(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
2023年3月23日(23.03.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/042861 A1

(51) 国際特許分類:
A61B 8/12 (2006.01) *G06T 7/00* (2017.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/034448

(22) 国際出願日： 2022年9月14日(14.09.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2021-152459 2021年9月17日(17.09.2021) JP

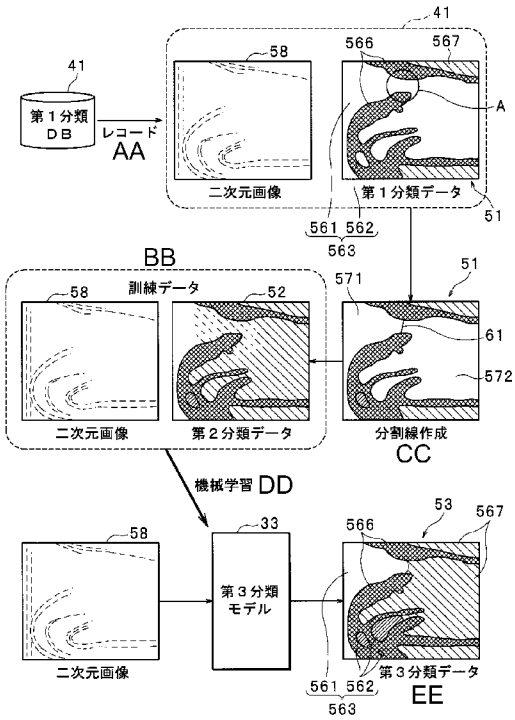
(71) 出願人:テルモ株式会社(**TERUMO KABUSHIKI KAISHA**) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷二丁目４４番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 吉澤 俊祐 (**YOSHIZAWA, Shunsuke**); 〒2590151 神奈川県足柄上郡中井町井ノ口１５００番地 テルモ株式会社内 Kanagawa (JP). 坂本 泰一(**SAKAMOTO, Yasukazu**); 〒2590151 神奈川県足柄上郡中井町井ノ口１５００番地 テルモ株式会社内 Kanagawa (JP). 清水 克彦 (**SHIMIZU, Katsuhiko**); 〒2590151 神奈川県足柄上郡中井町井ノ口１５００番地 テルモ株式会社内 Kanagawa (JP). 石原 弘之(**ISHIHARA, Hiroyuki**); 〒2590151 神奈川県足柄上郡中井町井ノ口１５００番地 テルモ株式会社内 Kanagawa (JP).

WO 2023/042861 A1

(54) **Title:** LEARNING MODEL GENERATION METHOD, IMAGE PROCESSING DEVICE, INFORMATION PROCESSING DEVICE, TRAINING DATA GENERATION METHOD, AND IMAGE PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称： 学習モデル生成方法、画像処理装置、情報処理装置、訓練データ生成方法および画像処理方法



33 Third classification model
41 First classification database
51 First classification data
52 Second classification data
58 Two-dimensional image
AA Record
BB Training data
CC Dividing line creation
DD Machine learning
EE Third classification data

(57) **Abstract:** The purpose of the present invention is to provide a learning model generation method that generates a learning model that supports understanding of images acquired by an image acquisition catheter. The learning model generation method: creates a dividing line, in a two-dimensional image (58), that divides a lumen area (561) into a first

［続葉有］

(74) 代理人：河野 英仁，外(KOHNO, Hideto et al.)；
〒5400035 大阪府大阪市中央区釣鐘町二丁目４番３号 河野特許事務所 Osaka (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

area (571) in which an image acquisition catheter has been inserted and a second area (572) that reaches the edge of the two-dimensional image (58), when a determination has been made that the lumen area (561) has reached the edge of the two-dimensional image (58); creates second classification data (52) that distributes the probability of being the lumen area (561) and an extraluminal area (567); associates the second classification data to the two-dimensional image (58) and stores same in a training database; and generates a learning model (33) that outputs third classification data (53) that, by machine learning, has divided the two-dimensional image (58), if input, into a plurality of areas including a biological tissue area (566), the lumen area (561), and an extraluminal area (567).

(57) 要約：画像取得用カテーテルにより取得した画像の理解を支援する学習モデルを生成する、学習モデル生成方法等を提供すること。 学習モデル生成方法は、二次元画像（５８）において、内腔領域（５６１）が前記二次元画像（５８）の縁に到達していると判定した場合、前記内腔領域（５６１）を、前記画像取得用カテーテルが挿入されている第１領域（５７１）と前記二次元画像（５８）の縁に到達している第２領域（５７２）とに分割する分割線を作成し、前記内腔領域（５６１）である確率と腔外領域（５６７）である確率とを配分した第２分類データ（５２）を作成し、前記二次元画像（５８）と関連づけて訓練データベースに記録し、機械学習により、二次元画像（５８）を入力した場合に、前記生体組織領域（５６６）、前記内腔領域（５６１）、および、前記腔外領域（５６７）を含む複数の領域に分類された、第３分類データ（５３）を出力する学習モデル（３３）を生成する。

明　細　書

発明の名称 ：

学習モデル生成方法、画像処理装置、情報処理装置、訓練データ生成方法および画像処理方法

技術分野

[0001]　本発明は、学習モデル生成方法、画像処理装置、情報処理装置、訓練データ生成方法および画像処理方法に関する。

背景技術

[0002]　血管等の管腔器官に画像取得用カテーテルを挿入して、画像を取得するカテーテルシステムが使用されている（特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第２０１７／１６４０７１号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　しかしながら、画像取得用カテーテルを用いて取得した画像では、管腔器官の一部の情報が欠損した状態に描出される場合がある。このような欠損が生じた画像では、管腔器官の構造を正しく描出できていない。したがって、ユーザが管腔器官の構造を素早く理解しにくい場合がある。

[0005]　一つの側面では、画像取得用カテーテルにより取得した画像の理解を支援することが可能な、学習モデル生成方法等を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006]　学習モデル生成方法は、画像取得用カテーテルを用いて取得された二次元画像を取得し、前記二次元画像を構成する各ピクセルが、生体組織領域、前記画像取得用カテーテルが挿入されている内腔領域、および、生体組織領域よりも外側の腔外領域を含む複数の領域に分類された、第１分類データを取

得し、前記二次元画像において、前記内腔領域が前記二次元画像の縁に到達しているか否かを判定し、到達していないと判定した場合、前記二次元画像と前記第１分類データとを関連づけて訓練データベースに記録し、到達していると判定した場合、前記内腔領域を、前記画像取得用カテーテルが挿入されている第１領域と前記二次元画像の縁に到達している第２領域とに分割する分割線を作成し、前記分割線および前記第１分類データに基づいて、前記第１分類データのうち前記内腔領域を構成するそれぞれの小領域について、前記内腔領域である確率と前記腔外領域である確率とを配分した第２分類データを作成し、前記二次元画像と前記第２分類データとを関連づけて前記訓練データベースに記録し、前記訓練データベースに記録した訓練データを用いた機械学習により、二次元画像を入力した場合に、当該二次元画像を構成する各ピクセルが、前記生体組織領域、前記内腔領域、および、前記腔外領域を含む複数の領域に分類された、第３分類データを出力する学習モデルを生成する。

発明の効果

[0007] 一つの側面では、画像取得用カテーテルにより取得した画像の理解を支援することが可能な、学習モデル生成方法等を提供できる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]第３分類モデルの生成方法を説明する説明図である。

[図2]第１分類データを説明する説明図である。

[図3]訓練ＤＢを作成する情報処理装置の構成を説明する説明図である。

[図4]第１分類ＤＢのレコードレイアウトを説明する説明図である。

[図5]訓練ＤＢのレコードレイアウトを説明する説明図である。

[図6]分割線を作成する方法を説明する説明図である。

[図7]ＲＴ形式画像におけるシータ方向の端部に生体組織領域の開口部が存在する場合の処理を説明する説明図である。

[図8]第２分類データを説明する説明図である。

[図9A]第１分類データ中の、図８におけるＢ部に対応する場所の９ピクセル

を拡大して示す模式図である。

[図9B]図８におけるＢ部の９ピクセルを拡大して示す模式図である。

[図10]第２分類データを説明する説明図である。

[図11]第２分類データを説明する説明図である。

[図12]第２分類データを説明する説明図である。

[図13]プログラムの処理の流れを説明するフローチャートである。

[図14]分割線作成のサブルーチンの処理の流れを説明するフローチャートである。

[図15]第２分類データ作成のサブルーチンの処理の流れを説明するフローチャートである。

[図16]第３分類モデルを生成する情報処理装置の構成を説明する説明図である。

[図17]機械学習を行なうプログラムの処理の流れを説明するフローチャートである。

[図18]開閉判定モデルを説明する説明図である。

[図19A]ＲＴ形式で表示した第１分類データに対して、複数の分割線候補を作成した状態を説明する説明図である。

[図19B]図１９ＡをＸＹ形式に座標変換した状態を説明する説明図である。

[図20]変形例１－２の分割線作成のサブルーチンの処理の流れを説明するフローチャートである。

[図21]変形例１－４の分割線候補を説明する説明図である。

[図22]変形例１－５の機械学習を説明する説明図である。

[図23]実施の形態２のプログラムの処理の流れを説明するフローチャートである。

[図24]第１分類データ生成のサブルーチンの処理の流れを説明するフローチャートである。

[図25]実施の形態３のカテーテルシステムの構成を説明する説明図である。

[図26]実施の形態３のプログラムの処理の流れを説明するフローチャートで

ある。

[図27]実施の形態３の表示例である。

[図28]変形例３－１のプログラムの処理の流れを説明するフローチャートである。

[図29]実施の形態４のカテーテルシステムの構成を説明する説明図である。

[図30]実施の形態４のプログラムの処理の流れを説明するフローチャートである。

[図31]実施の形態５の情報処理装置の機能ブロック図である。

[図32]実施の形態６の画像処理装置の機能ブロック図である。

[図33]実施の形態７の画像処理装置の機能ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0009] ［実施の形態１］

図１は、第３分類モデル３３の生成方法を説明する説明図である。第１分類ＤＢ４１に、二次元画像５８と第１分類データ５１との組が多数記録されている。本実施の形態の二次元画像５８は、ラジアル走査型の画像取得用カテーテル２８（図２５参照）を用いて取得された断層像である。以下の説明では、二次元画像５８は超音波断層像である場合を例にして説明する。

[0010] 二次元画像５８は、近赤外光を用いたＯＣＴ（Optical Coherence Tomography）による断層像であってもよい。二次元画像は、リニア走査型またはセクタ操作型の画像取得用カテーテル２８を用いて取得された断層像であってもよい。

[0011] 図１においては、走査線データを走査角度順に平行に配列して形成した、いわゆるＲＴ形式で二次元画像５８を図示する。二次元画像５８の左端が画像取得用カテーテル２８である。二次元画像５８の横方向は、画像取得用カテーテル２８との距離に対応し、二次元画像５８の縦方向は走査角度に対応する。

[0012] 第１分類データ５１は、二次元画像５８を構成する各ピクセルを、生体組織領域５６６、内腔領域５６３および腔外領域５６７に分類したデータであ

る。内腔領域５６３は、画像取得用カテーテル２８が挿入されている第１内腔領域５６１と画像取得用カテーテル２８が挿入されていない第２内腔領域５６２とに分類されている。

[0013] それぞれのピクセルには、分類された領域を示すラベルが関連づけられている。図１においては、生体組織領域５６６のラベルが関連付けられた部分を格子状のハッチング、第１内腔領域５６１のラベルが関連付けられた部分をハッチング無し、第２内腔領域５６２のラベルが関連付けられた部分を左下がりのハッチング、腔外領域５６７のラベルが関連付けられた部分を右下がりのハッチングでそれぞれ示す。なお、二次元画像５８を構成する複数のピクセルをまとめた小領域ごとにラベルが関連づけられていてもよい。

[0014] 画像取得用カテーテル２８が血管または心臓等の循環器に挿入されている場合を例にして、具体的に説明する。生体組織領域５６６は血管壁または心臓壁等の、管腔器官壁に対応する。第１内腔領域５６１は、画像取得用カテーテル２８が挿入されている管腔器官の内側の領域である。すなわち、第１内腔領域５６１は、血液で満たされている領域である。

[0015] 第２内腔領域５６２は、画像取得用カテーテル２８が挿入されている血管等の近傍に存在する別の管腔器官の内側の領域である。たとえば第２内腔領域５６２は画像取得用カテーテル２８が挿入されている血管から分岐した血管の内側の領域、または、画像取得用カテーテル２８が挿入されている血管に近接する他の血管の内側の領域である。第２内腔領域５６２は、たとえば胆管、膵管、尿管または尿道等の、循環器以外の管腔器官の内側の領域である場合もある。

[0016] 腔外領域５６７は、生体組織領域５６６の外側の領域である。心房、心室または太い血管等の内側の領域であっても、二次元画像５８の表示レンジに収まっていない場合には、腔外領域５６７に分類される。

[0017] 図示を省略するが、第１分類データ５１は、たとえば画像取得用カテーテル２８、画像取得用カテーテル２８と共に挿入されたガイドワイヤ等が描出された器具領域、および石灰化等の病変部が描出された病変領域等の、種々

の領域に対応するラベルを含んでもよい。二次元画像５８から第１分類データ５１を作成する方法については、後述する。

[0018] 図１に示す第１分類データ５１においては、第１分類データ５１の右端から左端まで第１内腔領域５６１が連続している。すなわち、生体組織領域５６６に開口部が存在するために、第１内腔領域５６１が生体組織領域５６６により囲まれていない状態である。以下の説明では第１分類データ５１の右端から左端まで第１内腔領域５６１が連続している状態を、第１内腔領域５６１が「開いた」状態であると記載する場合がある。同様に第１内腔領域５６１が第１分類データ５１の左端まで連続していない状態を、第１内腔領域５６１が「閉じた」状態であると記載する場合がある。

[0019] 図１に示す例においては、Ａ部において生体組織領域５６６が適切に抽出されずに開口部になっているために、第１内腔領域５６１が開いた状態になっている。たとえば画像取得用カテーテル２８と生体組織の内壁と間の角度の状態、画像取得用カテーテル２８と生体組織の内壁との間の距離、および生体組織の性状等の様々な要因により、偶発的に生体組織の一部が途切れた状態、または不鮮明な状態の二次元画像５８が撮影される場合があることが知られている。そのような、二次元画像５８に基づいて作成された第１分類データ５１においては、生体組織領域５６６の一部に開口部が存在する状態になる。

[0020] 生体組織領域５６６に開口部が存在することにより、第１分類データ５１中の第１内腔領域５６１が開いた状態である場合、第１内腔領域５６１のうち生体組織領域５６６の開口部よりも外側の領域は、管腔器官の構造を把握するうえでは重要な情報ではない。したがって、第１内腔領域５６１は開口部よりも外側の領域を含まないことが好ましい。

[0021] たとえば、それぞれの領域の面積、体積または周囲長等の自動測定を行なう場合、生体組織領域５６６の開口部よりも外側の領域を第１内腔領域５６１に含めてしまうと、測定結果に誤りが生じる可能性がある。さらに、三次元走査型の画像取得用カテーテル２８を使用して三次元画像を作成する場合

、生体組織領域５６６の開口部よりも外側に存在する第１内腔領域５６１のラベルが付与された領域は、管腔器官の構造を把握するうえでは三次元画像上のノイズのようになってしまう。そのため、ユーザが三次元形状を把握しにくくなる。

[0022] 十分に熟練していないユーザは、このようなノイズに惑わされて観察中の部位の構造を理解するのに苦労する場合がある。熟練した医師または検査技師等のユーザが二次元画像５８を見た場合には、生体組織領域５６６の開口部に起因して、三次元画像上にノイズが生じていることを比較的容易に判別できる。しかし、たとえば面積等の自動測定を正しく行なうために、ユーザが手作業で第１分類データ５１のラベルを修正する作業は煩雑である。

[0023] 本実施の形態においては、第１内腔領域５６１を画像取得用カテーテル２８に近い側である第１領域５７１と、画像取得用カテーテル２８から遠い側である第２領域５７２とに分割する分割線６１が自動的に作成される。分割線６１は、第１内腔領域５６１と腔外領域５６７とを分ける生体組織領域５６６が存在すると仮定する線である。分割線６１の作成方法の具体例については、後述する。

[0024] その後、第１内腔領域５６１を構成する各ピクセルについて、第１内腔領域５６１である確率と、腔外領域５６７である確率とが、自動的に配分されて、第２分類データ５２が作成される。第１内腔領域５６１である確率と、腔外領域５６７である確率との和は、１である。分割線６１の近傍では、第１内腔領域５６１である確率と腔外領域５６７である確率とはほぼ等しい。分割線６１から画像取得用カテーテル２８に近づくにつれて、第１内腔領域５６１である確率が大きくなる。分割線６１から画像取得用カテーテル２８とは反対側に離れるにつれて、腔外領域５６７である確率が大きくなる。確率の分配方法の具体例については、後述する。

[0025] 第１分類ＤＢ４１に記録された二次元画像５８と第１分類データ５１との組のうち、第１内腔領域５６１が第１分類データ５１の右端まで到達しているデータについては、以上の処理により第２分類データ５２が作成される。

二次元画像５８と第２分類データ５２との組が、一組の訓練データを構成する。

[0026] 第１分類ＤＢ４１に記録された二次元画像５８と第１分類データ５１との組のうち、第１内腔領域５６１が第１分類データ５１の右端まで到達していないデータについては、第２分類データ５２は作成されない。二次元画像５８と第１分類データ５１との組が、一組の訓練データを構成する。

[0027] 以上により、多数の訓練データの組を記録した訓練ＤＢ４２（図３参照）が自動的に作成される。訓練ＤＢ４２を用いて機械学習を行ない、二次元画像５８を入力した際に第３分類データ５３を出力する第３分類モデル３３が生成される。図１に示すように、第３分類データ５３においては生体組織領域５６６が存在しない場所に第１内腔領域５６１と腔外領域５６７との境界が作成されている。

[0028] 以上により、二次元画像５８において生体組織が明瞭に描出されていない場所が存在した場合であっても、適切にラベルを付与する第３分類モデル３３を生成できる。生成された第３分類モデル３３は、本実施の形態の学習モデルの例示である。以後の説明では、機械学習が完了した第３分類モデル３３を、学習済モデルと記載する場合がある。

[0029] このようにして生成された第３分類モデル３３を用いて、第３分類データ５３を出力することにより、ユーザが速やかに観察中の部位の構造を理解できるように支援するカテーテルシステム１０（図２５参照）を提供できる。さらに、ユーザが煩雑な修正作業を行なうことなく、面積等の自動計測、および、三次元画像の表示を適切に行なうカテーテルシステム１０を提供できる。

[0030] 図２は、第１分類データ５１を説明する説明図である。二次元画像５８に基づいて第１分類データ５１を作成する第１分類モデル３１は、ラベル分類モデル３５と、分類データ変換部３９との二つのコンポーネントを含む。

[0031] まず、二次元画像５８がラベル分類モデル３５に入力されて、ラベルデータ５４が出力される。ラベル分類モデル３５は、二次元画像５８を構成する

それぞれのピクセル等の小領域に、当該小領域に描出されている被写体に関するラベルを付与するモデルである。ラベル分類モデル３５は、たとえばセマンティックセグメンテーション等の公知の機械学習手法により生成される。

[0032] 図２に示す例においては、ラベルデータ５４は格子状のハッチングで示す生体組織領域５６６を示すラベルと、それ以外の領域である非生体組織領域５６８を示すラベルとを含む。

[0033] ラベルデータ５４が分類データ変換部３９に入力されて、前述の第１分類データ５１が出力される。具体的には、非生体組織領域５６８のうち、周囲が生体組織領域５６６のみにより囲まれた領域のラベルは、第２内腔領域５６２に変換される。非生体組織領域５６８のうち、第１分類データ５１の左端（ＲＴ形式画像におけるラジアル方向の中心）である画像取得用カテーテル２８に接する領域は、第１内腔領域５６１に変換される。

[0034] 非生体組織領域５６８のうち、第１内腔領域５６１にも第２内腔領域５６２にも変換されなかった領域、具体的には周囲が生体組織領域５６６とＲＴ形式画像におけるラジアル方向の外端（図２に示すラベルデータ５４における右端）により囲まれた領域は、腔外領域５６７に変換される。なお、ＲＴ形式画像のシータ方向における上下端部は繋がっているため、図２に示す例において、腔外領域５６７は、その周囲が生体組織領域５６６とＲＴ形式画像のラジアル方向の外端とに囲まれている。

[0035] ＲＴ形式の二次元画像５８および第１分類データ５１は、座標変換によりＸＹ形式に変換可能である。ＲＴ形式画像とＸＹ形式画像との間の変換方法は公知であるため、説明を省略する。なお、ラベル分類モデル３５はＸＹ形式の二次元画像５８を受け付けてＸＹ形式のラベルデータ５４を出力するモデルであってもよい。しかしながら、ＸＹ形式の二次元画像５８を処理する方が、ＲＴ形式からＸＹ形式に変換する際の補間処理等の影響を受けないため、より適切なラベルデータ５４が作成される。

[0036] 図２を使用して説明した第１分類モデル３１の構成は例示である。第１分

類モデル３１は、二次元画像５８の入力を受け付けて、第１分類データ５１を直接出力するように学習したモデルであってもよい。

[0037] ラベル分類モデル３５は、機械学習を利用したモデルに限定しない。ラベル分類モデル３５は、たとえばエッジ抽出等の公知の画像処理手法に基づいて生体組織領域５６６を抽出するモデルであってもよい。

[0038] 第１分類モデル３１を使用する代わりに、二次元画像５８の読影に習熟した専門家が二次元画像５８を領域ごとに塗分けて、第１分類データ５１を作成してもよい。このようにして作成された二次元画像５８と第１分類データ５１との組は、機械学習により第１分類モデル３１またはラベル分類モデル３５を生成する際の訓練データに利用できる。

[0039] 図３は、訓練ＤＢを作成する情報処理装置２００の構成を説明する説明図である。情報処理装置２００は、制御部２０１、主記憶装置２０２、補助記憶装置２０３、通信部２０４、表示部２０５、入力部２０６およびバスを備える。制御部２０１は、本実施の形態のプログラムを実行する演算制御装置である。制御部２０１には、一または複数のＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）、またはマルチコアＣＰＵ等が使用される。制御部２０１は、バスを介して情報処理装置２００を構成するハードウェア各部と接続されている。

[0040] 主記憶装置２０２は、ＳＲＡＭ（Static Random Access Memory）、ＤＲＡＭ（Dynamic Random Access Memory）、フラッシュメモリ等の記憶装置である。主記憶装置２０２には、制御部２０１が行なう処理の途中で必要な情報、および、制御部２０１で実行中のプログラムが一時的に保存される。

[0041] 補助記憶装置２０３は、ＳＲＡＭ、フラッシュメモリ、ハードディスクまたは磁気テープ等の記憶装置である。補助記憶装置２０３には、第１分類ＤＢ（Database）４１、訓練ＤＢ４２、制御部２０１に実行させるプログラム、およびプログラムの実行に必要な各種データが保存される。通信部２０４は、情報処理装置２００とネットワークとの間の通信を行なうインターフェースである。第１分類ＤＢ４１および訓練ＤＢ４２は、情報処理装置２００

に接続された外部の大容量記憶装置等に記憶されていてもよい。

[0042] 表示部２０５は、たとえば液晶表示パネルまたは有機ＥＬ（Electro Luminescence）パネル等である。入力部２０６は、たとえばキーボードおよびマウス等である。表示部２０５に入力部２０６が積層されてタッチパネルを構成していてもよい。表示部２０５は、情報処理装置２００に接続された表示装置であってもよい。情報処理装置２００は、表示部２０５および入力部２０６を備えなくてもよい。

[0043] 情報処理装置２００は、汎用のパソコン、タブレット、大型計算機、または、大型計算機上で動作する仮想マシンである。情報処理装置２００は、分散処理を行なう複数のパソコン、または大型計算機等のハードウェアにより構成されても良い。情報処理装置２００は、クラウドコンピューティングシステムまたは量子コンピュータにより構成されても良い。

[0044] 図４は、第１分類ＤＢ４１のレコードレイアウトを説明する説明図である。第１分類ＤＢ４１は、二次元画像５８と第１分類データ５１とを関連づけて記録したＤＢである。第１分類ＤＢ４１は、二次元画像フィールドおよび第１分類データフィールドを有する。二次元画像フィールドには、二次元画像５８が記録されている。第１分類データフィールドには第１分類データ５１が記録されている。

[0045] 第１分類ＤＢ４１には、たとえば多くの医療機関から収集された二次元画像５８と、二次元画像５８に基づいて、たとえば図２を使用して説明した手法により作成された第１分類データ５１との組が多数記録されている。第１分類ＤＢ４１は、一枚の二次元画像５８について、一つのレコードを有する。

[0046] 図５は、訓練ＤＢ４２のレコードレイアウトを説明する説明図である。訓練ＤＢ４２は、二次元画像５８と分類データとを関連づけて記録したＤＢである。訓練ＤＢ４２は、二次元画像フィールドおよび分類データフィールドを有する。二次元画像フィールドには、二次元画像５８が記録されている。分類データフィールドには、二次元画像５８に関連づけられた分類データが

記録されている。

[0047] 訓練ＤＢ４２の二次元画像フィールドに記録されている二次元画像５８は、第１分類ＤＢ４１の二次元画像フィールドに記録されている二次元画像５８と同一である。訓練ＤＢ４２の分類データフィールドに記録されている分類データは、第１分類ＤＢ４１の第１分類データフィールドに記録されている第１分類データ５１、または、第１分類データ５１に基づいて作成された第２分類データ５２である。訓練ＤＢ４２は、一枚の二次元画像５８について、一つのレコードを有する。

[0048] 図６は、分割線６１を作成する方法を説明する説明図である。図６は、第１内腔領域５６１が開いた状態である第１分類データ５１を示す。生体組織領域５６６は、上側と下側の二つの部分に分離して描出されている。

[0049] 図６においては、上側の生体組織領域５６６と下側の生体組織領域５６６との間に５本の分割線候補６２が作成されている。上下の生体組織領域５６６を結ぶ限り、分割線候補６２の位置は任意である。たとえば制御部２０１は、上側の生体組織領域５６６内のランダムな位置に第１点を選択し、下側の生体組織領域５６６内のランダムな位置に第２点を選択する。制御部２０１は、第１点と第２点とを結ぶ直線のうち、上側の生体組織領域５６６と下側の生体組織領域５６６とに挟まれた部分を分割線候補６２に定める。

[0050] その後第１分類データ５１は複数の分割線候補６２から１本の分割線６１を選択する。たとえば制御部２０１は、複数の分割線候補６２のなかで最も短い分割線候補６２を分割線６１に選択する。制御部２０１は、複数の分割線候補６２の中からランダムに１本の分割線候補６２を分割線６１に選択してもよい。分割線６１を決定する方法の変形例については後述する。

[0051] 図７は、ＲＴ形式画像におけるシータ方向の端部（図７に示す第１分類データ５１における上下方向の端部）に生体組織領域５６６の開口部が存在する場合の処理を説明する説明図である。図７の左側に、ＲＴ形式画像の表示を開始する走査角度と、生体組織領域５６６が開口して見える向きと一致している場合のＲＴ画像の例を示す。生体組織領域５６６が一塊に描出され、

ＲＴ形式画像の上下の縁に接していない。このような状態では、分割線候補６２の作成が難しい。

[0052] 制御部２０１は、このようなＲＴ形式画像を走査線に平行な切断線６４１で切断し、上下を入れ替えて貼付線６４２で接合することにより、図７の右側に示すようなＲＴ画像に変換できる。生体組織領域５６６の開口部が向かい合った状態にすることにより、制御部２０１は、図６を使用して説明した手順を用いて分割線候補６２を作成できる。

[0053] 制御部２０１は、ＲＴ形式画像を切断してから貼り合わせる代わりに、ＲＴ形式画像の表示を開始する走査角度を変更することによっても、同様の手順で分割線候補６２を作成可能な二次元画像５８を得られる。

[0054] 図８から図１２は、第２分類データ５２を説明する説明図である。図９Ａは、第１分類データ５１中の、図８におけるＢ部に対応する場所の９ピクセルを拡大して示す模式図である。それぞれのピクセルに、「１」、「３」等のラベルが関連づけられている。以下の説明では「１」は第１内腔領域５６１を、「２」は腔外領域５６７を、「３」は生体組織領域５６６をそれぞれ示すラベルである。

[0055] 図９Ｂは、図８におけるＢ部の９ピクセルを拡大して示す模式図である。図９Ａと図９Ｂとは、同一の位置のピクセルを示す。図９Ｂにおいては、たとえば左上のピクセルに関連づけられた「１：８０％　２：２０％」のラベルは、「第１内腔領域５６１である確率が８０パーセント、腔外領域５６７である確率が２０パーセント」であることを示す。いずれのピクセルにおいても、第１内腔領域５６１である確率と、腔外領域５６７である確率とは、両者の合計が１００％になるように配分されている。

[0056] 同様に、右下のピクセルに関連づけられた「３：１００％」のラベルは、「生体組織領域５６６である確率が１００パーセント」であることを示す。図９Ａにおいて「３」のラベルが関連付けられたピクセルは、図９においては「３：１００％」のラベルが関連づけられている。このように、第２分類データ５２においては、１つのピクセルに対して複数のラベルの確率を関連

づけることができる。

[0057] 図１０および図１１を使用して、それぞれのピクセルに対応する確率を定める方法の一例を説明する。図１０に、３個の対象ピクセル６７と、それぞれに対応する接続線６６を模式的に示す。接続線６６は、対象ピクセル６７と分割線６１とを結ぶ線である。

[0058] 実線の接続線６６は、対象ピクセル６７から分割線６１に向けて垂直に引いた接続線６６の例を示す。二点鎖線の接続線６６は、対象ピクセル６７から分割線６１に向けて斜めに引いた接続線６６の例を示す。破線の接続線６６は、対象ピクセル６７から接続線６６に一回折れ曲がった折れ線で引いた接続線６６の例を示す。

[0059] 制御部２０１は、第１内腔領域５６１を構成するそれぞれのピクセルを対象ピクセル６７に順次定め、生体組織領域５６６と交差しないように接続線６６を作成し、接続線６６の長さを算出する。接続線６６を作成する際の優先度は、実線で示す垂直な接続線６６が最も高い。対象ピクセル６７から分割線６１に垂直な対象ピクセル６７を作成できない場合、制御部２０１は二点鎖線で例示したように生体組織領域５６６と交差しない最短の直線になるように接続線６６を作成して、その長さを算出する。

[0060] 対象ピクセル６７と分割線６１とを直線で接続する接続線６６を作成できない場合、制御部２０１は、破線で例示するように生体組織領域５６６と交差せず、最短の折れ線になるように接続線６６を作成して、その長さを算出する。１回の折れ線で接続線６６を作成できない場合、制御部２０１は、２回以上の折れ線の接続線６６を作成する。

[0061] 図１１は、接続線６６の長さと、第１内腔領域５６１である確率および腔外領域５６７である確率との関係を示すグラフの一例である。横軸は、接続線６６の長さを示す。横軸の「０」は、分割線６１上であることを示す。横軸の正方向は、分割線６１よりも右側、すなわち画像取得用カテーテル２８から遠い側の領域に属する接続線６６の長さを示す。横軸の負方向は、分割線６１よりも左側、すなわち画像取得用カテーテル２８に近い側の領域に属

する接続線６６の長さを示す。

[0062] たとえば、図８において分割線６１に垂直に引いた仮想線Ｓ上における、第１内腔領域５６１である確率および腔外領域５６７である確率は、図１１で示すグラフで表される。ここで、横軸の原点は、分割線６１と仮想線Ｓとの交点に対応する。

[0063] 図１１の縦軸は、確率を示す。実線は、第１内腔領域５６１である確率を、パーセントで示す。破線は、腔外領域５６７である確率を、パーセントで示す。図１１に示す確率は、たとえば（１）式から（４）式に示すシグモイド曲線である。

[0064] [数1]

対象ピクセル６７が分割線６１よりも画像取得用カテーテル２８に近い場合

$$P1=\frac{1}{1+e^{-\frac{L}{A}}} \quad \cdots\cdots \quad (1)$$

$$P2=1-P1 \quad \cdots\cdots \quad (2)$$

対象ピクセル６７が分割線６１よりも画像取得用カテーテル２８から遠い場合

$$P1=\frac{1}{1+e^{\frac{L}{A}}} \quad \cdots\cdots \quad (3)$$

$$P2=1-P1 \quad \cdots\cdots \quad (4)$$

Ｐ１：小領域が内腔領域である確率
Ｐ２：小領域が腔外領域である確率
Ｌ：接続線の長さ
Ａ：定数

[0065] なお、図１１においては、定数Ａ＝１である場合のグラフを例示する。

[0066] 図１２は、接続線６６の長さと、第１内腔領域５６１である確率および腔外領域５６７である確率との関係を示すグラフの変形例である。縦軸および横軸と、実線グラフおよび破線グラフの意味とは、図１１と同様であるため

、説明を省略する。横軸に示すＢは定数である。

[0067] 図１２においては、接続線６６の長さが「－Ｂ」よりも小さい場合、すなわち閾値Ｂよりも画像取得用カテーテル２８に近い場合、第１内腔領域５６１である確率が１００パーセントである。同様に接続線６６の長さが「＋Ｂ」よりも大きい場合、すなわち閾値Ｂよりも画像取得用カテーテル２８から遠い場合、腔外領域５６７である確率が１００パーセントである。接続線６６の長さが「－Ｂ」から「＋Ｂ」までの範囲では、第１内腔領域５６１である確率は直線状に単調減少し、腔外領域５６７である確率は直線状に単調増加する。

[0068] 第１内腔領域５６１である確率と腔外領域５６７である確率は、図１１および図１２に示すグラフに限定しない。パラメータであるＡおよびＢは任意に選択できる。たとえば、分割線６１よりも左側では、第１領域５７１である確率が１００パーセントであり、分割線６１よりも右側では腔外領域５６７である確率が１００パーセントであってもよい。

[0069] 図１３は、プログラムの処理の流れを説明するフローチャートである。制御部２０１は、第１分類ＤＢ４１から１組の第１分類レコードを取得する（ステップＳ５０１）。ステップＳ５０１により、制御部２０１は本実施の形態の画像取得部の機能、および、第１分類データ取得部の機能を実現する。

[0070] 制御部２０１は、第１内腔領域５６１が閉じた状態であるか否かを判定する（ステップＳ５０２）。ステップＳ５０２により、制御部２０１は本実施の形態の判定部の機能を実現する。閉じた状態であると判定した場合（ステップＳ５０２でＹＥＳ）、制御部２０１は訓練ＤＢ４２に新規レコードを作成して、ステップＳ５０１で取得したレコードに記録された二次元画像５８と第１分類データ５１とを記録する（ステップＳ５０３）。

[0071] 閉じた状態ではないと判定した場合（ステップＳ５０２でＮＯ）、制御部２０１は分割線作成のサブルーチンを起動する（ステップＳ５０４）。分割線作成のサブルーチンは、開いた状態である第１内腔領域５６１を、画像取得用カテーテル２８に近い側である第１領域５７１と、画像取得用カテーテ

ル２８から遠い側である第２領域５７２とに分割する分割線６１を作成するサブルーチンである。分割線作成のサブルーチンにより、制御部２０１は本実施の形態の分割線作成部の機能を実現する。分割線作成のサブルーチンの処理の流れは後述する。

[0072] 制御部２０１は、第２分類データ作成のサブルーチンを起動する（ステップＳ５０５）。第２分類データ作成のサブルーチンは、第１分類データ５１の第１内腔領域５６１を構成する各小領域について、第１内腔領域５６１である確率と、腔外領域５６７である確率とを配分した、第２分類データ５２を作成するサブルーチンである。第２分類データ作成部により、制御部２０１は本実施の形態の第２分類データ作成部の機能を実現する。第２分類データ作成のサブルーチンの処理の流れは後述する。

[0073] 制御部２０１は、訓練ＤＢ４２に新規レコードを作成して、二次元画像５８と第２分類データ５２とを記録する（ステップＳ５０６）。ここで二次元画像５８は、ステップＳ５０１で取得されたレコードに記録された二次元画像５８である。第２分類データ５２は、ステップＳ５０５で作成した第２分類データ５２である。

[0074] ステップＳ５０３またはステップＳ５０６の終了後、制御部２０１は処理を終了するか否かを判定する（ステップＳ５０７）。たとえば制御部２０１は、第１分類ＤＢ４１に記録されたすべてのレコードの処理を終了した場合に、処理を終了すると判定する。制御部２０１は、所定の数のレコードの処理を終了した場合に、処理を終了すると判定してもよい。

[0075] 処理を終了しないと判定した場合（ステップＳ５０７でＮＯ）、制御部２０１はステップＳ５０１に戻る。処理を終了すると判定した場合（ステップＳ５０７でＹＥＳ）、制御部２０１は処理を終了する。

[0076] 図１４は、分割線作成のサブルーチンの処理の流れを説明するフローチャートである。分割線作成のサブルーチンは、開いた状態である第１内腔領域５６１を、画像取得用カテーテル２８に近い側である第１領域５７１と、画像取得用カテーテル２８から遠い側である第２領域５７２とに分割する分割

線６１を作成するサブルーチンである。

[0077] 制御部２０１は、第１分類データ５１に含まれる生体組織領域５６６が、ＲＴ形式画像の上下の縁に接しているか否かを判定する（ステップＳ５１１）。接していないと判定した場合（ステップＳ５１１でＮＯ）、制御部２０１は、図７を使用して説明したように生体組織領域５６６を通る切断線６４１で第１分類データ５１を切断し、上下を張り替える（ステップＳ５１２）。

[0078] 接していると判定した場合（ステップＳ５１１でＹＥＳ）、またはステップＳ５１２の終了後、制御部２０１は分割線候補６２を１本作成する（ステップＳ５１３）。具体例を挙げて説明する。制御部２０１は、上側の生体組織領域５６６内のランダムな位置に第１点を選択する。制御部２０１は、下側の生体組織領域５６６内のランダムな位置に第２点を選択する。制御部２０１は、第１点と第２点とを結ぶ直線のうち、上側の生体組織領域５６６と下側の生体組織領域５６６とに挟まれた部分を分割線候補６２に定める。

[0079] 制御部２０１は、上側の生体組織領域５６６内の各ピクセルと、下側の生体組織領域５６６内の各ピクセルとの組み合わせを網羅するように、分割線候補６２を作成してもよい。

[0080] 制御部２０１は、分割線候補６２に関する所定のパラメータを算出する（ステップＳ５１４）。パラメータは、たとえば分割線候補６２の長さ、第１内腔領域５６１のうち、分割線候補６２よりも画像取得用カテーテル２８である領域の面積、または、分割線候補６２の傾き等である。

[0081] 制御部２０１は、分割線候補６２の始点および終点と、算出したパラメータとを関連づけて、主記憶装置２０２または補助記憶装置２０３に一時的に記録する（ステップＳ５１５）。表１にステップＳ５１５で記録するデータの例を表形式で示す。

[0082]

[表1]

No.	始点		終点		パラメータ
	R座標 [mm]	T座標 [度]	R座標 [mm]	T座標 [度]	
1	１５	３２０	１６	２１５	＊＊＊
2	２９	３４５	１２	２２２	＊＊＊

[0083] 制御部２０１は処理を終了するか否かを判定する（ステップＳ５１６）。たとえば、制御部２０１は所定の数の分割線候補６２を作成した場合に、処理を終了すると判定する。制御部２０１は、ステップＳ５１４で算出したパラメータが所定の条件を満たした場合に、処理を終了すると判定してもよい。

[0084] 終了しないと判定した場合（ステップＳ５１６でＮＯ）、制御部２０１はステップＳ５１３に戻る。終了すると判定した場合（ステップＳ５１６でＹＥＳ）、制御部２０１はステップＳ５１５で記録した分割線候補６２から、分割線６１を選択する（ステップＳ５１７）。その後、制御部２０１は処理を終了する。

[0085] たとえば制御部２０１は、ステップＳ５１４で分割線候補６２の長さを算出し、ステップＳ５１７で最も短い分割線候補６２をステップＳ５１７で選択する。制御部２０１は、ステップＳ５１４で分割線候補６２の傾きを算出し、ステップＳ５１７でＲ軸となす角度がもっとも垂直に近い分割線候補６２を選択してもよい。制御部２０１はステップＳ５１４で複数のパラメータを算出し、それらを演算した結果に基づいて分割線６１を選択してもよい。

[0086] なおステップＳ５１７において、複数の分割線候補６２からユーザが分割線６１を選択してもよい。具体的には、制御部２０１は二次元画像５８または第１分類データ５１に複数の分割線候補６２を重畳させて表示部２０５に出力する。ユーザは、入力部２０６を操作して、適切だと判断した分割線候補６２を選択する。制御部２０１は、ユーザによる選択に基づいて、分割線６１を決定する。

[0087] 図１５は、第２分類データ作成のサブルーチンの処理の流れを説明するフローチャートである。第２分類データ作成のサブルーチンは、第１分類データ５１の第１内腔領域５６１を構成する各小領域について、第１内腔領域５６１である確率と、腔外領域５６７である確率とを配分した、第２分類データ５２を作成するサブルーチンである。

[0088] 制御部２０１は、第１分類データ５１を構成するピクセルを１個選択する（ステップＳ５２１）。制御部２０１は、選択したピクセルに関連づけられたラベルを取得する（ステップＳ５２２）。制御部２０１は、ラベルが第１内腔領域５６１に対応するか否かを判定する（ステップＳ５２３）。

[0089] 第１内腔領域５６１に対応すると判定した場合（ステップＳ５２３でＹＥＳ）、制御部２０１はステップＳ５２１で選択したピクセルと、分割線６１とを、生体組織領域５６６を通過せずに接続する接続線６６の長さを算出する（ステップＳ５２４）。制御部２０１は、たとえば図１１または図１２を使用して説明した、接続線６６の長さと確率との関係に基づいて、ステップＳ５２１で選択したピクセルが第１内腔領域５６１である確率を算出する（ステップＳ５２５）。同様に制御部２０１は、ステップＳ５２１で選択したピクセルが腔外領域５６７である確率を算出する（ステップＳ５２６）。

[0090] 図９Ｂを使用して説明したように、制御部２０１は、ステップＳ５２１で選択したピクセルの位置と、ステップＳ５２５およびステップＳ５２６でそれぞれ算出した確率とを関連づけて、第２分類データ５２に記録する（ステップＳ５２７）。ステップＳ５２７により、制御部２０１は本実施の形態の第２記録部の機能を実現する。

[0091] 第１内腔領域５６１に対応しないと判定した場合（ステップＳ５２３でＮＯ）、制御部２０１はステップＳ５２１で接続したピクセルの位置と、ステップＳ５２２で取得したラベルである確率が１００パーセントである旨とを関連づけて、第２分類データ５２に記録する（ステップＳ５２８）。ステップＳ５２８により、制御部２０１は本実施の形態の第１記録部の機能を実現する。

[0092] 制御部２０１は、第１分類データ５１のすべてのピクセルの処理を終了したか否かを判定する（ステップＳ５２９）。終了していないと判定した場合（ステップＳ５２９でＮＯ）、制御部２０１はステップＳ５２１に戻る。終了したと判定した場合（ステップＳ５２９でＹＥＳ）、制御部２０１は処理を終了する。

[0093] なお、ステップＳ５２１において、制御部２０１は複数のピクセルにより構成された小領域を選択し、以後は小領域ごとに処理を行なってもよい。小領域ごとに処理する場合、制御部２０１はたとえば小領域中の特定の位置にあるピクセルに関連づけられたラベルに基づいて、当該小領域全体の処理を行なう。

[0094] 以上に説明したように、制御部２０１は、図１３から図１５を使用して説明したプログラムおよびサブルーチンを実行して、第１分類ＤＢ４１に基づいて、訓練ＤＢ４２を作成する。たとえば複数の医療機関等でそれぞれ作成された訓練ＤＢ４２が一つのデータベースに統合されて、大規模な訓練ＤＢ４２が作成されてもよい。

[0095] 次に、作成された訓練ＤＢ４２に基づいて第３分類モデル３３を生成する処理について説明する。図１６は、第３分類モデルを生成する情報処理装置２１０の構成を説明する説明図である。

[0096] 情報処理装置２１０は、制御部２１１、主記憶装置２１２、補助記憶装置２１３、通信部２１４、表示部２１５、入力部２１６およびバスを備える。制御部２１１は、本実施の形態のプログラムを実行する演算制御装置である。制御部２１１には、一または複数のＣＰＵ、ＧＰＵ、マルチコアＣＰＵまたはＴＰＵ（Tensor processing unit）等が使用される。制御部２１１は、バスを介して情報処理装置２１０を構成するハードウェア各部と接続されている。

[0097] 主記憶装置２１２は、ＳＲＡＭ、ＤＲＡＭ、フラッシュメモリ等の記憶装置である。主記憶装置２１２には、制御部２１１が行なう処理の途中で必要な情報、および、制御部２１１で実行中のプログラムが一時的に保存される

。

[0098] 補助記憶装置２１３は、ＳＲＡＭ、フラッシュメモリ、ハードディスクまたは磁気テープ等の記憶装置である。補助記憶装置２１３には、訓練ＤＢ４２、制御部２１１に実行させるプログラム、およびプログラムの実行に必要な各種データが保存される。訓練ＤＢ４２は、情報処理装置２１０に接続された外部の大容量記憶装置等に記憶されていてもよい。

[0099] 通信部２１４は、情報処理装置２１０とネットワークとの間の通信を行なうインターフェースである。表示部２１５は、たとえば液晶表示パネルまたは有機ＥＬパネル等である。入力部２１６は、たとえばキーボードおよびマウス等である。

[0100] 情報処理装置２１０は、汎用のパソコン、タブレット、大型計算機、大型計算機上で動作する仮想マシン、または、量子コンピュータである。情報処理装置２１０は、分散処理を行なう複数のパソコン、または大型計算機等のハードウェアにより構成されても良い。情報処理装置２１０は、クラウドコンピューティングシステムまたは量子コンピュータにより構成されても良い。

[0101] 図１７は、機械学習を行なうプログラムの処理の流れを説明するフローチャートである。図１７のプログラムの実行に先立ち、たとえばセマンティックセグメンテーションを実現するＵ－Ｎｅｔ構造等の未学習のモデルが準備されている。Ｕ－Ｎｅｔ構造は、多層のエンコーダ層と、その後ろに接続された多層のデコーダ層とを含む。それぞれのエンコーダ層は、プーリング層と畳込層とを含む。セマンティックセグメンテーションにより、入力された画像を構成するそれぞれの画素に対してラベルが付与される。なお、未学習のモデルは、Ｍａｓｋ　Ｒ－ＣＮＮモデル、その他任意の画像のセグメンテーションを実現するモデルであってもよい。

[0102] たとえば、図２を使用して説明したラベル分類モデル３５を未学習の第３分類モデル３３に使用してもよい。ラベルデータ５４を出力する学習が完了したラベル分類モデル３５に対して、第３分類データ５３を出力する学習を

追加的に行なう転移学習により、少ない訓練データおよび学習回数で第３分類モデル３３の機械学習を実現できる。

[0103] 制御部２１１は、訓練ＤＢ４２から訓練レコードを取得する（ステップＳ５４１）。制御部２１１は、取得した訓練レコードに含まれる二次元画像５８を、訓練中の第３分類モデル３３に入力し、出力されるデータを取得する。以下の説明では、訓練中の第３分類モデル３３から出力されるデータを、訓練中分類データと記載する。訓練中の第３分類モデル３３は、本実施の形態の訓練中の学習モデルの例示である。

[0104] 制御部２１１は、ステップＳ５４１で取得した訓練レコードに含まれる第２分類データ５２と、訓練中分類データとの差異が小さくなるように、第３分類モデル３３のパラメータを調整する（ステップＳ５４３）。ここで第２分類データ５２と訓練中分類データとの差異は、たとえば両者のラベルが異なるピクセルの数に基づいて評価する。第３分類モデル３３のパラメータの調整には、たとえば、ＳＧＤ（Stochastic Gradient Descent：確率的勾配降下法）、またはＡｄａｍ（Adaptive Moment estimation）等の、公知の機械学習手法を使用できる。

[0105] 制御部２１１は、パラメータの調整を終了するか否かを判定する（ステップＳ５４４）。たとえば、ハイパーパラメータで規定された所定の回数の学習を繰り返した場合に、制御部２１１は処理を終了すると判定する。制御部２１１は、訓練ＤＢ４２からテストデータを取得して訓練中の第３分類モデル３３に入力し、所定の精度の出力が得られた場合に処理を終了すると判定してもよい。

[0106] 処理を終了しないと判定した場合（ステップＳ５４４でＮＯ）、制御部２１１はステップＳ５４１に戻る。処理を終了すると判定した場合（ステップＳ５４４でＹＥＳ）、制御部２１１は調整したパラメータを補助記憶装置２１３に記録する（ステップＳ５４５）。その後、制御部２１１は処理を終了する。以上により、第３分類モデル３３の学習が完了する。

[0107] 本実施の形態によると、管腔器官を構成する生体組織領域５６６の一部が

欠損した状態に描出された二次元画像５８が入力された場合であっても、画像取得用カテーテル２８が挿入されている第１内腔領域５６１と、生体組織領域５６６の外側の腔外領域５６７とを区別して分類する第３分類モデル３３を提供できる。第３分類モデル３３を用いて分類を行なった第３分類データ５３を表示することにより、ユーザが管腔器官の構造を素早く理解できるように支援できる。

[0108] 第３分類データ５３を使用して二次元画像５８を分類することにより、たとえば第１内腔領域５６１の断面積、体積および周囲長等の自動測定を適切に行なえる。

[0109] 三次元走査用の画像取得用カテーテル２８を使用して時系列的に取得した二次元画像５８を、第３分類モデル３３を用いて分類することにより、ノイズが少ない三次元画像を生成できる。

[0110] ［変形例１－１］

本変形例においては、第１内腔領域５６１が閉じた状態であるか否かの判定に、機械学習を用いて生成した開閉判定モデル３７を使用する。実施の形態１と共通する部分については、説明を省略する。図１８は、開閉判定モデルを説明する説明図である。

[0111] 開閉判定モデル３７は、二次元画像５８の入力を受け付けて、第１内腔領域５６１が開いた状態である確率、および、閉じた状態である確率をそれぞれ出力する。図１８においては、開いた状態である確率が９０パーセントであり、閉じた状態である確率が１０パーセントである旨が出力されている。

[0112] 開閉判定モデル３７は、二次元画像５８と、第１内腔領域５６１が開いた状態であるか、閉じた状態であるかを関連づけて多数組記録した訓練データを用いた機械学習により生成される。制御部２０１は、図１３を使用して説明したステップＳ５０２において、二次元画像５８を開閉判定モデル３７に入力する。制御部２０１は、開いた状態である確率が所定の閾値を超えた場合に、第１内腔領域５６１が開いた状態である（ステップＳ５０２でＹＥＳ）と判定する。開閉判定モデル３７は、本実施の形態の到達判定モデルの例

示である。

[0113] ［変形例１－２］

本変形例においては、ＲＴ形式画像とＸＹ形式画像との両方を使用して、複数の分割線候補６２から分割線６１を選択する。実施の形態１と共通する部分については、説明を省略する。図１９は、変形例１－２の分割線６１選択方法を説明する説明図である。図１９Ａは、ＲＴ形式で表示した第１分類データ５１に対して、複数の分割線候補６２を作成した状態を説明する説明図である。上側の生体組織領域５６６と、下側の生体組織領域５６６との間に、分割線候補６２ａから分割線候補６２ｅまでの５本の分割線候補６２が作成されている。分割線候補６２はいずれも直線である。なお、図１９に図示する分割線候補６２は、説明のための例示である。

[0114] 図１９Ｂは、図１９ＡをＸＹ形式に座標変換した状態を説明する説明図である。中央のＣは、第１分類データ５１の中心、すなわち画像取得用カテーテル２８の中心軸を示す。座標変換により、分割線候補６２ａから分割線候補６２ｅは、略円弧形状に変換される。

[0115] 図１９Ｂにおいて、分割線候補６２ｄおよび分割線候補６２ｅの両端を直線で結んだ場合、生体組織領域５６６と交差する。本変形例においては、ＸＹ形式に座標変換した場合に生体組織領域５６６と交差する分割線候補６２は、分割線６１に選択されない。分割線候補６２ａから６２ｃは、両端を直線で結んだ場合に生体組織領域５６６と交差しない。これらの分割線候補６２は、いずれも分割線６１に選択される可能性がある。それぞれの分割線候補６２に関するパラメータは、ＸＹ形式画像上で判定されてもよい。

[0116] 図２０は、変形例１－２の分割線作成のサブルーチンの処理の流れを説明するフローチャートである。分割線作成のサブルーチンは、開いた状態である第１内腔領域５６１を、画像取得用カテーテル２８に近い側である第１領域５７１と、画像取得用カテーテル２８から遠い側である第２領域５７２とに分割する分割線６１を作成するサブルーチンである。図２０のサブルーチンは、図１４を使用して説明したサブルーチンの代わりに使用される。

[0117] ステップＳ５１１からステップＳ５１３までは、図１４を使用して説明したプログラムの処理の流れと同一であるため、説明を省略する。制御部２０１は、分割線候補６２を重畳した第１分類データ５１をＸＹ形式に変換する（ステップＳ５５１）。

[0118] 制御部２０１は、ＸＹ形式に変換した分割線候補６２の両端を結ぶ直線を作成する（ステップＳ５５２）。制御部２０１は、作成した直線が、生体組織領域５６６を通過するか否かを判定する（ステップＳ５５３）。通過すると判定した場合（ステップＳ５５３でＹＥＳ）、制御部２０１はステップＳ５１３に戻る。

[0119] 通過しないと判定した場合（ステップＳ５５３でＮＯ）、制御部２０１は、分割線候補６２に関する所定のパラメータを算出する（ステップＳ５１４）。制御部２０１は、ＲＴ形式でパラメータを算出しても、ＸＹ形式で算出してもよい。制御部２０１は、ＲＴ形式とＸＹ形式の両方でパラメータを算出してもよい。以後の処理は、図１４を使用して説明したプログラムの処理の流れと同一であるため、説明を省略する。

[0120] ユーザが臨床現場で通常使用する画像は、ＸＹ形式の画像である。本変形例によると、ＸＹ画像を観察するユーザの感覚と合致する分割線６１を自動的に生成できる。

[0121] ［変形例１－３］

本変形例は、図２０を使用して説明したフローチャートのステップＳ５１７において、複数の分割線候補６２から分割線６１を選択する方法に関する。変形例１－２と共通する部分については、説明を省略する。本変形例においては、ステップＳ５１４においては、同一のパラメータをＲＴ形式とＸＹ形式の双方で算出する。その後、ＲＴ形式で算出したパラメータと、ＸＹ形式で算出したパラメータとを演算した結果に基づいて、分割線６１を選択する。

[0122] 分割線候補６２の長さをパラメータに使用する場合を例にして説明する。制御部２０１は、それぞれの分割線候補６２について、ＲＴ形式画像上で算

出したＲＴ長さと、ＸＹ形式画像上で算出したＸＹ長さとの平均値を算出する。平均値は、たとえば相加平均値、または、相乗平均値である。制御部２０１は、たとえば平均値がもっとも短い分割線候補６２を選択して、分割線６１を定める。

[0123] ［変形例１－４］

本変形例においては、生体組織領域５６６と第１内腔領域５６１との間の境界線から特徴点を抽出して分割線候補６２を作成する。実施の形態１と共通する部分については、説明を省略する。

[0124] 図２１は、変形例１－４の分割線候補６２を説明する説明図である。星印は、生体組織領域５６６と第１内腔領域５６１との間の境界線から抽出された特徴点を示す。特徴点は、たとえば境界線が曲がっている部分、および、境界線の変曲点等である。

[0125] 本変形例においては、分割線候補６２は、２つの特徴点同士を結んで作成される。分割線候補６２の起点および終点を特徴点に限定することにより、分割線６１を作成する処理を高速化できる。

[0126] ［変形例１－５］

本変形例は、図１７を使用して説明した機械学習のステップＳ５４３において、第２分類データ５２と第３分類モデル３３との差異の定量化を行なう手法の変形例である。実施の形態１と共通する部分については、説明を省略する。

[0127] 図２２は、変形例１－５の機械学習を説明する説明図である。実線で示す正解境界線６９１は、第２分類データ５２をＸＹ形式で表示した場合の、第１内腔領域５６１の外側の境界線を示す。なお、分割線６１に基づいて第１内腔領域５６１と腔外領域５６７とに確率を配分した領域については、第１内腔領域５６１である確率が５０パーセントである場所を、第１内腔領域５６１の境界線であると定義する。

[0128] 破線で示す出力境界線６９２は、二次元画像５８を訓練中の第３分類モデル３３に入力し、第３分類モデル３３から出力された訓練中分類データにお

ける、第１内腔領域５６１の外側の境界線を示す。Ｃは、二次元画像５８の中心、すなわち画像取得用カテーテル２８の中心軸を示す。Ｌは、画像取得用カテーテル２８の走査線方向に沿った正解境界線６９１と出力境界線６９２との距離を示す。

[0129] ステップＳ５４３において制御部２０１は、たとえば１０度刻みの合計３６か所で測定したＬの平均値が小さくなるように、第３分類モデル３３のパラメータを調整する。制御部２０１は、たとえばＬの最大値が小さくなるように、第３分類モデル３３のパラメータを調整してもよい。

[0130] ［実施の形態２］

本実施の形態は、第１分類ＤＢ４１の代わりに、多数の二次元画像５８が記録された二次元画像ＤＢを使用するプログラムに関する。二次元画像ＤＢは、図４を使用して説明した第１分類ＤＢ４１のうち、第１分類データフィールドを有さないデータベースである。実施の形態１と共通する部分については、説明を省略する。

[0131] 図２３は、実施の形態２のプログラムの処理の流れを説明するフローチャートである。制御部２０１は、二次元画像ＤＢから１枚の二次元画像を取得する（ステップＳ６０１）。制御部２０１は、第１分類データ生成のサブルーチンを起動する（ステップＳ６０２）。第１分類データ生成のサブルーチンは、二次元画像５８に基づいて第１分類データ５１を生成するサブルーチンである。第１分類データ生成のサブルーチンの処理の流れは後述する。

[0132] 制御部２０１は、第１内腔領域５６１が閉じた状態であるか否かを判定する（ステップＳ５０２）。以後、ステップＳ６０３までの処理の流れは、図１３を使用して説明した実施の形態１のプログラムと同様であるため、説明を省略する。

[0133] ステップＳ５０３またはステップＳ５０６の終了後、制御部２０１は処理を終了するか否かを判定する（ステップＳ６０３）。たとえば制御部２０１は、二次元画像ＤＢに記録されたすべてのレコードの処理を終了した場合に、処理を終了すると判定する。制御部２０１は、所定の数のレコードの処理

を終了した場合に、処理を終了すると判定してもよい。

[0134] 処理を終了しないと判定した場合（ステップＳ６０３でＮＯ）、制御部２０１はステップＳ６０１に戻る。処理を終了すると判定した場合（ステップＳ６０３でＹＥＳ）、制御部２０１は処理を終了する。

[0135] 図２４は、第１分類データ生成のサブルーチンの処理の流れを説明するフローチャートである。第１分類データ生成のサブルーチンは、二次元画像５８に基づいて第１分類データ５１を生成するサブルーチンである。

[0136] 制御部２０１は、二次元画像５８をラベル分類モデル３５に入力し、出力されたラベルデータ５４を取得する（ステップＳ６１１）。制御部２０１は、ラベルデータ５４から非生体組織領域５６８に対応するラベルが記録された、一塊の非生体組織領域５６８を抽出する（ステップＳ６１２）。

[0137] 制御部２０１は、抽出した非生体組織領域５６８が、画像取得用カテーテル２８側の縁に接する第１内腔領域５６１であるか否かを判定する（ステップＳ６１３）。第１内腔領域５６１であると判定した場合（ステップＳ６１３でＹＥＳ）、制御部２０１は、ステップＳ６１２で抽出した非生体組織領域５６８に対応するラベルを、第１内腔領域５６１に対応するラベルに変更する（ステップＳ６１４）。

[0138] 第１内腔領域５６１ではないと判定した場合（ステップＳ６１３でＮＯ）、制御部２０１は、抽出した非生体組織領域５６８が、生体組織領域５６６に囲まれた第２内腔領域５６２であるか否かを判定する（ステップＳ６１５）。第２内腔領域５６２であると判定した場合（ステップＳ６１５でＹＥＳ）、制御部２０１は、ステップＳ６１２で抽出した非生体組織領域５６８に対応するラベルを、第２内腔領域５６２に対応するラベルに変更する（ステップＳ６１６）。

[0139] 第２内腔領域５６２ではないと判定した場合（ステップＳ６１５でＮＯ）、制御部２０１は、ステップＳ６１２で抽出した非生体組織領域５６８に対応するラベルを、腔外領域５６７に対応するラベルに変更する（ステップＳ６１７）。

[0140] ステップＳ６１４、ステップＳ６１６またはステップＳ６１７の終了後、制御部２０１はステップＳ６１１で取得したラベルデータ５４に含まれる非生体組織領域５６８の処理を終了したか否かを判定する（ステップＳ６１８）。終了していないと判定した場合（ステップＳ６１８でＮＯ）、制御部２０１はステップＳ６１２に戻る。終了したと判定した場合（ステップＳ６１８でＹＥＳ）、制御部２０１は処理を終了する。

[0141] ［実施の形態３］

本実施の形態は、三次元走査型の画像取得用カテーテル２８を使用して、リアルタイムに三次元画像を生成するカテーテルシステム１０に関する。実施の形態１と共通する部分については、説明を省略する。

[0142] 図２５は、実施の形態３のカテーテルシステム１０の構成を説明する説明図である。カテーテルシステム１０は、画像処理装置２２０と、カテーテル制御装置２７とＭＤＵ（Motor Driving Unit）２８９と、画像取得用カテーテル２８とを備える。画像取得用カテーテル２８は、ＭＤＵ２８９およびカテーテル制御装置２７を介して画像処理装置２２０に接続されている。

[0143] 画像処理装置２２０は、制御部２２１、主記憶装置２２２、補助記憶装置２２３、通信部２２４、表示部２２５、入力部２２６およびバスを備える。制御部２２１は、本実施の形態のプログラムを実行する演算制御装置である。制御部２２１には、一または複数のＣＰＵ、ＧＰＵ、またはマルチコアＣＰＵ等が使用される。制御部２２１は、バスを介して画像処理装置２２０を構成するハードウェア各部と接続されている。

[0144] 主記憶装置２２２は、ＳＲＡＭ、ＤＲＡＭ、フラッシュメモリ等の記憶装置である。主記憶装置２２２には、制御部２２１が行なう処理の途中で必要な情報、および、制御部２２１で実行中のプログラムが一時的に保存される。

[0145] 補助記憶装置２２３は、ＳＲＡＭ、フラッシュメモリ、ハードディスクまたは磁気テープ等の記憶装置である。補助記憶装置２２３には、ラベル分類モデル３５、制御部２２１に実行させるプログラム、およびプログラムの実

行に必要な各種データが保存される。通信部２２４は、画像処理装置２２０とネットワークとの間の通信を行なうインターフェースである。ラベル分類モデル３５は、画像処理装置２２０に接続された外部の大容量記憶装置等に記憶されていてもよい。

[0146] 表示部２２５は、たとえば液晶表示パネルまたは有機ＥＬパネル等である。入力部２２６は、たとえばキーボードおよびマウス等である。表示部２２５に入力部２２６が積層されてタッチパネルを構成していてもよい。表示部２２５は、画像処理装置２２０に接続された表示装置であってもよい。

[0147] 画像処理装置２２０は、汎用のパソコン、タブレット、大型計算機、または、大型計算機上で動作する仮想マシンである。画像処理装置２２０は、分散処理を行なう複数のパソコン、または大型計算機等のハードウェアにより構成されても良い。画像処理装置２２０は、クラウドコンピューティングシステムにより構成されても良い。画像処理装置２２０とカテーテル制御装置とは、一体のハードウェアを構成していてもよい。

[0148] 画像取得用カテーテル２８は、シース２８１と、シース２８１の内部に挿通されたシャフト２８３と、シャフト２８３の先端に配置されたセンサ２８２とを有する。ＭＤＵ２８９は、シース２８１の内部でシャフト２８３およびセンサ２８２を回転および進退させる。

[0149] カテーテル制御装置２７は、センサ２８２の一回転ごとに１枚の二次元画像５８を生成する。ＭＤＵ２８９がセンサ２８２を引っ張りながら、または押し込みながら回転させる操作により、カテーテル制御装置２７はシース２８１に略垂直な複数枚の二次元画像５８を連続的に生成する。

[0150] 制御部２２１は、カテーテル制御装置２７から二次元画像５８を逐次取得する。制御部２２１は、それぞれの二次元画像５８に基づいて第１分類データ５１および分割線６１を生成する。制御部２２１は、時系列的に取得した複数の第１分類データ５１と分割線６１とに基づいて三次元画像を生成し、表示部２２５に出力する。以上により、いわゆる三次元走査が行なわれる。

[0151] センサ２８２の進退操作には、画像取得用カテーテル２８全体を進退させ

る操作と、シース２８１の内部でセンサ２８２を進退させる操作との両方を含む。進退操作は、ＭＤＵ２８９により所定の速度で自動的に行なわれても、ユーザにより手動で行なわれても良い。

[0152] なお、画像取得用カテーテル２８は機械的に回転および進退を行なう機械走査方式に限定しない。たとえば、複数の超音波トランスデューサを環状に配置したセンサ２８２を用いた、電子ラジアル走査型の画像取得用カテーテル２８であってもよい。

[0153] 図２６は、実施の形態３のプログラムの処理の流れを説明するフローチャートである。制御部２２１は、ユーザから三次元走査開始の指示を受け付けた場合に、図２６を使用して説明するプログラムを実行する。

[0154] 制御部２２１は、カテーテル制御装置２７に三次元走査の開始を指示する（ステップＳ６３１）。カテーテル制御装置２７は、ＭＤＵ２８９を制御して、三次元走査を開始する。制御部２２１は、カテーテル制御装置２７から１枚の二次元画像５８を取得する（ステップＳ６３２）。制御部２２１は、図２４を使用して説明した第１分類データ生成のサブルーチンを起動する（ステップＳ６３３）。第１分類データ生成のサブルーチンは、二次元画像５８に基づいて第１分類データ５１を生成するサブルーチンである。

[0155] 制御部２２１は、第１内腔領域５６１が閉じた状態であるか否かを判定する（ステップＳ６３４）。閉じた状態であると判定した場合（ステップＳ６３４でＹＥＳ）、制御部２２１は補助記憶装置２２３または主記憶装置２２２に第１分類データ５１を記録する（ステップＳ６３５）。

[0156] 閉じた状態ではないと判定した場合（ステップＳ６３４でＮＯ）、制御部２２１は図１４または図２０を使用して説明した分割線作成のサブルーチンを起動する（ステップＳ６３６）。分割線作成のサブルーチンは、開いた状態である第１内腔領域５６１を、画像取得用カテーテル２８に近い側である第１領域５７１と、画像取得用カテーテル２８から遠い側である第２領域５７２とに分割する分割線６１を作成するサブルーチンである。

[0157] 制御部２２１は、第１内腔領域５６１のうち、分割線６１よりも画像取得

用カテーテル２８から遠い部分の分類を腔外領域５６７に変更する（ステップＳ６３７）。制御部２２１は補助記憶装置２２３または主記憶装置２２２に、変更後の第１分類データ５１を記録する（ステップＳ６３８）。

[0158] ステップＳ６３５またはステップＳ６３８の終了後、制御部２２１は時系列的に記録した第１分類データ５１に基づいて生成した三次元画像を表示部２２５に表示する（ステップＳ６３９）。制御部２２１は、処理を終了するか否かを判定する（ステップＳ６４０）。たとえば、一連の三次元走査が終了した場合に、制御部２２１は処理を終了すると判定する。

[0159] 処理を終了しないと判定した場合（ステップＳ６３９でＮＯ）、制御部２２１はステップＳ６３２に戻る。処理を終了すると判定した場合（ステップＳ６３９でＹＥＳ）、制御部２２１は処理を終了する。

[0160] なお制御部２２１は、ステップＳ６３３で生成した第１分類データ５１と、ステップＳ６３７で変更後の第１分類データ５１との両方を補助記憶装置２２３または主記憶装置２２２に記録してもよい。制御部２２１は、変更後の第１分類データ５１を記録する代わりに、分割線６１を記録し、三次元表示を行なう都度変更後の第１分類データ５１を作成してもよい。制御部２２１は、どちらの第１分類データ５１をステップＳ６３９で使用するかの選択をユーザから受け付けてもよい。

[0161] 図２７は、実施の形態３の表示例である。第１分類データ５１から抽出された、第１内腔領域５６１の三次元画像が表示されている。仮想線で示す修正領域５６９は、ステップＳ６３６において、第１内腔領域５６１から腔外領域５６７にラベルが変更された領域である。

[0162] 仮に、ステップＳ６３３で生成された第１分類データ５１に基づいて第１内腔領域５６１を三次元表示した場合は、修正領域５６９の部分も表示される。修正領域５６９はノイズであり、ユーザが修正領域５６９の影になった部分を観察することを阻害する。

[0163] フローチャートおよび画面例を省略するが、制御部２２１は図２７に例示する３次元画像について、たとえば向きの変更、断面の生成、表示する領域

の変更、拡大、縮小および計測等の操作を受け付ける。ユーザは、三次元画像を適宜観察し、必要なデータを計測できる。

[0164] 図２６を使用して説明したプログラムを使用して修正領域５６９の部分を消去した三次元画像により、ユーザは第１内腔領域５６１の三次元形状を容易に観察できる。さらに、制御部２２１は、第１内腔領域５６１の体積等の自動測定を正確に行なえる。

[0165] 本実施の形態によると、三次元用の画像取得用カテーテル２８を使用して、リアルタイムでノイズの少ない三次元画像を表示するカテーテルシステム１０を提供できる。

[0166] ［変形例３－１］

本変形例は、時系列的に記録された二次元画像５８のデータセットに基づいて三次元画像を表示する画像処理装置２２０に関する。実施の形態３と共通する部分については、説明を省略する。なお、本変形例においては、画像処理装置２２０にカテーテル制御装置２７が接続されている必要はない。

[0167] 補助記憶装置２２３または外部の大容量記憶装置に、時系列的に記録された二次元画像５８のデータセットが記録されている。データセットは、たとえば過去の症例中に記録された動画データに基づいて生成された複数の二次元画像５８のセットであってもよい。

[0168] 図２８は、変形例３－１のプログラムの処理の流れを説明するフローチャートである。制御部２２１は、ユーザから三次元表示を行なうデータセットに関する指示を受け付けた場合に、図２６を使用して説明するプログラムを実行する。

[0169] 制御部２２１は、指示されたデータセットから１枚の二次元画像５８を取得する（ステップＳ６８１）。制御部２２１は、図２４を使用して説明した第１分類データ生成のサブルーチンを起動する（ステップＳ６３３）。以後ステップＳ６３４およびステップＳ６３８までの処理は、図２６を使用して説明した実施の形態３のプログラムの処理と同様であるため、説明を省略する。

[0170] ステップＳ６３５またはステップＳ６３８の終了後、制御部２２１は、指示されたデータセットに含まれる二次元画像５８の処理を終了したか否かを判定する（ステップＳ６８２）。処理を終了していないと判定した場合（ステップＳ６８２でＮＯ）、制御部２２１はステップＳ６８１に戻る。

[0171] 処理を終了したと判定した場合（ステップＳ６８２でＹＥＳ）、制御部２２１は時系列的に記録した第１分類データ５１および変更後の第１分類データ５１に基づいて生成した三次元画像を、表示部２２５に表示する（ステップＳ６８３）。

[0172] 本変形例によると、時系列的に記録された二次元画像５８のデータセットに基づいて、ノイズの少ない三次元画像を表示する画像処理装置２２０を提供できる。

[0173] なお制御部２２１は、ステップＳ６８３で三次元画像の表示を行なう代わりに、または、ステップＳ６８３の処理とともに、第１分類データ５１と変更後の第１分類データ５１とを時系列的に記録したデータセットを補助記憶装置２２３に記録してもよい。ユーザは、記録されたデータセットを使用して、必要に応じて三次元画像を観察できる。

[0174] ［実施の形態４］

本実施の形態は、実施の形態１または実施の形態２で生成された第３分類モデル３３が搭載されたカテーテルシステム１０に関する。実施の形態３と共通する部分については、説明を省略する。

[0175] 図２９は、実施の形態４のカテーテルシステム１０の構成を説明する説明図である。カテーテルシステム１０は、画像処理装置２３０と、カテーテル制御装置２７とＭＤＵ２８９と、画像取得用カテーテル２８とを備える。画像取得用カテーテル２８は、ＭＤＵ２８９およびカテーテル制御装置２７を介して画像処理装置２３０に接続されている。

[0176] 画像処理装置２３０は、制御部２３１、主記憶装置２３２、補助記憶装置２３３、通信部２３４、表示部２３５、入力部２３６およびバスを備える。制御部２３１は、本実施の形態のプログラムを実行する演算制御装置である

。制御部２３１には、一または複数のＣＰＵ、ＧＰＵ、またはマルチコアＣＰＵ等が使用される。制御部２３１は、バスを介して画像処理装置２３０を構成するハードウェア各部と接続されている。

[0177] 主記憶装置２３２は、ＳＲＡＭ、ＤＲＡＭ、フラッシュメモリ等の記憶装置である。主記憶装置２３２には、制御部２３１が行なう処理の途中で必要な情報、および、制御部２３１で実行中のプログラムが一時的に保存される。

[0178] 補助記憶装置２３３は、ＳＲＡＭ、フラッシュメモリ、ハードディスクまたは磁気テープ等の記憶装置である。補助記憶装置２３３には、第３分類モデル３３、制御部２３１に実行させるプログラム、およびプログラムの実行に必要な各種データが保存される。通信部２３４は、画像処理装置２３０とネットワークとの間の通信を行なうインターフェースである。第３分類モデル３３は、画像処理装置２３０に接続された外部の大容量記憶装置等に記憶されていてもよい。

[0179] 表示部２３５は、たとえば液晶表示パネルまたは有機ＥＬパネル等である。入力部２３６は、たとえばキーボードおよびマウス等である。表示部２３５に入力部２３６が積層されてタッチパネルを構成していてもよい。表示部２３５は、画像処理装置２３０に接続された表示装置であってもよい。

[0180] 画像処理装置２３０は、汎用のパソコン、タブレット、大型計算機、または、大型計算機上で動作する仮想マシンである。画像処理装置２３０は、分散処理を行なう複数のパソコン、または大型計算機等のハードウェアにより構成されても良い。画像処理装置２３０は、クラウドコンピューティングシステムにより構成されても良い。画像処理装置２３０とカテーテル制御装置とは、一体のハードウェアを構成していてもよい。

[0181] 制御部２３１は、カテーテル制御装置２７から時系列的に得られた複数の二次元画像５８を順次取得する。制御部２３１は、それぞれの二次元画像５８を第３分類モデル３３に順次入力して、第３分類データ５３を順次取得する。制御部２３１は、時系列的に取得した複数の第３分類データ５３に基づ

いて三次元画像を生成し、表示部２３５に出力する。以上により、いわゆる三次元走査が行なわれる。

[0182] 図３０は、実施の形態４のプログラムの処理の流れを説明するフローチャートである。制御部２３１は、ユーザから三次元走査開始の指示を受け付けた場合に、図３０を使用して説明するプログラムを実行する。

[0183] 制御部２３１は、カテーテル制御装置２７に三次元走査の開始を指示する（ステップＳ６５１）。カテーテル制御装置２７は、ＭＤＵ２８９を制御して、三次元走査を開始する。制御部２３１は、カテーテル制御装置２７から１枚の二次元画像５８を取得する（ステップＳ６５２）。

[0184] 制御部２３１は、二次元画像５８を第３分類モデル３３に入力し、出力された第３分類データ５３を取得する（ステップＳ６５３）。制御部２３１は補助記憶装置２３３または主記憶装置２３２に第３分類データ５３を記録する（ステップＳ６５４）。

[0185] 制御部２３１は時系列的に記録した第３分類データ５３に基づいて生成した三次元画像を表示部２３５に表示する（ステップＳ６５５）。制御部２３１は、処理を終了するか否かを判定する（ステップＳ６５６）。たとえば、一連の三次元走査が終了した場合に、制御部２３１は処理を終了すると判定する。

[0186] 処理を終了しないと判定した場合（ステップＳ６５６でＮＯ）、制御部２３１はステップＳ６５２に戻る。ステップＳ６５３の処理を繰り返すことにより、制御部２３１は時系列的に得られた複数の二次元画像を第３分類モデル３３に順次入力して、出力される第３分類データ５３を順次取得する、本実施の形態の第３分類データ取得部の機能を実現する。処理を終了すると判定した場合（ステップＳ６５６でＹＥＳ）、制御部２３１は処理を終了する。

[0187] 本実施の形態によると、実施の形態１または実施の形態２で生成した第３分類データ５３を搭載したカテーテルシステム１０を提供できる。本実施の形態によると、実施の形態３と同様の三次元画像表示を、実施の形態３より

も少ない計算負荷で実現するカテーテルシステム１０を提供できる。

[0188] なお、補助記憶装置２３３または補助記憶装置２２３に、第３分類モデル３３とラベル分類モデル３５との両方が記録されており、ユーザが実施の形態３の処理と実施の形態４の処理とを選択できるように構成されていてもよい。

[0189] ［変形例４－１］

本変形例は、時系列的に記録された二次元画像５８のデータセットに基づいて三次元画像を表示する画像処理装置２３０に関する。実施の形態４と共通する部分については、説明を省略する。なお、本変形例においては、画像処理装置２３０にカテーテル制御装置２７が接続されている必要はない。

[0190] 補助記憶装置２３３または外部の大容量記憶装置に、時系列的に記録された二次元画像５８のデータセットが記録されている。データセットは、たとえば過去の症例中に記録された動画データに基づいて生成された複数の二次元画像５８のセットであってもよい。

[0191] 制御部２３１は、データセットから１枚の二次元画像５８を取得して第３分類モデル３３に入力し、出力された第３分類データ５３を取得する。制御部２３１は補助記憶装置２３３または主記憶装置２３２に第３分類データ５３を記録する。一連のデータセットの処理を終了した後に、制御部２３１は記録した第３分類データ５３に基づいて三次元画像を表示する。

[0192] 本変形例によると、時系列的に記録された二次元画像５８のデータセットに基づいて、ノイズの少ない三次元画像を表示する画像処理装置２３０を提供できる。

[0193] なお制御部２３１は、三次元画像の表示を行なう代わりに、または、三次元画像を表示するとともに、第３分類データ５３を時系列的に記録したデータセットを補助記憶装置２３３に記録してもよい。ユーザは、記録されたデータセットを使用して、必要に応じて三次元画像を観察できる。

[0194] ［実施の形態５］

図３１は、実施の形態５の情報処理装置２００の機能ブロック図である。

情報処理装置２００は、画像取得部８１、第１分類データ取得部８２、判定部８３、第１記録部８４、分割線作成部８５、第２分類データ作成部８６および第２記録部８７を備える。

[0195] 画像取得部８１は、画像取得用カテーテル２８を用いて取得された二次元画像５８を取得する。第１分類データ取得部８２は、二次元画像５８が、生体組織領域５６６、画像取得用カテーテル２８が挿入されている第１内腔領域５６１、および、生体組織領域５６６よりも外側の腔外領域５６７を含む複数の領域に分類された、第１分類データ５１を取得する。

[0196] 判定部８３は、二次元画像５８において、第１内腔領域５６１が二次元画像５８の縁に到達しているか否かを判定する。判定部８３が到達していないと判定した場合、第１記録部８４は、二次元画像５８と第１分類データ５１とを関連づけて訓練ＤＢ４２に記録する。

[0197] 判定部８３が到達していると判定した場合、分割線作成部８５は、第１内腔領域５６１を、画像取得用カテーテル２８が挿入されている第１領域５７１と二次元画像５８の縁に到達している第２領域５７２とに分割する分割線６１を作成する。第２分類データ作成部８６は、分割線６１および第１分類データ５１に基づいて、第１分類データ５１のうち第１内腔領域５６１を構成するそれぞれの小領域について、第１内腔領域５６１である確率と腔外領域５６７である確率とを配分した第２分類データ５２を作成する。第２記録部８７は、二次元画像５８と第２分類データ５２とを関連づけて訓練ＤＢ４２に記録する。

[0198] ［実施の形態６］

図３２は、実施の形態６の画像処理装置２２０の機能ブロック図である。画像処理装置２２０は、画像取得部７１、第１分類データ取得部７２、判定部８３、分割線作成部８５および三次元画像作成部８８を備える。

[0199] 画像取得部７１は、画像取得用カテーテル２８を用いて時系列的に得られた複数の二次元画像５８を取得する。第１分類データ取得部７２は、複数の二次元画像５８のそれぞれを構成する各ピクセルが、生体組織領域５６６、

画像取得用カテーテル２８が挿入されている第１内腔領域５６１、および、生体組織領域５６６よりも外側の腔外領域５６７を含む複数の領域に分類された、一連の第１分類データ５１を取得する。

[0200] 判定部８３は、二次元画像５８のそれぞれにおいて、第１内腔領域５６１が二次元画像５８の縁に到達しているか否かを判定する。判定部８３が到達していると判定した場合、分割線作成部８５は、第１内腔領域５６１を、画像取得用カテーテル２８が挿入されている第１領域５７１と二次元画像５８の縁に到達している第２領域５７２とに分割する分割線６１を作成する。

[0201] 三次元画像作成部８８は、第２領域５７２の分類を腔外領域５６７に変更した一連の第１分類データ５１を使用して、または、一連の第１分類データ５１を使用するとともに第２領域５７２を腔外領域５６７と同じ領域として処理した三次元画像を作成する。

[0202] ［実施の形態７］

図３３は、実施の形態７の画像処理装置２３０の機能ブロック図である。画像処理装置２３０は、画像取得部７１および第３分類データ取得部７３を備える。

[0203] 画像取得部７１は、画像取得用カテーテル２８を用いて時系列的に得られた複数の二次元画像５８を取得する。第３分類データ取得部７３は、二次元画像５８を、上述の方法を用いて生成した学習済モデル３３に順次入力して、出力される第３分類データ５３を順次取得する。

[0204] 各実施例で記載されている技術的特徴（構成要件）はお互いに組合せ可能であり、組み合わせすることにより、新しい技術的特徴を形成することができる。

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって、制限的なものでは無いと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した意味では無く、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0205] １０　カテーテルシステム

２００　情報処理装置

２０１　制御部

２０２　主記憶装置

２０３　補助記憶装置

２０４　通信部

２０５　表示部

２０６　入力部

２１０　情報処理装置

２１１　制御部

２１２　主記憶装置

２１３　補助記憶装置

２１４　通信部

２１５　表示部

２１６　入力部

２２０　画像処理装置

２２１　制御部

２２２　主記憶装置

２２３　補助記憶装置

２２４　通信部

２２５　表示部

２２６　入力部

２３０　画像処理装置

２３１　制御部

２３２　主記憶装置

２３３　補助記憶装置

２３４　通信部

２３５　表示部

２３６　入力部

２７　　カテーテル制御装置

２８　　画像取得用カテーテル

２８１　シース

２８２　センサ

２８３　シャフト

２８９　ＭＤＵ

３１　　第１分類モデル

３３　　第３分類モデル（学習モデル、学習済モデル）

３５　　ラベル分類モデル

３７　　開閉判定モデル（到達判定モデル）

３９　　分類データ変換部

４１　　第１分類ＤＢ

４２　　訓練ＤＢ

５１　　第１分類データ

５２　　第２分類データ

５３　　第３分類データ

５４　　ラベルデータ

５６１　第１内腔領域（内腔領域）

５６２　第２内腔領域

５６３　内腔領域

５６６　生体組織領域

５６７　腔外領域

５６８　非生体組織領域

５６９　修正領域

５７１　第１領域

５７２　第２領域

５８　　二次元画像

６１　分割線
６２　分割線候補
６４１　切断線
６４２　貼付線
６６　接続線
６７　対象ピクセル
６９１　正解境界線
６９２　出力境界線
７１　画像取得部
７２　第１分類データ取得部
７３　第３分類データ取得部
８１　画像取得部
８２　第１分類データ取得部
８３　判定部
８４　第１記録部
８５　分割線作成部
８６　第２分類データ作成部
８７　第２記録部
８８　三次元画像作成部

請求の範囲

[請求項1] 画像取得用カテーテルを用いて取得された二次元画像を取得し、

前記二次元画像を構成する各ピクセルが、生体組織領域、前記画像取得用カテーテルが挿入されている内腔領域、および、生体組織領域よりも外側の腔外領域を含む複数の領域に分類された、第１分類データを取得し、

前記二次元画像において、前記内腔領域が前記二次元画像の縁に到達しているか否かを判定し、

到達していないと判定した場合、前記二次元画像と前記第１分類データとを関連づけて訓練データベースに記録し、

到達していると判定した場合、

前記内腔領域を、前記画像取得用カテーテルが挿入されている第１領域と前記二次元画像の縁に到達している第２領域とに分割する分割線を作成し、

前記分割線および前記第１分類データに基づいて、前記第１分類データのうち前記内腔領域を構成するそれぞれの小領域について、前記内腔領域である確率と前記腔外領域である確率とを配分した第２分類データを作成し、

前記二次元画像と前記第２分類データとを関連づけて前記訓練データベースに記録し、

前記訓練データベースに記録した訓練データを用いた機械学習により、二次元画像を入力した場合に、当該二次元画像を構成する各ピクセルが、前記生体組織領域、前記内腔領域、および、前記腔外領域を含む複数の領域に分類された、第３分類データを出力する学習モデルを生成する

学習モデル生成方法。

[請求項2] 前記内腔領域が前記二次元画像の縁に到達しているか否かは、前記第１分類データに基づいて判定する

請求項１に記載の学習モデル生成方法。

[請求項3] 前記内腔領域が前記二次元画像の縁に到達しているか否かは、前記二次元画像に基づいて判定する

請求項１に記載の学習モデル生成方法。

[請求項4] 前記内腔領域が前記二次元画像の縁に到達しているか否かは、前記二次元画像を、二次元画像を入力した場合に内腔領域が前記二次元画像の縁に到達しているか否かを出力する到達判定モデルに入力し、前記到達判定モデルの出力に基づいて定める

請求項１に記載の学習モデル生成方法。

[請求項5] 前記第２分類データにおいて、それぞれの前記小領域が前記内腔領域である確率、および、前記腔外領域である確率は、前記小領域と前記分割線との間を結ぶ接続線の長さに基づいて定められる

請求項１から請求項４のいずれか一つに記載の学習モデル生成方法。

[請求項6] 前記接続線は、前記第１分類データにおいて前記内腔領域に分類された領域のみを通過する

請求項５に記載の学習モデル生成方法。

[請求項7] 前記第２分類データにおいて、それぞれの前記小領域が前記内腔領域である確率、および、前記腔外領域である確率は、下式により定められる

請求項５または請求項６に記載の学習モデル生成方法。

[数1]

小領域が分割線よりも画像取得用カテーテルに近い場合

$$P1=\frac{1}{1+e^{-\frac{L}{A}}}$$

$$P2=1-P1$$

小領域が分割線よりも画像取得用カテーテルから遠い場合

$$P1=\frac{1}{1+e^{\frac{L}{A}}}$$

$$P2=1-P1$$

Ｐ１：小領域が内腔領域である確率
Ｐ２：小領域が腔外領域である確率
Ｌ：接続線の長さ
Ａ：定数

[請求項8] 前記第２分類データにおいてそれぞれの前記小領域は、前記分割線よりも前記画像取得用カテーテルに近い場合には前記内腔領域であり、前記分割線よりも前記画像取得用カテーテルから遠い場合には前記腔外領域であると定められる

請求項１から請求項４のいずれか一つに記載の学習モデル生成方法。

[請求項9] 前記分割線は、前記第１分類データをＲＴ形式で表示したＲＴ形式画像、または、前記第１分類データをＸＹ形式で表示したＸＹ形式画像において、前記内腔領域のみを通過する線である

請求項１から請求項８のいずれか一つに記載の学習モデル生成方法。

[請求項10] 前記分割線は、前記ＲＴ形式画像または前記ＸＹ形式画像において直線である

請求項９に記載の学習モデル生成方法。

[請求項11] 前記分割線は、前記ＲＴ形式画像または前記ＸＹ形式画像において、前記生体組織領域に分類された領域と前記内腔領域に分類された領域との境界線から抽出された特徴点同士を結ぶ

請求項９または請求項１０に記載の学習モデル生成方法。

[請求項12] 前記分割線の条件を満たす複数の分割線候補を取得し、

それぞれの前記分割線候補について前記ＲＴ形式画像における長さを取得し、

前記分割線候補のうち、最も短い分割線候補を前記分割線に選択する

請求項９から請求項１１のいずれか一つに記載の学習モデル生成方法。

[請求項13] 前記分割線の条件を満たす複数の分割線候補を取得し、

それぞれの前記分割線候補について前記ＸＹ形式画像における長さを取得し、

前記分割線候補のうち、最も短い分割線候補を前記分割線に選択する

請求項９から請求項１１のいずれか一つに記載の学習モデル生成方法。

[請求項14] 前記分割線の条件を満たす複数の分割線候補を取得し、

それぞれの前記分割線候補について前記ＲＴ形式画像におけるＲＴ長さと、前記ＸＹ形式画像におけるＸＹ長さとを取得し、

前記ＲＴ長さと前記ＸＹ長さとの平均値が最も短い分割線候補を前記分割線に選択する

請求項９から請求項１１のいずれか一つに記載の学習モデル生成方法。

[請求項15] 前記平均値は、相加平均値である

請求項１４に記載の学習モデル生成方法。

[請求項16] 前記平均値は、相乗平均値である

請求項１４に記載の学習モデル生成方法。

[請求項17] 前記機械学習は、

前記訓練データベースから一組の訓練データを取得し、

前記訓練データに含まれる二次元画像を訓練中の学習モデルに入力して、出力された第３分類データを取得し、

前記訓練データに記録された分類データと、前記第３分類データとの差が少なくなるように、訓練中の学習モデルのパラメータを調整する処理を繰り返す

請求項１から請求項１６のいずれか一つに記載の学習モデル生成方法。

[請求項18] 前記差は、前記訓練データに記録された分類データを構成する各ピクセルのうち、前記分類データにおける分類と、前記第３分類データにおける分類とが異なるピクセルの数である

請求項１７に記載の学習モデル生成方法。

[請求項19] 前記差は、前記訓練データに記録された分類データにおける所定の領域に関する正解境界線と、前記第３分類データにおける前記所定の領域に関する出力境界線との間の距離である

請求項１７に記載の学習モデル生成方法。

[請求項20] 前記距離は、前記画像取得用カテーテルの中心から離れる方向に沿った距離である

請求項１９に記載の学習モデル生成方法。

[請求項21] 画像取得用カテーテルを用いて時系列的に得られた複数の二次元画像を取得する画像取得部と、

前記二次元画像を、請求項１から請求項２０のいずれか一つに記載の学習モデル生成方法で生成した学習済モデルに順次入力して、出力される前記第３分類データを順次取得する第３分類データ取得部と、

を備える画像処理装置。

[請求項22] 画像取得用カテーテルを用いて時系列的に得られた複数の二次元画像を取得する画像取得部と、

前記複数の二次元画像のそれぞれを構成する各ピクセルが、生体組織領域、前記画像取得用カテーテルが挿入されている内腔領域、および、生体組織領域よりも外側の腔外領域を含む複数の領域に分類された、一連の第１分類データを取得する第１分類データ取得部と、

前記複数の二次元画像のそれぞれにおいて、前記内腔領域が各二次元画像の縁に到達しているか否かを判定する判定部と、

前記判定部が到達していると判定した場合、前記内腔領域を、前記画像取得用カテーテルが挿入されている第１領域と前記二次元画像の縁に到達している第２領域とに分割する分割線を作成する分割線作成部と、

前記第２領域の分類を前記腔外領域に変更した前記一連の第１分類データを使用して、または、前記一連の第１分類データを使用するとともに前記第２領域を前記腔外領域と同じ領域として処理した三次元画像を作成する三次元画像作成部と

を備える画像処理装置。

[請求項23] 画像取得用カテーテルを用いて取得された二次元画像を取得する画像取得部と、

前記二次元画像が、生体組織領域、前記画像取得用カテーテルが挿入されている内腔領域、および、生体組織領域よりも外側の腔外領域を含む複数の領域に分類された、第１分類データを取得する第１分類データ取得部と、

前記二次元画像において、前記内腔領域が前記二次元画像の縁に到達しているか否かを判定する判定部と、

前記判定部が到達していないと判定した場合、前記二次元画像と前記第１分類データとを関連づけて訓練データベースに記録する第１記録部と

前記判定部が到達していると判定した場合、

前記内腔領域を、前記画像取得用カテーテルが挿入されている第１領域と前記二次元画像の縁に到達している第２領域とに分割する分割線を作成する分割線作成部と、

前記分割線および前記第１分類データに基づいて、前記第１分類データのうち前記内腔領域を構成するそれぞれの小領域について、前記内腔領域である確率と前記腔外領域である確率とを配分した第２分類データを作成する第２分類データ作成部と

前記二次元画像と前記第２分類データとを関連づけて前記訓練データベースに記録する第２記録部と、

を備える情報処理装置。

[請求項24] 画像取得用カテーテルを用いて取得された二次元画像を取得し、

前記二次元画像が、生体組織領域、前記画像取得用カテーテルが挿入されている内腔領域、および、生体組織領域よりも外側の腔外領域を含む複数の領域に分類された、第１分類データを取得し、

前記二次元画像において、前記内腔領域が前記二次元画像の縁に到達しているか否かを判定し、

到達していると判定した場合、

前記内腔領域を、前記画像取得用カテーテルが挿入されている第１領域と前記二次元画像の縁に到達している第２領域とに分割する分割線を作成し、

前記分割線および前記第１分類データに基づいて、前記第１分類データのうち前記内腔領域を構成するそれぞれの小領域について、前記内腔領域である確率と前記腔外領域である確率とを配分した第２分類データを作成し、

前記二次元画像と前記第２分類データとを関連づけて訓練データベースに記録し、

到達していないと判定した場合、前記二次元画像と前記第１分類デ

ータとを関連づけて前記訓練データベースに記録する

訓練データ生成方法。

[請求項25] 画像取得用カテーテルを用いて時系列的に得られた複数の二次元画像を取得し、

前記複数の二次元画像のそれぞれを構成する各ピクセルが、生体組織領域、前記画像取得用カテーテルが挿入されている内腔領域、および、生体組織領域よりも外側の腔外領域を含む複数の領域に分類された、一連の第１分類データを取得し、

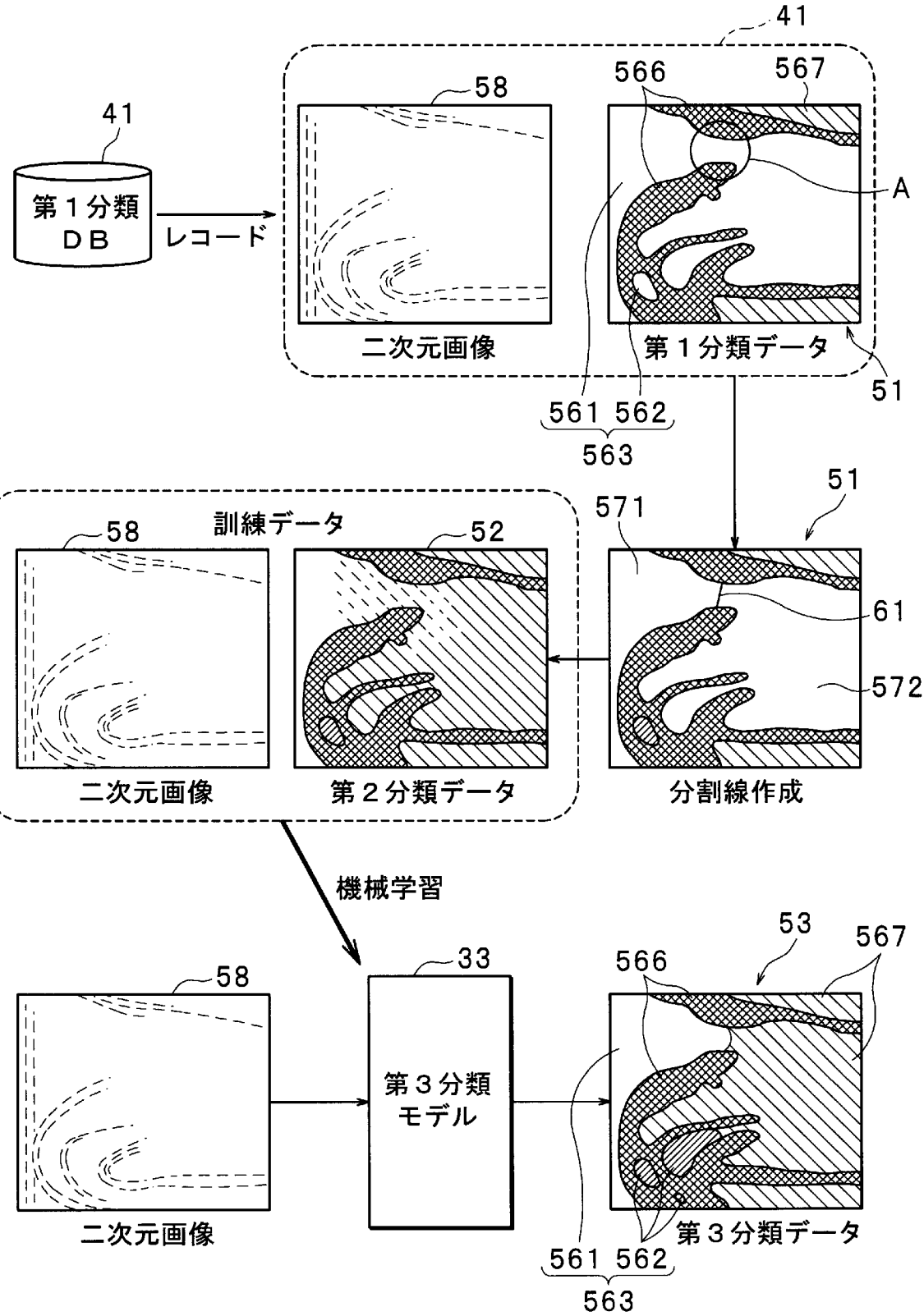
前記複数の二次元画像のそれぞれにおいて、前記内腔領域が各二次元画像の縁に到達しているか否かを判定し、

到達していると判定した場合、前記内腔領域を、前記画像取得用カテーテルが挿入されている第１領域と前記二次元画像の縁に到達している第２領域とに分割する分割線を作成し、

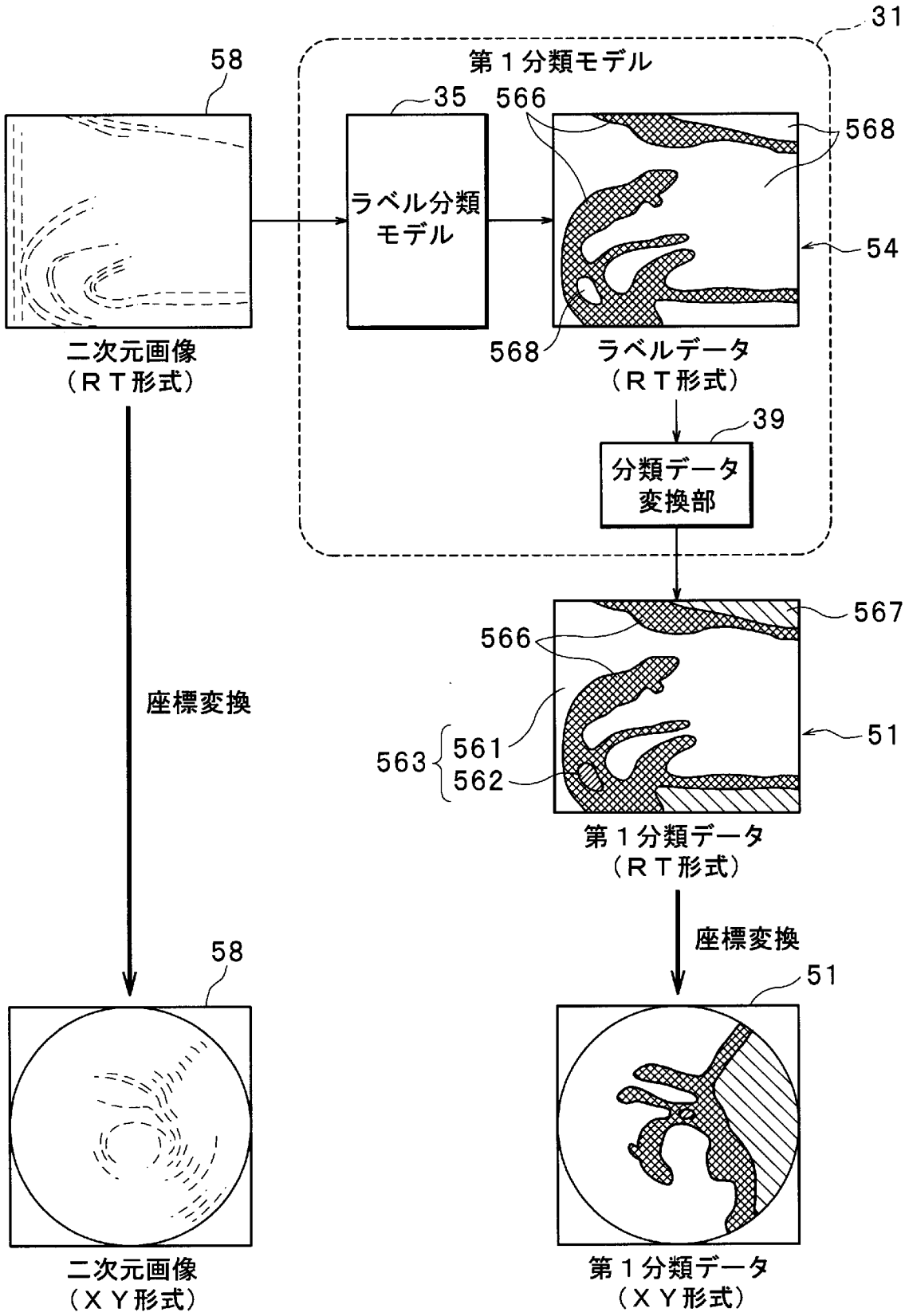
前記第２領域の分類を前記腔外領域に変更した前記一連の第１分類データを使用して、または、前記一連の第１分類データを使用するとともに前記第２領域を前記腔外領域と同じ領域として処理した三次元画像を作成する

画像処理方法。

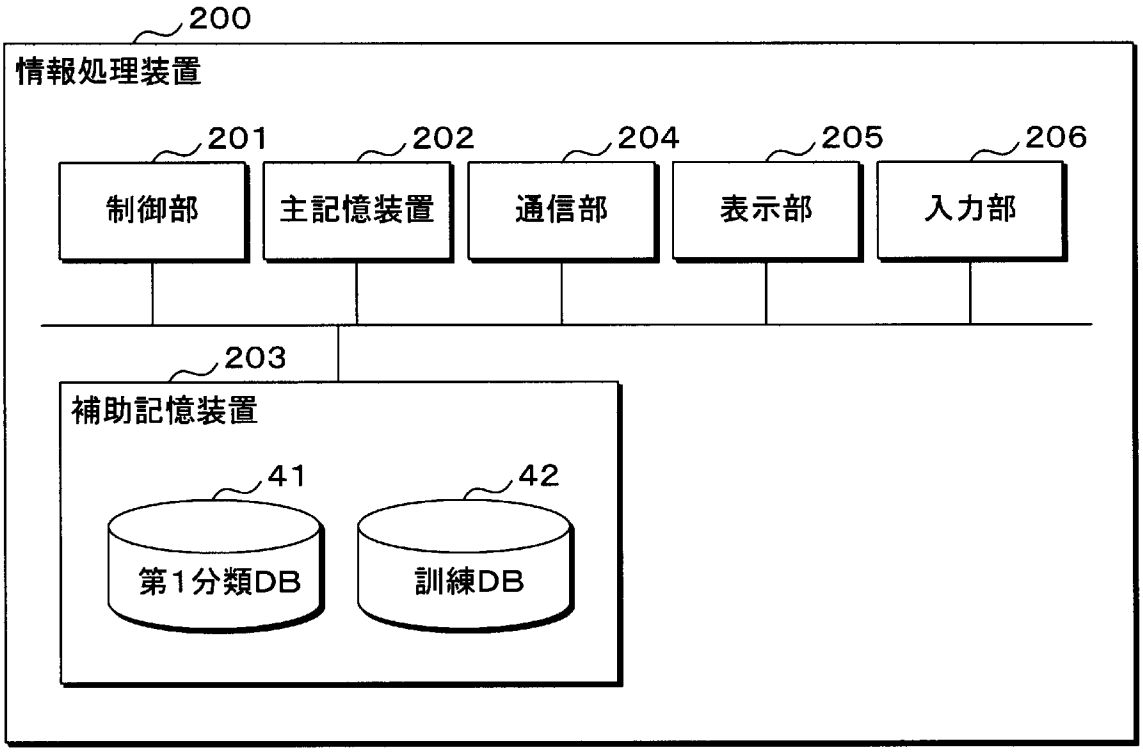
[図1]


41
566
567
58
41
A
第１分類
ＤＢ
レコード
二次元画像
第１分類データ
51
561 562
563
51
訓練データ
571
58
52
61
572
二次元画像
第２分類データ
分割線作成
機械学習
53
567
33
566
58
第３分類
モデル
二次元画像
第３分類データ
561 562
563

[図2]

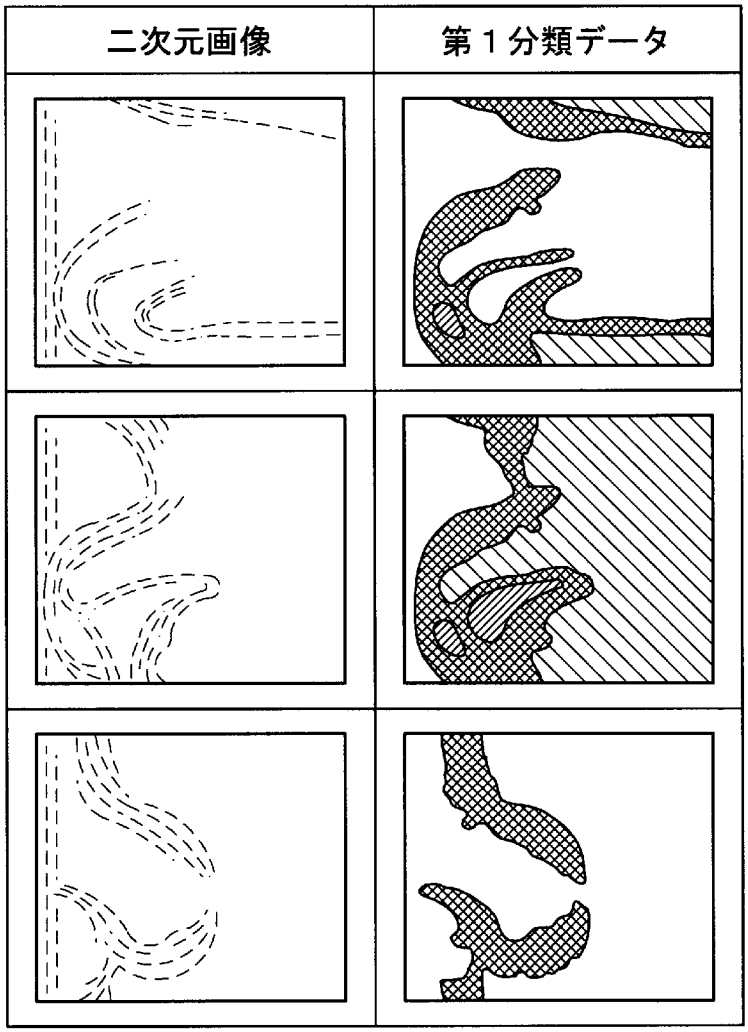

31
第１分類モデル
58
35
566
568
ラベル分類
モデル
54
二次元画像
（ＲＴ形式）
568
ラベルデータ
（ＲＴ形式）
39
分類データ
変換部
567
566
座標変換
563
561
562
51
第１分類データ
（ＲＴ形式）
座標変換
58
51
二次元画像
（ＸＹ形式）
第１分類データ
（ＸＹ形式）

[図3]


200
情報処理装置
201
制御部
202
主記憶装置
204
通信部
205
表示部
206
入力部
203
補助記憶装置
41
第1分類DB
42
訓練DB

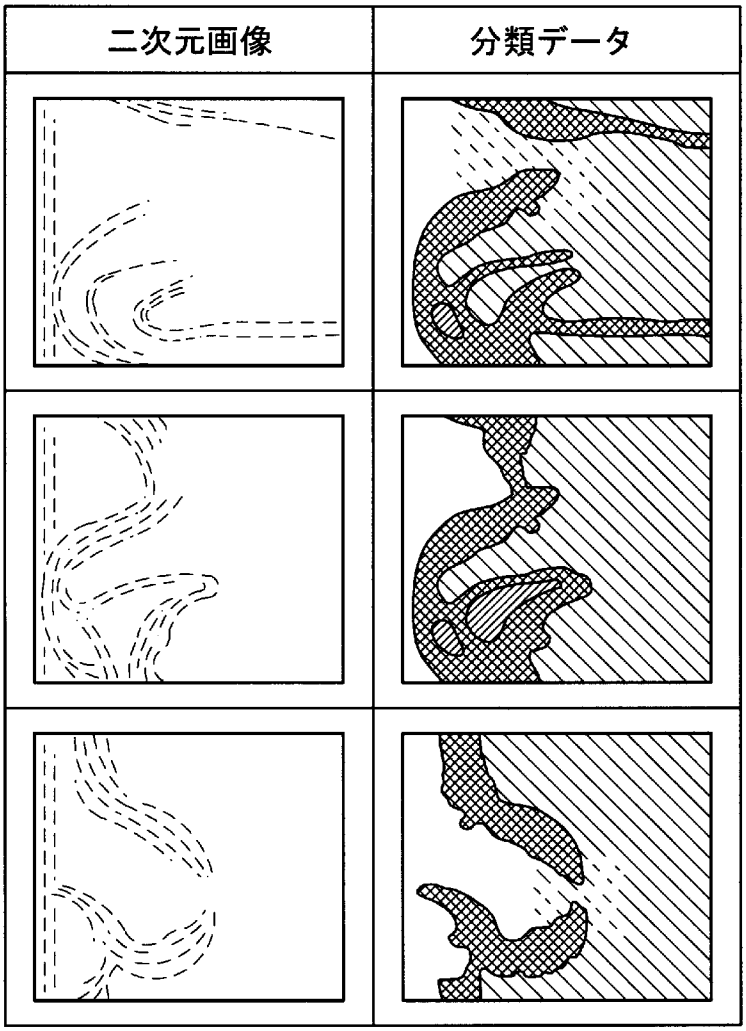
[図4]

41

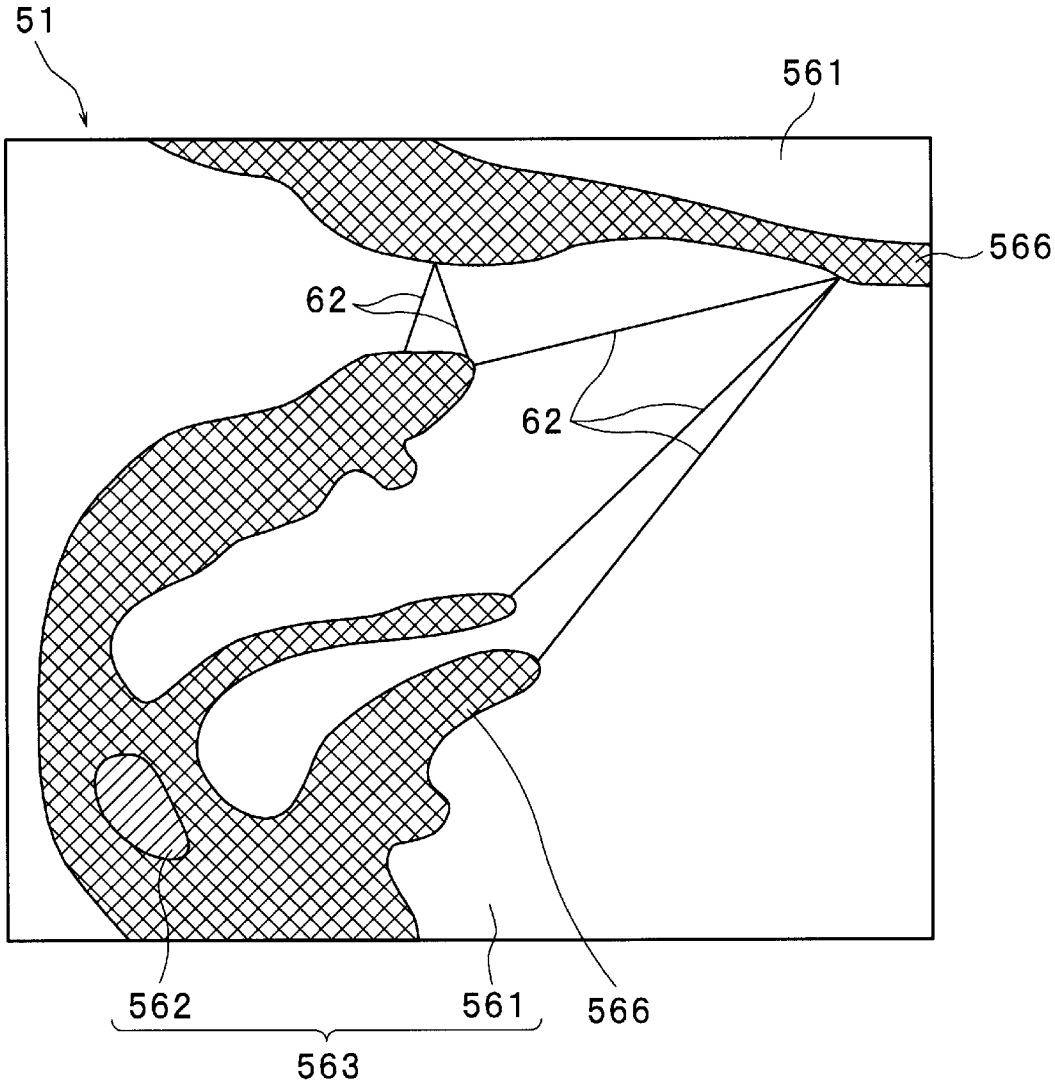


[図5]

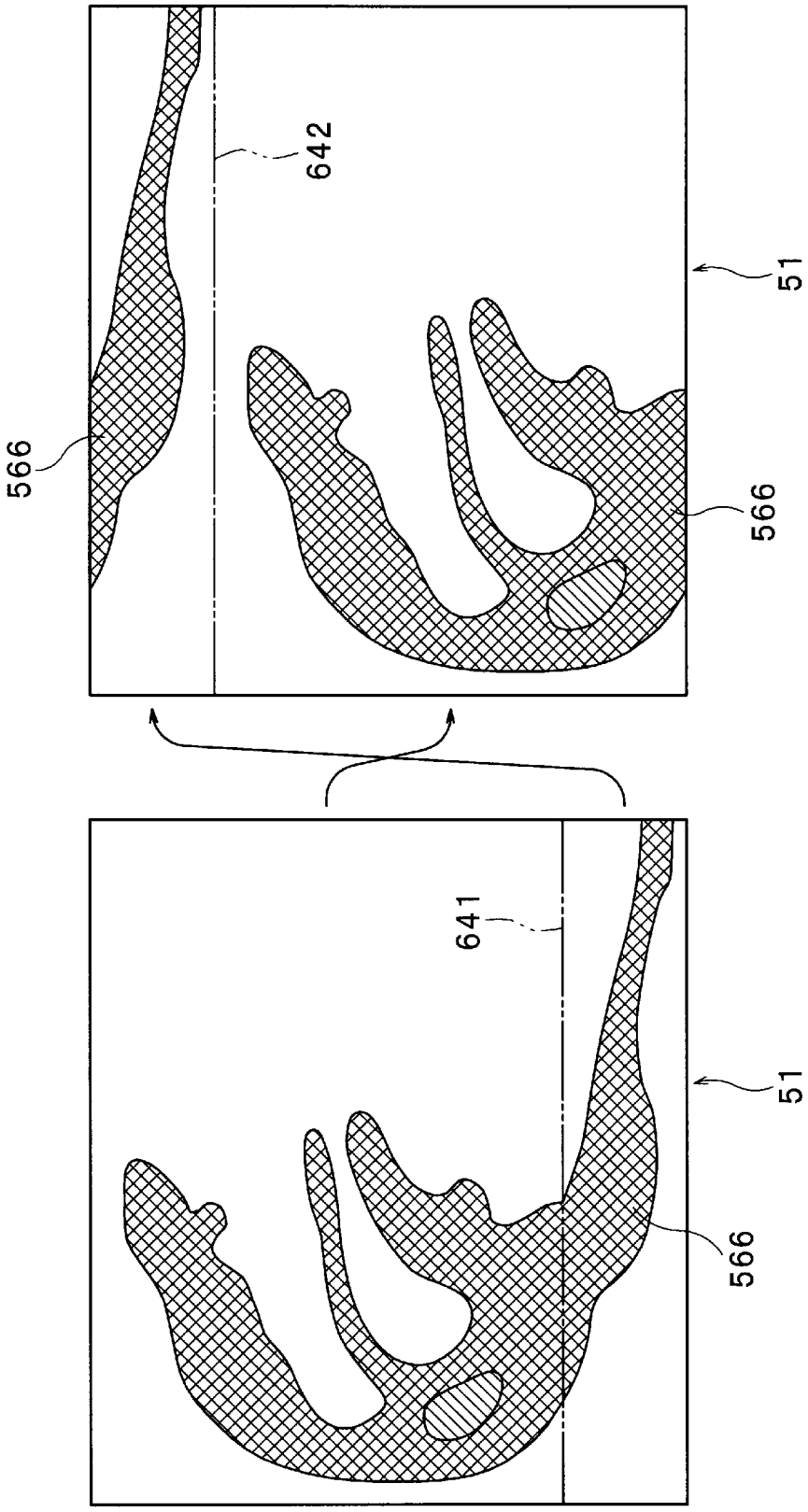
42



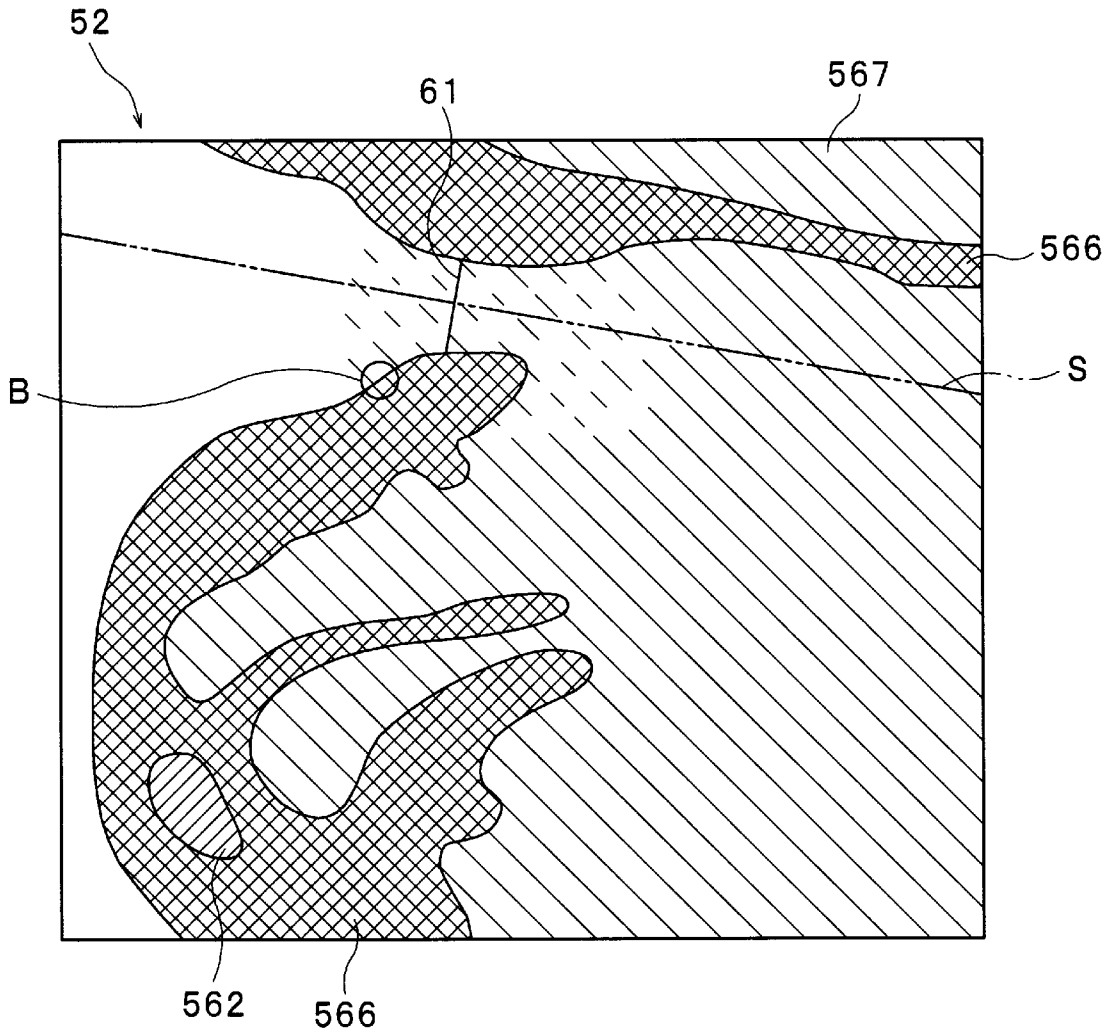
[図6]



[図7]



[図8]



[図9A]

1	1	1
1	1	3
3	3	3

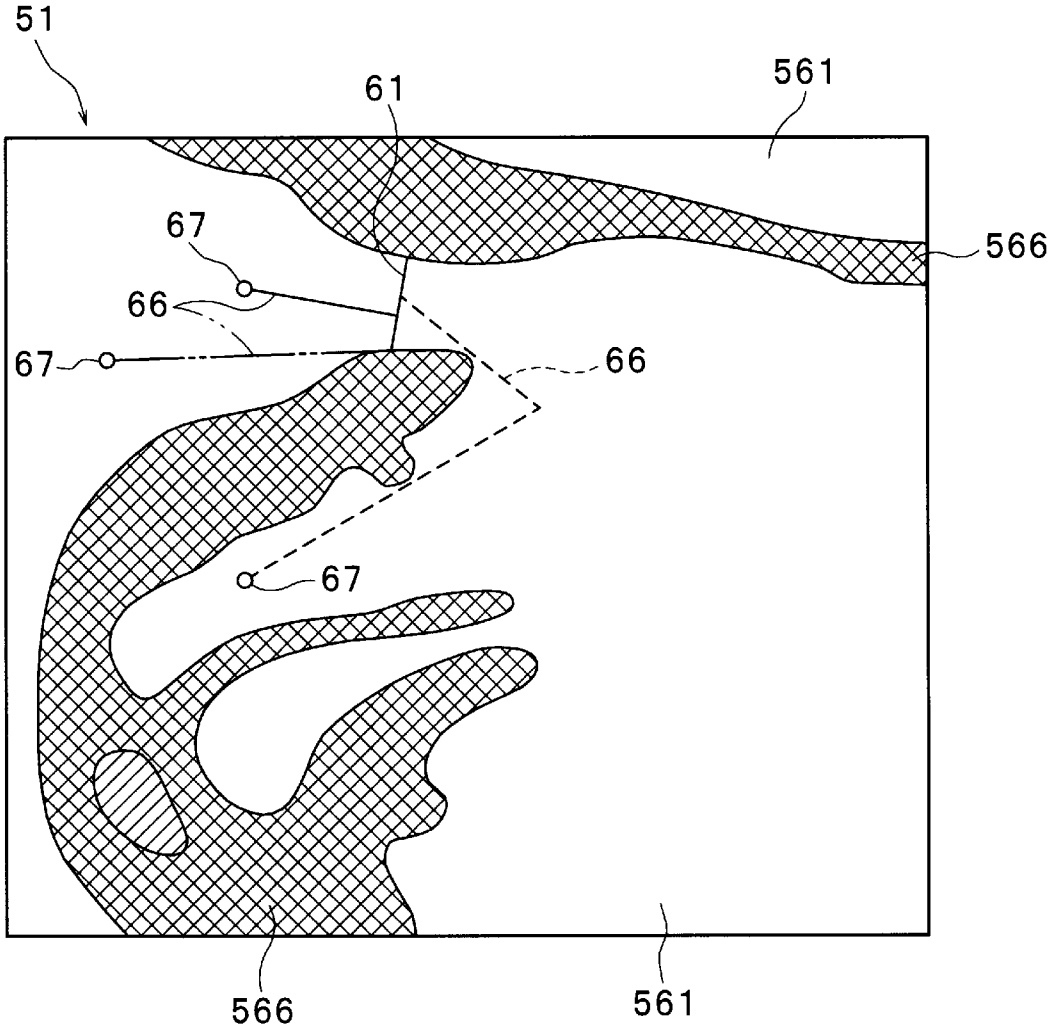
51

[図9B]

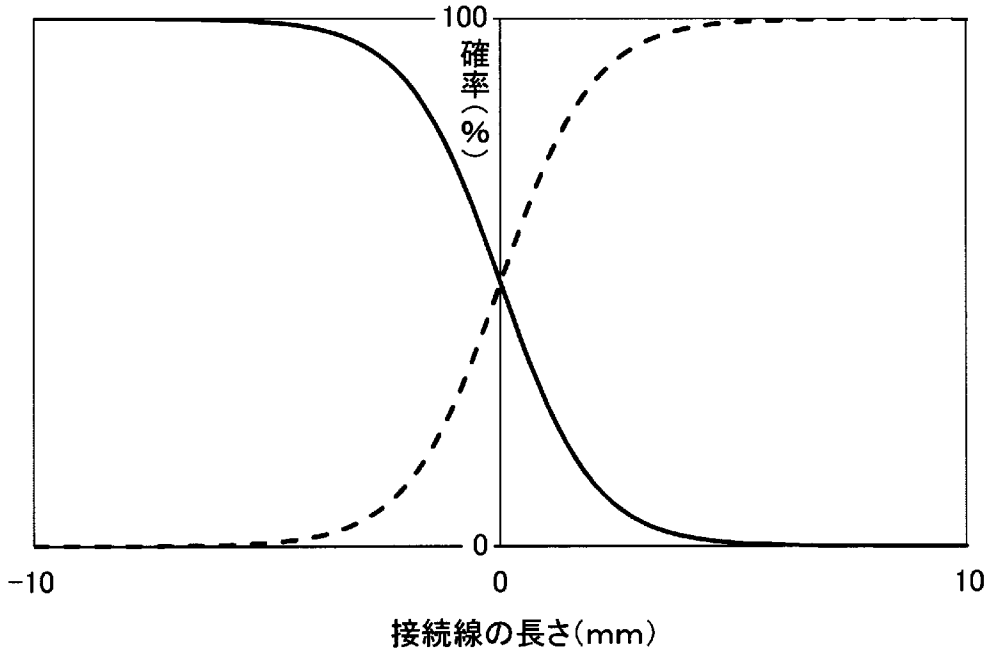
52

1:80% 2:20%	1:75% 2:25%	1:70% 2:30%
1:80% 2:20%	1:75% 2:25%	3:100%
3:100%	3:100%	3:100%

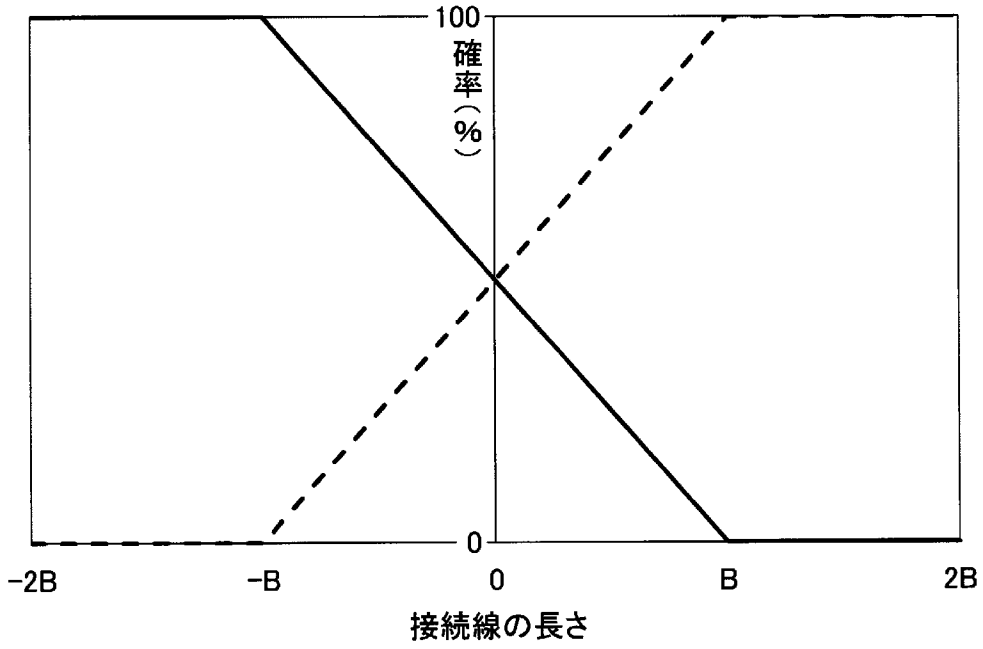
[図10]



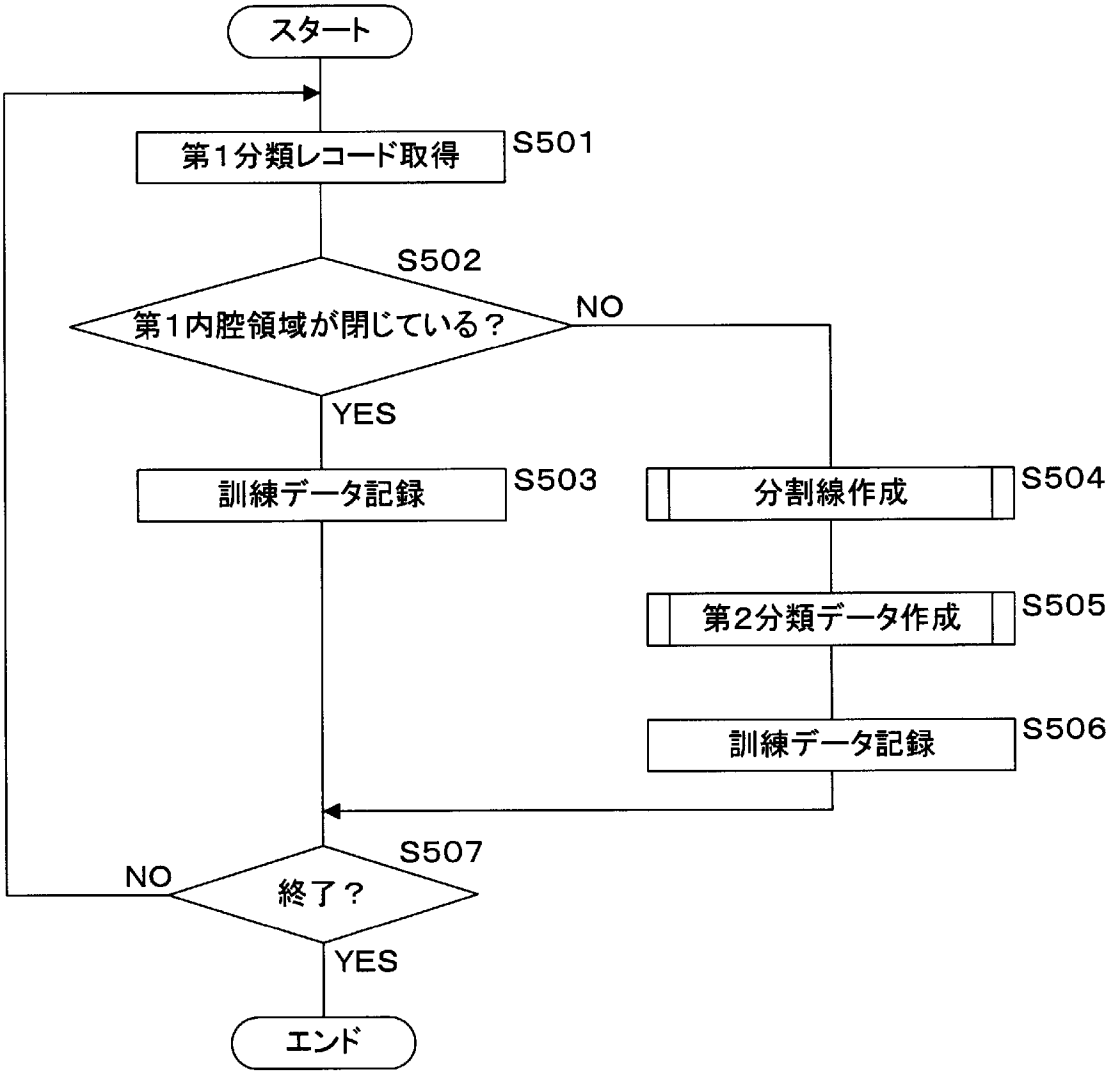
[図11]



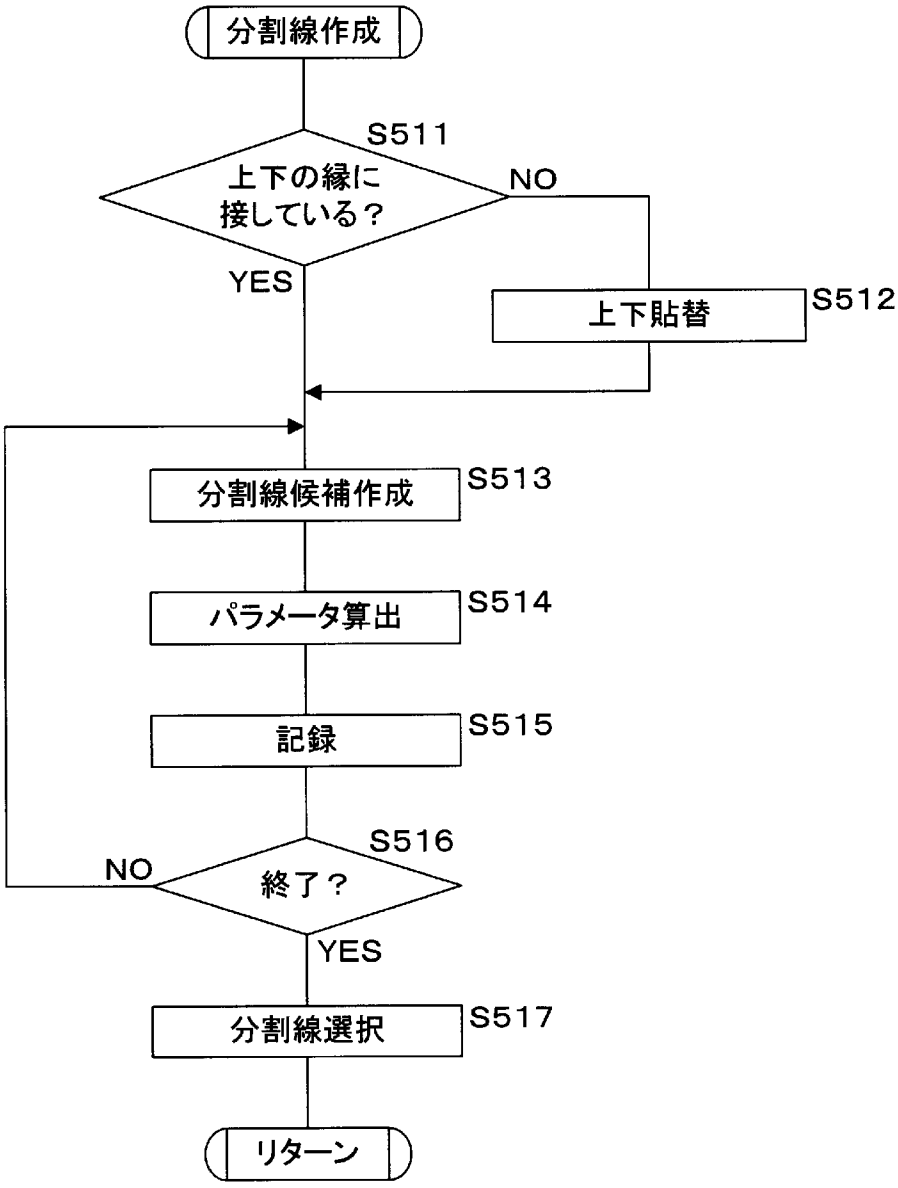
[図12]



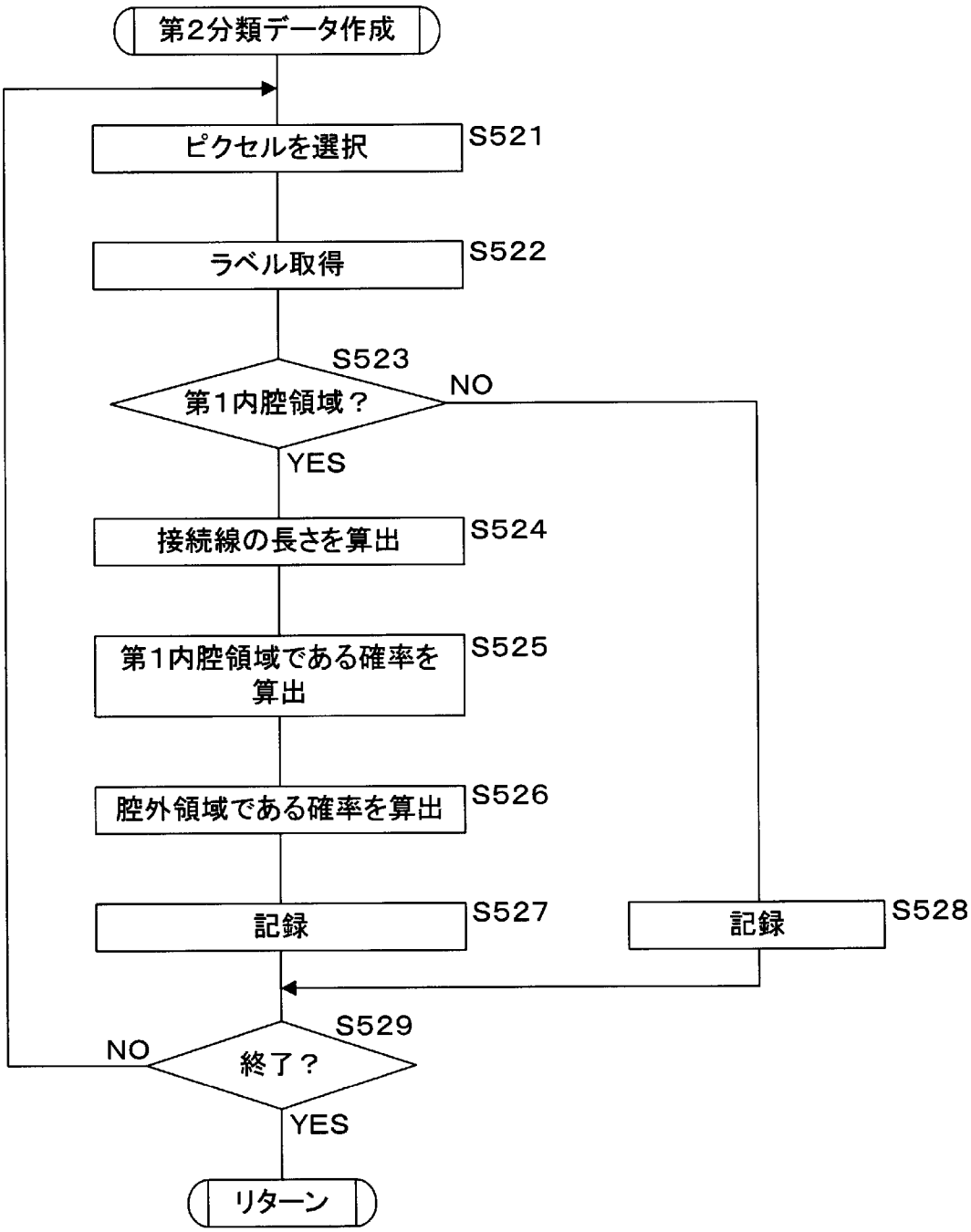
[図13]


スタート
第1分類レコード取得
S501
S502
第1内腔領域が閉じている？
NO
YES
訓練データ記録
S503
分割線作成
S504
第2分類データ作成
S505
訓練データ記録
S506
S507
NO
終了？
YES
エンド

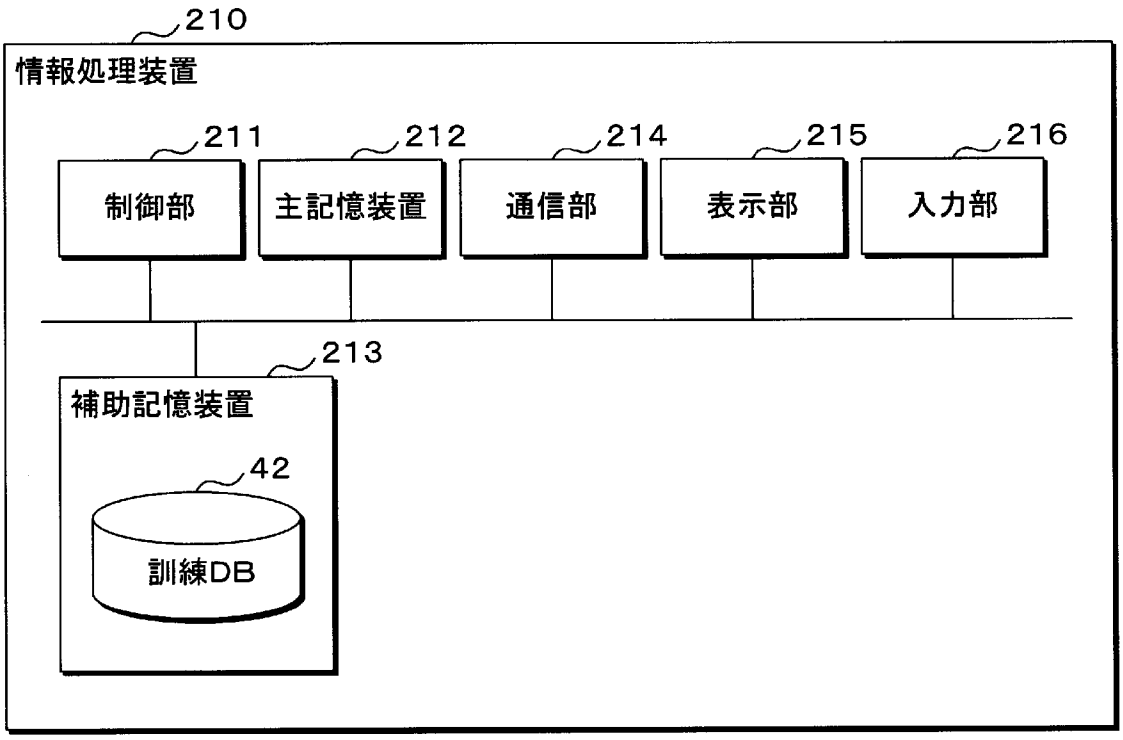
[図14]


分割線作成
S511
上下の縁に
接している？
NO
YES
上下貼替
S512
分割線候補作成
S513
パラメータ算出
S514
記録
S515
S516
NO
終了？
YES
分割線選択
S517
リターン

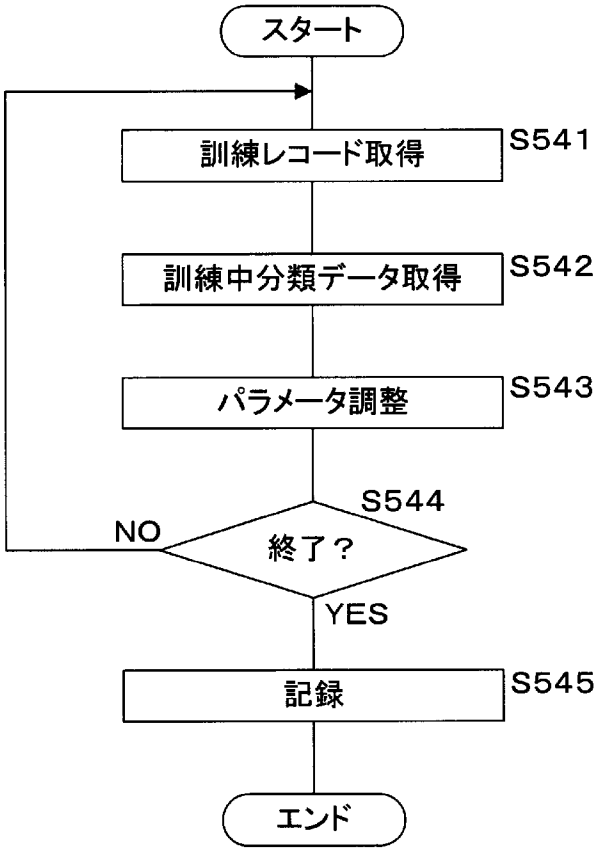
[図15]


第2分類データ作成
ピクセルを選択
S521
ラベル取得
S522
S523
第1内腔領域？
NO
YES
接続線の長さを算出
S524
第1内腔領域である確率を算出
S525
腔外領域である確率を算出
S526
記録
S527
記録
S528
S529
NO
終了？
YES
リターン

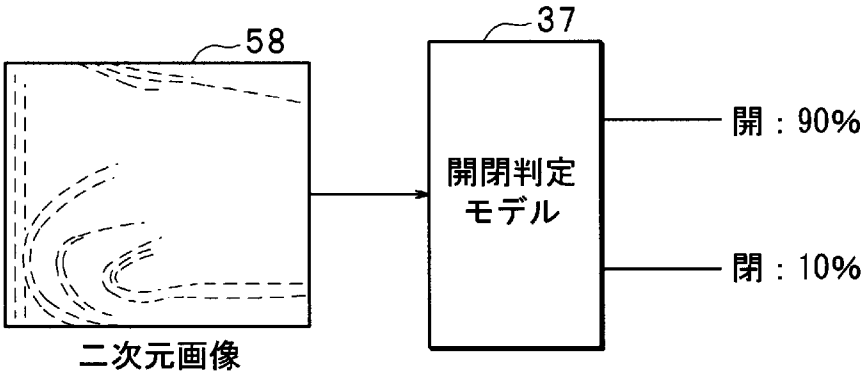
[図16]


210
情報処理装置
211
制御部
212
主記憶装置
214
通信部
215
表示部
216
入力部
213
補助記憶装置
42
訓練DB

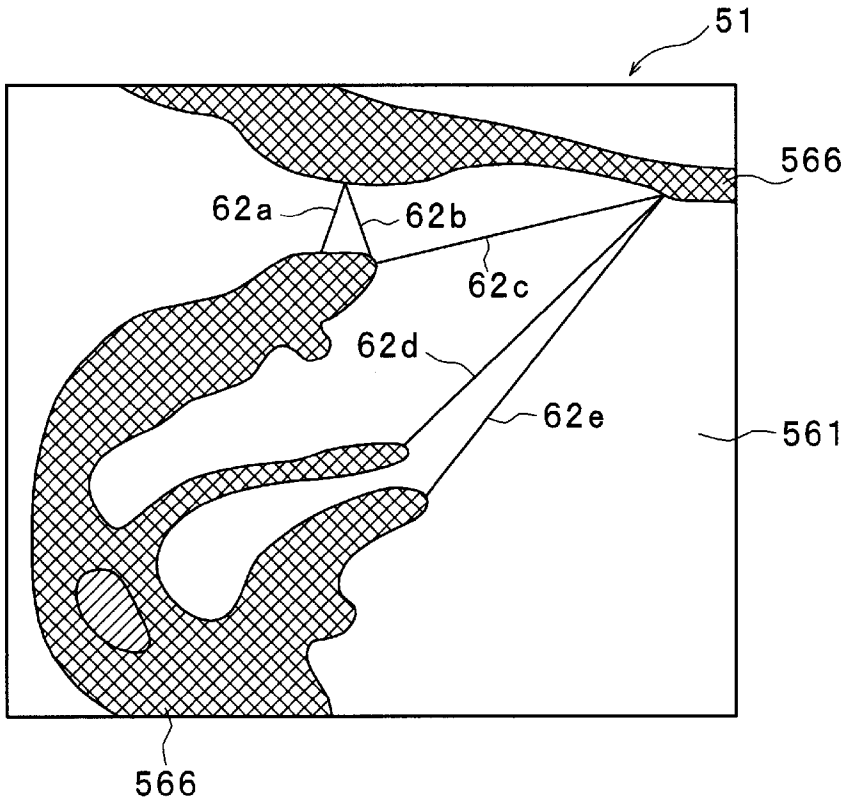
[図17]


スタート
訓練レコード取得
S541
訓練中分類データ取得
S542
パラメータ調整
S543
S544
NO
終了？
YES
記録
S545
エンド

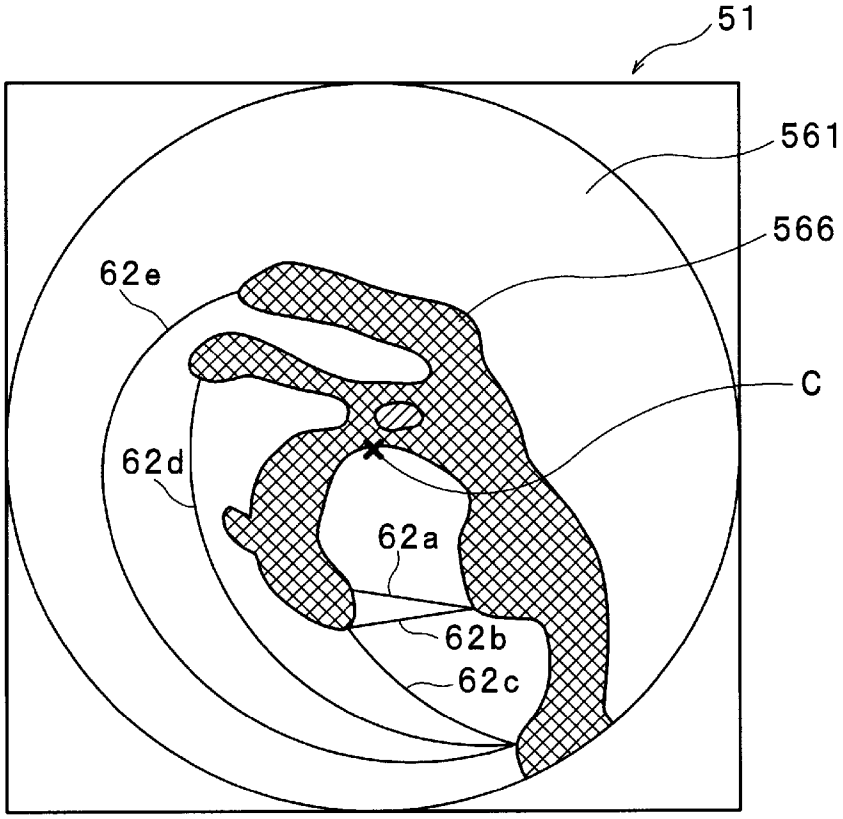
[図18]



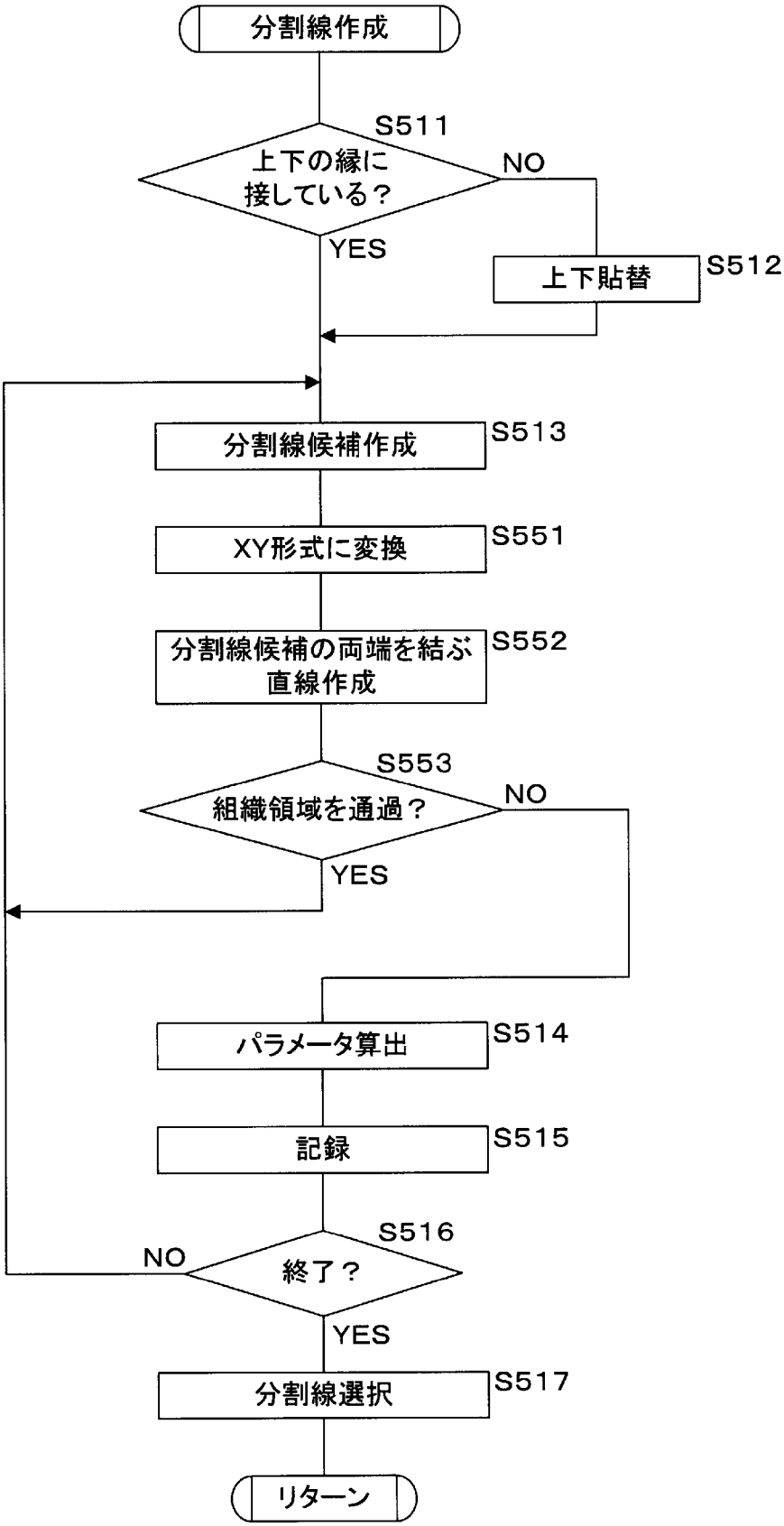
[図19A]



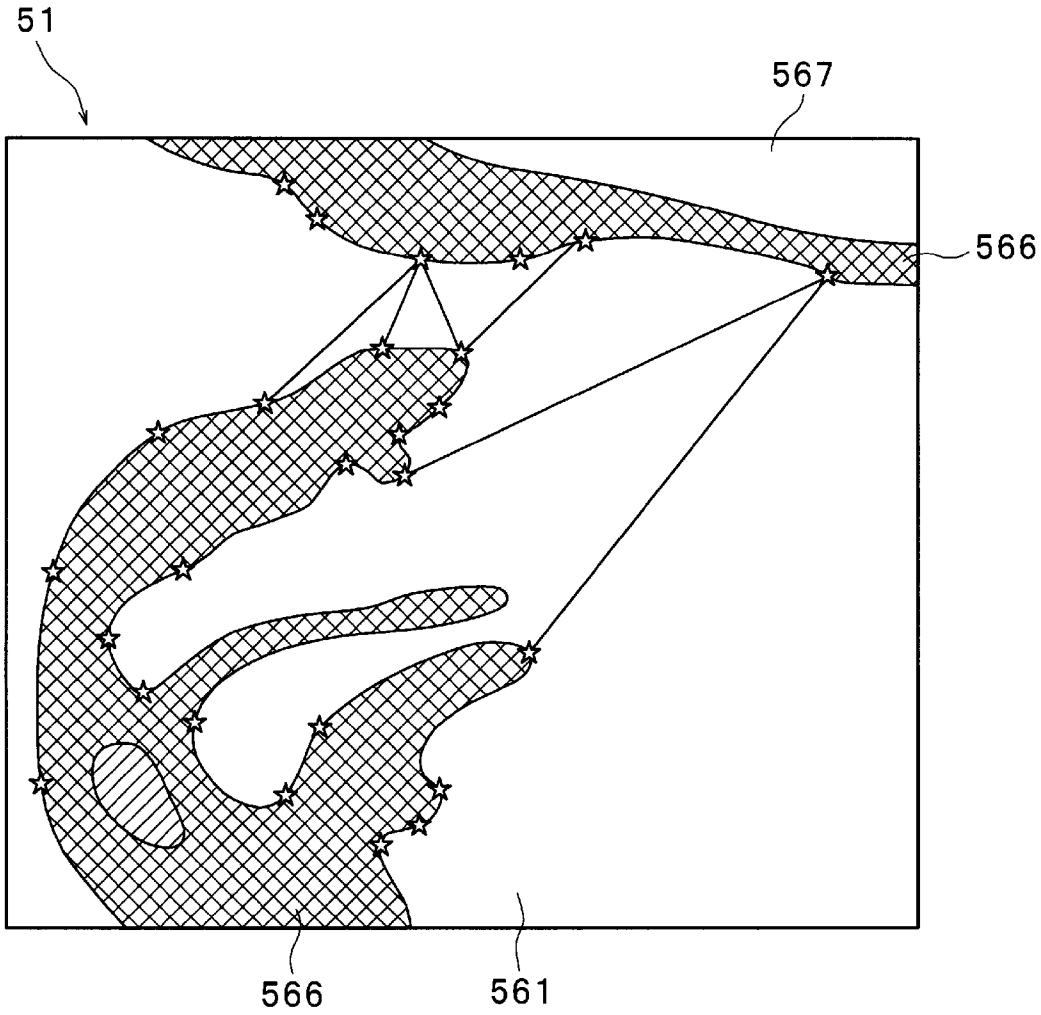
[図19B]



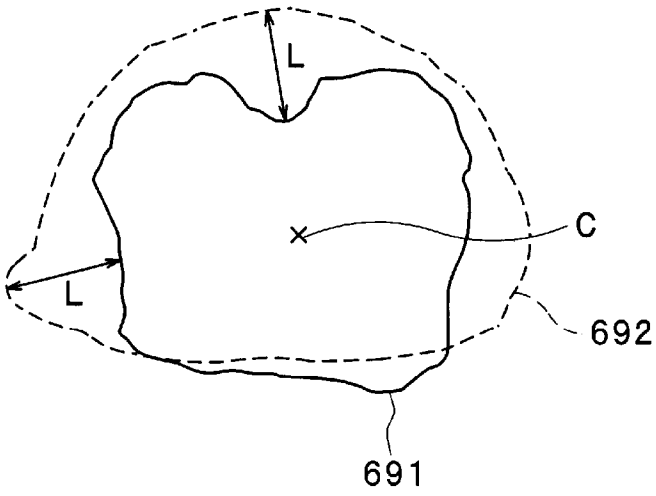
[図20]


分割線作成
S511
上下の縁に接している？
NO
YES
上下貼替
S512
分割線候補作成
S513
XY形式に変換
S551
分割線候補の両端を結ぶ直線作成
S552
S553
組織領域を通過？
NO
YES
パラメータ算出
S514
記録
S515
S516
NO
終了？
YES
分割線選択
S517
リターン

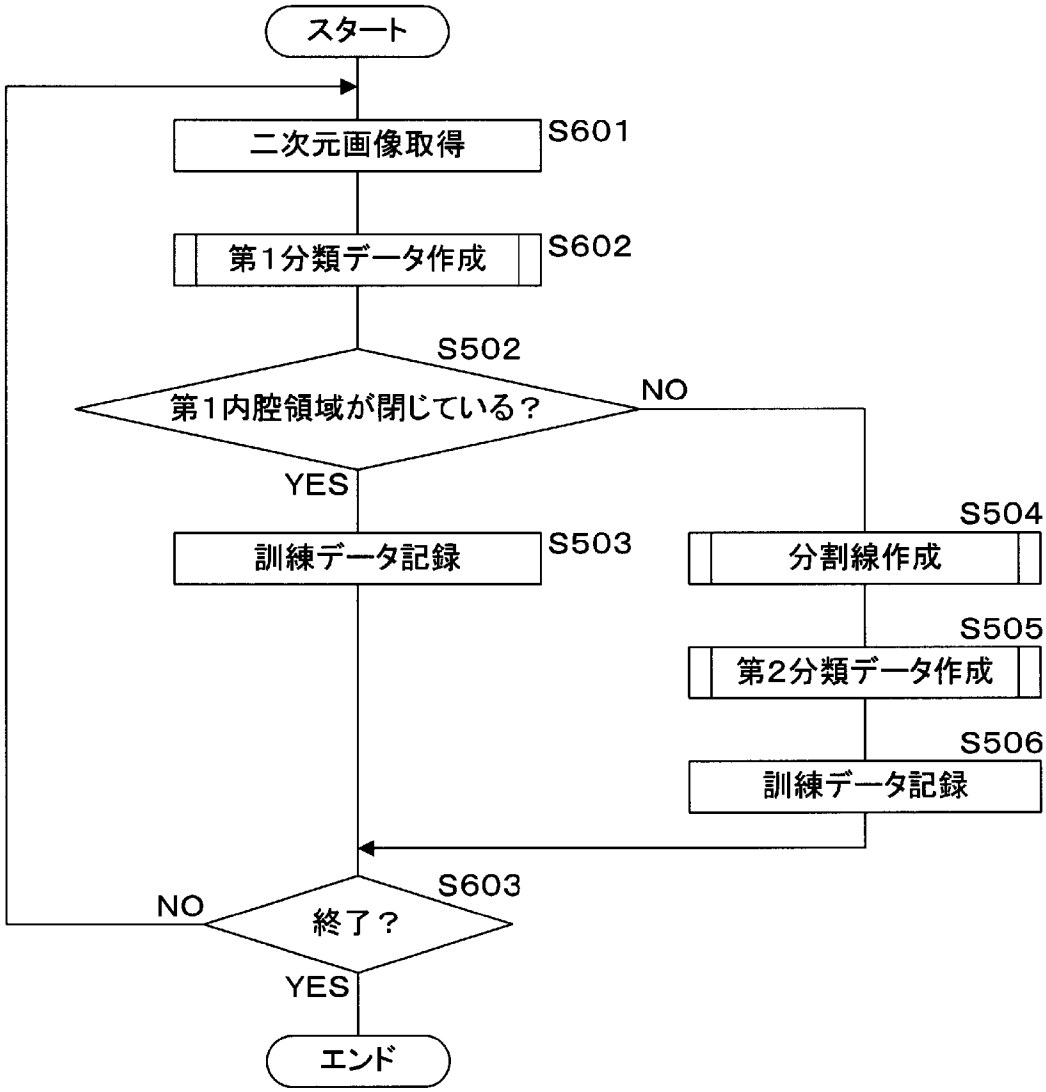
[図21]



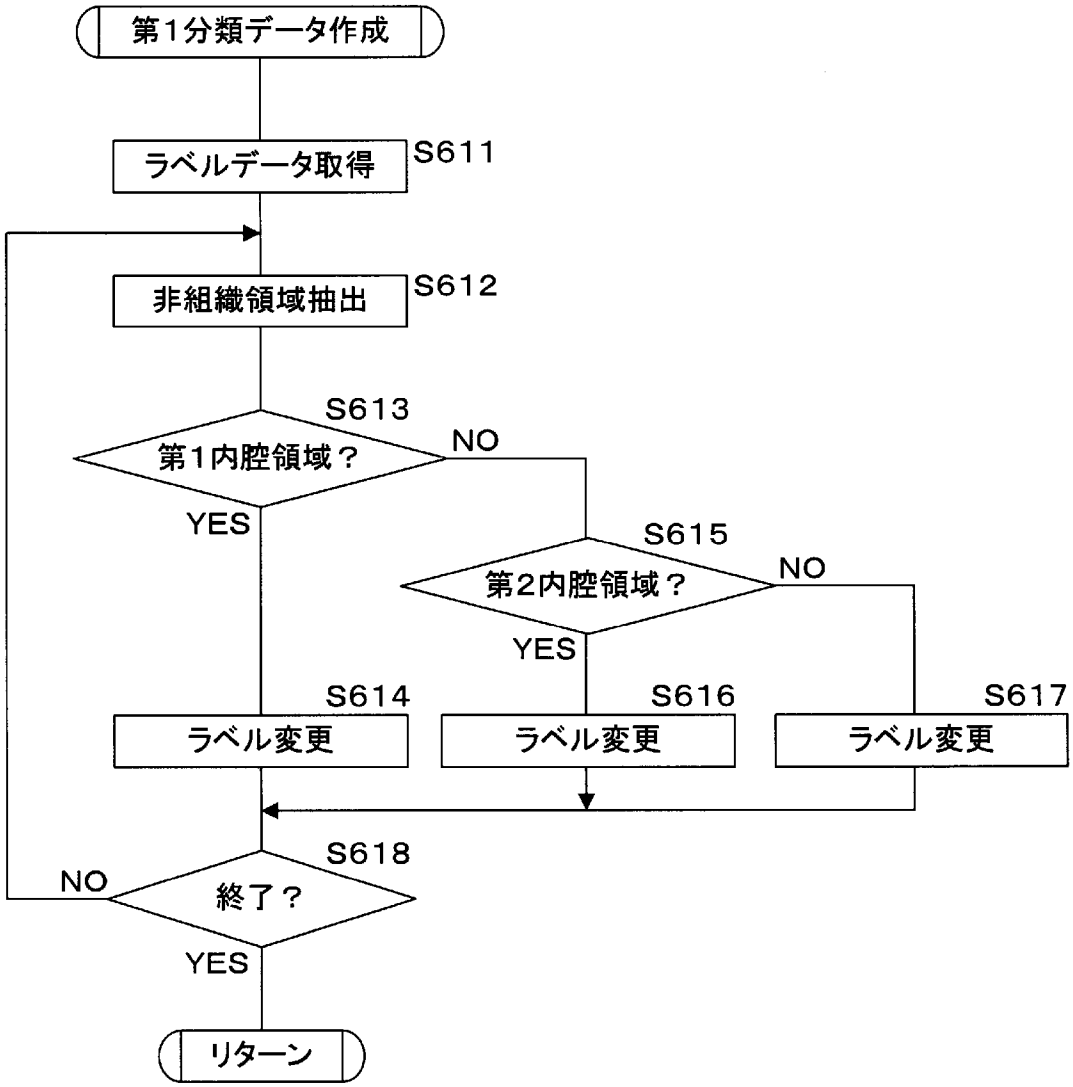
[図22]



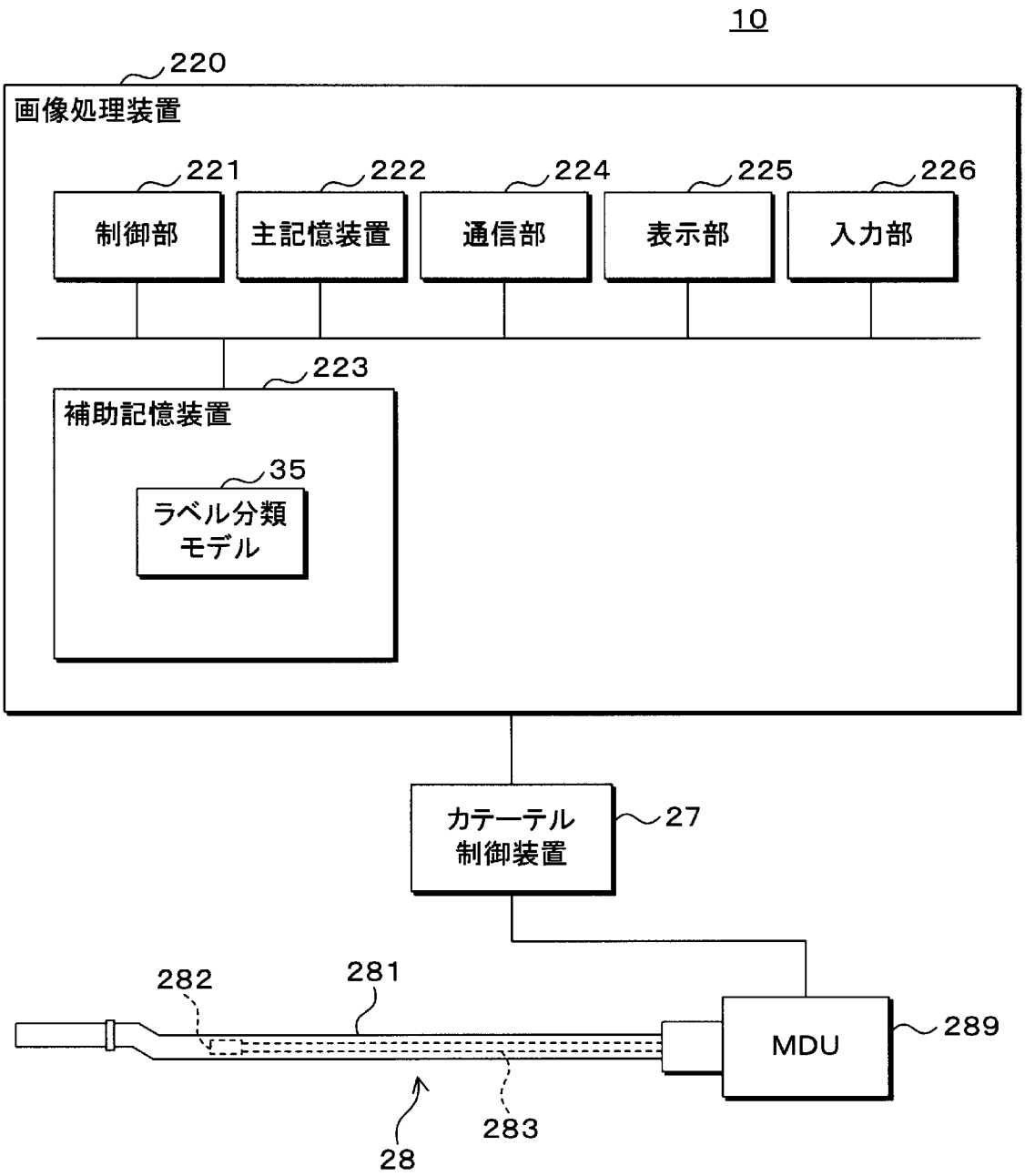
[図23]


スタート
二次元画像取得
S601
第1分類データ作成
S602
S502
第1内腔領域が閉じている？
NO
YES
訓練データ記録
S503
S504
分割線作成
S505
第2分類データ作成
S506
訓練データ記録
S603
NO
終了？
YES
エンド

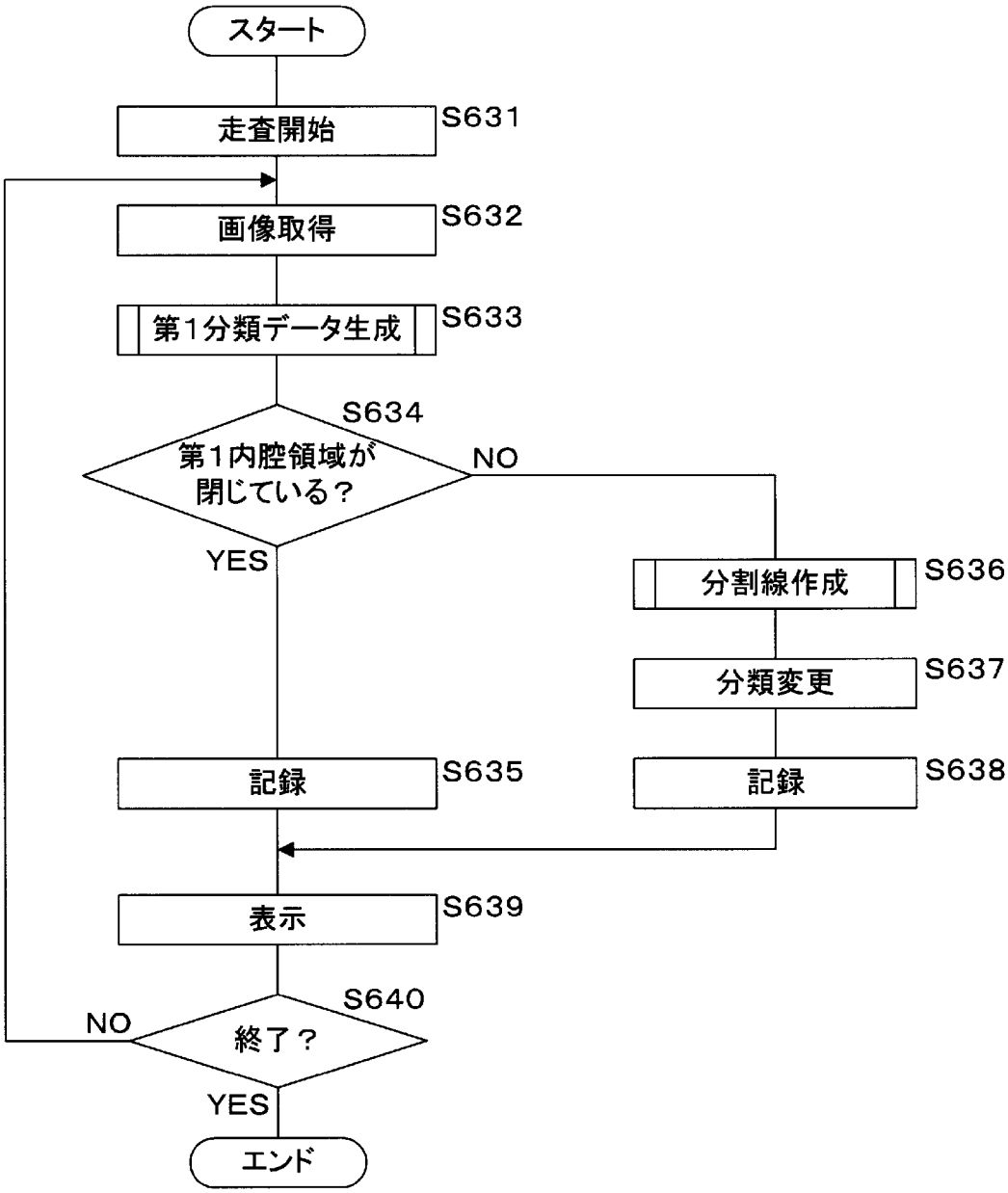
[図24]


第1分類データ作成
ラベルデータ取得
S611
非組織領域抽出
S612
S613
第1内腔領域？
NO
YES
S615
第2内腔領域？
NO
YES
S614
ラベル変更
S616
ラベル変更
S617
ラベル変更
S618
NO
終了？
YES
リターン

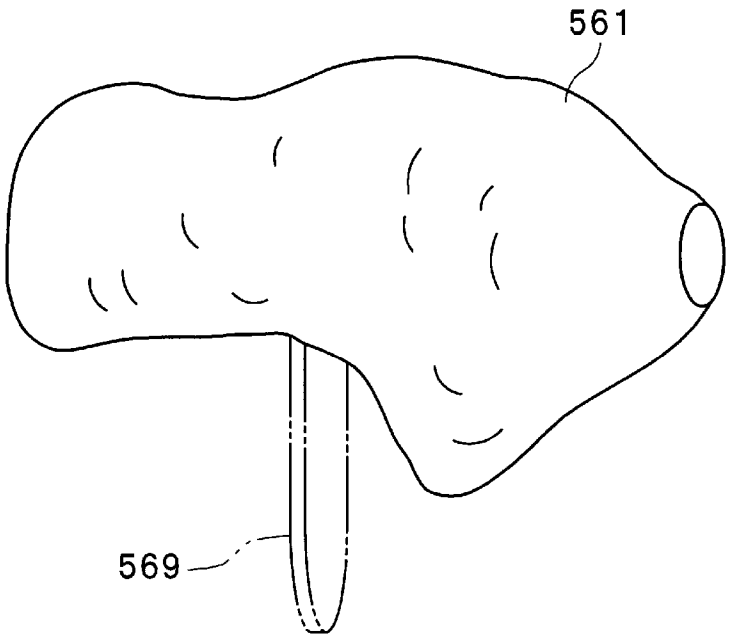
[図25]


10
220
画像処理装置
221
制御部
222
主記憶装置
224
通信部
225
表示部
226
入力部
223
補助記憶装置
35
ラベル分類
モデル
カテーテル
制御装置
27
282
281
MDU
289
283
28

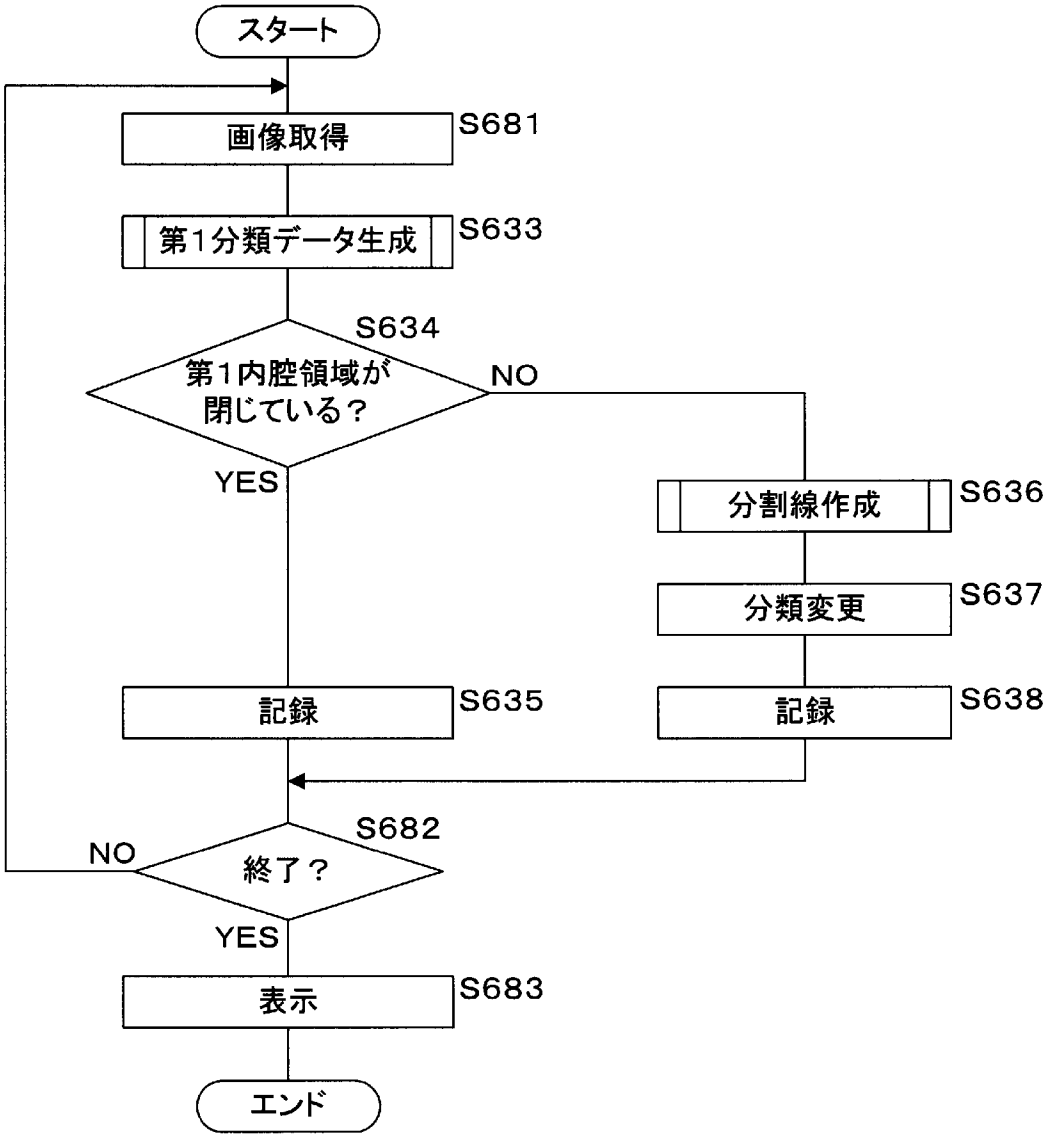
[図26]


スタート
走査開始
S631
画像取得
S632
第1分類データ生成
S633
S634
第1内腔領域が閉じている？
NO
YES
分割線作成
S636
分類変更
S637
記録
S635
記録
S638
表示
S639
S640
NO
終了？
YES
エンド

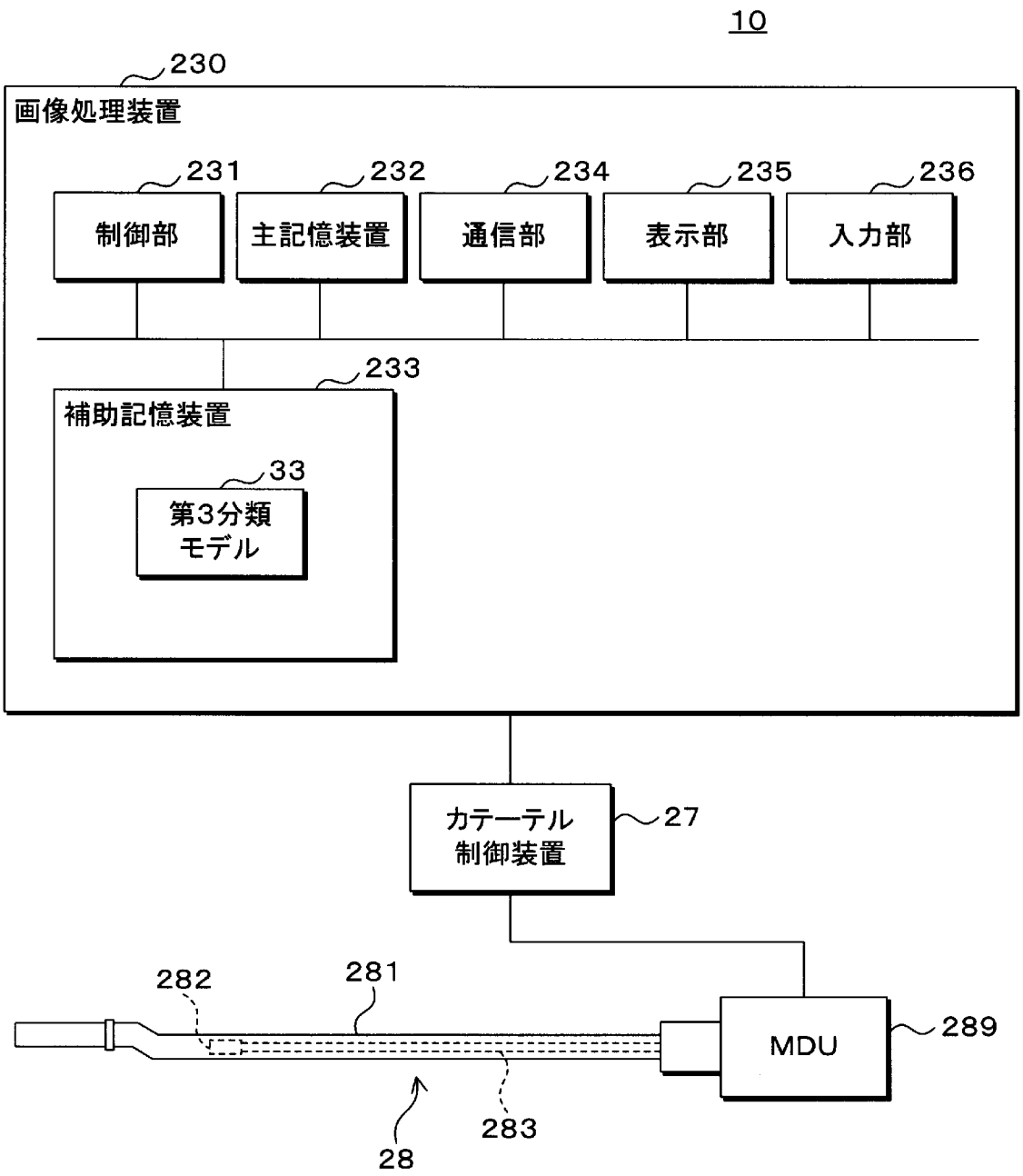
[図27]



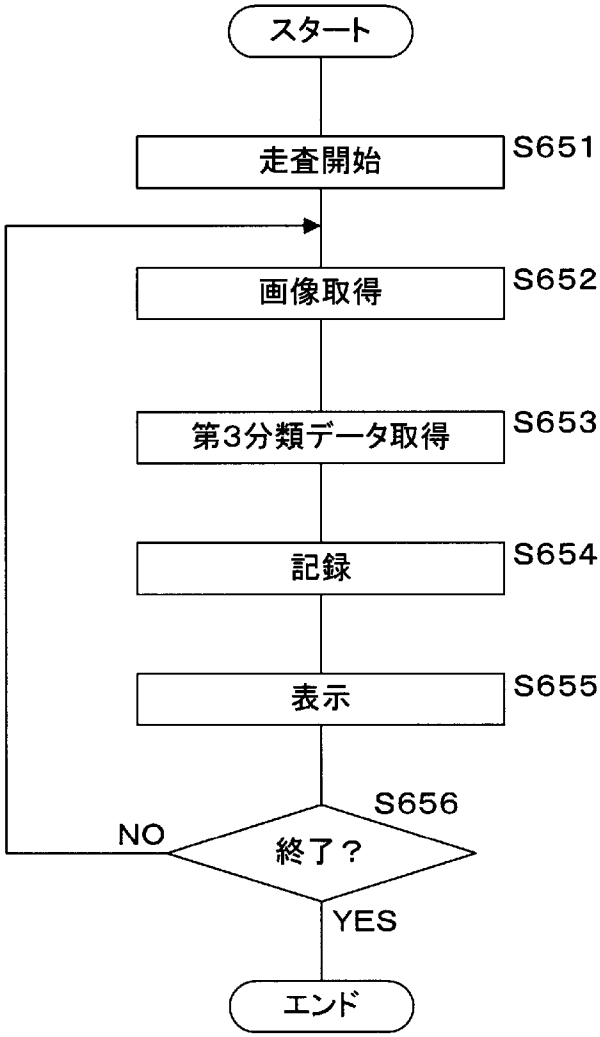
[図28]


スタート
画像取得
S681
第1分類データ生成
S633
S634
第1内腔領域が閉じている？
NO
YES
分割線作成
S636
分類変更
S637
記録
S635
記録
S638
S682
NO
終了？
YES
表示
S683
エンド

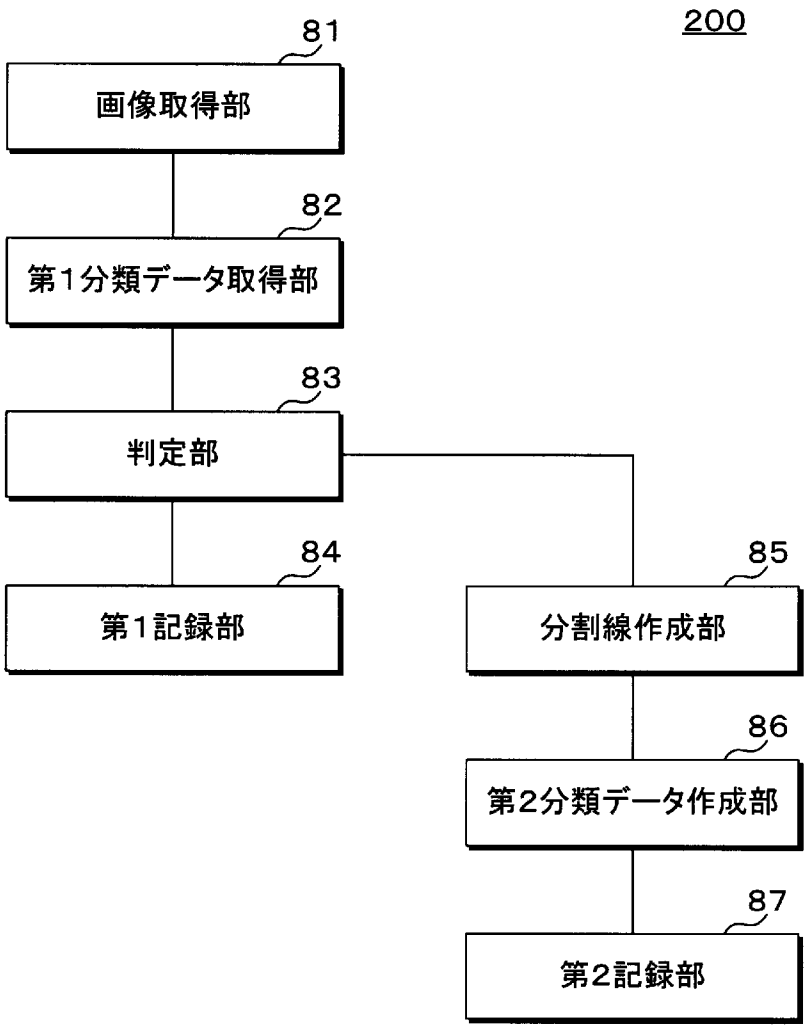
[図29]


10
230
画像処理装置
231
制御部
232
主記憶装置
234
通信部
235
表示部
236
入力部
233
補助記憶装置
33
第3分類
モデル
カテーテル
制御装置
27
282
281
MDU
289
283
28

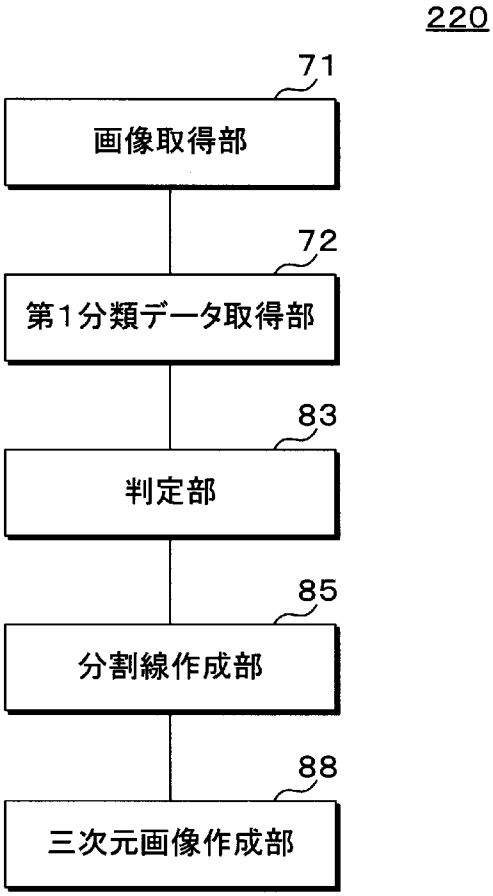
[図30]


スタート
走査開始
S651
画像取得
S652
第3分類データ取得
S653
記録
S654
表示
S655
S656
終了？
NO
YES
エンド

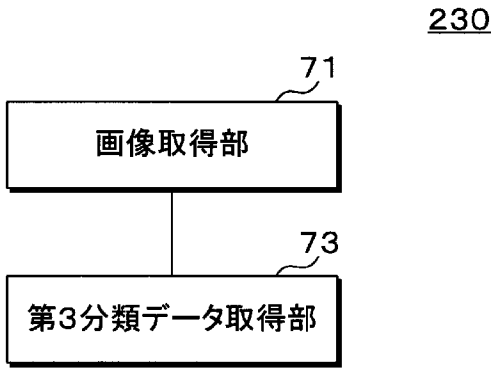
[図31]


200
81
画像取得部
82
第1分類データ取得部
83
判定部
84
第1記録部
85
分割線作成部
86
第2分類データ作成部
87
第2記録部

[図32]


220
71
画像取得部
72
第1分類データ取得部
83
判定部
85
分割線作成部
88
三次元画像作成部

[図33]


230
71
画像取得部
73
第3分類データ取得部

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/034448

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 8/12(2006.01)i; ***G06T 7/00***(2017.01)i
FI: A61B8/12; G06T7/00 350B; G06T7/00 612

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)

A61B8/12; G06T7/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
Y	WO 2015/136853 A1 (TERUMO KABUSHIKI KAISHA) 17 September 2015 (2015-09-17) paragraphs [0011]-[0136], fig. 1-16	1-3, 8-9, 17-25
A		4-7, 10-16
Y	US 2020/0129147 A1 (VOLCANO CORPORATION) 30 April 2020 (2020-04-30) paragraphs [0025]-[0091], fig. 1-9	1-3, 8-9, 17-25
Y	JP 2010-148778 A (TOSHIBA CORPORATION) 08 July 2010 (2010-07-08) paragraphs [0019]-[0067], fig. 1-14	1-3, 8-9, 17-25

☐ 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	Date of mailing of the international search report
07 November 2022	**22 November 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/034448

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2015/136853 A1	17 September 2015	(Family: none)	
US 2020/0129147 A1	30 April 2020	WO 2020/084583 A1 paragraphs [0025]-[0091], fig. 1-9	
JP 2010-148778 A	08 July 2010	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/034448

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

A61B 8/12(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)i
FI: A61B8/12; G06T7/00 350B; G06T7/00 612

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（ＩＰＣ））

A61B8/12; G06T7/00

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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
Y	WO 2015/136853 A1 (テルモ株式会社) 17.09.2015 (2015-09-17) [0011]-[0136], 図1-16	1-3, 8-9, 17-25
A		4-7, 10-16
Y	US 2020/0129147 A1 (VOLCANO CORPORATION) 30.04.2020 (2020-04-30) [0025]-[0091], FIGs.1-9	1-3, 8-9, 17-25
Y	JP 2010-148778 A (株式会社東芝) 08.07.2010 (2010-07-08) [0019]-[0067], 図1-14	1-3, 8-9, 17-25

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
07.11.2022	22.11.2022

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
永田　浩司 2U 6004

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/034448

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2015/136853 A1	17.09.2015	（ファミリーなし）	
US 2020/0129147 A1	30.04.2020	WO 2020/084583 A1 [0025]-[0091], FIGs.1-9	
JP 2010-148778 A	08.07.2010	（ファミリーなし）	