

(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2016-114557  
(P2016-114557A)

(43) 公開日 平成28年6月23日 (2016. 6. 23)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)  
**GO 1 N 21/17 (2006. 01)** GO 1 N 21/17 6 2 0 2 G 0 5 9  
**A 6 1 B 3/10 (2006. 01)** A 6 1 B 3/10 R

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-255208 (P2014-255208)  
 (22) 出願日 平成26年12月17日 (2014. 12. 17)

(71) 出願人 504171134  
 国立大学法人 筑波大学  
 茨城県つくば市天王台一丁目1番1  
 (74) 代理人 100106909  
 弁理士 棚井 澄雄  
 (74) 代理人 100188558  
 弁理士 飯田 雅人  
 (72) 発明者 安野 嘉晃  
 茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立  
 大学法人筑波大学内  
 (72) 発明者 鈴木 和博  
 茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立  
 大学法人筑波大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、レーザ照射システム、画像処理方法、および画像処理プログラム

(57) 【要約】

【課題】 検出精度を向上させることができる画像処理装置、レーザ照射システム、画像処理方法、および画像処理プログラムを提供することを目的の一つとする。

【解決手段】 物体の状態を表す画像を時系列に複数取得する取得部と、前記取得部により取得された複数の画像のうち第1の画像を面方向に平行移動させて複数のシフト画像を生成するシフト画像生成部と、前記シフト画像生成部により生成されたシフト画像と、前記取得部により取得された複数の画像のうち第2の画像との相関を示す指標を算出する相関算出部と、前記相関算出部により算出された指標に基づいて、前記物体の移動状態を画素ごとに算出する移動状態算出部とを備える画像処理装置である。

【選択図】 図1

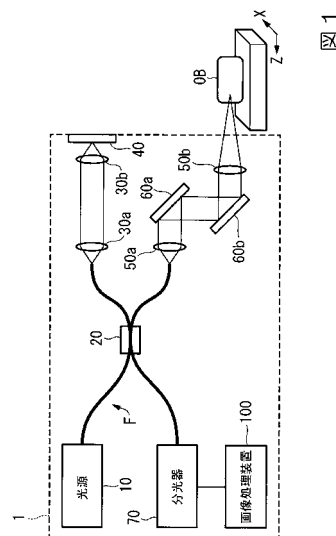


図1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

物体の状態を表す画像を時系列に複数取得する取得部と、  
 前記取得部により取得された複数の画像のうち第 1 の画像を面方向に平行移動させて複数のシフト画像を生成するシフト画像生成部と、  
 前記シフト画像生成部により生成されたシフト画像と、前記取得部により取得された複数の画像のうち第 2 の画像との相関を示す指標を算出する相関算出部と、  
 前記相関算出部により算出された指標に基づいて、前記物体の移動状態を画素ごとに算出する移動状態算出部と、  
 を備える画像処理装置。

10

## 【請求項 2】

前記移動状態算出部は、5 つの異なる変数を有し、点像分布関数間の相関を示す数式を、前記相関算出部により算出された少なくとも 5 種類の相関を示す指標を用いて解くことにより、前記物体の移動状態を画素ごとに算出する、  
 請求項 1 記載の画像処理装置。

## 【請求項 3】

前記シフト画像生成部は、前記第 1 の画像を面方向の上下左右に平行移動させて少なくとも 4 つのシフト画像を生成する、  
 請求項 1 または 2 記載の画像処理装置。

## 【請求項 4】

前記相関算出部は、前記第 1 の画像および前記第 2 の画像の相関を示す指標を算出し、  
 前記移動状態算出部は、前記シフト画像および前記第 2 の画像の相関と、前記第 1 の画像および前記第 2 の画像の相関とを示す、少なくとも 5 種類の指標に基づいて、前記物体の移動状態を画素ごとに算出する、  
 請求項 3 記載の画像処理装置。

20

## 【請求項 5】

前記相関算出部は、前記第 1 の画像と前記第 2 の画像との相関を示す数式項にノイズを抑制するための数式項が乗算された数式を解くことにより、前記相関を示す指標を算出する、  
 請求項 1 から 4 のうちいずれか 1 項記載の画像処理装置。

30

## 【請求項 6】

レーザ光を照射する照射部と、  
 前記照射部によってレーザ光が照射された物体の状態を表す画像を時系列に複数取得する取得部と、  
 前記取得部により取得された複数の画像のうち第 1 の画像を面方向に平行移動させて複数のシフト画像を生成するシフト画像生成部と、  
 前記シフト画像生成部により生成されたシフト画像と、前記取得部により取得された複数の画像のうち第 2 の画像との相関を示す指標を算出する相関算出部と、  
 前記相関算出部により算出された指標に基づいて、前記物体の移動状態を画素ごとに算出する移動状態算出部と、  
 前記移動状態算出部により算出された前記物体の移動状態に基づいて、前記レーザ光の出力が変更されるように前記照射部を制御する照射制御部と、  
 を備えるレーザ照射システム。

40

## 【請求項 7】

物体の状態を表す画像を時系列に複数取得し、  
 取得した複数の前記画像のうち第 1 の画像を面方向に平行移動させて複数のシフト画像を生成し、  
 生成した前記シフト画像と、取得した複数の前記画像のうち第 2 の画像との相関を示す指標を算出し、  
 算出した前記指標に基づいて、前記物体の移動状態を画素ごとに算出する、

50

画像処理方法。

【請求項 8】

画像処理を行うコンピュータに、

物体の状態を表す画像を時系列に複数取得する処理と、

取得した複数の前記画像のうち第 1 の画像を面方向に平行移動させて複数のシフト画像を生成する処理と、

生成した前記シフト画像と、取得させた複数の前記画像のうち第 2 の画像との相関を示す指標を算出する処理と、

算出した前記指標に基づいて、前記物体の移動状態を画素ごとに算出する処理と、

を実行させる画像処理プログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置、レーザ照射システム、画像処理方法、および画像処理プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

臨床治療において、レーザ光を生体に照射して、局所的に組織を瘢痕化するレーザ凝固治療が知られている。レーザ凝固治療は、例えば、眼底治療において広く用いられている。しかしながら、レーザ凝固治療において、レーザ光を照射時の条件は、医師や医療従事者等の術者の経験によって決定される場合があった。この結果、レーザ凝固治療の効果は、術者に依りてばらつく場合があった。また、同一の術者であっても、治療の再現性が高くない場合があった。

20

【0003】

これに関連し、レーザ凝固治療時に組織の瘢痕化をモニタリングし、治療時の不確実性を低下させることについて研究が進められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2014 - 150889 号公報

30

【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、従来の技術では、モニタリングの精度、すなわち検出精度が十分でない場合があった。

【0006】

本発明は、このような事情を考慮してなされたものであり、検出精度を向上させることができる画像処理装置、レーザ照射システム、画像処理方法、および画像処理プログラムを提供することを目的の一つとする。

【課題を解決するための手段】

40

【0007】

本発明の一態様は、物体の状態を表す画像を時系列に複数取得する取得部と、前記取得部により取得された複数の画像のうち第 1 の画像を面方向に平行移動させて複数のシフト画像を生成するシフト画像生成部と、前記シフト画像生成部により生成されたシフト画像と、前記取得部により取得された複数の画像のうち第 2 の画像との相関を示す指標を算出する相関算出部と、前記相関算出部により算出された指標に基づいて、前記物体の移動状態を画素ごとに算出する移動状態算出部とを備える画像処理装置である。

【0008】

また、本発明の他の態様は、レーザ光を照射する照射部と、前記照射部によってレーザ光が照射された物体の状態を表す画像を時系列に複数取得する取得部と、前記取得部によ

50

り取得された複数の画像のうち第1の画像を面方向に平行移動させて複数のシフト画像を生成するシフト画像生成部と、前記シフト画像生成部により生成されたシフト画像と、前記取得部により取得された複数の画像のうち第2の画像との相関を示す指標を算出する相関算出部と、前記相関算出部により算出された指標に基づいて、前記物体の移動状態を画素ごとに算出する移動状態算出部と、前記移動状態算出部により算出された前記物体の移動状態に基づいて、前記レーザ光の強度が変更されるように前記照射部を制御する照射制御部とを備えるレーザ照射システムである。

【0009】

また、本発明の他の態様は、物体の状態を表す画像を時系列に複数取得し、取得した複数の前記画像のうち第1の画像を面方向に平行移動させて複数のシフト画像を生成し、生成した前記シフト画像と、取得した複数の前記画像のうち第2の画像との相関を示す指標を算出し、算出した前記指標に基づいて、前記物体の移動状態を画素ごとに算出する画像処理方法である。

10

【0010】

また、本発明の他の態様は、画像処理を行うコンピュータに、物体の状態を表す画像を時系列に複数取得させ、取得した複数の前記画像のうち第1の画像を面方向に平行移動させて複数のシフト画像を生成させ、生成した前記シフト画像と、取得した複数の前記画像のうち第2の画像との相関を示す指標を算出させ、算出した前記指標に基づいて、前記物体の移動状態を画素ごとに算出させる画像処理プログラムである。

20

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、検出精度を向上させることができる画像処理装置、レーザ照射システム、画像処理方法、および画像処理プログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第1実施形態における画像処理装置100を含む光干渉断層計1の一例を示す構成図である。

【図2】第1実施形態における画像処理装置100の機構構成例を示す図である。

【図3】参照画像上に設定される局所領域Aの一例を示す図である。

【図4】対象物体OBの変位の算出結果である理論値と、三軸ステージによって実際に対象物体OBを移動させた際の移動量の実測値との関係の一例を示す図である。

30

【図5】対象物体OBの各移動量に対して、対象物体OBにおけるx方向およびz方向の変位の標準偏差の一例を示した図である。

【図6】対象物体OBの変位の算出結果である理論値と、三軸ステージによって実際に対象物体OBを移動させた際の移動量の実測値との関係の他の例を示す図である。

【図7】対象物体OBの各移動量に対して、対象物体OBにおけるy方向の変位の標準偏差の一例を示した図である。

【図8】第1実施形態における画像処理装置100の処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図9】第2実施形態における画像処理装置100を含むレーザ照射システム2の一例を示す構成図である。

40

【図10】対象物体OBにレーザ光を照射しながら、対象物体OBの変位を測定した結果の一例を示す図である。

【図11】第3実施形態の画像処理装置100-Aを含むOCT1-Aと、他の装置との接続関係の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照し、本発明の画像処理装置の実施形態について説明する。

(第1実施形態)

図1は、第1実施形態における画像処理装置100を含む光干渉断層計1の一例を示す

50

構成図である。本実施形態における光干渉断層計 1 は、所謂、光コヒーレンストモグラフィ（Optical Coherence Tomography；OCT）と称される機器に相当する。以下、光干渉断層計 1 を、「OCT 1」と記載する。OCT 1 は、測定対象である物体（以下、「対象物体 OB」と称する）に光を照射し、対象物体 OB から反射された光と照射した一部の光とが干渉した光を計測することで、対象物体 OB の変位を測定する装置である。本実施形態における対象物体 OB は、例えば、眼底、血管、歯牙、皮下組織（例えば腫瘍）等の生体（有機物）や、電子部品（例えば半導体）、機械部品等の無機物である。なお、無機物には、一部に有機物が含まれていてもよい。

#### 【0014】

OCT 1 は、光源 10 と、ビームスプリッタ 20 と、コリメータ 30 a、30 b、50 a、50 b と、参照鏡 40 と、ガルバノミラー 60 a、60 b と、分光器 70 と、画像処理装置 100 とを備える。この中で、例えば、ビームスプリッタ 20 と、コリメータ 30 a、30 b、50 a、50 b と、参照鏡 40 と、ガルバノミラー 60 a、60 b とは、所謂、干渉計と称される光学系に相当する。本実施形態における干渉計は、例えば、光ファイバ F によって構成されるマイケルソン干渉計である。光源 10 および分光器 70 と、コリメータ 30 a、50 a とは、光源 10 から照射される光の波長帯の伝送帯域を有する光ファイバ F によって、それぞれビームスプリッタ 20 に接続されている。

#### 【0015】

本実施形態における OCT 1 は、例えば、スペクトラルドメイン OCT（Spectral-domain OCT；SD-OCT）や波長掃引 OCT（Swept-source OCT；SS-OCT）等のフーリエドメイン OCT（Fourier-domain OCT；FD-OCT）として説明するが、これに限られない。OCT 1 は、例えば、タイムドメイン OCT（Time-domain OCT；TD-OCT）であってもよい。OCT 1 がタイムドメイン OCT の場合、干渉計の参照鏡 40 を固定せず、光源から参照鏡 40 までの光路長を変化させるように干渉計を駆動可能な状態にしておく。

#### 【0016】

光源 10 は、例えば、近赤外（例えば 800 ~ 1000 nm 程度）の波長のプローブ光を照射する。光源 10 は、例えば、SLD（スーパーluminescentダイオード）や超短波パルスレーザ等の波長掃引光源であると好適である。

#### 【0017】

光源 10 から照射された光は、光ファイバ F 内を導光し、ビームスプリッタ 20 によって、コリメータ 30 a 側へ導光される光と、コリメータ 50 a 側へ導光される光とに分割される。以下、コリメータ 30 a 側へ導光する光を、「参照光」と称し、コリメータ 50 a 側へ導光する光を、「測定光」と称する。ビームスプリッタ 20 は、例えば、キューブビームスプリッタ等である。

#### 【0018】

参照光は、例えば、コリメータ 30 a によって平行光に変化され、その後平行光がコリメータ 30 b によって集光された光に変化される。コリメータ 30 b によって集光された光（参照光）は、参照鏡 40 によって反射される。参照鏡 40 によって反射された参照光は、例えば、コリメータ 30 b によって平行光に変化され、その後平行光がコリメータ 30 a によって集光された光に変化され、ビームスプリッタ 20 に導光される。

#### 【0019】

一方、測定光は、コリメータ 50 a によって平行光に変化される。その後、平行光（測定光）は、ガルバノミラー 60 a、60 b によってコリメータ 50 b 側へ反射される。その後、平行光（測定光）は、コリメータ 50 b によって集光された光に変化され、対象物体 OB に照射される。対象物体 OB に照射された測定光は、対象物体 OB の反射面にて反射され、コリメータ 50 b に入射される。反射面とは、例えば、対象物体 OB 内部の屈折率の異なる境界面、或いは対象物体 OB と対象物体 OB の周囲の環境（例えば空気）との境界面である。以下、対象物体 OB の反射面にて反射され、コリメータ 50 b に入射される光を、「反射光」と称する。反射光は、ガルバノミラー 60 a、60 b とコリメータ 5

10

20

30

40

50

0 a とを介して、ビームスプリッタ 20 に導光される。

【0020】

ビームスプリッタ 20 は、参照鏡 40 によって反射された参照光と反射光とを、例えば同軸の光ファイバ F を介して、分光器 70 に導光する。

【0021】

分光器 70 に導光された参照光および反射光は、分光器 70 内部の回折格子によって分光され、互いに干渉する。以下、干渉した参照光および反射光を、「干渉光」と称する。分光器 70 は、例えば、フォトダイオード等の受光素子によって干渉光を検出し、検出した干渉光に基づく信号（以下、「検出信号」と称する）を生成する。

【0022】

図 2 は、第 1 実施形態における画像処理装置 100 の機構構成例を示す図である。

画像処理装置 100 は、制御部 110 と記憶部 180 とを備える。制御部 110 は、例えば、CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサが、記憶部 180 に記憶されたプログラムを実行することにより機能するソフトウェア機能部である。また、これらの機能部のうち一部または全部は、LSI (Large Scale Integration) や ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等のハードウェア機能部であってもよい。また、記憶部 180 は、例えば、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、HDD (Hard Disk Drive) などの不揮発性の記憶媒体（非一時的な記憶媒体）を有する。また、記憶部 180 は、例えば、RAM (Random Access Memory) やレジスタなどの揮発性の記憶媒体を有していてもよい。また、記憶部 180 は、ソフトウェア機能部を動作させるためのプログラムを記憶してもよい。

【0023】

制御部 110 は、例えば、光学系制御部 120 と、検出信号取得部 130 と、OCT 画像生成部 140 と、シフト画像生成部 150 と、相関算出部 160 と、移動状態算出部 170 とを備える。

【0024】

光学系制御部 120 は、ガルバノミラー 60 a、60 b を駆動させ、対象物体 OB の計測点を一次元走査するように干渉計を制御する。

【0025】

検出信号取得部 130 は、分光器 70 から検出信号を取得する。

【0026】

OCT 画像生成部 140 は、検出信号取得部 130 によって取得された検出信号に対して適宜信号処理を行い、深さ方向（光の伝播方向）の一次元の屈折率分布の微分、すなわち、反射光の強度分布（所謂 B モード像）を算出する。以下、上述した反射光の強度を輝度値に換算した画像を、「OCT 画像」と称する。OCT 画像生成部 140 は、例えば、一次元走査ごとに OCT 画像を生成する。すなわち、OCT 画像生成部 140 は、時系列に複数の OCT 画像を生成する。なお、OCT 画像生成部 140 は、「取得部」の一例である。

【0027】

シフト画像生成部 150 は、OCT 画像生成部 140 によって生成された複数の OCT 画像のうち、任意の 2 つの OCT 画像に対して、局所領域 A を設定する。局所領域 A は、後述する相関を算出する処理の際に対象となる領域である。局所領域 A は、ユーザの任意の領域として設定可能であり、OCT 画像の全部または一部として設定される。

【0028】

シフト画像生成部 150 は、局所領域 A を設定した OCT 画像のうち、より時系列の古い方の OCT 画像を選択する。シフト画像生成部 150 は、選択した時系列の古い方の OCT 画像上の局所領域 A を面方向に所定の画素分平行移動（シフト）させる。以下、任意の 2 つの OCT 画像のうち、時系列の古い方を「参照画像」と称し、時系列の新しい方を「ターゲット画像」と称する。なお、参照画像は、「第 1 の画像」の一例であり、ターゲット画像は、「第 2 の画像」の一例である。また、参照画像は、「第 2 の画像」の一例で

10

20

30

40

50

あってもよいし、ターゲット画像は、「第 1 の画像」の一例であってもよい。

【 0 0 2 9 】

シフト画像生成部 1 5 0 は、例えば、参照画像上の左方向に、局所領域 A を所定の画素分平行移動させ、平行移動させた局所領域 A を新たに局所領域 A 1 として設定する。また、シフト画像生成部 1 5 0 は、例えば、参照画像上の右方向に、局所領域 A を所定の画素分平行移動させ、平行移動させた局所領域 A を新たに局所領域 A 2 として設定する。また、シフト画像生成部 1 5 0 は、例えば、参照画像上の上方向に、局所領域 A を所定の画素分平行移動させ、平行移動させた局所領域 A を新たに局所領域 A 3 として設定する。また、シフト画像生成部 1 5 0 は、例えば、参照画像上の下方向に、局所領域 A を所定の画素分平行移動させ、平行移動させた局所領域 A を新たに局所領域 A 4 として設定する。以下、新たに局所領域 A 1 ~ 4 が設定された OCT 画像を、「シフト画像」と称する。

10

【 0 0 3 0 】

相関算出部 1 6 0 は、ターゲット画像の局所領域 A と、参照画像の局所領域 A との相関を示す指標（例えば相関係数）を算出する。また、相関算出部 1 6 0 は、ターゲット画像の局所領域 A と、シフト画像の局所領域 A 1 ~ 4 とのそれぞれの相関を示す指標（例えば相関係数）を算出する。すなわち、相関算出部 1 6 0 は、参照画像の局所領域 A と、ターゲット画像の局所領域 A と、シフト画像の局所領域 A 1 ~ 4 とに基づいて、5 つの相関を示す指標（例えば相関係数）を算出する。

【 0 0 3 1 】

移動状態算出部 1 7 0 は、相関算出部 1 6 0 によって算出された相関を示す指標に基づいて、対象物体 O B の反射面までの距離（変位）を算出する。すなわち、移動状態算出部 1 7 0 は、対象物体 O B が移動した場合には、対象物体 O B の移動量を算出することができる。

20

【 0 0 3 2 】

画像処理装置 1 0 0 は、例えば、局所領域 A を設定した OCT 画像や、相関を示す指標、対象物体 O B の反射面までの距離（変位）等を、タッチパネルや液晶ディスプレイ等の表示装置（不図示）に表示してもよい。

【 0 0 3 3 】

（理論；相関および変位の算出方法）

以下、対象物体 O B の移動量の算出、および画像間の相関を示す指標の算出について式を用いて説明する。まず、光源から照射される光を点光源とした場合、この点光源に対する応答を表す関数として、点像分布関数（Point spread function；P S F） $h(\mathbf{r})$  を導出する。点像分布関数  $h(\mathbf{r})$  は、例えば、以下の数式（1）によって表される。以下、「 $\mathbf{r}$ 」は、ベクトルを表すものとする。

30

【 0 0 3 4 】

式（1）中の  $x$ 、 $z$  は、それぞれ OCT 画像面内の横方向、深さ方向（光の伝播方向）を示す。また、式（1）中の  $y$  は、OCT 画像面（ $x - z$  平面）に対する面外の横方向を示す。また、式（1）中の  $w_x$  は、光強度がピーク値の  $1/e^2$  倍となる点で定義されたプローブ光のスポット半径を示す。また、式（1）中の  $w_z$  は、点像分布強度がピーク値の  $1/e^2$  倍になる幅の半分を示す。また、式（1）中の  $z_0$  は、OCT 1 の干渉計の深さ方向の初期位置が“0”であることを示す。また、式（1）中の  $k_c$  は、光源 1 0 の中心波数を示す。

40

【 0 0 3 5 】

【数 1】

$$h(\mathbf{r}) = \exp\left[-2\left(x^2 + y^2\right)/w_x^2 - 2z^2/w_z^2\right] \exp[-2ikc(z - z_0)] \quad \dots (1)$$

【 0 0 3 6 】

次に、対象物体 O B の任意の位置  $\mathbf{r}$  の局所変位  $\mathbf{r}(\mathbf{r})$  を数式（2）に基づい

50

て導出する。式(2)中の“ $\mathbf{r} = (x, y, z)$ ”は、デカルト座標における位置ベクトルを示し、 $x(\mathbf{r})$ 、 $y(\mathbf{r})$ 、 $z(\mathbf{r})$ は、それぞれ $x$ 、 $y$ 、 $z$ 方向の変位を示す。

【0037】

【数2】

$$\Delta\mathbf{r}(\mathbf{r}) = (\Delta x(\mathbf{r}), \Delta y(\mathbf{r}), \Delta z(\mathbf{r})) \quad \dots (2)$$

【0038】

10

また、OCT画像 $s(\mathbf{r})$ は、数式(3)によって表される。OCT画像 $s(\mathbf{r})$ は、対象物体OBの標本(見本)となる構造を示す $\eta(\mathbf{r})$ と、点像分布関数 $h(\mathbf{r})$ との重畳積分によって導出される。

【0039】

【数3】

$$s(\mathbf{r}) = \eta(\mathbf{r}) * h(\mathbf{r}) \quad \dots (3)$$

【0040】

20

ここで、対象物体OBの微小な局所領域が動かないものと仮定すると、対象物体OBの構造が変化した際のOCT画像 $s(\mathbf{r} + \Delta\mathbf{r})$ は、数式(4)によって表される。OCT画像 $s(\mathbf{r} + \Delta\mathbf{r})$ は、 $\eta(\mathbf{r})$ と、対象物体OBの構造の変位 $\Delta\mathbf{r}$ を加味した点像分布関数 $h(\mathbf{r} + \Delta\mathbf{r})$ との重畳積分によって導出される。なお、数式(4)およびこれ以降の数式において、局所変位 $\Delta\mathbf{r}(\mathbf{r})$ を、 $\Delta\mathbf{r}$ のように簡略化して記載する。

【0041】

【数4】

$$s(\mathbf{r} + \Delta\mathbf{r}) = \eta(\mathbf{r}) * h(\mathbf{r} + \Delta\mathbf{r}) \quad \dots (4)$$

30

【0042】

数式(3)、(4)により、数式(5)が導出される。数式(5)は、対象物体OBの変形前後のOCT画像の重畳積分を表す。

【0043】

【数5】

$$s(\mathbf{r}) * s(\mathbf{r} + \Delta\mathbf{r}) = (\eta(\mathbf{r}) * h(\mathbf{r})) * (\eta(\mathbf{r}) * h(\mathbf{r} + \Delta\mathbf{r})) \quad \dots (5)$$

【0044】

40

また、変形前の点像分布関数 $h(\mathbf{r})$ と、変形後の点像分布関数 $h(\mathbf{r} + \Delta\mathbf{r})$ との相関係数 $\rho(\mathbf{r}; \Delta x, \Delta y, \Delta z, w_l, w_z)$ を、対象物体OBの変形前後のOCT画像における複素相関係数(amplitude of the complex correlation coefficient; ACCC)として導出する。以下に、点像分布関数 $h(\mathbf{r})$ と、点像分布関数 $h(\mathbf{r} + \Delta\mathbf{r})$ との相関係数 $\rho(\mathbf{r}; \Delta x, \Delta y, \Delta z, w_l, w_z)$ を導出する数式(6)を示す。

【0045】

【数6】

$$|\rho(\mathbf{r}; \Delta x, \Delta y, \Delta z, w_l, w_z)| = \exp\left[-\left(\Delta x^2 + \Delta y^2\right)/w_l^2 - \Delta z^2/w_z^2\right] \quad \dots (6)$$

50



## 【 0 0 4 6 】

数式 ( 6 ) に基づいて相関係数 を導出する際、対象物体 O B の変形前後の点像分布関数  $h ( r )$ 、 $h ( r + r )$  のみでは、数式 ( 6 ) 中の 5 つの未知の変数 ( 数式項 )  $x$ 、 $y$ 、 $z$ 、 $w_1$ 、 $w_2$  を同定することが困難な場合がある。この結果、最終的に導出したい局所変位  $r ( r )$  を導出できない場合があった。

## 【 0 0 4 7 】

そのため、本実施形態では、参照画像上の局所領域 A を、上下左右方向に所定の画素分平行移動 ( シフト ) させる処理を行い、5 つの連立方程式を導出し、これら 5 つの連立方程式を解くことにより、未知の変数  $x$ 、 $y$ 、 $z$ 、 $w_1$ 、 $w_2$  を導出する。

## 【 0 0 4 8 】

以下に示す 5 つの連立方程式は、ターゲット画像の局所領域 A および参照画像の局所領域 A の相関係数と、ターゲット画像の局所領域 A およびシフト画像の局所領域 A 1 ~ 4 のそれぞれの相関係数を表す。

## 【 0 0 4 9 】

## 【 数 7 】

$$\mu_0(x, z) \equiv |\rho(\Delta x, \Delta z)| \quad \cdots (7)$$

$$\mu_1(x, z) \equiv |\rho(\Delta x + \delta x, \Delta z)| \quad \cdots (8)$$

$$\mu_2(x, z) \equiv |\rho(\Delta x - \delta x, \Delta z)| \quad \cdots (9)$$

$$\mu_3(x, z) \equiv |\rho(\Delta x, \Delta z + \delta z)| \quad \cdots (10)$$

$$\mu_4(x, z) \equiv |\rho(\Delta x, \Delta z - \delta z)| \quad \cdots (11)$$

## 【 0 0 5 0 】

数式 ( 7 ) は、例えば、ターゲット画像の局所領域 A と、参照画像の局所領域 A との相関係数  $\mu_0 ( x, z )$  を表す。また、数式 ( 8 ) は、ターゲット画像の局所領域 A とシフト画像の局所領域 A 1 ( 画素  $x$  分左にシフト ) との相関係数  $\mu_1 ( x, z )$  を表す。また、数式 ( 9 ) は、ターゲット画像の局所領域 A とシフト画像の局所領域 A 2 ( 画素  $x$  分右にシフト ) との相関係数  $\mu_2 ( x, z )$  を表す。また、数式 ( 10 ) は、ターゲット画像の局所領域 A とシフト画像の局所領域 A 3 ( 画素  $z$  分上にシフト ) との相関係数  $\mu_3 ( x, z )$  を表す。また、数式 ( 11 ) は、ターゲット画像の局所領域 A とシフト画像の局所領域 A 4 ( 画素  $z$  分下にシフト ) との相関係数  $\mu_4 ( x, z )$  を表す。なお、数式 ( 8 ) ~ ( 11 ) において、 $x$ 、 $z$  は、それぞれ  $x ( x, z )$ 、 $z ( x, z )$  を簡略化して記載している。

## 【 0 0 5 1 】

次に、数式 ( 6 ) と、5 つの連立方程式 ( 7 ) ~ ( 11 ) とに基づいて、数式 ( 12 ) ~ ( 16 ) を導出する。

## 【 0 0 5 2 】

10

20

30

40

【数 8】

$$\mu_0(x, z) \equiv \exp\left[-\left(\Delta x^2 + \Delta y^2\right) / w_l^2 - \Delta z^2 / w_z^2\right] \quad \dots (12)$$

$$\mu_1(x, z) \equiv \exp\left[-\left((\Delta x + \delta x)^2 + \Delta y^2\right) / w_l^2 - \Delta z^2 / w_z^2\right] \quad \dots (13)$$

$$\mu_2(x, z) \equiv \exp\left[-\left((\Delta x - \delta x)^2 + \Delta y^2\right) / w_l^2 - \Delta z^2 / w_z^2\right] \quad \dots (14)$$

$$\mu_3(x, z) \equiv \exp\left[-\left(\Delta x^2 + \Delta y^2\right) / w_l^2 - (\Delta z + \delta z)^2 / w_z^2\right] \quad \dots (15)$$

$$\mu_4(x, z) \equiv \exp\left[-\left(\Delta x^2 + \Delta y^2\right) / w_l^2 - (\Delta z - \delta z)^2 / w_z^2\right] \quad \dots (16)$$

10

20

【0053】

次に、導出した5つの数式(12)～(16)に対して、それぞれ自然対数ln表記の数式(17)～(21)を導出する。

【0054】

【数 9】

$$\ln \mu_0(x, z) \equiv \left[-\left(\Delta x^2 + \Delta y^2\right) / w_l^2 - \Delta z^2 / w_z^2\right] \quad \dots (17)$$

$$\ln \mu_1(x, z) \equiv \left[-\left((\Delta x + \delta x)^2 + \Delta y^2\right) / w_l^2 - \Delta z^2 / w_z^2\right] \quad \dots (18)$$

$$\ln \mu_2(x, z) \equiv \left[-\left((\Delta x - \delta x)^2 + \Delta y^2\right) / w_l^2 - \Delta z^2 / w_z^2\right] \quad \dots (19)$$

$$\ln \mu_3(x, z) \equiv \left[-\left(\Delta x^2 + \Delta y^2\right) / w_l^2 - (\Delta z + \delta z)^2 / w_z^2\right] \quad \dots (20)$$

$$\ln \mu_4(x, z) \equiv \left[-\left(\Delta x^2 + \Delta y^2\right) / w_l^2 - (\Delta z - \delta z)^2 / w_z^2\right] \quad \dots (21)$$

30

40

【0055】

これによって、例えば、面外の横方向を示すyを“0”とした場合、以下の数式(22)～(26)が得られる。すなわち、横方向の変位x(x, z)と、深さ方向の変位z(x, z)と、面外の横方向の変位y(x, z)の絶対値と、OCT1の分解能であるw<sub>1</sub>(x, z)およびw<sub>z</sub>(x, z)とを、一度に導出することができる。

【0056】

50

【数 1 0】

$$\Delta x(x, z) = \frac{\delta x (\ln \mu_1 - \ln \mu_2)}{2(\ln \mu_1 + \ln \mu_2 - 2 \ln \mu_0)} \quad \dots (22)$$

$$\Delta z(x, z) = \frac{\delta z (\ln \mu_3 - \ln \mu_4)}{2(\ln \mu_3 + \ln \mu_4 - 2 \ln \mu_0)} \quad \dots (23)$$

$$w_l(x, z) = \sqrt{2\delta x / (2 \ln \mu_0 - \ln \mu_1 - \ln \mu_2)} \quad \dots (24)$$

$$w_z(x, z) = \sqrt{2\delta z / (2 \ln \mu_0 - \ln \mu_3 - \ln \mu_4)} \quad \dots (25)$$

$$|\Delta y(x, y)| = w_l \sqrt{-\ln \mu_0 - \Delta x^2 / w_l^2 - \Delta z^2 / w_z^2} \quad \dots (26)$$

10

【0057】

また、上述した数式(22)～(26)を数式(6)に代入して相関係数  $\rho_s$  を導出する際、ノイズの影響を考慮してもよい。以下に、ノイズの影響を加味した相関係数  $\rho_s$  の導出式(27)を示す。

20

【0058】

【数 1 1】

$$|\rho_s(x, z)| = \frac{\left| \sum_{x_i, z_i \in W} g_R^*(x_i, z_i) g_T(x_i, z_i) \right|}{\sqrt{\sum_{x_i, z_i \in W} |g_R^*(x_i, z_i)|^2 \sum_{x_i, z_i \in W} |g_T(x_i, z_i)|^2}} \times \sqrt{(1 + SNR_R^{-1}(x, z))(1 + SNR_T^{-1}(x, z))} \quad \dots (27)$$

30

【0059】

数式(27)は、相関係数の数式項にノイズ低減の数式項を乗算した数式である。数式(27)中の相関係数の数式項において、 $g_R^*(x_i, z_i)$ は、参照画像上の座標( $x_i, z_i$ )の輝度の複素共役を表す。また、 $g_T(x_i, z_i)$ は、ターゲット画像上の座標( $x_i, z_i$ )の輝度を表す。また、 $W$ は、OCT画像上の局所領域Aの面積を表す。

40

【0060】

また、数式(27)中のノイズ低減の数式項において、 $SNR_R^{-1}$ と $SNR_T^{-1}$ とは、それぞれ参照画像上の信号雑音比(Signal-Noise Ratio; SNR)とターゲット画像上の信号雑音比SNRとを表す。これら $SNR_R^{-1}$ と $SNR_T^{-1}$ とは、以下の数式(28)によって定義される。

【0061】

【数 1 2】

$$SNR_n(x, z) \equiv \frac{\sum_{x_i, z_i \in W} (|g_n(x_i, z_i)|^2 - |N(x_i, z_i)|^2)}{|N(x_i, z_i)|^2} \quad \dots (28)$$

【0062】

数式(28)中に示す $SNR_n(x, z)$ は、 $SNR_R^{-1}$ および $SNR_T^{-1}$ を一般化させた表記である。同様に $g_n(x_i, z_i)$ は、 $*g_R(x_i, z_i)$ および $g_T(x_i, z_i)$ を一般化させた表記である。また、 $N(x_i, z_i)$ は、反射光の強度分布に現れる直流成分のノイズ(ノイズフロア)を表す。

10

【0063】

(実験1)

本出願人は、上述した対象物体OBの変位の算出方法に基づいて種々の実験を行った。以下、これら実験結果について、図を参照して説明する。

【0064】

図3は、参照画像上に設定される局所領域Aの一例を示す図である。

図示の例において、シフト画像生成部150は、例えば、参照画像上に、 $14 \times 14$ ピクセルの局所領域Aを設定する。次に、シフト画像生成部150は、 $14 \times 14$ ピクセルの局所領域Aを、上下左右方向にそれぞれ所定の画素分平行移動(シフト)させて、局所領域A1~A4を再設定する。なお、シフト画像生成部150は、上述した局所領域Aの設定処理を、複数回繰り返してもよい。シフト画像生成部150は、A複数回局所領域Aの設定処理を繰り返す場合、これら局所領域Aの平均化した領域をOCT画像上に設定すると好適である。

20

【0065】

相関算出部160は、シフト画像生成部150が局所領域Aの設定処理を複数回(例えばn回)行った場合、各参照画像上の局所領域Aと、各参照画像上の局所領域Aにそれぞれ対応したターゲット画像の局所領域Aおよびシフト画像の局所領域A1~4とに基づいて、相関を示す指標を複数回算出してもよい。移動状態算出部170は、相関算出部160によって複数回算出された相関を示す指標の平均値に基づいて、対象物体OBの反射面までの距離(変位)を算出する。これによって、画像処理装置100は、ノイズの影響を抑制しつつ、検出精度を向上させることができる。

30

【0066】

図4は、対象物体OBの変位の算出結果である理論値と、三軸ステージによって実際に対象物体OBを移動させた際の移動量の実測値との関係の一例を示す図である。三軸ステージは、例えば、空間における上下左右方向(x、y、z方向)に平行移動が可能な、圧電効果等を利用したアクチュエータである。対象物体OBは、例えば、三軸ステージ上に載置および固定される。すなわち、対象物体OBの移動量は、三軸ステージの平行移動量と一致する。

【0067】

図中に示す縦軸は、対象物体OBの変位(例えば単位は[ $\mu\text{m}$ ])であり、横軸は、対象物体OBのxまたはy方向の移動量(例えば単位は[ $\mu\text{m}$ ])である。また、図中のプロットPx、Pzは、それぞれx方向の対象物体OBの変位、z方向の対象物体OBの変位を表す。これらプロットPx、Pzにおいて、対象物体OBの変位と対象物体OBの移動量とがほぼ一対一の関係を示す。すなわち、本実施形態における対象物体OBのx、z方向の変位の算出結果が、実測値(真値)とほぼ一致することを示し、上述した対象物体OBの変位の算出方法の有用性が示される。

40

【0068】

図5は、対象物体OBの各移動量に対して、対象物体OBにおけるx方向およびz方向の変位の標準偏差の一例を示した図である。図中に示す縦軸は、対象物体OBにおけるx

50

方向および z 方向の変位の標準偏差であり、横軸は、対象物体 O B の x 方向または z 方向の移動量（例えば単位は [  $\mu\text{m}$  ] ）である。図中のプロット P x、P z は、図 4 と同様であるため説明を省略する。x 方向の標準偏差は、z 方向の標準偏差に対して大きいものの、平均 0.3 程度である。また、z 方向の標準偏差は、平均 0.1 程度である。これらの結果から、本実施形態における OCT 1 は、x 方向よりも z 方向（深さ方向）に対して、精度の良い変位測定を行うことができることが示唆される。

【 0 0 6 9 】

図 6 は、対象物体 O B の変位の算出結果である理論値と、三軸ステージによって実際に対象物体 O B を移動させた際の移動量の実測値との関係の他の例を示す図である。

【 0 0 7 0 】

図中に示す縦軸は、対象物体 O B の変位（例えば単位は [  $\mu\text{m}$  ] ）であり、横軸は、対象物体 O B の y 方向の移動量（例えば単位は [  $\mu\text{m}$  ] ）である。また、図中のプロット P y は、y 方向の対象物体 O B の変位を表す。プロット P y において、対象物体 O B の変位と対象物体 O B の移動量とは、ほぼ一対一の関係を示す。すなわち、本実施形態における対象物体 O B の y 方向の変位の算出結果が、実測値（真値）とほぼ一致することを示し、上述した対象物体 O B の変位の算出方法の有用性が示される。

【 0 0 7 1 】

図 7 は、対象物体 O B の各移動量に対して、対象物体 O B における y 方向の変位の標準偏差の一例を示した図である。図中に示す縦軸は、対象物体 O B における y 方向の変位の標準偏差であり、横軸は、対象物体 O B の y 方向の移動量（例えば単位は [  $\mu\text{m}$  ] ）である。y 方向の標準偏差は、平均 0.1 程度である。この結果から、本実施形態における OCT 1 は、z 方向（深さ方向）と同様に y 方向（面外の横方向）に対して、精度の良い変位測定を行うことができることが示唆される。

【 0 0 7 2 】

以下、本実施形態における画像処理装置 1 0 0 の一連の処理の流れを説明する。図 8 は、第 1 実施形態における画像処理装置 1 0 0 の処理の流れの一例を示すフローチャートである。画像処理装置 1 0 0 は、例えば、所定の周期で本フローチャートの処理を繰り返す行う。

【 0 0 7 3 】

まず、光学系制御部 1 2 0 は、ガルバノミラー 6 0 a、6 0 b を駆動させ、対象物体 O B の計測点を一次元走査するように干渉計を制御する（ステップ S 1 0 0）。次に、検出信号取得部 1 3 0 は、分光器 7 0 から検出信号を取得する（ステップ S 1 0 2）。次に、OCT 画像生成部 1 4 0 は、検出信号取得部 1 3 0 によって取得された検出信号に対して適宜信号処理を行い、検出信号に基づいた OCT 画像を生成する（ステップ S 1 0 4）。

【 0 0 7 4 】

次に、画像処理装置 1 0 0 は、上述したステップ S 1 0 0 ~ ステップ S 1 0 4 までの一連の処理のループ回数が所定回数（例えば  $n = 1, 2, \dots$ ）を超えたか否かが判定する（ステップ S 1 0 6）。画像処理装置 1 0 0 は、ループ回数が所定回数を超えていない場合（ステップ S 1 0 6 ; N o）、ステップ S 1 0 0 の処理に戻る。シフト画像生成部 1 5 0 は、ループ回数が所定回数を超えた場合（ステップ S 1 0 6 ; Y e s）、OCT 画像生成部 1 4 0 によって生成された複数の OCT 画像のうち、任意の 2 つの OCT 画像に対して、局所領域 A を設定する（ステップ S 1 0 8）。

【 0 0 7 5 】

次に、シフト画像生成部 1 5 0 は、局所領域 A を設定した OCT 画像のうち、より時系列の古い方の OCT 画像である参照画像上の局所領域 A を、面方向に所定の画素分平行移動（シフト）させる（ステップ S 1 1 0）。次に、シフト画像生成部 1 5 0 は、所定の画素分平行移動させた局所領域 A を、新たな局所領域としたシフト画像を生成する（ステップ S 1 1 2）。

【 0 0 7 6 】

次に、相関算出部 1 6 0 は、より時系列の新しい方の OCT 画像であるターゲット画像

10

20

30

40

50

の局所領域 A、および参照画像の局所領域 A の相関を示す指標（例えば相関係数）と、ターゲット画像の局所領域 A、およびシフト画像の局所領域 A 1 ~ 4 のそれぞれの相関を示す指標（例えば相関係数）とを算出する（ステップ S 1 1 4）。次に、移動状態算出部 1 7 0 は、相関算出部 1 6 0 によって算出された相関を示す指標に基づいて、対象物体 O B の反射面までの距離（変位）を算出する（ステップ S 1 1 6）。これによって、画像処理装置 1 0 0 は、本フローチャートの処理を終了する。

【 0 0 7 7 】

以上、第 1 実施形態の画像処理装置 1 0 0 によれば、対象物体 O B の O C T 画像を時系列に複数生成し、参照画像に設定された局所領域 A を面方向に平行移動させて複数のシフト画像を生成し、ターゲット画像と、参照画像およびシフト画像の局所領域との相関を示す指標を算出し、算出した指標に基づいて、対象物体 O B の変位を算出することにより、検出精度を向上させることができる。

10

【 0 0 7 8 】

（第 2 実施形態）

以下、第 2 実施形態における画像処理装置 1 0 0 を含むレーザ照射システム 2 について説明する。第 2 実施形態のレーザ照射システム 2 では、第 1 実施形態における O C T 1 に加え、さらにレーザ照射光学系 2 0 0 が備えられている点で、第 1 の実施形態と相違する。従って、係る相違点を中心に説明し、共通する部分についての説明は省略する。

【 0 0 7 9 】

図 9 は、第 2 実施形態における画像処理装置 1 0 0 を含むレーザ照射システム 2 の一例を示す構成図である。本実施形態におけるレーザ照射システム 2 は、例えば、生体の眼球 E y e 内の対象物体 O B（例えば眼底に生じる網膜剥離の浮腫）を瘢痕治療するシステムである。レーザ照射システム 2 は、第 1 実施形態における O C T 1 に加え、さらにレーザ照射光学系 2 0 0 を備える。これに対して、画像処理装置 1 0 0 の光学系制御部 1 2 0 は、さらにレーザ照射光学系 2 0 0 を制御する機能を有する。なお、レーザ照射光学系 2 0 0 は、「照射部」の一例である。

20

【 0 0 8 0 】

レーザ照射光学系 2 0 0 は、例えば、低侵襲にて対象物体 O B を凝固可能なマイクロバルスレーザ装置等である。また、レーザ照射光学系 2 0 0 は、照射するレーザ光を対象物体 O B に対して走査させるための光スキャナを備えていてもよい。また、レーザ照射光学系 2 0 0 は、例えば、ダイクロイックミラーやハーフミラー等の光路結合部材を備えていてもよい。光路結合部材は、レーザ照射光学系 2 0 0 の光軸と O C T 1 の光軸とを同軸に配置する。

30

【 0 0 8 1 】

光学系制御部 1 2 0 は、例えば、移動状態算出部 1 7 0 によって算出された対象物体 O B の変位に基づいて、レーザ照射光学系 2 0 0 から照射されるレーザ光のビーム幅や強度等を制御する。なお、光学系制御部 1 2 0 は、「照射制御部」の一例である。

【 0 0 8 2 】

（実験 2）

本出願人は、上述した対象物体 O B にレーザ光を照射した際、レーザ照射による熱膨張や熱収縮等によって対象物体 O B の変位が変化する様子を実験で観察した。以下、これら実験結果について、図を参照して説明する。なお、画像処理装置 1 0 0 は、後述する実験結果を示す画像を表示装置等に表示するものとする。

40

【 0 0 8 3 】

図 1 0 は、対象物体 O B にレーザ光を照射しながら、対象物体 O B の変位を測定した結果の一例を示す図である。

【 0 0 8 4 】

図中の右端（4 列目）に示すマップは、O C T 画像に、変位ベクトルを重ねて表記した図である。ベクトルの矢印の大きさは、変位の大きさを示し、ベクトルの矢印の向きは、変位の方向を示す。なお、変位の方向は、2 次元のカラーホイールとして表現されてもよ

50

い。例えば、予め変位の方向とカラーホイールの上下左右の方向とを対応させておく。これによって、図中に示すプロットのカラーによって、変位の方向を表現することができる。ユーザは、例えば、OCT画像上に赤色のプロットが示された領域が存在する場合、この領域の変位方向を、プロットの色と対応した変位の方向（例えばマイナスのx方向）として認識することができる。

【0085】

図示の例において、12～24ms間にレーザ照射を行ったことにより、眼底内側の網膜が径方向に拡張していることがわかる。レーザ照射終了後（24ms以降）、レーザ照射によって変位した網膜組織は、180ms経過するまでの期間に、元の変位（位置）に戻ることが確認された。

10

【0086】

以上、第2実施形態における画像処理装置100を含むレーザ照射システム2によれば、対象物体OBにレーザ光を照射しながら、対象物体OBの変位を定量的に評価することができる。

【0087】

（第3実施形態）

以下、第3実施形態における画像処理装置100-Aを含むOCT1-Aについて説明する。第3実施形態の画像処理装置100-Aでは、画像処理において、他の装置または機器に一部または全部の処理を分担させる点で、上述した実施形態と相違する。従って、係る相違点を中心に説明し、共通する部分についての説明は省略する。

20

【0088】

図11は、第3実施形態の画像処理装置100-Aを含むOCT1-Aと、他の装置との接続関係の一例を示す図である。

画像処理装置100-Aは、例えば、LANやWAN等のネットワークNWを介して、他の装置と接続される。他の装置とは、例えば、OCT1-B内の画像処理装置100-Bや、超音波画像診断装置3内の画像処理装置300、CT（Computed Tomography）装置4内の画像処理装置400、MRI（Magnetic Resonance Imaging）装置5内の画像処理装置500、単独の画像処理装置600等である。

【0089】

画像処理装置100-Aは、例えば、生成したOCT画像の容量や数等に基づいて、変位算出時に自装置に係る負荷を計算する。画像処理装置100-Aは、算出した負荷が自装置の計算処理能力を上回る場合には、生成したOCT画像を他の装置に送信し、上述した対象物体OBの変位の算出に係る処理の一部または全部を他の装置に行わせてもよい。すなわち、画像処理装置100-Aは、対象物体OBの変位の算出に係る処理を分散処理する。これによって、第3実施形態における画像処理装置100-Aは、速やかに対象物体OBの変位を算出することができる。

30

【0090】

以下に、その他の実施例（変形例）について記載する。

OCT画像生成部140は、検出信号に基づいてOCT画像を生成するだけでなく、他の機能部、或いは他の装置から既に生成されたOCT画像を取得してもよい。

40

【0091】

以上、本発明を実施するための形態について実施形態を用いて説明したが、本発明はこうした実施形態に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々の変形及び置換を加えることができる。

【符号の説明】

【0092】

1 光干渉断層計、OCT、10...光源、20...ビームスプリッタ、30a、30b、50a、50b...コリメータ、40...参照鏡、60a、60b...ガルバノミラー、70...分光器、100...画像処理装置、110...制御部、120...光学系制御部、130...検出信号取得部、140...OCT画像生成部、150...シフト画像生成部、160...相関算出部

50

、 170 ... 移動状態算出部、 180 ... 記憶部、 OB ... 対象物体

【 図 1 】

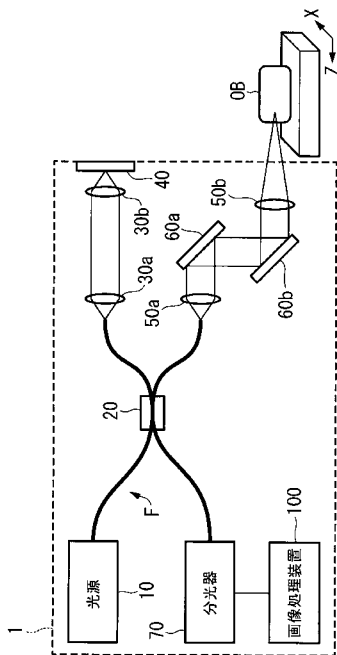


図 1

【 図 2 】

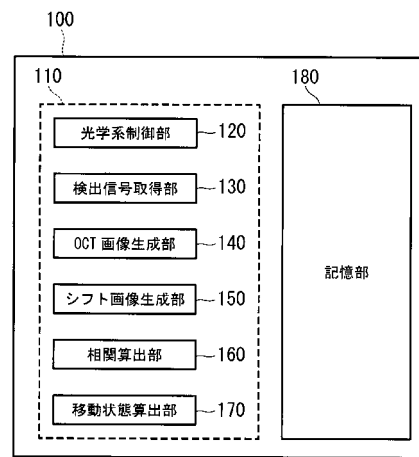


図 2



【 図 4 】

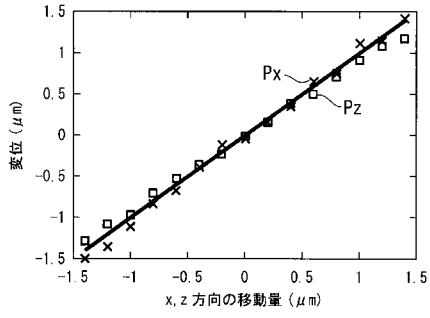


図 4

【 図 6 】

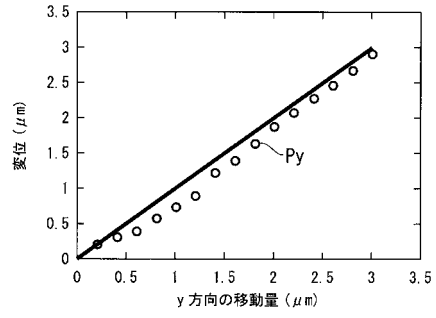


図 6

【 図 5 】

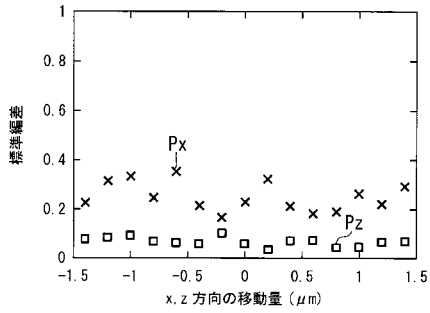


図 5

【 図 7 】

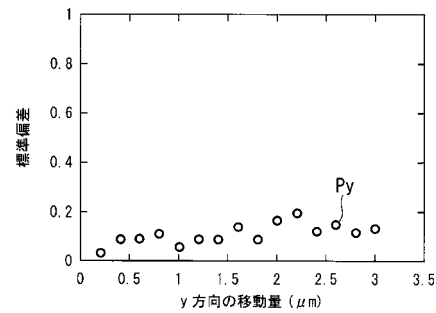


図 7

【 図 8 】

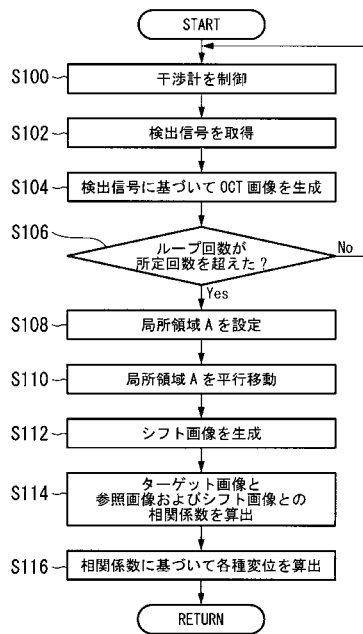


図 8

【 図 9 】

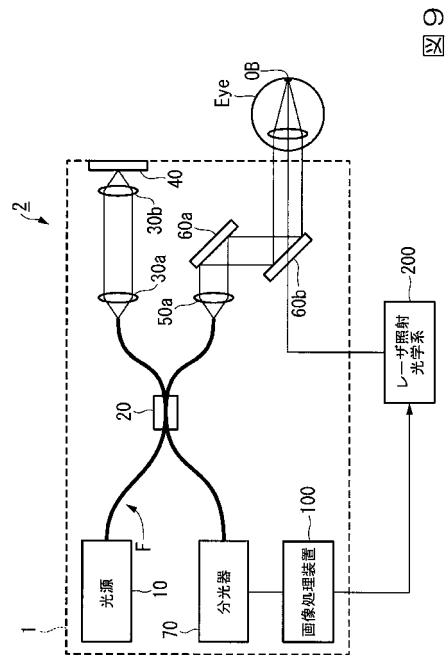


図 9

【 図 1 1 】

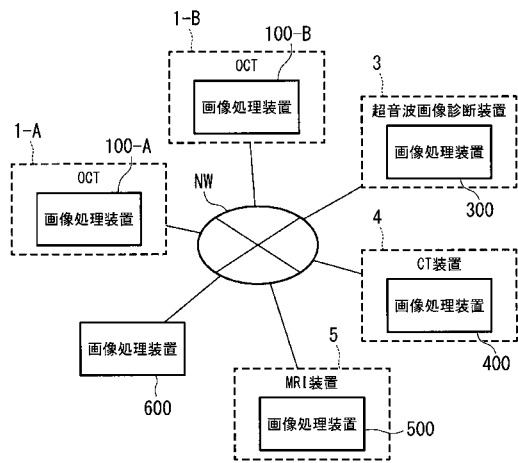


図 11

【 図 3 】

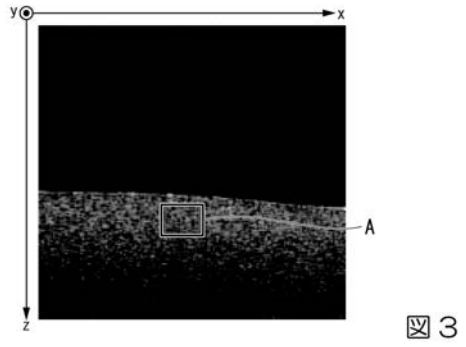


図 3

【 図 1 0 】

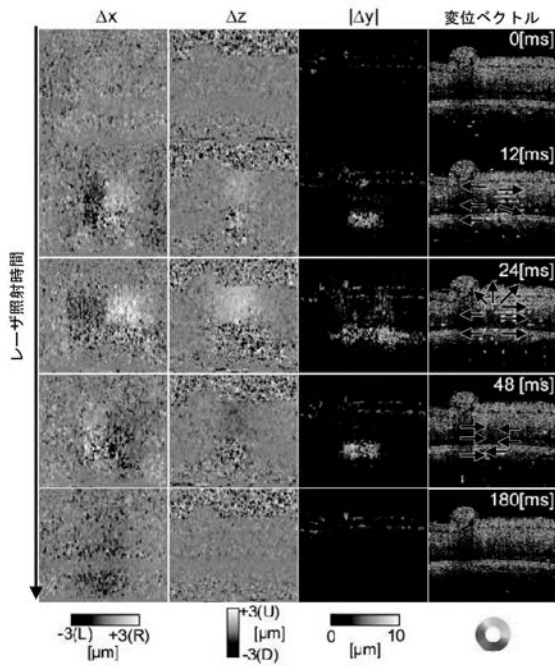


図 10

---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2G059 AA05 BB12 EE01 EE02 EE09 FF02 GG01 GG08 GG09 HH01  
JJ05 JJ07 JJ11 JJ13 JJ17 JJ22 MM01 MM02 MM03 MM10