かつ、この画素の両隣に位置する画素をそれぞれ画素d2と画素d4とする。また、探索ラインL20上にあり、一つ内側の同心円Cが通過する画素を画素c3とし、同じく同心円Cが通過する両隣(同心円の通過順をもって両隣を定める)の画素を画素c2, c4とする。同様にして、評価対象画素d3よりも一つ外側の同心円E上で画素e2, e3, e4が選ばれ、二つ外側の同心円において画素f3が選ばれ、こうして選ばれた画素c2, c3, c4, d2, d4, e2, e3, e4, f3は第1参照画素を構成し、画素c2, c3, c4は第2参照画素を構成する。これらの画素を用いた評価値決定に関するルールは、図4を用いた説明と同様にして行えばよい。

10

【0061】

評価対象画素b3'については、探索ラインL30に対する画素配置の対称性がないため、ウインドウの形状も対称性がなくなる。しかし、ウインドウを設定する基準は評価対象画素d3に対する場合と同じである。すなわち、評価対象画素b3'と同じ同心円Bに含まれ、かつ、その両隣に位置する画素b2', b4'を選ぶことができる。また、ひとつ内側の同心円Aが通過する画素のうち、探索ラインL30上でみて評価対象画素b3'に隣接する画素a3'を選び、さらにその両隣の画素a2'とa4'を選ぶ。同様にして、ひとつ外側の同心円Cが通過する画素のうち、探索ラインL30上でみて評価対象画素b3'に隣接する画素を画素c3'とし、その両隣の画素c2', c4'を選ぶ。また、同心円Dが通過する画素の中から画素d3'を選ぶ手順も同様である。

20

【0062】

図8は、基準点Rを含む画素に評価値10を与え、さらに同心円Aが通過する8個の画素に対し、評価値演算を実行して与えた評価値を示している。基準点Rを評価対象画素として評価値を与える場合には、それ以前に評価値を与られている画素がないので、第2参照画素を参照する必要はない。したがって、第1参照画素だけを評価すればよいが、基準点Rについては方向性が定まらず、評価値0の条件に用いられる「3×3ウインドウ中、評価対象画素の真後ろの画素」が定まらない。そこで、この場合には、等方性を考慮して、あらゆる方向に対してこの条件を適用すべきである。この結果、同心円Aが通過する少なくとも1つの画素に画素値0の画素があれば、評価値0が与えられることになる。ただし、基準点Rの評価値が0であると、基準点Rを含む全ての画素が抽出されなくなるので、このような画素を基準点Rとして選ぶべきではない。また、同様にして評価値2の条件は、同心円Bが通過する少なくとも1つの画素に画素値0があれば、基準点Rに評価値2を与えるという条件であると捉えることができる。ただし、この場合、画定される閉領域は同心円Aが通過する画素でしかなく、やはり画像処理を行う意味がない。結局のところ、基準点は、同心円A, Bが画素値0の画素を含まないように選ぶべきであると言える。

30

【0063】

同心円A上の画素を評価対象画素として評価値演算を実行する場合には、3×3のウインドウのうち、後方側(基準点側)のウインドウが基準点Rに縮退してしまうことに注意する必要があるが、それをのぞけば、条件の評価自体において問題となることはない。図8に示した例においては、いずれの画素も第1参照画素に画素値0の画素を含まず、また、第2参照画素としての基準点Rは評価値10を有するので、同心円A上の画素は全て評価値10が与えられる。

40

【0064】

図9は、同心円Bが通過する全ての画素について評価値を与えた状態を示している。この場合にも、同心円B上の各評価対象画素に対し、組織部は第1参照画素に含まれない。また、第2参照画素の評価値は全て10であるため、同心円Bが通過する全ての画素には

50

評価値 10 が与えられる。

【0065】

図 10 は、同心円 C が通過する全ての画素について評価値を与えた状態を示している。ここでは、基準点の左上にある画素 c 2 ' ' だけが、評価値 2 を与えられている。これは、探索ライン L 6 で見れば、評価対象画素 c 2 ' ' における「5 × 5 ウィンドウ中評価対象画素の 2 つ前方の真正面の画素」である画素 e 3 ' ' が画素値 0 であるためである。一方、画素 c 2 ' ' よりも基準点からやや遠い位置にある画素 c 1 ' ' には評価値 10 が与えられている。これは、例えば探索ライン L 5 で見ると、評価対象画素 c 1 ' ' にとっての「5 × 5 ウィンドウ中評価対象画素の 2 つ前方の真正面の画素」は、画素 e 1 ' ' であり、画素値が 1 であるために、評価値 2 の条件を満たさないことによる。

10

【0066】

図 11 は、同心円 D が通過する全ての画素について評価値を与えた状態を示している。ここでは、図 10 の説明で述べた画素 c 1 ' ' の評価値が、評価値 10 から評価値 2 に変わっている。これは、画素 c 1 ' ' が同心円 C だけでなく、同心円 D も通過する画素であるため、再度評価値を評価されたことによる。すなわち、画素 d 1 ' ' にとっては、探索ライン L 5 上でみた「5 × 5 ウィンドウ中評価対象画素の 2 つ前方の真正面の画素」は画素値 0 をもつ画素 f 1 ' ' であるために、評価値 2 の条件を満たしたことによる。また、画素 d 2 ' ' には評価値 1 が与えられている。これは、探索ライン L 6 上でみて、評価対象画素 d 2 ' ' の「3 × 3 ウィンドウ中評価対象画素以外の画素」である画素 e 2 ' ' の画素値が 0 であるために、評価値 1 の条件を満たしたことによる。なお、このライン上において、評価対象画素 d 2 ' ' の「3 × 3 ウィンドウ中評価対象画素の真後ろの画素」である画素 c 2 ' ' の評価値が 2 であることによる評価値 1 の条件も満たしている。

20

【0067】

図 12 は、同心円 E が通過する全ての画素について評価値を与えた状態を示す図である。ここからは、ぬけ 56 部分が穴埋めされていく様子をたどる。まず、この図において画素 e 2 は評価値 1 を与えられている。これは、第 1 参照画素に含まれる画素 f 1 の画素値が 0 であることによる。一方、画素 e 3 は評価値 10 が与えられている。これは、第 1 参照画素に組織部が含まれず、また第 2 参照画素は全て評価値 10 であることによる。続いて、同心円 F が通過する全ての画素について評価値を与えた状態を示す図 13 においては、画素 f 2 は評価値 0 を与えられている。これは、探索ライン L 19 上でみて、評価対象画素 f 2 の「3 × 3 ウィンドウ中評価対象画素の真後ろの画素」である画素 e 2 が評価値 1 であるため、評価値 0 の条件を満たしたことによる。また、画素 f 3 には評価値 2 が与えられている。これは、評価対象画素 f 3 の「3 × 3 ウィンドウ中評価対象画素の斜め後ろの画素」である画素 e 2 あるいは e 4 が評価値 1 であるために、評価値 2 の条件を満たしていることによる（本実施の形態では、画素 e 2 と e 4 の評価値は共に 1 である）。さらに、次の同心円 G が通過する全ての画素について評価値を与えた状態を示す図 14 においては、画素 g 2 には評価値 0 が与えられている。これは、評価対象画素 g 2 の「3 × 3 ウィンドウ中評価対象画素の真後ろの画素」である画素 f 2 の評価値が 0 であることによる。このように、一旦評価値 0 が与えられると、この探索ライン L 19 の前方の真正面の画素には評価値 0 が与えられ続けることになる（図 15, 16 参照）。また、画素 g 3 には、評価値 1 が与えられている。これは、評価対象画素 g 3 の「3 × 3 ウィンドウ中評価対象画素の真後ろの画素」である画素 f 3 の評価値が 2 であることによる。さらに、この探索ライン L 20 上で、同心円 H が通過する画素 h 2 には評価値 0 が与えられている（図 15）。このように、探索ライン L 20 上においては、画素 e 2 または e 4 の評価値 1 の影響を受けた画素 f 3 が評価値 2 を有したことにより、画素 f 3 よりも前方の真正面の画素である画素 g 3 が評価値 1 となり、画素 h 2 が評価値 0 となった。

30

40

【0068】

図 16 は、同心円 I が通過する全ての画素について評価値を与えた状態を示す図である。ここでは、左房 52 において、穴埋め整形の準備が進行している。すなわち、評価値 1 をもつ画素 e 3 ' の影響を受けて、画素 f 4 ' が探索ライン L 25 において評価された際

50

に評価値 2 を与えられる。そして、画素 g 4 ' の評価値 1、画素 h 5 ' の評価値 2、画素 i 5 ' の評価値 1 が順々に与えられている。評価結果のこの累積的な影響はさらに続き、全ての画素の評価値が与えられた状態を示す図 17 において、画素 j 6 ' の評価値 2、画素 k 6 ' の評価値 1 が与えられている。そして、これよりも進行方向前側（外側）の画素には、評価値 0 が与えられることになる。また、領域 58、59 においては、その基準点寄りの画素が画素値 0 の画素と接しているために評価値 0 を与えられるため、その影響が伝播して全画素に評価値 0 が与えられている。

【0069】

図 18 は、領域整形部 32 によって、領域の整形が実行された様子を示している。すなわち、評価値 0 を与えられた画素の画素値が 0 に置き換えられる穴埋め整形がなされている。これにより、当初の 2 値画像（図 6）に見られた、ぬけ 56 の小さな穴と、僧帽弁部 54 から左房 52 へと広がる大きな穴が穴埋めされている。穴埋めされたあとの外形は、周囲の境界を単純に補間したものと異なり、基準点 R から外側に凸状に膨れており、ちょうど左室 50 の中において風船を膨張させたときに得られるような領域が抽出されている。なお、どれだけ風船が外側に膨らむかは、評価値決定部 30 において、評価値のランクの段階数、第 1 参照画素および第 2 参照画素の範囲、および、第 1 参照画素と第 2 参照画素の内容と与えるランクとの対応づけ、をどのように定めるかによって様々に制御可能である。

【0070】

以上に示した一連の処理は、様々に変形することが可能である。例えば、探索順序決定部 28 において、探索順序を定める方法を変えることができる。すなわち、同心円に含まれる画素を調べる代わりに、基準点と画素中心の距離を計算し、一定範囲の距離に入る（即ち一定幅をもつ円環に画素中心が含まれる）画素群毎に処理を行っていきようにすることも可能である。この場合には、隣り合う円環同士が一部重複していてもよい。また、同心円上が通る画素、あるいは、円環に含まれる画素に対する処理は、探索ラインによらず、ただ一度だけ処理を行うことも可能である。なお、探索ラインを用いない場合には、ウィンドウの設定のために、周囲のウィンドウの位置関係（半時計回りにサーチした時に、どのような順番に並ぶか）を別途把握する必要がある。この計算を効率よく行う一つの方法としては、各画素中心の位置ベクトルと、一定の単位ベクトル（例えば図 7 における探索ライン L1 の矢印方向の長さ 1 のベクトル）との内積演算を基にしてなす角 \cos を求める方法が考えられる。また、一定のベクトルの代わりに各評価対象画素の位置ベクトルを用いれば、等方性を向上させることができる。

【0071】

また、計算を効率化するために、明らかに自明な画素について、予め前処理をして評価値を与える方法があり得る。例えば、画素値 0 の画素が出現する同心円をまず求め、それよりも 3 つ以上内側の同心円に対しては、第 1 参照画素や第 2 参照画素を考慮することなく、評価値 10 を与えることができる。あるいは、組織部に近づく前の段階においては、同心円に基づいて各評価対象画素を探索するのではなく、格子の縦横の並び方向に沿って探索を行うといったことも可能である。このようにして角度（と 1 対 1 に対応する量）が得られる場合には、第 1 参照画素や、第 2 参照画素を定める評価対象画素の近傍となるウィンドウの範囲を常に固定するのではなく、基準点からみて一定角度をなす範囲内で定めるといったように、基準点からの距離依存性を持たせて決めることも容易である。

【0072】

[括れ代表点の探索]

次に、この評価値に基づいて、括れ代表点を探索する過程を図 19 乃至図 24 を用いて説明する。

【0073】

図 19 は、二値化及び平滑化を行って得た対象画像である。図 6 に示した対象画像と同様に、組織腔部 170 とその周囲の組織部 172 とを含んでいる。そして、組織腔部 170 は、注目腔としての左室 180、括れ部としての僧帽弁部 182 及び隣接腔としての左

10

20

30

40

50

房 184 を含んでいる。この組織腔部 170 の形態は、図 6 の組織腔部 40 の形態とは若干異なっている。すなわち、組織腔部の輪郭が異なって、前の説明に用いた図 6 の対象画像における組織腔部の形態とは、若干異なっている。例えば、図 19 においては、図 6 に示されたぬけ 56 がなく、組織腔部の輪郭もやや異なっている。しかし、この違いは本質的なものではなく、また、実際に図 6 を用いて同様の探索を行ってもほぼ同様の結果を得ることができる。その際には、もちろん、前に説明した穴埋め処理までを予め実施することができる。

【0074】

図 20 は、ユーザ設定した基準点 R' を評価開始点として、評価値を前と同じ付与条件に従って与え、さらにステップ S124 の僧帽弁領域の設定が行われた結果を示している。この図においては、基準点 R' の位置が図 6 の基準点 R の位置とは異なっているが、この違いは本質的なものではない。また、僧帽弁領域は、評価開始点を上辺の中心におく一定の矩形領域（幅 13 画素、高さ 7 画素）を自動設定することにより与えられている。僧帽弁領域は、括れ代表点の探索対象となる関心領域であり、図 20 においては、この僧帽弁領域の中についてのみ評価値を表示している。なお、この関心領域を評価値の付与前に予め設定し、関心領域内でのみ評価値を与えることも可能である。ただし、この場合には、関心領域の境界が評価値付与に及ぼす影響に注意を払う必要がある。

10

【0075】

図 21 は、括れ代表点の検出過程を説明する図である。検出過程においては、ステップ S126 に従って括れ代表点の候補点群が抽出される。具体的には、ステップ S118 において形成されたエッジ画像に基づいて、組織腔部 170 の輪郭を形成する画素群が括れ代表点の候補点群 192, 194 として抽出される。なお、ここでは、輪郭を形成する画素を、その画素を中心とする 3×3 の正方形ウィンドウの中に、組織部 172 が含まれている画素として定義している。

20

【0076】

続いて、ステップ S128 に従って、括れ代表点の候補点群 192, 194 を探索する順序が決定される。具体的には、僧帽弁領域 190 のうち、基準点 R' が含まれる辺上にあり、かつ一番外側にある画素を検出開始点 196, 198 として抽出する。検出は、この検出開始点を起点として、括れ代表点の候補点群 192, 194 の画素を順次探索していく。矢印 200, 202 は、それぞれ、括れ代表点の候補点群 192, 194 の探索順序を示している。

30

【0077】

探索においては、各画素の評価値が 1 から 0 へと変化する画素が検出される。具体的にみていくと、矢印 200 に沿った 11 の画素においては、評価値は 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0 のように与えられている。したがって、1 から 0 へと変化するののは、7 番目の画素である。同様に矢印 202 に沿っては、評価値は 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0 のように与えられており、7 番目の画素が検出される。

【0078】

図 22 は、この検出によって、画素 204, 206 が括れ代表点の最終候補点として検出された状態を示している。これに対し、絞り込み部 156 は、括れ代表点の候補点群 192, 194 上で最終候補点それぞれ何画素選ばれたかを検出する。図 22 に示した例においては、各一個であるため特に絞り込みを行う必要はなく、検出部 154 はこの画素 204, 206 を一对の括れ代表点であると決定する。なお、最終候補点が一方向の括れ代表点の候補点上に複数見出された場合には、他方の括れ代表候補点上の最終候補点との間の距離が最小となる組が一对の括れ代表点であるとみなされる。

40

【0079】

図 23 は、分離部 60 によってこの 2 点の括れ代表点が直線 208 で結ばれ、直線 208 上の画素値が 0 に変更された様子を示している。すなわち、左室 180 と左房 184 とは、括れ代表点に基づく直線 208 によって分離されたことになる。

【0080】

50

図 2 4 は、組織腔部 1 7 0 のうち直線 2 0 8 よりも左房側の画素 2 1 0 の画素値が全て 0 に変更された状態を示している。これにより、左房 1 8 4 に相当する領域だけが抽出されている。画像処理装置 1 1 0 は、この抽出された領域でもって原画像をマスク処理し、原画像における左室領域の抽出を行って、サイズ計測を実施する。

【 0 0 8 1 】

以上の例においては、左室 1 8 0 と左房 1 8 4 とは、直線 2 0 8 を分離線として分離された。しかしながら、分離線としては曲線を用いることも可能である。以下では、曲線を用いて分離線を引く様子を、図 2 5、2 6 を用いて説明する。図 2 5 は、一对の括れ代表点が求めた図 2 2 の状態を簡略化して描いた図である。また、図 2 6 は、曲線を決定する手順を示すフローチャートである。

10

【 0 0 8 2 】

図 2 5 において、二つの括れ代表点は点 A と点 B で表現している。また、点 R は評価開始点である。まず、点 A と点 B を結ぶ直線 2 2 0 が計算され (S 2 0 0)、線分 A B の垂直二等分線 2 2 2 が求められる (S 2 0 2)。続いて、点 A と点 R との距離 r_A と、点 B と点 R との距離 r_B が計算され (S 2 0 4)、その平均値 $r = (r_A + r_B) / 2$ が算出される (S 2 0 6)。そして、点 R とは直線 2 2 0 を挟んで反対側の垂直二等分線 2 2 2 上に、点 A との距離 (当然点 B との距離も) が r となる点 C を求める (S 2 0 8)。そして、点 C を中心とする半径 r の円 2 2 4 を設定し、この円弧 A B を分離曲線とする (S 2 1 0)。これにより、二つの括れ代表点 A、B と評価開始点 R との距離の平均値を曲率半径 (円の場合は半径と一致する) にもち、左室側に凸形状となる円弧 A B でもって分離線が

20

【 0 0 8 3 】

このような方法で分離曲線を設定することにより、左室領域を滑らかな形状に区画することが可能となる。曲率半径の決め方はこの例に限定されるものではなく、様々に設定可能である。もちろん、ユーザ設定により行ってもよい。また、曲率半径は、常に一定 (すなわち円弧) である必要はなく、位置によって変えることも可能である。その際には、例えば、実際の僧帽弁位置についての厳密な測定結果を反映するように、曲率半径の分布を定めるなどすればよい。また、時系列データに対する処理を行う際には、その都度曲率半径に関する計算を行ってもよいし、当初求めた曲率半径を利用するようにしてもよい。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 4 】

【 図 1 】 本実施形態の装置の構成を示す概略図である。

【 図 2 】 全体の処理の流れを示すフローチャートである。

【 図 3 】 評価値を与える条件を記した図である。

【 図 4 】 第 1 参照画素と第 2 参照画素の範囲を説明する図である。

【 図 5 】 評価値を決定する流れを示すフローチャートである。

【 図 6 】 対象画像としての 2 値画像の例を示す図である。

【 図 7 】 探索順序を示す図である。

【 図 8 】 評価値付与の処理手順を説明する一連の図の一つである。

【 図 9 】 評価値付与の処理手順を説明する一連の図の一つである。

40

【 図 1 0 】 評価値付与の処理手順を説明する一連の図の一つである。

【 図 1 1 】 評価値付与の処理手順を説明する一連の図の一つである。

【 図 1 2 】 評価値付与の処理手順を説明する一連の図の一つである。

【 図 1 3 】 評価値付与の処理手順を説明する一連の図の一つである。

【 図 1 4 】 評価値付与の処理手順を説明する一連の図の一つである。

【 図 1 5 】 評価値付与の処理手順を説明する一連の図の一つである。

【 図 1 6 】 評価値付与の処理手順を説明する一連の図の一つである。

【 図 1 7 】 評価値付与の処理手順を説明する一連の図の一つである。

【 図 1 8 】 領域整形部の処理内容を説明する図である。

【 図 1 9 】 対象画像としての 2 値画像の例を示す図である。

50

【図20】評価値付与と僧帽弁領域設定がなされた状態を示す図である。

【図21】括れ代表点の検出を説明する図である。

【図22】括れ代表点の検出を説明する図である。

【図23】分離直線による左室の分離を示す図である。

【図24】左室の抽出を示す図である。

【図25】分離線の曲率半径の設定を模式的に説明する図である。

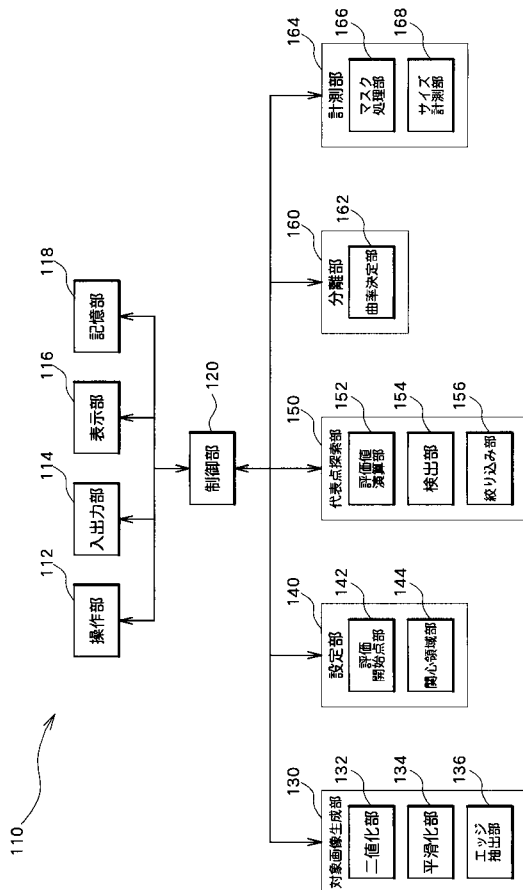
【図26】分離線の曲率半径の設定を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

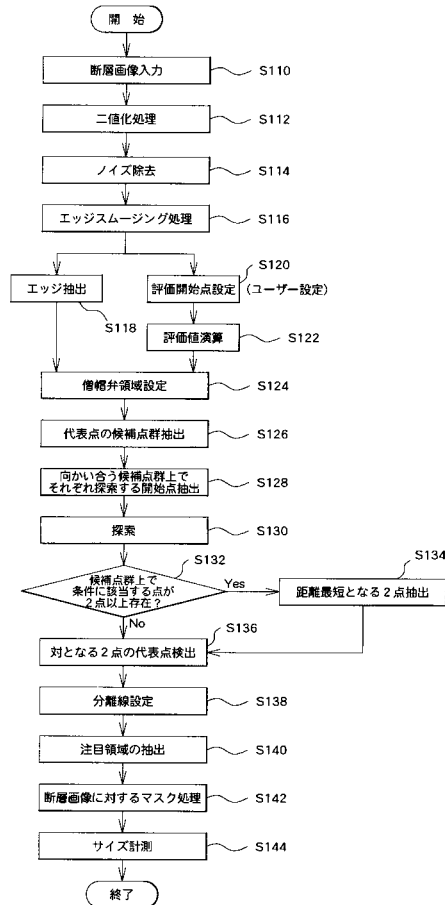
【0085】

110 画像処理装置、112 操作部、114 入出力部、116 表示部、118 記憶部、120 制御部、130 対象画像生成部、132 二値化部、134 平滑化部、136 エッジ抽出部、140 設定部、142 評価開始点部、144 関心領域部、150 代表点探索部、152 評価値演算部、154 検出部、156 絞り込み部、160 分離部、162 曲率決定部、170 組織腔部、172 組織部、180 左室、182 僧帽弁部、184 左房、190 僧帽弁領域、192, 194 候補点群。

【図1】



【図2】

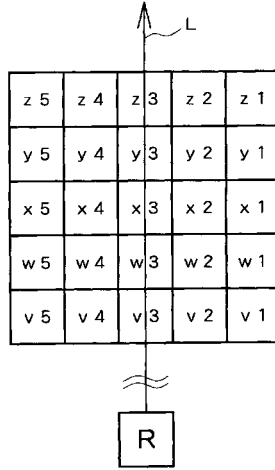


【 図 3 】

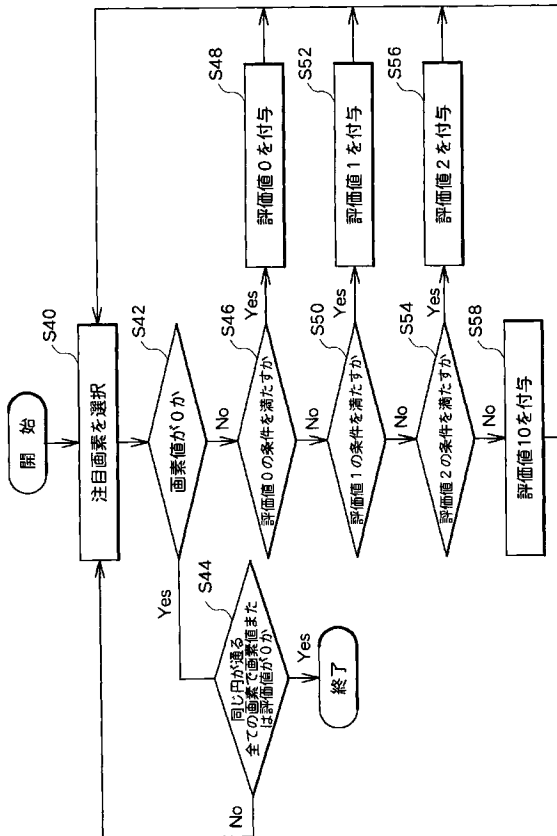
評価値0の発生 次の二つの条件のいずれかに該当すること 第1参照画像： 3×3ウインドウ中、評価対象画像の真後ろの画像 条件： 画素値が0 第2参照画像： 3×3ウインドウ中、評価対象画像の真後ろの画像 条件： 評価値が0または1
評価値1の発生 評価値0の条件に該当せず、かつ、次の2つの条件のいずれかに該当すること 第1参照画像： 3×3ウインドウ中、評価対象画像以外の画像 条件： 画素値が0 第2参照画像： 3×3ウインドウ中、評価対象画像の真後ろの画像 条件： 評価値が2
評価値2の発生 評価値0または1の条件に該当せず、かつ、次の2つの条件のいずれかに該当すること 第1参照画像： 5×5ウインドウ中、評価対象画像の2つ前方の真正面の画像 条件： 画素値が0 第2参照画像： 3×3ウインドウ中、評価対象画像の斜め後ろの画像 条件： 評価値が1
評価値10の発生 評価値0、1または2の条件に該当しないこと。

注) 一つの評価対象画像を2度以上評価する場合には、評価値が低い値になる場合のみ、新しい評価結果を採用する。
遷移点については、3×3ウインドウ中に画素値0の画像があれば評価値0とする。また、この場合をのぞき、5×5ウインドウ中に画素値0の画像があれば評価値2を与える。

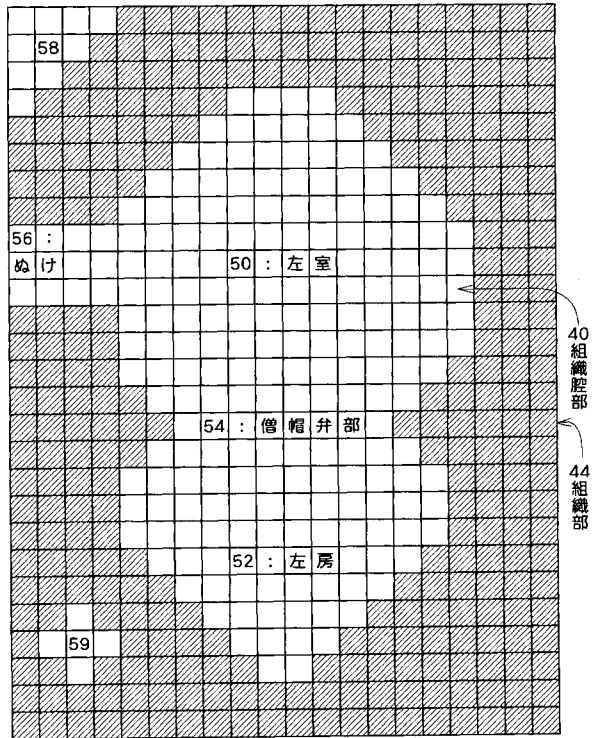
【 図 4 】



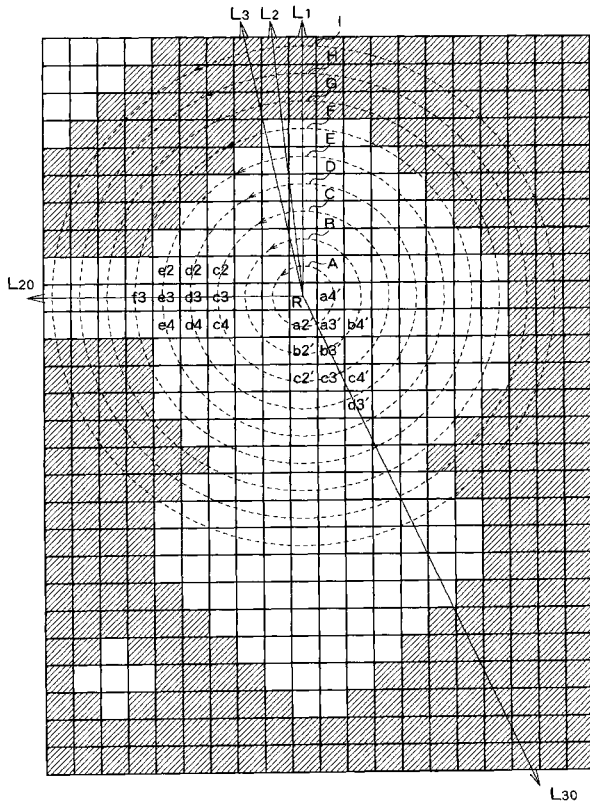
【 図 5 】



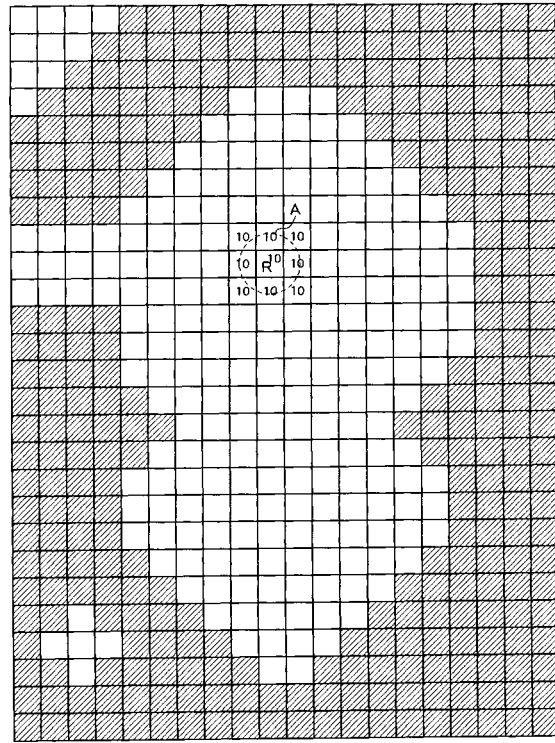
【 図 6 】



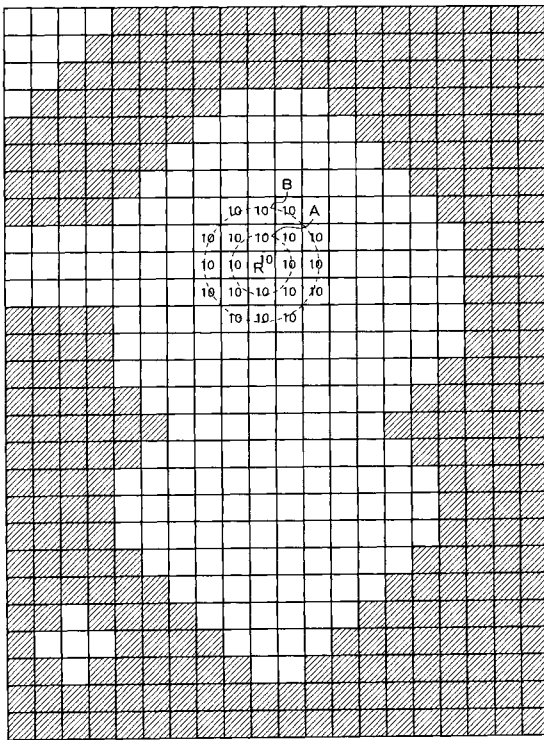
【 図 7 】



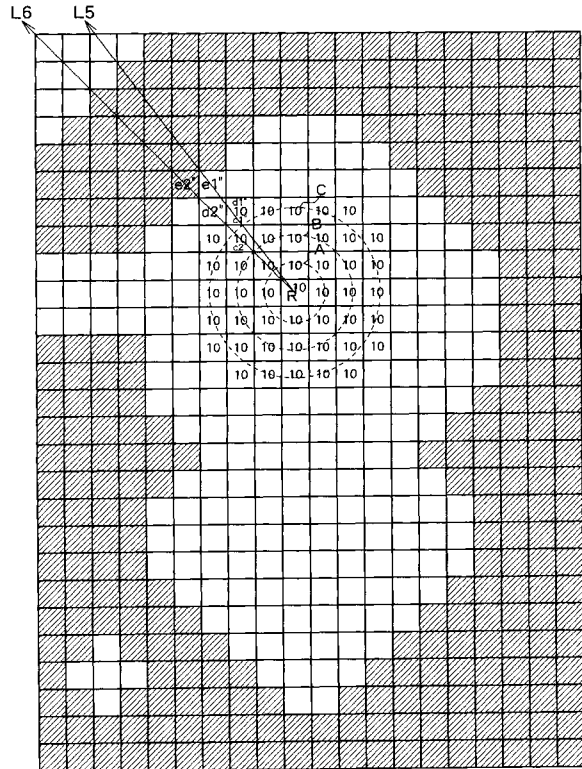
【 図 8 】



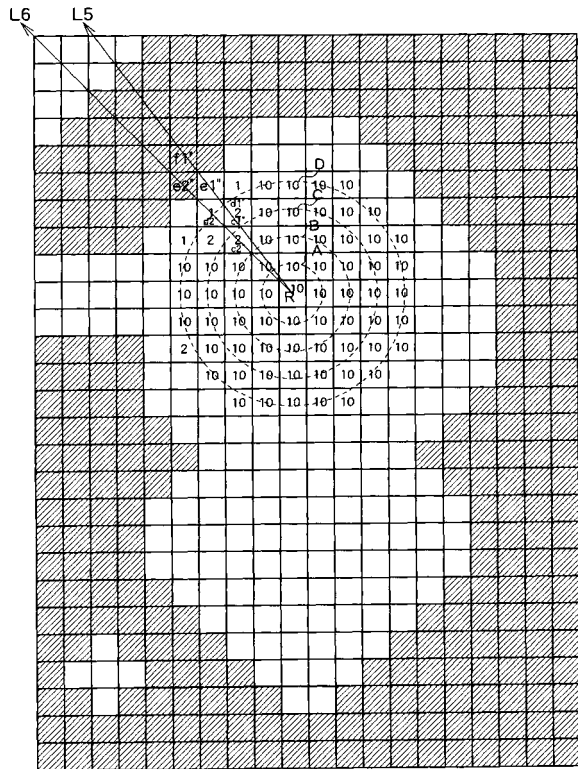
【 図 9 】



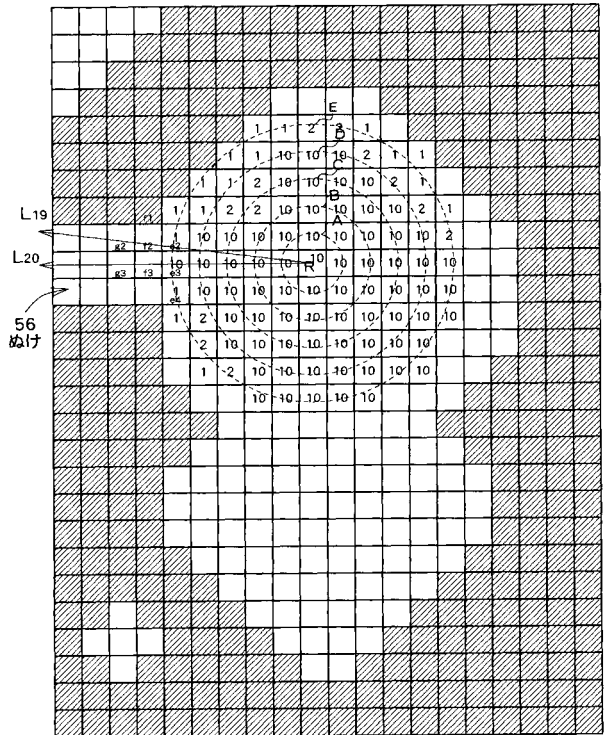
【 図 10 】



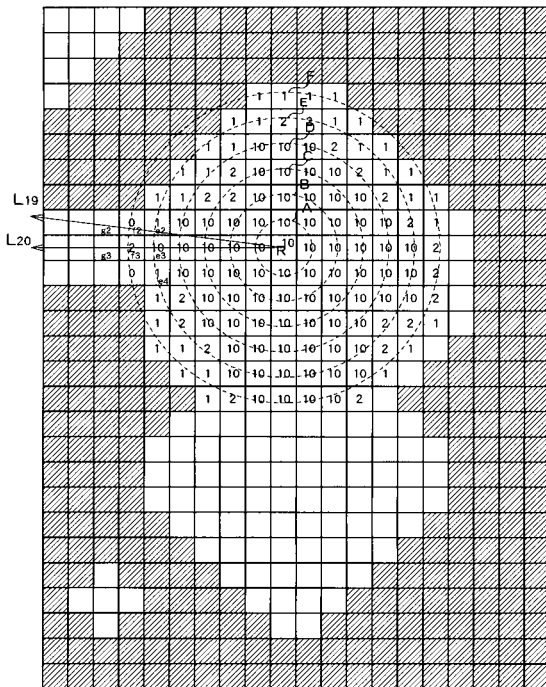
【 図 1 1 】



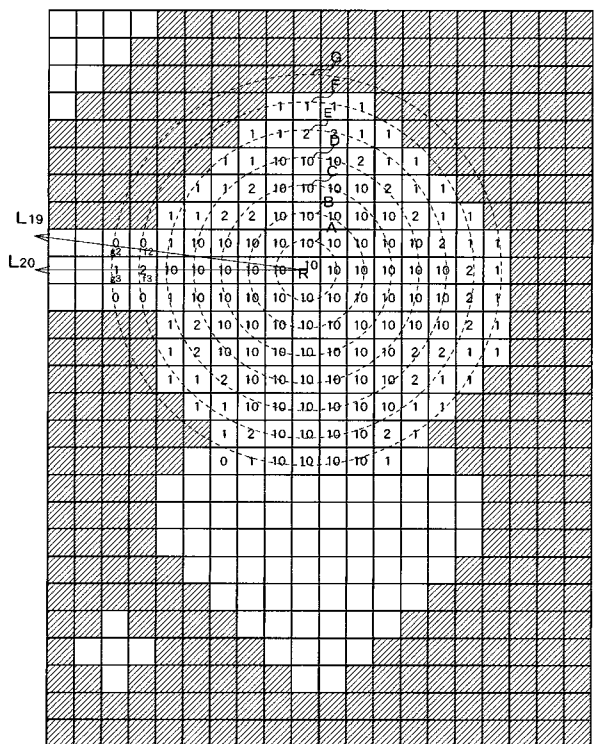
【 図 1 2 】



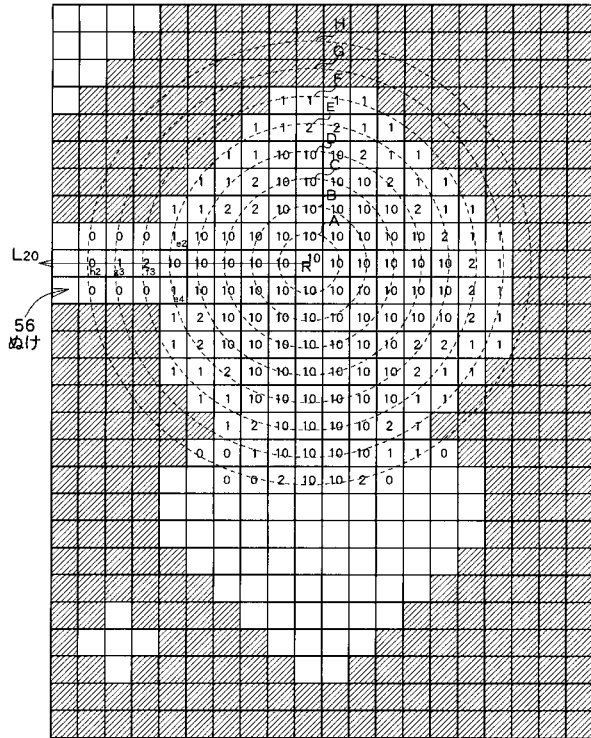
【 図 1 3 】



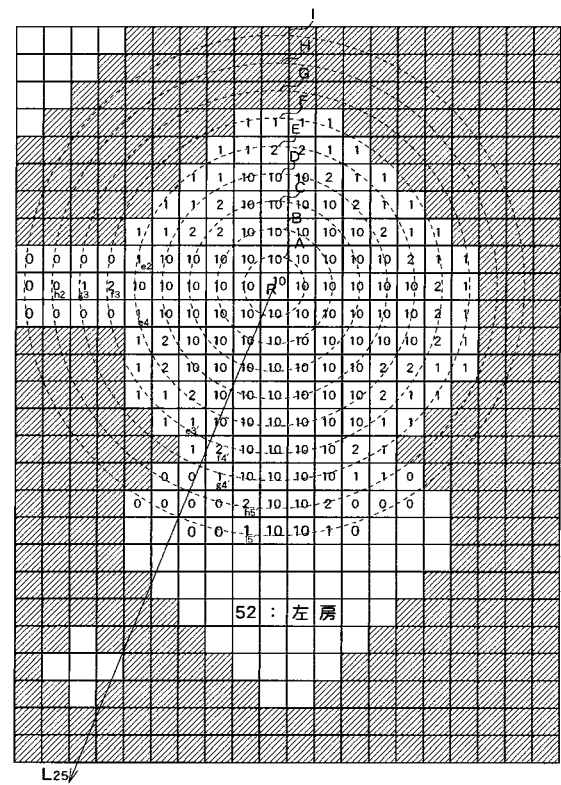
【 図 1 4 】



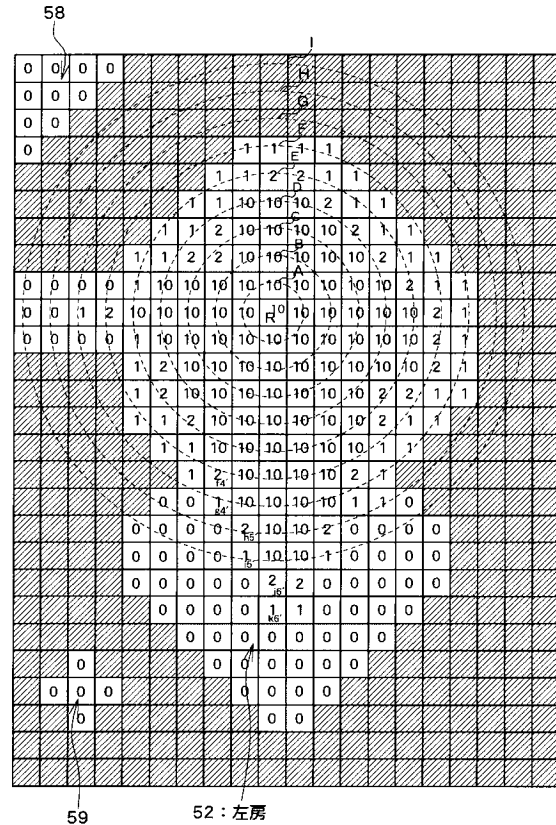
【 図 1 5 】



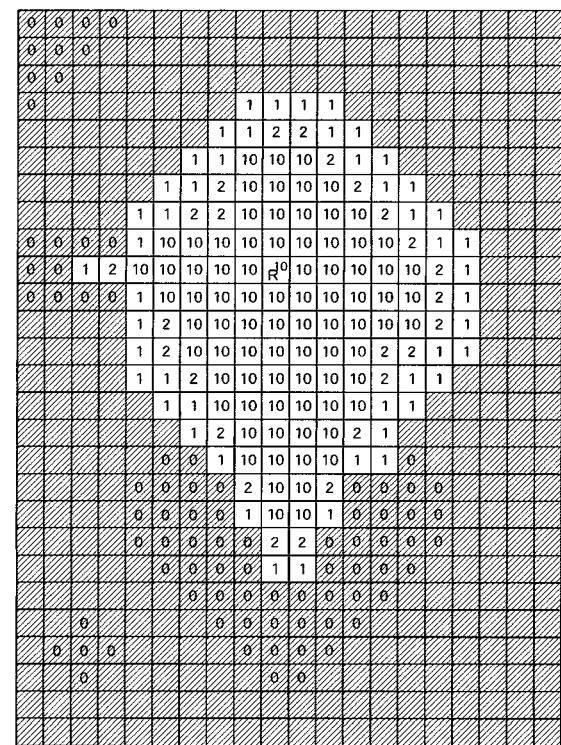
【 図 1 6 】



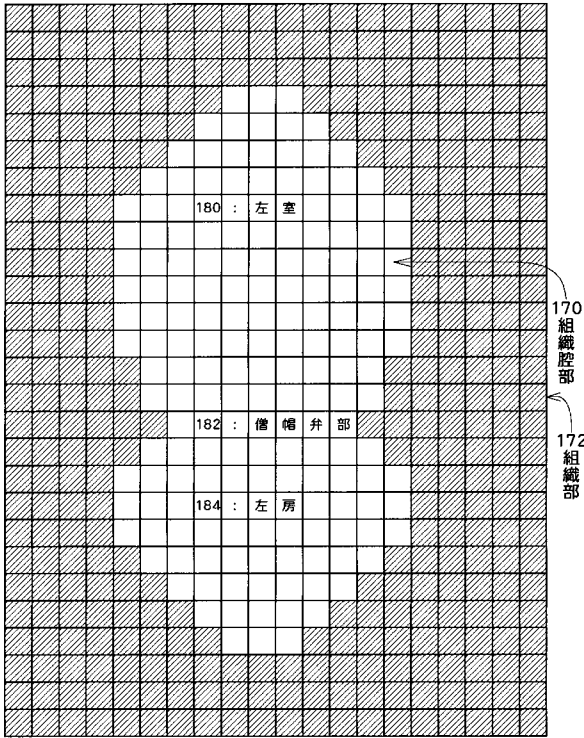
【 図 1 7 】



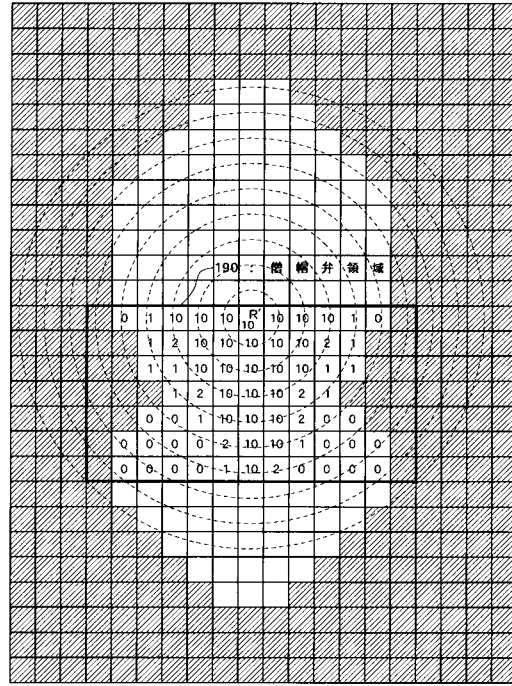
【 図 1 8 】



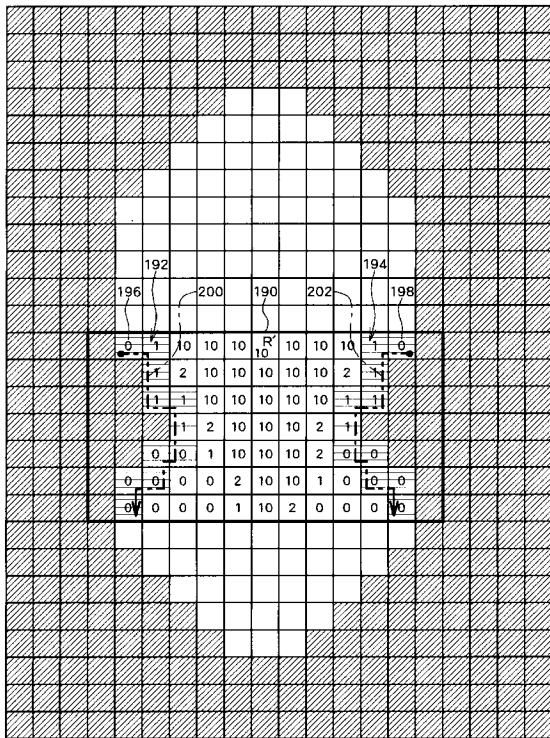
【 図 1 9 】



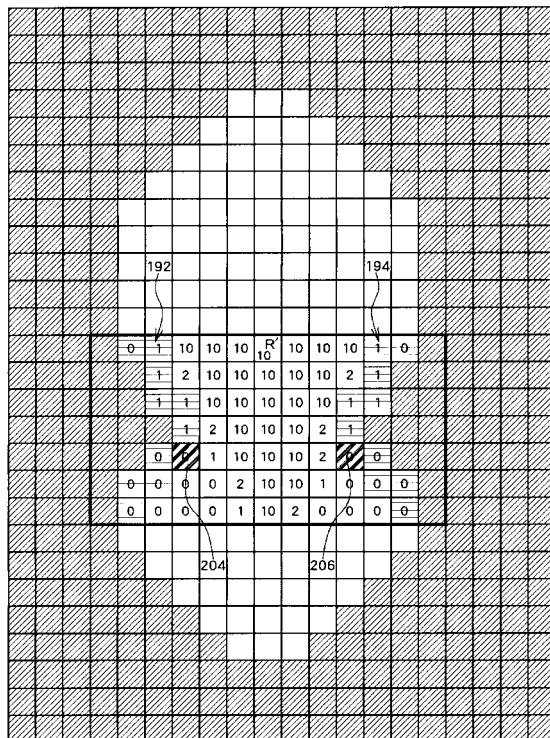
【 図 2 0 】



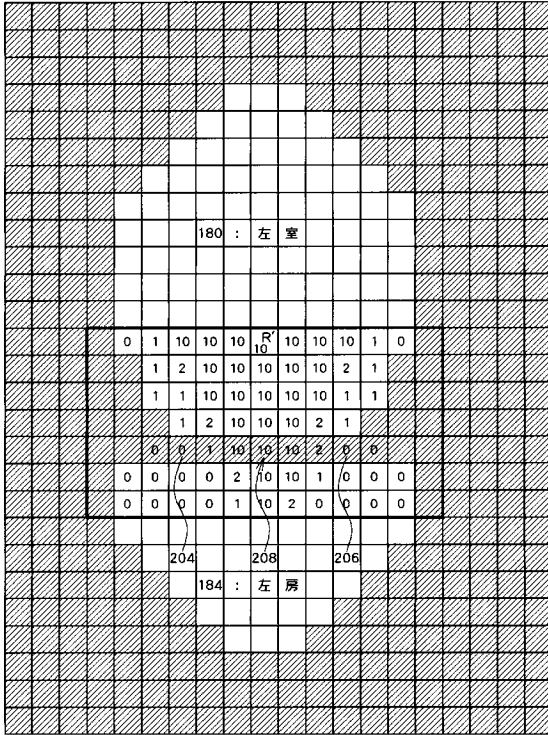
【 図 2 1 】



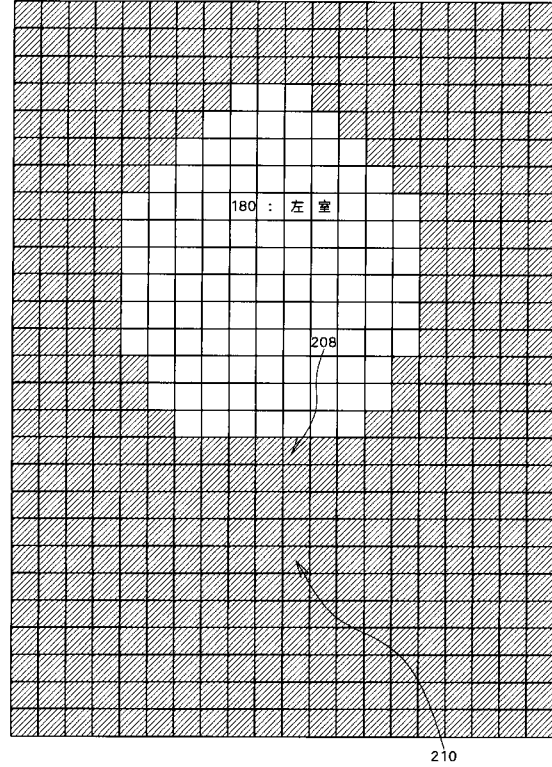
【 図 2 2 】



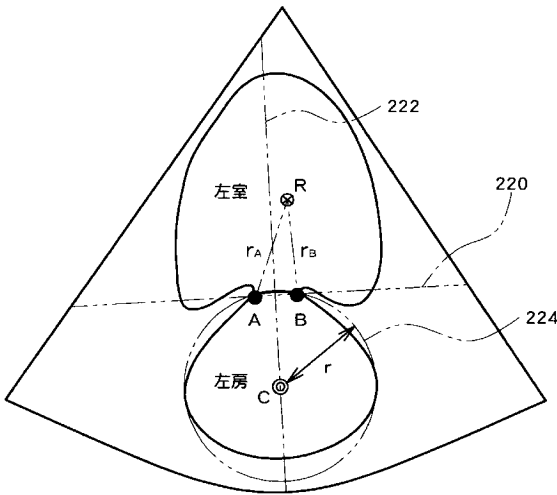
【図 2 3】



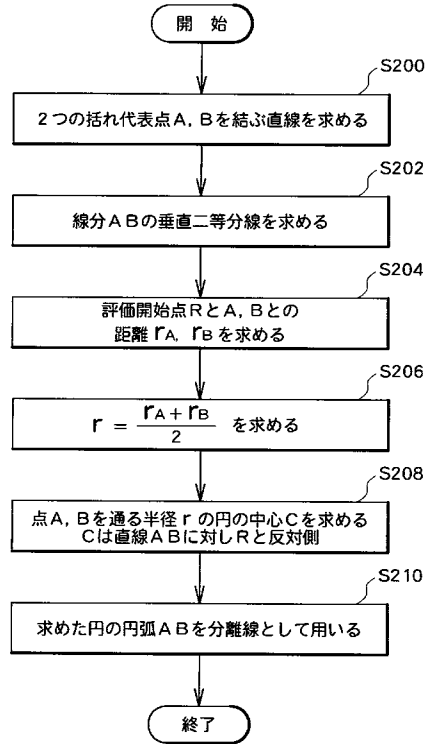
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 2 6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5B057 AA07 BA05 CA02 CA08 CA12 CA16 CB02 CB06 CB12 CB16
CC01 CE05 CE12 DA08 DB02 DB05 DB09 DC03 DC04 DC09
5L096 BA06 BA13 FA02 FA04 FA06 FA09 FA32 FA62 FA64 FA68
FA69 GA12

专利名称(译)	图像处理设备		
公开(公告)号	JP2005058535A	公开(公告)日	2005-03-10
申请号	JP2003293594	申请日	2003-08-14
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	阿洛卡有限公司		
[标]发明人	廣田浩二		
发明人	廣田 浩二		
IPC分类号	A61B8/00 G06T1/00 G06T5/00 G06T5/20 G06T7/00		
FI分类号	A61B8/00 G06T1/00.290.D G06T5/00.200.Z G06T5/20.C G06T7/00.200.Z A61B8/08 A61B8/14 G06T5/00.705 G06T5/20 G06T7/00.612 G06T7/10 G06T7/12		
F-TERM分类号	4C601/BB02 4C601/DD15 4C601/DD27 4C601/EE09 4C601/JB40 4C601/JC04 4C601/JC09 4C601/JC12 4C601/JC22 4C601/JC37 4C601/KK12 4C601/KK28 5B057/AA07 5B057/BA05 5B057/CA02 5B057/CA08 5B057/CA12 5B057/CA16 5B057/CB02 5B057/CB06 5B057/CB12 5B057/CB16 5B057/CC01 5B057/CE05 5B057/CE12 5B057/DA08 5B057/DB02 5B057/DB05 5B057/DB09 5B057/DC03 5B057/DC04 5B057/DC09 5L096/BA06 5L096/BA13 5L096/FA02 5L096/FA04 5L096/FA06 5L096/FA09 5L096/FA32 5L096/FA62 5L096/FA64 5L096/FA68 5L096/FA69 5L096/GA12		
代理人(译)	吉田健治 石田 纯		
其他公开文献	JP4388326B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：当左心室和左心房通过心脏的超声断层扫描图像中的二尖瓣部分彼此连通时，评估二尖瓣部分具有收缩结构，并执行左心室的分离。首先，从左心室中的基准位置R朝向心壁侧产生每个像素的评估值计算。评估值计算基于像素和心壁之间的接近度以及已评估像素的评估值。结果，关于左心室中的像素与心壁之间的接近度的信息在展开方向上累积地反映，并且在左心室周围形成平滑的闭合区域。接下来，搜索作为基于参考点设置的关注区域的二尖瓣区域190中的轮廓部分中的候选点组192,194中的评估值，并且基于评估值的改变来表示收缩找点。通过基于该点拉动分离线，可以分离左心室。 .The 21

