

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年5月10日(10.05.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/065155 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 6/03 (2006.01) A61B 8/08 (2006.01)
A61B 5/055 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/075330
- (22) 国際出願日: 2011年11月2日(02.11.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP). 東芝メディカルシステムズ株式会社 (Toshiba Medical Systems Corporation) [JP/JP]; 〒3248550 栃木県大田原市下石上1385番地 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: および
- (73) 発明者/出願人(米国についてのみ): 山形 佳史 (YAMAGATA, Yoshifumi) [JP/JP]. 川崎 友寛 (KAWASAKI, Tomohiro) [JP/JP]. 若井 智司 (WAKAI, Satoshi) [JP/JP].
- (74) 代理人: 蔵田 昌俊, 外 (KURATA, Masatoshi et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門1丁目12番9号 鈴榮特許総合事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

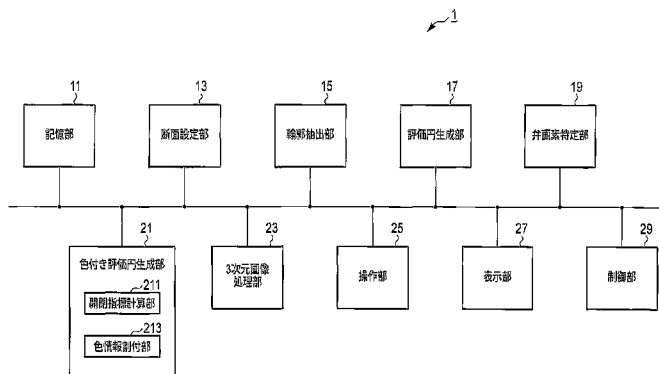
添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: IMAGE PROCESSING APPARATUS

(54) 発明の名称: 画像処理装置

[図1]



- 11 STORAGE UNIT
13 CROSS-SECTION SETTING UNIT
15 CONTOUR EXTRACTION UNIT
17 ASSESSMENT CIRCLE GENERATION UNIT
19 VALVE PIXEL IDENTIFICATION UNIT
21 COLORED ASSESSMENT CIRCLE GENERATION UNIT
23 THREE-DIMENSIONAL IMAGE PROCESSING UNIT
25 OPERATION UNIT
27 DISPLAY UNIT
29 CONTROL UNIT
211 OPENING/CLOSING INDEX CALCULATION UNIT
213 COLOR INFORMATION ALLOCATION UNIT

(57) Abstract: Provided is an image processing apparatus for making it possible to enhance work efficiency and diagnostic accuracy as pertains to valvular disease for doctors, technicians, and the like. This image processing apparatus has a storage unit, an identification unit, a calculation unit, and a display unit. The storage unit stores a three-dimensional image pertaining to the subject's heart region. The identification unit identifies, by image processing, a plurality of heart valves from a vascular region included in the three-dimensional image. The calculation unit calculates an index value indicative of the degree of opening/closing of the plurality of heart valves. The display unit displays the index value.

(57) 要約: 医師や技師等による弁膜症に関する作業効率や診断精度の向上を可能とする画像処理装置の提供。画像処理装置は、記憶部、特定部、算出部、及び表示部を有する。記憶部は、被検体の心臓領域に関する3次元画像を記憶する。特定部は、前記3次元画像に含まれる血管領域から複数の心臓弁を画像処理により特定する。算出部は、前記複数の心臓弁の開閉度合いを表す指標値を算出する。表示部は、指標値を表示する。

WO 2013/065155 A1

明 細 書

発明の名称：画像処理装置

技術分野

[0001] 本実施形態は、画像処理装置に関する。

背景技術

[0002] 弁膜症が生じている心臓弁は、正常に動作せず、完全に閉じなかったり、完全に開かなかったりする。

[0003] 弁膜症の治療方針や治療計画を検討する際に医師は、弁口面積等を判断材料としている。例えば、弁膜症の治療方針の決定や治療計画において医師は、心臓弁に関する3次元画像データを利用して目視で弁口面積を推定し、この推定された弁口面積に基づいて病変部の重篤度合いを評価している。しかしながら、弁膜症の治療方針や治療計画において、各心臓弁の性状を定量的に評価する技術は確立されていない。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2006/068271号パンフレット

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 目的は、医師や技師等による弁膜症に関する作業効率や診断精度の向上を可能とする画像処理装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本実施形態に係る画像処理装置は、被検体の心臓領域に関する3次元画像を記憶する記憶部と、前記3次元画像に含まれる血管領域から複数の心臓弁を画像処理により特定する特定部と、前記複数の心臓弁の開閉度合いを表す指標値を算出する算出部と、前記指標値を表示する表示部と、を具備する。

発明の効果

[0007] 医師や技師等による弁膜症に関する作業効率や診断精度の向上を可能とする画像処理装置の実現。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図 1 は、本実施形態に係る画像処理装置の構成を示す図である。

[図2]図 2 は、本実施形態の画像診断対象である心臓弁（大動脈弁）の解剖学的構造を模式的に示す図である。

[図3]図 3 は、図 2 の大動脈弁が完全に開放しているときの様子を示す図である。

[図4]図 4 は、図 2 の大動脈弁が完全に閉鎖しているときの様子を示す図である。

[図5]図 5 は、図 2 の制御部の制御のもとに実行される大動脈弁の定量的評価処理の典型的な流れを示す図である。

[図6]図 6 は、図 5 のステップ S 1 において断面設定部により実行される評価断面の設定処理を説明するための図である。

[図7]図 7 は、図 5 のステップ S 2 において輪郭抽出部により実行される弁口位置血管輪郭の抽出処理を説明するための図である。

[図8]図 8 は、図 5 のステップ S 3 において評価円生成部により実行される評価円の生成処理の処理過程を示す第 1 の図である。

[図9]図 9 は、図 5 のステップ S 3 において評価円生成部により実行される評価円の生成処理の処理過程を示す第 2 の図である。

[図10]図 10 は、図 5 のステップ S 3 において評価円生成部により実行される評価円の生成処理の処理過程を示す第 3 の図である。

[図11]図 11 は、図 5 のステップ S 4 において弁画素特定部により実行される弁画素の特定処理を説明するための図である。

[図12]図 12 は、図 5 のステップ S 4 において弁画素特定部により開情報又は閉情報が割り付けられた評価円を示す図である。

[図13]図 13 は、図 5 のステップ S 5 において開閉指標計算部により実行される開閉指標の計算処理を説明するための図である。

[図14]図14は、図5のステップS7において表示部により表示される色付き評価円の表示パターン1を示す図である。

[図15]図15は、図5のステップS7において表示部により表示される色付き評価円の表示パターン2を示す図である。

[図16]図16は、図5のステップS7において表示部により表示される色付き評価円の表示パターン3を示す図である。

[図17]図17は、図5のステップS7において表示部により表示される色付き評価円の表示パターン4を示す図である。

[図18]図18は、図5のステップS7において表示部により表示される色付き評価円の表示パターン5を示す図である。

[図19]図19は、図5のステップS7において表示部により表示される色付き評価円の表示パターン6を示す図である。

[図20]図20は、図5のステップS7において表示部により表示される色付き評価円の表示パターン7を示す図である。

[図21]図21は、本実施形態の変形例に係わる表示部により表示される色付きMPR画像の一例を示す図である。

[図22]図22は、変形例2に係る画像処理装置の処理の典型的な流れを模式的に示す図である。

[図23]図23は、変形例2において生成される弁合成評価円の表示例を示す図である。

[図24A]図24Aは、変形例3に係る僧坊弁に関する評価円の一例を示す図である。

[図24B]図24Bは、変形例3に係る僧坊弁に関する評価円の一例を示す図である。

[図24C]図24Cは、変形例3に係る僧坊弁に関する評価円の一例を示す図である。

[図25]図25は、変形例4に係る合成画像の表示例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、図面を参照しながら本実施形態に係わる画像処理装置を説明する。

[0010] 図 1 は、本実施形態に係る画像処理装置 1 の構成を示す図である。本実施形態に係る画像処理装置 1 は、心臓弁を画像診断の対象とする。よく知られているように、心臓弁には、大動脈弁、僧帽弁、肺動脈弁、三尖弁がある。本実施形態は、これらあらゆる部位の心臓弁に適用可能であるが、以下の実施形態を具体的に説明するため、心臓弁は大動脈弁であるとする。

[0011] 図 2 に示すように、大動脈弁 3 1 は、左心室 3 3 と大動脈 3 5 との間にあり、左心室 3 3 から駆出された血液の逆流を防止する役目を担う。大動脈弁 3 5 は、図 2 には 2 つしか示されていないが、3 つの弁尖から成る。3 つの弁尖 3 1 に囲まれる空間は、弁口 3 7 と呼ばれる。3 つの弁尖 3 1 を通る断面における弁口 3 7 の面積は、弁口面積と呼ばれている。換言すれば、断面上における弁口輪郭内の面積が弁口面積である。各弁尖 3 1 と大動脈 3 5 の内壁との間の空間は、大動脈洞（いわゆるバルサルバ洞：sinus of valsalva）3 9 と呼ばれている。

[0012] 図 3 に示すように、左心室が収縮する場合（例えば、収縮末期）、正常な大動脈弁 3 1 は開く。反対に左心室が弛緩する場合（例えば、拡張末期）、図 4 に示すように、正常な大動脈弁 3 1 は閉じる。

[0013] 弁膜症が生じている大動脈弁は、正常に動作せず、完全に閉じなかったり、完全に開かなかったりする。例えば、弁狭窄の場合、収縮末期であっても大動脈弁が完全には開かない。閉塞不全の場合、拡張末期であっても大動脈弁が完全には閉じない。すなわち弁口面積は、心臓に弁膜症が発症しているか否かを評価するための 1 つの指標となりうる。

[0014] 図 1 に示すように、画像処理装置 1 は、記憶部 1 1、断面設定部 1 3、輪郭抽出部 1 5、評価円生成部 1 7、弁画素特定部 1 9、色付き評価円生成部 2 1、3 次元画像処理部 2 3、操作部 2 5、表示部 2 7、及び制御部 2 9 を備える。

[0015] 記憶部 1 1 は、被検体の心臓領域に関する 3 次元画像のデータ（ボリュームデータ）を記憶する。3 次元画像のデータは、X 線コンピュータ断層撮影

装置や磁気共鳴イメージング装置、X線診断装置、超音波診断装置等の診断モダリティにより収集される。以下の説明を具体的に行うため、3次元画像のデータを収集する診断モダリティは、X線コンピュータ断層撮影装置であるとする。X線コンピュータ断層撮影装置は、例えば、造影剤により造影された心臓をX線でダイナミックスキャンし、少なくとも1心拍分の複数の心位相に関する複数の3次元画像のデータを収集する。記憶部11は、3次元画像のデータと心位相とを関連付けて記憶する。

[0016] 断面設定部13は、画像処理やユーザによる操作部25を介した指示に従って、造影剤によりコントラストが強調された、大動脈部分の血管領域に交差する断面（以下、評価断面と呼ぶことにする。）を3次元画像内に設定する。換言すれば、評価断面は、弁口や大動脈洞の近傍に設定される。

[0017] 輪郭抽出部15は、評価断面上の血管領域から血管領域の輪郭（以下、弁口位置血管輪郭と呼ぶことにする。）を既存の画像処理により抽出する。

[0018] 評価円生成部17は、弁口位置血管輪郭に基づいて、大動脈弁の形状を模式的に表現する大動脈弁のテンプレート（以下、評価円と呼ぶことにする。）を生成する。評価円は、開状態における正常な大動脈弁の形状と閉状態における正常な大動脈弁の形状とが評価断面に描画された画像である。

[0019] 弁画素特定部19は、評価円を構成する画素毎に、3次元画像に含まれる大動脈弁に関する画素（以下、弁画素と呼ぶことにする。）を既定方向に沿って探索し、弁画素があるか否かを特定する。既定方向は、例えば、断面の垂直方向に設定される。以下、弁画素があるか否かの情報を弁開閉情報と呼ぶことにする。すなわち弁画素特定部19は、断面を構成する画素毎に弁開閉情報を生成する。

[0020] 色付き評価円生成部21は、評価円と弁開閉情報とに基づいて、被検体の大動脈弁の開閉度合いを画素毎に色で表現する画像（以下、色付き評価円と呼ぶことにする。）を生成する。具体的には、色付き評価円生成部21は、開閉指標計算部211と色情報割付部213とを有する。開閉指標計算部211は、評価円と弁開閉情報とに基づいて、被検体の大動脈弁の開閉度合い

を示す指標（以下、開閉指標と呼ぶことにする。）を計算する。開閉指標は、例えば、被検体の大動脈弁の開閉度合いと正常な大動脈弁の開閉度合いとの相違度合いを表す。色情報割付部 213 は、色付き評価円を生成するために、計算された開閉指標に対応する色情報を評価円上の画素に割り付ける。これにより色付き評価円が生成される。

[0021] 3次元画像処理部 23 は、3次元画像のデータを3次元画像処理し、2次元のCT画像のデータを発生する。3次元画像処理としては、例えば、MPR (multi planar reconstruction) やボリュームレンダリング (volume rendering) が採用される。例えば、3次元画像処理部 23 は、3次元画像のデータに基づいて評価断面に関するMPR画像のデータを発生する。

[0022] 操作部 25 は、ユーザからの各種指令や情報入力を受け付ける。操作部 25 としては、マウスやトラックボールなどのポインティングデバイス、モード切替スイッチ等の選択デバイス、あるいはキーボード等の入力デバイスが適宜利用可能である。

[0023] 表示部 27 は、色付き評価円やMPR画像、ボリュームレンダリング画像等を表示機器に表示する。表示機器としては、例えばCRTディスプレイや、液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ、プラズマディスプレイ等が適宜利用可能である。

[0024] 制御部 29 は、画像処理装置 1 の中枢として機能する。制御部 29 は、操作部 25 からの定量的評価処理の開始要求を受けると、画像処理装置 1 内の各部を制御して、大動脈弁の定量的評価処理を実行する。

[0025] なお、画像処理装置 1 は、汎用のコンピュータ装置を基本ハードウェアとして利用することができる。画像処理装置 1 は、コンピュータ装置に搭載されたプロセッサ (CPU: central processor unit) が画像処理プログラムを実行することにより、大動脈弁の定量的評価処理を実現することができる。画像処理プログラムは、コンピュータ装置に予めインストールされている。あるいは画像処理プログラムは、磁気ディスクや光磁気ディスク、光ディスク、半導体メモリ等のようなリムーバブルな記録媒体に記録されてコンピ

ュータ装置 1 に配布されたり、あるいはネットワークを介してコンピュータ装置 1 に配布されたりしてもよい。配布された画像処理プログラムは、コンピュータ装置 1 に適宜インストールされて実現される。なお、上記の各部は、その一部または全てをロジック回路等のハードウェアにより実現することも可能である。また、上記の各部は、ハードウェアとソフトウェア制御とを組み合わせ実現することも可能である。

[0026] 次に画像処理装置 1 の動作例について説明する。図 5 は、制御部 29 の制御のもとに実行される大動脈弁の定量的評価処理の典型的な流れを示す図である。

[0027] ユーザにより操作部 25 を介して大動脈弁の定量的評価処理の開始指示がなされることを契機として制御部 29 は、記憶部 11 に記憶されている複数の 3 次元画像のデータの中から、処理対象の 3 次元画像のデータを読み出す。処理対象の 3 次元画像は、いかなる心位相のものにも適用可能である。また、処理対象の 3 次元画像は、1 つに限定されず、複数であってもよい。複数の場合、各 3 次元画像に以下の処理がなされる。処理対象の 3 次元画像は、ユーザにより操作部 25 を介して、例えば、心位相を指定することにより任意に設定可能である。

[0028] 3 次元画像のデータを読み出すと制御部 29 は、読み出された 3 次元画像のデータを断面設定部 13 に供給し、断面設定部 13 に断面設定処理を行わせる（ステップ S1）。ステップ S1 において断面設定部 13 は、ユーザによる操作部 25 を介した指示に従って、あるいは画像処理により血管領域に評価断面を設定する。以下に断面設定処理の具体例を幾つか挙げる。

[0029] 断面設定処理 1： ユーザは、操作部 25 を介して評価断面の位置を直接指定する。例えば、ユーザは、図 6 に示すように、大動脈弁領域 41 や弁口領域 43 の近傍であって、弁口領域 43 から数ミリ程度大動脈領域 45 の奥側に進んだ位置を操作部 25 を介して指定する。位置が指定されると断面設定部 13 は、指定された位置を含むように評価断面 47 を設定する。例えば、断面設定部 13 は、指定された位置を含み、血管芯線 49 に直交するよ

うに評価断面 4 7 を設定する。なお大動脈弁領域 4 1 は、大動脈弁が取りうる C T 値範囲に属する画素領域である。弁口領域 4 3 は、造影剤によりコントラストが強調された弁口部分の血管が取りうる C T 値範囲に属する画素領域である。大動脈領域 4 5 は、造影剤によりコントラストが強調された大動脈血管が取りうる C T 値範囲に属する画素領域である。左心室領域 5 1 は、造影剤によりコントラストが強調された左心室内の血流路が取りうる C T 値範囲に属する画素領域である。すなわち、弁口領域 4 3、大動脈領域 4 5、及び左心室領域 5 1 は、略同一の C T 値範囲に属する。

[0030] 断面設定処理 2 : ユーザは、操作部 2 5 を介して評価断面を間接的に指定する。例えば、ユーザは、C T 画像上で視認が容易な、大動脈領域の大動脈弓部を指定する。断面設定部 1 3 は、指定された大動脈弓部の位置を始点として領域生成処理を実行し、3 次元画像から大動脈弓部及び左心室領域を抽出する。断面設定部 1 3 は、抽出された大動脈弓部及び左心室領域の中から解剖学的な構造に基づいて弁口領域を特定する。そして断面設定部 1 3 は、特定された弁口領域よりも数ミリ程度大動脈の奥側に進んだ位置に評価断面を設定する。この場合も評価断面は、例えば、血管芯線に直交するように設定される。

[0031] なお、処理対象の 3 次元画像が複数の場合、複数の 3 次元画像に関する複数の評価断面は、解剖学的に同一位置、あるいは同一座標に設定される。

[0032] ステップ S 1 が実行されると制御部 2 9 は、輪郭抽出部 1 5 に輪郭抽出処理を行わせる（ステップ S 2）。ステップ S 2 において輪郭抽出部 1 5 は、図 7 に示すように、評価断面 4 7 上の大動脈領域 4 5 から弁口位置血管 5 3 を抽出する。具体的には、輪郭抽出部 1 5 は、評価断面 4 7 上の大動脈領域 4 5 に 2 値化処理を施し、大動脈領域 4 5 の外側輪郭 5 3 を弁口位置血管輪郭として抽出する。弁口位置血管輪郭 5 3 は、標準的には、3 つの弧を組み合わせた形状を有している。弁口位置血管輪郭 5 3 が描画された画像（以下、輪郭画像と呼ぶことにする。）のデータは、制御部 2 9 により評価円生成部 1 7 に供給される。

[0033] ステップS2が実行されると制御部29は、評価円生成部17に評価円の生成処理を実行させる（ステップS3）。ステップS3において評価円生成部17は、ステップS2において抽出された弁口位置血管輪郭に基づいて評価円を生成する。まず、評価円生成部17は、図8に示すように、弁口位置血管輪郭53上の3つの尖点55を特定する。尖点55は、例えば、ユーザによる操作部25を介した指示に従って、あるいは画像処理により特定される。ここで、3つの尖点55をそれぞれ尖点55A、尖点55B、尖点55Cとする。3つの尖点55（尖点55A、尖点55B、及び尖点55C）が特定されると評価円生成部17は、特定された3つの尖点55に接する円57を計算し、計算された円57を輪郭画像上に描画する。円57は、弁口位置血管輪郭53内に収まる円のうちの最大径を有する円となる。円57が描画されると評価円生成部17は、図9に示すように、円57の中心点59、尖点55A、尖点55B、及び尖点55Cのうちの全ての2点間を結ぶ直線61（直線61A、直線61B、直線61C、直線61D、直線61E、直線61F）を輪郭画像上に描画する。直線61が描画されると評価円生成部17は、図10に示すように、弁口位置血管輪郭を輪郭画像上から削除する。これにより評価円63が生成される。なお、評価円63の生成処理において必ずしも弁口位置血管輪郭が削除される必要はなく、図9に示すような弁口位置血管輪郭が残っているものを評価円としてもよい。

[0034] 三角形65A（直線61A、61D、及び61Eにより形成される三角形）、三角形65B（直線61B、61E、及び61Fにより形成される三角形）、三角形65C（直線61C、61F、及び61Dにより形成される三角形）は、図4と比較すればわかるように、拡張末期時における正常な弁尖の形状を模式的に表現している。円57に内接する三角形（直線61A、61B、及び61Cにより形成される三角形）は、図3と比較すればわかるように、収縮末期時における正常な弁尖の形状、換言すれば、弁口輪郭の形状を模式的に表現している。ここで、三角形65A、三角形65B、三角形65Cを推定正常弁尖とする。このように、評価円63は、開放時における正

常な心臓弁の推定形状と、閉塞時における正常な心臓弁の推定形状とを模式的に表現している。

[0035] なお、評価円上の三角形 6 5 A、三角形 6 5 B、及び三角形 6 5 C は、実際の被検体の弁口位置血管輪郭に基づいて形成されるので、同じ形状にならない場合がある。この場合、評価円生成部 1 7 は、三角形 6 5 A、三角形 6 5 B、及び三角形 6 5 C が全て同一の形状となるように、三角形 6 5 A、三角形 6 5 B、及び三角形 6 5 C の形状を調整（正規化）してもよい。

[0036] ステップ S 3 が実行されると制御部 2 9 は、弁画素特定部 1 9 に弁画素の特定処理を実行させる（ステップ S 4）。ステップ S 4 において弁画素特定部 1 9 は、図 1 1 に示すように、評価円を構成する画素毎に、3 次元画像に含まれる弁画素を既定の探索方向に沿って制限範囲内で探索し、弁画素があるか否か、すなわち心臓弁の開閉を特定する。ここで弁画素は、大動脈弁領域 4 1 上の画素である。探索方向は、例えば、評価円の断面 4 7（すなわち、評価断面）の垂直方向に規定される。制限範囲は、30 ミリ程度が適当である。なお、探索方向や制限範囲は、ユーザにより操作部 2 5 を介して任意に設定可能である。例えば、評価円 6 3 上の画素 A から探索方向 A に沿う制限範囲内には、大動脈弁領域 4 1 が存在する。従って画素 A については、弁画素があると特定される。この場合、弁画素特定部 1 9 は、評価円 6 3 上の画素 A に、弁画素が存在する旨の開情報を割り付ける。また、評価円 6 3 上の画素 B から探索方向 B に沿う制限範囲内には、大動脈弁領域 4 1 が存在しない。従って画素 B については、弁画素がないと特定される。弁画素特定部 1 9 は、画素 B に、弁画素が存在しない旨の開情報を割り付ける。ここで、開情報が割り付けられた画素領域を弁尖非存在領域、閉情報が割り付けられた画素領域を弁尖存在領域と呼ぶことにする。このように開閉情報を評価円 6 3 に割り付けることで、例えば図 1 2 に示すように、評価円 6 3 上に弁尖非存在領域 6 7 と弁尖存在領域 6 9 とが設けられる。

[0037] ステップ S 4 が実行されると制御部 2 9 は、色付き評価円生成部 2 1 の開閉指標計算部 2 1 1 に開閉指標の計算処理を実行させる（ステップ S 5）。

ステップS 5において開閉指標計算部2 1 1は、ステップS 4において特定された開閉情報と評価円とに基づいて、被検体の心臓弁の開閉指標を計算する。計算された開閉指標は、心位相に関連付けて記憶部1 1に記憶される。開閉指標は、例えば、以下のように計算される。

[0038] まず開閉指標計算部2 1 1は、図1 3に示すように、各三角形6 5（三角形6 5 A、6 5 B、6 5 C）の底辺6 1 A、6 1 B、6 1 Cから垂直方向に心臓弁の開閉状態を調べる。具体的には、開閉指標計算部2 1 1は、底辺6 1 A、6 1 B、6 1 Cを構成する単位画素毎に、探索方向に沿って弁尖非存在領域6 7を探索する。探索方向は、例えば、底辺の垂直方向である。単位画素は、底辺上の連続する所定数（例えば、1 0個）の画素からなる画素群である。なお探索方向や単位画素は、ユーザにより操作部2 5を介して任意に設定可能である。開閉指標計算部2 1 1は、探索結果に基づいて開閉指標を計算する。開閉指標は、例えば、底辺上の単位画素と底辺に対向する辺までの最短距離 x と、底辺上の画素から探索方向に沿う弁尖非存在領域までの最短距離 y とに基づいて計算される。さらに具体的には、開閉指標 z は、例えば、以下の（1）式に基づいて計算される指標であり、百分率で表現される。

[0039] $z = (y / x) \times 100 \quad \cdots (1)$

なお、弁尖非存在領域が探索されなかった場合、 $y = x$ となる。従って、大動脈弁が完全に閉じている場合、開閉指標 $z = 100\%$ となる。一方、大動脈弁が完全に開いている場合、 $y = 0$ であり、開閉指標 $z = 0\%$ となる。

[0040] また、開閉指標計算部2 1 1は、三角形6 5毎の開閉指標を計算してもよい。三角形6 5毎の開閉指標は、計算対象の三角形の底辺上にある複数の単位画素の開閉指標の単純平均値や底辺上の位置に応じた加重平均値である。

[0041] なお開閉指標は、被検体の大動脈弁の開閉度合いと正常な大動脈弁の開閉度合いとの相違度合いを表すものであれば、上述の（1）式により規定されるもののみに限定されない。例えば開閉指標は、最短距離 x と最短距離 y との単純な比率により表現されてもよい。また、開閉指標は、最短距離 x と最

短距離 y との差分（正常弁尖輪郭との実際の弁尖輪郭との位置ずれ量）に基づいて計算され、ミリメートルやピクセル等を単位とする距離により表現されてもよい。あるいは、開閉指標は、ミリメートルやピクセル等を単位として、単純に最短距離 y で表現されてもよい。

[0042] ステップ S 5 が実行されると制御部 2 9 は、色付き評価円生成部 2 1 の色情報割付部 2 1 3 に色情報の割付処理を実行させる（ステップ S 6）。ステップ S 6 において色情報割付部 2 1 3 は、計算された開閉指標を、評価円上の対応する画素にプロットする。具体的には、色情報割付部 2 1 3 は、開閉指標と色情報とを関連付けたテーブルを保持している。色情報割付部 2 1 3 は、計算された開閉指標にテーブル上で関連付けられた色情報を特定し、特定された色情報を割付対象の画素にプロットする。割付対象の画素は、評価円上の画素であって、その開閉指標を計算した際の探索経路上の画素である。すなわち、一つの探索経路上には、一の色情報が割り付けられる。底辺の位置が異なれば、異なる色情報が割り付けられる場合もある。

[0043] ステップ S 6 が実行されると制御部 2 9 は、表示部 2 7 に表示処理を実行させる（ステップ S 7）。ステップ S 7 において表示部 2 7 は、予め設定された表示パターンで色付き評価円を表示する。表示部 2 7 は、開閉度合いの評価精度・効率を向上するための様々な表示パターンを用意している。以下に表示部 2 7 による色付き評価円の具体的な表示パターンを説明する。

[0044] 表示パターン 1：図 1 4 は、表示部 2 7 により表示される色付き評価円の表示パターン 1 を示す図である。図 1 4 に示すように、表示部 2 7 は、1 心拍のうちの拡張末期に関する色付き評価円 7 1 を表示したり、収縮末期に関する色付き評価円 7 3 を表示したり、あるいは両方の色付き評価円 7 1、7 3 を同時に表示する。拡張末期の色付き評価円 7 1 は、1 心拍分の複数の色付き評価円のうちの最大弁口面積を有するものとして特定され、収縮末期の色付き評価円 7 3 は、1 心拍分の複数の色付き評価円のうちの最小弁口面積を有するものとして、例えば、表示部 2 7 により特定される。なお拡張末期や収縮末期は、操作部 2 5 を介して任意に指定可能である。また表示部 2

7は、色付き評価円71と並べて拡張末期のMPR画像75を、色付き評価円73と並べて収縮末期のMPR画像77を表示するとよい。MPR画像75、77は、3次元画像処理部23により生成される。色付き評価円71、73と同一の断面（すなわち、ステップS1において設定された評価断面）に関する。MPR画像75、77上でも開閉度合いを視覚的に評価できるように、表示部27は、色付き評価円71、73上の三角形の輪郭（推定正常弁尖位置）をMPR画像75、77上に重ねて表示されるとよい。

[0045] 図14に示すように、色付き評価円71、73は、大動脈弁の開閉度合いの空間分布を色の違いで表現している。従ってユーザは、色付き評価円を71、73観察することにより、大動脈弁の部分的な開閉度合いを色で把握することができる。従ってユーザは、感覚的に開閉度合いを評価できる。この際、表示部27は、色付き評価円71、73の近傍には、開閉指標と色との対応関係をユーザに示すために、開閉指標と色との対応関係を示すカラーバー79、81が表示されるとよい。また表示部27は、色付き評価円71、73内の各三角形の近傍に、ステップS5において計算された三角形の開閉指標（例えば、三角形内の平均開閉指標）を表示するとよい。例えば、拡張末期の色付き評価円71には、左の三角形の近傍には50%、右の三角形の近傍には90%、下の三角形の近傍には70%が表示される。このように、三角形の開閉指標が表示されることにより、ユーザは、色だけでなく数字としても心臓弁の開閉度合いを評価できる。なお、表示パターン1の表示対象の色付き評価円の心位相は、拡張末期や収縮末期に限定されず、任意の心位相でもよい。

[0046] なお、表示部27は、MPR画像に換えて、CPR（curved planar reconstruction）画像を表示してもよい。CPR画像は、3次元画像処理部23により、3次元画像にCPR処理を施すことにより生成される。

[0047] 表示パターン2： 図15は、表示部27により表示される色付き評価円の表示パターン2を示す図である。図15に示すように、表示パターン2の色付き評価円83、85は、閾値との大小関係に応じて色づけされている

。具体的には、閾値より大きい開閉指標を有する画素は、第１の色（例えば、赤）で表示され、閾値より小さい開閉指標を有する画素は、第２の色（例えば、青）で表示される。換言すれば、色情報割付部２１３により、閾値より大きい開閉指標を有する画素には第１の色に対応する色情報が割り付けられ、閾値より小さい開閉指標を有する画素には第２の色に対応する色情報が割り付けられる。この閾値は、表示部２７により表示される。例えば表示部２７は、閾値を示すスライダ８７、８９をカラーバー９１、９３に表示する。この場合、操作部２５を介してスライダ８７、８９がカラーバー９１、９３上でスライドされることにより、スライダ８７、８９の位置に応じた数値に閾値が変更される。あるいは表示部２７は、単に閾値を示す数値を表示してもよい。この場合、操作部２５を介して閾値を示す数値が入力されることで、閾値が変更される。このように表示パターン２においては、閾値との大小関係に応じて評価円が色づけされるので、色づけ評価円８３、８５を観察することで、閾値より開閉度合いが良い弁尖部位と悪い弁尖部位とを視覚的に容易に把握できる。閾値が臨床的に適切に設定されることで、機能障害を有している弁尖部位を容易に特定することも可能となる。なお閾値の個数は、１つに限定されず、複数あってもよい。閾値の個数の増加に応じて、色付き評価円の表示色の個数も増加する。例えば、閾値が２個の場合、表示色は、３個になる。なお、表示パターン２の表示対象の色付き評価円の心位相は、拡張末期や収縮末期に限定されず、任意の心位相でもよい。

[0048] 表示パターン３： 図１６は、表示部２７により表示される色付き評価円の表示パターン３を示す図である。図１６に示すように、表示パターン３の場合、表示部２７は、評価円と同一の心位相に関する弁尖領域の輪郭（以下、弁尖輪郭と呼ぶことにする。）９５を色付き評価円７１上に重ねて表示する。弁尖輪郭９５は、評価断面に関するＭＰＲ画像から輪郭抽出部１５により抽出される。このように、色付き評価円７１上に弁尖輪郭９５が表示されることで、ユーザは、より心臓弁の開閉度合いをより簡便且つ正確に評価できるようになり、また、開閉度合いの評価の信頼性が向上する。なお、表

示パターン3の表示対象の色付き評価円は、拡張末期の色付き評価円に限定されず、任意の心位相の色付き評価円に適用可能である。なお、表示パターン3の表示対象の色付き評価円の心位相は、拡張末期に限定されず、任意の心位相でもよい。また表示部27は、一つの色付き評価円上に複数の心位相に関する複数の弁尖輪郭を表示してもよい。

[0049] 表示パターン4：図17は、表示部27により表示される色付き評価円の表示パターン4を示す図である。図17に示すように、表示パターン4の色付き評価円97、99は、正常弁尖輪郭との位置ずれ量（（1）式の最短距離 x と最短距離 y との差分）に対応する色で表示される。位置ずれ量は、ミリメートル [mm] で表示される。

[0050] 表示パターン5：図18は、表示部27により表示される色付き評価円の表示パターン5を示す図である。図18に示すように、表示パターン5の色付き評価円100は、異なる2つの心位相における開閉指標の差分に応じて色づけされている。例えば、異なる2つの心位相は、1拍動のうちの開面積が最小となる位相と最大となる位相である。最小の開面積の位相は、典型的には、拡張末期であり、最大の開面積の位相は、典型的には、収縮末期である。開面積は、評価円のうちの弁尖存在領域を構成する画素の画素数（面積）である。診断精度の向上のため、表示部27は、色付き評価円100に並列して、開面積が最小となる位相におけるMPR画像と開面積が最大となる位相におけるMPR画像とを表示してもよい。また、表示部27は、診断精度の向上のため、色付き評価円100に、表示されているMPR画像に含まれる芯線輪郭95を重ねても良い。図18の場合、最小の開面積の位相（すなわち、拡張末期）に関する弁尖輪郭95と最大の開面積の位相（すなわち、収縮末期）に関する弁尖輪郭95とが重ねられている。

[0051] 表示パターン1～5を利用することにより、ユーザは、表示中の心位相に関する色付き評価円を観察することにより、簡便に心臓弁の性状を定量的に評価することができる。従って画像処理装置1は、弁膜症の治療方針の決定や治療計画におけるユーザの作業効率や診断精度を向上することができる。

[0052] 表示パターン6： 図19は、表示部27により表示される色付き評価円の表示パターン5を示す図である。図19に示すように、表示パターン6の場合、表示部27は、複数の心位相に関する複数の色付き評価円を動画表示する。具体的には、上述の制御部29による制御のもと、少なくとも1心拍分の複数の心位相に関する色付き評価円が生成され、記憶部11に記憶される。表示部27は、記憶部11に記憶された色付き評価円を時系列で動画表示する。この際、色付き評価円は、上述のようにカラーバーとともに表示されるとよい。表示速度は、例えば、通常の1倍速だけでなく、0.5倍速等の低速再生や2倍速等の高速再生も可能である。表示速度は、操作部25を介して任意に変更可能である。動画表示によりユーザは、心臓弁の開閉度合いの時間変化を色の変化として把握することができる。また、操作部25を介して動画表示の停止指示がなされることで表示部27は、動画表示を停止し、停止指示がなされた時点に表示されていた色付き評価円を表示し続けることも可能である。なお、表示パターン6の色付き評価円は、表示パターン1～5の何れにも対応可能である。

[0053] 表示パターン7： 図20は、表示部27により表示される色付き評価円の表示パターン7を示す図である。図20に示すように、表示パターン7の場合、表示部27は、色付き評価円の動画表示とともに、心電図波形や開閉指標の波形を表示する。より詳細には、表示画面には、心電図波形107のための表示領域101、開閉指標の波形109のための表示領域103、色付き評価円71のための表示領域105が配置される。表示領域103には、被検体に関する開閉指標の波形109の他に、健常者と被検体との比較のため、健常者に関する開閉指標の波形111も表示されるとよい。波形111は、上述のステップにより生成されたものであってもよいし、理論的に計算されたものであってもよいし、あるいは経験的に作成されたものであってもよい。なお開閉指標の波形109、111は、横軸が時間、縦軸が開閉指標に規定されている。

[0054] 表示中の色付き評価円の心位相が心電図波形107や開閉指標の波形の1

０９、１１１上のどの位置にあたるのかがわかると、開閉度合いの評価に便利である。上述のように色付き評価円７１と開閉指標とは、心位相に関連付けて記憶部１１に記憶されている。この関連付けを利用して表示部２７は、心電図波形１０７と開閉指標のグラフ１０９、１１１とに、表示中の色付き評価円７１の心位相を示すスライダ１１３を重ねて表示する。スライダ１１３は、表示される色付き評価円７１の切り替わりに伴って心電波形１０７や開閉指標の波形１０９、１１１の横軸に沿って移動される。なお、表示パターン７の色付き評価円７１は、表示パターン１～５の何れにも対応可能である。

[0055] 表示パターン６及び７を利用することによりユーザは、複数の心位相に関する開閉度合いを考慮して弁膜症の治療方針の決定や治療計画をすることができる。従って、一つの心位相では重症と思える場合であっても複数の心位相では軽症である場合、治療の要／不要を検討することができる。

[0056] かくして本実施形態に係る画像処理装置は、医師や技師等による弁膜症に関する作業効率や診断精度の向上を可能とすることが実現する。

[0057] なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。

[0058] (変形例１)

変形例１に係る表示部２７は、図２１に示すように、色付きＭＰＲ画像１１５を表示する。色付きＭＰＲ画像１１５は、上述のステップＳ４において特定された開閉情報に応じて色情報が、色情報割付部２１３により割付されたＭＰＲ画像である。以下に色付きＭＰＲ画像１１５の生成方法について説明する。

[0059] まず弁画素特定部１９は、評価断面に関するＭＰＲ画像に弁画素が有るか否かの情報を写像する。具体的には、弁画素特定部１９は、ステップＳ４と同様の方法により、評価断面に関するＭＰＲ画像の画素について心臓弁の開閉（すなわち、評価断面の垂直方向に弁画素があるか否か）を特定する。弁画素があると特定された画素に閉情報を割付、弁画素がないと特定された画

素に開情報を割り付ける。開情報や閉情報がMP R画像に割り付けられると色付情報割付部33は、開情報が割り付けられた画素に開情報に対応する色情報を、閉情報が割り付けられた画素に閉情報に対応する色情報を割り付ける。これにより色付きMP R画像115が生成される。そして表示部27は、色付きMP R画像115を表示する。例えば、閉情報が割り付けられている画素領域（弁尖存在領域）67は青で、開情報が割り付けられている画素領域（弁尖非存在領域）69は赤で表示される。色付きMP R画像が表示されることでユーザは、2次元のMP R画像上で、心臓弁の3次元的な開閉状態を色により判断できる。

[0060] （変形例2）

変形例2に係る画像処理装置は、図5の流れとは異なる流れで評価断面を設定し開閉指標を算出する。以下、変形例2に係る画像処理装置について説明する。なお以下の説明において、本実施形態と略同一の機能を有する構成要素については、同一符号を付し、必要な場合にのみ重複説明する。

[0061] 図22は、変形例2に係る処理の流れを模式的に示す図である。図22に示すように、まず、制御部29は、輪郭抽出部15に検出処理を行わせる（ステップS11）。ステップS11において輪郭抽出部15は、3次元画像の中から大動脈領域を検出する。具体的には、まず、輪郭抽出部15は、3次元画像のうちの最上のスライス画像（Z座標が最大または最小のスライス画像）を特定する。そして、輪郭抽出部15は、最上のスライス画像に含まれる複数の画素の中から高画素領域を特定する。特定された高画素領域は、大動脈領域に設定される。

[0062] ステップS11が行われると制御部29は、輪郭抽出部15に抽出処理を行わせる（ステップS12）。ステップS12において輪郭抽出部15は、ステップS11において検出された大動脈領域を起点として3次元画像から大動脈領域を抽出する。具体的には、輪郭抽出部15は、ステップS11において検出された大動脈領域に画素値的に連結する画素を検索し、連結する画素を大動脈領域として3次元画像から抽出する。

- [0063] ステップS 1 2が行われると制御部 2 9は、評価円生成部 1 7に特定処理を行わせる。特定処理において評価円生成部 1 7は、Z座標の上方から下方に向かって、大動脈領域のうちの低画素値を有する画素を大動脈領域の画素の中から探索していく。低画素値を有する画素は、心臓弁領域の候補となる。具体的には、制御部 2 9は、ステップS 1 3及びS 1 4において、評価円生成部 1 7に検出処理を行わせる。ステップS 1 3において評価円生成部 1 7は、低画素値を有する画素として、大動脈領域から2点の冠動脈起始部を検出する。冠動脈領域は、大動脈領域から分岐する。冠動脈起始部は、冠動脈領域と大動脈領域との分岐点である。冠動脈起始部は、解剖学的に大動脈弁よりも血管領域の末端側に位置する。冠動脈起始部は、心臓弁領域から除外される。冠動脈起始部が検出されると、評価円生成部 1 7は、再び、大動脈領域のうちの低画素値を有する画素を大動脈領域の画素の中から探索していく。ステップS 1 4において評価円生成部 1 7は、低画素値を有する画素として、大動脈領域の特徴点を検出する。特徴点は、6点存在する。この特徴点は、解剖学的に心臓弁領域の特徴点とみなされる。
- [0064] また、ステップS 1 2が行われると制御部 2 9は、ステップS 1 3及び1 4と並行して、評価円生成部 1 7に芯線抽出処理を行わせる（ステップS 1 5）。ステップS 1 5において評価円生成部 1 7は、ステップS 1 2において抽出された大動脈領域の芯線を抽出する。
- [0065] ステップS 1 4とステップS 1 5とが行われると制御部 2 9は、評価円生成部 1 7に設定処理を行わせる（ステップS 1 6）。ステップS 1 6において評価円生成部 1 7は、ステップS 1 4において検出された6つの特徴点を包含する3次元領域（サブボリューム）を設定する。例えば、3次元領域は、芯線に直交する上面と下面とを有する直方体領域に設定される。設定された3次元領域は、ステップS 1 7において投影処理される。従って、この3次元領域を投影空間と呼ぶことにする。
- [0066] ステップS 1 6が行われると制御部 2 9は、評価円生成部 1 7に投影画像生成処理を行わせる（ステップS 1 7）。ステップS 1 7において評価円生

成部 17 は、投影空間に限定して 3 次元画像に投影処理を施し、投影画像を生成する。投影処理は、例えば、芯線に沿って施される。投影処理としては、最大値投影法、最小値投影法、平均値投影法等の既存の何れの方法でもよい。例えば、投影処理は、最小値投影法により実行されると良い。

[0067] ステップ S 17 が行われると制御部 29 は、評価円生成部 17 に評価円生成処理を行わせる（ステップ S 18）。ステップ S 18 において評価円生成部 17 は、本実施形態のステップ S 3 と同様にして、ステップ S 17 において生成された投影画像に基づいて評価円を生成する。すなわち、評価円生成部 17 は、ステップ S 17 投影画像の中から 3 つの尖点を特定し、特定された 3 つの尖点間を結ぶ直線を投影画像上に描画する。これにより評価円が生成される。

[0068] なお、変形例 2 に係る評価円は、サブボリュームの投影画像に基づいて生成されたとした。しかしながら、変形例 2 はこれに限定されない。例えば、評価円は、サブボリュームに設定された断面に関する断面画像に基づいて生成されてもよい。この場合、評価円生成部 17 は、本実施形態のステップ S 3 と同様にして、サブボリュームに設定された断面に関する断面画像に基づいて評価円を生成する。以下、ステップ S 18 において生成された評価円を異種評価円と呼ぶことにする。

[0069] ステップ S 18 が行われると制御部 29 は、評価円生成部 17 に開閉指標の決定処理を行わせる（ステップ S 19）。ステップ S 19 において評価円生成部 17 は、異種評価円を構成する複数の画素の各々について変形例 2 に係る開閉指標を決定する。変形例 2 に係る開閉指標は、画素値に応じて決定される。具体的には、評価円生成部 17 は、処理対象の画素に血流に由来する画素値が割り付けられている場合、開閉指標 $z = 100\%$ に決定する。この場合、処理対象の画素は、弁尖存在領域である。なお、血流に由来する画素値は、比較的高画素値である。一方、評価円生成部 17 は、処理対象の画素に心臓弁に由来する画素値が割り付けられている場合、開閉指標 $z = 0\%$ に決定する。この場合、処理対象の画素は、弁尖非存在領域である。心臓弁

に由来する画素値は、比較的低画素値である。評価円生成部 17 は、決定された開閉指標を異種評価円の画素に割り付けることにより、心臓弁領域が重ねられた評価円を生成する。この評価円を弁合成評価円と呼ぶことにする。生成された弁合成評価円は、表示部 27 により表示される。この際、表示部 27 は、弁合成評価円における心臓弁領域を開閉指標に応じたカラーで表示してもよいし、グレーで表示してもよい。また、表示部 27 は、弁合成評価円に含まれる弁尖存在領域の画素数と弁尖非存在領域の画素数との比率を表示してもよい。この比率は、カラーマップでグラフ表示されてもよい。

[0070] 上述のように、異種評価円が MPR 画像に基づいて生成される場合がある。図 23 は、異種評価円 117 が MPR 画像に基づいて生成される場合における弁合成評価円の表示例を示す図である。図 23 に示すように、表示部 27 は、同一の断面に関する MPR 画像と弁合成評価円 117 とを並べて表示すると良い。断面の位置は、ユーザにより操作部 25 を介して任意に設定可能である。断面の位置が変更された場合、表示部 27 は、図に示すように、MPR 画像の断面の位置と弁合成評価円 117 の断面の位置とを連動させる。

[0071] 変形例 2 によれば、ユーザによる、評価断面の設定が不要となる。従って、本実施形態に比して、変形例 2 に係る画像処理装置 1 は、ユーザによる弁膜症に関する作業効率をより低減することができる。

[0072] (変形例 3)

本実施形態においては、心臓弁は大動脈弁であるとした。従って弁尖の数は 3 つであるとした。しかしながら、本実施形態の弁尖の数は 3 つに限定されず、心臓弁の種類に応じて適宜変更可能である。また、これに伴って弁尖の形状を三角形から四角形等の他の幾何学形状に変更することも可能である。

[0073] 例えば、僧坊弁は、2 枚の弁尖を有している。図 24 A、図 24 B、及び図 24 C は、僧坊弁に関する評価円の具体例を示す図である。図 24 A の評価円は、実際の僧坊弁の形状に比較的近い 2 枚の弁尖を描出している。図 2

4 Bの評価円は、略同一の大きさ及び形状を有する2枚の弁尖を描出している。図2 4 Bの評価円は、図2 4 Aの評価円よりも単純化されている。図2 4 Cの評価円は、異なる大きさ及び形状を有する2枚の弁尖を描出している。図2 4 Cの評価円は、図2 4 Aの評価円よりも模式的であるが、図2 4 Bの評価円よりも実際の形状に近い弁尖を描出している。僧坊弁に関する評価円は、図2 4 A、図2 4 B、及び図2 4 Cの中からユーザの好みに応じて任意に選択可能である。

[0074] (変形例4)

変形例4に係る表示部2 7は、図2 5に示すように、MPR画像と色付き評価円との合成画像1 2 1を表示する。合成画像1 2 1は、例えば、半透明の色付き評価円がMPR画像に重ねられた画像である。合成画像1 2 1の表示により、ユーザは、心臓弁の形態情報と開閉指標との両方を一枚の画像で観察することができる。

[0075] また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

符号の説明

[0076] 1…画像処理装置、1 1…記憶部、1 3…断面設定部、1 5…輪郭抽出部、1 7…評価円生成部、1 9…弁画素特定部、2 1…色付き評価円生成部、2 1 1…開閉指標計算部、2 1 3…色情報割付部、2 3…3次元画像処理部、2 5…操作部、2 7…表示部、2 9…制御部

請求の範囲

- [請求項1] 被検体の心臓領域に関する3次元画像を記憶する記憶部と、
前記3次元画像に含まれる血管領域から複数の心臓弁を画像処理により特定する特定部と、
前記複数の心臓弁の開閉度合いを表す指標値を算出する算出部と、
前記指標値を表示する表示部と、
を具備する画像処理装置。
- [請求項2] 前記算出部は、前記複数の心臓弁の各々について前記心臓の異なる部分毎に前記指標値を算出する、請求項1記載の画像処理装置。
- [請求項3] 前記表示部は、前記複数の心臓弁の形状を模式的に表現し、かつ、前記指標値を輝度または色の違いで表現した模式的弁画像を表示する、請求項1記載の画像処理装置。
- [請求項4] 設定部、抽出部、第1生成部、特定部、及び第2生成部をさらに備え、
前記設定部は、前記心臓領域に含まれる血管領域に断面を設定し、
前記抽出部は、前記断面における前記血管領域から前記血管領域の輪郭を画像処理により抽出し、
前記第1生成部は、前記輪郭の形状に基づいて心臓弁の形状を模式的に表現する模式的弁画像を生成し、
前記特定部は、前記模式的弁画像を構成する画素毎に、前記3次元画像に含まれる前記心臓弁に関する弁画素を既定方向に沿って探索し、前記弁画素があるか否かを特定し、
前記第2生成部は、前記模式的弁画像と前記弁画素があるか否かの情報とに基づいて前記心臓弁の開閉度合いを画素毎に色で表現する色画像を生成する、
請求項1記載の画像処理装置。
- [請求項5] 前記表示部は、前記色画像を表示する、請求項4記載の画像処理装置。

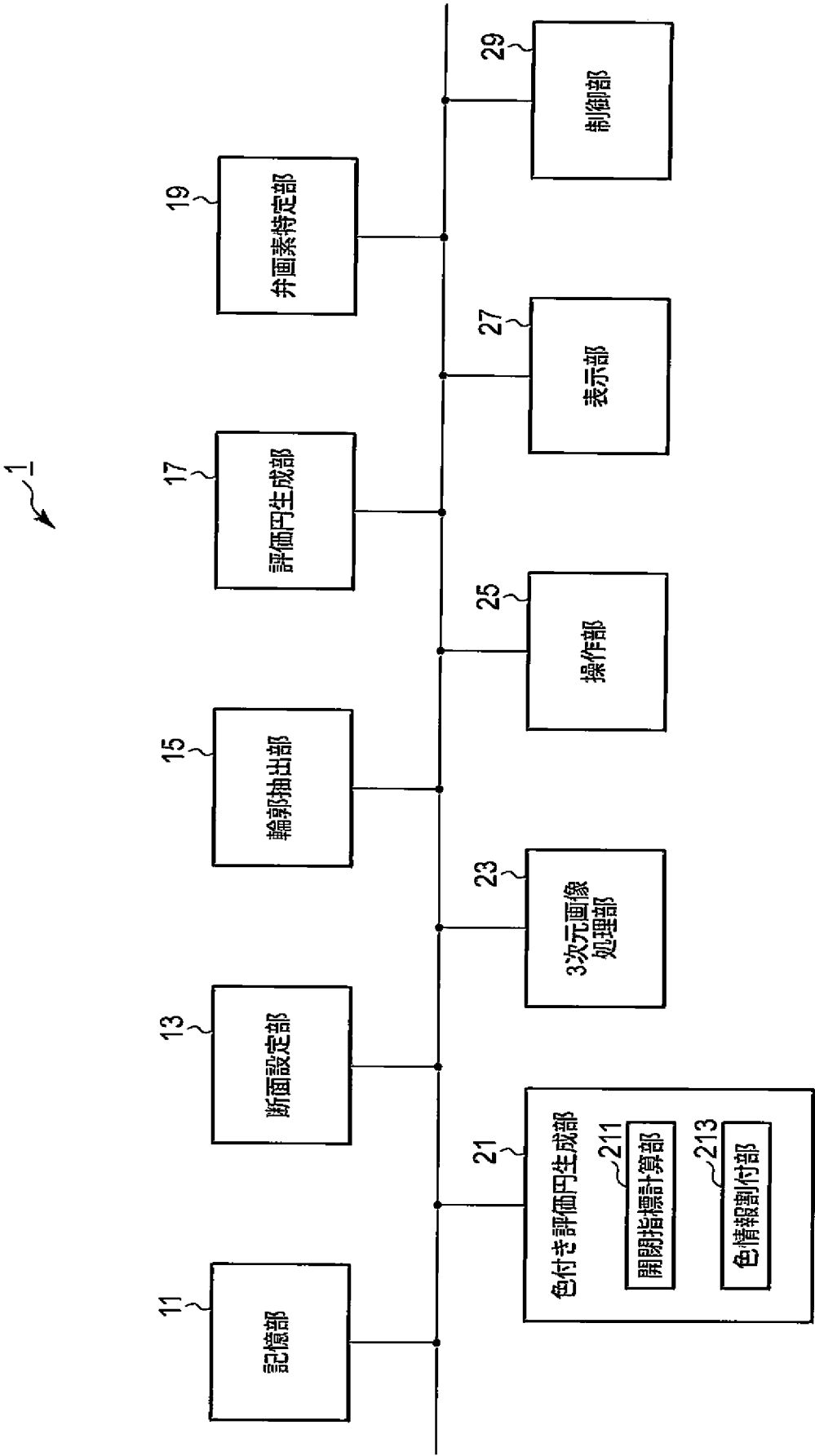
- [請求項6] 前記模式的弁画像は、開状態における正常な心臓弁の推定形状と閉状態における正常な心臓弁の推定形状とを模式的に表現する、請求項4記載の画像処理装置。
- [請求項7] 前記第2生成部は、前記被検体の心臓弁に関する開閉度合いと正常な心臓弁に関する開閉度合いとの相違度合いに応じた色情報を前記画素毎に割り付ける、請求項4記載の画像処理装置。
- [請求項8] 前記第2生成部は、前記色画像を複数の心位相について生成し、前記表示部は、前記複数の心位相に関する色画像を動画表示する、請求項4記載の画像処理装置。
- [請求項9] 前記抽出部は、さらに前記評価断面上の心臓弁領域から前記心臓弁領域の輪郭を画像処理により抽出し、
前記表示部は、前記色画像に前記心臓弁領域の輪郭を重ねて表示する、
請求項4記載の画像処理装置。
- [請求項10] 被検体の心臓領域に関する3次元画像を記憶する記憶部と、
前記心臓領域に含まれる血管領域に交差する断面を設定する設定部と、
前記断面に関する断面画像を前記3次元画像に基づいて生成する第1生成部と、
前記3次元画像に含まれる心臓弁に関する弁画素を前記断面から既定方向に沿って探索し、前記断面画像を構成する画素毎に前記弁画素の有無を特定する特定部と、
前記断面画像と前記弁画素の有無とに基づいて画素毎に前記弁画素が有るか否かを色で表現する色画像を生成する第2生成部と、
を具備する画像処理装置。
- [請求項11] 被検体の心臓領域に関する3次元画像を記憶する記憶部と、
前記心臓領域に含まれる血管領域に断面を設定する設定部と、
前記血管領域から心臓弁を画像処理により特定する特定部と、

前記心臓弁の形状を模式的に表現する模式的弁画像を生成する生成部と、

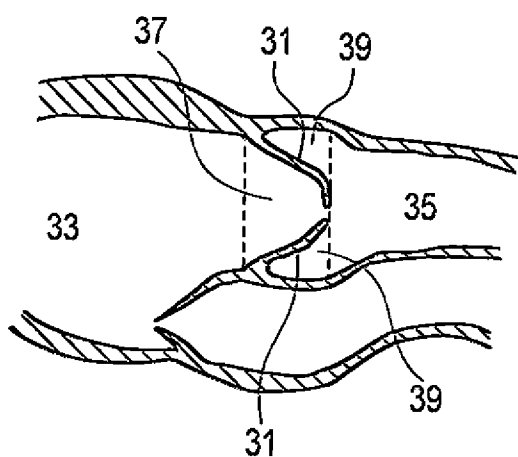
前記模式的弁画像上に前記心臓弁を位置整合して重ねて表示する表示部と、

を具備する画像処理装置。

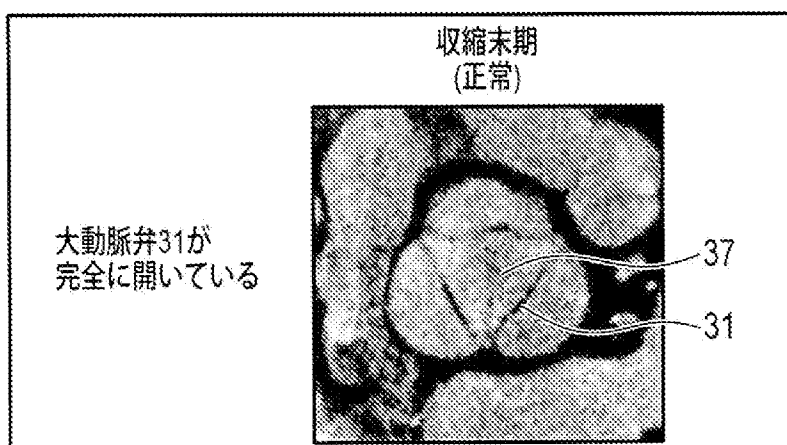
[図1]



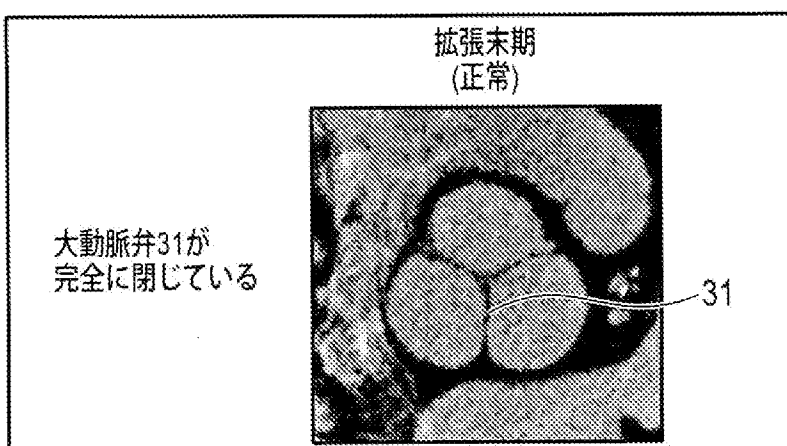
[図2]



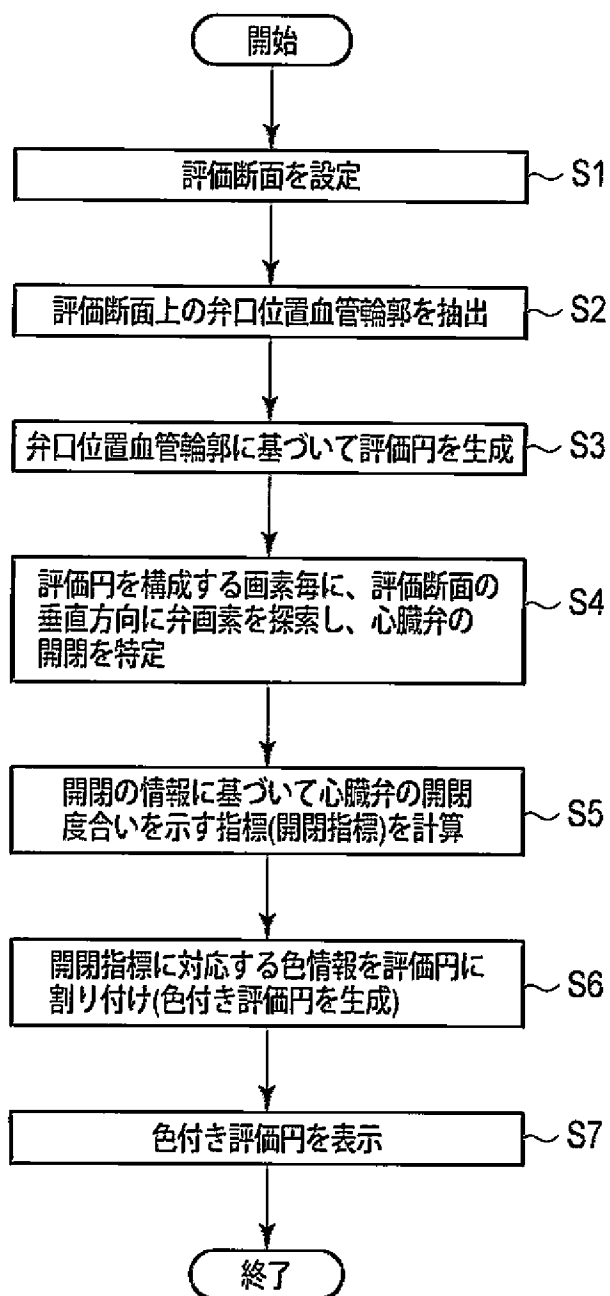
[図3]



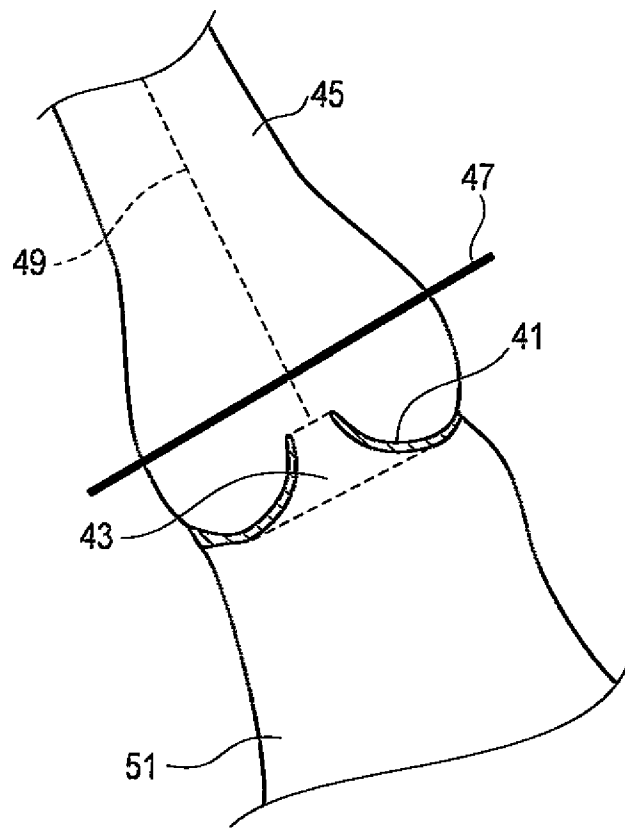
[図4]



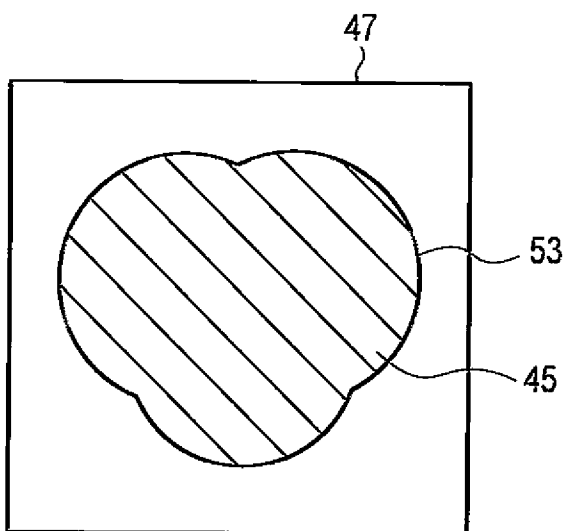
[図5]



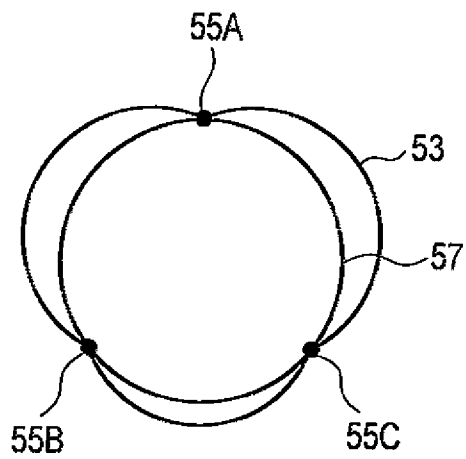
[図6]



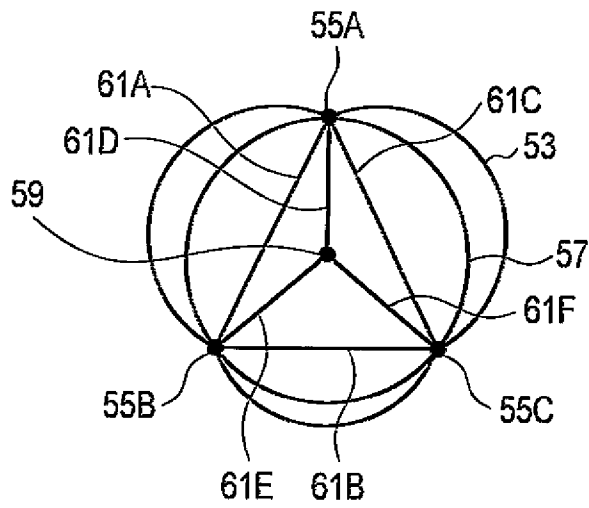
[図7]



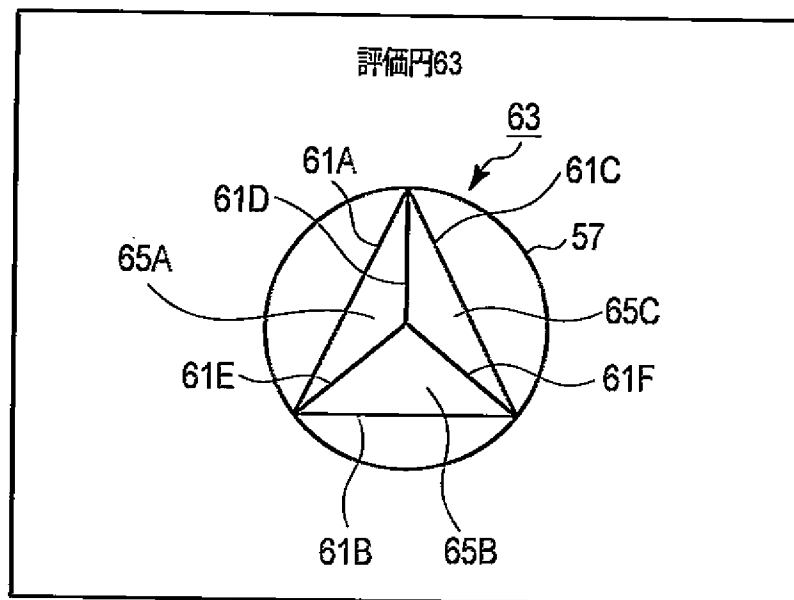
[図8]



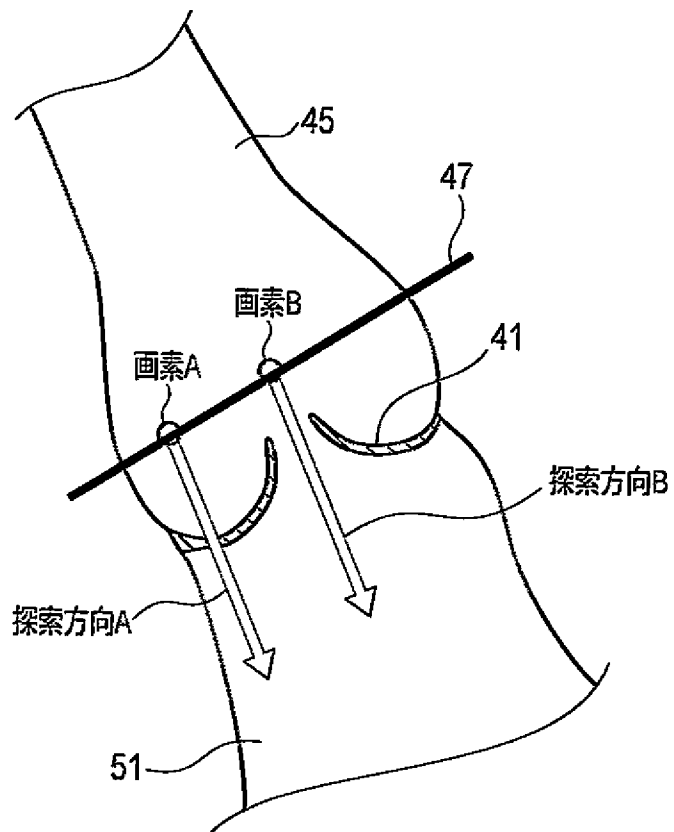
[図9]



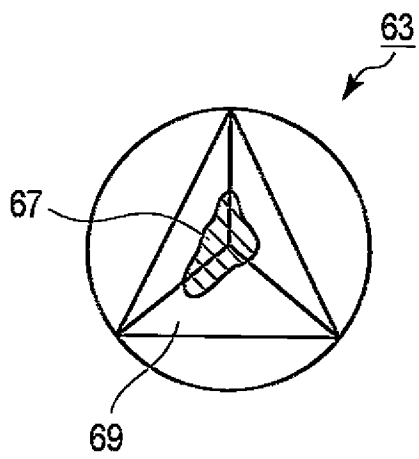
[図10]



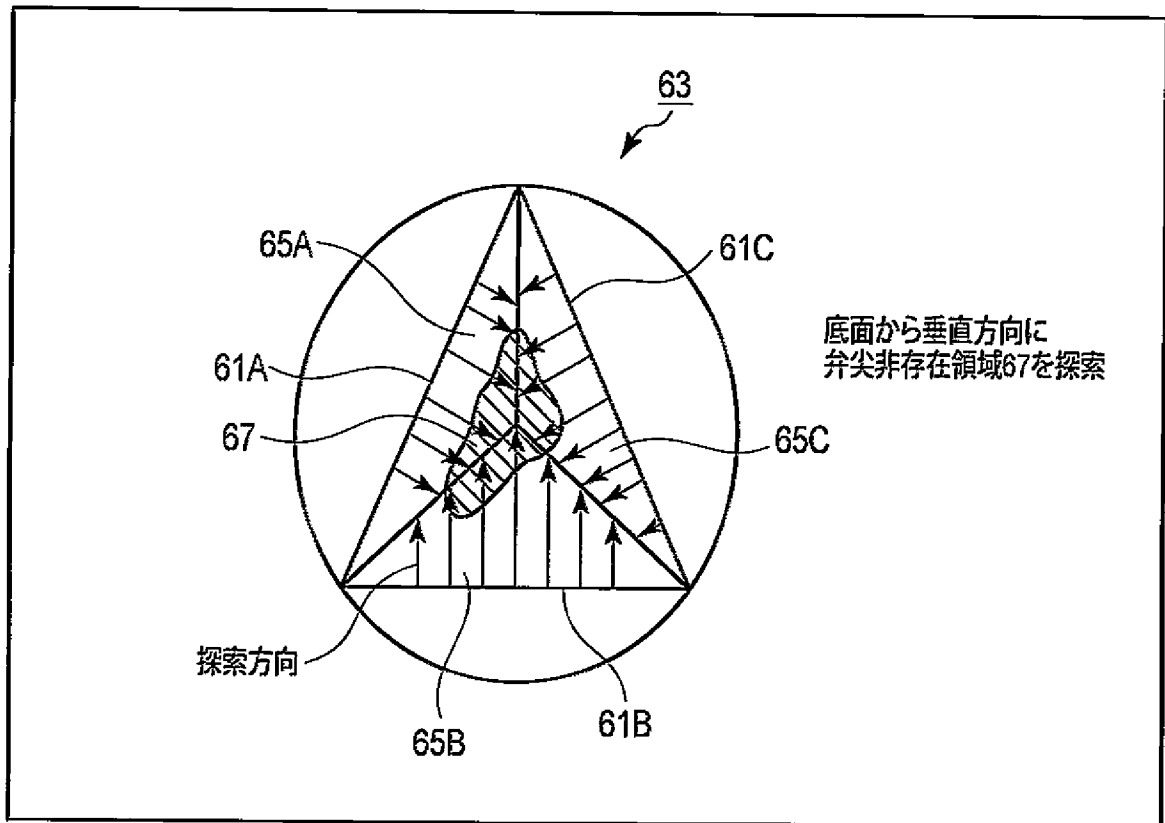
[図11]



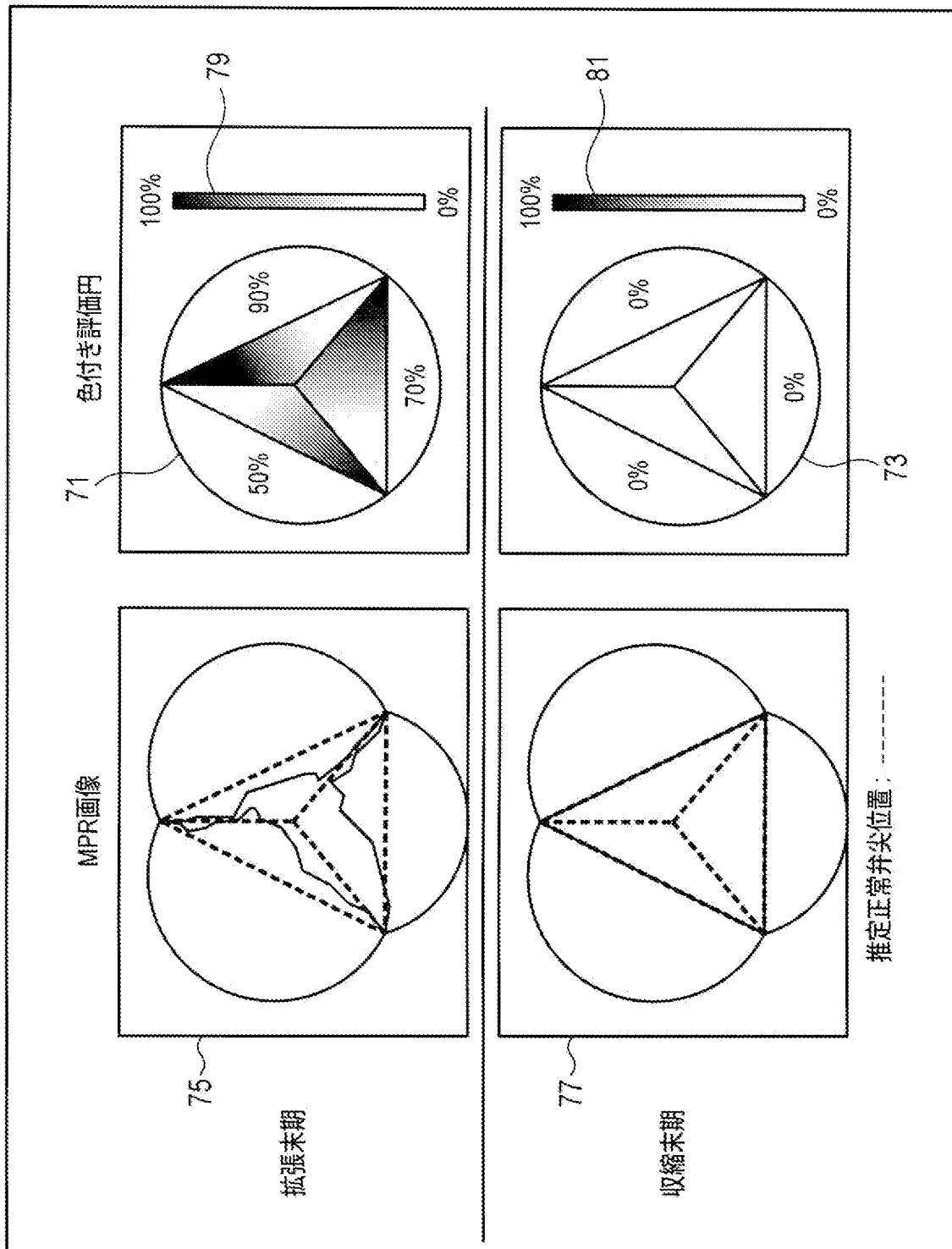
[図12]



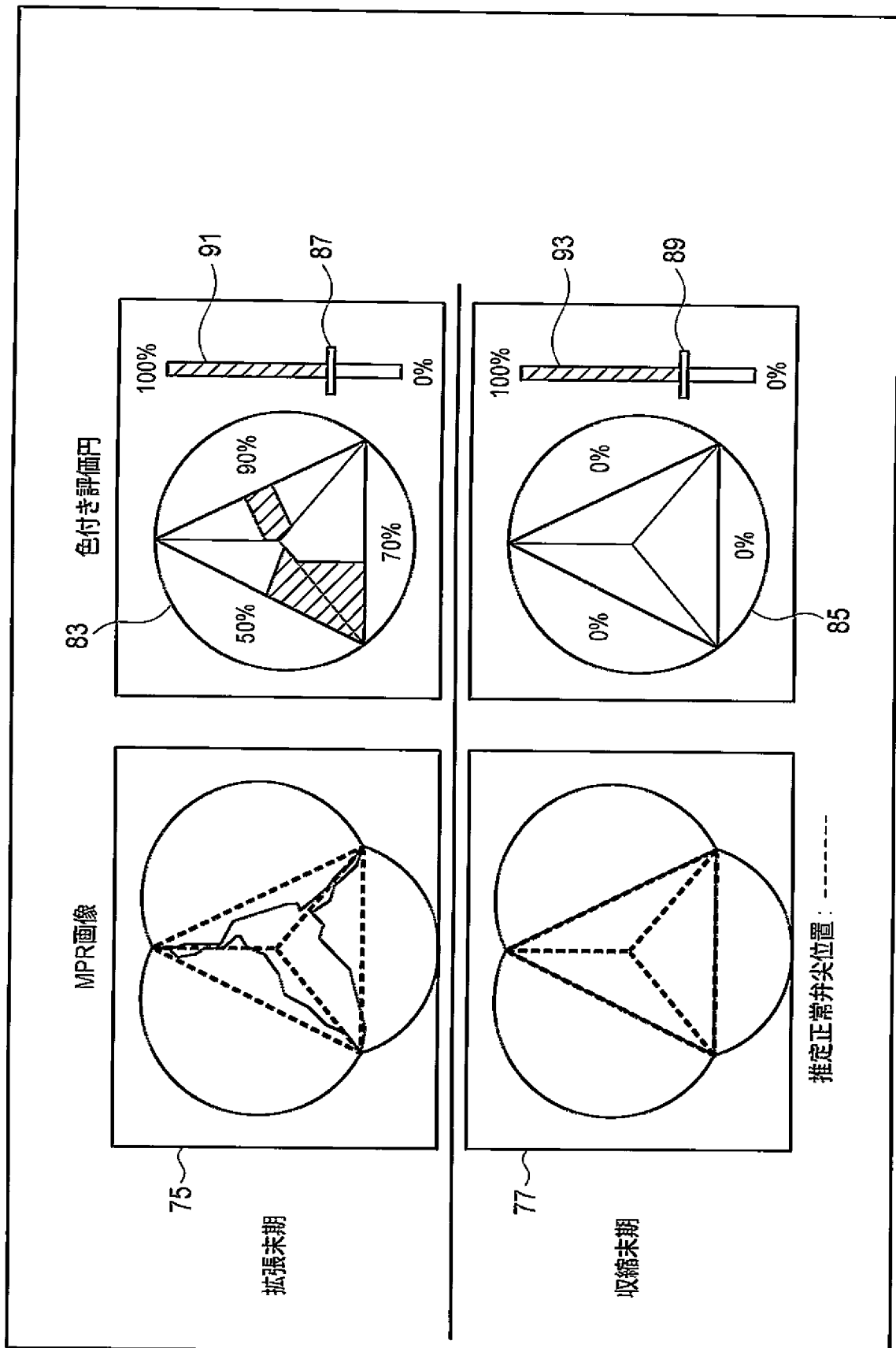
[図13]



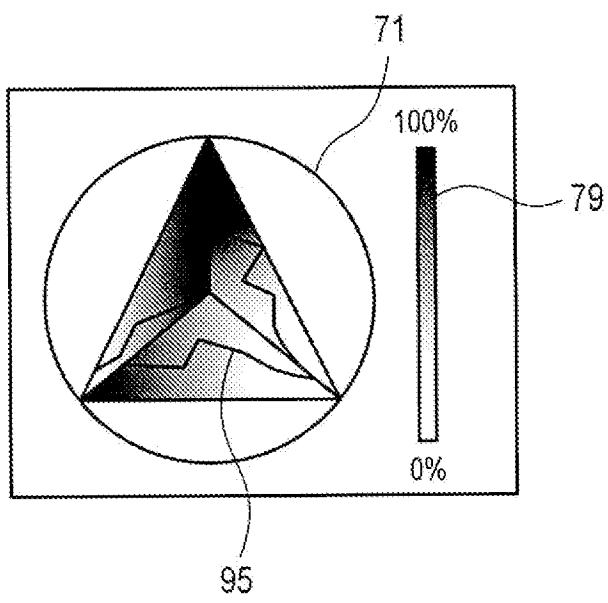
[図14]



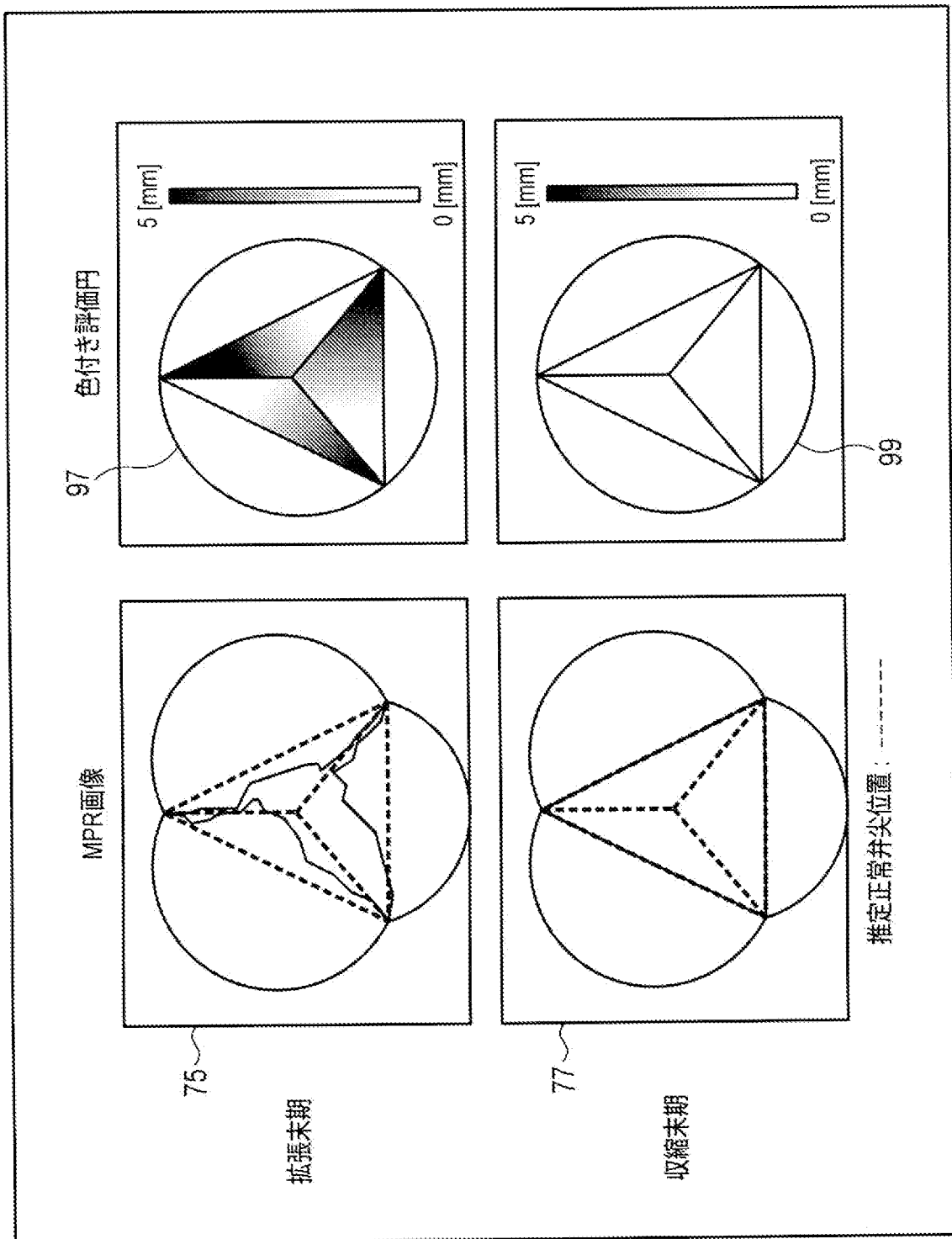
[図15]



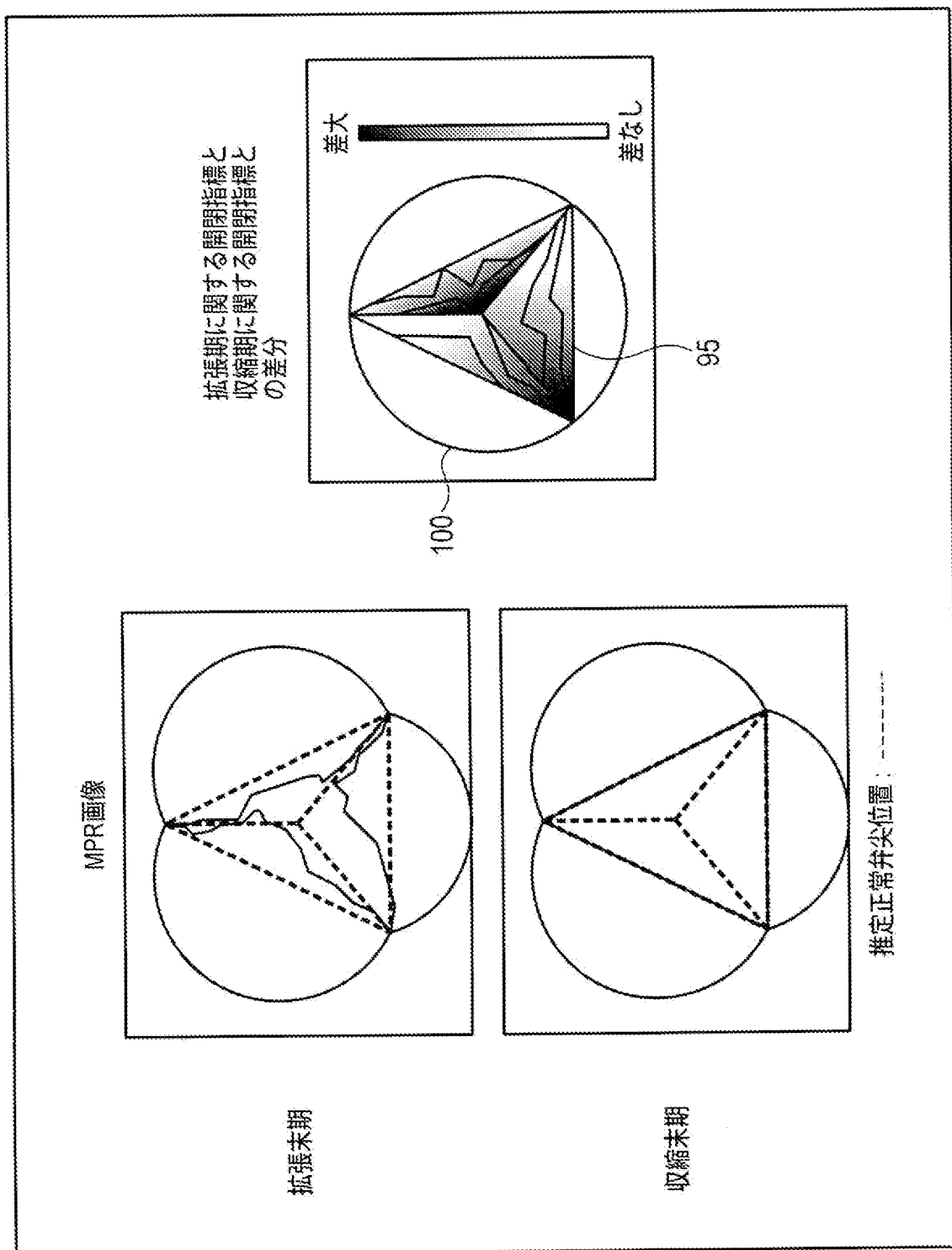
[図16]



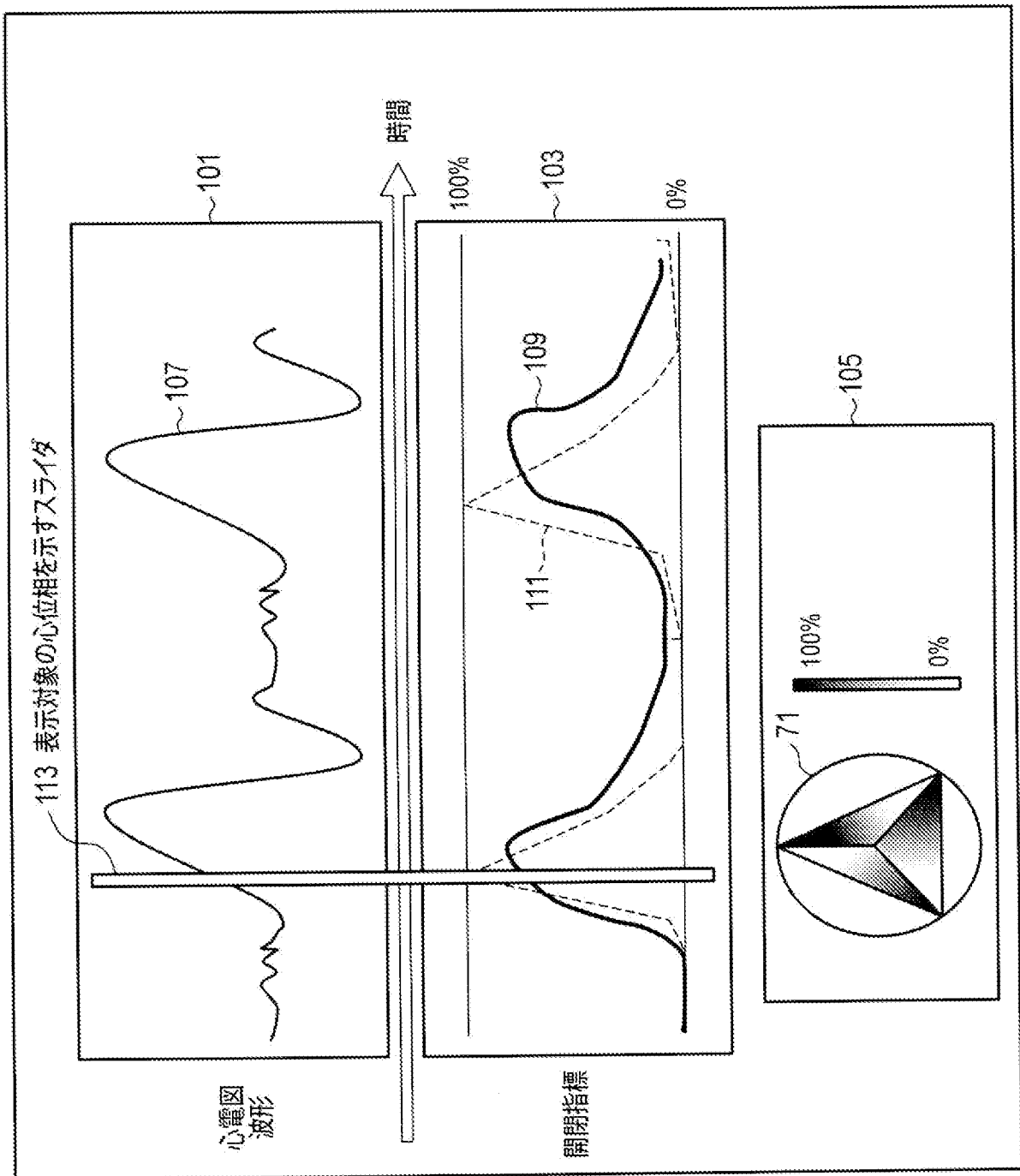
[図17]



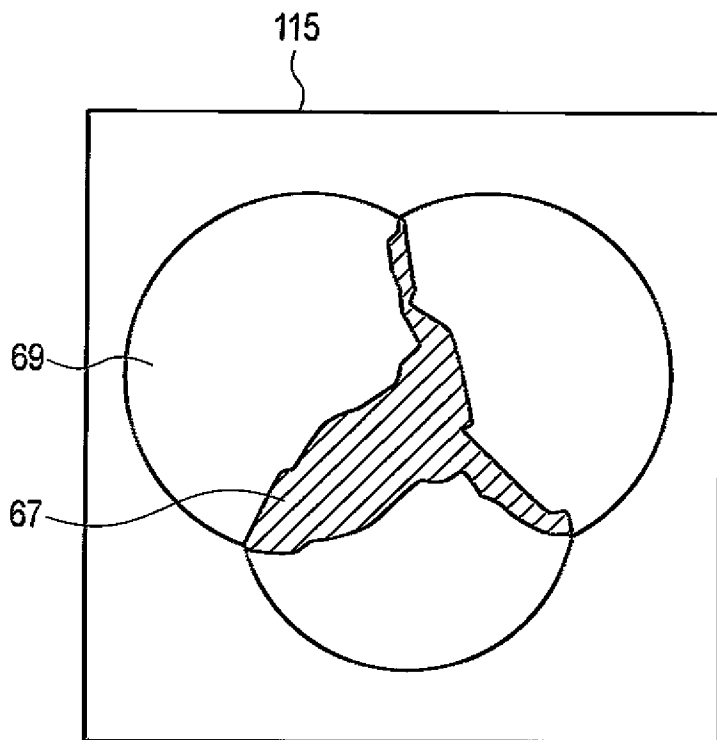
[図18]



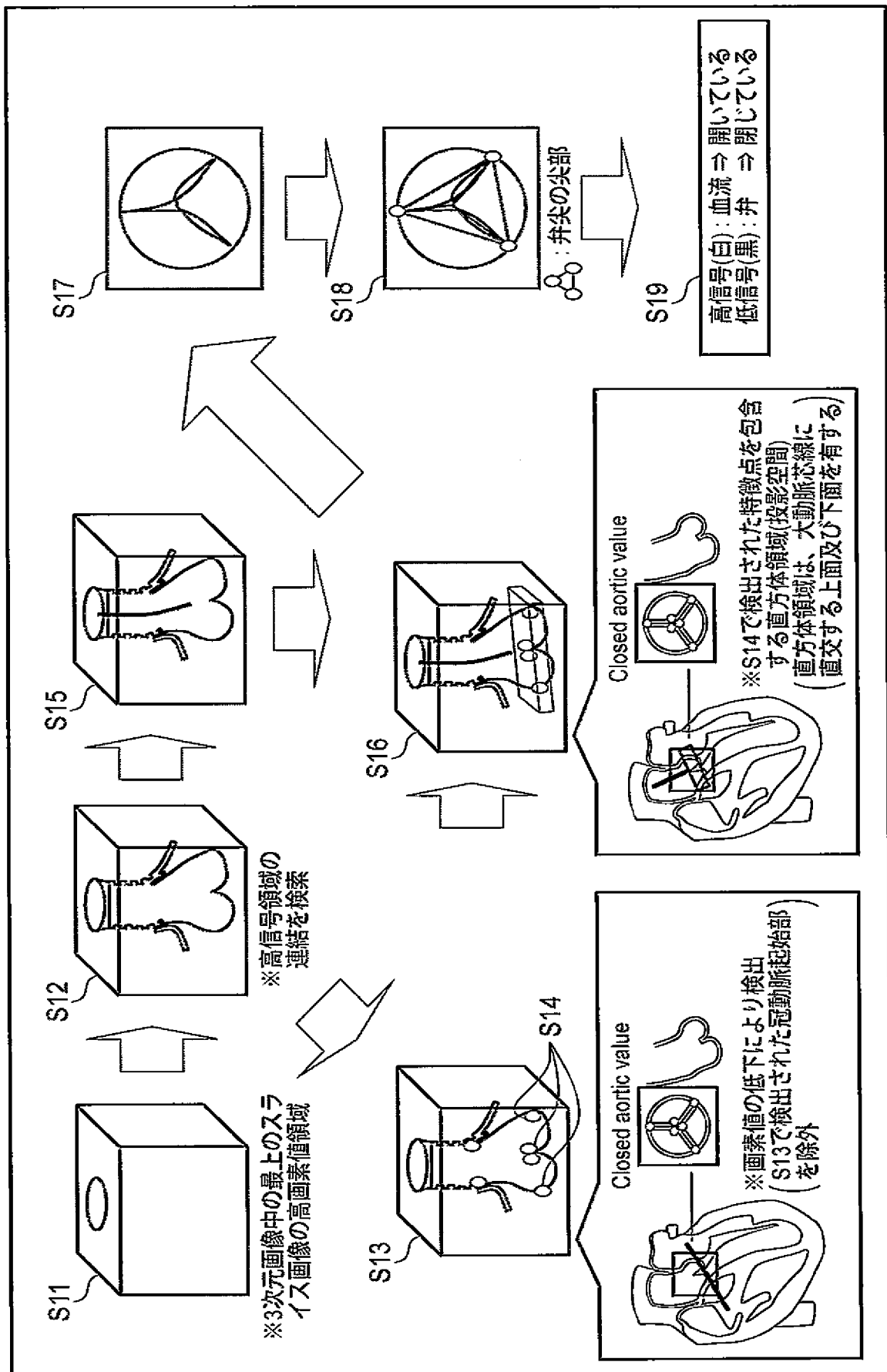
[図20]



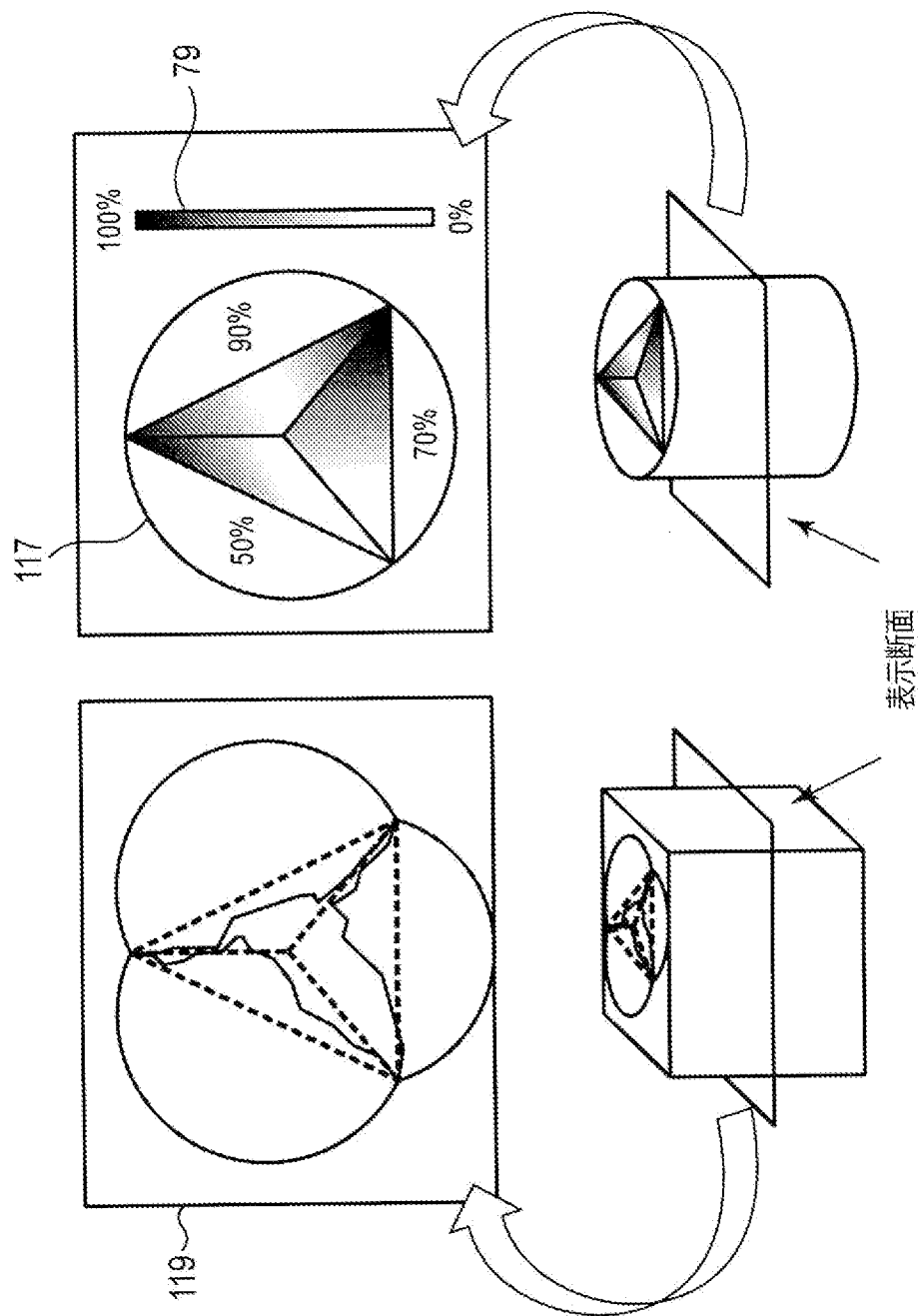
[図21]



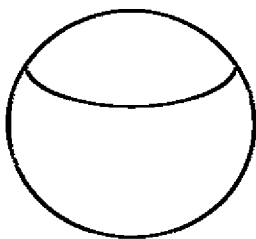
[図22]



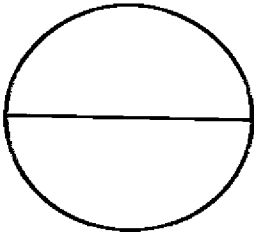
[図23]



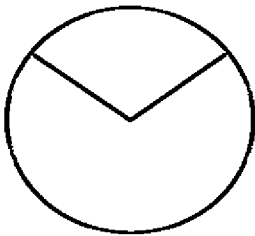
[図24A]



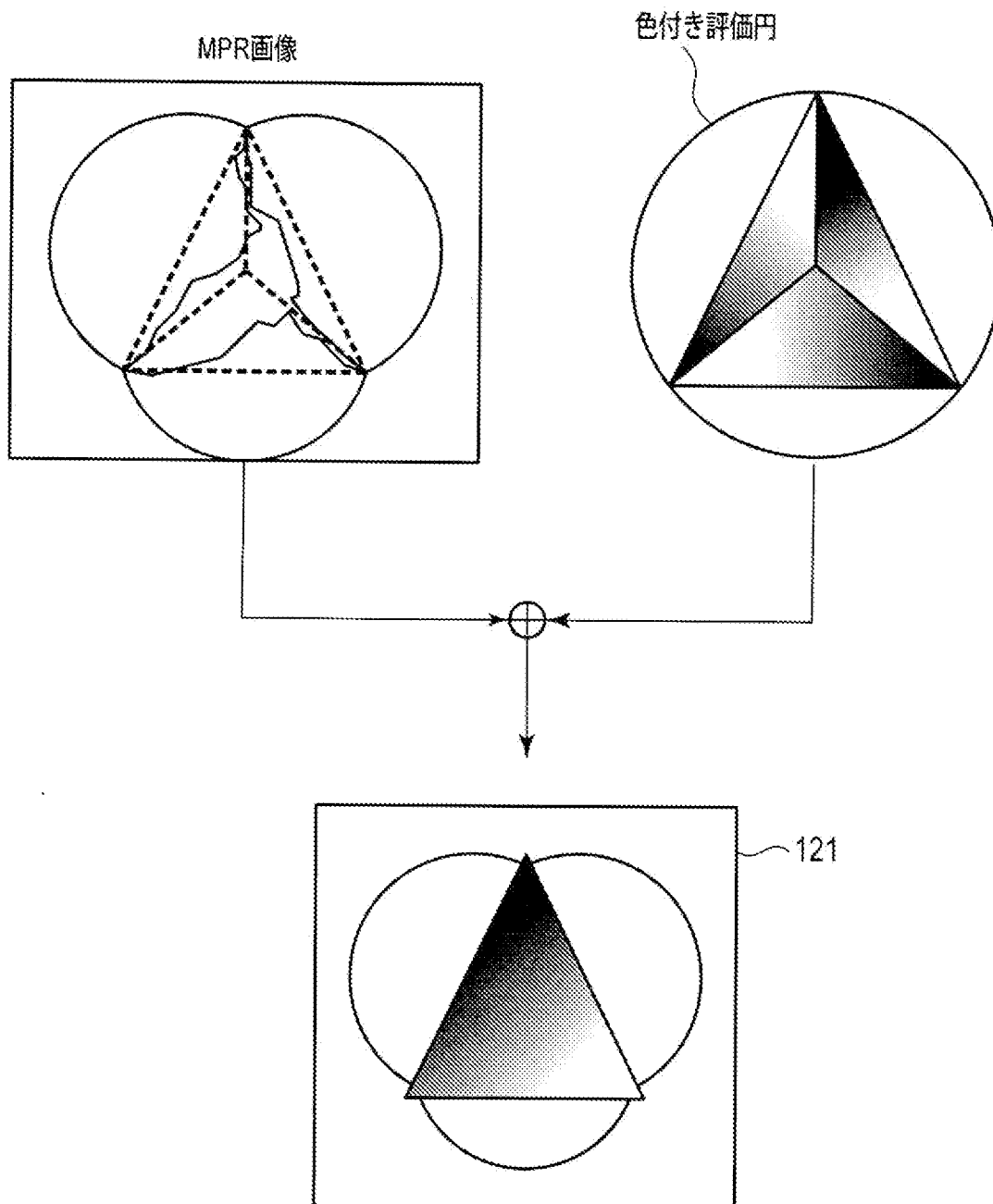
[図24B]



[図24C]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/075330

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B6/03(2006.01) i, A61B5/055(2006.01) i, A61B8/08(2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B6/03, A61B5/055, A61B8/08

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2011-130825 A (Hitachi Aloka Medical, Ltd.), 07 July 2011 (07.07.2011), paragraphs [0019] to [0020], [0038], [0047], [0063] (Family: none)	1-2
A	JP 2011-504629 A (Toshiba Medical Visualization Systems Europe, Ltd.), 10 February 2011 (10.02.2011), & US 2009/0136106 A1 & EP 2220621 A & WO 2009/066053 A2	1-2
A	JP 2010-188118 A (Toshiba Corp.), 02 September 2010 (02.09.2010), & US 2010/0185091 A1 & EP 2208467 A1 & CN 101791229 A	1-2



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 January, 2012 (26.01.12)

Date of mailing of the international search report

07 February, 2012 (07.02.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/075330

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, X	JP 2011-239889 A (Toshiba Corp.), 01 December 2011 (01.12.2011), (Family: none)	1-2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/075330

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
(See extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
Claims 1-2

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/075330

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Document 1 (JP 2011-130825 A (Hitachi Aloka Medical, Ltd.) 07 July 2011 (07.07.2011), paragraphs [0019] to [0020], [0038], [0047] and [0063]) discloses an image processor wherein, in measuring the left ventricle, right ventricle, etc. of the heart, a cardiac valve is specified by image processing of a three-dimensional image relating to the cardiac area and a graph indicating temporal change in the volume of the valve upstream area of the aforesaid cardiac valve is displayed on a display. It appears that the temporal change in the volume of the valve upstream area stands for temporal change in the opening/closing level of the aforesaid cardiac valve. The application of the processing in the aforesaid image processor to various kinds of cardiac valves, for example, the aortic valve can be properly performed by a person skilled in the art. Accordingly, the inventions of claims 1-2 do not make a contribution over the prior art in the light of the disclosure by document 1 and, therefore, have no special technical feature. Thus, neither the same nor corresponding special technical feature can be found among the inventions of claims 1-11. Such being the case, the present international application does not comply with the requirement of unity of invention.

Claims of the present case have the following five invention groups.

(Invention group 1) Inventions of claims 1-2:

Displaying an index value, said value standing for the opening/closing level of a cardiac valve, for each of different parts of the heart.

(Invention group 2) Invention of claim 3:

Displaying a schematic valve image which schematically shows the shape of a cardiac valve and shows the opening/closing level of the cardiac valve depending on luminance or color variation.

(Invention group 3) Inventions of claims 4-9:

Forming a schematic valve image which schematically shows the shape of a cardiac valve, and a color image which shows the opening/closing level of the cardiac valve in color.

(Invention group 4) Invention of claim 10:

Forming a color image showing the presence/absence of valve pixels, that are searched for along a definite direction from a section intersecting a vascular area, in color.

(Invention group 5) Invention of claim 11:

Displaying a cardiac valve that is superimposed and positioned on a schematic valve image, said schematic valve image schematically showing the shape of the cardiac valve.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B6/03(2006.01)i, A61B5/055(2006.01)i, A61B8/08(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B6/03, A61B5/055, A61B8/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2011-130825 A（日立アロカメディカル株式会社）2011.07.07, [0019]-[0020], [0038], [0047], [0063]（ファミリーなし）	1-2
A	JP 2011-504629 A（トウシバメディカルビジュアライゼーションシ ステムズヨーロッパ・リミテッド）2011.02.10 & US 2009/0136106 A1 & EP 2220621 A & WO 2009/066053 A2	1-2
A	JP 2010-188118 A（株式会社東芝）2010.09.02 & US 2010/0185091 A1 & EP 2208467 A1 & CN 101791229 A	1-2

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

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 6 . 0 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 2 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

原 俊文

2 Q

4 0 7 8

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

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
E, X	JP 2011-239889 A (株式会社東芝) 2011.12.01 (ファミリーなし)	1-2

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

特別ページ参照。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

請求項 1-2

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

文献 1 (JP 2011-130825 A (日立アロカメディカル株式会社) 2011.07.07, [0019]-[0020], [0038], [0047], [0063]) には、心臓の左室、右室等の計測において、心臓領域に関する 3 次元画像から心臓弁を画像処理により特定し、前記心臓弁の弁上流側領域の体積の時間変化のグラフをディスプレイに表示する画像処理装置が記載されている。そして、前記弁上流側領域の体積の時間変化は、前記心臓弁の開閉度合いの時間変化を表すものといえる。また、前記画像処理装置における処理を、例えば大動脈弁など種々の心臓弁に適用することは、当業者が適宜なし得るものである。そうすると、請求項 1-2 に係る発明は、文献 1 の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものといえないことから、特別な技術的特徴を有しない。したがって、請求項 1-11 に係る発明に同一の又は対応する特別な技術的特徴を見いだすことができず、よって、この国際出願は発明の単一性の要件を満たさない。

そして、請求の範囲には、以下に示す 5 の発明 (群) が含まれる。

(発明 1) 請求項 1-2 に係る発明：

心臓の異なる部分毎に、心臓弁の開閉度合いを表す指標値を表示する。

(発明 2) 請求項 3 に係る発明：

心臓弁の形状を模式的に表現し、かつ前記心臓弁の開閉度合いを輝度又は色の違いで表現した模式的弁画像を表示する。

(発明 3) 請求項 4-9 に係る発明：

心臓弁の形状を模式的に表現した模式的弁画像と、前記心臓弁の開閉度合いを色で表現した色画像とを生成する。

(発明 4) 請求項 10 に係る発明：

血管領域に交差する断面から規定方向に沿って探索した弁画素の有無を色で表現した色画像を生成する。

(発明 5) 請求項 11 に係る発明：

心臓弁の形状を模式的に表現した模式的弁画像上に、前記心臓弁を位置整合して重ねて表示する。