

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6748434号  
(P6748434)

(45) 発行日 令和2年9月2日 (2020.9.2)

(24) 登録日 令和2年8月12日 (2020.8.12)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 3/10 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 3/10 1 0 0

請求項の数 29 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2016-7429 (P2016-7429)  
 (22) 出願日 平成28年1月18日 (2016.1.18)  
 (65) 公開番号 特開2017-127397 (P2017-127397A)  
 (43) 公開日 平成29年7月27日 (2017.7.27)  
 審査請求日 平成30年11月8日 (2018.11.8)

(73) 特許権者 000001007  
 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 100126240  
 弁理士 阿部 琢磨  
 (74) 代理人 100124442  
 弁理士 黒岩 創吾  
 (72) 発明者 関口博之  
 京都府京都市左京区吉田本町36番地1国  
 立大学法人京都大学内  
 (72) 発明者 宇治彰人  
 京都府京都市左京区吉田本町36番地1国  
 立大学法人京都大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、推定方法、システム及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

眼底の断層画像に含まれる複数の層境界を検出する層境界検出手段と、

前記断層画像を解析することで、前記断層画像における網膜領域の外側の領域及び内側の領域であって、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値未満である前記外側の領域及び前記内側の領域が前記断層画像から除かれた領域を前記網膜領域として決定し、前記網膜領域において、内境界膜から外網状層と外顆粒層との境界までの少なくとも一部の領域を含む第1領域と、前記第1領域とは異なる第2領域であって、前記境界から視細胞内節外節境界部までの少なくとも一部の領域を含む第2領域とを決定する決定手段と、

前記断層画像の深さ方向において、前記第1領域の厚さと前記第2領域の厚さとを比較する比較手段と、

前記比較手段による比較結果に基づいて、前記眼底の中心窩の位置を推定する推定手段と、

前記断層画像を解析することで、前記眼底の異常部位を検出する異常部位検出手段と、前記推定手段により推定された中心窩の位置と前記異常部位検出手段により検出された異常部位の位置との関係に基づいて、該関係に対応する中心窩の位置と異常部位との位置との関係を有する断層画像を記憶手段から取得する類似画像取得手段と、  
 を備えた画像処理装置。

【請求項2】

10

20

前記決定手段は、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値未満の領域が前記網膜領域から除かれた領域において、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値以上の領域を前記第 1 領域として決定し、前記濃度または前記輝度が閾値未満の領域を前記第 2 領域として決定することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記決定手段は、前記第 1 領域と前記第 2 領域とを決定するための閾値を、前記断層画像における A スキャン毎に判別分析法により決定することを特徴とする請求項 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記決定手段は、前記断層画像から検出された層境界に基づいて、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値未満の領域が前記網膜領域から除かれた領域において、前記第 1 領域と前記第 2 領域とを決定することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 5】

前記比較手段は、前記比較結果として前記第 1 領域の厚さと前記第 2 領域の厚さとの差を出力することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記比較手段は、前記比較結果として前記第 1 領域の厚さと前記第 2 領域の厚さとの比または前記第 1 領域の厚さ若しくは前記第 2 領域の厚さと前記第 1 領域および前記第 2 領域の厚さの和との比を示す値を出力することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

20

【請求項 7】

前記第 1 領域および前記第 2 領域は内境界膜から視細胞内節外節境界部までの範囲に含まれることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

前記深さ方向に直交する方向における複数の位置の前記比較結果の移動平均を算出する算出手段を更に備え、

前記推定手段は、前記算出手段により算出された移動平均に基づいて前記中心窩の位置を推定することを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

30

前記推定手段は、前記比較結果に基づいて前記中心窩の位置を推定できない場合、

前記断層画像の中心を前記中心窩の位置として推定する、

または、固視灯の提示位置に関する情報に基づいて前記中心窩の位置を推定することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記推定手段は、前記検出された層境界に基づいて前記中心窩を推定し、前記層境界に基づいて前記中心窩を推定できない場合に、前記比較手段による比較結果に基づいて前記中心窩を推定することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 11】

40

前記推定手段は、前記深さ方向における前記断層画像の輝度または濃度の積算値に基づいて前記中心窩を推定し、前記積算値に基づいて前記中心窩を推定できない場合に前記比較手段による比較結果に基づいて前記中心窩を推定することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 12】

前記推定手段は、固視灯の提示位置に関する情報に基づいて前記中心窩の位置の推定を実行するか否かを判断することを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 13】

前記眼底に対して異なる方向に、または前記眼底の異なる位置に、測定光を走査するこ

50

とで得られた複数の断層画像を取得する取得手段を更に備え、

前記推定手段は、前記複数の断層画像それぞれにおける前記比較結果に基づいて前記中心窩の位置を推定することを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 14】

前記推定手段により推定された前記中心窩の位置を示す情報を前記断層画像または前記眼底の正面画像に重畳して表示手段に表示させる表示制御手段を更に備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 15】

前記推定手段により推定された前記中心窩の位置に基づいて、前記中心窩の位置を含む前記断層画像における一部の領域を抽出する抽出手段と、

前記抽出手段により抽出された領域における前記深さ方向に沿った前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度の変化に基づいて網膜剥離を検出する網膜剥離検出手段と、を更に備えることを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 16】

前記第 1 領域の厚さおよび前記第 2 領域の厚さの少なくとも一方に基づいて前記中心窩の異常度を判定することを特徴とする請求項 1 乃至 15 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 17】

眼底の断層画像における網膜領域の外側の領域及び内側の領域であって、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値未満である前記外側の領域及び前記内側の領域が前記断層画像から除かれた領域を前記網膜領域として決定し、前記網膜領域において決定された第 1 領域及び該第 1 領域とは異なる第 2 領域であって、前記断層画像の深さ方向において、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値以上の第 1 領域の大きさ、前記濃度または前記輝度が閾値未満の第 2 領域の大きさを比較する比較手段と、

前記比較手段による比較結果に基づいて、前記眼底の中心窩の位置を推定する推定手段と、

前記断層画像を解析することで、前記眼底の異常部位を検出する異常部位検出手段と、

前記推定手段により推定された中心窩の位置と前記異常部位検出手段により検出された異常部位の位置との関係に基づいて、該関係に対応する中心窩の位置と異常部位との位置との関係を有する断層画像を記憶手段から取得する類似画像取得手段と、を備えた画像処理装置。

【請求項 18】

前記推定手段は、前記断層画像における前記比較結果が示す値の極点に基づいて前記中心窩の位置を推定することを特徴とする請求項 1 乃至 17 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 19】

前記推定手段は、前記断層画像において前記第 2 領域の厚さに対する前記第 1 領域の厚さが最も小さいことを示す部分を前記中心窩の位置として推定することを特徴とする請求項 1 乃至 18 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 20】

眼底の断層画像に含まれる複数の層境界を検出する層境界検出手段と、

前記断層画像における網膜領域の外側の領域及び内側の領域であって、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値未満である前記外側の領域及び前記内側の領域が前記断層画像から除かれた領域を前記網膜領域として決定し、前記網膜領域のうち内境界膜から外網状層と外顆粒層との境界までの少なくとも一部の領域のみの厚さの分布に基づいて、前記眼底の中心窩の位置を推定する推定手段と、

前記断層画像を解析することで、前記眼底の異常部位を検出する異常部位検出手段と、

前記推定手段により推定された中心窩の位置と前記異常部位検出手段により検出された異常部位の位置との関係に基づいて、該関係に対応する中心窩の位置と異常部位との位置

10

20

30

40

50

との関係を有する断層画像を記憶手段から取得する類似画像取得手段と、  
を備えた画像処理装置。

【請求項 2 1】

前記推定手段は、前記厚さの極点にもとづいて前記中心窩の位置を推定することを特徴とする請求項 2 0 に記載の画像処理装置。

【請求項 2 2】

前記記憶手段は、複数の断層画像それぞれを中心窩の位置および異常部位の位置と対応付けて記憶することを特徴とする請求項 1 乃至 2 1 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 2 3】

前記類似画像取得手段は、前記推定手段により推定された中心窩の位置と前記異常部位検出手段により検出された異常部位の位置との関係と、中心窩の位置と異常部位との位置との関係との差が閾値以内となる断層画像を、前記記憶手段から取得することを特徴とする請求項 1 乃至 2 2 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 2 4】

前記決定手段は、前記断層画像の外周から中央部に向かってスキャンして前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値を超える画素までの前記外側の領域である背景領域を決定し、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値未満の領域のうち該領域の位置と形状と面積とのうち少なくとも一つの情報に基づいて前記内側の領域である孤立領域を決定し、前記背景領域及び前記孤立領域が前記断層画像から除かれた領域を前記網膜領域として決定することを特徴とする請求項 1 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 2 5】

眼底の断層画像を取得する OCT ( Optical Coherence Tomography ) 装置と通信可能に接続されることを特徴とする請求項 1 乃至 2 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 2 6】

眼底の断層画像に含まれる複数の層境界を検出する層境界検出工程と、  
前記断層画像を解析することで、前記断層画像における網膜領域の外側の領域及び内側の領域であって、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値未満である前記外側の領域及び前記内側の領域が前記断層画像から除かれた領域を前記網膜領域として決定し、前記網膜領域において、内境界膜から外網状層と外顆粒層との境界までの少なくとも一部の領域を含む第 1 領域と、前記第 1 領域とは異なる第 2 領域であって、前記境界から視細胞内節外節境界部までの少なくとも一部の領域を含む第 2 領域とを決定する決定工程と、

前記断層画像の深さ方向において、前記第 1 領域の厚さと前記第 2 領域の厚さとを比較する比較工程と、

前記比較工程における比較結果に基づいて、前記眼底の中心窩の位置を推定する推定工程と、

前記断層画像を解析することで、前記眼底の異常部位を検出する異常部位検出工程と、  
前記推定工程において推定された中心窩の位置と前記異常部位検出工程において検出された異常部位の位置との関係に基づいて、該関係に対応する中心窩の位置と異常部位との位置との関係を有する断層画像を記憶手段から取得する類似画像取得工程と、  
を含む中心窩の推定方法。

【請求項 2 7】

眼底の断層画像における網膜領域の外側の領域及び内側の領域であって、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値未満である前記外側の領域及び前記内側の領域が前記断層画像から除かれた領域を前記網膜領域として決定し、前記網膜領域において決定された第 1 領域及び該第 1 領域とは異なる第 2 領域であって、前記断層画像の深さ方向において、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値以上の第 1 領域の大きさと

10

20

30

40

50

、前記濃度または前記輝度が閾値未満の第2領域の大きさを比較する比較工程と、  
前記比較工程における比較結果に基づいて、前記眼底の中心窩の位置を推定する推定工程と、

前記断層画像を解析することで、前記眼底の異常部位を検出する異常部位検出工程と、  
前記推定工程において推定された中心窩の位置と前記異常部位検出工程において検出された異常部位の位置との関係に基づいて、該関係に対応する中心窩の位置と異常部位との位置との関係を有する断層画像を記憶手段から取得する類似画像取得工程と、  
を含む中心窩の推定方法。

【請求項28】

眼底の断層画像に含まれる複数の層境界を検出する層境界検出工程と、

10

前記断層画像における網膜領域の外側の領域及び内側の領域であって、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値未満である前記外側の領域及び前記内側の領域が前記断層画像から除かれた領域を前記網膜領域として決定し、前記網膜領域のうち内境界膜から外網状層と外顆粒層との境界までの少なくとも一部の領域のみの厚さの分布に基づいて、前記眼底の中心窩の位置を推定する推定工程と、

前記断層画像を解析することで、前記眼底の異常部位を検出する異常部位検出工程と、  
前記推定工程において推定された中心窩の位置と前記異常部位検出工程において検出された異常部位の位置との関係に基づいて、該関係に対応する中心窩の位置と異常部位との位置との関係を有する断層画像を記憶手段から取得する類似画像取得工程と、  
を含む中心窩の推定方法。

20

【請求項29】

請求項26乃至28のいずれか1項に記載の推定方法をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

開示の技術は、中心窩の位置を推定する画像処理装置、推定方法、システム及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

30

中心窩は黄斑の中心部にある直径0.4mm程度の領域で、健常眼の断層画像では陥凹領域として観察される。また、中心窩に近いほど視機能を司る視細胞の密度が高くなるため、中心窩に近い病変ほど視機能に与える影響が大きくなる虞がある。従って、被検眼の状態を正確に診断するためには中心窩の位置を知ることが重要である。

【0003】

中心窩の位置を推定する方法として、内境界膜の最深部を中心窩とする方法および内境界膜と網膜色素上皮層との間の距離が最短となる位置を中心窩とする方法が知られている(特許文献1)。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0004】

【特許文献1】特表2015-531274号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記のように、従来の中心窩の位置を推定する方法では中心窩が断層画像における陥凹領域に位置することを前提としている。すなわち、従来の中心窩の位置を推定する方法は、中心窩を抽出する対象が健常眼であることを前提としている。

【0006】

従って、例えば図20に示すように病気によって網膜の形状が変形することで陥凹領域

50

の形状が崩れた場合には、従来の方法では中心窩の位置を正確に推定できない虞があった。

【0007】

開示の技術は上記課題に鑑みてなされたものであり、陥凹領域の形状が崩れた場合においても中心窩の位置を正確に推定することを目的の1つとする。

【0008】

なお、前記目的に限らず、後述する発明を実施するための形態に示す各構成により導かれる作用効果であって、従来の技術によっては得られない作用効果を奏することも開示の技術の他の目的の1つとして位置付けることができる。

【課題を解決するための手段】

【0009】

開示の画像処理装置の一つは、

眼底の断層画像に含まれる複数の層境界を検出する層境界検出手段と、

前記断層画像を解析することで、前記断層画像における網膜領域の外側の領域及び内側の領域であって、前記断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値未満である前記外側の領域及び前記内側の領域が前記断層画像から除かれた領域を前記網膜領域として決定し、前記網膜領域において、内境界膜から外網状層と外顆粒層との境界までの少なくとも一部の領域を含む第1領域と、前記第1領域とは異なる第2領域であって、前記境界から視細胞内節外節境界部までの少なくとも一部の領域を含む第2領域とを決定する決定手段と、

前記断層画像の深さ方向において、前記第1領域の厚さと前記第2領域の厚さとを比較する比較手段と、

前記比較手段による比較結果に基づいて、前記眼底の中心窩の位置を推定する推定手段と、

前記断層画像を解析することで、前記眼底の異常部位を検出する異常部位検出手段と、前記推定手段により推定された中心窩の位置と前記異常部位検出手段により検出された異常部位の位置との関係に基づいて、該関係に対応する中心窩の位置と異常部位との位置との関係を有する断層画像を記憶手段から取得する類似画像取得手段と、を備える。

【発明の効果】

【0010】

開示の技術によれば、中心窩の位置を正確に推定することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】システムの構成の一例を示す図である。

【図2】中心窩位置の推定の手順の一例を示すフローチャートである。

【図3】空隙領域の一例を示す図である。

【図4】断層像に対する処理の一例を示す図である。

【図5】中心窩の推定方法の一例を示す図である。

【図6】層厚比の一例を示す図である。

【図7】表示画面の一例を示す図である。

【図8】中心窩位置の推定の手順の一例を示すフローチャートである。

【図9】中心窩位置の推定の手順の一例を示すフローチャートである。

【図10】中心窩位置の推定の手順の一例を示すフローチャートである。

【図11】システムの構成の一例を示す図である。

【図12】網膜窩剥離の検出方法の一例を示す図である。

【図13】網膜剥離の検出手順の一例を示すフローチャートである。

【図14】濃度プロファイルの一例を示す図である。

【図15】表示画面の一例を示す図である。

【図16】断層画像の一例を示す図である。

【図17】表示画面の一例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 18】表示画面の一例を示す図である。

【図 19】網膜剥離の検出手順の一例を示すフローチャートである。

【図 20】健常眼の断層像および患眼の断層像の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

[ 実施例 1 ]

図 1 は、中心窩の位置を推定するシステムの構成の一例を示す図である。図 1 に示されたシステムは光干渉断層計 100 および画像処理装置 200 を備える。なお、光干渉断層計 100 と画像処理装置 200 とは、有線または無線を介して通信可能に接続されている。

10

【0013】

光干渉断層計 100 は、被検眼の眼底の断層像を撮像可能な OCT (Optical Coherence Tomography) 装置である。光干渉断層計 100 は、例えば、Time-Domain OCT (TD-OCT)、Spectral-Domain OCT (SD-OCT) のうちいずれの種類の OCT であってもよい。また、光干渉断層計 100 は、Swept-Source OCT (SS-OCT)、または Polarization-Sensitive OCT (PS-OCT) のうちいずれの種類の OCT であってもよい。光干渉断層計 100 は、眼底に対して近赤外光 (測定光) を走査することにより得られた眼底からの戻り光と参照光との干渉を利用して網膜の断層を示す断層画像を取得する。すなわち、光干渉断層計 100 は眼底の断層画像を取得する。なお、被検眼の任意の点における深度方向の一次元の断層画像を取得するための走査を、本明細書では A スキャンと呼び、A スキャンで生成した断層画像を A スキャン画像と呼ぶ場合がある。さらに、任意の線に沿った二次元の断層画像を取得するための走査を、本明細書では B スキャンと呼び、B スキャンで取得した断層画像を B スキャン画像と呼ぶ場合がある。

20

【0014】

光干渉断層計 100 は、取得した断層画像と、撮影情報 (画像の種類、撮影部位、固視灯位置、撮影サイズ、走査パターンなど) を、有線または無線 (例えば USB または LAN など) を介して画像処理装置 200 へと出力する。撮影情報には例えば、画像の種類として「OCT」、撮影部位として「黄斑部」、撮影サイズとして「12 mm」、走査パターンとして「ラインスキャン」などという情報が含まれる。また、撮影情報には固視灯位置の座標が含まれることとしてもよい。なお、撮影情報はこれに限るものではなく、上記に記載したすべての情報が必ずしも含まれている必要はないし、他の情報が含まれることとしてもよい。画像の種類は OCT だけではなく、SD-OCT、SS-OCT や PS-OCT など OCT の種類まで情報に含めることとしてもよい。また、撮影サイズの単位は長さではなく角度 (画角) でもよい。なお、撮影情報は断層画像と対応付けられた断層画像とは別の情報であってもよいし、断層画像のヘッダ等にメタデータとして含ませることとしてもよい。

30

【0015】

画像処理装置 200 は、光干渉断層計 100 により得られた断層画像から中心窩の位置を推定する。なお、画像処理装置 200 は、例えば、デスクトップ型の PC、ノート型 PC、またはタブレット型 PC である。画像処理装置 200 は CPU、ROM および RAM を備えており、CPU は ROM に記憶されたプログラムを RAM に展開することで種々の機能を実現する。具体的には画像処理装置 200 の CPU は取得手段 201、決定手段 202、比較手段 203、推定手段 204 および表示制御手段 205 として機能する。

40

【0016】

なお、画像処理装置 200 が備える CPU および ROM および RAM などのメモリはそれぞれ 1 つであってもよいし複数であってもよい。すなわち、少なくとも 1 以上のプロセッサ (CPU など) と少なくとも 1 つのメモリ (ROM、RAM など) とが接続されており、少なくとも 1 以上のプロセッサが少なくとも 1 以上のメモリに記憶されたプログラム

50

を実行した場合に画像処理装置 200 は上記の各手段として機能する。なお、CPU 以外にも ASIC または FPGA によって上記の機能の少なくとも一部を実現することとしてもよい。

【0017】

また、画像処理装置 200 は、表示手段 206 および記憶手段 207 を備える。本実施例において表示手段 206 および記憶手段 207 は画像処理装置 200 内に備えられることとしているが、表示手段 206 および記憶手段 207 の少なくとも一方を画像処理装置 200 外に備えることとしてもよい。すなわち、例えば PC である画像処理装置 200 と表示手段 206 とは一体であってもよいし別体であってもよい。また、記憶手段 207 は内部記憶装置であってもよいし外部記憶装置であってもよい。

10

【0018】

取得手段 201 は、光干渉断層計 100 から画像処理装置 200 へ送信された断層画像および断層画像の撮影情報を取得する。すなわち、取得手段 201 は眼底の断層画像を取得する。

【0019】

なお、取得手段 201 は、断層画像および断層画像の撮影情報を記憶手段 207 に予め保存しておき、操作者からの要求に応じて断層画像および断層画像の撮影情報を記憶手段 207 から読み出す構成であってもよい。なお、本実施例では、取得手段 201 は光干渉断層計 100 から断層画像および断層画像の撮影情報を取得するものとする。

【0020】

20

決定手段 202 は、取得手段 201 により取得された断層画像から、内境界膜から外網状層と外顆粒層との境界までの少なくとも一部の領域を含む第 1 領域とこの境界から視細胞内節外節境界部までの少なくとも一部の領域を含む第 2 領域とを決定する。一例として、決定手段 202 は、判別分析法を用いて第 1 領域および第 2 領域を決定する。判別分析法としては大津の判別分析法を用いることができるが、他の判別分析法を用いることとしてもよい。なお、大津の判別分析法は既知であるため詳細な説明を省略する。決定手段 202 は断層画像に含まれる A スキャン画像毎に判別分析法により閾値を決定する。すなわち、決定手段 202 は、第 1 領域と第 2 領域とを決定するための閾値を判別分析法により決定する。そして、決定手段 202 は、A スキャン画像毎に、判別分析法により決定した閾値以上の濃度値を有する断層画像の領域を第 1 領域、当該閾値未満の濃度値を有する断層画像の領域を第 2 領域と決定する。

30

【0021】

また、決定手段 202 は、断層画像を構成する画素の濃度値ではなく画素の輝度値に基づいて第 1 領域と第 2 領域とを決定することでもできる。例えば、決定手段 202 は、A スキャン画像毎に、判別分析法により決定した閾値以上の輝度値を有する断層画像の領域を第 1 領域、当該閾値未満の輝度値を有する断層画像の領域を第 2 領域と決定することとしてもよい。なお、本実施例において濃度値が高いほど輝度値が高いものとしている。上述のように、決定手段 202 は、断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値以上の領域を第 1 領域、濃度または輝度が閾値未満の領域を第 2 領域と決定する。閾値を用いた領域の決定方法は、外顆粒層の輝度が内境界膜から外網状層と外顆粒層との境界までの領域の輝度に比べて低いことを利用している。

40

【0022】

なお、決定手段 202 は断層画像における内境界膜 (ILM) から視細胞内節外節境界部 (IS/O S) までの領域を上記の第 1 領域および第 2 領域を決定するための処理対象とすることとしてもよい。この場合、第 1 領域および第 2 領域は内境界膜から視細胞内節外節境界部までの範囲に含まれることとなる。例えば、決定手段 202 は、断層画像から IS/O S を検出し IS/O S より深部の画像を削除することで第 1 領域および第 2 領域を決定するための処理対象を限定することが可能である。なお、決定手段 202 は断層画像における内境界膜から外境界膜 (ELM) までの領域を上記の第 1 領域および第 2 領域を決定するための処理対象とすることとしてもよい。

50

## 【 0 0 2 3 】

比較手段 2 0 3 は、断層画像の深さ方向において、第 1 領域の厚さと第 2 領域の厚さとを比較する。より具体的には、比較手段 2 0 3 は A スキャン画像毎に第 1 領域の厚さと第 2 領域の厚さとを比較する。比較手段 2 0 3 は比較の結果として、例えば、第 1 領域の厚さと第 2 領域の厚さとの比を示す値を出力する。また、比較手段 2 0 3 は、第 1 領域の厚さ若しくは第 2 領域の厚さと第 1 領域および第 2 領域の厚さの和との比を示す値を出力することとしても良い。本実施例においては、比較手段 2 0 3 は、第 1 領域の厚さを第 1 領域および第 2 領域の厚さの和で除した値を出力する。

## 【 0 0 2 4 】

推定手段 2 0 4 は、比較手段 2 0 3 による比較結果に基づいて中心窩の位置を推定する。例えば、推定手段 2 0 4 は、比較手段 2 0 3 による比較結果が示す値の極点に基づいて中心窩の位置を推定する。一例として、推定手段 2 0 4 は、断層画像において第 2 領域の厚さに対する第 1 領域の厚さが最も小さいことを示す部分を中心窩の位置として推定する。なお、本実施例において推定手段 2 0 4 は第 1 領域の厚さを第 1 領域および第 2 領域の厚さの和で除した値が最小となる断層画像における位置を中心窩の位置として推定する。なお、比較手段 2 0 3 が比較結果として、第 2 領域の厚さを第 1 領域および第 2 領域の厚さの和で除した値を出力する場合には、推定手段 2 0 4 は第 2 領域の厚さを第 1 領域および第 2 領域の厚さの和で除した値が最大となる断層画像における位置を中心窩の位置として推定する。

## 【 0 0 2 5 】

表示制御手段 2 0 5 は、各種の情報を表示手段 2 0 6 に表示させる。例えば、表示制御手段 2 0 5 は、推定手段 2 0 4 により推定された中心窩の位置を示す情報を取得手段 2 0 1 が取得した断層画像に重畳して表示手段 2 0 6 に表示させる。なお、中心窩の位置を示す情報は中心窩の位置を示す矢印、線、円などの図形を含む。なお、表示制御手段 2 0 5 は、中心窩の位置を示す情報を中心窩の位置を示す情報を眼底の正面画像に重畳して表示手段 2 0 6 に表示させることとしてもよい。

## 【 0 0 2 6 】

表示手段 2 0 6 は、表示制御手段 2 0 5 の制御に基づいて各種の情報を表示する。表示手段 2 0 6 は、例えば LCD ディスプレイである。

## 【 0 0 2 7 】

記憶手段 2 0 7 は、各種の情報を記憶する。記憶手段 2 0 7 は例えば RAM、ROM、SSD または HDD の少なくとも 1 つを含む。記憶手段 2 0 7 は断層画像および撮影情報を記憶する。また、記憶手段 2 0 7 は断層画像と推定手段 2 0 4 により推定された中心窩の位置を示す情報とを対応付けて記憶する。なお、中心窩の位置を示す情報を、断層画像を示す情報のヘッダ等に含ませることとしてもよい。

## 【 0 0 2 8 】

次に、上記のように構成された画像処理装置 2 0 0 の動作の一例を説明する。図 2 ( a ) ~ ( c ) は画像処理装置 2 0 0 の動作の一例を示すフローチャートである。図 2 ( a ) は中心窩の位置の推定方法の一例の大まかな手順を示すフローチャートである。

## 【 0 0 2 9 】

ステップ S 3 0 0 において、取得手段 2 0 1 は断層画像 ( 例えば B スキャン画像 ) を取得する。そして、ステップ S 3 1 0 において決定手段 2 0 2 は断層画像に含まれる網膜領域 ( 網膜層 ) を抽出する。次に、ステップ S 3 2 0 において、推定手段 2 0 4 は、抽出された網膜領域から中心窩の位置を推定する。なお、ステップ S 3 1 0 または S 3 2 0 の処理を行う前に、決定手段 2 0 2 は、ノイズ除去、濃度正規化、断層画像の中心位置や傾きの補正などの前処理を行ってもよい。前処理により、中心窩の位置推定の精度を向上させることが可能である。

## 【 0 0 3 0 】

図 2 ( b ) はステップ S 3 1 0 の詳細な処理の一例を示すフローチャートである。

## 【 0 0 3 1 】

ステップS311で、決定手段202は、取得した断層画像の外周から中央部に向かってスキャンし、濃度値が閾値を超える画素までの領域を背景領域として除去する。なお、背景領域を画像から除去することなく、処理対象としないフラグを背景領域に設定することとしてもよい。

#### 【0032】

図3に示す断層画像において、網膜内の囊胞401および外顆粒層は低濃度領域として描出されるため、単純に低濃度領域を除去すると、網膜内の領域も背景領域として削除されてしまう。これを避けるため、決定手段202は、取得した断層画像の外周から中央部に向かってスキャンし、濃度値が閾値を超える画素までの領域を背景領域としている。

#### 【0033】

ステップS312で、断層画像からステップS311で決定した背景領域を除いて残った領域のうち低濃度の孤立領域を抽出する。ここで低濃度領域とは断層画像において所定の閾値未満の濃度を有する画素の領域である。決定手段202は低濃度の孤立領域が網膜外の空隙と判断した場合はこの空隙を背景領域とする。例えば、図3に示すように、網膜上部に高濃度の後部硝子体皮質402が存在する場合、ステップS311では後部硝子体皮質402より前眼部側の領域までを背景領域と認識する。従って、ステップS311の処理後には斜線部で示すような空隙が残ってしまう。この空隙は本ステップにおいて低濃度の孤立領域として抽出される。削除すべき空隙（網膜外の空隙）か否かは、各孤立領域の位置、形状および面積の少なくとも一つの情報に基づいて判定される。例えば、断層画像の深さ方向において網膜の位置は通常略中心に位置するため網膜の厚さを考慮して、決定手段202は、深さ方向において断層画像の中心から所定値以上前眼部側に離れた位置を基準位置と設定する。そして、決定手段202は、この基準位置よりも前眼部側に存在する低濃度の孤立領域は削除すべき空隙であると判定する。また、網膜内の低濃度の孤立領域は網膜外の低濃度の孤立領域に比べて小さい場合が多い。そのため、低濃度の孤立領域の大きさが所定値以上の場合に決定手段202は、削除すべき空隙であると判定することとしてもよい。

#### 【0034】

ステップS313で、決定手段202はステップS312で削除すべき空隙と判定した領域を背景領域として除去する。ステップS311 - S313の処理で決定手段202は断層画像から背景領域を削除し、網膜領域を抽出することができる。

#### 【0035】

ステップS314、S315により、ステップS313で抽出した網膜領域に対して解析を行うことで、決定手段202は例えばILM、RPEおよびIS/Osを抽出する。具体的には、決定手段202は、動的輪郭法を使用してILM、RPEおよびIS/Osを抽出する。網膜は複数の層から構成されており、健常眼では十層ほどの層が観察されるが、病変や出血がある網膜では十層すべての層を抽出することが困難な場合がある。そこで、本実施例では、決定手段202は、網膜の層のうち病変などが存在する場合でも比較的検出が容易な、内境界膜（ILM）、網膜色素上皮（RPE）、視細胞内接外接合部（IS/Os）の三層を抽出する。なお、決定手段202が抽出する層はこれに限定されるものではなく、例えば、決定手段202はILMおよびIS/Osのみを抽出することとしてもよいし、ILMおよびRPEのみを抽出することとしてもよい。

#### 【0036】

まず、ステップS314において、決定手段202は、ステップS315で動的輪郭法を適用する際の初期輪郭位置を設定する。ステップS315で誤った局所解に陥らないようにするため、適切な初期輪郭位置を設定する必要がある。具体的には、まず、決定手段202は、網膜領域において深さ方向（Z軸方向）の濃度が最小となる画素を各X軸方向の座標について抽出する。ここで、X方向はBスキャン画像の水平方向に対応する。次に、決定手段202は、抽出された画素群の位置を4次近似曲線として近似する。決定手段202は、この近似曲線を網膜中央部を通る、網膜中央ラインとする。さらに、決定手段202は、この網膜中央ラインより脈絡膜の方向にスキャンし、濃度が最大となる複数の

10

20

30

40

50

点をそれぞれ前眼部側から順に I S / O S および R P E の初期輪郭点の点列として設定する。また、決定手段 202 は、ステップ S 313 で決定した網膜領域の上端を、I L M の初期輪郭点の点列として設定する。なお本実施例では、ステップ S 315 での初期輪郭位置として閉曲線を使用するため、決定手段 202 は、B スキャン画像の端部の点列を前記決定した初期輪郭点に追加して、最終的な初期輪郭位置とする。

#### 【0037】

ステップ S 315 において、決定手段 202 は、ステップ S 314 で決定した初期輪郭位置をもとに、動的輪郭法を用いて上記三層の位置を決定する。なお本実施例において、網膜層は途中で分岐することがなく且つ連続したラインとして各層を抽出することを目的としているため動的輪郭法を適用している。本実施例では、動的輪郭法のアルゴリズムの一例として S n a k e s を用いる。S n a k e s では、形状エネルギー E s h a p e と画像エネルギー E I m a g e とを定義し、繰り返し計算によりこれらのエネルギーを最小化する。形状エネルギー E s h a p e は、網膜層の形状がなめらかになるほどエネルギーが小さくなり、画像エネルギー E I m a g e は、エッジ強度が強いところほどエネルギーが小さくなるようにそれぞれ定義される。したがって、初期輪郭位置として設定した全点を動かしながらエネルギーが最小となる箇所を検出することで、エッジ強度が強い層境界がなめらかな形状として抽出できる。このように、決定手段 202 は、初期輪郭位置として設定した全点を動かしながらエネルギーが最小となる箇所を検出することで、I L M、R P E および I S / O S を抽出する。

#### 【0038】

なお、本実施例において断層画像を Z 軸方向に微分した画像を画像エネルギー E I m a g e として用いた。Z 軸方向に微分する方向は、抽出すべき網膜層の境界において画像エネルギーが最小となる向きに設定する。さらに本実施例では、連続、画像、曲率の各エネルギー寄与率はあらかじめ実験的に求めて決定した。

#### 【0039】

次に、ステップ S 316 において、決定手段 202 は、ステップ S 315 で検出した I L M および I S / O S を用いて中心窩位置の推定処理の対象とする画像を取得する。具体的には、決定手段 202 は、図 4 に示すように、I L M を画像上端とする（または I L M を平坦にする）とともに、I S / O S より脈絡膜側の画像を削除した画像を生成する。なお、決定手段 202 は、ステップ S 311 - S 313 の処理で得られた画像から図 4 に示す画像を取得することとしてもよいし、取得手段 201 が取得した断層画像から図 4 に示す画像を取得することとしてもよい。なお、図 4 に示す処理は、後述するステップ S 321 ~ S 325 の処理を簡単にするために行われる。図 4 に示す処理では I S / O S より脈絡膜側の画像を削除したが、I S / O S に替えて R P E より脈絡膜側の画像を削除した画像を生成することとしてもよいし、外境界膜（E L M）が検出されている場合には E L M より脈絡膜側の画像を削除した画像を生成することとしてもよい。また、I L M を平坦にする処理は実行してもしなくともよい。

#### 【0040】

次に、中心窩位置特定処理 S 320 の詳細な処理について説明する。図 2（c）はステップ S 320 の詳細な処理の一例を示すフローチャートである。

#### 【0041】

一般的に中心窩では、錐体細胞からなる外顆粒層が厚く、その上部に位置する外網状層は薄い。また、断層画像において、外網状層は外顆粒層より高濃度で描出される。さらに言えば、内境界膜から外網状層と外顆粒層との境界までの領域は外網状層と外顆粒層との境界から視細胞内節外節境界部までの領域より高濃度で描出される。したがって、決定手段 202 は、内境界膜から外網状層と外顆粒層との境界までの少なくとも一部の領域を含む第 1 領域と前記境界から視細胞内節外節境界部までの少なくとも一部の領域を含む第 2 領域とに濃度に関する閾値で分離することができる。本実施例においては判別分析法を用いて第 1 領域と第 2 領域とを分離するが、この分離精度を向上させるための処理をステップ S 321 で行う。

## 【 0 0 4 2 】

ステップ S 3 2 1 で、決定手段 2 0 2 は、ステップ S 3 1 3 で抽出した網膜領域に対して濃度値の上限を設定し、その上限濃度値を超える画素の濃度を上限濃度値で置き換える。これは、例えば、断層画像における網膜神経線維層（R N F L）は濃度値がきわめて高く、取得した断層画像の濃度値のまま判別分析法を適用すると、R N F L とそれ以外の層とで分離してしまう可能性があるためである。上限濃度値として、たとえば I L M を起点に Z 軸方向の脈絡膜側に数十画素の領域を抽出し、その濃度値の中央値を用いることとしてもよいし、あらかじめ規定した濃度値を一律で用いるとしてもよい。なお、R N F L などの高濃度領域を画像から除外することができる場合には、本ステップを実行しなくともよい。

10

## 【 0 0 4 3 】

次に、ステップ S 3 2 2 で、決定手段 2 0 2 は、判別分析法を用いて内境界膜から外網状層と外顆粒層との境界までの少なくとも一部の領域を含む第 1 領域と前記境界から視細胞内節外節境界部までの少なくとも一部の領域を含む第 2 領域とに分離する。また、断層画像では撮影条件により輝度やコントラストが変動し、また濃度のムラも大きいため、二層を分離するための閾値は局所的、かつ動的に算出する必要がある。そのため、本実施例では、図 5 に示すように、層厚比を算出する位置を中心として X 軸方向に一定の幅（たとえば数十画素）を持つ領域に対して判別分析法を適用し、閾値を決定するものとする。なお、算出位置のみの領域に対して判別分析法を適用した後、得られた閾値（二層の境界線）を平滑化する構成にしてもよい。

20

## 【 0 0 4 4 】

図 5 に示すように、決定手段 2 0 2 は例えば、判別分析法により得られた閾値に基づいて画像の二値化を行うことで、網膜を高濃度領域である第 1 領域と低濃度領域である第 2 領域とに分離する。そして、決定手段 2 0 2 は第 1 領域の厚さと第 2 領域の厚さを算出する。なお、第 1 領域および第 2 領域のそれぞれは、画素が連続した領域であってもよいし不連続な画素を含む領域であってもよい。例えば、二値化の結果、低濃度の画素が Z 軸方向に不連続に存在する場合、第 2 領域は、これらの不連続な画素を含むこととしてもよい。すなわち、二値化の結果得られた高濃度の画素の Z 軸方向における合計を第 1 領域の厚さ、二値化の結果得られた低濃度の画素の Z 軸方向における合計を第 2 領域の厚さとするとしてもよい。

30

## 【 0 0 4 5 】

ステップ S 3 2 3 で、比較手段 2 0 3 は、ステップ S 3 2 2 の分離結果にもとづいて、第 1 領域が全体の層厚に対して占める割合である層厚比を X 軸方向の各位置について、数 1 により算出する。ここで、全体の層厚とは第 1 領域の厚さと第 2 領域の厚さとの和である。

## 【 0 0 4 6 】

## 【 数 1 】

$$R(x) = \frac{PN(x)}{PA(x)}$$

40

ここで、 $R(x)$  は、座標  $x$  における層厚比、 $PN(x)$  は、座標  $x$  における第 1 領域の厚さ、 $PA(x)$  は、座標  $x$  における全体の層厚を表す。すなわち、 $PA(x)$  は第 1 領域の厚さと第 2 領域の厚さとの和である。なお、本実施例では層厚比  $R(x)$  は、全体の層厚に対する第 1 領域の厚さの割合を層厚比として定義するが、これに限定されるものではない。たとえば、全体の層厚に対する第 2 領域の厚さの割合を層厚比  $R(x)$  としてもよい。さらに、第 1 領域の厚さを第 2 領域の厚さで除した値を層厚比  $R(x)$  として用いてもよい。または、第 2 領域の厚さを第 1 領域の厚さで除した値を層厚比  $R(x)$  として用いてもよい。すなわち、推定手段 2 0 4 は、眼底の断層画像の深さ方向において、断層画像を構成する画素の濃度または輝度が閾値以上の第 1 領域の大きさと濃度または輝度

50

が閾値未満の第2領域の大きさとを比較する。

【0047】

ステップS324で、比較手段203は、ステップS323で算出された層厚比 $R(x)$ に対して、Z軸方向に直交する方向であるX軸方向の移動平均を算出することで層厚比の平滑化を行う。すなわち、比較手段203は、深さ方向に直交する方向における複数の位置の比較結果の移動平均を算出する算出手段の一例に相当する。平滑化は、皺襞のある網膜では、各層の厚みが局所的に大きく変動し、局所的に層厚比が低くなる部位が存在する場合があり、局所的に層厚比が低くなる部分を中心窩の位置と誤って推定することを防止するために行われる。

【0048】

なお、本実施例では、層厚比算出後に移動平均による平滑化を実行したが、あらかじめ画像を平滑化した後に層厚比を算出する構成にしてもよい。また、層厚比の平滑化を移動平均以外の方法により得ることとしてもよい。

ステップS325で、図5に示すように、推定手段204は、平滑化後の層厚比が最小値となる断層画像における位置（下凸のピークになる位置）を抽出し、この位置を中心窩の位置と推定する。すなわち、推定手段204は、算出された移動平均に基づいて中心窩の位置を推定する。

【0049】

平滑化後の層厚比をX軸方向にスキャンした結果、ピークが単一であり、そのピークが高くなるほど、中心窩位置を高精度に特定することが可能となる。推定手段204は例えばピークの高さに基づいて中心窩の推定精度を示す指標を算出することとしてもよい。すなわち、推定手段204は層厚比に基づいて中心窩の推定精度を示す指標を算出する。例えば、推定手段204は、層厚比が小さいほど中心窩の推定精度が高いと判定する。なお、中心窩の推定精度を示す指標は表示制御手段205の制御により表示手段206に表示される。また、推定手段204は、第1領域の厚さおよび第2領域の厚さの少なくとも一方に基づいて中心窩の異常度を判定することとしてもよい。推定手段204は例えば、中心窩と推定された位置の第1領域の厚さが厚いほど中心窩の異常度は高いと判定してもよいし、第2領域の厚さが薄いほど中心窩の異常度が高いと判定することとしてもよい。また、推定手段204は例えば、中心窩と推定された位置における第1領域の厚さと第2領域の厚さとの差が小さいほど異常度が高いと判定してもよい。

【0050】

図6に中心窩の推定処理の一例を説明するための図を示す。図6(a)は、健常眼の断層画像から中心窩位置を特定する場合、図6(b)は、黄斑上膜を発症した眼の断層画像から中心窩位置を推定する場合を説明するための図である。

【0051】

ステップS310では、決定手段202は、断層画像からILM501、ISOS502、RPE503を抽出する。ステップS322では、決定手段202は、例えば、第1領域と第2領域視細との境界線510を抽出する。さらに、ステップS323では、比較手段203は、各X座標におけるR層厚比 $R(x)$ を算出する。一例として、比較手段203は、ILM501と境界線510との間の距離である $PN(x)$ と、ILM501とISOS502との間の距離である $PA(x)$ を算出し、数1に従って層厚比 $R(x)$ を算出する。図6に示すように、たとえば黄斑上膜を発症した眼においても、中心窩付近において層厚比 $R(x)$ が低くなる傾向は維持される。従って、推定手段204は、健常眼のみならず患眼においても中心窩位置を精度よく推定することが可能となる。なお、本実施例では、断層画像における濃度を用いて解析したが、輝度を用いても同様の効果を得ることができる。また、外顆粒層の濃度が外網状層から内境界膜まで領域の濃度よりも低い断層画像を処理対象としたが、濃度値を反転させた画像を処理対象とすることも可能である。

【0052】

上記のようにして推定した中心窩の位置を表示制御手段205は表示手段206に表示

10

20

30

40

50

させる。図 7 は表示手段 2 0 6 における画面の一例を示す図である。図 7 ( a ) においては、表示制御手段 2 0 5 は正面画像 1 1 0 および断層画像 1 1 1 を表示手段 2 0 6 に表示させるとともに、推定手段 2 0 4 により推定された中心窩の位置を示すマーカー 1 2 0 を断層画像 1 1 1 に重畳して表示手段 2 0 6 に表示させる。なお、中心窩の位置を示すマーカー 1 2 0 の形状は矢印であってもよいし、図 7 ( b ) に示すように線であってもよい。また、中心窩周囲を囲むような楕円または円を表示してもよいし、画像上の座標などを数値として表示する構成にしてもよい。

#### 【 0 0 5 3 】

また、表示制御手段 2 0 5 は、図 7 に示すように正面画像 1 1 0 上に断層画像 1 1 1 の取得位置を示すマーカーを表示手段 2 0 6 に表示させることとしてもよい。この断層画像 1 1 1 の取得位置を示すマーカーは操作者の操作により移動可能であり、表示制御手段 2 0 5 は、断層画像 1 1 1 の取得位置を示すマーカーの位置に対応した断層画像 1 1 1 を表示手段 2 0 6 に表示させる。さらに、表示制御手段 2 0 5 は、断層画像 1 1 1 の取得位置を示すマーカーの位置に対応した中心窩の位置を示すマーカー 1 2 0 を表示手段 2 0 6 に表示させる。すなわち、表示制御手段 2 0 5 は、断層画像 1 1 1 の取得位置を示すマーカーの位置の更新に伴い、断層画像 1 1 1 および中心窩の位置を示すマーカー 1 2 0 を更新する。

#### 【 0 0 5 4 】

上述した本実施例によれば、健常眼のみならず患眼であっても断層画像から中心窩の位置を正確に推定することが可能である。

#### 【 0 0 5 5 】

また、推定した中心窩の位置を断層画像上で示すことができるため、医師は患眼の断層画像であっても中心窩の位置を容易に把握することができる。すなわち、本実施例によれば医師の迅速な診断を支援することが可能となる。

#### 【 0 0 5 6 】

また、本実施例によれば、全ての層をセグメンテーション（層認識）することなく判別分析法を用いて第 1 領域と第 2 領域とに分離している。そのため、病気により網膜の形状が変形しており詳細なセグメンテーションが難しい場合においても、中心窩の位置を正確に推定することが可能となる。

#### 【 0 0 5 7 】

##### （変形例 1）

実施例 1 においては実施例 1 のステップ S 3 2 2 では決定手段 2 0 2 が、判別分析法を使用して画像を第 1 領域と第 2 領域とに分離した。しかし本変形例では、決定手段 2 0 2 が外網状層と外顆粒層との境界を検出できる場合には、検出した外網状層と外顆粒層との境界を利用して第 1 領域と第 2 領域とに分割することとしてもよい。すなわち、決定手段 2 0 2 は、断層画像から検出された層境界に基づいて第 1 領域と第 2 の領域とを決定する。

#### 【 0 0 5 8 】

なお、層境界の検出方法は既知の方法を用いることが可能である。例えば、決定手段 2 0 2 は断層像における濃度または輝度の変化を Z 軸方向に検出し、輝度の変化が大きい部分を層境界と認識することが可能である。外網状層と外顆粒層とは通常輝度差があるため、決定手段 2 0 2 は断層像における濃度または輝度の変化を Z 軸方向に検出ことで、外網状層と外顆粒層との境界を検出することが可能である。なお、決定手段 2 0 2 は、外網状層と外顆粒層との境界より前眼部側に位置する網膜領域を第 1 領域、外網状層と外顆粒層との境界より脈絡膜側に位置する領域を第 2 領域とすることができる。外網状層と外顆粒層との境界の検出はステップ S 3 1 0 で実施することとしてもよいし、ステップ S 3 1 0 以前に、あらかじめ実施することとしてもよい。

#### 【 0 0 5 9 】

本変形例によれば、判別分析法を用いることなく中心窩の位置を推定することが可能となる。また、層厚マップ等を作成するために外網状層と外顆粒層との境界が使用される場

合には、中心窩位置の推定と層厚マップの作成とで外網状層と外顆粒層との境界の抽出結果を共用することが可能となる。

【 0 0 6 0 】

( 変形例 2 )

実施例 1 では、ステップ S 3 2 3 で、第 1 領域の層厚と第 1 領域の層厚と第 2 領域の層厚の和の比を算出したが、比較手段 2 0 3 は第 1 領域の層厚と第 2 領域の層厚との差を算出してもよい。すなわち、比較手段 2 0 3 は、第 1 領域の厚さと第 2 領域の厚さの比較結果として第 1 領域の厚さと第 2 領域の厚さとの差を出力する。

【 0 0 6 1 】

例えば、数 2 に示すように、比較手段 2 0 3 は第 1 領域の層厚と第 2 領域の層厚との差を算出することで、相対的に第 1 領域の層厚が薄い領域を特定することができ、実施例 1 と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 6 2 】

【 数 2 】

$$S(x) = PC(x) - PN(x)$$

ここで、 $S(x)$  は、座標  $x$  における層厚差、 $PN(x)$  は、座標  $x$  における第 1 領域層の厚さ、 $PC(x)$  は、座標  $x$  における第 2 領域の厚さを表す。

【 0 0 6 3 】

なお、推定手段 2 0 4 は、層厚差  $S(x)$  が最大となる位置を中心窩の位置と推定する。なお、 $PN(x)$  から  $PC(x)$  を引くようにしてもよい。この場合、推定手段 2 0 4 は、層厚差が最小となる位置を中心窩の位置と推定する。すなわち、

本変形例によれば、実施例 1 と略同様の効果を奏することが可能となる。

【 0 0 6 4 】

( 変形例 3 )

実施例 1 では、断層画像における解析処理の対象領域 ( X 方向の領域 ) を限定していないが、撮影情報をもとに解析処理の対象領域を限定してもよい。具体的には、撮影情報として撮影時の固視灯位置を取得し、固視灯位置に対応する断層画像の領域周辺のみを解析処理の対象としてもよい。解析領域を限定する処理は、中心窩 ( 黄斑 ) の位置は固視灯の提示位置に対応して移動することを利用するものである。

【 0 0 6 5 】

例えば、固視灯の提示位置が断層画像の撮影範囲 ( 走査範囲 ) の中心に対応している場合には、通常中心窩は画像の中心付近に位置することとなるため、断層画像の左右端近傍の領域に対して上述した中心窩位置の推定処理は実施しないこととしてもよい。例えば、比較手段 2 0 3 は、固視灯の提示位置が断層画像の撮影領域の中心に対応している場合には断層画像の左右端近傍の領域において第 1 領域と第 2 領域の層厚の比較を行わないこととしてもよい。なお、推定手段 2 0 4 は、断層画像の左右端近傍の領域における比較手段 2 0 3 の比較結果を中心窩の位置推定に用いないこととしてもよい。また、固視灯の提示位置が断層画像の撮影領域の端部に対応している場合には、断層画像の中心付近の領域に対して上述した中心窩位置の推定処理は実施しないこととしてもよい。すなわち、推定手段 2 0 4 は、固視灯の提示位置に関する情報および比較手段による比較結果に基づいて中心窩を推定する。

【 0 0 6 6 】

本変形例によれば、中心窩の位置を推定するまでの処理時間を短縮することが可能となる。

【 0 0 6 7 】

( 変形例 4 )

変形例 3 では、撮影情報をもとに解析処理の対象領域を限定したが、撮影情報から断層画像中に明らかに中心窩領域が含まれないと判断できる場合は、中心窩位置の推定処理自

10

20

30

40

50

体を実行しないように構成してもよい。すなわち、推定手段 204 は、固視灯の提示位置に関する情報に基づいて中心窩の位置の推定を実行するか否かを判断する。

【0068】

具体的には、取得手段 201 が断層画像および固視灯の提示位置および撮影範囲を含む撮影情報を取得すると、推定手段 204 は撮影時に使用した固視灯提示位置や撮影範囲などを取得し、断層画像における中心窩の位置を大まかに推定する。言い換えれば、推定手段 204 は、中心窩位置が解析処理対象としている断層画像に含まれているか否かを判断する。すなわち、推定手段 204 は、撮影範囲に固視灯の提示位置が含まれるか以下を判断する。中心窩領域が含まれていないと判断できる場合は、推定手段 204 は中心窩位置の推定処理自体を実行しない。例えば、視神経乳頭および黄斑のうち視神経乳頭のみを含むように断層画像が撮影された場合には、推定手段 204 は中心窩位置の推定処理を実行しない。

10

【0069】

なお、予め視神経乳頭および黄斑のうち視神経乳頭のみを含むように断層画像撮影する撮影モードが光干渉断層計 100 に備えられており、当該撮影モードで撮影された断層画像であることを示す情報が撮影情報に含まれている場合には、推定手段 204 は固視灯提示位置などの情報を用いることなく撮影モードの情報に基づいて中心窩位置の推定処理を実行しないと判断する。

【0070】

本変形例によれば、不要な中心窩推定処理を実行することを防止することができる。また、表示制御手段 205 は、表示手段 206 に解析処理対象の断層画像に中心窩領域が含まれていない旨の通知を表示させることとしてもよい。これにより、たとえばスクリーニング時のように、一度に大量の断層画像に対する判断が必要な場合に、判断に要する時間を短縮することができる。

20

【0071】

[実施例 2]

本実施例では、実施例 1 の構成において、ステップ S325 で中心窩位置の推定に失敗した場合の処理について述べる。図 8 は、本実施例における中心窩位置の推定処理の一例を示すフローチャートである。ステップ S321 からステップ S325 までの処理は、実施例 1 と同様であるため詳細な説明は省略する。ステップ S325 で、平滑化後の層厚比を X 軸方向にスキャンした際、同程度の高さのピークが複数存在する場合や、ピークは単一でも高さが低く不明瞭な場合などには、精度よく中心窩の位置を推定できない虞がある

30

したがって、ステップ S326 において推定手段 204 は、ピークの数およびピークの高さに基づいて中心窩の推定に成功したか否かを判定する。例えば、推定手段 204 は、平滑化後の層厚比を X 軸方向にスキャンした結果、ピークが単一でその高さが中心窩位置の特定に十分である場合には中心窩の位置を推定できたと判定する。中心窩位置が特定できたと判断した場合は、中心窩位置特定処理 S320 を終了する。

【0072】

一方、推定手段 204 は、平滑化後の層厚比を X 軸方向にスキャンした結果、同程度の高さのピークが複数存在する場合またはピークは単一でも高さが低く不明瞭な場合には中心窩位置が推定できていないと判断する。中心窩位置が推定できていないと判断された場合は、ステップ S327 において、推定手段 204 は断層画像の中心を中心窩の位置と推定する。すなわち、推定手段 204 は、層厚の比較結果に基づいて中心窩の位置を推定できない場合、断層画像の中心を中心窩の位置として推定する。

40

【0073】

これは、一般的な OCT 撮影において、黄斑部を中心に撮影する機会が多く、おおむね中心窩が画像中心部周辺にあると考えられるためである。この場合、推定手段 204 は画像中心部を中心窩と推定した後、中心窩位置特定処理 S320 を終了する。

【0074】

表示制御手段 205 は、第 1 実施例と同様に表示手段 206 に中心窩位置を示すマーカ

50

ー 1 2 0 を断層画像に重畳して表示させる。但し、中心窩位置をステップ S 3 2 5 で推定に成功した場合とステップ S 3 2 7 で推定した場合とでは推定精度が異なる虞があるため、表示制御手段 2 0 5 は中心窩位置を示すマーカー 1 2 0 の表示形態を異なる形態にすることとしてもよい。以降の実施例においても中心窩の推定方法が異なる場合には、中心窩位置を示すマーカー 1 2 0 を異なる表示形態としてもよい。また、ステップ S 3 2 7 で中心窩を推定した場合には、表示制御手段 2 0 5 は、画像の中心を中心窩位置として推定した旨のメッセージを表示手段 2 0 6 に表示させることとしてもよい。

【 0 0 7 5 】

本変形例によれば、層厚比による中心窩位置の推定に失敗した場合においても、中心窩位置を推定することが可能となるため、ロバスト性を向上することができる。

10

【 0 0 7 6 】

( 変形例 1 )

実施例 2 では、層厚比による中心窩位置特定に失敗した場合に、解析対象画像の中心を無条件で中心窩と推定していたが、この処理に替えて、撮影情報を用いて中心窩位置を推定する処理を実施することとしてもよい。より具体的には、推定手段 2 0 4 は例えば、撮影情報に含まれる固視灯の提示位置および撮影範囲に基づいて、固視灯の提示位置に対応する断層画像中の領域を決定し、この決定された位置を中心窩の位置と推定する。すなわち、推定手段 2 0 4 は、層厚の比較結果に基づいて中心窩の位置を推定できない場合、固視灯の提示位置に関する情報に基づいて中心窩の位置を推定する。

【 0 0 7 7 】

20

本変形例によれば、層厚比による中心窩位置の推定に失敗した場合においても、中心窩位置を推定することが可能となるため、ロバスト性を向上することができる。また、本変形例によれば、中心窩が断層画像の中心に位置しない場合においても、中心窩位置を精度よく推定することが可能となる。

【 0 0 7 8 】

( 変形例 2 )

実施例 2 では、層厚比による中心窩位置特定に失敗した場合に、解析対象画像の中心を無条件で中心窩と推定していたが、この処理に替えて、層厚が最小となる部分（すなわち、陥凹部）を中心窩位置と推定する処理を実行することとしてもよい。例えば、推定手段 2 0 4 は、ステップ S 3 1 5 において抽出した I L M および I S / O S 間の距離が最小となる位置を中心窩の位置と推定することとしてもよい。また、推定手段 2 0 4 は I L M および R P E 間の距離が最小となる位置を中心窩の位置と推定することとしてもよい。

30

【 0 0 7 9 】

本変形例によれば、層厚比による中心窩位置の推定に失敗した場合においても、中心窩位置を推定することが可能となるため、ロバスト性を向上することができる。また、本変形例によれば、中心窩が断層画像の中心に位置しない場合においても、中心窩位置を精度よく推定することが可能となる。

【 0 0 8 0 】

なお、推定手段 2 0 4 は、本変形例と実施例 2 とを連続的に実行することとしてもよいし、本変形例と変形例 1 とを連続的に実行することとしてもよい。

40

【 0 0 8 1 】

[ 実施例 3 ]

実施例 1 および実施例 2 では、取得手段 2 0 1 で取得した断層画像に対して、最初に層厚比による中心窩位置の推定処理を実行する構成にしていたが、層厚比による中心窩位置の推定処理に先立って他の中心窩位置の推定処理を実行することとしてもよい。本実施例においては、他の中心窩位置の推定処理の一例として、健常眼における中心窩は陥凹領域として観察されることを利用した推定処理を採用する。

【 0 0 8 2 】

図 9 は本実施例における中心窩位置の推定処理の手順の一例を示すフローチャートである。ステップ S 3 2 1 からステップ S 3 2 5 までの処理は、実施例 1 と同様であるため詳

50

細な説明は省略する。

【0083】

ステップS328では、推定手段204は、ステップS315で決定手段202により抽出されたILMの層境界情報から、断層画像内の陥凹部を探索する。すなわち、決定手段202は、断層画像に含まれる層境界を検出する検出手段の一例に相当する。

【0084】

次に、ステップS329では、例えば、推定手段204は、ILMとして抽出したラインのZ軸方向の座標が極小且つ最小となる点を算出し、その点を中心窩と推定する。ここで、Z軸方向の座標は脈絡膜側に近づく程小さな値となるものとしている。

【0085】

さらに、ステップS330において、推定手段204は、極小且つ最小となる位置のILMのZ座標と、その他の位置のILMのZ座標との差を求めることで、中心窩と特定するに十分な陥凹であるかを判定する。例えば、推定手段204は、極小且つ最小となるILMのZ座標と、その位置からX軸方向に数十から数百画素離れた位置のILMのZ座標を比較することで十分な陥凹であるかを判定することができる。なお、極小となる位置から判定に使用する位置までの画素数は、断層画像の解像度や撮影条件などを加味して決定することとしてもよいし、一律の画素数であってもよい。例えば、推定手段204は、ステップS330においてZ座標の差が所定閾値以上であれば中心窩位置を推定できたと判定する。一方、推定手段204は、ステップS330においてZ座標の差が所定閾値未満である場合には中心窩位置を推定できなかったものとして、ステップS321へ進み、実施例1の方法を実施する。すなわち、推定手段204は、検出された層境界（内境界膜）に基づいて中心窩を推定し、層境界に基づいて中心窩を推定できない場合に比較手段による層厚の比較結果に基づいて中心窩を推定する。

【0086】

本実施形態によれば、中心窩位置の推定処理のロバスト性を向上できる。なお、本実施例ではILMがZ軸方向の座標において極小且つ最小となる点を中心窩の推定に使用した。しかし、例えばRNFLの厚みが最小となる点を中心窩の推定に用いてもよいし、ILMとIS/OSなど他の層との距離が最小となる点を中心窩の位置推定に用いてもよい。また、本実施例では、層境界情報のみにもとづいて中心窩位置を判定したが、実施例1および実施例2に示したように、固視灯位置などの撮影情報も加味して判定する構成にしてもよい。例えば、推定手段204は、ILMのZ座標が極小且つ最小となる断層画像における位置が、撮影情報に含まれ固視灯の提示位置および撮影範囲の情報から推定された断層画像における中心窩位置と等しい場合または位置の差が所定閾値以内の場合に、ILMのZ座標が極小且つ最小となる断層画像における位置を中心窩の位置と推定することとしてもよい。これにより、撮影情報と層形状の両方の情報から中心窩位置を推定できるため、中心窩位置の推定精度を向上させることができる。

【0087】

（変形例1）

実施例3では、層厚比による中心窩位置の推定処理に先立ち、層境界情報を使用して中心窩位置を推定こととしたが、他の方法を使用してもよい。健常眼における中心窩は、眼底カメラで撮影した眼底画像など、眼球の正面から観察した場合、暗部として観測されることが知られている。このため、例えば、推定手段204は断層画像の画素値（輝度値または濃度値）をZ軸方向に積算した画像を生成し、最も暗い位置を中心窩として推定することとしてもよい。このとき、推定手段204は、積算画像において、中心窩と推定した位置の輝度値と、その他の位置の輝度値とを比較することで、中心窩と推定するのに十分な輝度差があるかを判定することができる。すなわち、推定手段204は中心窩と推定した位置の輝度値と、その他の位置の輝度値との差の絶対値が閾値以上かを判定する。そして、推定手段204は、この差が閾値未満であれば、抽出した位置が中心窩ではないとして、実施例1の中心窩位置の推定方法を実施する。すなわち、推定手段204は、深さ方向における断層画像の輝度または濃度の積算値に基づいて中心窩を推定し、積算値に基づ

10

20

30

40

50

いて中心窩を推定できない場合に比較手段による比較結果に基づいて中心窩を推定する。

【 0 0 8 8 】

本変形例によれば、実施例 3 と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 8 9 】

( 変形例 2 )

上記では、層境界情報あるいは積算画像による中心窩位置特定に失敗した場合に、単に実施例 1 の方法を実施する構成としたが、他の構成にしてもよい。例えば、推定手段 2 0 4 は、積算画像にもとづいて 1 つ以上の中心窩位置の候補を抽出する。すなわち、推定手段 2 0 4 は、積算画像における輝度が最も低い部分を中心窩位置の候補とする。そして、次に、断層画像のうち抽出した中心窩位置候補の周辺に処理範囲を限定して、実施例 1 の中心窩推定方法を実施する。これにより、中心窩位置を推定する処理の高速化を図れるとともに、例えば積算画像の輝度と断層画像の層厚比という複数の情報にもとづいて中心窩位置を特定できるため、特定精度を向上させることが可能となる。なお、積算画像の輝度値が最小となる位置に替えて I L M の Z 座標が極小且つ最小となる位置を用いることとしてもよい。

[ 実施例 4 ]

実施例 1 から実施例 3 では、1 枚の断層画像から中心窩位置を特定する方法としたが、本実施例では複数の断層画像から中心窩位置を特定する方法について示す。光干渉断層計 1 0 0 は、被検眼の詳細な情報を取得するため、複数の走査モードを有することが多い。具体的には、同一部位を一度ずつスキャンする垂直スキャンや水平スキャンなどのラインスキャンのほかに、同一部位について放射状に走査するラジアルスキャンや、直交する方向に走査するクロススキャンなどがある。本実施例では、黄斑部をクロススキャンした場合の例について説明する。図 1 0 は本実施例における中心窩位置の推定処理手順の一例を示すフローチャートである。ステップ S 3 2 1 からステップ S 3 2 5 までの処理は、実施例 1 と同様であるため詳細な説明は省略する。クロススキャンにより得られた断層画像は、眼底に対して異なる方向（直行する方向）に測定光を走査することで得られた複数の断層画像の一例に相当する。

【 0 0 9 0 】

ステップ S 3 3 1 において、推定手段 2 0 4 は、全ての断層画像から中心窩位置を推定したか否かを判定する。中心窩位置の推定が済んでいない断層画像が存在する場合にはステップ S 3 2 1 へ進み、実施例 1 に示した中心窩位置の推定が実行される。一方、全ての断層画像に対して中心窩位置の推定が行われている場合には、ステップ S 3 3 2 へ進む。ステップ S 3 3 2 では、推定手段 2 0 4 が、各断層画像において推定された中心窩位置を比較する。1 枚の断層画像から中心窩の位置を推定した場合、推定した位置が本当に正しい位置か否かを確認することは難しいが、複数の B スキャン画像を用いることで中心窩の位置の推定精度を向上させることが可能である。このため、推定手段 2 0 4 は、各断層画像における中心窩位置の推定結果を比較する。そして、各断層画像の中心窩の推定位置が一致する場合にはステップ S 3 3 3 へ進み、推定手段 2 0 4 は、一致している点を中心窩位置と推定する。すなわち、推定手段 2 0 4 は、複数の断層画像それぞれにおける層厚の比較結果に基づいて中心窩の位置を推定する。より具体的には、推定手段 2 0 4 は、前記取得手段は、前記眼底の異なる位置に測定光を走査することで得られた複数の断層画像それぞれから中心窩の位置を推定する。

【 0 0 9 1 】

一方、各断層画像の中心窩の推定位置が一致していない場合はステップ S 3 3 4 へ進み、推定手段 2 0 4 は、複数の断層画像のうちステップ S 3 2 5 で算出した平滑化後の層厚比のピークが高い位置を中心窩と推定する。

【 0 0 9 2 】

なお、推定手段 2 0 4 は、中心窩の推定位置を比較する前に、S L O など得られた眼底画像から既知の手法で眼の動きを検出し、この動きに基づいて断層画像同士を位置合わせすることとしてもよい。断層画像同士の位置合わせを行うことでより正確に中心窩の推

定位置を比較することが可能となる。

【 0 0 9 3 】

本実施例によれば、1枚のBスキャン画像から中心窩位置を推定する場合に比べ、高精度に中心窩位置を推定することができる。なお、本実施例では、複数のBスキャン画像から推定した中心窩位置が一致しない場合、平滑化後の層厚比のピークを解析する方法としたが、これに限定するものではない。例えば、上述の方法と同様に、Bスキャン画像の中心を中心窩と推定してもよいし、撮影情報にもとづいて中心窩位置を推定してもよい。また、各断層画像の中心窩の推定位置が一致しない場合には、中心窩の推定ができなかったものとして、表示制御手段205は表示手段206に中心窩が推定できない旨のメッセージを表示させることとしてもよい。このようにすれば、精度の高い中心窩位置のみを操作

10

【 0 0 9 4 】

なお、直交する複数のラインスキャンを行うマルチクロススキャンで得たBスキャン画像においても、同様の方法で中心窩位置を特定することができる。マルチクロススキャンなど、複数枚のBスキャン画像を解析対象とすることで、中心窩位置の特定精度が向上する一方、処理時間が増大する懸念がある。この場合、実施例1で示したように、撮影情報などからBスキャン画像中に明らかに中心窩領域が含まれないと判断できる場合は、解析対象とせず、中心窩領域が含まれると判断できる画像のみを上述の方法により解析する。これにより、中心窩位置特定精度の向上と処理速度の向上を両立することが可能となる。

20

【 0 0 9 5 】

( 変形例 1 )

実施例4では、複数枚のBスキャン画像から中心窩位置を特定する場合の方法について示したが、他の方法にしてもよい。具体的には、光干渉断層計100を使用することで、網膜内の矩形領域について、取得位置を移動しながら水平方向に複数回走査して、被検眼の三次元断層画像を生成することができる。すなわち、取得手段201は、三次元断層画像を取得する。なお、三次元断層画像は複数のBスキャン画像から構成される。

【 0 0 9 6 】

推定手段204は、取得した三次元断層画像に対して、実施例1と同様の処理を実行する。従って、三次元断層画像に対して推定された中心窩の位置を対応付けることができる。また、三次元断層画像を深さ方向に積算することで、眼底表面を示す積算画像を生成することが可能であるため、積算画像に対しても推定された中心窩の位置を対応付けることができる。さらに、SLO画像及び眼底カメラで取得した眼底画像と積算画像とは同じ眼底表面を示す二次元画像であるため、位置合わせを行うことで、SLO画像及び眼底画像に対しても推定された中心窩の位置を対応付けることができる。

30

【 0 0 9 7 】

表示制御手段205は、表示手段206に、正面画像110を表示させ、上述の対応付けに基づいて表示した正面画像110上に推定した中心窩位置を表示させることができる。正面画像としては、SLO画像や、取得した被検眼の三次元断層画像をZ軸方向に積算した積載画像を表示することが可能である。また、表示手段206は、正面画像としては、三次元断層画像から二つの任意の基準面にもとづいて平面に投影したE n - F a c e 画像、あるいは眼底カメラで撮影した眼底画像などを表示することができる。

40

【 0 0 9 8 】

本変形例によれば、被検眼を正面から観察した正面画像上の中心窩位置を表示することができるため、操作者は眼底表面における中心窩位置を容易に認識することができる。

[ 実施例 5 ]

本実施例では、推定された中心窩位置周辺の画像を詳細に解析することで中心窩における網膜剥離を検出する。RPEに存在する細胞は視細胞外節を貪食するため、健常眼においては視細胞外節とRPEとが近接して観察されるが、網膜剥離が発生した眼においては両者が分離した状態で観察される。上述のように中心窩は視機能に大きな影響を与える部

50

位であるため、中心窩周辺で網膜剥離が生じた場合、それが微小領域であっても早期に発見できることが望ましい。断層画像全体から、この微小な網膜剥離を検出することは、画像内のノイズなどの影響もあり困難である。そこで本実施例における画像処理装置は、実施例１～４で述べた方法により推定した中心窩位置を用いて画像解析の対象範囲を限定し詳細な解析処理を行う。

#### 【００９９】

図１１に示したシステムは図１のシステムと略同様であるが、解析手段２０８を備える点で異なっている。

#### 【０１００】

取得手段２０１などと同様に画像処理装置２００のＣＰＵが解析手段２０８として機能する。解析手段２０８は、断層画像を解析することで異常部位を検出する。例えば、解析手段２０８は中心窩における網膜剥離を検出する。より具体的には、解析手段２０８は、図１２に示すように、決定手段２０２により抽出されたＲＰＥとＩＳ／ＯＳとに挟まれる領域且つ推定手段２０４により推定された中心窩の位置近傍の領域を画像解析の対象範囲と決定する。そして、解析手段２０８は、この対象範囲における画像の濃度または輝度を解析することで網膜剥離を検出する。

#### 【０１０１】

図１３は、本実施例における画像処理装置の動作の一例を説明するためのフローチャートである。図１３（ａ）は、本実施例における画像処理装置の大まかな動作の一例示すフローチャートである。ステップＳ３００～Ｓ３２０は図２（ａ）に示したステップＳ３００～Ｓ３２０と同様であるため詳細な説明は省略する。

#### 【０１０２】

ステップＳ１０００で、解析手段２０８は、推定手段２０４によって推定された中心窩の位置の左右それぞれ数十～百画素程度の画像解析の対象範囲を抽出する。この対象範囲の上端および下端はステップＳ３１５で抽出されたＩＳ／ＯＳとＲＰＥとで規定される。すなわち、解析手段２０８は、推定手段により推定された中心窩の位置に基づいて、中心窩の位置を含む断層画像における一部の領域を抽出する抽出手段の一例に相当する。

#### 【０１０３】

次に、ステップＳ１０１０で、解析手段２０８は、断層画像の対象範囲を解析することで網膜剥離を検出する。図１３（ｂ）はステップＳ１０１０の詳細な処理手順の一例を示すフローチャートである。

#### 【０１０４】

まず、ステップＳ１０１１で、解析手段２０８は抽出した対象範囲において、Ｚ軸方向に画像をスキャンし、濃度プロファイルまたは輝度プロファイルを算出する。

#### 【０１０５】

ステップＳ１０１２で、解析手段２０８は、濃度プロファイルにおいて、ＩＳ／ＯＳとＲＰＥとの間に低濃度領域がＸ軸方向に一定幅連続して存在する場合に、網膜剥離が発生している可能性があるとして判断する。すなわち、解析手段２０８は、抽出手段により抽出された領域における深さ方向に沿った濃度または輝度の変化に基づいて網膜剥離を検出する抽出手段の一例に相当する。

#### 【０１０６】

中心窩において網膜剥離が存在しない場合、図１４（ａ）に示すように、ＩＳ／ＯＳからＲＰＥにかけて、濃度はおおむね連続的に変化する。一方、網膜剥離が存在する場合は、図１４（ｂ）に示すように、網膜剥離領域が他の領域に比べ所定閾値以上濃度が低下する領域（低濃度の領域）として描出されるため、高濃度領域の間に低濃度領域がある状態となる。このため、解析手段２０８は、ＩＳ／ＯＳとＲＰＥとの間において、高濃度領域に挟まれた低濃度領域が存在するか否かを判定することで、網膜剥離の有無を検出することができる。具体的には、解析手段２０８は、ＩＳ／ＯＳとＲＰＥとの間において、図１４（ｂ）に示すよう濃度が近傍の領域の濃度に対して所定閾値以上低下している領域を網膜剥離領域として検出する。

## 【 0 1 0 7 】

なお、表示制御手段 2 0 5 は解析手段 2 0 8 による解析結果を表示手段 2 0 6 に表示させる。図 1 5 は、表示手段 2 0 6 の表示例を示す図である。表示制御手段 2 0 5 は、取得手段 2 0 1 で取得した断層画像 1 1 1 と、推定手段 2 0 4 により推定された中心窩の位置を示すマーカー 1 2 0、および解析手段 2 0 8 による解析結果を表示手段 2 0 6 に表示させる。表示制御手段 2 0 6 は、表示される解析結果の例として、網膜剥離領域を囲むようなマーカー 1 2 0 2 を表示手段 2 0 6 に表示させてもよいし、網膜剥離の有無を示すメッセージ 1 2 0 3 を表示手段 2 0 6 に表示させてもよい。網膜剥離領域を囲むようなマーカー 1 2 0 2 は網膜剥離領域を示すマーカーとして機能している。

## 【 0 1 0 8 】

表示制御手段 2 0 6 は、解析手段 2 0 8 により網膜剥離が検出された場合、中心窩周辺部を拡大した断層画像を自動的に表示手段 2 0 6 に表示させる構成にしてもよい。なお、中心窩周辺部を拡大した断層画像は断層画像 1 1 1 に重畳されてもよいし、断層画像と切換え可能に表示されることとしてもよい。さらに、表示制御手段 2 0 5 は、表示手段 2 0 5 に正面画像 1 1 0 上に、検出した網膜剥離領域を示すマーカー 1 2 0 1 を表示させるようにしてもよい。

## 【 0 1 0 9 】

本実施例によれば、中心窩における網膜剥離を正確に検出することが可能となる。また、断層画像または正面画像上に網膜剥離の領域が明示されるため、医師は網膜剥離が発生している領域を容易に把握することが可能となる。

## 【 0 1 1 0 】

## ( 変形例 1 )

本変形例では網膜剥離の検出に判別分析法を用いる。例えば、解析手段 2 0 8 は、断層画像全体ではなく推定された中心窩に基づいて抽出された画像解析の対象範囲に対してのみ判別分析法を適用し閾値を決定する。そして、解析手段 2 0 8 は、決定した閾値を用いて対象範囲の画素を二値化する。解析手段 2 0 8 は、この二値化により、対象範囲の画素を高濃度領域と低濃度領域と分ける。解析手段 2 0 8 は、二値化後の低濃度領域を抽出する。図 1 2 においては、例えば番号 1 ~ 3 の領域が解析手段により低濃度領域として抽出される。その後、解析手段 2 0 8 は、番号 1 ~ 3 の低濃度領域のうち領域の大きさが最大のものを選択して、選択した低濃度領域の大きさ、形状、位置の少なくとも一つに基づいて網膜剥離か否かを決定する。例えば、図 1 2 においては番号 1 の低濃度領域が解析手段 2 0 8 により選択され、この領域の大きさ、形状、位置が網膜剥離の症状に矛盾しないか否かを判定する。解析手段 2 0 8 は、例えば、番号 1 の低濃度領域の大きさが所定の閾値以上か否か、低濃度領域の Z 軸方向の長さが X 方向の長さより長いかな否か、低濃度領域の位置が R P E からの所定距離以内にあるかな否かを判定する。

## 【 0 1 1 1 】

そして、表示制御手段 2 0 5 は、解析手段 2 0 8 により番号 1 の低濃度領域が網膜剥離であると判定された場合、表示手段 2 0 6 に図 1 2 に示すように断層画像上に網膜剥離の位置を示す情報を表示させる。なお、表示制御手段 2 0 5 は、表示手段 2 0 6 に番号 1 の低濃度領域を強調表示させることとしてもよい。強調表示の一例として、網膜剥離と判定された低濃度領域を断層画像とは異なる色で表示させることとしてもよいし、低濃度領域の輪郭を示すこととしてもよい。

## 【 0 1 1 2 】

本変形例によれば、実施例 5 と同様の効果を奏することが可能となる。

## [ 実施例 6 ]

実施例 5 では、解析手段 2 0 8 の処理として網膜剥離の有無を解析する処理としたが、本実施例ではその他の処理について示す。すなわち、推定された中心窩の位置は網膜剥離の検出以外の処理にも用いることが可能である。

## 【 0 1 1 3 】

上述のとおり、健常眼における中心窩は、断層画像上で陥凹領域として観察される。ま

10

20

30

40

50

た、各網膜層の厚さは、視神経乳頭と黄斑を結ぶ直線に対して、上下方向でほぼ対称、左右方向についても神経線維層より外層についてはほぼ対称であることが知られている。一方、黄斑浮腫などが発生すると、たとえば図16に図示するように黄斑部が隆起し、層厚の対称性が維持されない場合がある。そこで上述の方法により中心窩位置を特定した後、さらに網膜層の厚さをX軸方向に解析することで、中心窩周辺の異常を検知することが可能となる。具体的には、解析手段208は、例えば中心窩周辺の所定の層の層厚を解析し、中心窩を挟んでその対称性が維持されているかを判定する。対称性が維持されていない場合は、異常と判断し、表示手段206は実施例5と同様の方法により対称性が維持されていない旨を表示することで、操作者に通知する。判定に使用する層厚情報は、新たに算出してもよいし、ステップS320で算出した層厚を使用することとしてもよい。

10

#### 【0114】

本実施例によれば、推定した中心窩の位置に基づいて眼の異常を検知することが可能となる。また、異常を検知したことを操作者に通知することが可能なため、操作者は異常があることを容易に知ることができる。

#### 〔実施例7〕

実施例1では、推定手段204は第1領域の厚さと第2領域の厚さとを用いて中心窩の位置を推定することとしたが、推定手段204はいずれか一方の厚さのみに基づいて中心窩の位置を推定することとしてもよい。

#### 【0115】

例えば、推定手段204は、ステップS322において決定手段202により得られたX軸方向における第1領域の厚さの分布に基づいて第1領域の厚さが極小および/または最小となる断層画像における位置を抽出し、その位置を中心窩の位置として推定する。すなわち、推定手段204は、断層画像に含まれる内境界膜から外網状層と外顆粒層との境界までの少なくとも一部の領域のみの厚さの分布に基づいて中心窩の位置を推定する。より具体的には、推定手段204は、第1領域の厚さの極点にもとづいて中心窩の位置を推定する。

20

#### 【0116】

また、推定手段204はステップS322において決定手段202により得られた第2領域の厚さが極大および/または最大となる断層画像における位置を抽出し、その位置を中心窩の位置として推定することとしてもよい。すなわち、推定手段204は、

30

本実施例によれば、実施例1と同様の効果を奏することが可能となる。また、中心窩の位置を推定するために、決定手段202は第1領域および第2領域のうち一方の厚さのみを算出すればよいと、処理時間を短縮することが可能となる。

#### 〔実施例8〕

本実施例では、解析手段208の解析結果の表示方法について、黄斑円孔の断層画像を例に示す。一般的に眼球内の網膜より前方は、水とコラーゲン線維、ヒアルロン酸を主成分とする硝子体で満たされている。硝子体は加齢とともに収縮し、網膜から剥離する。このとき、中心窩付近の網膜が放射状に牽引された結果、円孔が生じる場合がある。これを黄斑円孔と呼び、黄斑部を含む断層画像は、たとえば図17に図示するようにILMが分断された形状となる。黄斑円孔が生じると、視力が低下し、中心視野が見えにくくなる。発症から時間が経つほど治療が困難となるため、早期に発見することが望ましい。

40

#### 【0117】

本画像処理装置の解析手段208は、ステップS310で抽出したILM周囲を解析する。ステップS315で動的輪郭法のアルゴリズムとしてSnakesを用いて網膜層を抽出しているため、黄斑円孔を生じた断層画像においても、ILM抽出結果1401は、図17に示すように1本のライン状となる。したがって、解析手段208は、ILM抽出結果1401がステップS310で判定した背景領域を走行しているかを判定することで、黄斑円孔が存在するか否かを判定できる。すなわち、解析手段208は、中心窩付近のILMが背景領域を走行していると判断した場合、黄斑円孔が存在すると判定する。さらに、断層画像においてILMより上方(Z方向の前眼部側)に高濃度領域が存在する場合

50

がある。これは、ノイズによる影響を除いて、後部硝子体皮質あるいは蓋や弁である。解析手段208は、高濃度領域が黄斑円孔の真上にある場合は、蓋か弁、それ以外の場合は後部硝子体皮質と判断することができる。すなわち、解析手段208は、黄斑円孔を検出した場合、黄斑円孔に基づいて蓋または弁を検出する。

#### 【0118】

また、解析手段208は断層画像から嚢胞を検出することとしてもよい。具体的には、解析手段208は、ステップS315で検出されたILMとRPEとの間の領域に円または楕円上の低濃度領域が存在する場合には、その低濃度領域を嚢胞であると判定する。すなわち、解析手段208は、断層画像に対して構造解析を行うことで被検眼の異常部位を検出する検出手段の一例に相当する。

10

#### 【0119】

表示制御手段205は、図17に示すように解析手段208によって検出された黄斑円孔、蓋および嚢胞などの所見を所見が検出された断層画像における位置に対応付けて表示手段206に表示させる。所見が検出された部位が中心窩周辺であるほど視力に影響を与える可能性が高くなるため、表示制御手段208は、表示手段206は、推定手段204により推定された中心窩の位置に近い所見ほど強調して表示手段206に表示させることとしてもよい。例えば、同じ嚢胞という所見が複数検出された場合であっても、表示制御手段205は、中心窩に近い嚢胞の文字を、中心窩から遠い嚢胞の文字より大きく表示手段206に表示させることとしてもよい。図18は、図面上左の嚢胞が右の嚢胞に比べ中心窩に近い文字を大きく表示した場合の表示画面である。なお、文字の大きさではなく、色を異ならせることで中心窩に近い所見を強調することとしてもよい。すなわち、表示制御手段205は、中心窩の位置に基づいて表示手段206に表示させる所見の文字の表示形態を変更する。なお、図17において中心窩の位置を示すマーカー120は図17を見やすくするため省略している。すなわち、中心窩の位置を示すマーカー120は所見と同時に表示手段206に表示されてもよい。

20

#### 【0120】

本実施形態によれば、中心窩との距離に応じて所見を強調して表示することが可能となる。従って、操作者は複数の所見のうち重要な所見を容易に把握することが可能となる。

#### 【実施例9】

本実施例では、中心窩周辺の網膜剥離と、その他の所見の解析を行う処理の一例を、図19を用いて説明する。なお、図19におけるステップS300 - S320およびステップS1000、S1010は上述の実施例と同様の処理であるため詳細な説明は省略する。

30

#### 【0121】

実施例5において検出した中心窩周辺の微小な網膜剥離は、初期病変の所見である。このため、ある程度進行した網膜疾患を検出した場合は、中心窩周辺の網膜剥離の検出は行わないように構成する。

#### 【0122】

具体的には、ステップS335において、解析手段208は、例えば、実施例8に示したように、まず、ステップS315で抽出されたILMの走行状態から、黄斑円孔の有無を検出する。そして、黄斑円孔が検出された場合、解析手段208は、上述のステップS1000、S1010を実施しないと判断する。そして、表示制御手段205は、表示手段206に黄斑円孔が存在する旨のメッセージを表示させ、処理を終了する。

40

#### 【0123】

一方、黄斑円孔がないと判断された場合は、解析手段208は上述の網膜剥離を検出する処理を実行する。なお、本実施例では、黄斑円孔の例を用いたが、これに限定するものではない。たとえば、黄斑浮腫を検出してよいし、網膜色素上皮剥離などによるRPEの異常な走行状態を検出してよい。すなわち、解析手段208は、所定の所見を検出した場合、網膜剥離の検出処理を実行しない。

#### 【0124】

50

本実施形態によれば、不要な処理を行う必要がなくなるため、装置全体の処理を高速化することができる。また、病気が進行している場合にも微小な網膜剥離を検出しようとし、誤った検出結果を得ることを防止することが可能となる。

【実施例 10】

本実施例においては、上記の実施例において推定した中心窩の位置を用いて類似症例（類似画像）を検索する例について説明する。

【0125】

本実施例において、記憶手段 207 は、推定手段 204 により推定された中心窩の位置または医師などにより指定された中心窩の位置が対応付けられた複数の断層画像を症例として記憶している。すなわち、記憶手段 207 は、複数の断層画像それぞれを各断層画像における中心窩の位置と対付けて記憶する。

10

【0126】

そして、推定手段 204 はステップ S325 などで断層画像から中心窩の位置を推定した後に、当該中心窩の位置と同様または中心窩の位置の差が所定閾値以内の中心窩の位置に対応付けられた断層画像を記憶手段 207 から取得する。すなわち、推定手段 204 は、推定された中心窩の位置に対応する中心窩の位置を有する断層画像を記憶手段から取得する類似画像取得手段の一例に相当する。

【0127】

その後、表示制御手段 205 は、記憶手段 207 から取得した断層画像を取得部 201 が取得した断層画像と並べて表示部 206 に表示させる。このようにすれば、操作者が比較しやすい複数の断層画像を表示することが可能である。

20

【0128】

また、記憶手段 207 は、中心窩の位置に加えて、上記の実施例で解析手段 208 が検出した所見および所見の位置または医師などにより指定された所見および所見の位置が対応付けられた複数の断層画像を症例として記憶することとしてもよい。すなわち、記憶手段 207 は、複数の断層画像それぞれを中心窩の位置および異常部位の位置と対応付けて記憶する。ここで、所見の位置は異常部位の位置の一例に相当する。そして、

この場合、推定手段 204 によりステップ S325 などで断層画像から中心窩の位置を推定し且つ解析手段 208 により所見および所見の位置が検出された後に、推定手段 204 は、当該中心窩と所見との位置関係と同様あるいは中心窩と所見との位置関係の差が所定閾値以内の中心窩と所見との位置関係を有する断層画像を記憶手段 207 から取得する。すなわち、推定手段 204 は、推定された中心窩の位置と検出された異常部位の位置との関係に対応する中心窩の位置と異常部位の位置との関係を有する断層画像を記憶手段 207 から取得する。

30

【0129】

そして、表示制御手段 205 は、記憶手段 207 から取得した断層画像を取得部 201 が取得した断層画像と並べて表示部 206 に表示させる。なお、推定手段 204 は、処理対象の断層画像の所見と所見の種類が同一の断層画像を記憶部 207 から取得することが望ましい。すなわち、推定手段 204 は、処理対象の断層画像の中心窩の位置と所見との位置関係にできるだけ近い中心窩の位置と所見との位置関係を有する断層画像を記憶手段 207 から取得する。このようにすれば、操作者が比較しやすい複数の断層画像を表示することが可能である。

40

【0130】

< その他の実施形態 >

以上、実施形態例を詳述したが、本発明は例えば、システム、装置、方法、プログラム若しくは記録媒体（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（例えば、ホストコンピュータ、インタフェース機器、撮像装置、Webアプリケーション等）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。

【0131】

50

また、本発明の目的は、以下のようにすることによって達成されることはいうまでもない。即ち、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコード（コンピュータプログラム）を記録した記録媒体（または記憶媒体）を、システムあるいは装置に供給する。係る記憶媒体は言うまでもなく、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体である。そして、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU）が記録媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行する。この場合、記録媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記録した記録媒体は本発明を構成することになる。

# 【0132】

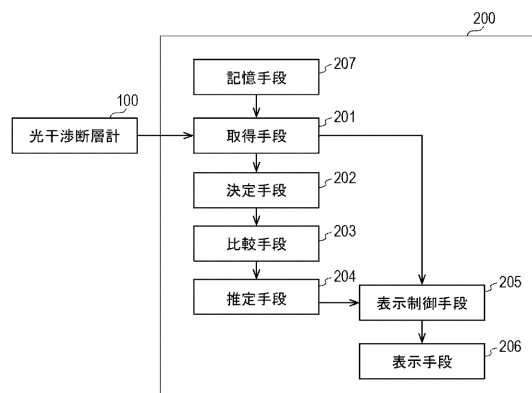
以上、本発明の好ましい実施形態について詳述したが、本発明は係る特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

# 【符号の説明】

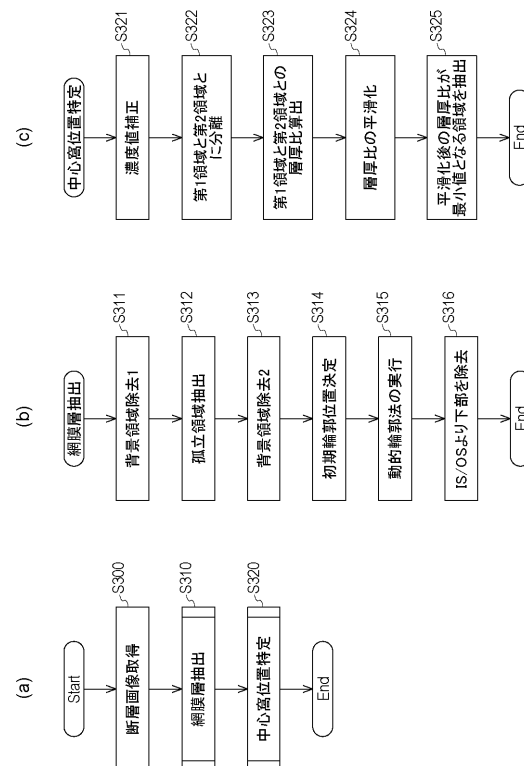
# 【0133】

- 100 光干渉断層計
- 200 画像処理装置
- 201 取得部
- 202 決定部
- 203 比較部
- 204 推定部
- 205 表示制御部
- 206 表示部
- 207 記憶部
- 208 解析部

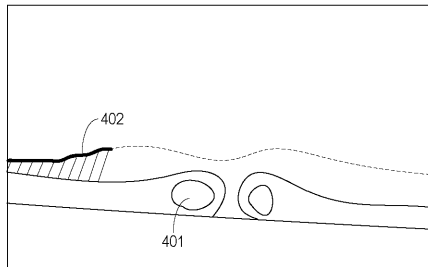
【図1】



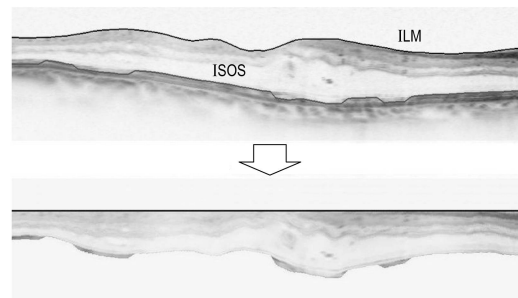
【図2】



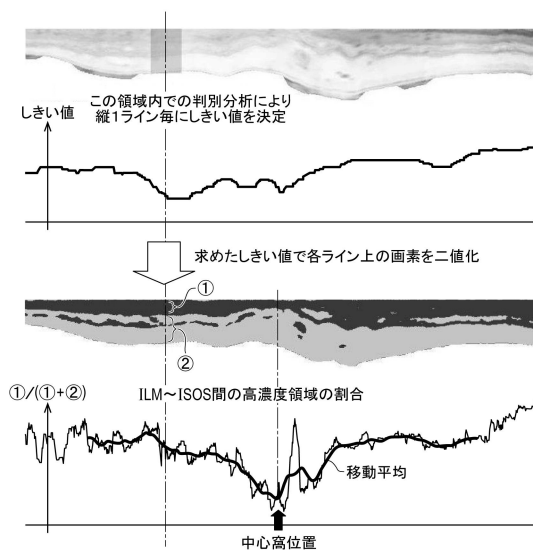
【図 3】



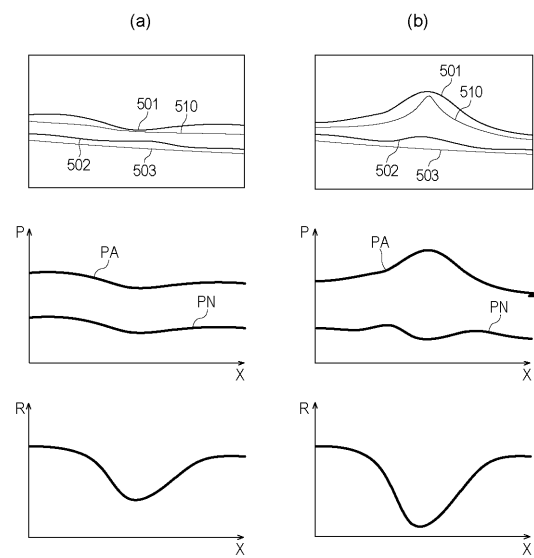
【図 4】



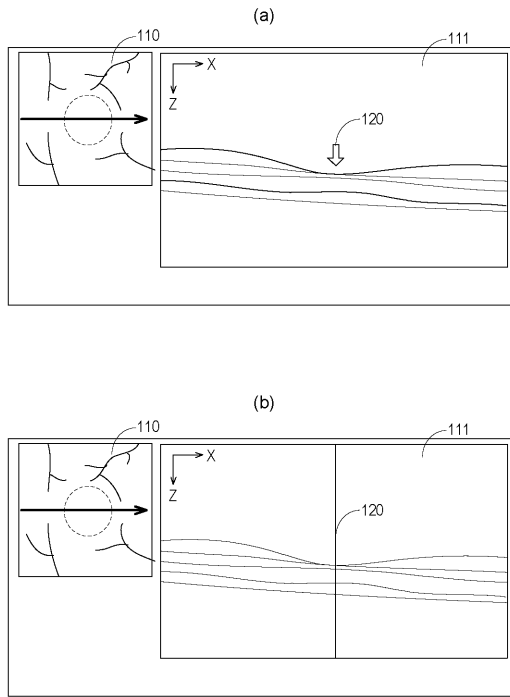
【図 5】



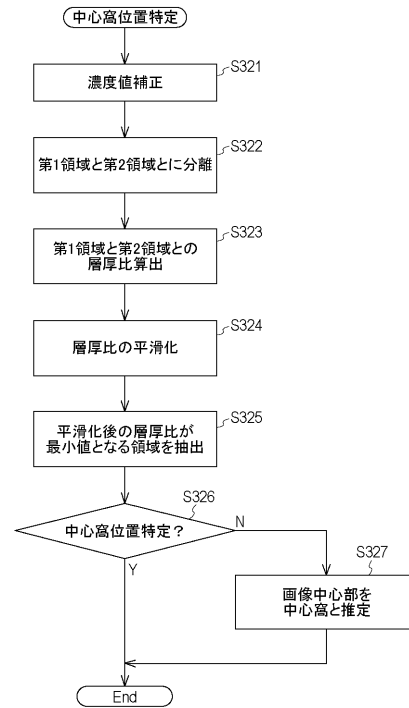
【図 6】



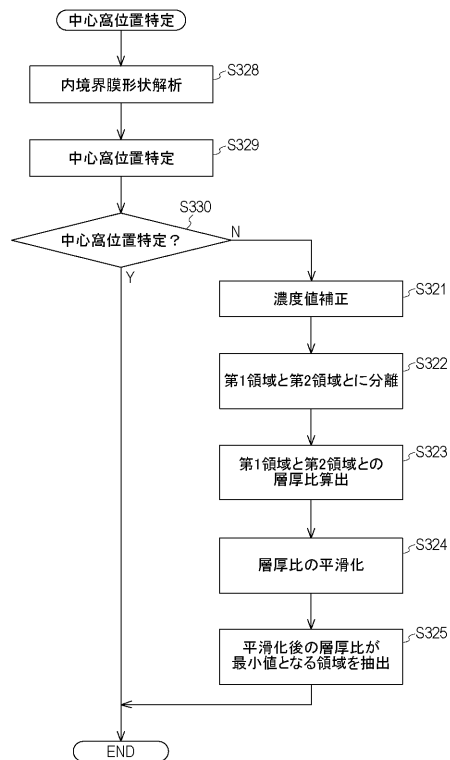
【図 7】



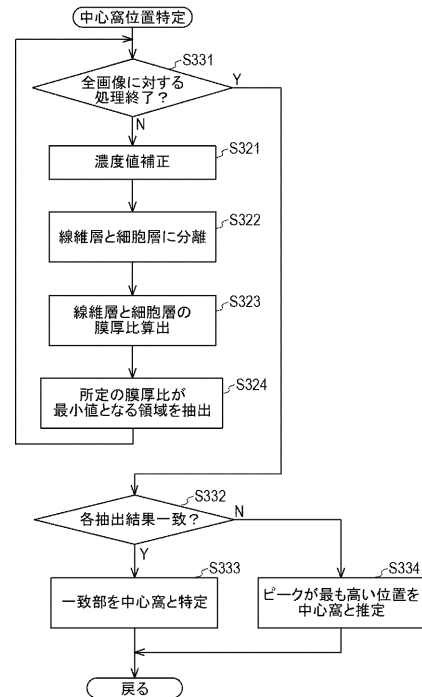
【図 8】



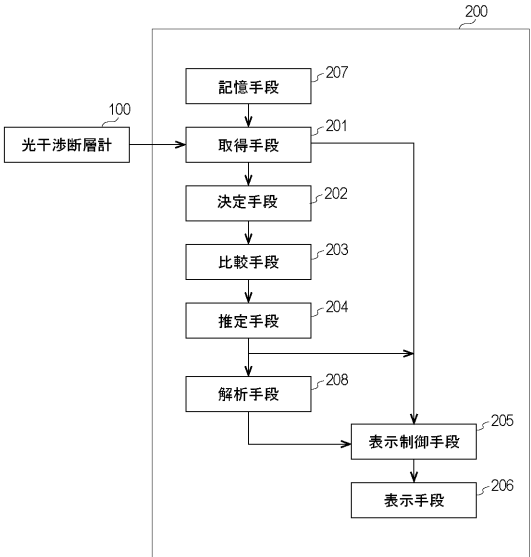
【図 9】



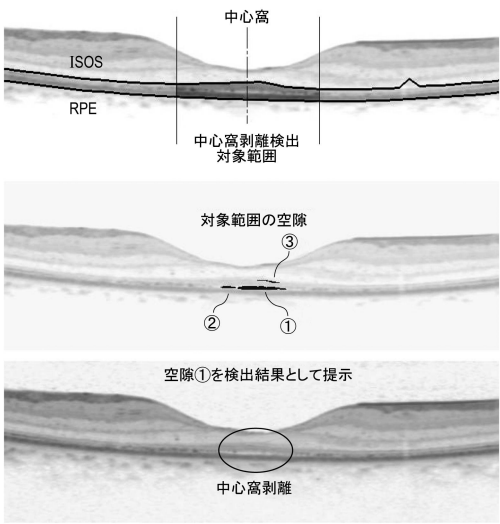
【図 10】



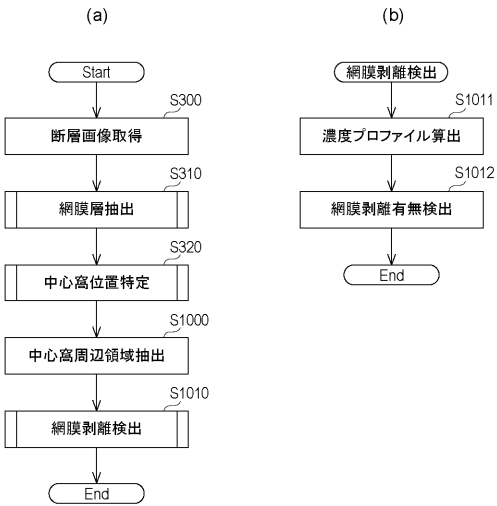
【図 1 1】



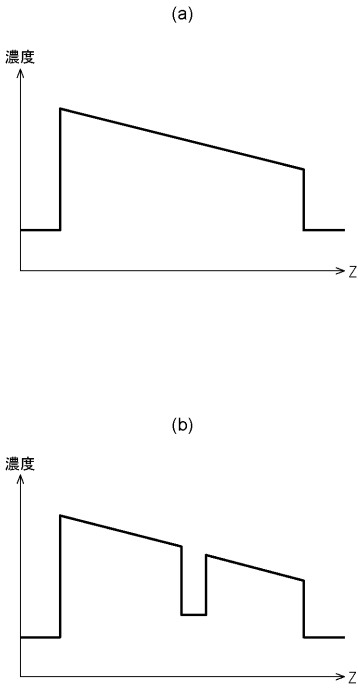
【図 1 2】



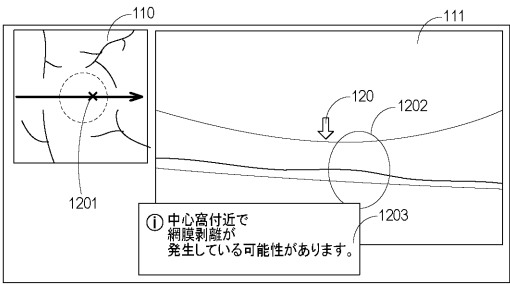
【図 1 3】



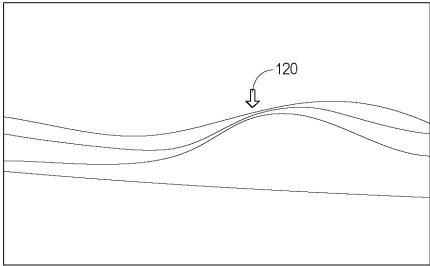
【図 1 4】



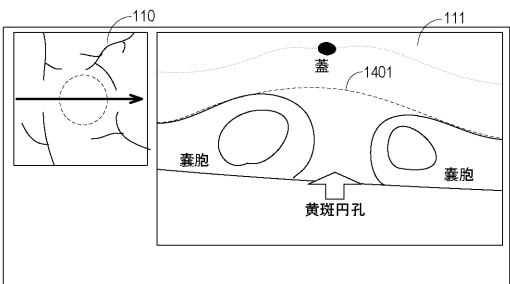
【図 15】



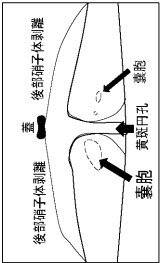
【図 16】



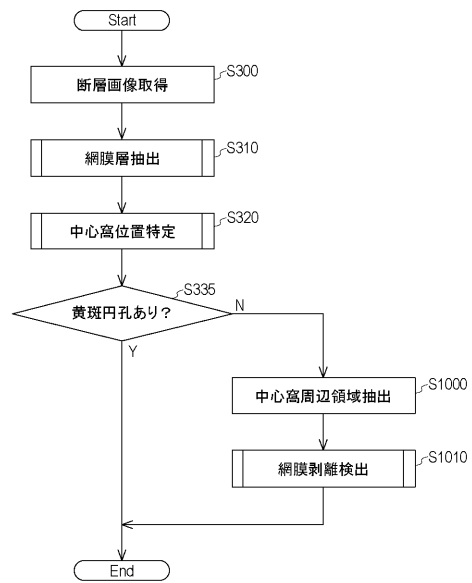
【図 17】



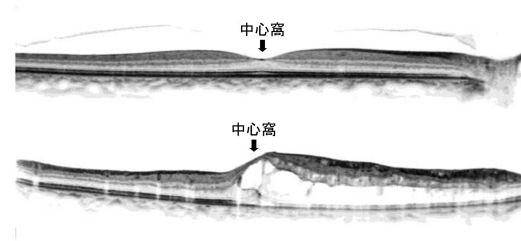
【図 18】



【図 19】



【図 20】



---

フロントページの続き

(72)発明者 川瀬 大輔

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

審査官 山口 裕之

(56)参考文献 特開2015-080677(JP,A)

米国特許出願公開第2011/0299034(US,A1)

米国特許出願公開第2012/0188538(US,A1)

特開2012-210299(JP,A)

国際公開第2014/203901(WO,A1)

特開2013-215243(JP,A)

特開2013-031527(JP,A)

特開2012-100714(JP,A)

米国特許出願公開第2006/0187462(US,A1)

特開2012-157591(JP,A)

特開2010-200918(JP,A)

特開2013-176497(JP,A)

国際公開第2011/074078(WO,A1)

特開2012-110618(JP,A)

特開2006-149654(JP,A)

特開2013-153884(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/10