

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6217185号
(P6217185)

(45) 発行日 平成29年10月25日(2017.10.25)

(24) 登録日 平成29年10月6日(2017.10.6)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 3/10 (2006.01) A 6 1 B 3/10 R

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-139067 (P2013-139067)	(73) 特許権者	000135184 株式会社ニデック
(22) 出願日	平成25年7月2日(2013.7.2)		愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14
(65) 公開番号	特開2015-9108 (P2015-9108A)	(72) 発明者	青野 秀樹
(43) 公開日	平成27年1月19日(2015.1.19)		愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株
審査請求日	平成28年6月22日(2016.6.22)	(72) 発明者	樋口 幸弘
			愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株
			株式会社ニデック拾石工場内
		審査官	富永 昌彦
		(56) 参考文献	特開2011-200635 (JP, A)
)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼科撮影装置及び眼科画像処理プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被検眼に照射された測定光と、参照光との干渉を用いて前記被検眼のOCT信号を取得するためのOCT光学系と、

前記被検眼に照射される前記測定光を被検眼上で走査させるための走査手段と、

前記走査手段の駆動を制御する走査制御手段であって、複数の走査ラインの各々に関してそれぞれ1回ずつ測定光を走査させる第1の走査制御と、前記複数の走査ラインの各々に関して複数回測定光を走査させる第2の走査制御とを動作可能な走査制御手段と、

前記走査制御手段による各走査ラインにおけるOCT信号をOCT光学系からの出力信号に基づいて取得し、前記第1の走査制御によって取得された各走査ラインのOCT信号をテンプレートとして、前記第2の走査制御によって取得された各走査ラインの複数のOCT信号を複合処理する画像処理手段と、

を備えることを特徴とする眼科撮影装置。

【請求項2】

第1の走査方向において同一、第2の走査方向において異なる関係を有する複数の走査ラインが隣接して配列された走査パターンが設定された場合において、

前記画像処理手段は、さらに、複合処理された各走査ラインの断層画像に基づいて3次元OCTデータを形成処理する請求項1の眼科撮影装置。

【請求項3】

前記画像処理手段は、さらに、

10

20

前記第1の走査制御によって取得されたOCT信号をテンプレートとして、前記第2の走査制御によって取得されるOCT信号が対象信号として適正か否かを判定し、判定結果に基づいて取捨選択する請求項1～2のいずれかの眼科撮影装置。

【請求項4】

前記画像処理手段は、前記複合処理として、前記第1の走査制御によって取得された前記OCT信号をテンプレートとして、前記第2の走査制御によって取得された同一走査ラインでの前記複数のOCT信号における信号間の時間的な変化を計測する請求項1～3のいずれかの眼科撮影装置。

【請求項5】

眼科用光干渉断層計によって取得された被検眼の断層画像を処理するための眼科画像処理装置において実行される眼科画像処理プログラムであって、

前記眼科用光干渉断層計は、被検眼に照射された測定光と、参照光との干渉を用いて前記被検眼の断層画像を取得するためのOCT光学系と、

前記被検眼に照射される前記測定光を被検眼上で走査させるための走査手段と、

前記走査手段の駆動を制御する走査制御手段であって、複数の走査ラインの各々に関してそれぞれ1回ずつ測定光を走査させる第1の走査制御と、前記複数の走査ラインの各々に関して複数回測定光を走査させる第2の走査制御とを動作可能な走査制御手段と、を備え

眼科画像処理装置のプロセッサによって実行されることで、

前記第1の走査制御によって取得された各走査ラインのOCT信号をテンプレート画像として、前記第2の走査制御によって取得された各走査ラインの複数のOCT信号を複合処理する画像処理ステップを、

前記眼科画像処理装置に実行させることを特徴とする眼科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、光コヒーレンストモグラフィーによって被検眼の断層画像を取得する眼科撮影装置、又は、眼科撮影装置によって取得された被検眼の断層画像を処理するための眼科画像処理装置において実行される眼科画像処理プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

光コヒーレンストモグラフィー(OCT:Optical Coherence Tomography)を用いて眼の組織(例えば、眼底、前眼部)での断層画像を撮像する装置が知られている。この装置は、光スキャナを用いて被検眼上で測定光を走査させ、断層画像を取得する。得られた断層画像は、眼の状態の評価に利用される(特許文献1参照)。

【0003】

このような装置は、断層画像に含まれるノイズ成分を平均化するために、同じ走査ラインにて得られる複数の断層画像に基づいて加算平均画像を取得する。加算平均画像は、例えば、略同一部位に関する複数の断層画像における各画素での輝度値を加算し、その平均値を求めることによって取得される。

【0004】

また、眼の位置ずれによる各断層画像間の位置ずれを補正するために、同じ走査ラインでの複数の断層画像間の平行移動・回転移動によって位置ずれを補正する手法が行われている。

【0005】

複数の走査ラインに関して測定光を複数回走査して、各走査ラインにおいて加算平均画像を得る場合、一つの走査ラインでの複数回走査が終了したら、次の走査ラインでの複数回走査に移行する。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 0 - 1 1 0 3 9 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

ところで、走査ラインの数、各走査ラインでの断層画像の取得枚数等が多くなるほど、時間経過につれて、断層画像は、固視微動、顔の移動等による眼の微動の影響を受けやすい。例えば、異なる走査ライン間において眼の微動が生じた場合、断層画像の比較がしづらい。眼の微動の影響を含んで取得される 3 次元 OCT データは、走査ライン間において装置に対する眼の位置関係が変化しているため、被検眼の本来の形状とは異なる場合がある。

10

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記問題点を鑑み、複数の走査ラインに関する良好な断層画像を取得できる眼科撮影装置を提供することを技術課題の一つとする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

(1)

被検眼に照射された測定光と、参照光との干渉を用いて前記被検眼の OCT 信号を取得するための OCT 光学系と、

20

前記被検眼に照射される前記測定光を被検眼上で走査させるための走査手段と、

前記走査手段の駆動を制御する走査制御手段であって、複数の走査ラインの各々に関してそれぞれ 1 回ずつ測定光を走査させる第 1 の走査制御と、前記複数の走査ラインの各々に関して複数回測定光を走査させる第 2 の走査制御とを動作可能な走査制御手段と、

前記走査制御手段による各走査ラインにおける OCT 信号を OCT 光学系からの出力信号に基づいて取得し、前記第 1 の走査制御によって取得された各走査ラインの OCT 信号をテンプレートとして、前記第 2 の走査制御によって取得された各走査ラインの複数の OCT 信号を複合処理する画像処理手段と、

を備えることを特徴とする。

30

(2) 眼科用光干渉断層計によって取得された被検眼の断層画像を処理するための眼科画像処理装置において実行される眼科画像処理プログラムであって、

前記眼科用光干渉断層計は、被検眼に照射された測定光と、参照光との干渉を用いて前記被検眼の断層画像を取得するための OCT 光学系と、

前記被検眼に照射される前記測定光を被検眼上で走査させるための走査手段と、

前記走査手段の駆動を制御する走査制御手段であって、複数の走査ラインの各々に関してそれぞれ 1 回ずつ測定光を走査させる第 1 の走査制御と、前記複数の走査ラインの各々に関して複数回測定光を走査させる第 2 の走査制御とを動作可能な走査制御手段と、を備え

眼科画像処理装置のプロセッサによって実行されることで、

40

前記第 1 の走査制御によって取得された各走査ラインの OCT 信号をテンプレート画像として、前記第 2 の走査制御によって取得された各走査ラインの複数の OCT 信号を複合処理する画像処理ステップを、

前記眼科画像処理装置に実行させることを特徴とする。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、本実施形態を図面に基いて説明する。図 1 は本実施形態に係る眼科撮影装置の構成について説明する概略構成図である。以下の説明においては、眼科撮影装置として、被検眼の眼底撮影を行う眼底撮影装置を例に挙げて説明を行う。もちろん、眼科撮影装置としては、眼底撮影装置に限定されず、被検眼の前眼部撮影を行う前眼部撮影装置、又は

50

、被検眼全体を撮影する装置、等が挙げられる。

【0012】

図1を参照して、本実施形態に係る眼科撮影装置10の概略構成について説明する。本実施形態の眼科撮影装置10は、OCT光学系100と、観察光学系200と、固視標投影ユニット300と、制御部70とを主に備える。

【0013】

<OCT光学系>

OCT光学系100は、被検眼Eの組織(例えば、眼底Ef)の断層画像を取得するための光干渉光学系であり、光断層干渉計(OCT:Optical Coherence Tomography)の構成を備える。具体的には、OCT光学系100は、測定光源102、カップラー(光分割器)104、測定光学系106、参照光学系110、および検出器(受光素子)120を主に備える。

10

【0014】

より詳細には、カップラー(光分割器)104は、測定光源102から出射された光を測定光学系106の光路と参照光学系110の光路に分割する。測定光学系106は、測定光を眼Eの眼底Efに導く。参照光学系110は、参照光を生成する。OCT光学系100は、眼底Efによって反射された測定光と、参照光を合成する。検出器120(受光素子)は、合成された光を受光する。

【0015】

OCT光学系100は、眼底Ef上の撮像位置を変更するために、眼底Ef上における測定光の照射位置を変更する照射位置変更ユニット(例えば、光スキャナ108、固視標投影ユニット300)を備える。制御部70は、設定された撮像位置情報に基づいて照射位置変更ユニットの動作を制御し、検出器120からの受光信号に基づいて断層画像を取得する。

20

【0016】

検出器120(受光素子)は、測定光と参照光との干渉状態を検出する。フーリエドメインOCTの場合では、干渉光のスペクトル強度が検出器120によって検出され、スペクトル強度データに対するフーリエ変換によって所定範囲における深さプロファイル(Asキャン信号)が取得される。眼科撮影装置10には、種々のOCTを採用できる。例えば、Spectral-domain OCT(SD-OCT)、Swept-source OCT(SS-OCT)、Time-domain OCT(TD-OCT)等のいずれを眼科撮影装置10に採用してもよい。

30

【0017】

光スキャナ108は、測定光源から発せられた光を被検眼眼底上で走査させる。例えば、光スキャナ108は、眼底上で二次元的(XY方向(横断方向))に測定光を走査させる。光スキャナ108は、瞳孔と共役な位置に配置される。光スキャナ108は、例えば、2つのガルバノミラーであり、その反射角度が駆動機構50によって任意に調整される。

【0018】

これによって、光源102から出射された光束の反射(進行)方向が変化され眼底上で任意の方向に走査される。これによって、眼底Ef上における撮像位置が変更される。光スキャナ108としては、光を偏向させる構成であればよい。例えば、反射ミラー(ガルバノミラー、ポリゴンミラー、レゾナントスキャナ)の他、光の進行(偏向)方向を変化させる音響光学素子(AOM)等が用いられる。

40

【0019】

参照光学系110は、参照光を生成する。前述したように、参照光は、眼底Efでの測定光の反射によって取得される反射光と合成される。参照光学系110は、マイケルソンタイプであってもよいし、マッハツェンダタイプであっても良い。参照光学系110は、例えば、反射光学系(例えば、参照ミラー)によって形成され、カップラー104からの光を反射光学系によって反射することによって再度カップラー104に戻し、検出器12

50

0に導く。他の例としては、参照光学系110は、透過光学系（例えば、光ファイバー）によって形成され、カップラー104からの光を戻さず透過させることによって検出器120へと導く。

【0020】

参照光学系110は、参照光路中の光学部材を移動させることによって、測定光と参照光との光路長差を変更する構成を有する。例えば、参照ミラーが光軸方向に移動される。光路長差を変更するための構成は、測定光学系106の測定光路中に配置されてもよい。

【0021】

<正面観察光学系>

正面観察光学系（正面画像観察デバイス）200は、眼底Efの正面画像を得るために設けられている。観察光学系200は、例えば、光源から発せられた測定光（例えば、赤外光）を眼底上で二次元的に走査させる光スキャナと、眼底と共役位置に配置された共焦点開口を介して眼底反射光を受光する第2の受光素子と、を備え、いわゆる眼科用走査型レーザ検眼鏡（SLO）の装置構成を持つ。

10

【0022】

なお、観察光学系200の構成としては、いわゆる眼底カメラタイプの構成であってもよい。また、OCT光学系100は、観察光学系200を兼用してもよい。すなわち、正面画像は、二次元的に得られた断層画像を形成するデータを用いて取得されるようにしてもよい（例えば、三次元断層画像の深さ方向への積算画像、XY各位置でのスペクトルデータの積算値、ある一定の深さ方向におけるXY各位置での輝度データ、網膜表層画像、等）。

20

【0023】

<固視標投影ユニット>

固視標投影ユニット300は、眼Eの視線方向を誘導するための光学系を有する。投影ユニット300は、眼Eに呈示する固視標を有し、複数の方向に眼Eを誘導できる。

【0024】

例えば、固視標投影ユニット300は、可視光を発する可視光源を有し、視標の呈示位置を二次元的に変更させる。これによって、視線方向が変更され、結果的に撮像部位が変更される。例えば、撮影光軸と同方向から固視標が呈示されると、眼底の中心部が撮像部位として設定される。また、撮影光軸に対して固視標が上方に呈示されると、眼底の上部が撮像部位として設定される。すなわち、撮影光軸に対する視標の位置に応じて撮像部位が変更される。

30

【0025】

固視標投影ユニット300としては、例えば、マトリクス状に配列されたLEDの点灯位置によって固視位置を調整する構成、又は、光源からの光を光スキャナを用いて走査させると共に、光源の点灯制御によって固視位置を調整する構成、等、種々の構成が考えられる。また、投影ユニット300は、内部固視灯タイプであってもよいし、外部固視灯タイプであってもよい。

【0026】

<制御部>

制御部70は、CPU（プロセッサ）、RAM、ROM等を備える。制御部70のCPUは、眼科撮影装置10の制御を司る。RAMは、各種情報を一時的に記憶する。制御部70のROMには、眼科撮影装置10の動作を制御するための各種プログラム、初期値等が記憶されている。

40

【0027】

制御部70には、不揮発性メモリ（以下、メモリに省略する）72、操作部74、および表示部75等が電氣的に接続されている。メモリ72は、電源の供給が遮断されても記憶内容を保持できる非一過性の記憶媒体である。例えば、ハードディスクドライブ、フラッシュROM、および、眼科撮影装置10に着脱可能に装着されるUSBメモリ等をメモリ72として使用することができる。メモリ72には、眼科撮影装置10による正面画像

50

又は断層画像の撮影を制御するための撮影制御プログラム、正面画像又は断層画像を処理する画像処理プログラムが記憶されている。また、メモリ72には、撮影された二次元の断層画像、三次元画像、正面画像、断層画像の撮影位置の情報等、撮影に関する各種情報が記憶される。操作部74には、検者による各種操作指示が入力される。

【0028】

操作部74は、入力された操作指示に応じた信号を制御部70に出力する。操作部74には、例えば、マウス、ジョイスティック、キーボード、タッチパネル等の少なくともいずれかを用いればよい。表示部75は、眼科撮影装置10の本体に搭載されたディスプレイであってもよいし、本体に接続されたディスプレイであってもよい。パーソナルコンピュータ(以下、「PC」という。)のディスプレイを用いてもよい。複数のディスプレイが併用されてもよい。表示部75には、眼科撮影装置10によって撮影された断層画像および正面画像を含む各種画像が表示される。

10

【0029】

なお、制御部70は、複数の制御部(つまり、複数のプロセッサ)によって構成されてもよい。例えば、PCに設けられた設定制御部と、OCT光学系100等の動作を制御する動作制御部とによって、眼科撮影装置10の制御部70が構成されてもよい。この場合、例えば、PCの設定制御部は、PCに接続された操作部の操作に基づいて断層画像の撮像位置等を設定し、設定した内容を動作制御部に指示すればよい。動作制御部は、設定制御部からの指示に従って、眼科撮影装置10の各構成による撮影動作を制御すればよい。また、受光信号に基づいて画像を生成(取得)する処理は、動作制御部および設定制御部のいずれで行ってもよい。

20

【0030】

例えば、制御部70は、OCT光学系100の検出器120から出力される受光信号に基づいて画像処理によって断層画像を取得する。制御部70は、観察光学系200の受光素子から出力される受光信号に基づいて正面画像を取得する。制御部70は、固視標投影ユニット300を制御して固視位置を変更する。

【0031】

例えば、制御部70は、表示部75の表示画面を制御する。取得された眼底像は、表示部75に静止画又は動画として出力される他、メモリ72に記憶される。制御部70は、操作部74から出力される操作信号に基づいて、OCT光学系100、観察光学系200、固視標投影ユニット300の各部材を制御する。

30

【0032】

<制御動作>

以上のような構成を備える装置において、その制御動作について説明する。検者は、固視標投影ユニット300の固視標を注視するように被検者に指示する。図示無き前眼部観察用カメラで撮影される前眼部観察像が、表示部75に表示される。そこで、検者は、前眼部の瞳孔中心に測定光軸が位置されるように、アライメント操作を行う。

【0033】

制御部70は、光スキャナ108の駆動を制御し、眼底上で測定光を所定方向に関して走査する。制御部70は、所定の走査領域に対応する受光信号を、検出器120から出力される出力信号から取得することによって、断層画像を形成する。制御部70は、OCT光学系100を制御し、断層画像を取得する。制御部70は、観察光学系200を制御し、眼底正面画像を取得する。制御部70は、OCT光学系100によって断層画像、観察光学系200によって眼底正面画像を随時取得する。

40

【0034】

図2は、表示部75に表示される表示画面の一例を示す図である。制御部70は、表示部75上に、観察光学系200によって取得された正面画像20、走査パターン表示25、断層画像30、を表示する。走査パターン表示25は、正面画像20上における断層画像の測定位置(取得位置)を表す指標である。走査パターン表示25は、表示部75上の正面画像上に電氣的に表示される。

50

【 0 0 3 5 】

制御部 7 0 は、ポインタ 2 1（例えば、十字マーク、ドットマーク、ペンマーク等）を表示部 7 5 上に表示する。制御部 7 0 は、操作部 7 4 からの操作信号に基づいて、ポインタ 2 1 を移動させる。

【 0 0 3 6 】

本実施例では、正面画像 2 0 上にポインタ 2 1 を合わせた状態で、操作部 7 4 が操作される（例えば、ドラッグ操作、クリック操作）ことによって、撮影条件の設定が可能な構成となっている。ポインタ 2 1 は、表示部 7 5 上における任意の位置を指定するために用いられる。検者は、操作部 7 4 を用いて移動操作（例えば、ドラッグ操作）を行うことによって、正面画像に対して走査パターン表示 2 5 を移動させてもよい。

10

【 0 0 3 7 】

< スキャンラインの設定 >

以下、走査パターンとして、ラスタースキャンが設定された場合を例として説明する。なお、走査パターンは、検者の操作に基づいて任意の形状に予め設定される。例えば、複数用意された走査パターンから選択される。

【 0 0 3 8 】

断層画像及び正面画像が同一画面上に表示されたら、検者は、撮影したい断層画像の位置を表示部 7 5 上の正面画像から設定する。正面画像 2 0 及び断層画像 3 0 は、ライブ動画像として表示されるのが好ましい。ラスタースキャンの場合、一部の断層画像が動画像として表示される。

20

【 0 0 3 9 】

< ラスタースキャン >

制御部 7 0 は、光スキャナ 1 0 8 を制御することによって、予め設定されたスキャンパターンに対応する走査位置での断層画像を取得する。ラスタースキャンは、眼底 E f 上を測定光が矩形状に走査するパターンである（図 3、図 4 参照）。

【 0 0 4 0 】

ラスタースキャンは、例えば、解析マップを得るためのスキャンとして用いられる。解析マップは、例えば、眼底組織における厚みの二次元的な分布を示す。ラスタースキャンでは、例えば、予め設定された走査領域（例えば、矩形領域）において測定光がラスタースされる。その結果として、走査領域（例えば、矩形領域）内における各走査ラインでの断層画像を取得される。

30

【 0 0 4 1 】

ラスタースキャンにおける走査条件として、例えば、主走査方向及び副走査方向におけるライン幅（始点から終点までの距離）、走査速度、各走査ラインの間隔、走査ラインの数等が予め設定される。もちろん、ラスタースキャンにおける走査条件が、任意に設定される構成であってもよい。

【 0 0 4 2 】

より詳細には、制御部 7 0 は、開始位置として設定された走査ライン（1 ライン目）にて、測定光を主走査方向に走査することによって、主走査方向に沿った断層画像を形成する。次に、制御部 7 0 は、副走査方向に関して異なる走査ラインにて、測定光を主走査方向に走査することによって、主走査方向に沿った断層画像を形成する。以上のように、互いに異なる N 本のラインに関して、それぞれ断層画像を得る。副走査方向に関する各走査間隔を近接させることによって、走査領域内における断層画像を取得できる。走査領域は、副走査方向に関して異なる走査ラインによって形成される。

40

【 0 0 4 3 】

以下の説明では、副走査方向が Y 方向（上下）、主走査方向が X 方向（左右方向）として設定された場合を例として説明するが、これに限定されない。例えば、副走査方向が X 方向、主走査方向が Y 方向であってもよい。

【 0 0 4 4 】

副走査方向における走査制御について、上から下に走査位置を順に変更してもよいし、

50

下から上に走査位置を順に変更してもよい。また、中心から周辺に走査位置を順に変更してもよい。また、ラスタ走査として、インターレース方式を用いるようにしてもよい。

【0045】

<第1の走査制御と第2の走査制御>

図3は、第1の走査制御と第2の走査制御の一例を示すフローチャートである。図4は、第1の走査制御と第2の走査制御の一例について説明する概略図である。操作部74からの撮影開始のトリガ信号が入力されると、制御部70は、互いに異なる第1の走査制御と第2の走査制御にて断層画像を取得する。第1の走査制御と第2の走査制御は、例えば、予め設定された走査領域において行われる。

【0046】

取得された断層画像は、静止画としてメモリ72に記憶される。例えば、制御部70は、第1の走査制御と第2の走査制御との間において、各走査ラインでの断層画像の取得数を変更する。

【0047】

第1の走査制御では、制御部70は、副走査方向において異なる各走査ラインに関して、それぞれ1回ずつ順に測定光を走査させる。制御部70は、各走査ラインでの断層画像を生成し、生成された断層画像をメモリ72に記憶させる。第1の走査制御では、各走査ラインでの走査回数が制限されているので、全領域での断層画像を取得するために要する時間を短縮できる。第1の走査制御は、例えば、画像合成(例えば、画像加算平均)におけるテンプレート画像を得るための走査として用いられる。

【0048】

第2の走査制御では、制御部70は、副走査方向において異なる各走査ラインに関して、複数回測定光を走査させる。制御部70は、各走査ラインでの複数の断層画像を生成し、生成された断層画像をメモリ72に記憶させる。第2の走査制御は、例えば、画像合成(例えば、画像加算平均)における複数の対象画像を得るための走査として用いられる。対象画像は、テンプレート画像に対して合成される画像として用いられる。

【0049】

以下に、第1の走査制御と第2の走査制御の一例を示す。

【0050】

<第1の走査制御の例>

図4に例示するように、操作部74からの撮影開始のトリガ信号が入力されると、制御部70は、テンプレート画像を取得するために、第1の走査制御にて各走査ラインでの断層画像を得る。そこで、制御部70は、光スキャナ108を制御することによって、第1の走査ラインSL1において測定光を主走査方向に走査する。検出器120は、測定光によって得られる眼底反射光と、参照光との干渉光を受光し、受光信号を制御部70に出力する。制御部70は、検出器120からの出力信号に基づいて、第1の走査ラインSL1に対応する断層画像を生成する。

【0051】

第1の走査ラインSL1における走査が終了したら、制御部70は、光スキャナ108を制御することによって、第2の走査ラインSL2において測定光を主走査方向に走査する。そして、制御部70は、第2の走査ラインSL2に対応する断層画像を生成する。同様に、制御部70は、第3の走査ラインSL3、・・・、第n-1の走査ラインSLn-1、第nの走査ラインSLnそれぞれにおいて測定光を走査することによって、各走査ラインに対応する断層画像を生成する。つまり、本実施例における第1の走査制御では、各走査ラインに対し、走査が1回ずつ行われる。最後の走査ラインでの走査が終了すると、第1の走査制御を終了する。

【0052】

制御部70は、検出器120からの出力信号に基づいて、走査範囲SAの走査ラインSLi(i=1~n)に対応する断層画像を取得する。制御部70は、取得された各断層画像を、各走査ラインに対応付けてメモリ72に記憶する。各断層画像は、静止画像として

10

20

30

40

50

キャプチャーされ（取込され）、メモリ 72 に記憶される。

【0053】

< 第2の走査制御の例 >

第1の走査制御の終了後、制御部70は、第2の走査制御に移行する。第1の走査制御から第2の走査制御への移行は、自動的に実行されてもよいし、又は、操作部74からのトリガ信号に基づいて実行されてもよい。自動制御は、例えば、時間を短縮できるという点で有効であり、手動制御は、比較的時間を要する第2の走査制御の開始前に、被験者の状態を確認できるという点で有効である。

【0054】

第2の走査制御において、制御部70は、光スキャナ108を制御することによって、各走査ラインに対してそれぞれ測定光を複数回走査する。制御部70は、各走査ラインに対応する断層画像をそれぞれ複数取得する。

10

【0055】

例えば、制御部70は、第1の走査ラインSL1において測定光を主走査方向に複数回走査する。つまり、第1の走査ラインSL1における始点から終点までの最初の走査が終了したら、制御部70は、再び第1の走査ラインSL1における始点に測定光の走査位置を戻し、再度第1の走査ラインSL1での走査を行う。

【0056】

制御部70は、検出器120からの出力信号に基づいて、第1の走査ラインSL1に対応する複数の断層画像を生成する。第2の走査制御では、同一の走査位置への複数走査によって複数の断層画像が取得される。制御部70は、例えば、予め設定されたフレーム数の断層画像が得られるまで、第1の走査ラインSL1での走査を行う。

20

【0057】

第1の走査ラインSL1における複数回の走査が終了したら、制御部70は、光スキャナ108を制御することによって、第2の走査ラインSL2において測定光を主走査方向に複数回走査する。制御部70は、第2の走査ラインSL2に対応する複数の断層画像を生成する。制御部70は、例えば、予め設定されたフレーム数の断層画像が得られるまで、第2の走査ラインSL2での走査を行う。

【0058】

同様に、制御部70は、第3の走査ラインSL3、・・・、第n-1の走査ラインSLn-1、第nの走査ラインSLnそれぞれにおいて測定光を複数回走査することによって、各走査ラインに対応する断層画像を生成する。つまり、第2の走査制御では、各走査ラインに対し、走査が複数回ずつ行われる。最後の走査ラインでの走査が終了すると、第2の走査制御を終了する。

30

【0059】

制御部70は、走査範囲SAの走査ラインSLi (i = 1 ~ n) に対応する断層画像をメモリ72に記憶する。各断層画像は、静止画像としてキャプチャーされ、各走査ラインに対応付けて記憶される。

【0060】

< トラッキング >

制御部70は、観察光学系200によって取得される眼画像に基づいて光スキャナ108の駆動を制御することによって、設定された眼底上の横断位置に対して測定光をトラッキングしてもよい。

40

【0061】

例えば、制御部70は、観察光学系200によって取得されるライブ動画と予め取得された静止画像（基準画像）との位置ずれを画像処理によって検出し、その検出結果に基づいて光スキャナ108の駆動を制御することによって走査位置を補正してもよい。走査位置を補正する場合、好ましくは、眼底の平行移動及び回転移動を含めて位置ずれが検出される。制御部70は、検出された位置ずれを補正するために、光スキャナ108での走査位置を調整する。

50

【 0 0 6 2 】

トラッキングの作動は、第 2 の走査制御において、同一位置での複数の断層画像を取得する場合の位置ずれ対策として、特に有利である。制御部 7 0 は、トラッキングの基準となる静止画像を、例えば、第 2 の走査制御よりも前に取得しておく。もちろん、第 1 の走査制御と第 2 の走査制御の両方において、トラッキングが作動されてもよい。

【 0 0 6 3 】

< 複数の断層画像の合成処理 >

第 2 の走査制御で得られた複数の断層画像は、合成処理される。制御部 7 0 は、例えば、同一の走査ラインにて取得された複数の断層画像を合成処理（例えば、加算平均処理）する。結果として、合成画像が、走査ライン毎に取得される。なお、加算平均処理によれば、スペckルノイズが抑制され、かつ、コントラストに優れた断層画像が取得される。

10

【 0 0 6 4 】

制御部 7 0 は、第 1 の走査制御にて取得された断層画像（以下、第 1 の断層画像）をテンプレート画像として、第 2 の走査制御にて取得された複数の断層画像（以下、第 2 の断層画像）を合成することによって、画像合成データ（例えば、加算平均データ）を得る。得られた画像合成データは、メモリ 7 2 に記憶される。

【 0 0 6 5 】

なお、画像を複合する際、制御部 7 0 は、第 1 の断層画像に対する第 2 の断層画像の位置ずれを画像処理によって検出し、その検出結果に基づいて断層画像間の位置合わせ（マッチング）を画像処理によって行ってもよい。このような処理によって、断層画像間の位置ずれが補正される。なお、位置合わせ手法については、例えば、特開 2 0 1 0 - 1 1 0 3 9 2 号公報を参照されたい（もちろん、位置ずれ補正手法は、これに限定されない）。画像間の位置ずれの検出方法としては、種々の画像処理手法（各種相関関数を用いる方法、フーリエ変換を利用する方法、特徴点のマッチングに基づく方法）の少なくともいずれかを用いることが可能である。

20

【 0 0 6 6 】

同一の走査ラインに関して、第 2 の断層画像は複数取得されているので、複数の第 2 の断層画像に含まれる各断層画像と、第 1 の断層画像とのマッチング処理が行われる。これによって、同一の走査ラインに関して取得された複数の断層画像は、第 1 の断層画像を基準として位置ずれが補正される。

30

【 0 0 6 7 】

例えば、制御部 7 0 は、第 1 の走査ライン S L 1 にて得られた第 1 の断層画像と、第 1 の走査ライン S L 1 にて得られた複数の第 2 の断層画像とのマッチングを行い、かつ、第 1 の断層画像と複数の第 2 の断層画像とを合成させる。これによって、制御部 7 0 は、第 1 の走査ライン S L 1 における画像合成データを取得する。同様に、制御部 7 0 は、他の走査ラインにおける画像合成データを取得できる。

【 0 0 6 8 】

得られた画像合成データは、メモリ 7 4 に記憶される。画像合成データは、加算平均画像自体であってもよいし、また、加算平均画像の基礎となる輝度情報（各画像の輝度を加算した輝度情報）であってもよい。

40

【 0 0 6 9 】

画像合成データとして、加算平均データを得る場合、制御部 7 0 は、例えば、断層画像を形成する深さ情報の実数成分と虚数成分の絶対値（画像化後の A スキャン信号）を利用することによって、複数の断層画像に基づく加算平均データを取得してもよい。また、制御部 7 0 は、各断層画像の基礎となる Z 空間での実虚成分を利用することによって、加算平均データを取得してもよい。制御部 7 0 は、実数成分の信号を用いて第 1 の加算平均データを得ると共に虚数成分の信号を用いて第 2 の加算平均データを得てもよい。制御部 7 0 は、第 1 と第 2 の加算平均データを合成することによって複数の断層画像に基づく加算平均データを取得してもよい。

【 0 0 7 0 】

50

< 3次元データの生成 >

本実施形態では、制御部70は、各走査ラインにて得られた計N個の画像合成データに基づいて、3次元OCTデータの形成処理を行う。3次元OCTデータの形成処理には、例えば、隣接する断層画像間の補間処理等の公知の技術が用いられる。制御部70は、得られた3次元データをメモリ74に記憶させる。

【0071】

上記制御による利点の一つとしては、第1の走査制御は各走査ラインの断層画像を1枚毎に取得するので、各ラインの断層画像を順次複数取得する場合と比較して短時間で各走査ラインの断層画像が取得される。よって、固視微動や顔の移動による微動の影響を受けにくいので、異なる走査ライン間での断層画像の位置ずれが生じる可能性が低い。例えば、被検眼眼底の形状に近い第1の3次元OCTデータ(断層画像セット)が得られる。

10

【0072】

したがって、第1の走査制御によって取得された断層画像をテンプレートとして、第2の走査制御によって得られた第2の3次元OCTデータ(複数の対象画像)を、走査ライン別にマッチングして合成することによって、被検眼眼底の形状に近い、かつ、合成された3次元OCTデータが得られる。例えば、加算平均データの場合、実際の被検眼眼底の形状に近く、かつ、各走査ラインの断層画像の画質が良好な3次元OCTデータが得られる。

【0073】

< 3次元OCTデータの解析 >

以下に、合成された3次元OCTデータの利用例を示す。

20

【0074】

例えば、制御部70は、合成された3次元OCTデータを画像処理によって解析し、解析結果を得てもよい。制御部70は、得られた解析結果を表示部75上に出力してもよい。解析結果としては、例えば、被検眼網膜層の少なくとも一つの厚み情報、眼底の特徴部位におけるサイズ情報(例えば、乳頭のC(カップ)/D(ディスク)比)等が考えられる。

【0075】

制御部70は、得られた解析結果を、解析マップとして表示部75上に出力してもよい。解析マップとしては、例えば、網膜厚マップ、脈絡膜厚マップ、等が考えられる。

30

【0076】

網膜厚マップは、被検眼の網膜厚の二次元的な分布を示すマップであってもよく、例えば、層厚に応じて色分けされる。網膜厚マップとしては、厚みマップ、比較マップ、デビエーションマップ、検査日比較厚み差分マップ等が考えられる。

【0077】

合成された3次元OCTデータは、実際の被検眼眼底の形状に近い第1の3次元OCTデータをテンプレートとして用いているので、各ライン間の解析結果のずれが少ない。例えば、加算平均された3次元OCTデータの場合、各ライン間の解析結果のずれが少ないことに加え、各走査ラインの断層画像の画質が良好であるので、3次元データの解析が精度よく行われ、良好な解析結果が取得される。

40

【0078】

なお、3次元OCTデータに対する解析結果の出力手法としては、解析マップに限定されず、例えば、制御部70は、得られた解析結果を、網膜層の二次元的な分布を領域毎の平均として求めた解析チャート(例えば、Gチャート、S/Iチャート、ETDRSチャート、TSNITチャート、等)として表示部75上に出力してもよい。

【0079】

< 3次元OCTデータからの断層画像の取得 >

例えば、制御部70は、予め取得された3次元OCTデータから断層画像を抽出(取得)してもよい。制御部70は、抽出された断層画像を、表示部75上に出力してもよい。

【0080】

50

ここで、制御部70は、例えば、眼底の正面画像であるOCT正面画像を3次元OCTデータから生成し、かつ、OCT正面画像を表示部75上に出力する。このような正面画像によれば、例えば、微小血管のコントラストを向上できる。

【0081】

OCT正面画像は、例えば、3次元OCTデータの各XY位置において、深さ方向の信号強度分布をZ方向に積算することによって得られる(いわゆる積算画像)。もちろん、OCT正面画像は、積算処理とは異なる処理によって取得されてもよい。また、OCT正面画像は、例えば、網膜表層OCT画像であってもよいし、または、一定の深さ位置での信号強度分布を示すCスキャン画像であってもよい。

【0082】

なお、制御部70は、前述のように取得された3次元OCTデータの基礎となるスペクトル信号の位相信号に基づいて正面画像を取得してもよい。例えば、制御部70は、干渉信号におけるゼロクロス点の数に応じて正面画像を生成する(例えば、特開2011-215134号公報)。この方式における正面画像について、眼底の傾きによって輝度ムラが生じる可能性がある。そこで、本実施例によれば、良好なテンプレートが得られるので、例えば、輝度ムラの少ない正面画像が取得されると共に、微小血管のコントラストが向上される。

【0083】

制御部70は、取得位置を設定するための設定ラインを、OCT正面画像上に重畳表示する。制御部70は、操作部74から操作信号を受け付け、設定ラインの表示位置を調整する。制御部70は、設定ラインの表示位置に対応する断層画像を、3次元OCTデータから抽出し、かつ、表示部75上に出力する。なお、設定ラインは、測定光の走査方向とは異なる方向(例えば、直交方向、斜め方向)であってもよい。

【0084】

合成された3次元OCTデータは、実際の被検眼眼底の形状に近い第1の3次元OCTデータをテンプレートとして用いているので、各ライン間の断層画像のずれが少ない。したがって、測定光の走査方向とは異なる方向に関する断層画像を表示する場合においても、良好な断層画像が表示される。

【0085】

例えば、加算平均された3次元OCTデータの場合、各ライン間の断層画像のずれが少ないことに加え、3次元OCTデータを形成する断層画像の画質が良好である。結果として、3次元OCTデータを取得した後であっても、検者は、任意の位置における断層画像を、良好な画質にて確認できる。したがって、例えば、断層画像からの病変の特定に有用である。

【0086】

なお、眼底正面画像としては、OCT正面画像に限定されない。眼底正面画像としては、例えば、眼底カメラ及びSLOの少なくともいずれかによって得られた眼底正面画像(以下、第2の正面画像として説明する)であってもよい。ここで、制御部70は、得られた第2の正面画像と3次元OCTデータとの間での対応関係を求める。例えば、制御部70は、前述のOCT正面画像と、第2の正面画像とを画像処理によってマッチングすることによって対応関係を求めてもよい。

【0087】

一例として、制御部70は、取得位置を設定するための設定ラインを、第2の正面画像上に重畳表示する。制御部70は、操作部74から操作信号を受け付け、設定ラインの表示位置を調整する。制御部70は、設定ラインの表示位置に対応する断層画像を、3次元OCTデータから取得し、かつ、表示部75上に出力する。

【0088】

なお、3次元OCTデータの利用例は、上述に限定されない。例えば、制御部70は、3次元OCTデータに基づいて3次元OCTグラフィック画像を構築し、表示部75上に出力してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 9 】

< 変容例 >

なお、第1の走査制御にて得られたテンプレート画像を用いて加算平均画像を得る場合、制御部70は、各走査ラインでの断層画像を得ている間、複数の対象画像を、指定加算枚数までリアルタイムで加算演算してもよい。また、各走査ラインでの断層画像が取得された後、加算演算を実施してもよい。指定加算枚数は、任意に変更できてもよい。

【 0 0 9 0 】

制御部70は、テンプレート画像に対し対象画像が適正か否かを判定し、判定結果に基づいて対象画像を取捨選択してもよい。例えば、制御部70は、テンプレート画像と対象画像との間で求められる相関値が許容範囲を満たさない場合には、画像合成の対象から除外してもよい。相関値が小さい場合、固視微動、装置と眼の間のずれ等を原因としてテンプレート画像と対象画像との間で撮影領域が大きく異なっている可能性が高いけれども、上記処理によって、その可能性を軽減できる。

10

【 0 0 9 1 】

なお、制御部70は、対象画像が適正でない判定された場合、他の走査ライン（例えば、隣接する走査ライン）のテンプレート画像に対し、対象画像が適正か否かを判定し、その結果、適正と判定された走査ラインにて取得された画像として対応づけてもよい。これにより、画像取得時間を効率化できる。

【 0 0 9 2 】

なお、対象画像が適正か否かの判定においては、これに限定されない。例えば、制御部70は、検出される位置ずれ量が許容範囲を超えた正面画像を、加算処理の対象から除外してもよい。

20

【 0 0 9 3 】

本実施形態は、マップ撮影に限定されない。例えば、互いに異なる複数の走査ラインが配列された走査パターンにおいて、本実施形態の適用が可能である。第1の走査制御では、制御部70は、各走査ラインに関して、それぞれ1回ずつ順に測定光を走査させる。第2の走査制御では、制御部70は、各走査ラインに関して、測定光を複数回走査させる。

【 0 0 9 4 】

互いに異なる複数の走査ラインが配列された走査パターンの例としては、クロス、又はラジアル、又はマルチライン等の広範囲スキャンが考えられる。クロススキャンでは、複数の走査ラインが縦横に直交する十字パターンが用いられる。ラジアルスキャンでは、複数の走査ラインが放射状に配列されたラジアルパターンが用いられる。マルチラインでは、互いに離間した複数の走査ラインが配列されたパターンが用いられる。

30

【 0 0 9 5 】

なお、制御部70は、OCT光学系100からの出力信号（スペクトル信号）をフーリエ変換し、フーリエ変換された後の信号を、OCT信号として取得してもよい。制御部70は、第1の走査制御によって取得された各走査ラインのOCT信号をテンプレートとして、第2の走査制御によって取得された各走査ラインの複数のOCT信号を複合処理する。OCT信号としては、例えば、フーリエ変換後の断層画像データ、又は、フーリエ変換後の位相情報データ、又は、フーリエ変換後のZ空間における信号強度データ等が取得されうる。

40

【 0 0 9 6 】

なお、上記においては、複数の断層画像に基づく画像合成処理として、加算平均処理を例示したが、これに限定されない。画像合成処理としては、例えば、制御部70は、複数の断層画像に基づいて超解像処理を行うようにしてもよい。これによって、実際の被検眼底の形状に近く、かつ、各走査ラインの断層画像の画質が良好な3次元OCTデータが得られる。

【 0 0 9 7 】

さらに、画像合成処理に限定されず、複数の断層画像に基づく画像複合処理において、本実施形態の適用は可能である。複合処理としては、例えば、画像合成処理の他、制御部

50

70は、複数のOCT信号における信号間の変化（例えば、位相変化、強度変化）を、複数のOCT信号に基づいて計測することによって、血流計測画像（ドップラーOCT画像）を取得してもよい。また、制御部70は、複数のOCT信号における偏光成分（S偏光、P偏光）を、複数のOCT信号に基づいて計測することによって、被検眼の偏光特性を示す画像を取得してもよい。つまり、本実施形態は、ドップラーOCT、偏光感受OCT等のOCTにおいても適用可能である。

【0098】

ドップラーOCT画像を得る場合において、例えば、制御部70は、前述の第1の走査制御と第2の走査制御にて各走査ラインでのOCT信号を取得すればよい。この場合、制御部70は、第2の走査制御において、ドップラー画像を得るために設定された走査回数（例えば、2回～4回）にて各走査ラインでの走査を行う。制御部70は、時間的に異なるタイミングで取得された少なくとも2つのOCT信号に基づいて、ドップラーOCT画像を各走査ラインに関して取得する。制御部70は、例えば、各走査ラインに関するドップラーOCT画像に基づいて、眼底の血流に関する二次元分布情報を取得できる。なお、ドップラーOCT画像の取得手法の詳細については、例えば、BIOMEDICAL OPTICS EXPRESS P803～P821, Izatt et. 「Automated non-rigid registration and mosaicing for robust imaging of distinct retinal capillary beds using speckle variance optical coherence tomography」2013 OSA 1 June 2013 | Vol. 4, No. 6等を参考にされたい。

【0099】

ドップラーOCT画像の取得において、本実施形態の制御を適用することによって、例えば、適正なテンプレートが取得されるので、ドップラーOCT画像を得る際の信号間の変化が良好に検出される。

【0100】

なお、上記例では、第1の走査制御にて得られたテンプレート画像を用いて、第2の走査制御にて得られた複数の対象画像を複合させる場合、制御部70は、複数の対象画像とテンプレート画像を含めて複合してもよいし、また、テンプレート画像を位置ずれ補正のテンプレートとしてのみ用い、複数の対象画像を複合させてもよい。

【0101】

なお、第1の走査制御を先に実行し、第2の走査制御を後に実行することによって、前述のテンプレート画像を用いた対象画像の取捨選択をスムーズに行うことができる。しかしながら、第1の走査制御と第2の制御の順番は、特に限定されない。

【0102】

なお、制御部70は、第1の走査制御と第2の走査制御との間において、各ラインに関する取得枚数の他、走査速度又は走査幅又は走査ライン間隔、受光素子の露光時間等の走査条件を変更してもよい。なお、制御部70は、例えば、第1の走査制御と第2の走査制御において共通の走査領域でのスキャンを行うことによって、複合画像を取得してもよい。この場合、第1の走査制御と第2の走査制御において、走査領域の一部、走査幅、走査ライン間隔、検出器（受光素子）の露光時間の少なくともいずれかが異なってもよい。なお、制御部70は、第1の走査制御と第2の走査制御との間において同一の走査位置、走査幅、走査ライン間隔に設定するようにしてもよい。

【0103】

また、制御部70は、互いに異なる各走査ラインに関してそれぞれ1回ずつ順に測定光を走査させる走査制御を複数回繰り返してもよい。ここで、制御部70は、例えば、複数回の走査制御のいずれかによって得られた各走査ラインの断層画像をテンプレートとして、複数回における他の走査制御によって得られた各走査ラインでの複数の断層画像を複合させてもよい。

【0104】

なお、第1の走査制御と第2の走査制御が別のスキャナで行われても良い。第1の走査制御と第2の走査制御において、測定光源が別であってもよい。別のスキャナの場合、第1の走査制御と第2の走査制御が同時に行われても良い。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 5 】

このような制御においても、例えば、加算平均画像の場合、被検眼眼底の形状に近く、かつ、各走査ラインの断層画像の画質が良好な3次元OCTデータが得られる。

【 0 1 0 6 】

なお、制御部70は、各走査ラインの断層画像に基づいて3次元OCTデータを生成し、生成された3次元OCTデータからOCT正面画像を取得するようにしてもよい。制御部70は、互いに異なる各走査ラインに関してそれぞれ1回ずつ順に測定光を走査させる第1走査制御を少なくとも実行する。制御部70は、第1走査制御によって取得された3次元OCTデータから、OCT正面画像(第1OCT正面画像)を生成する。制御部70は、他の走査制御によって複数取得された3次元OCTデータから、OCT正面画像(第2OCT正面画像)を複数生成する。制御部70は、第1OCT正面画像をテンプレートとして、複数の第2OCT正面画像間の位置ずれを補正するようにしてもよい。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 0 7 】

【 図 1 】 本実施形態に係る眼科撮影装置の構成について説明する概略構成図である。

【 図 2 】 表示部75に表示される表示画面の一例を示す図である。

【 図 3 】 第1の走査制御と第2の走査制御の一例を示すフローチャートである。

【 図 4 】 第1の走査制御と第2の走査制御の一例について説明する概略図である。

【 符号の説明 】

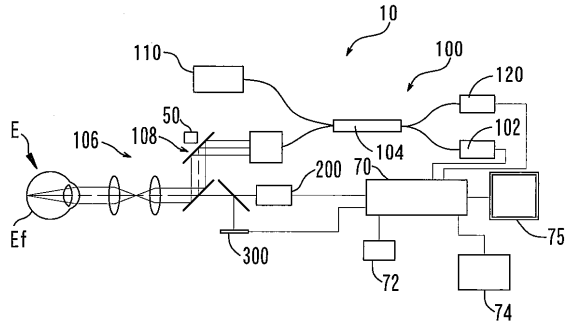
【 0 1 0 8 】

- 20 正面画像
- 25 走査パターン
- 30 断層画像
- 70 制御部
- 72 メモリ
- 74 操作部
- 75 表示部
- 100 OCT光学系
- 108 光スキャナ
- 200 観察光学系

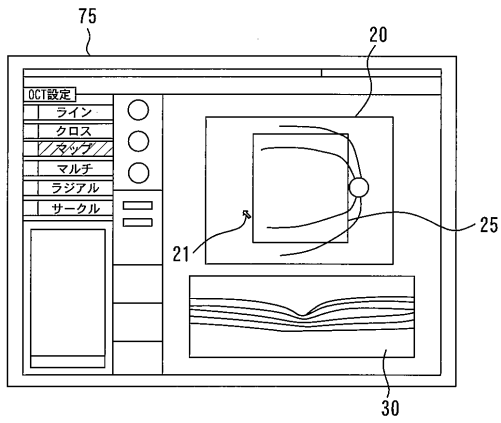
20

30

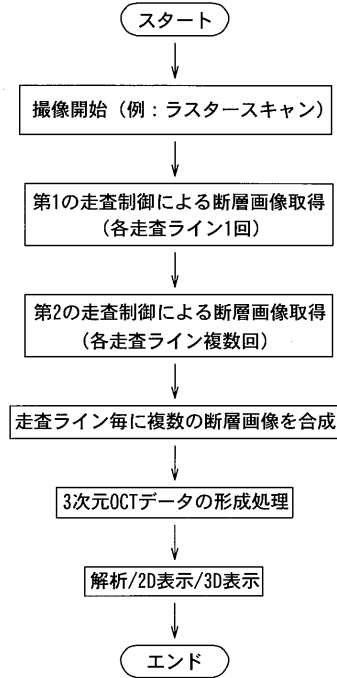
【図1】



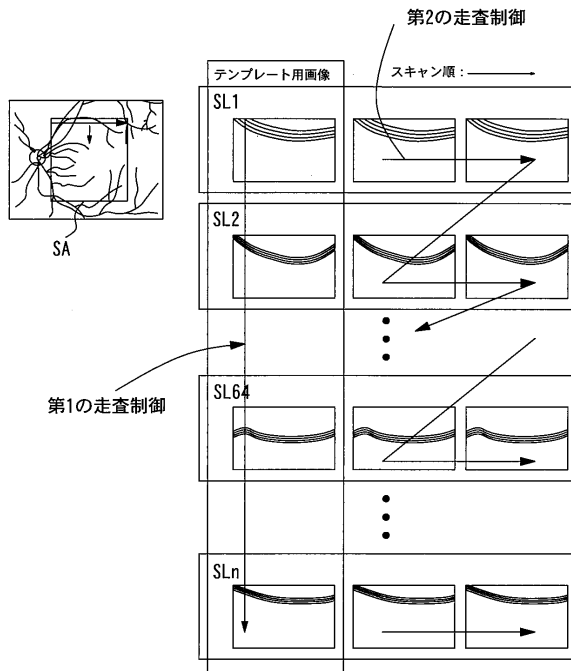
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

A 6 1 B 3 / 0 0 - 3 / 1 8