

(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2014-149354

(P2014-149354A)

(43) 公開日 平成26年8月21日(2014.8.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 26/10 (2006.01)	G02B 26/10 109	2H040
A61B 1/00 (2006.01)	G02B 26/10 C	2H045
G02B 23/26 (2006.01)	A61B 1/00 300Y	4C161
	A61B 1/00 300P	
	G02B 23/26	
審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 21 頁)		

(21) 出願番号 特願2013-17014 (P2013-17014)
 (22) 出願日 平成25年1月31日 (2013.1.31)

(71) 出願人 000113263
 HOYA株式会社
 東京都新宿区中落合2丁目7番5号
 (74) 代理人 100078880
 弁理士 松岡 修平
 (74) 代理人 100169856
 弁理士 尾山 栄啓
 (72) 発明者 須貝 昇司
 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 HOYA株式会社内
 Fターム(参考) 2H040 CA11 CA22 DA43
 2H045 AE02 AE05 BA14
 4C161 AA00 BB00 CC06 DD03 FF40
 FF46 HH54

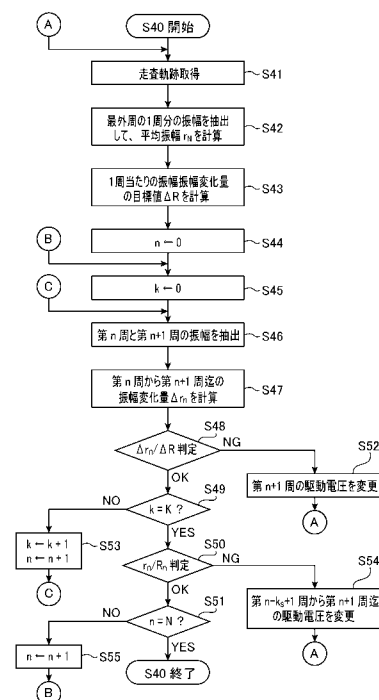
(54) 【発明の名称】 キャリブレーション方法及び走査型内視鏡システム

(57) 【要約】

【課題】走査光の渦巻状の走査軌跡の間隔が目標値よりも広がることによる画素抜けの発生を防止する。

【解決手段】制御手段が走査パラメータに基づいてアクチュエータを駆動して渦巻状の光走査を行うステップと、走査軌跡検出手段が渦巻状の光走査の軌跡を検出するステップと、制御手段が、走査軌跡検出手段によって検出された渦巻状の光走査の軌跡が目標軌跡と略一致するように、走査パラメータを調整する調整ステップと、を含み、調整ステップは、アクチュエータの駆動量を変化させて、渦巻状の光走査の軌跡の間隔を略一定に調整する軌跡間隔調整ステップを含む、走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法が提供される。

【選択図】図14



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源から出射された光を導光する光ファイバと、前記光ファイバの先端部を片持ち支持すると共に該光ファイバを互いに直交する 2 つの半径方向である X 軸方向及び Y 軸方向に振動させるアクチュエータと、前記光ファイバの先端から出射する光が渦巻状の軌跡を描いて走査されるように所定の走査パラメータに基づいて前記アクチュエータの前記 X 軸方向及び前記 Y 軸方向の駆動を制御する制御手段と、前記光ファイバの先端から出射した走査光の走査軌跡を検出する走査軌跡検出手段と、を有し、周期的に渦巻状の光走査を行う光走査装置を備えた走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法であって、

前記制御手段が、前記走査パラメータに基づいて前記アクチュエータを駆動して前記渦巻状の光走査を行うステップと、

前記走査軌跡検出手段が、前記渦巻状の光走査の軌跡を検出するステップと、

前記制御手段が、前記走査軌跡検出手段によって検出された前記渦巻状の光走査の軌跡が目標軌跡と略一致するように、前記走査パラメータを調整する調整ステップと、を含み、

前記調整ステップは、前記アクチュエータの駆動量を変化させて、前記渦巻状の光走査の軌跡の間隔を略一定に調整する軌跡間隔調整ステップを含む、ことを特徴とする走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法。

【請求項 2】

前記軌跡間隔調整ステップは、前記検出された渦巻状の光走査の軌跡から前記目標軌跡の間隔を決定するステップを含む、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法。

【請求項 3】

前記目標軌跡の間隔を決定するステップは、

前記検出された渦巻状の光走査の軌跡から最外周の軌跡の平均振幅 r_N を計算するステップと、

前記最外周の軌跡の平均振幅 r_N を渦巻状の前記目標軌跡の巻き数 N で割った値 r_N / N を前記目標軌跡の間隔 ΔR として決定するステップと、を含む、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法。

【請求項 4】

前記軌跡間隔調整ステップは、

前記検出された渦巻状の光走査の軌跡から第 n 周と第 $n + 1$ 周の軌跡の間隔である隣接軌跡間隔 Δr_n を計算するステップと、

前記隣接軌跡間隔が前記目標軌跡の間隔と略一致するように、第 $n + 1$ 周の光走査が行われるときの前記アクチュエータの駆動量 V_{n+1} を調整する第 1 駆動量調整ステップと、を含む、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法。

【請求項 5】

前記隣接軌跡間隔を計算するステップは、

前記検出された渦巻状の光走査の軌跡から第 n 周及び第 $n + 1$ 周の軌跡の平均振幅 r_n 及び r_{n+1} を計算するステップと、

前記第 n 周の軌跡の平均振幅 r_n と前記第 $n + 1$ 周の軌跡の平均振幅 r_{n+1} との差分 $r_{n+1} - r_n$ を前記隣接軌跡間隔 Δr_n とするステップと、を含む、

ことを特徴とする請求項 4 に記載の走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法。

【請求項 6】

前記第 1 駆動量調整ステップにおいて、前記目標軌跡の間隔に対する前記隣接軌跡間隔の誤差が第 1 の許容差を超えた場合にのみ、第 $n + 1$ 周の光走査が行われるときの前記アクチュエータの駆動量 V_{n+1} が調整される、

ことを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の走査型内視鏡システムのキャリブレーション

10

20

30

40

50

ョン方法。

【請求項 7】

前記第 1 駆動量調整ステップは、

前記目標軌跡の第 $n + 1$ 週の振幅である目標軌跡振幅 R_{n+1} を取得するステップと

、

前記検出された渦巻状の光走査の軌跡の第 $n + 1$ 週の振幅である検出軌跡振幅 r_{n+1} を取得するステップと、

次の計算式により、第 $n + 1$ 週の光走査が行われるときの前記アクチュエータの駆動量 V_{n+1} を V_{n+1}' に調整するステップと、を含む

【数 1】

$$V'_{n+1} = V_{n+1} \times (R_{n+1}/r_{n+1})$$

10

ことを特徴とする請求項 4 から請求項 6 のいずれか一項に記載の走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法。

【請求項 8】

前記渦巻状の軌跡の所定周回ごとに、前記目標軌跡に対する前記検出された渦巻状の光走査の軌跡の振幅の誤差が第 2 の許容差内であるか否かを判定する振幅誤差判定ステップを含む、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法。

20

【請求項 9】

前記振幅誤差判定ステップにおいて前記振幅の誤差が第 2 の許容差を超えた場合にのみ、前記振幅誤差判定ステップを前回行った周回後の各周回について、前記検出された渦巻状の光走査の軌跡の振幅が前記目標軌跡の振幅と略一致するように、前記各周回の光走査が行われるときの前記アクチュエータの駆動量を調整する第 2 駆動量調整ステップを含む、ことを特徴とする請求項 8 に記載の走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法。

【請求項 10】

前記第 2 駆動量調整ステップは、

前記目標軌跡の第 n 週の振幅である目標軌跡振幅 R_n を取得するステップと、

30

前記検出された渦巻状の光走査の軌跡の第 n 週の振幅である検出軌跡振幅 r_n を取得するステップと、

次の計算式により、第 n 週の光走査が行われるときの前記アクチュエータの駆動量 V_n を V_n' に調整するステップと、を含む

【数 2】

$$V'_n = V_n \times (R_n/r_n)$$

ことを特徴とする請求項 9 に記載の走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法。

【請求項 11】

光源から出射された光を導光する光ファイバと、前記光ファイバの先端部を片持ち支持すると共に該光ファイバを互いに直交する 2 つの半径方向である X 軸方向及び Y 軸方向に振動させるアクチュエータと、前記光ファイバの先端から出射する光が渦巻状の軌跡を描いて走査されるように所定の走査パラメータに基づいて前記アクチュエータの前記 X 軸方向及び前記 Y 軸方向の駆動を制御する制御手段と、前記光ファイバの先端から出射した走査光の走査軌跡を検出する走査軌跡検出手段と、を有し、周期的に渦巻状の光走査を行う光走査装置を備えた走査型内視鏡システムであって、

40

前記制御手段が、

前記走査パラメータに基づいて前記アクチュエータを駆動して前記渦巻状の光走査を行う手段と、

前記走査軌跡検出手段によって検出された前記渦巻状の光走査の軌跡が目標軌跡と略

50

一致するように、前記走査パラメータを調整する処理を実行する調整手段と、
を備え、

前記調整手段は、前記アクチュエータの駆動量を変化させて、前記渦巻状の光走査の軌跡の間隔を略一定に調整する軌跡間隔調整手段を含む、
ことを特徴とする走査型内視鏡システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光走査型内視鏡から出射する走査光の走査軌跡を補正する自動キャリブレーション方法及び該自動キャリブレーション方法を行う走査型内視鏡システムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

光ファイバによって導光される光を観察部位に対して渦巻状に走査させ、観察部位からの反射光を受光して画像化する走査型内視鏡システムが知られている（特許文献1）。このような走査型内視鏡システムでは、シングルモード型の光ファイバを内視鏡内部に備えており、その基端部は、二軸アクチュエータによって片持ち梁状に保持される。二軸アクチュエータは、振動の振幅を変調および増幅させながら、ファイバ先端部を固有振動数に従って2次元的に振動（共振）させて、光ファイバの先端部を渦巻状に駆動させる。その結果、光ファイバによって光源から導光された照明光が観察部位を渦巻状に走査（スキャン）され、当該観察部位からの戻り光に基づいて、その照射領域（走査領域）の画像が取得される。

20

【0003】

このような走査型内視鏡システムにおいては、走査領域（観察部位）からの反射光又は蛍光を所定周期のタイミング（以下、「サンプリング点」という。）で受光し、各サンプリング点での輝度情報をモニタの表示座標系（内視鏡画像の画素位置）に割り当てて、2次元の内視鏡画像を表示している。従って、歪みの無い再現性の高い内視鏡画像を生成するためには、各サンプリング点の走査位置をモニタの表示座標系に正確に合わせる必要がある。そこで、この種の走査型内視鏡システムは、実際の走査パターン（走査軌跡）をモニタしながら、理想的な走査パターンが得られるように較正（キャリブレーション）が行われている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特表2010-515947号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に記載されているような従来の走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法では、走査パターンの全体的な大きさ（具体的には、最外周の直径）や形状は調整されるが、渦巻状の走査軌跡の間隔は調整されない。そのため、走査軌跡の間隔が想定した範囲よりも広くなり、その結果として、走査型内視鏡システムを用いて撮像した内視鏡画像に画素抜けが発生する場合があった。図15は、走査型内視鏡システムを使用して撮像した内視鏡画像に発生する周方向に延びる画素抜けの例を模式的に示した図である。

40

【0006】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、走査型内視鏡システムを用いた内視鏡画像の撮像における画素抜けの発生を防止することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一実施形態によれば、光源から出射された光を導光する光ファイバと、光ファイバの先端部を片持ち支持すると共に光ファイバを互いに直交する2つの半径方向である

50

X軸方向及びY軸方向に振動させるアクチュエータと、光ファイバの先端から出射する光が渦巻状の軌跡を描いて走査されるように所定の走査パラメータに基づいてアクチュエータのX軸方向及びY軸方向の駆動を制御する制御手段と、光ファイバの先端から出射した走査光の走査軌跡を検出する走査軌跡検出手段と、を有し、周期的に渦巻状の光走査を行う光走査装置を備えた走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法であって、制御手段が、走査パラメータに基づいてアクチュエータを駆動して渦巻状の光走査を行うステップと、走査軌跡検出手段が、渦巻状の光走査の軌跡を検出するステップと、制御手段が、走査軌跡検出手段によって検出された渦巻状の光走査の軌跡が目標軌跡と略一致するように、走査パラメータを調整する調整ステップと、を含み、調整ステップは、アクチュエータの駆動量を変化させて、渦巻状の光走査の軌跡の間隔を略一定に調整する軌跡間隔調整ステップを含む走査型内視鏡システムのキャリブレーション方法が提供される。

【0008】

この構成によれば、渦巻状の走査軌跡の間隔が目標値よりも広がることにより、この光走査装置の走査光を照明に用いて撮像した画像に発生する画素抜けが防止される。

【0009】

また、上記のキャリブレーション方法において、軌跡間隔調整ステップは、検出された渦巻状の光走査の軌跡から目標軌跡の間隔を決定するステップを含む構成としてもよい。

【0010】

光ファイバ型の光走査装置では、光走査の軌跡の大きさや間隔の好適値には個体差がある。また、光走査の軌跡の間隔は、軌跡の大きさ（最外周の直径）や形状にも依存する。そのため、目標軌跡の間隔は、軌跡の大きさや形状が好適に調整された状態で取得された光走査の軌跡に基づいて決定することにより、より適切な設定が可能になる。

【0011】

また、上記のキャリブレーション方法において、目標軌跡の間隔を決定するステップは、検出された渦巻状の光走査の軌跡から最外周の軌跡の平均振幅 r_N を計算するステップと、最外周の軌跡の平均振幅 r_N を渦巻状の目標軌跡の巻き数 N で割った値 r_N / N を目標軌跡の間隔 ΔR として決定するステップと、を含む構成としてもよい。

【0012】

また、上記のキャリブレーション方法において、軌跡間隔調整ステップは、検出された渦巻状の光走査の軌跡から第 n 周と第 $n + 1$ 周の軌跡の間隔である隣接軌跡間隔 Δr_n を計算するステップと、隣接軌跡間隔が目標軌跡の間隔と略一致するように、第 $n + 1$ 周の光走査が行われるときのアクチュエータの駆動量 V_{n+1} を調整する第1駆動量調整ステップと、を含む構成としてもよい。

【0013】

また、上記のキャリブレーション方法において、隣接軌跡間隔を計算するステップは、検出された渦巻状の光走査の軌跡から第 n 周及び第 $n + 1$ 周の軌跡の平均振幅 r_n 及び r_{n+1} を計算するステップと、第 n 周の軌跡の平均振幅 r_n と第 $n + 1$ 周の軌跡の平均振幅 r_{n+1} との差分 $r_{n+1} - r_n$ を隣接軌跡間隔 Δr_n とするステップと、を含む構成としてもよい。

【0014】

また、上記のキャリブレーション方法の第1駆動量調整ステップにおいて、目標軌跡の間隔に対する隣接軌跡間隔の誤差が第1許容差を超えた場合にのみ、第 $n + 1$ 周の光走査が行われるときのアクチュエータの駆動量 V_{n+1} が調整される構成としてもよい。

【0015】

また、上記のキャリブレーション方法において、第1駆動量調整ステップは、目標軌跡の第 $n + 1$ 周の振幅である目標軌跡振幅 R_{n+1} を取得するステップと、検出された渦巻状の光走査の軌跡の第 $n + 1$ 周の振幅である検出軌跡振幅 r_{n+1} を取得するステップと、次の計算式により、第 $n + 1$ 周の光走査が行われるときのアクチュエータの駆動量 V_{n+1} を V_{n+1}' に調整するステップと、を含む構成としてもよい。

【0016】

10

20

30

40

50

【数 1】

$$V'_{n+1} = V_{n+1} \times (R_{n+1}/r_{n+1})$$

【0017】

また、上記のキャリブレーション方法において、渦巻状の軌跡の所定周回ごとに、目標軌跡に対する検出された渦巻状の光走査の軌跡の振幅の誤差が第2許容差内であるか否かを判定する振幅誤差判定ステップを含む構成としてもよい。

【0018】

また、上記のキャリブレーション方法において、振幅誤差判定ステップにおいて振幅の誤差が第2許容差を超えた場合にのみ、振幅誤差判定ステップを前回行った周回後の各周回について、検出された渦巻状の光走査の軌跡の振幅が目標軌跡の振幅と略一致するように、各周回の光走査が行われるときのアクチュエータの駆動量を調整する第2駆動量調整ステップを含む構成としてもよい。

10

【0019】

この構成によれば、各周回における第1許容差内の隣接軌跡間隔の誤差が累積して、光走査の軌跡の間隔は各周回で好適であっても、各周回における第1許容差内の隣接軌跡間隔の誤差の累積により、外周側で目標軌跡から大きく外れて、画素抜けが発生することが防止される。

【0020】

20

また、上記のキャリブレーション方法において、第2駆動量調整ステップは、目標軌跡の第n週の振幅である目標軌跡振幅 R_n を取得するステップと、検出された渦巻状の光走査の軌跡の第n週の振幅である検出軌跡振幅 r_n を取得するステップと、次の計算式により、第n週の光走査が行われるときのアクチュエータの駆動量 V_n を V'_n に調整するステップと、を含む構成としてもよい。

【0021】

【数 2】

$$V'_n = V_n \times (R_n/r_n)$$

【0022】

30

また、本発明の一実施形態によれば、光源から出射された光を導光する光ファイバと、光ファイバの先端部を片持ち支持すると共に光ファイバを互いに直交する2つの半径方向であるX軸方向及びY軸方向に振動させるアクチュエータと、光ファイバの先端から出射する光が渦巻状の軌跡を描いて走査されるように所定の走査パラメータに基づいてアクチュエータのX軸方向及びY軸方向の駆動を制御する制御手段と、光ファイバの先端から出射した走査光の走査軌跡を検出する走査軌跡検出手段と、を有し、周期的に渦巻状の光走査を行う光走査装置を備えた走査型内視鏡システムであって、制御手段が、走査パラメータに基づいてアクチュエータを駆動して渦巻状の光走査を行う手段と、走査軌跡検出手段によって検出された渦巻状の光走査の軌跡が目標軌跡と略一致するように走査パラメータを調整する処理を実行する調整手段と、を備え、調整手段は、アクチュエータの駆動量を変化させて、渦巻状の光走査の軌跡の間隔を略一定に調整する軌跡間隔調整手段を含む、ことを特徴とする走査型内視鏡システムが提供される。

40

【発明の効果】

【0023】

本発明の実施形態に係るキャリブレーション方法及び走査型内視鏡システムによれば、走査光を照明に用いて撮像した画像に発生する画素抜けが防止される。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の実施形態の走査型共焦点内視鏡システムの構成を示すブロック図である。

50

【図 2】本発明の実施形態の走査型共焦点内視鏡システムが有する共焦点光学ユニットの構成を概略的に示す図である。

【図 3】X Y 近似面上における光ファイバの先端の回転軌跡を示す図である。

【図 4】X Y 近似面上における光ファイバの先端の X (又は Y) 方向の変位量 (振幅) と、サンプリング期間及び制動期間との関係を示す図である。

【図 5】サンプリング点とラスタ座標との対応関係を説明する図である。

【図 6】本発明の実施形態のキャリブレーション装置の模式図である。

【図 7】本発明の実施形態の走査型共焦点内視鏡システムで実行されるキャリブレーションプログラムのフローチャートである。

【図 8】P S D の受光面上における初期スポット形成位置を示す図である。

10

【図 9】キャリブレーションプログラムによって X Y 調整が行われたときの様子を示す図である。

【図 10】P S D の受光面を Z 方向に移動させたときの移動量と、P S D の出力電流との関係を示す図である。

【図 11】二軸アクチュエータに所定の交流電圧 X 及び Y を印加したときの励起光の走査軌跡を示す図である。

【図 12】キャリブレーションによって理想的な走査軌跡となるように調整された励起光の走査軌跡を示す図である。

【図 13】走査パラメータを調整する処理の手順を示すフローチャートである。

【図 14】渦巻状の走査軌跡の周回間の間隔を調整する処理の手順を示すフローチャートである。

20

【図 15】走査型共焦点内視鏡システムを用いて撮像した内視鏡画像に発生する画素抜けの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態の走査型共焦点内視鏡システムについて説明する。

【0026】

本実施形態の走査型共焦点内視鏡システムは、共焦点顕微鏡の原理を応用して設計されたシステムであり、高倍率かつ高解像度の被写体を観察するのに好適に構成されている。図 1 は、本発明の実施形態の走査型共焦点内視鏡システム 1 の構成を示すブロック図である。図 1 に示されるように、走査型共焦点内視鏡システム 1 は、システム本体 100、共焦点内視鏡 200、モニタ 300、キャリブレーション装置 400 を有している。走査型共焦点内視鏡システム 1 を用いた共焦点観察は、可撓性を有する管状の共焦点内視鏡 200 の先端面を被写体に当て付けた状態で行う。

30

【0027】

システム本体 100 は、光源 102、光分波合波器 (光カプラ) 104、ダンパ 106、CPU 108、CPU メモリ 110、光ファイバ 112、受光器 114、映像信号処理回路 116、画像メモリ 118、映像信号出力回路 120 を有している。共焦点内視鏡 200 は、光ファイバ 202、共焦点光学ユニット 204、サブ CPU 206、サブメモリ 208、走査ドライバ 210 を有している。なお、以下の説明において、共焦点内視鏡 200 の長手方向における、対物光学系 204D が配置される一端を先端といい、システム本体 100 に接続される他端を基端という。

40

【0028】

光源 102 は、CPU 108 の駆動制御に従い、患者の体腔内に投与された薬剤を励起させる励起光を出射する。励起光は、光分波合波器 104 に入射する。光分波合波器 104 のポートの一つには、光コネクタ 152 が結合している。光分波合波器 104 の不要ポートには、光源 102 から出射された励起光を無反射終端するダンパ 106 が結合している。前者のポートに入射した励起光は、光コネクタ 152 を通過して共焦点内視鏡 200 内に配置された光学系に入射する。

50

【 0 0 2 9 】

光ファイバ 2 0 2 の一端（以下「基端」という。）は、光コネクタ 1 5 2 を通じて光分波合波器 1 0 4 と光学的に結合している。光ファイバ 2 0 2 の他端（以下「先端」という。）は、共焦点内視鏡 2 0 0 の先端部に組み込まれた共焦点光学ユニット 2 0 4 内に収められている。光分波合波器 1 0 4 を出射した励起光は、光コネクタ 1 5 2 を通過して光ファイバ 2 0 2 の基端に入射後、光ファイバ 2 0 2 を伝送して光ファイバ 2 0 2 の先端から出射される。

【 0 0 3 0 】

図 2 (a) は、共焦点光学ユニット 2 0 4 の構成を概略的に示す図である。以下、共焦点光学ユニット 2 0 4 を説明する便宜上、共焦点光学ユニット 2 0 4 の長手方向を Z 方向と定義し、Z 方向に直交しかつ互いに直交する二方向を X 方向、Y 方向と定義する。共焦点光学ユニット 2 0 4 は、片持ち梁状に支持された光ファイバの先端部を振動させて、光ファイバの先端から出射する光を所定の面上で走査する光ファイバ型の光走査装置を備えている。

10

【 0 0 3 1 】

図 2 (a) に示されるように、共焦点光学ユニット 2 0 4 は、各種構成部品を収容する金属製の外筒 2 0 4 A を有している。外筒 2 0 4 A は、外筒 2 0 4 A の内壁面形状に対応する外壁面形状を持つ内筒 2 0 4 B を同軸（Z 方向）にスライド自在に保持している。光ファイバ 2 0 2 の先端（以下、符号「 2 0 2 a 」を付す。）は、外筒 2 0 4 A 、内筒 2 0 4 B の各基端面に形成された開口を通じて内筒 2 0 4 B に収容支持されており、走査型共焦点内視鏡システム 1 の二次的な点光源として機能する。点光源である先端 2 0 2 a の位置は、C P U 1 0 8 による制御に従って周期的に変化する。なお、図 2 (a) 中、中心軸 A X は、後述する対物光学系 2 0 4 D の光軸であり、Z 方向に配置された光ファイバ 2 0 2 が振動していない状態のとき、中心軸 A X は、光ファイバ 2 0 2 の光軸（中心軸）と一致する。

20

【 0 0 3 2 】

サブメモリ 2 0 8 は、共焦点内視鏡 2 0 0 の識別情報や各種プロパティ等のプローブ情報を格納している。サブ C P U 2 0 6 は、システム起動時にサブメモリ 2 0 8 からプローブ情報を読み出して、システム本体 1 0 0 と共焦点内視鏡 2 0 0 とを電氣的に接続する電気コネクタ 1 5 4 を介して C P U 1 0 8 に送信する。C P U 1 0 8 は、送信されたプローブ情報を C P U メモリ 1 1 0 に格納する。C P U 1 0 8 は、格納したプローブ情報を必要時に読み出して共焦点内視鏡 2 0 0 の制御に必要な信号を生成して、サブ C P U 2 0 6 に送信する。サブ C P U 2 0 6 は、C P U 1 0 8 から送信された制御信号に従って走査ドライバ 2 1 0 に必要な設定値を指定する。

30

【 0 0 3 3 】

走査ドライバ 2 1 0 は、指定された設定値に応じたドライブ信号を生成して、先端 2 0 2 a 付近の光ファイバ 2 0 2 の外周面に接着固定された二軸アクチュエータ 2 0 4 C を駆動制御する。図 2 (b) は、二軸アクチュエータ 2 0 4 C の構成を概略的に示す図である。図 2 (b) に示されるように、二軸アクチュエータ 2 0 4 C は、走査ドライバ 2 1 0 と接続された一対の X 軸用電極（図中「 X 」、「 X ′ 」）及び Y 軸用電極（図中「 Y 」、「 Y ′ 」）を圧電体上に形成した圧電アクチュエータである。

40

【 0 0 3 4 】

走査ドライバ 2 1 0 は、交流電圧 X を二軸アクチュエータ 2 0 4 C の X 軸用電極間に印加して圧電体を X 方向に振動させると共に、交流電圧 X と同一周波数であって位相が直交する交流電圧 Y を Y 軸用電極間に印加して圧電体を Y 方向に振動させる。交流電圧 X 、 Y はそれぞれ、振幅が時間に比例して線形に増加して、時間（ X ）、「 Y ）をかけて実効値（ X ）、「 Y ）に達する電圧として定義される。光ファイバ 2 0 2 の先端 2 0 2 a は、二軸アクチュエータ 2 0 4 C による X 方向、Y 方向への運動エネルギーが合成されることにより、X - Y 平面に近似する面（以下、「 X Y 近似面」と記す。）上において中心軸 A X を中心に渦巻状のパターンを描くように回転する。先端 2 0 2 a の回転軌跡は、印加電圧

50

に比例して大きくなり、実効値（ X ）、（ Y ）の交流電圧が印加された時点で最も大きい径を有する円の軌跡を描く。なお、本実施形態においては、先端 202a の回転軌跡が理想的な走査軌跡となるように、後述するキャリブレーションによって、交流電圧 X 及び Y の振幅、位相、周波数が調整されるようになっている。図 3 は、キャリブレーションによって調整された、 XY 近似面上の先端 202a の回転軌跡を示す図である。

【0035】

図 4 は、 XY 近似面上における光ファイバ 202 の先端 202a の X （又は Y ）方向の変位量（振幅）と、共焦点内視鏡 200 の各動作タイミングとの関係を説明する図である。励起光は連続光（又はパルス光）であり、二軸アクチュエータ 204C への交流電圧の印加開始直後から印加停止までの期間（以下、説明の便宜上、この期間を「サンプリング期間」と記す。）中、光ファイバ 202 の先端 202a から出射される。上述したように、二軸アクチュエータ 204C へ交流電圧が印加されると、光ファイバ 202 の先端 202a は、中心軸 AX を中心に渦巻状のパターンを描くように回転する。そのため、サンプリング期間中、光ファイバ 202 の先端 202a から出射した励起光は、中心軸 AX を中心とした所定の円形の走査領域を渦巻状に走査する。サンプリング期間が経過して二軸アクチュエータ 204C への交流電圧の印加が停止すると、光ファイバ 202 の振動が減衰する。 XY 近似面上における先端 202a の円運動は、光ファイバ 202 の振動の減衰に伴って収束し、光ファイバ 202 の振動は、所定時間後に略ゼロとなる（すなわち、先端 202a は、中心軸 AX 上でほぼ停止する）。以下、説明の便宜上、サンプリング期間が終了してから先端 202a が中心軸 AX 上にほぼ停止するまでの期間を「ブレーキング期間」と記す。ブレーキング期間の経過後、さらに所定時間の経過を待って、次のサンプリング期間が開始される。以下、説明の便宜上、ブレーキング期間が終了してから次のサンプリング期間の開始までの期間を「セトリング期間」と記す。セトリング期間は、光ファイバ 202 の先端 202a を中心軸 AX 上に完全に停止させるための待機時間であり、セトリング時間を設けることにより、先端 202a を精確に走査させることが可能となる。また、一フレームに対応する期間（走査期間）は、一つのサンプリング期間と一つのブレーキング期間と一つのセトリング期間から構成されており、セトリング期間を調整することによって、走査期間の周期をフレームレート F （ fps : frames per second）と整合するように調整することができる。つまり、セトリング期間は、光ファイバ 202 の先端 202a が完全に停止するまでの時間とフレームレート F との関係から適宜設定することができるようになっている。なお、ブレーキング期間を短縮するため、ブレーキング期間の初期段階に二軸アクチュエータ 204C に逆相電圧を印加して制動トルクを積極的に加えてもよい。

【0036】

光ファイバ 202 の先端 202a の前方には、対物光学系 204D が設置されている。対物光学系 204D は、複数枚の光学レンズで構成されており、図示省略されたレンズ枠を介して外筒 204A に保持されている。レンズ枠は、外筒 204A の内部において、内筒 204B と相対的に固定され支持されている。そのため、レンズ枠に保持された光学レンズ群は、外筒 204A の内部を内筒 204B と一体となって Z 方向にスライドする。なお、外筒 204A の最先端（すなわち、対物光学系 204D の前方）には、図示省略されたカバーガラスが保持されている。

【0037】

内筒 204B の基端面と外筒 204A の内壁面との間には、圧縮コイルばね 204E 及び形状記憶合金 204F が取り付けられている。圧縮コイルばね 204E は、自然長から Z 方向に初期的に圧縮保持されている。形状記憶合金 204F は、 Z 方向に長尺な棒形状を持ち、常温下で外力が加わると変形して、一定温度以上に加熱されると形状記憶効果で所定の形状に復元する性質を有している。形状記憶合金 204F は、形状記憶効果による復元力が圧縮コイルばね 204E の復元力より大きくなるように設計されている。走査ドライバ 210 は、サブ CPU 206 が指定した設定値に応じたドライブ信号を生成して、形状記憶合金 204F を通電し加熱して伸縮量を制御する。形状記憶合金 204F は、伸

10

20

30

40

50

縮量に応じて内筒 204B を光ファイバ 202 ごと Z 方向に進退させる。

【0038】

光ファイバ 202 の先端 202a を出射した励起光は、対物光学系 204D を透過して被写体の表面又は表層でスポットを形成する。スポット形成位置は、点光源である先端 202a の進退に応じて Z 方向に変位する。すなわち、共焦点光学ユニット 204 は、二軸アクチュエータ 204C による先端 202a の X Y 近似面上の周期的な円運動と Z 方向の進退を併せることで、被写体を三次元走査する。

【0039】

光ファイバ 202 の先端 202a は、対物光学系 204D の前側焦点位置に配置されているため、共焦点ピンホールとして機能する。先端 202a には、励起光により励起された被写体の散乱成分（蛍光）のうち先端 202a と光学的に共役な集光点からの蛍光のみが入射する。蛍光は、光ファイバ 202 を伝送後、光コネクタ 152 を通過して光分波合波器 104 に入射する。光分波合波器 104 は、入射した蛍光を光源 102 から出射される励起光と分離して光ファイバ 112 に導く。蛍光は、光ファイバ 112 を伝送して受光器 114 で検出される。受光器 114 は、微弱な光を低ノイズで検出するため、例えば光電子増倍管等の高感度光検出器としてもよい。

10

【0040】

受光器 114 によって検出された検出信号は、映像信号処理回路 116 に入力される。映像信号処理回路 116 は、CPU 108 の制御下で動作して、検出信号を一定のレートでサンプルホールド及び A/D 変換してデジタル検出信号を得る。ここで、サンプリング期間中の光ファイバ 202 の先端 202a の位置（軌跡）が決まると、当該位置に対応する観察領域（走査領域）中のスポット形成位置、当該スポット形成位置からの戻り光（蛍光）を検出してデジタル検出信号を得る信号取得タイミング（すなわち、サンプリング点）がほぼ一義的に決まる。後述するように、本実施形態においては、予め、キャリブレーション装置 400 を用いて先端 202a の走査軌跡を測定している。そして、測定した走査軌跡が理想的な走査パターン（すなわち、理想的な渦巻状の走査パターン）となるように二軸アクチュエータ 204C への印加電圧の振幅、位相、周波数等を調整し、サンプリング点と、当該サンプリング点に対応する画像上の位置（モニタ 300 に表示される内視鏡画像の画素位置）とを決定している。サンプリング点と内視鏡画像の画素位置（画素アドレス）との対応関係は、リマップテーブルとして CPU メモリ 110 に格納される。例えば、内視鏡画像を水平方向（X 方向）15 ピクセル、垂直方向（Y 方向）15 ピクセルの画素で構成した場合、順次サンプリングされた励起光の位置（サンプリング点）と内視鏡画像の画素位置（ラスタ座標）との関係は図 5 のようになり、CPU 108 は、この関係に基づいて各サンプリング点に対応する内視鏡画像の画素位置（ラスタ座標）を求めてリマップテーブルを作成する。なお、図 5 においては、図面の見易さを考慮し、走査領域の中心部分と周辺部分の一部のサンプリング点を示しているが、実際には渦巻状の走査軌跡に沿って多数のサンプリング点が存在する。

20

30

【0041】

映像信号処理回路 116 は、リマップテーブルを参照して、各サンプリング点で得られる各デジタル検出信号に対応する画素アドレスのデータとして割り当てる。以下、説明の便宜上、上記の割り当て作業をリマッピングと記す。映像信号処理回路 116 は、リマッピング結果に従って、各点像の空間的配列によって構成される画像の信号を画像メモリ 118 にフレーム単位でバッファリングする。バッファリングされた信号は、所定のタイミングで画像メモリ 118 から映像信号出力回路 120 に掃き出されて、NTSC（National Television System Committee）や PAL（Phase Alternating Line）等の所定の規格に準拠した映像信号に変換されてモニタ 300 に出力される。モニタ 300 の表示画面には、高倍率かつ高解像度の被写体の三次元共焦点画像（本明細書においては、単に「内視鏡画像」ともいう。）が表示される。

40

【0042】

上述したように、被写体の画像はリマッピング作業によって構築されるため、歪みのな

50

い内視鏡画像を得るためには、先端 202a を理想的な渦巻状の走査パターンとなるように回転させる必要がある。しかし、通常、走査型共焦点内視鏡システム 1 を構成する各部品の特性は所定の範囲でばらつくため、製品毎に固有の特性（以下、「製品固有特性」と記す。）を有し、単に組み立てただけでは図 3 に示したような理想的な走査軌跡は得られない。そこで、本実施形態の走査型共焦点内視鏡システム 1 では、このような製品固有特性をキャンセルするために、後述するキャリブレーションを行っている。

【0043】

図 6 は、本実施形態のキャリブレーション時に用いられるキャリブレーション装置 400 の模式図である。キャリブレーションでは、光ファイバ 202 の先端 202a の回転軌跡を検出し、この回転軌跡が理想的な回転軌跡となるように（すなわち、共焦点光学ユニット 204 から出射される励起光の走査軌跡が基準の走査軌跡となるように）、二軸アクチュエータ 204C に印加する交流電圧 X 及び Y の振幅、位相、周波数を調整し、新たなリマップテーブルを作成する。以下、本明細書においては、キャリブレーションで調整される各パラメータ、主として交流電圧 X 及び Y の振幅、位相、周波数、を「調整パラメータ」と総称する。なお、キャリブレーション装置 400 は、システム本体 100 と別個独立した構成として説明するが、システム本体 100 に組み込まれた一部の構成としてもよい。

10

【0044】

図 6 に示されるように、キャリブレーション装置 400 は、ユニット支持具 420、ケース 402、XYZ ステージ 408、ステージ駆動モータ 410、キャリブレーション回路 412 等を有している。

20

【0045】

ユニット支持具 420 は、キャリブレーション装置 400 の本体部（不図示）に固定された略円筒状の部材であり、その内径は、共焦点光学ユニット 204 の外径よりも僅かに大きく構成されている。キャリブレーション時、焦点光学ユニット 204 は、ユニット支持具 420 の内部に差し込まれ、X、Y、Z の各方向について位置決め固定される。

【0046】

ケース 402 には、PSD 404、PSD 基板 405、リレーレンズユニット 406 が取り付けられている。PSD 404 は、PSD 基板 405 上に搭載され、受光面が XY 平面上に位置（言い換えると Z 方向と直交）するようにケース 402 の基端面側に配置されている。PSD 404 は、共焦点光学ユニット 204 から出射される励起光を受光し、その位置（すなわち、受光面上における励起光の位置）を検出する（詳細は後述）。リレーレンズユニット 406 は、光軸が Z 方向に向くように、ケース 402 の先端側（共焦点光学ユニット 204 側）に配置されている。リレーレンズユニット 406 は、内部に複数のレンズを備えた、いわゆる拡大光学系であり、その光軸及び後側焦点 F2 が PSD 404 の受光面の中心に位置するように配置されている。また、リレーレンズユニット 406 の前側焦点 F1 は、後述するキャリブレーションによって、共焦点光学ユニット 204 の対物光学系 204D の焦点（すなわち、励起光の集光位置）と略一致するように調整される。すなわち、リレーレンズユニット 406 は、共焦点光学ユニット 204 から出射される励起光の集光位置における投影像（すなわち、励起光の走査領域（最大振れ幅））を拡大するように機能する。なお、ケース 402 内は、外光が入らないように遮光されており、PSD 404 は、共焦点光学ユニット 204 からの励起光を高い SN 比で検出する。PSD 404 の検出電流は、PSD 基板 405 を介してキャリブレーション回路 412 に出力される。

30

40

【0047】

ケース 402 は、ステージ駆動モータ 410 によって X、Y、Z の各方向に移動可能な XYZ ステージ 408 上に固定されている。ステージ駆動モータ 410 は、例えば、ステップモータであり、後述するキャリブレーション時、キャリブレーション回路 412 からの信号を受信し、XYZ ステージ 408 を所定の方向に移動させる。なお、本実施形態においては、XYZ ステージ 408 の移動分解能（すなわち、ステージ駆動モータ 41

50

0の1ステップに対するXYZステージ408の移動量)は、約10μmに設定されている。

【0048】

キャリブレーション回路412は、CPU108と双方向に通信可能な回路である。キャリブレーション回路412は、キャリブレーション時、CPU108の制御の下、ステージ駆動モータ410を介してXYZステージ408を移動させる。また、キャリブレーション回路412は、PSD基板405から出力されるPSD404の検出電流を電圧に変換し、検出電圧としてCPU108に出力する。

【0049】

図7は、キャリブレーション中に実行されるキャリブレーションプログラムのフローチャートである。キャリブレーションプログラムは、ユーザ(術者)が焦点光学ユニット204をユニット支持具420に差し込み、システム本体100のユーザインターフェース(不図示)から所定の指示を入力したことを契機に、CPU108によって実行されるサブルーチンである。なお、説明の便宜上、本明細書中の説明並びに図面において、キャリブレーションの各処理ステップは「S」と省略して記す。

【0050】

図7に示すように、キャリブレーションプログラムが開始されると、CPU108は、S1を実行する。S1では、焦点光学ユニット204に対してケース402の位置が調整される。この処理においては、CPU108は、励起光が連続的に照射されるように光源102を制御し、かつ、二軸アクチュエータ204Cへの電圧印加を停止するように操作ドライバ210を制御する。この結果、光ファイバ202から出射される励起光は、中心軸AXに沿って進み、リレーレンズユニット406を通して、PSD404の受光面上に結像する(図6)。本明細書においては、二軸アクチュエータ204Cへの電圧印加がないときの励起光の初期的なスポット形成位置を、以下「初期スポット形成位置」と称する。

【0051】

図8は、PSD404の受光面上における初期スポット形成位置Pを示す図である。上述したように、走査型共焦点内視鏡システム1は、製品固有特性を有するため、初期スポット形成位置は必ずしもPSD404の中心と一致せず、X及びY方向にずれて検出される。また、共焦点光学ユニット204の対物光学系204Dの焦点も部品によって多少のばらつきがあるため、リレーレンズユニット406の前側焦点F1と共焦点光学ユニット204の対物光学系204Dの焦点(すなわち、励起光の集光点)とは必ずしも一致しない。そこで、S1では、初期スポット形成位置がPSD404の受光面の中心と略一致するように、ケース402をX、Yの各方向に移動させ(XY調整)、また、リレーレンズユニット406の前側焦点F1と共焦点光学ユニット204の対物光学系204Dの焦点とが略一致するように、ケース402をZの各方向に移動させている(Z調整)。

【0052】

(XY調整)

PSD404は、一対のX方向の電極X1及びX2と、一対のY方向の電極Y1及びY2を備えており、PSD404の受光面上のスポット形成位置は、各電極から出力される電流を検出することによって求められる。具体的には、初期スポット形成位置PのPSD404の受光面上の位置Xp、Ypは、以下の式(数式3及び数式4)によって求められる。

【数3】

$$Xp = L \times \frac{I_{X2} - I_{X1}}{I_{X1} + I_{X2}}$$

10

20

30

40

【数 4】

$$Yp = L \times \frac{I_{Y2} - I_{Y1}}{I_{Y1} + I_{Y2}}$$

ここで、 I_{X1} は、電極 X 1 から出力される電流であり、 I_{X2} は、電極 X 2 から出力される電流であり、 I_{Y1} は、電極 Y 1 から出力される電流であり、 I_{Y2} は、電極 Y 2 から出力される電流である。また、L は、PSD 404 の受光面の中心から各電極までの距離である。

【0053】

S 1 では、CPU 108 は、キャリブレーション回路 412 から入力される PSD 404 の検出電圧より電極 X 1 から出力される電流 I_{X1} 、電極 X 2 から出力される電流 I_{X2} 、電極 Y 1 から出力される電流 I_{Y1} 、電極 Y 2 から出力される電流 I_{Y2} をそれぞれ求め、上記数式 3 及び数式 4 に基づいて初期スポット形成位置 P の PSD 404 の受光面上の位置 Xp、Yp を求めている。そして、CPU 108 は、Xp 及び Yp が最小となるように（すなわち、初期スポット形成位置が PSD 404 の受光面の中心と略一致するように）、ステージ駆動モータ 410 を駆動し、XYZ ステージ 408 を X 方向及び Y 方向に移動させる。しかし、上述したように、本実施形態の XYZ ステージ 408 は移動分解能を有し、また実際にはステージ駆動モータ 410 のバックラッシュ等も存在し、さらにこれらの誤差要因がリレーレンズユニット 406 によって拡大されるため、励起光のスポットを PSD 404 の受光面の中心に正確に一致させることは困難である。そこで、本実施形態においては、PSD 404 上における励起光の走査領域（直径 5 mm）よりも十分に大きな受光面（10 mm × 10 mm）を有する PSD 404 を使用している。

【0054】

図 9 は、S 1 によって XY 調整が行われたときの様子を示す図である。なお、説明の便宜上、図 9 においては、初期スポット形成位置 P が、PSD 404 の受光面の中心 O に移動した状態を示している。初期スポット形成位置 P が、PSD 404 の受光面の中心 O に移動すると、励起光の走査領域 T は、受光面の中心 O を中心とする直径 5 mm の領域となる。そして、PSD 404 の受光面は、励起光の走査領域 T に比較して十分に大きく、走査領域 T を囲む斜線部の領域（幅約 2.5 mm に相当する領域）は、XY 方向調整時の調整代 α として機能するようになっている。すなわち、ステージ駆動モータ 410 のバックラッシュ等が発生したとしても、走査領域 T は PSD 404 の受光面内に必ず収まるように構成されている。

【0055】

(Z 調整)

図 10 は、PSD 404 の受光面を Z 方向に移動させたときの移動量 z と、X 方向の電流の総和（ $I_{X1} + I_{X2}$ ）及び Y 方向の電流の総和（ $I_{Y1} + I_{Y2}$ ）との関係を示すグラフである。ここで、Z = 0 は、リレーレンズユニット 406 の前側焦点 F 1 と共焦点光学ユニット 204 の対物光学系 204D の焦点とが一致する時の位置である。図 9 に示すように、リレーレンズユニット 406 の前側焦点 F 1 と共焦点光学ユニット 204 の対物光学系 204D の焦点とが一致すると、PSD 404 の受光面において励起光が最も絞られ、X 方向の電流の総和（ $I_{X1} + I_{X2}$ ）及び Y 方向の電流の総和（ $I_{Y1} + I_{Y2}$ ）が極値をとる。そこで、S 1 では、X 方向の電流の総和（ $I_{X1} + I_{X2}$ ）及び Y 方向の電流の総和（ $I_{Y1} + I_{Y2}$ ）を、励起光のビーム径を表す指標として用い、Z 調整をおこなっている。具体的には、CPU 108 は、キャリブレーション回路 412 から出力される PSD 404 の検出電圧より電極 X 1 から出力される電流 I_{X1} 、電極 X 2 から出力される電流 I_{X2} 、電極 Y 1 から出力される電流 I_{Y1} 、電極 Y 2 から出力される電流 I_{Y2} をそれぞれ求め、X 方向の電流の総和（ $I_{X1} + I_{X2}$ ）及び Y 方向の電流の総和（ $I_{Y1} + I_{Y2}$ ）を求める。そして、CPU 108 は、X 方向の電流の総和（ $I_{X1} + I_{X2}$ ）及び Y 方向の電流の総和（ $I_{Y1} + I_{Y2}$ ）が共に極値をとるように（すなわち、リレーレンズユニット 406 の前側焦点 F 1 と共焦点光学ユニット 204 の対物光学系

204Dの焦点とが略一致するように)、ステージ駆動モータ410を駆動し、XYZステージ408をZ方向に沿って移動させる。

【0056】

このように、S1では、ケース402をX、Yの各方向に移動させるXY調整、およびケース402をZ方向に移動させるZ調整が行われ、初期スポット形成位置がPSD404の受光面の中心と略一致し、かつ、リレーレンズユニット406の前側焦点F1と共焦点光学ユニット204の対物光学系204Dの焦点とが略一致するよう調整される。なお、上記では、説明の便宜上、XY調整、Z調整の順で説明したが、Z調整、XY調整の順に行うことも可能である。Z調整をXY調整よりも先に行うと、励起光のスポットを絞った状態でXY調整を行うことができるため、対物光学系204Dやリレーレンズユニット406の収差、対物光学系204Dの傾き、共焦点光学ユニット204の取り付け誤差等の影響を受け難く、XY調整を高精度に行うことが可能となる。次いで、処理は、S2に進む(図7)。

10

【0057】

S2では、CPU108は、二軸アクチュエータ204Cに一律に決められた(すなわち、デフォルトの)交流電圧X及びYを印加して光ファイバ202の先端202aを回転させ、PSD404の受光面上を渦巻状に走査する励起光の走査軌跡を検出する。図11は、二軸アクチュエータ204Cにデフォルトの交流電圧X及びYを印加したときの励起光の走査軌跡を示す図である。上述したように、走査型共焦点内視鏡システム1は製品固有特性を有するため、デフォルトの交流電圧X及びYを印加した状態では、図3に示したような理想的な走査軌跡とはならず、例えば、楕円状に歪んだ走査軌跡となる。次いで、処理は、S3に進む。

20

【0058】

S3では、CPU108は、S2で検出された励起光の走査軌跡を評価し、規定の公差内の走査軌跡であるか否か(すなわち、許容できる走査軌跡であるか否か)を判断する。規定の公差は、許容できる画像の歪み量等から予め定められており、CPU108は、S2で検出された励起光の走査軌跡から、走査領域の大きさ、形状(真円度)、走査速度等について評価する。S3において、公差内であると判断された場合(S3:YES)、処理は、S5に進み、公差内にないと判断された場合(S3:NO)、処理は、S4に進む。

30

【0059】

S4では、CPU108は、二軸アクチュエータ204Cに印加する交流電圧X及びYの調整パラメータ(走査パラメータ)を変更する。具体的には、CPU108は、S3における励起光の走査軌跡の評価結果に基づいて、交流電圧X及びYの周波数を共焦点光学ユニット204の共振周波数(具体的には、片持ち支持された光ファイバの先端部の共振周波数)と一致するように調整して、共焦点光学ユニット204の駆動効率を上げる。また、走査軌跡の大きさに問題がある場合には交流電圧X及びYの周波数を調整して、走査軌跡を拡大又は縮小する。また、走査軌跡の形状に問題がある場合には交流電圧X及びYの位相を調整して、走査軌跡の形状を変更する。CPU108は、S3において公差内であると判断されるまでS2からS4までの処理を繰り返し実行する。その結果、S2で検出された励起光の走査軌跡は、図12に示すような理想的な走査軌跡となるように調整される。走査パラメータを調整する処理S4の詳細については後述する。

40

【0060】

S5では、CPU108は、S4によって調整された走査軌跡について、各サンプリング点と内視鏡画像の画素位置(画素アドレス)との対応関係を求めて新たなリマップテーブルを作成する。そして、作成したリマップテーブルをS4によって調整された調整パラメータ(すなわち、交流電圧X及びYの振幅、位相、周波数)と共にCPUメモリ110に格納し、本キャリブレーションプログラムを終了する。なお、S5において、CPUメモリ110に格納されたリマップテーブル及び調整パラメータは、新たなキャリブレーションが行われるまで、繰り返し使用される。

50

【 0 0 6 1 】

次に、走査パラメータを調整する処理 S 4 の詳細について説明する。図 1 3 は、処理 S 4 の手順の概略を示すフローチャートである。走査パラメータを調整する処理 S 4 は、交流電圧 X 及び Y の周波数 f (すなわち、二軸アクチュエータ 2 0 4 C の駆動周波数 f) を調整する処理 S 1 0、交流電圧 X と交流電圧 Y の位相差を調整する処理 S 2 0、交流電圧 X と交流電圧 Y の振幅を調整する処理 S 3 0、S 4 0、走査軌跡を取得して、その形状及び大きさについて合否を判定する処理 S 6 0 及びセトリング期間を調整する処理 S 7 0 を含んでいる。S 1 0、S 2 0、S 3 0 及び S 4 0 により励起光の走査軌跡の形状及び大きさが調整された後、S 6 0 により走査軌跡が適正に調整されているか否かが判定され、S 6 0 の判定に合格した後、S 7 0 が行われる。

10

【 0 0 6 2 】

交流電圧 X、Y の振幅を調整する処理には、渦巻状の走査軌跡の全体的な (具体的には最外周部の) 大きさ及び形状を調整する処理 S 3 0 と、渦巻状の走査軌跡の周回間の間隔を調整する処理 S 4 0 が含まれる。処理 S 4 0 は、駆動電圧 (交流電圧 X と交流電圧 Y との合成電圧) の大きさを必要に応じて渦巻きの 1 周毎に調整することにより、渦巻状の走査軌跡の間隔を略均一にし、画素抜けを防止するものである。なお、処理 S 3 0 において走査軌跡の最外周の振幅が適切な値に調整されているため、走査軌跡の渦巻きの間隔が略均一になれば、画素抜けが生じないようになっている。

【 0 0 6 3 】

図 1 4 は、処理 S 4 0 の手順を説明するフローチャートである。S 4 0 では、まず二軸アクチュエータ 2 0 4 C が現在設定されている走査パラメータにより駆動されて、P S D 4 0 4 により励起光の 1 周期分の走査軌跡が取得される (S 4 1)。次に、渦巻状の走査軌跡の最外周 (第 N 周) の 1 周分の振幅の値が抽出され、その平均値 r_N が計算される (S 4 2)。さらに、平均値 r_N から走査軌跡の 1 周あたりの振幅変化量の目標値 ΔR が計算される。振幅変化量の目標値 ΔR は、次の計算式により計算される (S 4 3)。

20

【 0 0 6 4 】

【 数 5 】

$$\Delta R = \frac{r_N}{N}$$

30

【 0 0 6 5 】

次に、カウンタ n の値が初期値 0 に設定される (S 4 4)。処理 S 4 0 では渦巻状の走査軌跡の最内周から順に 1 周ずつ駆動電圧が調整されるが、カウンタ n は現在の調整対象 (第 n + 1 周) を示すパラメータである。

【 0 0 6 6 】

次に、カウンタ k の値が初期値 0 に設定される (S 4 5)。後述するように、本実施形態では、走査軌跡の渦巻きの間隔が 1 周毎に目標値と略一致するように調整されるが、それだけでは累積誤差による画素抜けを防止することができない。そこで、本実施形態では、走査軌跡の一定の周回数 K (例えば 5 0 周) 毎に走査軌跡の振幅の平均値 r_n がその目標値 R_n と略一致しているか否かが確認される (後述の判定 S 5 0)。カウンタ k は、走査軌跡の振幅を確認する周回数間隔の設定に使用される。

40

【 0 0 6 7 】

次に、第 n 周と第 n + 1 周の各 1 周分の振幅の値が抽出され (S 4 6)、それらの平均振幅 r_n 、 r_{n+1} より、第 n 周から第 n + 1 周までの振幅変化量 Δr_n が計算される (S 4 7)。振幅変化量 Δr_n は、次の計算式により計算される。

【 0 0 6 8 】

【数 6】

$$\Delta r_n = r_{n+1} - r_n$$

【0069】

次に、振幅変化量 Δr_n がその目標値 ΔR と略一致しているか否かが判定される (S 48)。具体的には、振幅変化量 Δr_n を目標値 ΔR で割った値 $\Delta r_n / \Delta R$ (規格化された振幅変化量) が所定の範囲 (例えば、 1 ± 0.1) 内であるか否かが判定される。 $\Delta r_n / \Delta R$ が所定の範囲から外れていれば (S 48 : NG)、振幅変化量 Δr_n は目標値 ΔR と一致していないと判定され、次の計算式により第 $n + 1$ 週の駆動電圧が変更される (S 52)。すなわち振幅変化量 Δr_n が目標値 ΔR よりも $X\%$ 大きければ (小さければ)、第 $n + 1$ 週の交流電圧 X 、 Y がそれぞれ $X\%$ 下げられる (上げられる)。

10

【0070】

【数 7】

$$V'_{n+1} = V_{n+1} \times (R_{n+1} / r_{n+1})$$

20

但し、

V : 変更前の第 $n + 1$ 週の駆動電圧

V' : 変更後の第 $n + 1$ 週の駆動電圧

R_{n+1} : 第 $n + 1$ 週の振幅の目標値

r_{n+1} : 第 $n + 1$ 週の振幅の検出値

【0071】

S 52 が完了すると、処理は S 41 に戻り、走査パラメータを調整する処理 S 4 が最初からやり直される。

【0072】

また、 $\Delta r_n / \Delta R$ が所定の範囲内にあれば (S 48 : OK)、振幅変化量 Δr_n が目標値 ΔR と略一致するため、第 $n + 1$ 週の駆動電圧は変更されずに、処理は S 49 に進む。

30

【0073】

S 49 では、カウンタ k の値が設定値 K に達したか否かが判定される。カウンタ k が設定値 K に達していなければ (S 49 : NO)、カウンタ k 及びカウンタ n をインクリメントして (S 53)、処理は S 46 に戻り、次の周回の振幅変化量が調整される。カウンタ k が設定値 K に達していれば (S 49 : YES)、処理は S 50 に進む。

【0074】

S 50 では、走査軌跡の第 n 週の振幅の平均値 r_n がその目標値 R_n と略一致しているか否かが判定される。具体的には、走査軌跡の第 n 週の振幅の平均値 r_n を目標値 R_n で割った値 r_n / R_n (規格化された振幅) が所定の範囲 (例えば、 1 ± 0.1) 内であるか否か、すなわち、振幅 r_n が目標値 $R_n \pm 10\%$ の範囲内にあるか否かが判定される。

40

【0075】

r_n / R_n が所定の範囲から外れていれば (S 50 : NG)、振幅 r_n は目標値 R_n と一致していないと判定され、直前に振幅変化量 Δr_n の判定が行われた K 周分 (具体的には、第 $n - k + 1$ 周から第 $n + 1$ 周迄) について、言い換えれば、前回の判定 S 50 が行われた周回後の各周回について、それぞれ以下の式 5 により第 n 週の駆動電圧が変更される (S 54)。

【0076】

【数 8】

$$V'_n = V_n \times (R_n / r_n)$$

【0077】

S54が完了すると、処理はS41に戻り、走査パラメータを調整する処理S4が最初からやり直される。

【0078】

10

r_n / R_n が所定の範囲内にあり、走査軌跡の第 n 周の振幅の平均値 r_n がその目標値 R_n と略一致していれば (S50: OK)、駆動電圧は変更されずに、処理はS51に進む。S51では、カウンタ n が設定値 N (例えば500周) に達したか否かが判定される。カウンタ n が設定値 N に達していなければ (S51: NO)、カウンタ n をインクリメントして (S55)、処理はS45に戻り、カウンタ k がリセットされた後、次の周回の振幅変化量が調整される。また、カウンタ n が設定値 N に達していれば (S51: YES)、処理S4は終了する。

【0079】

20

カウンタ k の値は適宜設定することができ、カウンタ k の値によって走査軌跡の振幅を判定する頻度を変えることができる。カウンタ k の設定値を大きくすると、走査軌跡の振幅の判定S48が行われる頻度が減るため、CPU108の負荷を減らすことができるが、走査軌跡の振幅の精度は低くなる。また、カウンタ k の設定値を小さくすると、走査軌跡の振幅の判定S48が頻繁に行われるため、走査軌跡の振幅の精度は高くなるものの、CPU108の負荷が増大する。

【0080】

以上に説明した処理S40により、共焦点光学ユニット204 (光走査装置) による走査光の渦巻状の軌跡の間隔が適切な範囲に調整される。その結果、共焦点光学ユニット204を用いて撮像した際に、図15に示すような周方向に延びる画素抜けが防止される。

【0081】

30

以上が本発明の実施形態の説明であるが、本発明は、上記の実施形態に限定されるものではなく、技術的思想の範囲内において様々な変形が可能である。例えば、上記の実施形態では、PSDによって検出された光走査の軌跡の間隔 (振幅変化量) をその目標値と比較し、この比較結果に基づいてアクチュエータの駆動量 (駆動電圧) の調整を行う構成が採用されているが、光走査の軌跡をその目標値と比較して、軌跡の比較結果に基づいてアクチュエータの駆動量の調整を行う構成としてもよい。

【0082】

40

また、本実施形態においては、CPU108がキャリブレーションプログラムを実行するものとして説明したが、この構成に限定されるものではなく、キャリブレーション回路412でキャリブレーションプログラムを実行する構成としてもよい。この場合、キャリブレーション回路412は、CPU108との通信によって、二軸アクチュエータ204Cの制御や調整パラメータの変更等を行うように構成される。

【0083】

また、本実施形態の共焦点光学ユニット204は、共焦点内視鏡200の先端部に組み込まれた構成としたが、共焦点光学ユニット204は、例えば、内視鏡の処置具挿通チャンネルに挿通されて使用される共焦点プローブに組み込まれてもよい。

【0084】

また、キャリブレーション装置400に搭載される位置検出素子はPSDに限らない。PSD404は、CCD (Charge Coupled Device) やアレイ型PMT (Photomultiplier Tube) 等の位置及び光量が検出可能な他の素子に置き換えてもよい。

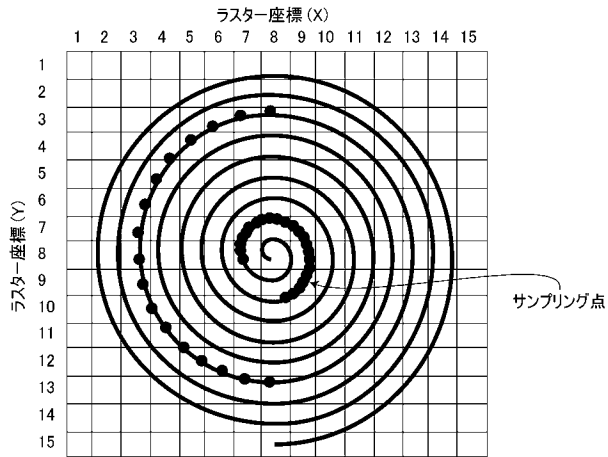
【符号の説明】

50

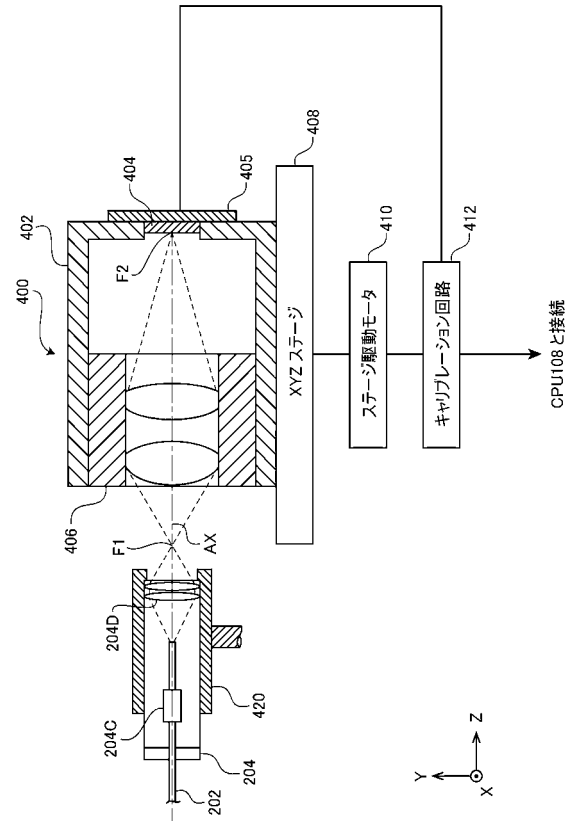
【 0 0 8 5 】

1	走査型共焦点内視鏡システム	
1 0 0	システム本体	
1 0 2	光源	
1 0 4	光分波合波器	
1 0 6	ダンパ	
1 0 8	C P U	
1 1 0	C P U メモリ	
1 1 2	光ファイバ	
1 1 4	受光器	10
1 1 6	映像信号処理回路	
1 1 8	画像メモリ	
1 2 0	映像信号出力回路	
2 0 0	共焦点プローブ	
2 0 2	光ファイバ	
2 0 4	共焦点光学ユニット	
2 0 6	サブ C P U	
2 0 8	サブメモリ	
2 1 0	走査ドライバ	
4 0 0	キャリブレーション装置	20
4 0 2	ケース	
4 0 4	P S D	
4 0 5	P S D 基板	
4 0 6	リレーレンズユニット	
4 0 8	X Y Z ステージ	
4 1 0	ステージ駆動モータ	
4 1 2	キャリブレーション回路	

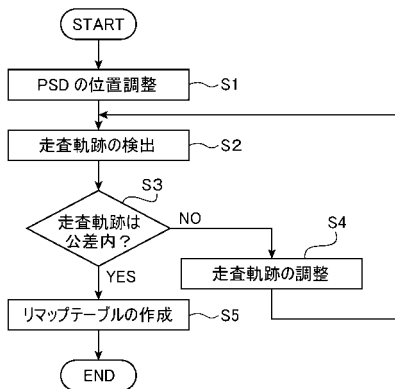
【図 5】



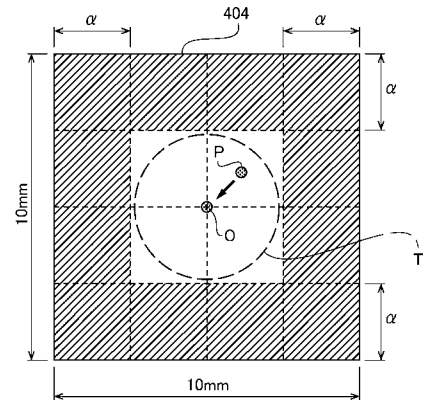
【図 6】



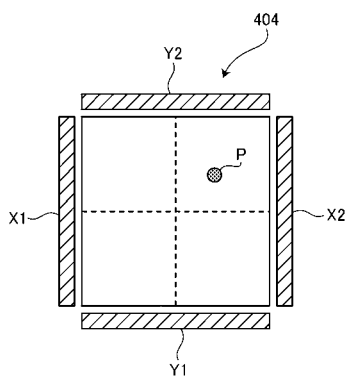
【図 7】



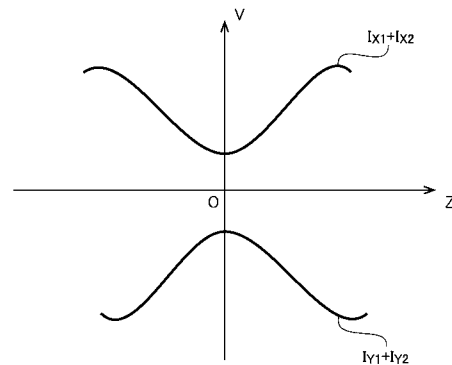
【図 9】



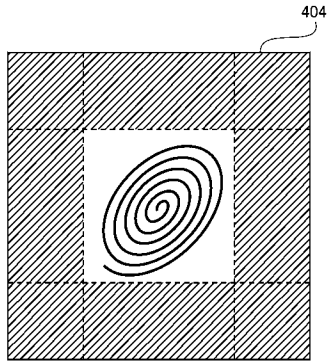
【図 8】



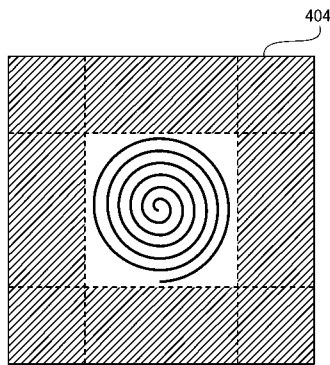
【図 10】



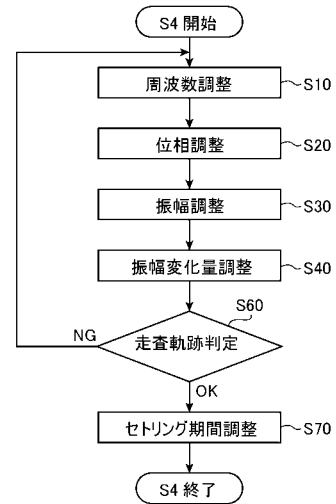
【図 1 1】



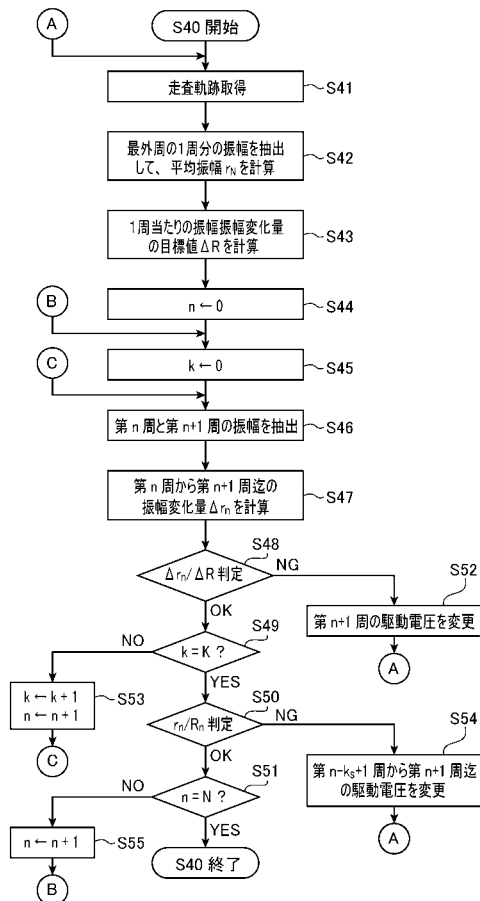
【図 1 2】



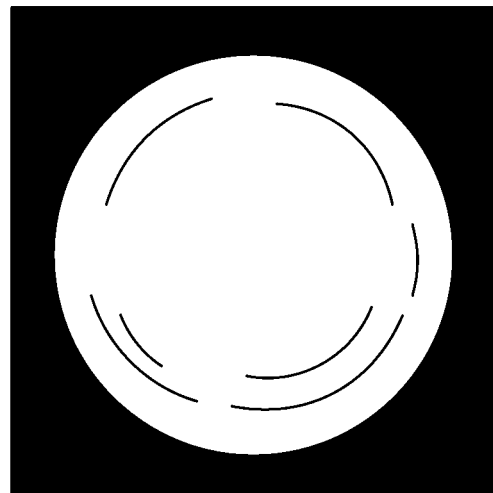
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



专利名称(译)	校准方法和扫描内窥镜系统		
公开(公告)号	JP2014149354A	公开(公告)日	2014-08-21
申请号	JP2013017014	申请日	2013-01-31
[标]申请(专利权)人(译)	保谷股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	HOYA株式会社		
[标]发明人	須貝昇司		
发明人	須貝 昇司		
IPC分类号	G02B26/10 A61B1/00 G02B23/26		
CPC分类号	A61B1/00172 A61B1/00057 G02B23/26 G02B26/103		
FI分类号	G02B26/10.109 G02B26/10.C A61B1/00.300.Y A61B1/00.300.P G02B23/26 A61B1/00.524 A61B1/00.525 A61B1/00.715 A61B1/00.731		
F-TERM分类号	2H040/CA11 2H040/CA22 2H040/DA43 2H045/AE02 2H045/AE05 2H045/BA14 4C161/AA00 4C161/BB00 4C161/CC06 4C161/DD03 4C161/FF40 4C161/FF46 4C161/HH54		
代理人(译)	尾山荣启		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：为了防止由于扫描光的螺旋扫描轨迹的间隔大于目标值而导致像素遗漏。 解决方案：控制装置根据扫描参数驱动执行器以执行螺旋光学扫描，扫描轨迹检测装置检测螺旋光学扫描轨迹，控制装置执行扫描。 调整扫描参数的调整步骤，使得由轨迹检测装置检测到的螺旋光学扫描轨迹与目标轨迹基本重合，并且调整步骤改变驱动器的驱动量以改变螺旋形状。 提供一种用于校准扫描内窥镜系统的方法，该方法包括轨迹间隔调整步骤，该步骤将线性光学扫描的轨迹之间的间隔调整为基本恒定。 [选择图]图 14

