

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5901124号
(P5901124)

(45) 発行日 平成28年4月6日 (2016.4.6)

(24) 登録日 平成28年3月18日 (2016.3.18)

(51) Int. Cl.	F 1
A 6 1 B 3/10 (2006.01)	A 6 1 B 3/10 R
A 6 1 B 3/12 (2006.01)	A 6 1 B 3/12 E
G 0 1 N 21/17 (2006.01)	G 0 1 N 21/17 6 3 0

請求項の数 28 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2011-52292 (P2011-52292)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成23年3月10日 (2011.3.10)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2012-187230 (P2012-187230A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成24年10月4日 (2012.10.4)	(74) 代理人	100094112
審査請求日	平成26年3月3日 (2014.3.3)		弁理士 岡部 譲
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一
		(74) 代理人	100101498
			弁理士 越智 隆夫
		(74) 代理人	100107401
			弁理士 高橋 誠一郎
		(74) 代理人	100106183
			弁理士 吉澤 弘司
		(74) 代理人	100128668
			弁理士 齋藤 正巳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置およびその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

走査手段により被検眼で測定光を走査して前記被検眼の断層画像を取得する工程と、
異なる時間に前記被検眼の第1及び第2の眼底画像を取得する工程と、
前記第1の眼底画像から複数の特徴画像を抽出する工程と、
前記第2の眼底画像において、前記第1の眼底画像から抽出した前記複数の特徴画像に
対応する複数の特徴画像を探索する工程と、
前記抽出した複数の特徴画像の位置関係と前記探索した複数の特徴画像の位置関係との
空間変化があるか否かを判断する工程と、
前記空間変化が所定の条件を満たすと判断された場合に、前記第1の眼底画像と前記第
2の眼底画像とのずれ量を低減するように前記走査手段を制御する工程と、
前記空間変化が前記所定の条件を満たさないと判断された場合に、前記第1の眼底画像
と前記第1及び第2の眼底画像とは異なる時間に取得された前記被検眼の第3の眼底画像
とのずれ量を低減するように前記走査手段を制御する工程と、
を有することを特徴とする撮像装置の制御方法。

【請求項 2】

前記抽出する工程において抽出される前記複数の特徴画像が3か所以上であることを特
徴とする請求項1に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項 3】

前記空間変化が、前記探索された複数の特徴画像において選択された特徴画像の間の距

10

20

離又は前記探索された複数の特徴画像の間を結ぶ2つの線分のなす角の変化として前記空間変化を算出する工程を含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項4】

前記複数の特徴画像が4か所以上であり、前記空間変化の計算は、少なくとも1対の前記探索された特徴画像の間での距離の変化として求められることを特徴とする請求項3に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項5】

前記複数の特徴画像が4か所以上であり、前記空間変化の計算は、前記眼底画像において対角に位置し、且つ前記探索された複数の特徴画像の間を結ぶ2本の対角線のなす角の変化として求められることを特徴とする請求項3に記載の撮像装置の制御方法。

10

【請求項6】

前記探索された複数の特徴画像において選択された特徴画像の間の距離に基づいて、前記空間変化を算出する工程を含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項7】

前記探索された複数の特徴画像の間を結ぶ2つの線分のなす角に基づいて、前記空間変化を算出する工程を含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項8】

前記抽出した複数の特徴画像に対する前記探索した複数の特徴画像の移動量を、前記探索された複数の特徴画像の重心の移動として前記空間変化を計算することを特徴とする請求項1乃至7の何れか一項に記載の撮像装置の制御方法。

20

【請求項9】

前記空間変化が所定の値より大きいと判断された場合に、前記特徴画像との一致の探索にて得られる前記特徴画像を得た際の前記眼底画像と同時に取得した断層画像を廃棄することを特徴とする請求項1乃至8の何れか一項に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項10】

走査手段により被検眼で測定光を走査して前記被検眼の断層画像を取得する工程と、異なる時間に前記被検眼の第1及び第2の眼底画像を取得する工程と、前記第1の眼底画像から複数の特徴画像を抽出する工程と、前記第2の眼底画像において、前記第1の眼底画像から抽出した前記複数の特徴画像に対応する複数の特徴画像を探索する工程と、前記抽出した複数の特徴画像の位置関係と前記探索した複数の特徴画像の位置関係との空間変化があるか否かを判断する工程と、前記空間変化が所定の条件を満たすと判断された場合に、前記第1の眼底画像と前記第2の眼底画像とのずれ量を低減するように前記走査手段を制御する工程と、前記空間変化が前記所定の条件を満たさないと判断された場合に、前記第2の眼底画像が取得されるタイミングで取得された前記断層画像を廃棄する工程と、を有することを特徴とする撮像装置の制御方法。

30

【請求項11】

走査手段により被検眼で測定光を走査して前記被検眼の断層画像を取得する工程と、異なる時間に前記被検眼の第1及び第2の眼底画像を取得する工程と、前記第1の眼底画像から複数の特徴画像を抽出する工程と、前記第2の眼底画像において、前記第1の眼底画像から抽出した前記複数の特徴画像に対応する複数の特徴画像を探索する工程と、前記抽出した複数の特徴画像の位置関係と前記探索した複数の特徴画像の位置関係との空間変化があるか否かを判断する工程と、前記空間変化が所定の条件を満たすと判断された場合に前記第1の眼底画像と前記第2の眼底画像とのずれ量を低減するように前記走査手段を制御する工程と、を有することを特徴とする撮像装置の制御方法。

40

50

【請求項 1 2】

前記空間変化が閾値未満である場合に前記空間変化が前記所定の条件を満たすと判断され、前記空間変化が閾値以上である場合に前記空間変化が所定の条件を満たさないと判断されることを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 の何れか一項に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項 1 3】

前記空間変化が所定の条件を満たすと判断された場合に、前記断層画像の取得の終了前に、前記第 1 の眼底画像と前記第 2 の眼底画像とのずれ量を低減するように前記断層画像の取得時において前記走査手段が制御されることを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 の何れか一項に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項 1 4】

走査手段により被検眼で測定光を走査して前記被検眼の断層画像を取得する工程と、
異なる時間に前記被検眼の第 1 及び第 2 の眼底画像を取得する工程と、
前記第 1 の眼底画像から複数の特徴画像を抽出する工程と、
前記第 2 の眼底画像において、前記第 1 の眼底画像から抽出した前記複数の特徴画像に対応する複数の特徴画像を探索する工程と、
前記探索する工程における探索結果に基づいて前記第 1 の眼底画像と前記第 2 の眼底画像とのずれ量を低減するように前記走査手段を制御する動作を実行しないことを決定する工程と、
を有することを特徴とする撮像装置の制御方法。

【請求項 1 5】

前記探索結果が所定の条件を満たす場合に前記第 1 の眼底画像及び前記第 2 の眼底画像に基づいて前記動作を実行する工程と、
前記探索結果が前記所定の条件を満たさない場合に前記第 1 の眼底画像と前記第 1 の眼底画像及び第 2 の眼底画像とは異なる時間に取得された前記被検眼の第 3 の眼底画像とのずれ量を低減するように前記走査手段を制御する工程と、
を更に有することを特徴とする請求項 1 4 に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項 1 6】

前記探索結果を示す値が閾値未満である場合に前記探索結果が前記所定の条件を満たすと判断し、前記探索結果を示す値が前記閾値以上である場合に前記探索結果が前記所定の条件を満たさないと判断する工程を更に有することを特徴とする請求項 1 5 に記載の撮像装置の制御方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至 1 6 の何れか一項に記載の撮像装置の制御方法の各工程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。

【請求項 1 8】

走査手段により被検眼で測定光を走査して断層画像を取得する断層画像取得部と、
異なる時間に前記被検眼の第 1 及び第 2 の眼底画像を取得する眼底画像取得部と、
前記第 1 の眼底画像から複数の特徴画像を抽出する抽出手段と、
前記第 2 の眼底画像において、前記第 1 の眼底画像から抽出した前記複数の特徴画像に対応する複数の特徴画像を探索する探索手段と、
前記抽出した複数の特徴画像の位置関係と前記探索された複数の特徴画像の位置関係と、の空間変化があるか否かを判断する判断手段と、
前記空間変化が所定の条件を満たすと判断された場合に前記第 1 の眼底画像及び前記第 2 の眼底画像とのずれ量を低減するように前記走査手段を制御し、前記空間変化が前記所定の条件を満たさないと判断された場合に前記第 1 の眼底画像と前記第 1 及び第 2 の眼底画像とは異なる時間に取得された前記被検眼の第 3 の眼底画像とのずれ量を低減するように前記走査手段を制御する制御手段と、
を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 1 9】

前記探索された複数の特徴画像において選択された特徴画像の間の距離に基づいて、前

10

20

30

40

50

記空間変化を算出する算出手段を更に有することを特徴とする請求項 18 に記載の撮像装置。

【請求項 20】

前記探索された複数の特徴画像の間を結ぶ 2 つの線分のなす角に基づいて、前記空間変化を算出する算出手段を更に有することを特徴とする請求項 18 に記載の撮像装置。

【請求項 21】

前記制御手段は、前記空間変化が所定の値より大きいと判断された場合に、前記特徴画像との一致の探索にて得られる前記特徴画像を得た際の前記眼底画像と同時に取得した断層画像を廃棄することを特徴とする請求項 18 乃至 20 の何れか一項に記載の撮像装置。

【請求項 22】

走査手段により被検眼で測定光を走査して断層画像を取得する断層画像取得部と、異なる時間に前記被検眼の第 1 及び第 2 の眼底画像を取得する眼底画像取得部と、前記第 1 の眼底画像から複数の特徴画像を抽出する抽出手段と、前記第 2 の眼底画像において、前記第 1 の眼底画像から抽出した前記複数の特徴画像に対応する複数の特徴画像を探索する探索手段と、前記抽出した複数の特徴画像の位置関係と前記探索された複数の特徴画像の位置関係と、の空間変化があるか否かを判断する判断手段と、前記空間変化が所定の条件を満たすと判断された場合に前記第 1 の眼底画像と前記第 2 の眼底画像とのずれ量を低減するように前記走査手段を制御し、前記空間変化が前記所定の条件を満たさないと判断された場合に前記第 2 の眼底画像が取得されるタイミングで取得された前記断層画像を廃棄する制御手段と、を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 23】

走査手段により被検眼で測定光を走査して断層画像を取得する断層画像取得部と、異なる時間に前記被検眼の第 1 及び第 2 の眼底画像を取得する眼底画像取得部と、前記第 1 の眼底画像から複数の特徴画像を抽出する抽出手段と、前記第 2 の眼底画像において、前記第 1 の眼底画像から抽出した前記複数の特徴画像に対応する複数の特徴画像を探索する探索手段と、前記抽出した複数の特徴画像の位置関係と前記探索された複数の特徴画像の位置関係と、の空間変化があるか否かを判断する判断手段と、前記空間変化が所定の条件を満たすと判断された場合に前記第 1 の眼底画像と前記第 2 の眼底画像とのずれ量を低減するように前記走査手段を制御する制御手段と、を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 24】

前記空間変化が閾値未満である場合に前記空間変化が前記所定の条件を満たすと判断され、前記空間変化が閾値以上である場合に前記空間変化が所定の条件を満たさないと判断されることを特徴とする請求項 18 乃至 23 の何れか一項に記載の撮像装置。

【請求項 25】

前記制御手段は、前記空間変化が所定の条件を満たすと判断された場合に、前記断層画像取得部による前記断層画像の取得の終了前に、前記第 1 の眼底画像と前記第 2 の眼底画像とのずれ量を低減するように前記断層画像の取得時において前記走査手段を制御することを特徴とする請求項 18 乃至 24 の何れか一項に記載の撮像装置。

【請求項 26】

走査手段により被検眼で測定光を走査して断層画像を取得する断層画像取得部と、異なる時間に前記被検眼の第 1 及び第 2 の眼底画像を取得する眼底画像取得部と、前記第 1 の眼底画像から複数の特徴画像を抽出する抽出手段と、前記第 2 の眼底画像において、前記第 1 の眼底画像から抽出した前記複数の特徴画像に対応する複数の特徴画像を探索する探索手段と、前記探索手段による探索結果に基づいて前記第 1 の眼底画像と前記第 2 の眼底画像とのずれ量を低減するように前記走査手段を制御する動作を実行しないことを決定する決定手

10

20

30

40

50

段と、

を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 2 7】

前記探索結果が所定の条件を満たす場合に前記第 1 の眼底画像及び前記第 2 の眼底画像に基づいて前記動作を実行し、前記探索結果が前記所定の条件を満たさない場合に前記第 1 の眼底画像と前記第 1 の眼底画像及び第 2 の眼底画像とは異なる時間に取得された前記被検眼の第 3 の眼底画像とのずれ量を低減するように前記走査手段を制御する動作を実行する手段を更に有することを特徴とする請求項 2 6 に記載の撮像装置。

【請求項 2 8】

前記探索結果を示す値が閾値未満である場合に前記探索結果が前記所定の条件を満たすと判断し、前記探索結果を示す値が前記閾値以上である場合に前記探索結果が前記所定の条件を満たさないと判断する判断手段を更に有することを特徴とする請求項 2 7 に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、撮像装置およびその制御方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

近年、眼底の断層像が取得できる OCT (Optical Coherence Tomography) 装置が重要になっている。それは、眼底の断層構造が非侵襲で高分解能に観察できる事が要因の一つである。中でも高速で高感度に測定のできる SD-OCT (Spectral Domain) が市場の中心である。これら SD-OCT 装置には眼底カメラや SLO (Scanning Laser Ophthalmoscope) が装備され、高機能化が進んでいる。

【0 0 0 3】

一方、早期診断、早期治療から微小の腫瘍や異常を検出する為、断層像の高画質化が求められている。高画質化を達成するための手段として、眼球の移動に OCT ビームを追従させる装置 (特許文献 1) が公開されている。特許文献 1 では、OCT 装置に眼球の移動を検出する為の装置を付加している。その装置は眼底の視神経乳頭を追尾し、リアルタイムで追尾用スキャナを制御する事で、所望の場所の断層像の取得が容易になるとしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特表 2 0 0 4 - 5 1 2 1 2 5

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

ただし、眼球の運動には様々なものがあり、以下のように分類される。高速な直線状の動きであるマイクロサッケード、ややゆっくりとした動きのドリフト、そして、ドリフトしている際に高速で微小振動するトレモアである。この運動の移動速度、頻度は各個人に依存するが、マイクロサッケードは数 mm/s ec 程度とも言われ、1 0 0 μm/s ec 程度のドリフトとは桁違いの速さである。マイクロサッケードの周期は数秒間に 1、2 回程度である。ドリフトは常に動き続けている。トレモアは振幅 5 μm の小さい動きではあるが 1 0 0 H z 程度の周期で運動している。

【0 0 0 6】

このうち、眼底画像を用いて眼球の運動を検出するとき、マイクロサッケードは眼底画像を撮像する時間内に起こる場合がある。この現象が発生したときの眼底画像をもとにスキャナを動かすと、想定外の位置にスキャナを移動することになる。そこで、眼底画像か

10

20

30

40

50

ら突発的な眼の動きを検知し、そのような状況にならないようにする必要がある。

【0007】

本発明の目的は、断層画像を取得する際に、計測光を被検体の動きに合わせる装置において、計測光の走査を適切に行うことにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明に係る撮像装置の制御方法は、異なる時間に被検眼の第1及び第2の眼底画像を取得する工程と、前記第1の眼底画像から複数の特徴画像を抽出する工程と、前記第2の眼底画像において、前記第1の眼底画像から抽出した複数の特徴画像に対応する複数の特徴画像を探索する工程と、前記抽出した前記複数の特徴画像の位置関係と前記探索した複数の特徴画像の位置関係との空間変化があるか否かを判断する工程と、前記空間変化が所定の条件を満たすと判断された場合に前記第1の眼底画像及び前記第2の眼底画像に基づいて前記被検眼を追尾する工程と、前記空間変化が前記所定の条件を満たさないと判断された場合に前記第1の眼底画像と前記第1及び第2の眼底画像とは異なる時間に取得された前記被検眼の第3の眼底画像とに基づいて前記被検眼を追尾する工程と、を有することを特徴とする。

10

また、上記課題を解決するために、本発明に係る撮像装置の制御方法は、異なる時間に被検眼の第1及び第2の眼底画像を取得する工程と、前記第1の眼底画像から複数の特徴画像を抽出する工程と、前記第2の眼底画像において、前記第1の眼底画像から抽出した前記複数の特徴画像に対応する複数の特徴画像を探索する工程と、前記抽出した複数の特徴画像の位置関係と前記探索した複数の特徴画像の位置関係との空間変化があるか否かを判断する工程と、前記空間変化が所定の条件を満たすと判断された場合に前記第1の眼底画像及び前記第2の眼底画像に基づいて前記被検眼を追尾する工程と、を有することを特徴とする。

20

【0009】

また、上記課題を解決するために、本発明に係る撮像装置は、異なる時間に被検眼の第1及び第2の眼底画像を取得する眼底画像撮像部と、前記第1の眼底画像から複数の特徴画像を抽出する抽出手段と、前記第2の眼底画像において、前記第1の眼底画像から抽出した前記複数の特徴画像に対応する複数の特徴画像を探索する探索手段と、前記抽出した複数の特徴画像の位置関係と前記探索された複数の特徴画像の位置関係と、の空間変化があるか否かを判断する判断手段と、前記空間変化が所定の条件を満たすと判断された場合に前記第1の眼底画像及び前記第2の眼底画像に基づいて前記被検眼を追尾し、前記空間変化が前記所定の条件を満たさないと判断された場合に前記第1の眼底画像と前記第1及び第2の眼底画像とは異なる時間に取得された前記被検眼の第3の眼底画像とに基づいて前記被検眼を追尾する制御手段と、を有することを特徴とする。

30

また、上記課題を解決するために、本発明に係る撮像装置は、異なる時間に被検眼の第1及び第2の眼底画像を取得する眼底画像撮像部と、前記第1の眼底画像から複数の特徴画像を抽出する抽出手段と、前記第2の眼底画像において、前記第1の眼底画像から抽出した前記複数の特徴画像に対応する複数の特徴画像を探索する探索手段と、前記抽出した複数の特徴画像の位置関係と前記探索された複数の特徴画像の位置関係と、の空間変化があるか否かを判断する判断手段と、前記空間変化が所定の条件を満たすと判断された場合に前記第1の眼底画像及び前記第2の眼底画像に基づいて前記被検眼を追尾する制御手段と、を有することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、断層像を取得するときに適切な走査の制御をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の実施例1における光断層撮像装置の光学系構成の概略図である。

【図2】本発明の実施例1における信号処理のフローチャートである。

50

【図 3】本発明の実施例 1 におけるパターンマッチングを説明するための図である。

【図 4】本発明の実施例 2 における信号処理のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

[実施例 1]

以下、本発明の実施例 1 について説明する。本実施例では、内部固視灯を有し、眼底画像の取得に SLO 撮像部を用い、SLO 撮像部で取得した眼底画像から眼球の移動量を求め、結果を OCT 撮像部に反映し、断層像を取得する。

【0013】

(OCT 撮像部の構成)

図 1 は、本実施例における撮像装置の光学系構成の概略図である。光源として、低コヒーレント光源 101 を用いる。光源 101 は SLD 光源 (Super Luminescent Diode) や、ASE 光源 (Amplified Spontaneous Emission) を用いることができる。低コヒーレント光としては、850nm 近傍および 1050nm 近傍の波長が眼底撮像に用いられる。本実施例では、中心波長 840nm、波長半値幅 45nm の SLD 光源を用いる。

【0014】

低コヒーレント光源 101 から出射される低コヒーレント光はファイバを経由して、ファイバカプラ 102 に入り、計測光 (OCT ビーム) と参照光に分けられる。ここではファイバを用いた干渉計構成を記載しているが、空間光光学系でビームスプリッタを用いた構成としてもかまわない。

【0015】

計測光は、ファイバ 103 を介して、ファイバコリメータ 104 から平行光となって出射される。出射された計測光は、OCT スキャナ (Y) 105、リレーレンズ 106、107 を経由し、さらに OCT スキャナ (X) 108 を通り、ダイクロイックビームスプリッタ 109 を透過しスキャンレンズ 110、ダイクロイックミラー 111、そして、接眼レンズ 112 を通り被検眼 121 を照射する。ここで、OCT スキャナ (X) 108 および (Y) 105 は、ガルバノスキャナを用いている。被検眼 121 における計測光は、網膜で散乱および反射され戻り光として、同一光路を通りファイバカプラ 102 に戻る。

【0016】

参照光は、ファイバカプラ 102 からファイバコリメータ 113 に導かれ、平行光となり出射される。出射された参照光は、分散補正ガラス 114 を通り、光路長可変ステージ 115 上の参照ミラー 116 により反射される。参照ミラー 116 により反射された参照光は、同一の光路をたどり、ファイバカプラ 102 に戻る。

【0017】

ファイバカプラ 102 で、戻ってきた戻り光および参照光が合波光となり、ファイバコリメータ 117 に導かれる。合波光は、分光器によって、波長毎の強度情報となって計測される。ファイバコリメータ 117、グレーティング 118、レンズ 119、ラインセンサ 120 によって、分光器が構成されている。ラインセンサ 120 によって計測された波長毎の強度情報は、PC 125 に転送され、被検眼の断層像として生成される。

【0018】

OCT 測定においては、固視を安定させるため、固視灯 150 を用いる。固視灯 150 は発光ダイオード (LED) がマトリックス状に配置されたものを用いる。発光ダイオードの点灯位置を、PC 125 の制御により撮像したい部位に合わせて変更する。発光ダイオードは 500nm の波長で、固視灯から出射されたビームは、レンズ 151 とダイクロイックミラー 111 を経由し、被検眼 121 に照射される。ダイクロイックミラー 111 は、スキャンレンズ 110 と接眼レンズ 112 の間に位置し、短波長 (500nm 程度) の光と OCT ビーム、SLO ビーム (700nm 以上) を波長分離する。

【0019】

(SLO 撮像部の構成)

次に、眼底画像を取得するSLO撮像部の光学系構成に関して説明する。レーザ光源130は、半導体レーザやSLD光源を用いることができる。この波長は、ダイクロイックビームスプリッタ109によって、OCT用の低コヒーレント光源101の波長と分離できればよい。一般的には眼底画像の画質として良好な、700nm~1000nmの近赤外の波長域が用いられるが、本実施例においては、波長分離の可能な波長760nmの半導体レーザを用いる。

【0020】

レーザ光源130から出射されたレーザビーム（SLOビーム）はファイバ131を介して、ファイバコリメータ132から平行光となって出射され、穴あきミラー133、レンズ134を介し、SLOスキャナ（Y）135に導かれる。レンズ136、137を介し、SLOスキャナ（X）138を通過し、ダイクロイックビームスプリッタ109で反射され、ターゲットの被検眼121に入射する。ダイクロイックビームスプリッタ109は、OCTビームを透過し、SLOビームを反射するように構成しておく。OCT撮像部と同様、SLO撮像部のスキャナはガルバノスキャナを用いている。被検眼121に入射したSLOビームは、被検眼121の眼底に照射される。このビームが、被検眼121の眼底で反射あるいは散乱され、同一光路をたどり、穴あきミラー133まで戻る。穴あきミラー133の位置は、被検眼121の瞳孔位置と共役になっており、眼底に照射されているビームの内、後方散乱した光のうち、瞳孔周辺部を通った光が、穴あきミラー133によって反射され、レンズ139により光検出素子140上に結像する。光検出素子140は例えばAPD（アバランシェフォトダイオード）である。光検出素子140の強度情報に基づき、眼底の平面画像を生成する。本実施例では、眼底にあるスポット径のビームを照射しスキャンする事で眼底画像を得るSLOを用いたが、ラインビームを用いるLSLO（Line SLO）構成であっても構わない。

【0021】

PC125は、OCTスキャナ、光路長可変ステージ115、ラインセンサ120、SLOスキャナ、光検出素子140、固視灯150などの制御・データ取得を行うだけでなく、信号処理やデータの取り出し・保存などを行う。

【0022】

（信号処理）

図2のフローチャートを用いて信号処理について説明する。ここは、SLO撮像部とOCT撮像部が同じフレームレートの場合である。SLO撮像部とOCT撮像部による撮像はほぼ同じタイミングで行われ、SLO撮像部からの眼底画像を基に、OCT撮像部による断層像の撮像での撮像位置を制御する。

【0023】

S1工程で、測定を開始する。この状態では撮像装置が起動されていて、被検眼121が測定位置に配置されている。そして、OCT撮像部で撮像するモードが選択されている。モードとは測定範囲、測定位置、繰り返し回数などである。ここは、網膜上の同じ位置を50回撮像するモードを例にとって説明する。

【0024】

S2工程で、眼底画像と断層像の撮像前調整を行う。断層像の撮像の前に撮像装置と被検眼のアライメントが必要となる。SLO撮像部によって取得した眼底画像を見ながら、眼底画像が明瞭に見えるように被検眼121と撮像装置（特に光学系）の距離およびスキャンレンズ110の位置の調整を行う。次に所望の領域が測定できるように固視灯の点灯位置を移動させる。さらにOCT撮像部による断層像の撮像で必要な範囲を含むように光路長可変ステージ115の調整を行う。この工程でSLO撮像部による眼底画像から複数の特徴領域を抽出してテンプレートとして保存する。ここでは4つの領域を抽出する場合について説明するが、2か所以上であれば良い。なお、後述するように眼底画像を4つの象限に分割してパターンマッチングを行う場合対角に位置する象限中から特徴領域を抽出することが好ましく、この状態でのマイクロサッケードを好適に検出するためには、更に他の象限から特徴領域を抽出して、3か所以上の特徴領域を用いることがより好ましい。

抽出する領域が多いほど正確にマイクロサッケードなどの急激な動きを正確に検出できる可能性が高くなるが、計算時間が増える。なお、以上の特徴画像を抽出する工程は、本発明においてPC125の抽出手段として機能する領域により実行される。

【0025】

ここで、特徴領域の抽出について、第1の眼底画像にあたる図3の眼底画像301を用いて説明する。眼底画像は縦600×横800画素とする。スキャナによる走査は図3(a)の左上から始まり、x軸を一往復させる毎にy軸を一ステップ移動させ、右下まで測定を行う。いわゆるx軸がファストスキャンで、y軸がスロースキャンである。眼底画像301には、乳頭302および血管303がある。取得した眼底画像は中心を原点として、x、y軸によって第1から第4まで4つの象限に分けられている。そして特徴領域はそれぞれの象限から1つずつ抽出する。特徴領域としては血管の分岐の場合で説明するが、当然乳頭など他の特徴であってもよい。特徴領域の大きさは、例えば50×50画素である。第1から第4の象限は、それぞれ304-307で示した領域である。特徴領域をテンプレートとして保存して、S3工程に進む。

10

【0026】

S3工程で、撮像スイッチが押されたかどうかの判断を行う。撮像スイッチが押されていればS4工程に進み、断層像撮像に移る。押されていないければS2工程の撮像前調整に戻り、撮像前の調整とテンプレートの抽出を行う。

【0027】

S4工程で、眼底画像と断層像を取得する。まず、眼底画像はSLO撮像部によって取得する。SLOスキャナ(X)138がファストスキャン、SLOスキャナ(Y)135がスロースキャンであり、xy平面の2次元の眼底画像が得られる。なおx方向に800画素、y方向に600画素であるとする。

20

【0028】

一方断層像はOCT撮像部によって取得する。OCTスキャナ(X)108がx軸を往復するファストスキャン、OCTスキャナ(Y)105はy軸で一定の値である。その結果、xz平面の2次元の断層像が得られる。なお、1回の撮像につき分光器からの出力を1000ライン得る。信号処理は、分光器の出力は波長に対して等間隔なので、波数に対して等間隔になるように変換する。次に、フーリエ変換を行う。必要部分を切り出して、xz平面の断層像(x方向に1000画素、z方向に500画素)となる。

30

【0029】

S5工程で、複数のテンプレートに対するパターンマッチングを行う。まず、第2の眼底画像として取得した眼底画像と各象限のテンプレートとのパターンマッチング処理を行う。パターンマッチングは一般的な方法を用いればよくここでは述べない。そして、各象限のマッチングした検出領域の座標として、その領域の中心座標($x_i(t)$, $y_i(t)$)を出力する。なおiは1-4の整数でそれぞれ4つの象限を示し、tはテンプレートを抽出したときからの時間である。このように、テンプレートと一致、マッチングする検出領域の有無或いは数をパターンマッチングにより検出する。マッチングしたものがない場合にはエラーを出力する。このエラーでは、すべてのテンプレートとマッチングしない場合や、1つのテンプレートとマッチングしない場合などがある。ここでは、1つ以上マッチングしない場合をエラーとする。なお、本発明において、前述した検出領域を検出する工程は、PC125において前述した特徴画像に対応する当該検出領域即ち探索領域を探索する工程を実施する探索手段として機能する領域により実行される。

40

【0030】

なお、エラーの発生を表示し、検者が被検者に動かないように注意できるようにしてもよい。また、エラーが生じているとの判断は、例えば特徴領域の縦横各々の画素数に対して所定の倍率を乗算得られる画素数、或いは所定の画素数を加算して得られる画素数等の、所定の値よりも中心座標がシフトしている等によってなされることが好ましい。

【0031】

S6工程で、マッチングのエラーが無いか判断する。エラーが無ければS7工程に進み

50

、エラーがあればS 4工程に戻る。なお、マッチングしない場合の原因として、眼が動き眼底画像にテンプレートと一致する部分が無い場合、テンプレートとして抽出した特徴領域で撮像中にマイクロサッケードなどが発生した場合、瞼を閉じた場合などである。エラーが発生した画像においては、同時に取得している断層像も同様に不適切な画像である可能性が高く、この断層像は取得した数にカウントしない。換言すれば、計算された空間変化が所定の値より大きい場合に、特徴領域との一致の検出に用いた検出領域を得た際の眼底画像と同時に取得した断層像は、廃棄される。以上の廃棄は、本発明においてP C 1 2 5において廃棄手段として機能する領域により実行される。また、抽出された特徴画像と、探索された抽出済みの特徴画像との位置関係により空間変化の有無が判断されるが、当該工程はP C 1 2 5における判断手段として機能する領域によって実行される。

10

【0032】

S 7工程で、マッチングした座標値間の空間変化を検出し、以下の数式を用いてこの変化の大きさを計算する。空間変化としては、特徴領域とマッチングするとして選択された検出領域の間での距離とこれら検出領域の対になるものを各々結んで得られる線分の交差によって形成される角度（線分のなす角）の変化として検出される。まず、距離は各象限のマッチングした検出領域間の距離とする。例えば、i 象限とj 象限のマッチングした座標値間の距離は、数式1にて表わすことができる。

【数1】

$$r_{ij}(t) = \sqrt{(x_i(t) - x_j(t))^2 + (y_i(t) - y_j(t))^2} \quad \text{数式 1}$$

20

【0033】

テンプレートを4つ用いる場合には、それらで形成する四角形の対角線の長さがその四角形の辺より長い。さらに、Y方向では取得時間が異なる。そのため、ここでは、第1象限と第3象限の対角線の $r_{13}(t)$ を用いる。当然、第2象限と第4象限の対角線であってもよいし、両方用いてもよいし、距離の長い方であってもよい。通常、マイクロサッケードの場合はどちらであっても検出できるはずである。ここで、距離変化は数式2のように表わすことができる。

【数2】

$$\Delta r_{13}(t) = r_{13}(t) - r_{13}(0) \quad \text{数式 2}$$

30

【0034】

次に、i 象限とj 象限のマッチングした検出領域を結ぶベクトルを数式3のように表現する。

【数3】

$$\overrightarrow{a_{ij}(t)} = (x_j(t) - x_i(t), y_j(t) - y_i(t)) \quad \text{数式 3}$$

【0035】

第1象限と第3象限、第2象限と第4象限における検出領域を結ぶそれぞれの対角線のなす角 θ_{308} は数式4で表わすことができる。

40

【数4】

$$\theta(t) = \cos^{-1} \frac{\overrightarrow{a_{21}(t)} \cdot \overrightarrow{a_{34}(t)}}{|\overrightarrow{a_{21}(t)}| |\overrightarrow{a_{34}(t)}|} \quad \text{数式 4}$$

【0036】

従って、対角線のなす角 θ の変化は数式5で表わすことができる。

【数5】

$$\Delta \theta(t) = \theta(t) - \theta(0) \quad \text{数式 5}$$

【0037】

50

S 8 工程で、閾値との比較を行う。閾値との比較は距離と角度それぞれであり、式 6-1、6-2 のように表わされる。

【数 6】

$$\Delta r_{13}(t) \leq R_{13} \quad \text{数式 6-1}$$

$$\Delta \theta(t) \leq T \quad \text{数式 6-2}$$

【0038】

以上述べたように、空間変化は、複数の検出領域の内の選択された検出領域の間の距離または選択された検出領域の間を結ぶ 2 つの線分のなす角の変化として求められる。また、この場合、複数の特徴領域が 4 か所以上であり、空間変化の計算は、少なくとも 1 対の検出領域の間での距離の変化であるとして求められることが好ましい。或いは、複数の特徴領域が 4 か所以上であり、空間変化の計算は、眼底画像において対角に位置する検出領域の間を結ぶ 2 本の対角線のなす角の変化として求められることが好ましい。

10

【0039】

ここで、ドリフトで眼が動いた場合を図 3 (b) で説明する。マッチングした検出領域は第 1 象限から第 3 象限まで順に 309-312 のようになる。ドリフトの場合、眼底画像は全体的に、平行移動または回転移動する。そのため、マッチングした検出領域間の距離および対角線のなす角に変化はない。この場合は、S 9 工程に進む。一方図 3 (c) のようにマイクロサッケードが破線で示す領域 313 に発生した場合を考える。血管が不自然に引き延ばされたようになっている。このとき、マッチングした座標値間の距離および 2 本の対角線のなす角 308 は、当初の値と異なり、数式 6-1、6-2 を満たさない。なお比較する値は、数式 1 および数式 4 において $t = 0$ の時の値の数%であったりする。

20

【0040】

この条件を満たさない場合、眼はすでに第一象限 304 および第二象限 305 のマッチングした検出領域の座標とは異なる位置に移動している。そのため、この眼底画像を用いてスキャナを補正しても所望の場所を撮像できる可能性が小さい。S 4 工程に戻り眼底画像を取り直し、眼の位置を確認する。ただし、第 3 象限 306 と第 4 象限 307 を用いて移動量を計算すれば、所望の領域を取得できる可能性はある。

【0041】

S 9 工程で、OCT スキャナの走査様式（走査開始位置、走査範囲等）を制御し、得られる断層画像を補正する。OCT スキャナの補正は、まず OCT スキャナの移動量を計算することによって行われる。ここでは、4 つの検出領域の重心に対しての変化量であるとする。テンプレートとマッチングした 4 つの領域の重心を $(x_m(t), y_m(t))$ とすると、数式 7 のような関係がある。

30

【数 7】

$$(x_m(t), y_m(t)) = \left(\frac{x_1(t) + x_2(t) + x_3(t) + x_4(t)}{4}, \frac{y_1(t) + y_2(t) + y_3(t) + y_4(t)}{4} \right) \quad \text{数式 7}$$

【0042】

従って、抽出領域に対する検出領域の移動量は数式 8 のように表わすことができる。

【数 8】

$$(\Delta x_m(t), \Delta y_m(t)) = (x_m(t) - x_m(0), y_m(t) - y_m(0)) \quad \text{数式 8}$$

40

【0043】

移動量を計算したのち、OCT スキャナを補正する。OCT スキャナの補正は x 方向および y 方向のオフセット量を変化させることによって行う。すなわち、特徴領域に対する検出領域の移動量を、検出領域の重心の移動として空間変化を計算することも可能である。

【0044】

S 10 工程で、終了条件を満たしているか判断する。終了条件とは必要な枚数（50 枚）が撮像できたか、または、測定を始めてあらかじめ設定した所定時間以上（例えば 2 分

50

）経過した場合にはエラーを出力して終了をする。終了条件を満たしていない場合はS4工程に戻って撮像を行う。S4からS10までの時間は例えば1回あたり40msec程度である。すなわち、50枚連続で撮影できれば2秒かかることになる。

【0045】

S11工程で、終了する。測定が終了すれば、被検眼を検査位置から外してもらい、後処理などを行う。後処理では、取得した各断層像の確認や、重ね合わせ処理などを行う。あるいは必要に応じてS1に戻り、別のモードで測定を行う。

【0046】

このように、眼底画像を略リアルタイムで解析することによって、マイクロサッケードが発生したかどうかを検出することができる。これによって、想定外の位置へのスキナの移動を排除することができる。このようにスキナを眼の動きに追尾させながら、さらに、無駄な撮像を排除して、所望の画像を必要枚数過不足なく得られる確率が向上する。

10

【0047】

なお、以上に述べた、眼底画像において、予め取得した複数の特徴領域と各々一致する複数の検出領域の座標値の計算、計算された前記複数の座標値の間における空間変化の計算、及びこの計算の結果に基づいて断層像撮像部が被検眼の断層像を撮像するために行う測定光の走査の制御、は、各々前述したPC125における座標値計算手段、空間変化計算手段、及び走査制御手段として各々機能する領域によって実行される。

【0048】

[実施例2]

20

ここでは、実施例1との差異のみについて説明する。実施例1との違いは、SLO撮像部による眼底画像とOCT撮像部による断層像の撮像が、互いに無関係に行われているものとする。それぞれの撮像フレーム数が異なる場合、撮像のタイミングはそれぞれ独立に行った方が無駄にならない。この信号処理について図4のフローチャートを用いて説明する。なお、眼底画像と断層像のフローチャートにおいて、一部共通の処理を用いているが、両者の時間的なタイミングを示すものではない。

【0049】

(信号処理)

S1工程で、測定を開始する。この状態では撮像装置が起動されていて、被検眼が測定位置に配置されている。

30

【0050】

S2工程で、眼底画像および断層像の撮像前調整を行う。この過程で4つのテンプレートを抽出しておく。

【0051】

S3工程で、撮像スイッチが押されているかどうかを判断する。押されている場合は、眼底画像の撮像はA1工程、断層像の撮像はB1工程に進む。

【0052】

まず、眼底画像の撮像ループを説明する。眼底画像の撮像は1フレームあたり5msecであるとする。

【0053】

40

A1工程で、眼底画像を撮像する。眼底画像はSLO撮像部によって取得する。SLOスキナ(X)138がファストスキナ、SLOスキナ(Y)135がスロースキナであり、xyの2次元の眼底画像が得られる。結果としてx方向に800画素、y方向に600画素の画像が得られる。

【0054】

A2工程で、眼底画像とテンプレートのマッチング評価を行う。テンプレートとマッチングしないものがあればエラーを出力する。

【0055】

A3工程で、エラーの有無を判断する。マッチング評価によって、エラーがある場合は、A6工程に進む。その時、OCTスキナを補正しないので移動量は現在の値をそのま

50

ま出力する。エラーがない場合はA 4工程に進む。

【0056】

A 4工程で、空間変化を検出する。マッチングした検出領域から数式2、数式5によって空間変化を検出する。

【0057】

A 5工程で、閾値比較と比較する。数式6-1および6-2を満たすかどうかを評価する。

【0058】

A 6工程で、移動量計算を行う。空間変化が閾値より小さい場合は、数式8に基づいて移動量を計算する。空間変化が閾値より大きい場合は移動量を現在の値のまま出力する。

10

【0059】

次に、断層像の撮像ループを説明する。OCT撮像部による撮像は1フレームあたり25 msecであるとする。

【0060】

B 1工程で、OCTスキヤナの補正を行う。OCTスキヤナの補正はA 6工程からの移動量の計算結果を参照することによって行う。OCTスキヤナの補正はx方向、y方向ともにオフセットを変える。なお、x方向に1000ラインのデータを取得するときは、200ライン毎に補正が更新されることになる。

【0061】

B 2工程で、OCTスキヤナの移動（正確には角度の変更）を行う。OCTスキヤナの移動はx方向に一ステップである。

20

【0062】

B 3工程で、ラインデータを取得する。

【0063】

B 4工程で、断層像が取得できたかどうかを判断する。すべてのラインのデータの取得が完了していれば、B 10工程に進む。このときxに1000画素、zに500画素の断層像を得ることができる。終了していなければB 1工程に戻る。

【0064】

S 10工程で、所望の枚数の取得が終わったかどうかを判断する。所望の枚数を取得していない場合、眼底画像撮像はA 1に戻る。一方断層像撮像はB 1に戻る。それぞれの撮像が終わった場合または、測定時間が規定より長くなった場合には終了処理を行う。

30

【0065】

S 11工程で、終了する。

【0066】

このように、眼底画像を略リアルタイムで解析することによって、想定外の位置へのスキヤナの移動を排除することができる。また、SLO撮像部による眼底画像の取得がOCT撮像部による断層像の取得より十分早ければより細かなスキヤナの補正が可能になる。

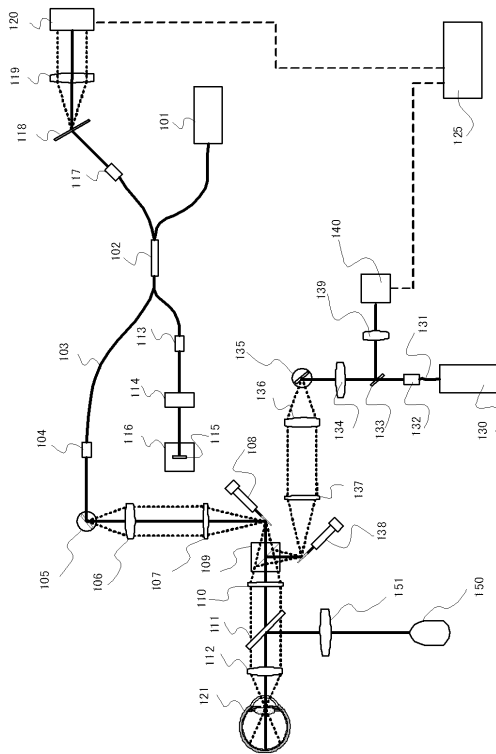
【0067】

（その他の実施例）

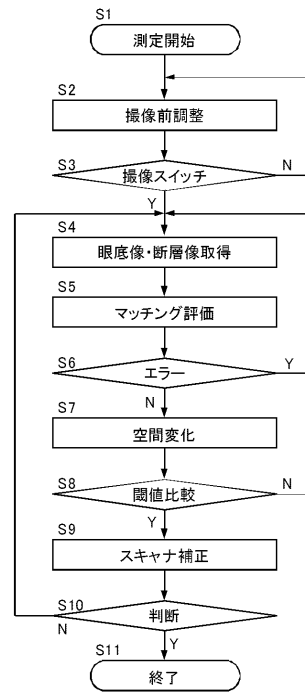
また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア（プログラム）を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU等）がプログラムを読み出して実行する処理である。

40

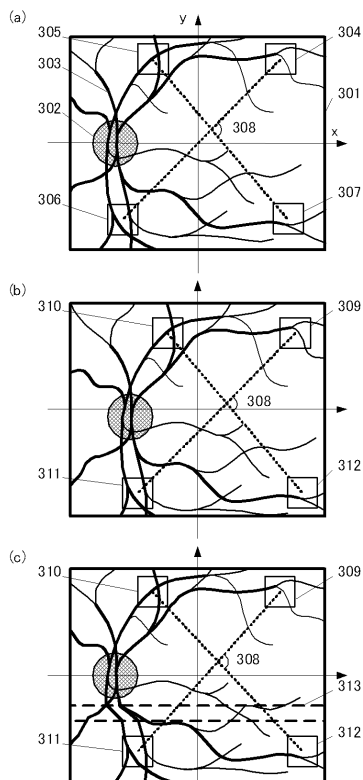
【図 1】



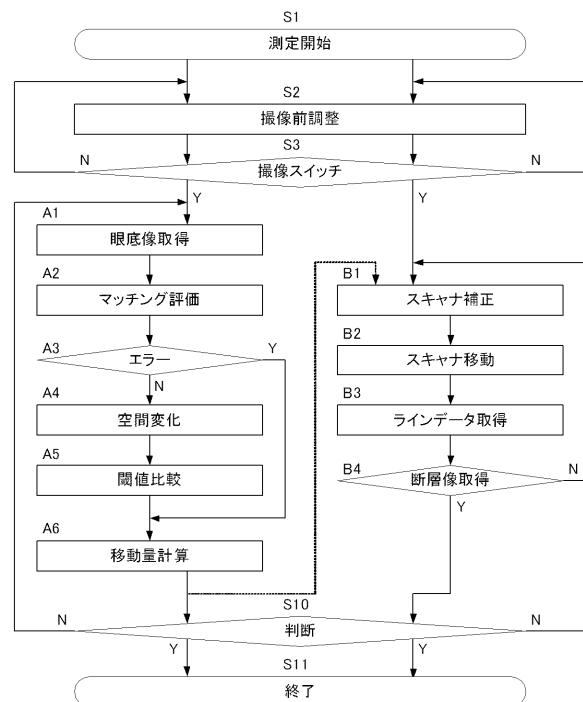
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(74)代理人 100134393

弁理士 木村 克彦

(74)代理人 100174230

弁理士 田中 尚文

(72)発明者 末平 信人

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

(72)発明者 牧平 朋之

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 増渕 俊仁

(56)参考文献 特開2010-012109 (JP, A)

米国特許出願公開第2005/0270486 (US, A1)

米国特許出願公開第2006/0187462 (US, A1)

特開2001-190500 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/00-3/18