

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-142498

(P2010-142498A)

(43) 公開日 平成22年7月1日(2010.7.1)

|                               |                |             |
|-------------------------------|----------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                  | F I            | テーマコード (参考) |
| <b>A 6 1 B 3/12 (2006.01)</b> | A 6 1 B 3/12 E |             |
| <b>A 6 1 B 3/14 (2006.01)</b> | A 6 1 B 3/14 A |             |

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

|           |                              |          |                   |
|-----------|------------------------------|----------|-------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2008-324709 (P2008-324709) | (71) 出願人 | 000001007         |
| (22) 出願日  | 平成20年12月19日 (2008.12.19)     |          | キヤノン株式会社          |
|           |                              |          | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
|           |                              | (74) 代理人 | 100076428         |
|           |                              |          | 弁理士 大塚 康徳         |
|           |                              | (74) 代理人 | 100112508         |
|           |                              |          | 弁理士 高柳 司郎         |
|           |                              | (74) 代理人 | 100115071         |
|           |                              |          | 弁理士 大塚 康弘         |
|           |                              | (74) 代理人 | 100116894         |
|           |                              |          | 弁理士 木村 秀二         |
|           |                              | (74) 代理人 | 100130409         |
|           |                              |          | 弁理士 下山 治          |
|           |                              | (74) 代理人 | 100134175         |
|           |                              |          | 弁理士 永川 行光         |

最終頁に続く

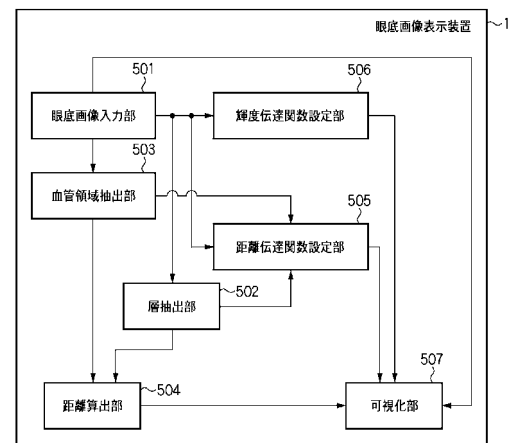
(54) 【発明の名称】 眼底画像表示装置及びその制御方法、コンピュータプログラム

## (57) 【要約】

【課題】眼底血管の3次元の走行を医師が観察できるように可視化する技術を提供する。

【解決手段】網膜の断層像を示す眼底画像において網膜層のいずれかの境界位置を特定する特定手段と、不透明度のピーク位置が前記網膜内の所定位置となるように、特定された前記境界位置からの距離を不透明度を表すパラメータに変換するための距離伝達関数を設定する距離伝達関数設定手段と、前記眼底画像の輝度値を、不透明度を表すパラメータに変換する輝度伝達関数を設定する輝度伝達関数設定手段と、前記距離伝達関数と前記輝度伝達関数とを用いて、前記断層像の各位置の不透明度を算出し、ボリュームレンダリングにより半透明表示画像を生成する可視化手段とを備える。

【選択図】 図5



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

網膜の断層像を示す眼底画像において網膜層のいずれかの境界位置を特定する特定手段と、

不透明度のピーク位置が前記網膜内の所定位置となるように、特定された前記境界位置からの距離を不透明度を表すパラメータに変換するための距離伝達関数を設定する距離伝達関数設定手段と、

前記眼底画像の輝度値を、不透明度を表すパラメータに変換する輝度伝達関数を設定する輝度伝達関数設定手段と、

前記距離伝達関数と前記輝度伝達関数とを用いて、前記断層像の各位置の不透明度を算出し、ボリュームレンダリングにより半透明表示画像を生成する可視化手段とを備えることを特徴とする眼底画像表示装置。

10

**【請求項 2】**

前記眼底画像において、前記網膜内の眼底血管が存在する領域を抽出する血管領域抽出手段をさらに備え、

前記所定位置は、前記網膜内の眼底血管の存在する領域の位置であることを特徴とする請求項 1 に記載の眼底画像表示装置。

**【請求項 3】**

前記眼底画像には、眼底写真が更に含まれ、

前記血管領域抽出手段は前記眼底写真において眼底血管の位置を特定し、該特定した眼底血管の位置を利用して、前記眼底画像において前記網膜内の眼底血管が存在する領域を抽出することを特徴とする請求項 2 に記載の眼底画像表示装置。

20

**【請求項 4】**

前記眼底画像において、前記網膜内の白斑が存在する領域を抽出する白斑領域抽出手段をさらに備え、

前記所定位置は、前記網膜内の白斑の存在する領域の位置であることを特徴とする請求項 1 に記載の眼底画像表示装置。

**【請求項 5】**

前記眼底画像には、眼底写真が更に含まれ、

前記白斑領域抽出手段は前記眼底写真において白斑の位置を特定し、該特定した白斑の位置を利用して、前記眼底画像において前記網膜内の白斑が存在する領域を抽出することを特徴とする請求項 4 に記載の眼底画像表示装置。

30

**【請求項 6】**

前記網膜層を構成する各層の厚みを登録するデータベースをさらに備え、

前記距離伝達関数設定手段は、前記網膜内の所定位置を前記各層の厚みにより特定し、該所定位置が不透明度のピークとなるように、前記特定された境界位置からの距離を不透明度を表すパラメータに変換することを特徴とする請求項 1 に記載の眼底画像表示装置。

**【請求項 7】**

前記所定位置は、前記網膜内の他の境界の位置であることを特徴とする請求項 1 に記載の眼底画像表示装置。

40

**【請求項 8】**

網膜の断層像を示す眼底画像において網膜層のいずれかの境界位置を特定する特定工程と、

不透明度のピーク位置が前記網膜内の所定位置となるように、特定された前記境界位置からの距離を不透明度を表すパラメータに変換するための距離伝達関数を設定する距離伝達関数設定工程と、

前記眼底画像の輝度値を、不透明度を表すパラメータに変換する輝度伝達関数を設定する輝度伝達関数設定工程と、

前記距離伝達関数と前記輝度伝達関数とを用いて、前記断層像の各位置の不透明度を算出し、ボリュームレンダリングにより半透明表示画像を生成する可視化工程と

50

を備えることを特徴とする眼底画像表示装置の制御方法。

【請求項 9】

コンピュータを請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項に記載の眼底画像表示装置を機能させるためのコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、眼底画像表示装置及びその制御方法、コンピュータプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

10

眼科医療分野においては眼底写真を撮影する眼底カメラが一般的に使われてきた。近年では、さらに、光干渉断層計(Optical Coherence Tomography、以下、OCTとする)が登場したことによって、網膜の断層像を撮影することが可能になった。この結果、網膜が層構造を形成していることや、その層構造が病気の進行によって崩れることなど、眼科医学として新しい知見が発見されつつある。現在では、特許文献 1 に開示されているように、撮影された網膜の複数の断層像から再構成された網膜ボリウムデータから層構造を抽出し、その情報を眼科の病気を診断するために利用したりしている。以下、眼底写真と網膜ボリウムデータを眼底画像と呼ぶ。

【0003】

従来、眼科医は網膜の断層像やボリウムデータを用いて網膜の層構造を読影したり、眼底写真を用いて眼底血管や白斑などの状態を読影したりしている。特に、眼底血管は、体外から観察できる唯一の血管であり、眼底血管からは様々な疾病の兆候や現象が確認できる。中でも、眼底血管の動脈硬化によって塞がった血管が膨張し、近傍の血管に接触してしまう交叉現象は、血管破裂などを引き起こし、最悪、失明につながる恐れがある現象として知られている。したがって、眼科医にとって眼底血管の走行がわかることは診断をつけるために有意義であると言える。さらに、患者にとっては、病気の早期発見につながり、早期回復や失明などの回避が期待できる。このような理由から、特許文献 2 では、眼底写真や輝度値を奥行き方向に積算して生成した積算画像から 2 次元の血管領域を抽出する方法が開示されている。さらに、眼底写真から血管領域や白斑領域を抽出する方法は、それぞれ非特許文献 1 や非特許文献 2 のような方法が開示されている。

20

30

【0004】

しかしながら、眼底写真では眼底血管の 2 次元的な走行しか観察することができなかった。それゆえ、交叉現象にみられる 3 次元的な眼底血管の重なりを直接観察することはできなかった。OCTが登場し高解像度の断層像から網膜ボリウムデータが再構成できる現在では、眼底血管の 3 次元的な走行が観察でき、交叉現象が直接観察できる可能性があると考えられる。

【0005】

網膜ボリウムデータを観察するためには、ボクセルが持つ値を伝達関数によって不透明度や色に変換することによって、ボリウムデータを半透明に表示できるボリウムレンダリングと呼ばれる方法が有効である。透明度を左右する伝達関数は、例えば、図 1 に示すように横軸に輝度値を、縦軸に不透明度を定義した関数として表現される。通常、ユーザは、伝達関数の形やピークの位置、幅をユーザインターフェースによって手動で設定することができる。また特許文献 3 のように、CT に写る臓器や血管などの CT 値ヒストグラムが器官毎に山を見せるのを利用し、CT 値ヒストグラムにガウス関数をフィッティングし、その平均値と分散から計算した CT 値の範囲を不透明表示するように自動設計できる。

40

【特許文献 1】特開 2008 - 073099 号公報

【特許文献 2】特開 2007 - 325831 公報

【特許文献 3】特開 2008 - 6274 公報

【非特許文献 1】エリサ・リッチ、レンゾ・パルフェッティ、“ラインオペレータ及びサ

50

ポートベクトル分類を利用した網膜血管セグメンテーション”、IEEE トランザクション、メディカルイメージング、第 26 巻、第 10 号、1357～1365 頁、2007 年 (Elisa Ricci, Renzo Perfetti, "Retinal Blood Vessel Segmentation Using Line Operators and Support Vector Classification, " IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol.26, No.10, pp.1357-1365, 2007.)

【非特許文献 2】トーマス・ウォルター、ジャン・クロード・クライン、パスカル・マッシン、アリ・エルジニー、“糖尿病性網膜症の診断に対する画像処理補助”IEEE トランザクション、メディカルイメージング、第 21 巻、第 10 号、1236～1243 頁、2002 年 10 月 (Thomas Walter, Jean-Claude Klein, Pascale Massin and Ali Erginay: "A Contribution of Image Processing to the Diagnosis of Diabetic Retinopathy - Detection of Exudates in Color Fundus Images of the Human Retina, " IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol.21, No.10, pp.1236-pp.1243, Oct. 2002.)

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

網膜ポリウムデータを用いて眼底血管の 3 次元走行を可視化するためには、次のような課題がある。

【0007】

特許文献 2 や非特許文献 1 による方法は、2 次元の眼底写真や積算画像の眼底血管を抽出する方法であって、眼底血管の 3 次元位置は特定できない。

20

【0008】

特許文献 3 による方法では、OCT の輝度値ヒストグラムにおいて血管領域は山を見せないで、自動で眼底血管の 3 次元走行を可視化することは困難である。また、図 2 に示す網膜断層像 201 において、眼底血管 202 が走行する神経線維層下端付近は高輝度領域になる。さらに、眼底血管 202 では光がよく反射し、輝度値は高くなる。つまり、眼底血管 202 が走行する領域はコントラストが低く、輝度値を基に手動で伝達関数を設定しても、眼底血管だけを可視化することは困難である。

【0009】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、網膜ポリウムデータから血管の 3 次元走行や白斑の 3 次元分布等を可視化することを可能とすることを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記の目的を達成するための本発明は、眼底画像表示装置であって、

網膜の断層像を示す眼底画像において網膜層のいずれかの境界位置を特定する特定手段と、

不透明度のピーク位置が前記網膜内の所定位置となるように、特定された前記境界位置からの距離を不透明度を表すパラメータに変換するための距離伝達関数を設定する距離伝達関数設定手段と、

前記眼底画像の輝度値を、不透明度を表すパラメータに変換する輝度伝達関数を設定する輝度伝達関数設定手段と、

40

前記距離伝達関数と前記輝度伝達関数とを用いて、前記断層像の各位置の不透明度を算出し、ポリウムレンダリングにより半透明表示画像を生成する可視化手段とを備える。

【発明の効果】

【0011】

本発明の構成により、網膜ポリウムデータから血管の 3 次元走行や白斑の 3 次元分布等を可視化することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、添付図面に従って本発明に係る眼底画像表示装置の好ましい実施形態について詳

50

説する。ただし、発明の範囲は図示例に限定されるものではない。

【 0 0 1 3 】

[ 第 1 実施形態：血管の可視化 ]

図 3 は、本実施形態に係る眼底画像表示システムの構成の一例を示す図である。本実施形態において、眼底画像表示装置 1 は、L A N 3 を介してデータベース 2 から眼底画像を読み出すことができる。或いは、眼底画像表示装置 1 に記憶装置、例えば F D D、C D - R W ドライブ、M O ドライブ、Z I P ドライブ等を接続し、それらのドライブから眼底画像を読み込むようにしても良い。また、L A N 3 を経由して眼底画像撮影装置 4 から直接に医用画像等を取得してもよい。データベース 2 には、眼底画像の他にも、患者の名前や所見情報、図 4 に示す網膜 4 0 3、神経線維層 4 0 5、外網状層 4 0 6、網膜色素上皮 4 0 7 の厚み情報が格納されている。図 4 は、眼底写真、網膜ボリュームデータ及び積算画像の関係を説明するための図である。

10

【 0 0 1 4 】

眼底画像撮影装置 4 としては、眼底の断層像を撮影できる O C T や眼底の写真が撮影できる眼底カメラが挙げられる。また、O C T の種類としては、タイムドメイン方式の T D - O C T やフーリエドメイン方式の F D - O C T が挙げられる。一般的に、T D - O C T では断層像が一枚撮像される。一方、高速撮像が可能な F D - O C T では、1 回の撮影で複数の断層像が得られ、これらの断層像を順番に並べることによって、網膜ボリュームデータが再構成できる。眼底画像撮影装置 4 は、ユーザ（技師や医師）による操作に応じて被検者（患者）の眼底画像を撮像し、得られた眼底画像を眼底画像表示装置 1 へ出力する。また、眼底画像表示装置 1 は、眼底画像撮影装置 4 により得られた眼底画像等を格納するデータベース 2 に接続され、そこから必要な眼底画像等を取得するように構成されてもよい。なお、これらの機器との接続は、U S B や I E E E 1 3 9 4 等のインターフェイスを介して行ってもよい。また、インターネット等の外部ネットワークを介して接続される構成であってもよい。

20

【 0 0 1 5 】

次に、図 5 を用いて、本実施形態に眼底画像表示装置 1 の機能構成を説明する。図 5 は、発明の実施形態に対応する眼底画像表示装置 1 の機能構成の一例を示す図である。図 5 において、眼底画像表示装置 1 は、眼底画像入力部 5 0 1、層抽出部 5 0 2、血管領域抽出部 5 0 3、距離算出部 5 0 4、距離伝達関数設定部 5 0 5、輝度伝達関数設定部 5 0 6、可視化部 5 0 7 を備える。次に各部の動作を説明する。

30

【 0 0 1 6 】

眼底画像入力部 5 0 1 は、眼底画像撮影装置 4 から出力された眼底画像や、データベース 2 に蓄えられている眼底画像を選択し、入力する。図 4 に眼底画像として入力される網膜ボリュームデータ 4 0 1 と眼底写真 4 2 1 の模式図を示す。網膜内は層構造を成していることが医学的に知られている。網膜ボリュームデータ 4 0 1 の座標系は、網膜断層像 4 0 2（模式図）の横方向を X 軸、縦方向を Z 軸、網膜断層像 4 0 2 が並べられる方向に Y 軸とする。また、眼底写真 4 2 1 の座標系は、横方向を X 軸、縦方向を Y 軸とする。

【 0 0 1 7 】

層抽出部 5 0 2 は、網膜ボリュームデータ 4 0 1 から、神経線維層 4 0 5、外網状層 4 0 6、網膜色素上皮 4 0 7 を抽出する。そして、内境界膜 4 0 4、神経線維層 4 0 5 の下端、外網状層 4 0 6 の上端、網膜色素上皮 4 0 7 の上端、内境界膜 4 0 4 から網膜色素上皮 4 0 7 の下端までで定義される網膜 4 0 3 を求める。抽出する層は全ての層であっても良いし、1 つもしくは、複数の層を選択しても良い。抽出された層の境界位置を示す層境界情報は、距離算出部 5 0 4 へ出力される。

40

【 0 0 1 8 】

血管領域抽出部 5 0 3 は、入力された眼底画像から血管領域を抽出する。図 6 に示すように、血管領域抽出部 5 0 3 は、積算画像血管領域抽出部 6 0 1 と、眼底写真血管領域抽出部 6 0 2、血管位置合わせ部 6 0 3 から構成される。積算画像血管領域抽出部 6 0 1 は、網膜ボリュームデータ 4 0 1 のボクセルの輝度値を z 軸方向へ積算した積算画像 4 1 1

50

から眼底の血管領域 4 1 2 を抽出する。さらに、眼底画像入力部 5 0 1 において眼底写真が入力された場合、眼底写真血管領域抽出部 6 0 2 は、眼底写真 4 2 1 から血管領域 4 2 2 を抽出する。血管位置合わせ部 6 0 3 は、眼底画像入力部 5 0 1 において眼底写真が入力されている場合、血管領域 4 1 2 と血管領域 4 2 2 を用いて眼底写真の座標系(X,Y)と積算画像の座標系(x,y)の位置合わせを行う。

#### 【 0 0 1 9 】

これらの処理の結果、血管領域抽出部 5 0 3 は、血管領域を座標系(x,y)で表現されたボクセルの集合として、距離算出部 5 0 4、距離伝達関数設定部 5 0 5、輝度伝達関数設定部 5 0 6 へ出力する。

#### 【 0 0 2 0 】

距離算出部 5 0 4 は、まず、層境界情報から 1 つの層境界を特定し、その境界位置を距離 = 0 とする。例えば、内境界膜が選択により特定された場合、図 4 に示す内境界膜 4 0 4 として抽出された層境界上の全ボクセルの距離を 0 とする。次に、距離算出部 5 0 4 は、血管領域抽出部 5 0 3 で得られた座標系(x,y)で表現されたボクセルの集合である血管領域 4 1 2 を用いて、網膜ポリウムデータの座標(x,y)を持つボクセルの集合である血管投影領域 4 0 8 を定義する。さらに、距離算出部 5 0 4 は、血管投影領域 4 0 8 の各ボクセルと、血管投影領域 4 0 8 と層境界との交点に存在する基準 4 0 9 との距離を算出し、算出した距離を各ボクセルに与える。このとき、基準 4 0 9 よりも z が小さい座標を持つボクセルの距離の符号を「 - 」、z が大きい座標を持つボクセルの距離の符号を「 + 」とする。

#### 【 0 0 2 1 】

距離伝達関数設定部 5 0 5 は、距離算出部 5 0 4 で算出した各ボクセルの距離を不透明度に変換する距離伝達関数を設定する。距離伝達関数は、例えば図 1 において横軸に距離、縦軸に不透明度を定義した関数であり、血管や白斑など表示対象によって自動で設定する。距離伝達関数設定部 5 0 5 は、血管領域抽出部 5 0 3 で抽出した血管投影領域 4 0 8 において、基準 4 0 9 から眼底血管が走行すると考えられる眼底血管 2 0 2 までの距離を距離伝達関数のピーク位置に設定する。

#### 【 0 0 2 2 】

ここで、眼底血管 2 0 2 が通っていると考えられる位置は、光を強く反射し、図 2 に示す血管の影領域 2 0 3 の輝度値が周囲に比べて低くなる。そこで、血管投影領域 4 0 8 内で最大輝度値を持つボクセル、もしくは、任意の大きさの矩形を設定しその矩形内の分散が大きくなるボクセルの z 座標とする。距離伝達関数の分散は、血管領域から算出できる血管径から設定することも可能である。このようにして自動で設定された距離伝達関数は可視化部 5 0 7 へ出力される。

#### 【 0 0 2 3 】

輝度伝達関数設定部 5 0 6 は、網膜ポリウムデータの輝度値を不透明度に変換する輝度伝達関数を設定する。輝度伝達関数は、例えば図 1 において横軸に輝度値、縦軸に不透明度を定義した関数である。この関数の設定は、ユーザがユーザインターフェースを用いて手動で行っても良いし、特許文献 3 のように輝度値のヒストグラムから自動で設定しても良い。設定された輝度伝達関数は、可視化部 5 0 7 へ出力される。

#### 【 0 0 2 4 】

可視化部 5 0 7 は、輝度伝達関数によって算出した不透明度と距離伝達関数によって算出した不透明度を下記の式 1 により合成し、ポリウムレンダリング時にボクセルの不透明度を設定するために使用する。ここで、座標 x におけるボクセルの輝度値を  $v(x)$ 、距離を  $d(x)$ 、輝度伝達関数を  $f_v(v(x))$ 、距離伝達関数を  $f_d(d(x))$  とする。合成された不透明度  $\alpha(v(x), d(x))$  は、式 1 に示すように、輝度伝達関数と距離伝達関数の合成比  $\beta$  を用いて、輝度伝達関数と距離伝達関数の線形和によって得られる。

#### 【 0 0 2 5 】

$$\alpha(v(x), d(x)) = \beta * f_v(v(x)) + (1 - \beta) * f_d(d(x)) \quad (\text{式 1})$$

なお、 $\beta$  は、表示対象毎にあらかじめ設定しておいても良い。血管を可視化したい場合

10

20

30

40

50

、血管付近ではコントラストが低いことから、 $\beta$ を低く設定し、距離伝達関数の重みを重くすることが考えられる。最後に、可視化部507は、ボリュームレンダリングの結果画像として、半透明表示画像を生成する。

【0026】

次に、以上で説明した本実施形態の眼底画像表示装置1における眼底血管の3次元走行をボリュームレンダリングによって可視化する処理手順を図8に示すフローチャートを用いて説明する。なお、図8のフローチャートによって示される処理は、図12に示すCPU5が主メモリ6に格納されているプログラムを実行することにより実現される。

【0027】

ステップS801において、眼底画像入力部501は、網膜ボリュームデータや眼底写真といった眼底画像を眼底画像表示装置1に入力する。入力された眼底画像は、層抽出部502、血管領域抽出部503、距離伝達関数設定部505、輝度伝達関数設定部506、可視化部507へ出力される。

【0028】

ステップS802において、血管領域抽出部503は、網膜ボリュームデータ及び眼底画像から血管領域412及び422を抽出する。本ステップにおける処理は、図9を参照して後段でより詳細に説明する。

【0029】

ステップS803において、層抽出部502は、ステップS801で受け取った網膜ボリュームデータから神経線維層405、外網状層406、網膜色素上皮407を抽出する。層抽出部502は、これらの層の情報から内境界膜404、神経線維層405の下端、外網状層406の上端、網膜403を求める。不図示の指示部により、ユーザは基準としたい層境界を選択し、層境界の情報はステップS804へ出力される。

【0030】

ステップS804において、距離算出部504は、選択された層境界を基準として、ステップ802で抽出した血管領域内で、層境界からz軸方向にある各ボクセルまでの距離を算出する。算出された距離情報は、可視化部507へ出力される。なお、血管領域以外のボクセルまでの距離を計算しない場合、つまり、距離=0とする場合、血管領域以外のボクセルの不透明度は0になり、ボリュームレンダリングを高速に計算することが可能である。また、血管領域以外のボクセルまでの距離も計算する場合、層からの距離に応じた不透明度を計算しながら、ボリュームレンダリングすることにより半透明表示画像を生成することが可能である。

【0031】

ステップS805において、輝度伝達関数設定部506と距離伝達関数設定部505とは、輝度伝達関数と距離伝達関数とをそれぞれ設定する。距離伝達関数設定部505は、血管の影領域を抽出し、内境界膜から血管が走行すると考えられる所定位置の座標までの距離をピーク位置とする。設定された輝度伝達関数と距離伝達関数は、可視化部507へ出力される。

【0032】

ステップS806において、可視化部507は、輝度伝達関数と距離伝達関数とから得られる不透明度を式1により掛け合わせながらボリュームレンダリングする。

【0033】

図9は、ステップS802における処理を詳しく説明したフローチャートである。まず、ステップS901において、積算画像血管領域抽出部601は、入力された網膜ボリュームデータ401の積算画像411を生成する。さらに、積算画像血管領域抽出部601は、ステップS902において、積算画像411から血管領域412を抽出し、血管位置合わせ部603へ出力する。

【0034】

ここで、ステップS902における血管領域412の抽出方法としては、公知の任意の手法を用いて行うことが可能である。たとえば、積算画像の画素値を解析して、隣接する

10

20

30

40

50

画素の画素値の差を演算し、この差が所定値よりも大きい隣接する画素を探索することにより、血管領域とその他の領域との境界領域を検出する。それにより、積算画像から血管領域を抽出することができる。この抽出処理では、積算画像における、血管領域とその他の領域との画素値（輝度値等）の差を利用する。

【 0 0 3 5 】

ステップ S 9 0 3 において、眼底画像入力部 5 0 1 は、眼底写真 4 2 1 がステップ S 8 0 1 において入力されているかどうかを判断する。もし、眼底写真 4 2 1 が入力されていれば（S 9 0 3 で「YES」）、ステップ S 9 0 4 に移行する。もし、眼底写真 4 2 1 が入力されていなければ（S 9 0 3 で「NO」）、ステップ S 9 0 6 に移行する。

【 0 0 3 6 】

ステップ S 9 0 4 では、眼底写真血管領域抽出部 6 0 2 は眼底写真 4 2 1 から血管領域 4 2 2 を抽出し、血管位置合わせ部 6 0 3 へ出力する。ステップ S 9 0 3 における血管領域 4 2 2 の抽出方法も、ステップ S 9 0 2 におけるものと同様である。即ち、眼底写真 4 2 1 の画素値を解析して、隣接する画素の画素値の差を演算し、この差が所定値よりも大きい隣接する画素を探索することにより、血管領域とその他の領域との境界領域を検出する。それにより、眼底写真 4 2 1 から血管領域を抽出することができる。その後ステップ S 9 0 5 において、血管位置合わせ部 6 0 3 は、血管領域 4 1 2 と血管領域 4 2 2 を位置合わせする。

【 0 0 3 7 】

続くステップ S 9 0 6 において、血管位置合わせ部 6 0 3 は、位置合わせ結果を用いて、眼底写真 4 2 1 の血管領域 4 1 2 と積算画像 4 1 1 の血管領域 4 2 2 を統合し、統合された血管領域をステップ S 8 0 3 へ渡す。血管領域 4 1 2 と血管領域 4 2 2 の統合は、例えば、二つの領域の論理積もしくは論理和を計算することによって実現できる。もし、眼底写真 4 2 1 が入力されていなければ、積算画像 4 1 1 から抽出した血管領域 4 1 2 をステップ S 8 0 3 に渡す。ここでステップ S 8 0 2 が終了する。

【 0 0 3 8 】

以上のように本実施形態では、眼底の血管が神経線維層の下端付近を走行するという知見を距離伝達関数で表現し、網膜断層像では眼底血管の輝度値が高くなるという特徴を輝度伝達関数で表現し、ボリュームレンダリングする。これにより、網膜ボリュームデータの眼底血管の 3 次元走行が可視化できる。

【 0 0 3 9 】

[ 第 2 実施形態：白斑の可視化 ]

上述の第 1 実施形態では、眼底画像から血管領域と層境界を抽出し、層境界からの距離と網膜ボリュームデータの輝度値から算出した不透明度を用いて血管をボリュームレンダリングすることによって、眼底血管の 3 次元走行を可視化した。これに対して、第 2 実施形態では、血管ではなく、眼底の特徴的な病変である白斑を可視化することを目的とする。

【 0 0 4 0 】

本実施形態に係る眼底画像表示装置及びそれに接続される機器の構成は、図 2 に示す第 1 実施形態の構成と同様である。但し、本実施形態の眼底画像表示装置の機能ブロックは、図 1 0 に示すように第 1 実施形態の機能構成に白斑領域抽出部 1 0 0 1 を追加して構成される。

【 0 0 4 1 】

以下では、白斑領域抽出部 1 0 0 1 と、距離伝達関数設定部 5 0 5 の機能構成の一つである白斑中心探索部 7 0 4 について説明し、その他の機能構成は第 1 実施形態と同様の処理のため説明を省略する。

【 0 0 4 2 】

白斑領域抽出部 1 0 0 1 は、入力された眼底画像から白斑領域を抽出する。入力された眼底画像が網膜ボリュームデータ 4 0 1 の場合、網膜層の情報と輝度値をもとに白斑領域を抽出する。ここで、白斑が出現する位置は外網状層 4 0 6 の付近であるという医学的知

10

20

30

40

50

見をもとに予測することができる。この知見を利用するために、まず、神経線維層 4 0 5 と網膜色素上皮 4 0 7 とを抽出する。さらに、網膜断層像 4 0 2 における白斑は周囲に比べて高い輝度値を持つことから、神経線維層 4 0 5 と網膜色素上皮 4 0 7 の間の高輝度領域を二値化などの画像処理により抽出し、網膜ボリュームデータ 4 0 1 の白斑領域とする。

#### 【 0 0 4 3 】

また、網膜ボリュームデータ 4 0 1 の他に眼底写真 4 2 1 が入力されている場合、眼底写真 4 2 1 の方が白斑を良く捉えられる場合があることから、眼底写真 4 2 1 において、2 次元の白斑領域を先に抽出する。ここでの抽出方法も、白斑は周囲に比べて高い輝度値を持つことを利用して、高輝度領域を二値化などの画像処理を行うことで実現できる。

10

#### 【 0 0 4 4 】

次に、血管領域抽出部 5 0 3 で算出できる位置合わせ情報をもとに、眼底写真 4 2 1 の白斑領域を網膜ボリュームデータ 4 0 1 に逆投影することによって血管投影領域と同じような白斑投影領域を求める。さらに、白斑投影領域内のボクセルから前述したように、白斑領域を抽出する。この方法によって、網膜ボリュームデータ 4 0 1 に写らないが、眼底写真 4 2 1 に写る白斑を白斑領域に含めることが可能である。

#### 【 0 0 4 5 】

距離伝達関数設定部 5 0 5 の白斑中心探索部 7 0 4 は、白斑領域抽出部 1 0 0 1 によって抽出した白斑領域において、白斑領域内のボクセルを z 軸方向に探索する。その際、層境界情報から 1 つの層境界を選択し、選択した層境界（例えば内境界膜 4 0 4）から白斑領域の中心に存在するボクセルまでの距離を算出し、距離伝達関数のピーク位置とする。

20

#### 【 0 0 4 6 】

次に、図 1 1 に示すフローチャートを用いて、網膜ボリュームデータの白斑を可視化する方法について説明する。なお、図 1 1 のフローチャートによって示される処理は、CPU 5 が主メモリ 6 に格納されているプログラムを実行することにより実現される。ステップ S 1 1 0 1 とステップ S 1 1 0 2、ステップ S 1 1 0 3、ステップ S 1 1 0 5、ステップ S 1 1 0 7 は、夫々、図 8 のステップ S 8 0 1 とステップ S 8 0 2、ステップ S 8 0 3、ステップ S 8 0 4、ステップ S 8 0 6 と同じである。よって、ここでの説明は省略する。

#### 【 0 0 4 7 】

ステップ S 1 1 0 4 において、入力された眼底画像が網膜ボリュームデータ 4 0 1 だけの場合、網膜ボリュームデータ 4 0 1 から 3 次元白斑領域を抽出する。網膜ボリュームデータ 4 0 1 に加えて、眼底写真 4 2 1 も入力された場合、まず、眼底写真 4 2 1 から白斑領域を抽出する。次に、血管位置合わせ部 6 0 3 において算出した血管領域位置合わせ情報をもとに、眼底写真 4 2 1 の白斑領域を網膜ボリュームデータ 4 0 1 に逆投影する。さらに、ステップ S 1 1 0 3 で抽出した層の情報を用いて、白斑の 3 次元領域を抽出する。抽出した白斑領域の情報は、距離算出部 5 0 4 へ出力される。

30

#### 【 0 0 4 8 】

ステップ S 1 1 0 6 において、輝度伝達関数設定部 5 0 6 と距離伝達関数設定部 5 0 5 は、輝度伝達関数と距離伝達関数を設定する。距離伝達関数設定部 5 0 5 は、抽出した白斑領域の白斑中心に相当する所定位置を求める。そして、内境界膜 4 0 4 から白斑領域の各(x,y)座標上における z 座標の該所定位置を距離伝達関数のピーク位置とする。設定された輝度伝達関数と距離伝達関数は、可視化部 5 0 7 へ出力される。

40

#### 【 0 0 4 9 】

以上のように第 2 実施形態では、白斑が外網状層付近に出現するという知見を距離伝達関数で表現し、網膜断層像では白斑の輝度値が高くなるという特徴を輝度伝達関数で表現し、ボリュームレンダリングする。これにより、網膜ボリュームデータの白斑の 3 次元分布が可視化できる。

#### 【 0 0 5 0 】

[ 第 3 実施形態 ]

50

本実施形態に係る眼底画像表示装置及びそれに接続される機器の構成は、図 2 に示す第 1 実施形態の構成と同様である。また、本実施形態に係る眼底画像表示装置の各部の機能をソフトウェアで実現するためのコンピュータの基本構成も、図 1 2 に示す第 1 実施形態の構成と同様である。

#### 【 0 0 5 1 】

なお、第 1 実施形態、第 2 実施形態の距離伝達関数設定部 5 0 5 は、図 7 に示すように、平均網膜厚取得部 7 0 1 と、関数パラメータ入力部 7 0 2、影領域抽出部 7 0 3、白斑中心探索部 7 0 4、層境界取得部 7 0 5 を備えている。第 1 実施形態では、影領域抽出部 7 0 3 を、第 2 実施形態では、白斑中心探索部 7 0 4 を用いて、距離伝達関数を設定していた。本実施形態では、平均網膜厚取得部 7 0 1、関数パラメータ入力部 7 0 2、層境界取得部 7 0 5 のいずれか 1 つを用いた距離伝達関数設定方法について説明する。

10

#### 【 0 0 5 2 】

平均網膜厚取得部 7 0 1 は、データベース 2 から各層の平均の厚みを取得し、該厚みに基づいて距離伝達関数のピーク位置に相当する所定位置を決定する。眼底血管を可視化する場合、眼底血管が神経線維層 4 0 5 の下端付近に出現することから、神経線維層 4 0 5 の平均の厚みを取得する。白斑を可視化する場合、外網状層 4 0 6 付近に白斑が出現することから、内境界膜 4 0 4 から外網状層 4 0 6 の上端までの平均の厚みを取得する。これら取得した厚みを有する所定位置を不透明度のピーク位置とし、不透明度が 1 . 0 になるように距離伝達関数を設定する。

#### 【 0 0 5 3 】

20

関数パラメータ入力部 7 0 2 は、ユーザインターフェースを用いて手動でピーク位置を設定する。層境界取得部 7 0 5 は、層抽出部 5 0 2 から、各層の境界情報を取得し、距離伝達関数のピーク位置とする。眼底血管を可視化する場合、神経線維層の境界情報を取得し、神経線維層の厚みが不透明度 = 1 . 0 となるようにピーク位置を設定する。白斑を可視化する場合、外網状層の境界情報を取得し、内境界膜から外網状層上端までの厚みが不透明度 = 1 . 0 となるようにピーク位置を設定する。

#### 【 0 0 5 4 】

このように距離伝達関数設定部 5 0 5 を構成する、平均網膜厚取得部 7 0 1 と、関数パラメータ入力部 7 0 2、影領域抽出部 7 0 3、白斑中心探索部 7 0 4、層境界取得部 7 0 5 のいずれか 1 つを用いて距離伝達関数を設定する。これにより、眼底血管の 3 次元走行や白斑の 3 次元分布が可視化できる。

30

#### 【 0 0 5 5 】

##### [ その他の実施形態 ]

次に、第 1 実施形態、第 2 実施形態及び第 3 実施形態の眼底画像表示装置の各ブロックの機能をコンピュータプログラムで実現するためのコンピュータの基本構成を、図 1 2 を用いて説明する。

#### 【 0 0 5 6 】

C P U 5 は主メモリ 6 に格納されたデータやプログラムを用いてコンピュータ全体を制御する。また、眼底画像表示装置 1 の各部に対応するソフトウェアの実行を制御して、各部の機能を実現する。

40

#### 【 0 0 5 7 】

主メモリ 6 は、C P U 5 が実行する制御プログラムを格納したり、C P U 5 によるプログラム実行時の作業領域を提供したりする。

#### 【 0 0 5 8 】

磁気ディスク 7 は、オペレーティングシステム ( O S )、周辺機器のデバイスドライバ、眼底画像を表示するためのプログラムを含む各種アプリケーションソフト等を格納する。表示メモリ 8 は、モニター 9 のための表示用データを一時記憶する。

#### 【 0 0 5 9 】

モニター 9 は、例えば C R T モニタや液晶モニタ等であり、表示メモリ 8 からのデータに基づいて画像を表示する。マウス 1 0 及びキーボード 1 1 はユーザによるポインティング

50

入力及び文字等の入力をそれぞれ行う。操作者はこれらを用いて、各種の指示を眼底画像表示装置１に与えることができる。上記各構成要素は共通バス１２により互いに通信可能に接続されている。

【００６０】

以上、実施形態を詳述したが、本発明は、例えば、システム、装置、方法、プログラムもしくは記憶媒体等としての実施態様をとることが可能である。具体的には、複数の機器から構成されるシステムに適用しても良いし、また、一つの機器からなる装置に適用しても良い。

【００６１】

尚、本発明は、ソフトウェアプログラムをシステム或いは装置に直接或いは遠隔から供給し、システム或いは装置のコンピュータが該供給されたプログラムコードを読み出して実行することによって前述した実施形態の機能が達成される場合を含む。この場合、供給されるプログラムは実施形態で図に示したフローチャートに対応したコンピュータプログラムである。

10

【００６２】

従って、本発明の機能処理をコンピュータで実現するために、該コンピュータにインストールされるプログラムコード自体も本発明を実現するものである。つまり、本発明は、本発明の機能処理を実現するためのコンピュータプログラム自体も含まれる。その場合、プログラムの機能を有していれば、オブジェクトコード、インタプリタにより実行されるプログラム、ＯＳに供給するスクリプトデータ等の形態であっても良い。

20

【００６３】

コンピュータプログラムを供給するためのコンピュータ読み取り可能な記憶媒体としては以下が挙げられる。例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、ＭＯ、ＣＤ－ＲＯＭ、ＣＤ－Ｒ、ＣＤ－ＲＷ、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、ＲＯＭ、ＤＶＤ（ＤＶＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ－Ｒ）などである。

【００６４】

その他、プログラム供給方法には、クライアントコンピュータのブラウザを用いてインターネットのホームページに接続し、該ホームページから本発明のコンピュータプログラムをハードディスク等の記録媒体にダウンロードすることが含まれる。この場合、ダウンロードされるプログラムは、圧縮され自動インストール機能を含むファイルであってもよい。また、本発明のプログラムを構成するプログラムコードを複数のファイルに分割し、それぞれのファイルを異なるホームページからダウンロードすることによっても実現可能である。つまり、本発明の機能処理をコンピュータで実現するためのプログラムファイルを複数のユーザに対してダウンロードさせるＷＷＷサーバも、本発明に含まれるものである。

30

【００６５】

また、本発明のプログラムを暗号化してＣＤ－ＲＯＭ等の記憶媒体に格納してユーザに配布するという形態をとることもできる。この場合、所定の条件をクリアしたユーザに、インターネットを介してホームページから暗号を解く鍵情報をダウンロードさせ、その鍵情報を使用して暗号化されたプログラムを実行し、プログラムをコンピュータにインストールさせるようにもできる。

40

【００６６】

また、コンピュータが、読み出したプログラムを実行することによって、前述した実施形態の機能が実現される他、そのプログラムの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているＯＳなどとの協働で実施形態の機能が実現されてもよい。この場合、ＯＳなどが、実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される。

【００６７】

さらに、記録媒体から読み出されたプログラムが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれて前述

50

の実施形態の機能の一部或いは全てが実現されてもよい。この場合、機能拡張ボードや機能拡張ユニットにプログラムが書き込まれた後、そのプログラムの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行う。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】ボリュームレンダリングのための伝達関数の一例を示す図である。

【図2】網膜断層像を説明するための図である。

【図3】発明の実施形態に係る眼底画像表示システムの構成の一例を示す図である。

【図4】発明の実施形態に係る眼底写真、網膜ボリュームデータ及び積算画像の関係を説明するための図である。

10

【図5】発明の実施形態に対応する眼底画像表示装置1の機能構成の一例を示す図である。

【図6】発明の実施形態に対応する血管領域抽出部503の機能構成の一例を示す図である。

【図7】発明の実施形態に対応する距離伝達関数設定部505の機能構成の一例を示す図である。

【図8】発明の第1実施形態の眼底画像表示装置1における眼底血管の3次元走行をボリュームレンダリングによって可視化する処理手順を示すフローチャートである。

【図9】発明の第1実施形態における、血管領域抽出部503による血管領域の抽出処理の詳細を示すフローチャートである。

20

【図10】発明の第2実施形態に係る眼底画像表示装置1000の機能構成の一例を示す図である。

【図11】発明の第2実施形態に係る眼底画像表示装置1000での網膜ボリュームデータの白斑を可視化する処理手順を示すフローチャートである。

【図12】発明の実施形態に係る眼底画像表示装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【符号の説明】

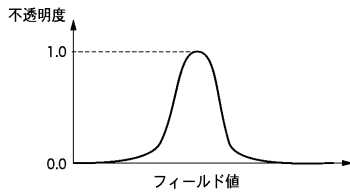
【0069】

- 1 眼底画像表示装置
- 2 データベース
- 3 LAN
- 4 眼底画像表示装置
- 5 CPU
- 6 主メモリ
- 7 磁気ディスク
- 8 表示メモリ
- 9 モニタ
- 10 マウス
- 11 キーボード
- 12 共通バス

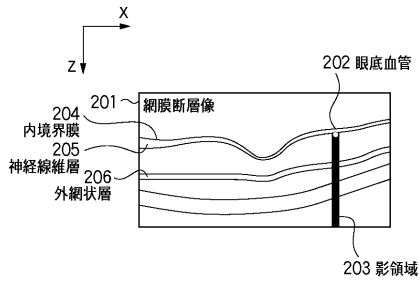
30

40

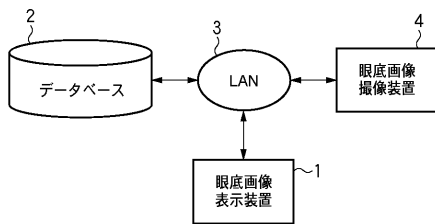
【図 1】



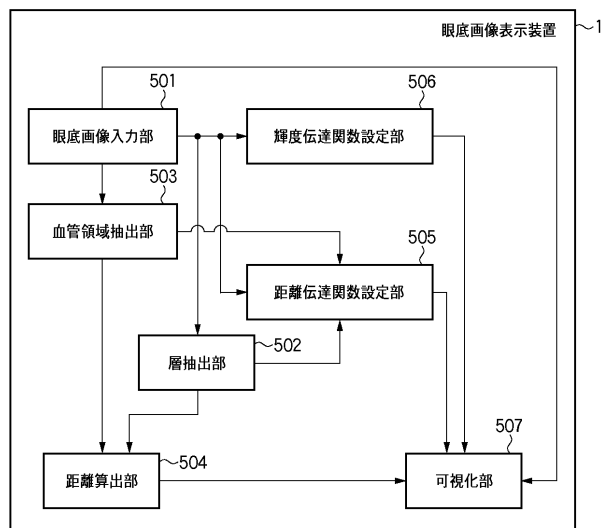
【図 2】



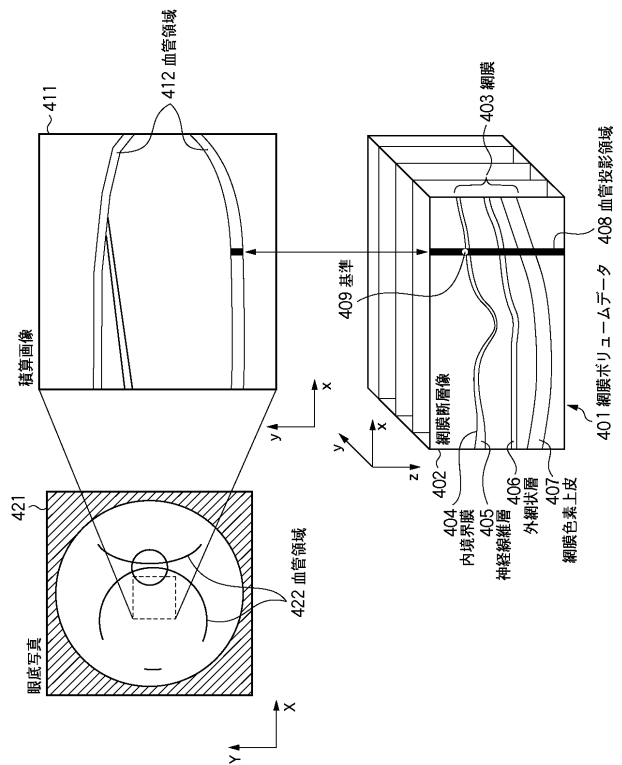
【図 3】



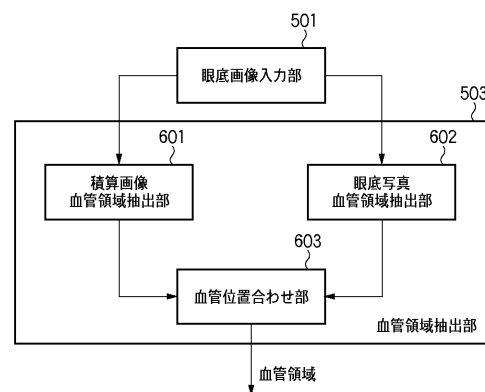
【図 5】



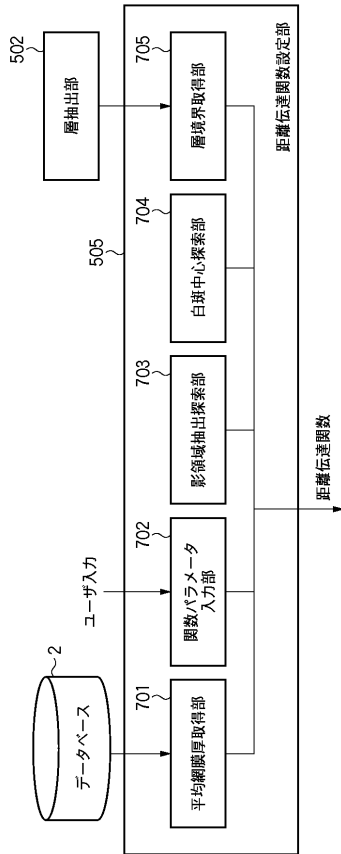
【図 4】



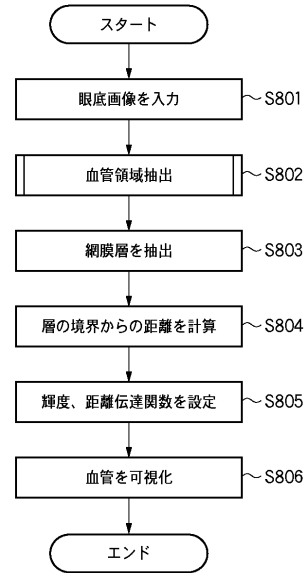
【図 6】



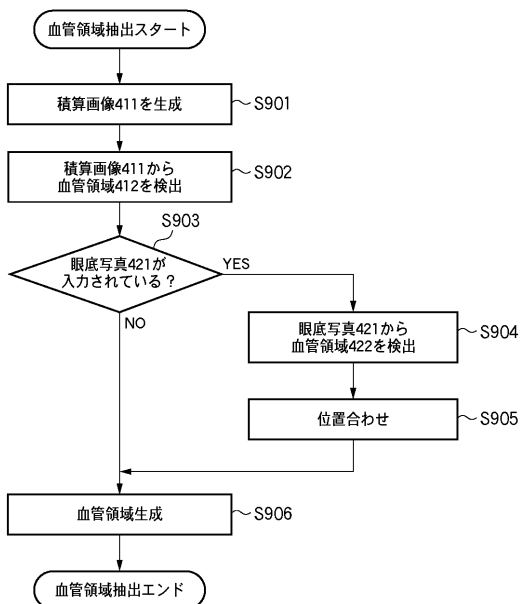
【図 7】



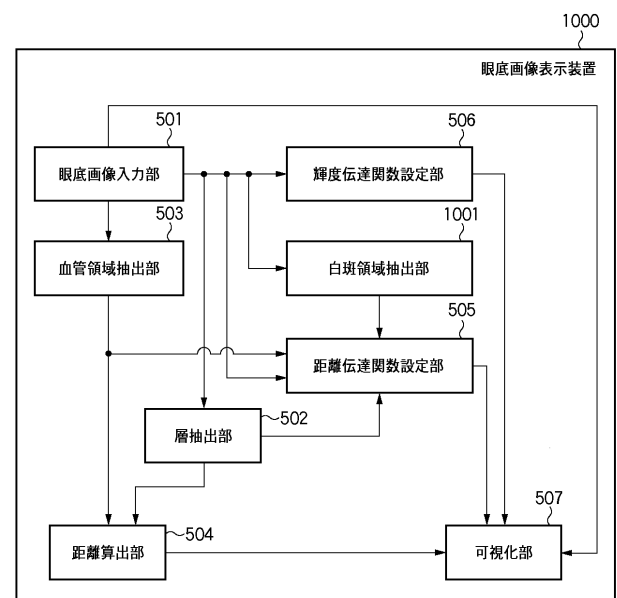
【図 8】



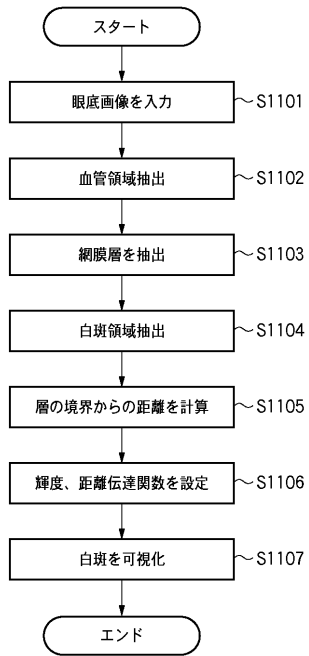
【図 9】



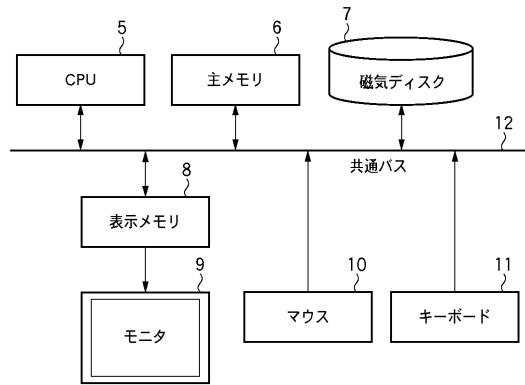
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ▲高▼間 康文

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内