

(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2019-42304

(P2019-42304A)

(43) 公開日 平成31年3月22日(2019.3.22)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
A 6 1 B 3/10 (2006.01) A 6 1 B 3/10 R 4 C 3 1 6

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2017-170697 (P2017-170697)	(71) 出願人	000135184 株式会社ニデック
(22) 出願日	平成29年9月5日(2017.9.5)	(72) 発明者	濱口 浩二 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会社ニデック拾石工場内
		(72) 発明者	清水 一成 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会社ニデック拾石工場内
		(72) 発明者	柴 涼介 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会社ニデック拾石工場内
		(72) 発明者	羽根淵 昌明 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会社ニデック拾石工場内

最終頁に続く

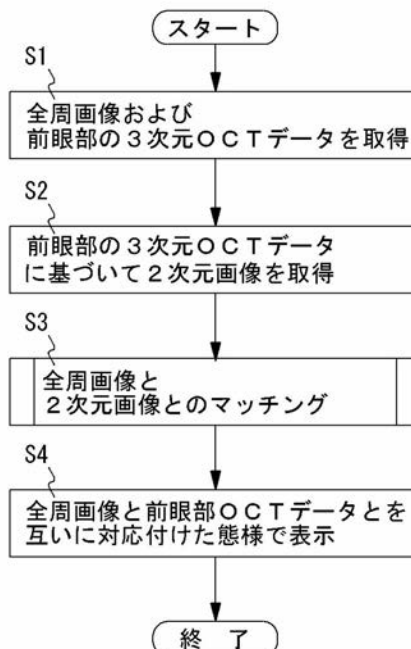
(54) 【発明の名称】 眼科用画像処理プログラム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】隅角の構造および状態を検者が把握するうえで有用な情報を生成する眼科用画像処理プログラムを提供する。

【解決手段】眼科用画像処理プログラムは、コンピュータのプロセッサで実行されることによって、隅角撮影装置による被検眼の隅角に対する撮影結果として、隅角の全周の反射画像である全周画像を取得する。更に、前眼部OCTによる被検眼の前眼部に対する撮影結果として、隅角を含む3次元OCTデータを取得する(S1)。また、コンピュータは、全周画像と3次元OCTデータとの位置関係についての、対応付けを実行する(S3)。

【選択図】 図8



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

眼科用画像処理プログラムであって、コンピュータのプロセッサで実行されることにより、

第 1 撮影装置による被検眼の隅角に対する撮影結果として、前記隅角の全周の反射画像である全周画像を取得し、更に、第 2 撮影装置による前記被検眼の前眼部に対する撮影結果として、前記隅角の断面情報を取得する、取得ステップと、

前記全周画像と前記断面情報との位置関係に対応付ける対応づけステップと、を前記コンピュータに実行させる眼科用画像処理プログラム。

【請求項 2】

前記取得ステップは、前記全周画像として、互いに異なる複数の波長域を含む可視光を照明光とするカラー画像を取得する請求項 1 記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 3】

前記第 2 撮影装置は、前眼部の OCT データを取得する OCT 装置であって、

前記取得ステップでは、前記前眼部における 3 次元 OCT データを前記断面情報として取得し、

前記対応づけステップでは、前記 3 次元 OCT データと前記全周画像との位置関係に対応づける請求項 1 又は 2 記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 4】

前記取得ステップでは、前記前眼部における血管領域を含む 3 次元モーションコントラストデータを 3 次元 OCT データとして取得し、

前記対応づけステップでは、前記 3 次元モーションコントラストデータと前記全周画像との位置関係に対応づける請求項 3 記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 5】

前記取得ステップでは、更に、前記 3 次元モーションコントラストデータと対応する 3 次元強度 OCT データを取得し、

前記対応づけステップでは、前記 3 次元強度 OCT データと前記全周画像との対応づけによって、前記 3 次元モーションコントラストデータが前記全周画像とを間接的に対応づける請求項 4 記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 6】

前記対応づけステップでは、前記 3 次元 OCT データに基づく 3 次元画像と、前記前記全周画像とのマッチング処理によって、前記 3 次元 OCT データと前記全周画像との位置関係の対応づけを行う請求項 3 から 5 のいずれかに記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 7】

前記第 1 撮影装置は、前記隅角における角度分割線に沿った光軸を介して照明光を投受光すると共に、前記隅角全周の複数の位置に対して前記光軸の位置を変えつつ投受光される照明光に基づいて前記全周画像を取得し、

前記対応づけステップでは、前記第 1 撮影装置の前記光軸に沿って観たときの OCT 正面画像を前記 3 次元 OCT データに基づいて取得し、前記 3 次元 OCT データと前記全周画像との位置関係の対応づけを、前記 OCT 正面画像と前記全周画像とのマッチング処理によって行う請求項 3 から 5 のいずれかに記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 8】

前記第 1 撮影装置は、前記隅角における角度分割線に沿った光軸を介して照明光を投受光すると共に、前記隅角全周の複数の位置に対して前記光軸の位置を変えつつ投受光される照明光に基づいて前記全周画像を取得し、

前記取得ステップでは、切断面の位置が互いに異なる複数の断面情報による 3 次元画像を取得し、

前記対応づけステップでは、前記 3 次元画像を前記第 1 撮影装置における前記光軸に沿って観たときの 2 次元画像に基づいて取得し、前記全周画像と前記 3 次元画像との前記対応づけを前記 2 次元画像と前記全周画像とのマッチング処理に基づいて行う請求項 1 又は

10

20

30

40

50

2 記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 9】

前記マッチング処理は、画像間の相関に基づき請求項 7 または 8 記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 10】

前記マッチング処理は、画像間に共通する、隅角の形状に関する情報、および、隅角の特徴部に関する情報のいずれかを利用する請求項 7 または 8 記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 11】

前記取得ステップでは、一枚の画像の中で互いに異なる複数種類の特徴部に対してピントが一致したマルチフォーカス画像を、前記全周画像として取得する請求項 6 から 10 の何れかに記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 12】

前記マルチフォーカス画像は、フォーカス状態が互いに異なる複数の前記反射画像による合成画像である請求項 11 記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 13】

前記第 1 撮影装置は前記全周画像の撮影時における前眼部の正面画像である第 1 正面画像を更に撮影し、

前記第 2 撮影装置は前記断面情報の生成・取得時における前眼部の正面画像である第 2 正面画像を更に撮影し、

前記対応づけステップでは、前記第 1 正面画像と前記第 2 正面画像とを介して、前記全周画像と前記断面情報とを対応づける請求項 1 から 4 のいずれかに記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 14】

前記全周画像と、前記断面情報に基づく断面画像と、の位置関係が対応づけられた状態でモニタに同時に表示させる表示制御ステップを、更に前記コンピュータに実行させる請求項 1 から 13 のいずれかに記載の眼科用画像処理プログラム。

【請求項 15】

眼科用画像処理プログラムであって、コンピュータのプロセッサで実行されることにより、

第 1 撮影装置による被検眼の隅角に対する撮影結果として、前記隅角の反射画像を取得し、更に、第 2 撮影装置による前記被検眼の前眼部に対する撮影結果として、前記隅角の断面情報を取得する、取得ステップと、

前記反射画像と前記断面情報との位置関係を対応付ける対応づけステップと、を前記コンピュータに実行させる眼科用画像処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、前眼部の画像に関する眼科用画像処理プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

緑内障診断において、被検眼の前房隅角（以下、単に「隅角」という）を観察することが有用である。従来、隅角の観察は、隅角鏡（ゴニオレンズ）を介して目視で行われていた。しかし、近年、隅角を撮影する種々の撮影手法が提案されている。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、隅角へ向けて照明光を照射し隅角からの反射光に基づいて隅角の反射画像を撮影する手法が開示されている。また、例えば、特許文献 2 には、隅角の断面に関する情報として隅角の OCT データを、光干渉断層計によって取得する手法が開示されている。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開2015/180923号

【特許文献2】特開2011-147611号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、隅角の反射画像と、断面に関する情報とを、互に対応づけることについては何ら検討されていない。このため、例えば、検者が所期する位置における隅角の構造および状態を、検者が多面的に把握することは困難であった。

10

【0006】

本開示は、従来技術の問題点の少なくとも1つを解決し、隅角の構造および状態を検者が把握するうえで有用な情報を生成することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の第一態様に係る眼科用画像処理プログラムであって、コンピュータのプロセッサで実行されることにより、第1撮影装置による被検眼の隅角に対する撮影結果として、前記隅角の全周の反射画像である全周画像を取得し、更に、第2撮影装置による前記被検眼の前眼部に対する撮影結果として、前記隅角の断面情報を取得する、取得ステップと、前記全周画像と前記断面情報との位置関係に対応付ける対応づけステップと、を前記コンピュータに実行させる。

20

【0008】

本開示の第二態様に係る眼科用画像処理プログラムは、コンピュータのプロセッサで実行されることにより、第1撮影装置による被検眼の隅角に対する撮影結果として、前記隅角の反射画像を取得し、更に、第2撮影装置による前記被検眼の前眼部に対する撮影結果として、前記隅角の断面情報を取得する、取得ステップと、前記反射画像と前記断面情報との位置関係に対応付ける対応づけステップと、を前記コンピュータに実行させる。

【発明の効果】

【0009】

本開示によれば、隅角の構造および状態を検者が把握するうえで有用な情報が生成される。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施例の眼科システムの概要を示した図である。

【図2】眼科システムに含まれる隅角撮影装置の概要を示した図である。

【図3】隅角撮影装置で撮影される隅角の反射画像を示した図である。

【図4】撮影位置が互いに異なる反射画像のカラーズによる全周画像を示した図である。

。

【図5】眼科システムに含まれる前眼部OCTの概要を示した図である。

【図6】前眼部OCTによって撮影される隅角の断面画像を示した図である。

40

【図7】眼科システムに含まれるコンピュータの概要を示した図である。

【図8】コンピュータにおける動作を示したフローチャートである。

【図9】全周画像と断面画像とを互に対応づけた態様による第1の表示例である。

【図10】全周画像と断面画像とを互に対応づけた態様による第2の表示例である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

「概要」

本開示の実施形態について、図面を参照して説明する。以下、眼科システム、眼科装置、眼科画像処理プログラム及び方法、眼科装置制御プログラムおよび方法、に関する実施形態を開示する。なお、以下の<>にて分類された項目は、独立又は関連して利用されう

50

る。

【0012】

各実施形態に係る眼科システムには、第1撮影装置と、第2撮影装置と、コンピュータが少なくとも含まれる(図1参照)。第1撮影装置と第2撮影装置とは、互いに異なるモダリティであって、互いに異なる撮影手法で被検眼の前房隅角(以下、単に「隅角」という)を撮影する。

【0013】

<第1実施形態>

まず、第1実施形態について説明する。第1実施形態では、第1撮影装置および第2撮影装置のそれぞれで、隅角(およびその周辺)の撮影が独立して行われる。各撮影装置による撮影結果は、コンピュータによって対応づけられたうえで、モニタへ表示される。

10

【0014】

<システムの概略構成>

第1撮影装置は、隅角の反射画像を、隅角の全周(換言すれば、眼軸の周囲360°)について撮影する。例えば、第1撮影装置は、眼軸に対して傾斜した光軸を持ち、光軸に沿って照明光の投受光を行った結果として隅角の反射画像を撮影する(図2, 図3参照)。詳細には、隅角の角度分割線(角膜と虹彩との間を分割する線)に沿うような光軸を介して照明光は投受光される。第1撮影装置は、隅角の表面組織における撮影範囲の全体に対して光を照射し、表面組織からの反射光を受光素子によって受光する構成(撮影光学系)を有してもよい。また、第1撮影装置は、撮影範囲上で照明光を走査する構成を有してもよい。反射画像は、単色画像であってもよいし、カラー画像であってもよい。カラー画像は、互いに異なる複数の波長域を含む照明光に基づいて得られる。例えば、カラー画像は、少なくとも3色の色成分(例えば、赤、青、緑の色成分)を持つ画像である。カラー画像は、房水流出の機能を確認するうえで有用である。例えば、主要な房水流出経路の1つに形成されている線維柱帯に対する色素沈着の程度が、カラー画像を通じて確認できる。

20

【0015】

なお、本実施形態において、「撮影範囲」とは、例えば、1回の撮影トリガの入力に基づいて撮影(画像化)される領域のことをいう。以下では、特に断りが無い限り、第1撮影装置における撮影範囲が、隅角全周の一部であるものとして説明する。但し、必ずしもこれに限られるものではなく、第1撮影装置における撮影範囲が、隅角全周に及んでいてもよい。

30

【0016】

第1撮影装置は、隅角の全周において照明光が投受光される位置(換言すれば、撮影位置)を眼軸周りに変更しつつ撮影を行うことで、隅角全周を撮影してもよい。この場合、例えば、第1撮影装置による隅角全周に対する撮影結果は、撮影位置が互いに異なる複数枚の隅角画像として出力されてもよい。勿論、撮影範囲を隅角全周とする1枚の画像(つまり、全周画像)が第1撮影装置による撮影結果として出力されてもよい(図4参照)。

【0017】

第2撮影装置は、隅角の断面情報を、被検眼の前眼部に対する撮影結果として取得する。第2撮影装置としては、隅角についての断面を撮像可能な種々の装置が適用可能である。例えば、第2撮影装置は、OCT(光干渉断層計)装置、シャインブルークカメラ、UBM(超音波生体顕微鏡)等のいずれかであってもよい。断面情報は、隅角における任意の断面を示す断面画像(図6参照)、または、画像化前のデータであってもよい。第2撮影装置で取得される断面情報は、3次元的な隅角の構造を示す3次元情報であってもよい。この場合、互いに異なる複数の断面における断面情報が第2撮影装置によって取得され、取得された複数の断面情報に基づいて3次元情報を生成する。3次元情報は、例えば、3次元画像であってもよい。

40

【0018】

コンピュータは、それぞれの撮影装置で取得された隅角の画像または情報を処理し、そ

50

の処理結果に基づいて、表示制御、または、いずれかの撮影装置の動作制御等を行う。本実施形態において、コンピュータのプロセッサに実行されるプログラムには、眼科画像処理プログラムが含まれており、プロセッサからアクセス可能なメモリに予め記憶されている。

【0019】

このようなコンピュータは、いずれかの撮影装置と一体化された装置（眼科装置）であってもよいし、別体であってもよい。各撮影装置およびコンピュータは、有線、または、無線で相互に接続されており、任意のデータを送受信可能であってもよい。

【0020】

また、コンピュータは、モニタに対して全周画像、および、断面画像をそれぞれ出力し、モニタへ表示させる。

10

【0021】

<全周画像、および、断面情報の取得>

コンピュータは、第1撮影装置による隅角に対する撮影結果として、隅角の全周の反射画像である全周画像を取得する。また、コンピュータは、第2撮影装置による被検眼の前眼部に対する撮影結果として、隅角の断面情報を取得する。ここでいう「取得」とは、全周画像および断面情報をコンピュータがアクセス可能なメモリへ取り込むこと、および、事前にメモリへ記憶された全周画像および断面情報を読み出すこと、の一方または両方の動作を指す。

20

【0022】

なお、コンピュータが第1撮影装置および第2撮影装置の何れかと別体の装置である場合、各撮影装置からの画像転送によって、コンピュータからアクセス可能なメモリに、全周画像または断面情報が記憶されてもよい。また、コンピュータが第1撮影装置および第2撮影装置の何れかと一体化されている場合は、その一体化された撮影装置の撮影動作の結果として、コンピュータからアクセス可能なメモリに全周画像または断面情報が記憶されてもよい。

【0023】

ここで、全周画像は、隅角の全周を範囲とする反射画像である。全周画像は、隅角全周における撮影位置が互いに異なる複数枚の画像のコラージュによって生成されてもよい。第1撮影装置とコンピュータとが、別体の装置である場合、コラージュは、第1撮影装置およびコンピュータの何れによって実施されてもよい。

30

【0024】

<マルチフォーカス画像の取得>

コンピュータは、広範囲にピントが合った画像（便宜上、「マルチフォーカス画像」と称する）による全周画像を取得してもよい。このとき、一枚の画像の中で互いに異なる複数種類の特徴部に対してピントが一致したマルチフォーカス画像が取得されることが好ましい。ここでいう特徴部には、Schwalbe（シュワルベ）線、線維柱帯、強膜岬、毛様体帯、病変部等が例示される。勿論、全周画像は、略全領域においてピントが合った画像であってもよい。なお、マルチフォーカス画像の各位置におけるピント状態は、必ずしも完全に合焦が実現される必要はなく、所期する目的の範囲において多少のズレは許容される。例えば、マルチフォーカス画像が他の画像とのマッチング処理に利用される場合においては、そのマッチング処理で許容される精度の範囲でピント状態が完全に合焦した状態からズレていてもよい。

40

【0025】

ここで、第1撮影装置は、隅角の角度分割線に沿うようにして照明光を投受光し隅角の反射画像を撮影するので、撮影範囲となる被写体（隅角）には、隅角先端を底部として大きな高低差が存在している。しかし、マルチフォーカス画像では、隅角の組織間に高低差があっても各部におけるピンボケが良好に抑制されているので、隅角を検者が良好に観察できる。

【0026】

50

本実施形態において、マルチフォーカス画像は、第1撮影装置における撮影光学系のフォーカス状態を互いに異ならせて撮影した複数の隅角反射画像の合成（コラージュ）による合成画像であってもよい。この場合、隅角全周の位置毎に、フォーカス状態が互いに異なる複数枚の隅角反射画像が得られるように、第1撮影装置による撮影が行われる。各々の隅角反射画像のうちコラージュに利用される領域は、各々の隅角反射画像に含まれる画像領域毎のフォーカス状態を示す、フォーカス評価情報に基づいて決定されてもよい。隅角上の位置毎に、フォーカス状態が最も良好な画像領域を、フォーカス状態が互いに異なる複数枚の隅角反射画像の中から選択し、各位置について選択された画像領域をコラージュすることで、広範囲にピントが合った隅角反射画像が得られる。このようなコラージュが隅角全周について行われることで、広範囲にピントが合った全周画像を形成できる。このようなコラージュは、第1撮影装置、および、コンピュータのいずれによって実行されてもよい。

10

【0027】

また、第1撮影装置の撮影光学系における被写界深度が十分に大きい場合、隅角全周の各位置を一定のフォーカス状態で撮影した結果として、広範囲にピントが合った全周画像を得ることもできる。この場合、第1撮影装置の撮影光学系における被写界深度が、種類の異なる特徴部間の高低差に対して大きいことが好ましい。

【0028】

<全周画像と断面情報との対応づけ>

被検眼の隅角に係る全周画像と断面情報とが予め取得されている場合において、コンピュータは、全周画像と断面情報との位置関係を互に対応づけてもよい。

20

【0029】

<マッチング処理による対応づけ>

例えば、コンピュータは、全周画像と3次元情報との位置関係の対応づけを、マッチング処理（画像マッチング）によって行ってもよい。

【0030】

例えば、コンピュータは、2次元画像を3次元情報に基づいて取得し、取得した2次元画像と全周画像とをマッチングしてもよい。2次元画像は、第2撮影装置の撮影結果として取得された3次元情報を処理することによって取得されてもよい。2次元画像を構成する各々の断面情報の取得位置は既知であるので、2次元画像と全周画像とのマッチングの結果に基づいて、各々の断面情報の取得位置が全周画像上で特定可能になる。つまり、全周画像と断面情報との位置関係が互に対応づけられる。

30

【0031】

2次元画像は、3次元情報による3次元画像を、第1撮影装置における光軸に沿って観たときの正面画像であってもよい。この2次元画像は、3次元画像を第1撮影装置の光軸方向に関して積算した積算画像であってもよいし、第1撮影装置の光軸方向に関して任意の位置にある平面を抽出した画像であってもよいし、3次元画像の表層を第1撮影装置の光軸と直交する平面へ投影した投影画像であってもよいし、その他の2次元画像であってもよい。このような2次元画像は、全周画像における対応領域と、高い相関を持つことが期待できる。このため、マッチングによる全周画像と断面情報との対応づけを、より精度の良く行ううえで有利である。なお、2次元画像を求めるうえで、断面情報の深さ方向と第1撮影装置の光軸の向きとの角度に関する情報が必要となるが、これは、各撮影装置間の設計値に基づく定数として予め取得されていてもよい。

40

【0032】

また、全周画像を3次元化し、3次元化した全周画像と、3次元情報に基づく3次元画像と、の間でマッチング処理が行われてもよい。全周画像における被写体の高低は、例えば、全周画像の各位置におけるフォーカス評価情報と相関があるので、撮影時のフォーカス状態が互いに異なる複数の全周画像を用いて、全周画像を3次元化してもよい。但し、3次元化の手法は必ずしもこれに限られるものではない。

【0033】

50

ここでいうマッチングは、各画像の位相情報に基づく画像処理（例：位相限定相関法）であってもよいし、パターンマッチングであってもよい。パターンマッチングにおいては、隅角の形状、又は、隅角の特徴部に関する情報がパターン抽出されマッチングに利用されてもよいし、単に、画像上の特徴（輝度分布等）に関する情報がパターン抽出されマッチングに利用されてもよい。

【0034】

なお、隅角の形状に関する情報としては、角膜と虹彩の境界、または、強膜と虹彩の境界、の位置・形状に関する情報であってもよいし、組織の起伏の位置・形状に関する情報であってもよいし、眼軸を略中心として輪状に形成された組織の位置・形状に関する情報であってもよい。輪状に形成された組織としては、瞳孔、Schwalbe線、線維柱帯、強膜岬、毛様体帯等を用いることができる。これらのうちいずれかの組織を楕円近似したときの楕円の長径または半径の向きおよび位置が、隅角の位置・形状に関する情報として利用されてもよい。また、隅角の特徴部に関する情報としては、Schwalbe線、線維柱帯、強膜岬、毛様体帯、病変部の他、色素沈着部等の位置・形状に関する情報が利用できる。また、特徴部に関する情報として、虹彩の模様が利用されてもよい。これらの隅角の形状または隅角の特徴部に関する情報のうち、全周画像と3次元情報に基づく画像（2次元画像または3次元画像）とにおいて共通するいずれかが、パターンマッチングにおいて利用されてもよい。

10

【0035】

また、全周画像がマルチフォーカス画像であると、マッチングにおいて全周画像におけるピンボケの影響が少ないので、全周画像と断面情報との対応づけが、精度よく行われやすい。

20

【0036】

<モーションコントラストデータと全周画像との対応づけ>

第2撮影装置が前眼部OCTである場合において、コンピュータは、3次元情報として隅角を含む前眼部の3次元OCTデータを取得する。

【0037】

コンピュータは、3次元OCTデータの1種である、3次元モーションコントラストデータを取得し、3次元モーションコントラストデータを、全周画像と対応づけてもよい。3次元モーションコントラストデータは、同一部位において取得された時間の異なる複数のOCT信号を演算処理することによって取得することができる。モーションコントラストは、例えば、物体の動き（例えば、血流、組織変化など）を捉えた情報であってもよい。3次元モーションコントラストデータの導出方法については、例えば、特開2017-006179号公報等を参照されたい。

30

【0038】

3次元モーションコントラストデータと、全周画像とのマッチングは、例えば、上記<マッチング処理による対応づけ>の記載内容が適用されてもよい。3次元モーションコントラストデータを画像化したモーションコントラスト画像を用いてマッチングが行われてもよい。

【0039】

また、コンピュータは、追加的に、3次元モーションコントラストデータと同一範囲を撮影した3次元強度OCTデータ（3次元OCTデータの一種）を取得し、3次元強度OCTデータと全周画像との対応づけを行うことで、3次元モーションコントラストデータと全周画像とが間接的に対応づけられてもよい。

40

【0040】

<前眼部正面画像に基づく全周画像と断面情報との対応づけ>

全周画像と断面情報との対応づけにおいて、全周画像と断面情報に基づく2次元画像とのマッチングによる手法とは異なる手法が利用されてもよい。一例として、第1撮影装置および第2撮影装置の各々において撮影された前眼部正面画像を利用する方法が考えられる。

50

【0041】

この場合、第1撮影装置、および、第2撮影装置のそれぞれは、前眼部正面画像を撮影可能な前眼部撮影光学系を有する。前眼部撮影光学系は、例えば、前眼部と共役な撮像面を有するものであり、被検眼における上下の瞼が含まれる程度の画角で、前眼部正面画像を撮影する。各撮影装置において、前眼部正面画像は、隅角の反射画像および断面情報の各々と同時に撮影されてもよい。

【0042】

ここで説明する手法では、各撮影装置における撮影条件に基づいて推定される反射画像の撮影位置および断面情報の取得位置が、各々と同時に撮影された前眼部正面画像に基づいて補正される。補正の結果、反射画像および断面情報のそれぞれにおいて、前眼部における位置を特定するための基準位置が、前眼部正面画と断面情報との間で一致される（つまり、基準位置が少なくとも対応づけられる）。

10

【0043】

なお、基準位置には、瞳孔中心が用いられてもよい。また、角膜頂点位置等の他の位置が、基準位置として用いられてもよい。詳細には、隅角の反射画像の撮影時、および、断面情報の撮影時、のそれぞれにおけるアライメント基準位置からのズレ量が、反射画像および断面情報の各々と同時に撮影された前眼部正面画像から各々導出可能である。そして、各アライメント基準位置からのズレ量と、隅角の反射画像における撮影位置のズレ量、および、断面情報の取得位置のズレ量との関係は、それぞれ、実験等によって予め取得しておくことが可能である。よって、各撮影装置の撮影条件から推測される、反射画像における撮影位置、および、断面情報の取得位置を、導出したズレ量に基づいてそれぞれ補正し、基準位置を一致させることができる。なお、撮影範囲が互いに異なる反射画像から全周画像を形成する際、互いの基準位置が一致するようにコラージュすることで、断面情報と基準位置において対応付けられた全周画像を得ることができる。

20

【0044】

また、ここで説明する手法では、反射画像の撮影時と断面情報の取得時との間における、眼の旋回量の違いによる撮影位置および取得位置への影響を補正できる。詳細には、隅角の反射画像の撮影時、および、断面情報の撮影時、の間における眼球の旋回量を、隅角の反射画像および断面情報の各々と同時に撮影された2つの前眼部正面画像から導出できる。この旋回量を用いて、反射画像（および全周画像）と断面情報の位置関係を調整することで、基準位置を通過する各経線に関して、全周画像上の位置と、断面情報との対応関係を特定できる。

30

【0045】

<表示処理>

コンピュータは、全周画像と断面画像とが互いに対応づけられた態様でモニタに同時に表示させてもよい。例えば、全周画像と断面画像との一方を他方にマージした態様で表示されてもよい。一例として、複数の断面画像に基づく隅角の3次元画像における隅角表層に、全周画像が貼り付けられた態様で、全周画像および断面画像の表示が行われてもよい。

【0046】

また、全周画像がカラー画像である場合、全周画像における各部の色情報が、少なくとも3次元画像上において各部と対応する位置に反映されてもよい。つまり、全周画像に含まれる各部の色情報に基づいて着色された3次元画像が、全周画像と共に、或いは、単独で、モニタ上に表示されてもよい。

40

【0047】

なお、3次元画像が着色される場合、3次元画像における隅角の部位毎に予め定められた色が、着色されてもよい。このとき、各々の隅角の部位は、例えば、3次元画像を解析することによって特定されてもよい。

【0048】

また、全周画像と断面画像とを、画面上の離れた領域に個別に表示すると共に、断面画

50

像の取得位置が、全周画像上で示されてもよい。例えば、全周画像上で断面画像の取得位置を示す指標（グラフィック）をマージすることによって、断面画像の取得位置が示されてもよい。また、全周画像上で断面画像の取得位置の輝度、色等の画像情報を、周囲と異ならせることで、断面画像の取得位置が示されてもよい。勿論、その他の方法で、断面画像の取得位置が示されてもよい（図9，図10参照）。

【0049】

また、全周画像をモニタに表示した状態で、全周画像上の一部（点、断面、領域）を指定する操作をコンピュータが受け付けることにより、指定された一部における断面画像を、全周画像と同時にモニタ上に表示させてもよい。

【0050】

ここで、例えば、断面画像からは、例えば、緑内障分類および閉塞隅角緑内障のグレーディング、において参考となる隅角の閉塞の程度、シュレム管の状態等を全周画像に比べてより容易に確認でき、全周画像からは、例えば、線維柱帯における色素沈着の程度（換言すれば、線維柱帯の目詰まりの程度）、病変、等を断面画像に比べてより容易に確認できる。例えば、全周画像と断面画像とが互いに対応づけられた態様でモニタに同時に表示されることによって、所期する位置における隅角の構造および状態が、検者によって多面的に把握されやすくなる。

【0051】

また、断面画像としてモーションコントラスト画像が、全周画像と対応づけられた表示態様は、今後、隅角周辺の血管情報、血流情報のいずれかと、緑内障との関係を調査するうえで有用性が期待される。このとき、更に、血管の密度情報、血流の流速情報等のいずれかを、3次元モーションコントラストデータを解析することで取得し、モーションコントラスト画像および全周画像と共に表示してもよい。

【0052】

<隅角における角度情報の表示>

また、コンピュータは、全周画像の少なくとも一部と対応づけて、その一部における隅角の角度を示す角度情報を、少なくとも全周画像と共にモニタ上に表示させてもよい。角度情報は、対応する断面情報に基づいて導出することができる。角度情報は、緑内障分類、および、閉塞隅角緑内障のグレーディング、において参考となる情報であり、例えば、角度そのものを数値で示すものであってもよいし、予め定められた範囲毎に角度を分類し、その分類を文字等で示すものであってもよい。本実施形態では、隅角全周において互いに異なる位置についての角度情報が、同時に、または、切換えて表示されてもよい。

【0053】

<隅角領域における偏光特性データに基づく組織・特徴部の検出>

なお、第1撮影装置および第2撮影装置のうち少なくとも一方の撮影結果に基づいて、隅角における偏光特性を示す偏光特性データを取得可能であってもよい。各撮影装置から隅角へ照射された光の戻り光が、偏光が互いに異なる、第1偏光成分の光と、第2の偏光成分の光と、に分割され、第1および第2偏光成分の光に基づいて偏光特性データが取得される。偏光特性データは、偏光特性に関する解析結果であってもよく、例えば、隅角領域の複屈折性に関する情報（複屈折情報）、隅角領域の偏光一様性（DOPU）に関する情報、隅角領域の偏光軸回転（Axis-Orientatation）に関する情報、の少なくともいずれかであってもよい。なお、これらの情報の算出方法については、当業者に周知の技術を採用できるので説明を省略する。

【0054】

検出部は、隅角における特徴部を、偏光特性データに基づいて検出する。例えば、線維柱帯に含まれる特徴的な組織が特徴部として検出可能である。

【0055】

その他に、特徴部として検出される組織は、必ずしも線維柱帯に含まれる組織である必要はなく、線維柱帯以外の組織が、隅角における特徴部として検出されてもよい。この場合、屈折性、偏光一様性、偏光軸回転、等の各種偏光特性の1つ以上において、隅角の他

10

20

30

40

50

の部位と異なる性質を持つ組織が、特徴部として検出可能である。このような特徴部の具体例としては、隅角における線維状の組織であってもよいし、隅角において所定の色素を持つ組織であってもよい。また、偏光特性を有する組織を偏光特性データに基づいて除外し、残った部分を特徴部として検出してもよい。例えば、シュレム管は、中空になっているので、偏光特性を持たない中空部分が、この手法で検出できると考えられる。シュレム管は、例えば、偏光特性データに基づいて検出され得る。

【0056】

また、更には、被検眼に存在する人工物が、特徴物として偏光特性データに基づいて検出されてもよい。人工物としては、例えば、緑内障インプラント等の生体埋植装置であってもよい。

10

【0057】

線維柱帯に含まれる特徴的な組織が検出される場合、検出部は、線維柱帯の複屈折性に起因する、他の組織との偏光遅延量の違いを利用して検出を行ってもよい。この場合、隅角の位置毎の偏光遅延量に関する情報を含む、偏光特性データに基づいて、線維柱帯（線維状の組織）が検出される。

【0058】

特徴部として検出される、線維柱帯に含まれる特徴的な組織は、必ずしも線維柱帯そのもの（線維状の組織そのもの）である必要はない。例えば、線維柱帯における色素沈着部が、特徴部として検出されてもよい。色素沈着部では、偏光解消（偏光スクランブル）が生じる。これにより、色素沈着部は、偏光解消に基づいて、特徴的に検出されうる。また、偏光解消は、偏光一様性(DOPU)とも相関があるので、色素沈着部は、偏光一様性に基づいて、特徴的に検出されうる。そこで、本実施形態において、検出部は、隅角の位置毎の偏光解消、または、偏光一様性に関する情報を含む、偏光特性データに基づいて、色素沈着部を検出してもよい。勿論、線維柱帯に含まれる特徴的な組織は、線維柱帯における線維状の組織、および、色素沈着部以外の組織であってもよい。

20

【0059】

このように、線維柱帯における線維状の組織と、色素沈着部と、の一方または両方が、偏光特性データに基づいて、少なくとも検出可能である。

【0060】

<全周画像に基づく断面情報の取得位置設定>

30

また、第1撮影装置によって撮影される全周画像は、第2撮影装置において断面情報の取得位置を設定するために利用されてもよい。ここでは、全周画像から検出される特定の隅角組織、または、検者が指定した位置に応じた切断面に対し断面情報の取得動作が第2撮影装置によって実行される。

【0061】

ここで、第2撮影装置において断面情報を取得すべき切断面を特定するために、第1撮影装置および第2撮影装置のそれぞれで撮影される前眼部正面画像が利用される。便宜上、第1撮影装置で撮影される前眼部正面画像を第1正面画像、第2撮影装置で撮影される前眼部正面画像を第2正面画像とそれぞれ称する。第2正面画像は、第2撮影装置において被検眼のアライメント（および/またはトラッキング）に利用される観察画像である。

40

【0062】

第1撮影装置および第2撮影装置のそれぞれは、前眼部正面画像を撮影可能な前眼部撮影光学系を有する。ここで、全周画像を構成する反射画像のいずれかと同時に撮影された第1正面画像は、例えば、瞳孔中心等の基準位置において、全周画像との対応づけが可能である。また、第2撮影装置においても、第2正面画像上の各位置と、断面情報の取得位置との対応づけが可能である。従って、第1撮影装置で予め撮影されており全周画像と対応づけられた第1正面画像と、第2撮影装置において観察画像として利用される第2正面画像と、を介して、基準位置を通過するいずれかの経線（切断面）が、全周画像上の各位置に対して特定可能となる。従って、例えば、全周画像から検出される特定の隅角組織、または、全周画像において検者が指定した位置に対し、それらの組織または位置を通過す

50

る経線の位置が第2正面画像上で特定できるので、第2撮影装置は、光学系またはアライメント駆動部を駆動制御し、第2正面画像上で特定された経線に対して断面情報の取得動作を実行する。

【0063】

「実施例」

以下、実施例を説明する。初めに、第1実施形態と対応する実施例を示す。図1に示すように、本実施例に係る眼科システム1は、隅角撮影装置100（実施例における「第1撮影装置」）、前眼部OCT200（実施例における「第2撮影装置」）、コンピュータ300（実施例における「コンピュータ」）を含む。

【0064】

隅角撮影装置100は、被検眼の隅角の反射画像を撮影する。実施例の隅角撮影装置100は、隅角全周のうち一部を撮影するものであって、互いに異なる位置について撮影した複数の反射画像が合成された結果として、全周画像が生成される。

【0065】

前眼部OCT200は、前眼部において測定光を走査し、前眼部のOCTデータを取得する。前眼部OCT200において、測定光の走査範囲は隅角（およびその周辺）におよんで、OCTデータとして断面情報が取得される。

【0066】

< 隅角撮影装置 >

図2を参照して、隅角撮影装置100の概略的な装置構成を説明する。なお、図面に示した、X方向を左右方向、Y方向を上下方向、Z方向を前後方向として説明する。

【0067】

隅角撮影装置100は、固視光軸L1に対して傾斜した、撮影光軸L2を有する。アライメントが適正な状態において、撮影光軸L2は、隅角の角度分割線に沿って配置される。隅角撮影装置100は、撮影光軸L2に沿って隅角領域からの反射光の受光を行い、これにより、隅角についての反射画像を撮影する。

【0068】

隅角撮影装置100は、撮影光学系100aと、制御部170とを少なくとも有する。撮影光学系100aは、隅角の反射画像を撮影するための光学系である。制御部170は、装置全体の動作制御を司る。また、本実施例では、制御部170は、隅角撮影装置100における画像処理器を兼用する。例えば、撮影光学系100aによって撮影された反射画像が、制御部170によって加工され、その結果として全周画像が形成される。

【0069】

撮影光学系100aは、対物反射部140と、切換部130と、撮像素子160と、を、少なくとも有する。隅角撮影装置100は、光源110およびフォーカス調整部150を、更に有していてもよい。

【0070】

光源110は、隅角に照射される照明光の光源である。本実施例において、光源110は、可視光を出射する。以下の説明では、隅角画像をカラー画像として得るために、波長域が異なる複数色の光（例えば、白色光）を少なくとも出射可能であるものとする。

【0071】

光源110からの照明光は、ビームスプリッター120によって反射され、切換部130に向かう。このとき、照明光の反射光は、固視光軸L1に沿って切換部130に導かれる。なお、ビームスプリッター120は、撮影光学系100aにおける照明光の投光経路と受光経路とを分離する。ビームスプリッター120としては、ハーフミラー、穴開きミラー等が用いられてもよい。

【0072】

切換部130は、隅角の全周の中で反射画像の撮影位置を変位させるユニットである。切換部130が設けられていることで、隅角の全周における複数の撮影位置において隅角の反射画像を撮影できる。本実施例において、切換部130は、ミラー131、132と

10

20

30

40

50

、モーターなどの図示無き駆動源と、を有する。切換部 130 は、制御部 170 からの制御信号に基づいて駆動され、その結果として、撮影光軸 L2 が固視光軸 L1 周りに回転される。

【0073】

図 2 に示した 2 枚のミラー 131, 132 は、平行に配置されており、照明光の光路中心を固視光軸 L1 に対して所定間隔だけ、シフトする。図示無き駆動源によって、ミラー 131, 132 が固視光軸 L1 を中心に回転されることで、切換部 130 から対物反射部 140 への照明光の照射光路の位置が変位される。

【0074】

ここで、対物反射部 140 は、照明光を、固視光軸 L1 側に折り曲げる反射面を持つ。反射面によって反射された照明光の光軸を、固視光軸 L1 に対して大きく傾斜するように折り曲げて、装置外部に導く。このとき、装置外部へ導かれる光軸が、撮影光軸 L2 として利用される。

10

【0075】

本実施例において、対物反射部 140 には、複数の反射面が、固視光軸 L1 の周りに並んで形成されている。本実施例では、対物反射部 140 の具体例として、正多角形を底面に持つ錐台形状のプリズムが利用される。より詳細には、底面は、正 16 角形であり、16 枚の側面を有するプリズムが利用される。本実施形態では、被検眼 E からみて、0°、22.5°、45°、67.5°、90°・・・(中略) ... 337.5°の各方向に、固視光軸 L1 に向けられた反射面が配置されている。なお、各々の角度は、固視光軸 L1 を基準とした角度である。また、説明の便宜上、0°は、水平面上(より詳細には、隅角撮影装置 100 から見て、水平面上の右側)とする。

20

【0076】

制御部 170 は、切換部 130 が照明光を導く面を、16 枚の反射面のうちいずれか 1 つに選択することで、隅角全周において各々の反射面と対応する撮影位置へ照明光を導くことができる。

【0077】

隅角領域からの反射光は、対物反射部 140, 切換部 130 を遡って、ビームスプリッタ 120 に導かれる。ビームスプリッタ 120 を撮像素子 160 側に通過した照明光は、フォーカスレンズ 151 を経由して、撮像素子 160 によって受光される。その結果

30

【0078】

フォーカスレンズ 151 は、隅角撮影装置 100 におけるフォーカス調整部の一部である。フォーカスレンズ 151 を光軸に沿って移動させる駆動部 152 が、隅角撮影装置 100 には設けられている。駆動部 152 は、例えば直動アクチュエータを含んでいてもよい。隅角において所望する組織に応じて、フォーカスレンズ 151 の位置が調整されることによって、所望する組織が含まれる隅角の画像が、撮像素子 160 からの受光信号に基づいて撮影される。本実施例では、フォーカスレンズ 151 を移動させることによってフォーカス調整が行われるが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、撮像素子 160 を光軸方向へ移動させることでフォーカス調整が行われてもよい。

40

【0079】

本実施例では、制御部 170 が、各々の撮影位置において、互いに異なるフォーカス状態で複数回、反射画像の撮影を実行させる。これによって、フォーカス状態が互いに異なる反射画像が、撮影位置毎に生成される。そして、制御部 170 は、各位置においてピントが合ったマルチフォーカス画像を、撮影位置毎に生成する。撮影位置が互いに同一であってフォーカス状態が互いに異なる複数枚の反射画像において、反射画像を更に細分化した領域毎に、ピント状態が最も良好な画像を、制御部 170 が判定する。その際、制御部 170 によって、各反射画像の位置合わせ処理が予め行われていてもよい。細分化される領域を、各反射画像において正確に対応付けることができる。

50

【 0 0 8 0 】

また、本実施例において、制御部 170 は、隅角全周における撮影位置毎に生成されたマルチフォーカス画像をコラージュし、全周画像を生成する（図 4 参照）。生成された全周画像は、隅角撮影装置 100 の図示無きメモリに記憶されてもよい。

【 0 0 8 1 】

なお、先に、フォーカス状態が互いに異なる複数枚の全周画像を生成し、その後、フォーカス状態が互いに異なる複数枚の全周画像に基づいて、隅角全周のマルチフォーカス画像を生成してもよい。

【 0 0 8 2 】

< 前眼部 OCT >

図 5 に示すように、実施例における前眼部 OCT 200 は、固視光軸 L1 に対して測定光を略テレセントリックに照射し、被検眼 E の眼軸に沿う方向を深さ方向とする前眼部の OCT データを取得する。前眼部 OCT 200 は、スペクトラルドメイン式 OCT (SD-OCT) であってもよいし、波長掃引式 OCT であってもよい。

【 0 0 8 3 】

前眼部 OCT 200 は、OCT 光学系 200a と、制御部 270 と、を少なくとも有する。制御部 270 は、装置全体の動作制御を司る。また、本実施例では、制御部 270 は、前眼部 OCT 200 における画像処理器を兼用する。

【 0 0 8 4 】

OCT 光学系 200a は、光源 210、検出器 220、カップラー（スプリッタ）230、参照光学系 240、を有していてもよい。OCT 光学系 200a は、光源 210 からの光をカップラー 230 によって、測定光と参照光とに分割する。また、前眼部へ照射された測定光の戻り光と参照光との干渉信号が、検出器 220 によって検出・出力される。検出器 220 から出力される干渉信号に基づいて、前眼部の OCT データが得られる。なお、本実施例において、測定光の走査範囲には、被検眼の隅角が含まれるものとする。つまり、前眼部 OCT は隅角に対して測定光を走査することで、隅角の OCT データを取得できる。

【 0 0 8 5 】

OCT 光学系 200a は、カップラー 230 から被検眼 E までの間に、光スキャナ 250 および対物レンズ 260 を有する。対物レンズ 260 の焦点またはその近傍に光スキャナ 250 が配置されることによって、固視光軸 L1 に対して略平行に、測定光が照射される。測定光は、前眼部上で光スキャナ 250 の動作に応じて走査される。

【 0 0 8 6 】

前眼部 OCT 200 の各部は、制御部 270 に接続されており、制御部 270 からの制御信号に基づいて動作する。また、検出器 220 から出力される干渉信号は、制御部 270 によって処理され、OCT データとして取得される。OCT データに基づいて、隅角の断層画像、および、3次元画像が生成される。

【 0 0 8 7 】

< コンピュータ >

本実施例において、コンピュータ 300 は、隅角全周の反射画像である全周画像と、隅角の OCT データとを対応づけし、全周画像と OCT データに基づく断面画像とを互に対応付けた状態でモニタ 340 に表示させる。

【 0 0 8 8 】

図 7 に示すように、コンピュータ 300 は、少なくとも、CPU（演算処理部の一例）301、メモリ（記憶装置）302、および、入出力ポート 310 を少なくとも含む。CPU 301 は、コンピュータ 300 における主要な動作を司るプロセッサである。

【 0 0 8 9 】

メモリ 302 は、各種情報を記憶する記憶装置であり、少なくとも、一時的にデータを記憶する揮発性の記憶媒体（例えば、レジスタ、キャッシュ、及び、RAM 等）と、制御プログラムおよび固定データ等を記憶する不揮発性の記憶媒体（例えば、ROM、HDD

10

20

30

40

50

、フラッシュメモリ等)と、が含まれる。本実施例では、このうち、不揮発性の記憶媒体に、眼科用画像処理プログラムが記憶されていてもよい。不揮発性の記憶媒体は、繰り返し書き換え可能な記憶媒体を含んでいてもよい。この場合、書き換え可能な不揮発性の記憶媒体に、眼科用画像処理プログラムの実行結果として得られたデータが、記憶されてもよい。

【0090】

入出力ポート310は、コンピュータ300と外部機器とを電氣的に接続する。本実施例では、隅角撮影装置100と、前眼部OCT200との他、外付け記憶媒体320、操作部330、および、モニタ340が、入出力ポート310を介してコンピュータ300に接続されている。

10

【0091】

操作部330は、検者が操作を入力するためのユーザインターフェイスである。操作部330として、マウス、又は、キーボード等が利用されてもよい。モニタ340には、隅角撮影装置100と、被検眼Eに関する各種画像および情報が表示される。モニタ340の50の表示制御は、CPU301によって行われる。つまり、本実施形態では、CPU301が、表示制御部を兼用する。

【0092】

<動作説明>

以下に、図8のフローチャートを参照して、眼科用画像処理プログラムに基づいて実行されるコンピュータ300の動作を説明する。

20

【0093】

なお、本実施例では、隅角撮影装置100によって全周画像が予め生成されており、前眼部OCT200によって隅角を含む前眼部全体のOCTデータが予め生成されているものとする。なお、全周画像は、マルチフォーカス画像であるものとする。

【0094】

まず、コンピュータ300は、被検眼における隅角の全周画像と被検眼の隅角の前眼部OCTデータとを取得する(S1)。ここでは、コンピュータ300は、隅角撮影装置100および前眼部OCT200からそれぞれ送信される全周画像と前眼部OCTデータとを、入出力ポート310を介してメモリに記憶する。

【0095】

次に、コンピュータ300は、S1の処理によって予め取得した全周画像と、前眼部OCTデータとを、両者のマッチング処理によって互いに対応付ける(S2~S3)。

30

【0096】

詳細には、本実施例では、隅角撮影装置100の光軸L2に沿って3次元画像を見たときの2次元画像が取得され(S2)、2次元画像と全周画像との間でマッチング処理が行われる(S3)。

【0097】

本実施例において、2次元画像は、隅角撮影装置100の光軸L2と直交する平面に対して、3次元画像の表層を投影変換することによって、3次元画像の表層の投影像として取得される。投影変換の際、前眼部OCT200におけるOCTデータの深さ方向(ここでは、Z方向)と、隅角撮影装置100における撮影光軸L2との間における角度情報が必要となるが、隅角撮影装置100と前眼部OCT200との設計値に基づく既知のデータとして、予めメモリ302に記憶されていてもよい。なお、任意の平面に対し、3次元空間上の任意の点を投影する手法は公知であるので、投影像を生成するアルゴリズムについての詳細な説明は省略する。なお、2次元画像は、投影像に限定されるものではなく、各種のOCT正面画像が適用可能である。例えば、2次元画像は、光軸L2方向に関して一定の深さにある水平断面の画像であってもよいし、3次元画像の各層を光軸L2方向に関して積算した画像であってもよい。

40

【0098】

このとき、投影像には、3次元画像において特定可能な組織の起伏による特徴部が、投

50

影像に投影されてもよい。例えば、3次元画像をそのまま投影しただけでは投影像に反映されない特徴部の位置、又は形状を、投影像において特定および強調してもよい。投影像上で特定および強調された特徴部の位置は、全周画像とのマッチングに利用可能である。なお、組織の起伏による特徴部としては、例えば、隅角の底部、虹彩の起伏、等が挙げられる。

【0099】

次に、投影像と、全周画像とをマッチングする。マッチングでは、投影像と、全周画像との両方において画像化された、共通の特徴を利用してよい。また、投影像と、全周画像との位相画像をそれぞれ生成し、位相画像同士でマッチングを行ってもよい。本実施例では、投影像を基準として、全周画像を、移動および回転等させながら、両者の相関が最大化される位置関係を探索する相関が最大になる位置関係にて、3次元画像と、全周画像とが対応づけられる。

10

【0100】

マッチングは、剛体レジストレーションであってもよいし、非剛体レジストレーションであってもよい。剛体レジストレーションに供される画像は、線形変換（拡大縮小、平行移動、せん断、回転）が施されてもよい。

【0101】

なお、本実施例では、全周画像はマルチフォーカス画像であり、各部におけるピンボケが抑制されているので、投影像とのマッチングが、精度良く行われやすい。

【0102】

次に、コンピュータ300は、全周画像と3次元画像とが互いに対応づけられた表示態様で、モニタ340に表示させる（S4）。図9、図10に、表示態様の一例を示す。

20

【0103】

図9の例では、全周画像と、3次元画像とが、互いに異なる位置で、個別に、且つ、同時に表示される。全周画像上で、3次元画像と対応する位置には、指標400が重畳表示されており、これによって、全周画像と3次元画像との対応関係が示されている。指標400により、検者は、全周画像と3次元画像との対応関係を把握できる。そして、指標400の位置における隅角の様子を、全周画像と3次元画像との両方に基づいて観察できる。

【0104】

隅角全周に対する3次元画像が予め取得されている場合、全周画像上の指標400を操作部330の操作に基づいて変更可能であってもよく、指標400の位置と対応する位置の3次元画像が表示されるように、モニタ340上に表示される3次元画像が指標400の位置を変更する操作に基づいて切換えられてもよい。

30

【0105】

図9の例では、全周画像に対して、位置指標が表示される。ここでいう位置指標は隅角全周における各領域の位置を特定するための情報である。図9の例では、「N」「S」「T」「I」の4種類の文字が、位置指標として示される。右眼の場合、0°の撮影位置の画像（つまり、鼻側の撮影位置の画像）に対して「N」、90°の撮影位置の画像（つまり、上側の撮影位置の画像）に対して「S」、180°の撮影位置（つまり、こめかみ側の撮影位置の画像の画像に対して「T」、270°の撮影位置の画像（つまり、下側の撮影位置の画像）に対して「I」の文字による位置指標が、それぞれ示される。「N」「S」「T」「I」は、それぞれ、nasal, superior, temporal, inferiorの頭文字である。3次元画像の表示領域においても、同様の位置指標が表示されてもよい。

40

【0106】

また、本実施例では、3次元画像を表示するものとしたが、これに限られるものではなく、2次元断面画像が、全周画像と対応づけられた表示態様で表示されてもよい。この場合、全周画像上で、任意の切断線を指定すると、該切断線による断面を示す2次元断面画像が、モニタ340に表示されてもよい。

50

【0107】

図9に示すように3次元画像が表示される場合、3次元画像は、例えば、検者の操作に基づいて、任意の向きに回転可能であってもよい。これにより、隅角における組織の立体形状を、検者が多面的に観察できる。また、全周画像および3次元画像（より詳細には、その表層）のうち一方に対して、検者による操作部330の操作に基づいて位置が指定された場合に、指定された位置と他方の画像上で対応する位置に、指標が重畳されてもよい。

【0108】

また、全周画像と3次元画像とが互いに対応づけられた表示態様の、他の例として、全周画像が3次元画像の表層に対してマージされた画像を、表示してもよい。例えば、本実施例では、射映像との相関が最大化された位置関係に置かれている全周画像を、光軸L2に関して逆投影変換し、3次元画像の表層に対してマージする。マージの結果、図10に示すように、全周画像に含まれる隅角表面の情報が、3次元的なモデルに反映される。これによって、検者は、隅角の3次元構造をより良好に把握できる。

10

【0109】

<変形例>

以上、実施形態に基づいて説明を行ったが、本開示は、様々な変形が可能である。

【0110】

<変形例：隅角全周の一部における反射画像と断面情報との対応づけ>

例えば、上記実施形態において、コンピュータは、隅角の全周画像と、断面情報との対応づけが行われる場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、第1撮影装置の撮影結果として取得される隅角の反射画像と、第2撮影装置の撮影結果として取得される断面情報と、がコンピュータによって対応付けられてもよい。ここでいう反射画像は、隅角の全周画像、および、隅角全周のうち一部についての反射画像のいずれであってもよい。なお、対応づけの手法、断面情報の種類は、本開示の他の記載を援用できる。

20

【0111】

<変形例：PS-OCT>

例えば、実施例に係る前眼部OCT200は、PS-OCTの構成を備えていてもよい。PS-OCTとは、偏光感受OCT（polarization sensitive OCT）であり、被検物の内部の複屈折性（リタデーション）、偏光軸（アクシスオリエンテーション）、複減衰（ダイアツテネーション）等の少なくともいずれかを取得することができる。

30

【0112】

ここで、PS-OCTの一例として、PS-SS-OCTの構成例を示す。SS-OCTとは、波長掃引光源を用いたSwept Source OCTである。この場合、前眼部OCT200は、第1分割部材と第2分割部材を備えていてもよい。第1分割部材は、所定の位相差を有する複数の干渉光を生成する。第2分割部材は、偏光方向が異なる複数の干渉光を生成する。第1チャンネルは、偏光方向が互いに共通（本実施形態では水平偏光）し、且つ互いの間に位相差を有する2つの干渉光を平衡検出してもよい。第2チャンネルは、偏光方向が互いに共通（本実施形態では垂直偏光）し、且つ互いの間に位相差を有する2つの干渉光を平衡検出してもよい。第1チャンネルが検出する干渉光の偏光方向と、第2チャンネルが検出する干渉光の偏光方向は異なる。この場合、前眼部OCT200は、垂直偏光成分および水平偏光成分を持つ各波長での干渉信号に基づいて、隅角の偏光特性データを、それぞれのチャンネル間の特性差の影響が低下された状態で取得することができる。PS-OCTを用いることによって、強度OCTデータでは検出できない特徴部（例えば、隅角では、色素、線維状の組織、シュレム管等）が、偏光特性データを処理することで検出できる。

40

【0113】

<隅角撮影装置における対物反射部の変形例>

50

また、例えば、隅角撮影装置 100 の対物反射部 140 に形成された反射面は、複数枚に分かれている必要は、必ずしもなく、一連の曲面で形成されていてもよい。また、対物反射部 140 は、必ずしもプリズムである必要はなく、例えば、反射鏡であってもよい。反射鏡の場合、光軸側に反射面を持つ、筒状の多面鏡または曲面鏡であってもよい。

【0114】

< 隅角撮影装置における切換部の変形例 >

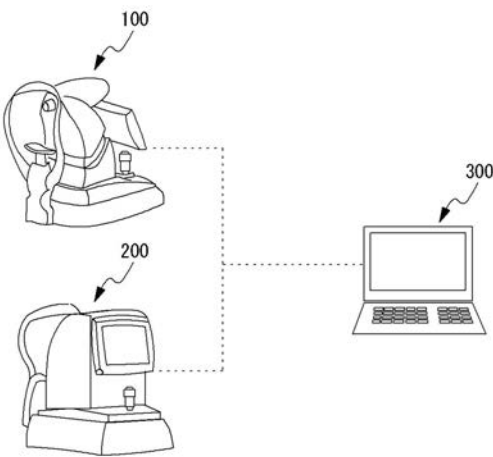
なお、隅角撮影装置 100 の切換部 130 は、撮影光学系の一部を回転させることで、隅角全周における撮影範囲を切換えるものであったが、必ずしもこれに限られるものではない。例えば、固視光軸に対して傾斜された撮影光軸を固視光軸周りに回転させるのではなく、切換部は、被検眼の視線の向きが大きく変位されるように、固視を誘導する構成であってもよいし、被検眼と装置との 3 次元的な位置関係を調整する構成であってもよいし、これらを組み合わせた構成であってもよい。

【符号の説明】

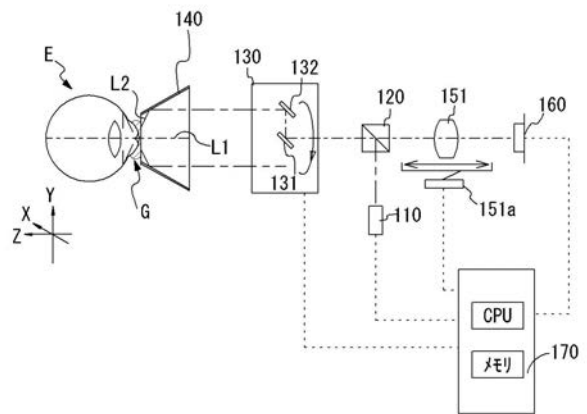
【0115】

- 100 隅角撮影装置
- 200 前眼部 OCT
- 300 コンピュータ
- 340 モニタ

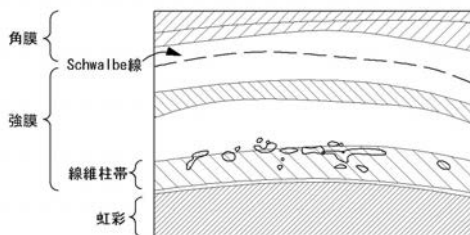
【図 1】



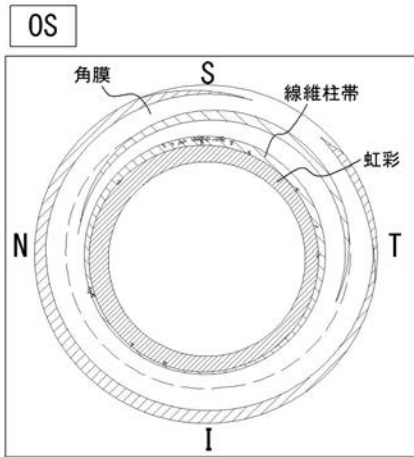
【図 2】



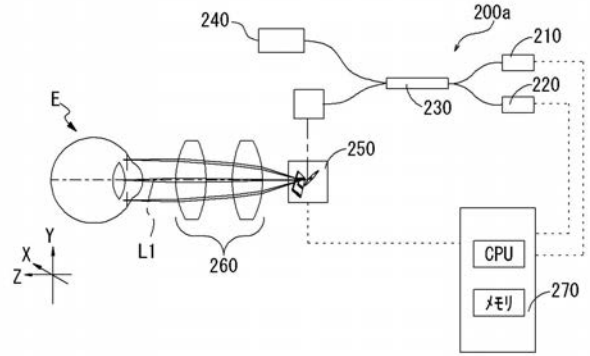
【図 3】



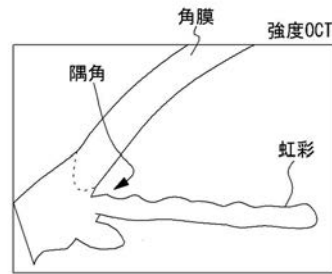
【図4】



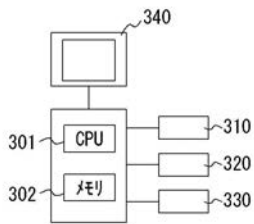
【図5】



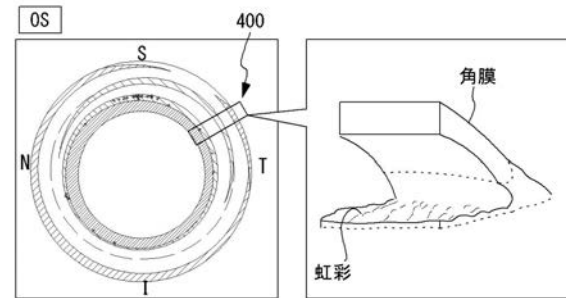
【図6】



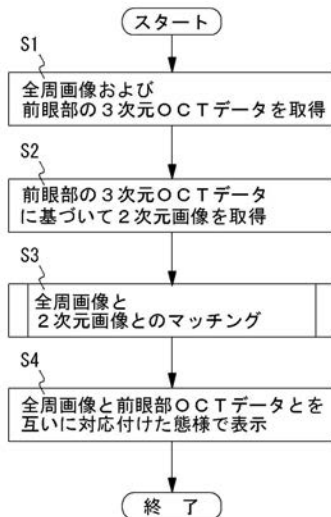
【図7】



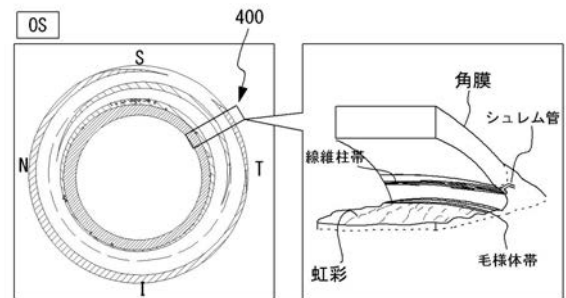
【図9】



【図8】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 村田 佳史

愛知県蒲郡市拾石町前浜3 4 番地 1 4 株式会社ニデック拾石工場内

Fターム(参考) 4C316 AA01 AA05 AB04 AB08 AB11 FA08 FB05 FB13 FB21 FB23
FB24 FB26 FY02 FY04 FY08