

(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2014-147462

(P2014-147462A)

(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)
A 6 1 B 1/00 (2006.01) A 6 1 B 1/00 3 0 0 D 4 C 1 6 1
 A 6 1 B 1/00 3 0 0 P

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2013-17013 (P2013-17013)
 (22) 出願日 平成25年1月31日(2013.1.31)

(71) 出願人 000113263
 H O Y A 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 H O
 Y A 株式会社内
 Fターム(参考) 4C161 BB08 CC07 FF40 HH51 JJ11
 QQ04 RR06 RR18 RR25 RR26

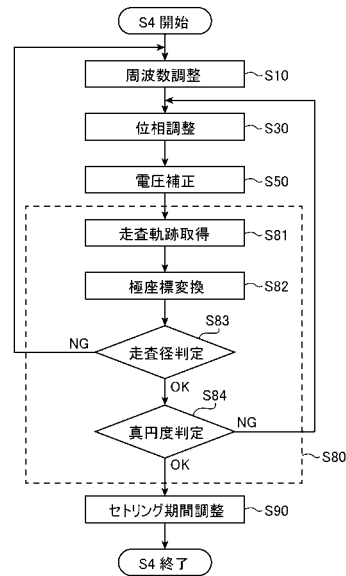
(54) 【発明の名称】 キャリブレーション方法及び走査型内視鏡システム

(57) 【要約】

【課題】 作業者によるバラツキの無い均一なキャリブレーション結果を与える走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法を提供すること。

【解決手段】 走査パラメータに基づいてアクチュエータを駆動して光走査を行う光走査ステップと、光ファイバの先端から出射した走査光の走査軌跡を取得する走査軌跡取得ステップと、取得した走査軌跡が所定の基準走査軌跡とな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、走査軌跡の振幅が最大となるように、アクチュエータの駆動電圧の周波数を調整する周波数調整ステップと、走査軌跡が略真円となるように、アクチュエータのX軸方向とY軸方向の駆動電圧の位相差を調整する位相調整ステップと、走査軌跡の大きさ及び形状が所定範囲内となるように、アクチュエータのX軸及びY軸方向の駆動電圧の振幅を調整する振幅調整ステップと、を含む。

【選択図】 図 1 3



【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 軸方向の駆動電圧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自動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光走査を行う光走査ステップと、

前記制御手段が、前記走査軌跡検出手段から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取得する走査軌跡取得ステップと、

前記制御手段が、取得した前記走査軌跡が所定の基準走査軌跡とな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、

前記走査軌跡の振幅が最大となるように、前記アクチュエータの前記駆動電圧の周波数を調整する周波数調整ステップと、

前記走査軌跡が略真円となるように、前記アクチュエータの前記 X 軸方向と前記 Y 軸方向の前記駆動電圧の位相差を調整する位相調整ステップと、

前記走査軌跡の大きさ及び形状が所定範囲内となるように、前記アクチュエータの前記 X 軸方向及び Y 軸方向の前記駆動電圧の振幅を調整する振幅調整ステップと、
を含むことを特徴とする走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 2】

前記周波数調整ステップの後に、前記位相調整ステップ及び前記振幅調整ステップを実行する、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自動キャリブレーション方法。

【請求項 3】

前記調整ステップは、前記走査軌跡の座標を極座標に変換する極座標変換ステップを更に含む、ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 4】

前記周波数調整ステップは、

片持ち支持された前記光ファイバの先端部の共振周波数を含む周波数領域において前記走査軌跡の振幅が最大となる周波数を取得するステップと、

前記アクチュエータの駆動電圧の周波数を前記走査軌跡の振幅が最大となる周波数に変更するステップと、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自動キャリブレーション方法。

【請求項 5】

前記走査軌跡の振幅が最大となる周波数を取得するステップは、前記共振周波数を含む周波数領域において、前記駆動電圧の周波数を変化させながら前記走査軌跡の振幅を繰り返し取得するステップを含む、

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自動キャリブレーション方法。

【請求項 6】

前記走査軌跡の振幅が最大となる周波数を取得するステップは、

前記共振周波数を含む第 1 の周波数領域において、前記駆動電圧の周波数を第 1 の周波数間隔で段階的に変化させながら前記走査軌跡の振幅を繰り返し取得する第 1 の周波数

10

20

30

40

50

取得ステップと、

前記第 1 周波数取得ステップにおいて前記走査軌跡の最大の振幅が取得された駆動電圧の周波数を含む、前記第 1 の周波数領域よりも狭い第 2 の周波数領域において、前記駆動電圧の周波数を第 1 の周波数間隔よりも狭い第 2 の周波数間隔で段階的に変化させながら前記走査軌跡の振幅を繰り返し取得する第 2 の周波数取得ステップと、を含む、ことを特徴とする請求項 5 に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 7】

前記位相調整ステップは、

前記アクチュエータの前記 X 軸方向と前記 Y 軸方向の駆動電圧の位相差を変化させながら、前記走査軌跡の振幅を繰り返し取得するステップと、

取得された渦巻状の前記走査軌跡から所定の 1 ターン分の振幅を抽出するステップと、

前記 1 ターン分の振幅の分散値を計算するステップと、

前記アクチュエータの前記 X 軸方向と前記 Y 軸方向の駆動電圧の位相差を、前記 1 ターン分の振幅の分散値が最小となる値に変更するステップと、を含む、ことを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 8】

前記走査軌跡が略真円となるまで、前記位相調整ステップと前記振幅調整ステップを交互に実行する

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自動キャリブレーション方法。

【請求項 9】

前記位相調整ステップ又は前記振幅調整ステップを少なくとも 2 回実行する、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自動キャリブレーション方法。

【請求項 10】

前記振幅調整ステップは、

前記走査軌跡を取得するステップと、

前記走査軌跡の少なくとも 2 方向における振幅が所定の振幅判定条件を満たすか否かを判定する振幅判定ステップと、

少なくとも前記振幅判定条件を満たしていない方向について、前記アクチュエータの駆動電圧の振幅を調整する駆動振幅調整ステップと、を含む、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか一項に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 11】

前記振幅判定条件は、

前記少なくとも 2 方向の振幅が所定の目標値以上である、という第 1 条件と、

前記少なくとも 2 方向の振幅差が所定値以下である、という第 2 条件と、を含む、ことを特徴とする請求項 10 に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 12】

前記少なくとも 2 方向は、前記 X 軸方向及び前記 Y 軸方向を含み、

前記 X 軸方向又は前記 Y 軸方向における前記走査軌跡の振幅が前記第 1 条件を満たさない場合にのみ、該第 1 条件を満たさない方向における前記アクチュエータの駆動電圧の振幅を増加する

ことを特徴とする請求項 11 に記載の自動キャリブレーション方法。

【請求項 13】

前記振幅調整ステップは、前記 X 軸方向及び前記 Y 軸方向における前記走査軌跡の振幅

を比較して大小を判定する振幅比較ステップを更に含み、

前記振幅比較ステップの判定結果に応じて前記駆動電圧の振幅が調整される、
ことを特徴とする請求項 10 から請求項 12 のいずれか一項に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 14】

前記 X 軸方向及び前記 Y 軸方向における前記走査軌跡の振幅が共に前記第 1 条件を満たさない場合にのみ、前記振幅比較ステップにおいて前記走査軌跡の振幅が小さいと判定された方向の駆動電圧の振幅が、大きいと判定された方向の駆動電圧の振幅よりも多く増加される、

ことを特徴とする請求項 13 に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

10

【請求項 15】

前記 X 軸方向及び前記 Y 軸方向における前記走査軌跡の振幅が共に前記第 1 条件を満たし、且つ、前記第 2 条件が満たされない場合にのみ、前記振幅比較ステップにおいて前記走査軌跡の振幅が大きいと判定された方向の駆動電圧の振幅が減少される、

ことを特徴とする請求項 13 又は請求項 14 に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 16】

前記振幅判定ステップにおいて、 / 4 間隔の 8 方向における振幅が判定される、

ことを特徴とする請求項 10 から請求項 15 のいずれか一項に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

20

【請求項 17】

前記制御手段が前記走査軌跡の合否を判定する合否判定ステップを更に含み、

前記合否判定ステップは、前記周波数調整ステップ、前記位相調整ステップ及び前記振幅調整ステップの後に実行される、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 16 のいずれか一項に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 18】

前記合否判定ステップは、前記渦巻状の走査軌跡の大きさの合否を判定する走査径合否判定ステップを更に含み、

30

前記走査径合否判定ステップは、

前記渦巻状の走査軌跡の最外周の 1 ターン分の振幅を取得するステップと、

前記最外周の 1 ターン分の振幅の全てが目標値以上であるか否かを判定するステップと、を含み、

前記最外周の 1 ターン分の振幅の全てが目標値以上である場合にのみ、前記渦巻状の走査軌跡の大きさを合格と判定する、

ことを特徴とする請求項 17 に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 19】

前記走査径合否判定ステップにおいて不合格と判定された場合にのみ、前記周波数調整ステップを再び実行する、

40

ことを特徴とする請求項 17 又は請求項 18 に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 20】

前記合否判定ステップは、前記渦巻状の走査軌跡の真円度の合否を判定する真円度合否判定ステップを更に含む、

ことを特徴とする請求項 17 から請求項 19 のいずれか一項に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 21】

前記真円度判定ステップにおいて不合格と判定された場合にのみ、前記位相調整ステッ

50

ブを再び実行する、
ことを特徴とする請求項 20 に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 22】

前記走査型内視鏡システムは、前記走査光が照射された被写体からの戻り光を検出して、該検出結果に基づいて前記被写体の映像をモニタに表示させるビデオ信号を生成して出力する映像化手段を更に備え、

前記調整ステップは、前記渦巻状の走査の周期が前記ビデオ信号のフレームレートの逆数と一致するように、前記アクチュエータの駆動を停止する時間を調整する駆動停止時間調整ステップを更に含む、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 21 のいずれか一項に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 23】

前記周波数調整ステップ、前記位相調整ステップ及び前記振幅調整ステップの実行後に、前記駆動停止時間調整ステップを実行する、

ことを特徴とする請求項 22 に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 24】

前記合否判定ステップの後に前記駆動停止時間調整ステップを実行する、
ことを特徴とする、請求項 17 を直接又は間接的に引用する請求項 22 又は請求項 23 に記載の走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法。

【請求項 25】

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前記 X 軸方向及び前記 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 軸方向の駆動電圧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、

前記制御手段は、

前記走査軌跡の振幅が最大となるように、前記アクチュエータの駆動電圧の周波数を調整する周波数調整手段と、

前記走査軌跡が略真円となるように、前記アクチュエータの前記 X 軸方向と前記 Y 軸方向の駆動電圧の位相差を調整する位相調整手段と、

前記走査軌跡の大きさ及び形状が所定範囲内となるように、前記アクチュエータの前記 X 軸及び前記 Y 軸方向の前記駆動電圧の振幅を調整する振幅調整手段と、

を有する、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。

【背景技術】

【0002】

従来、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。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 次元的に振動させて（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

10

20

30

40

50

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）し、当該観察部位からの戻り光に基づきその照射領域（走査領域）の画像が取得される。

【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、二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。

10

【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に記載の走査型内視鏡システムは、光ファイバから出射される照明光をPSD（Position Sensitive Detector）によって受光し、走査パターン（走査軌跡）をモニタに表示するだけで、二軸アクチュエータの印加電圧の振幅、位相、周波数等の調整は、作業者がモニタに表示される走査パターンを見ながら手作業で行っていた。走査型内視鏡システムのキャリブレーションは、手順が複雑であるため、作業者間で手順を統一することが難しい。その結果、作業者によってキャリブレーションの結果が異なったものとなっていた。

20

【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、作業者によるバラツキの無い均一なキャリブレーション結果を与える自動キャリブレーション方法及び該方法を実行する走査型内視鏡システムを提供することである。

30

【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軸方向の駆動電圧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自動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光走査を行う光走査ステップと、制御手段が、走査軌跡検出手段から光ファイバの先端から出射した走査光の走査軌跡を取得する走査軌跡取得ステップと、制御手段が、取得した走査軌跡が所定の基準走査軌跡とな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、走査軌跡の振幅が最大となるように、アクチュエータの駆動電圧の周波数を調整する周波数調整ステップと、走査軌跡が略真円となるように、アクチュエータのX軸方向とY軸方向の駆動電圧の位相差を調整する位相調整ステップと、走査軌跡の大きさ及び形状が所定範囲内となるように、アクチュエータのX軸及びY軸方向の駆動電圧の振幅を調整する振幅調整ステップと、を含む、走査型内視鏡システムの自動キャリブレーション方法が提供される。

40

【0008】

50

この構成によれば、光走査装置の走査軌跡のキャリブレーションに必須であるアクチュエータの駆動電圧の周波数調整処理、位相調整処理及び振幅調整処理が所定の手順で自動的に実行されるため、作業者によるバラツキの無い均一なキャリブレーション結果が得られる。

【 0 0 0 9 】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、周波数調整ステップの後に、位相調整ステップ及び振幅調整ステップを実行する構成にすることが望ましい。

【 0 0 1 0 】

この構成によれば、走査軌跡に最も大きな影響を与える周波数調整ステップが最初に行われるため、周波数調整によって他の調整済みのパラメータ（位相、振幅）に狂いが生じて、再調整が必要になることが防止される。

10

【 0 0 1 1 】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、調整ステップは、走査軌跡の座標を極座標に変換する極座標変換ステップを更に含む構成としてもよい。

【 0 0 1 2 】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、周波数調整ステップは、片持ち支持された光ファイバの先端部の共振周波数を含む周波数領域において走査軌跡の振幅が最大となる周波数を取得するステップと、アクチュエータの駆動電圧の周波数を走査軌跡の振幅が最大となる周波数に変更するステップと、を含む構成としてもよい。

20

【 0 0 1 3 】

この構成によれば、アクチュエータの駆動電圧の周波数を光ファイバの先端部の共振周波数に近い値に調整することが可能になる。

【 0 0 1 4 】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、走査軌跡の振幅が最大となる周波数を取得するステップは、共振周波数を含む周波数領域において、駆動電圧の周波数を変化させながら走査軌跡の振幅を繰り返し取得するステップを含む構成としてもよい。

【 0 0 1 5 】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、走査軌跡の振幅が最大となる周波数を取得するステップは、共振周波数を含む第1の周波数領域において、駆動電圧の周波数を第1の周波数間隔で段階的に変化させながら走査軌跡の振幅を繰り返し取得する第1の周波数取得ステップと、第1周波数取得ステップにおいて走査軌跡の最大の振幅が取得された駆動電圧の周波数を含む、第1の周波数領域よりも狭い第2の周波数領域において、駆動電圧の周波数を第1の周波数間隔よりも狭い第2の周波数間隔で段階的に変化させながら走査軌跡の振幅を繰り返し取得する第2の周波数取得ステップと、を含む構成としてもよい。

30

【 0 0 1 6 】

この構成によれば、広い周波数領域の全域にわたって狭い周波数間隔で周波数を振って走査軌跡を取得しなくても、広い周波数領域に対して高い精度で駆動電圧の周波数の最適化を行うことができるため、周波数調整処理が効率化される。

【 0 0 1 7 】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、位相調整ステップは、アクチュエータのX軸方向とY軸方向の駆動電圧の位相差を変化させながら、走査軌跡の振幅を繰り返し取得するステップと、取得された渦巻状の走査軌跡から所定の1ターン分の振幅を抽出するステップと、1ターン分の振幅の分散値を計算するステップと、アクチュエータのX軸方向とY軸方向の駆動電圧の位相差を、1ターン分の振幅の分散値が最小となる値に変更するステップと、を含む構成としてもよい。

40

【 0 0 1 8 】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、走査軌跡が略真円となるまで、位相調整ステップと振幅調整ステップを交互に実行する構成としてもよい。

【 0 0 1 9 】

50

この構成によれば、一度調整した後で、他のパラメータの調整によって生じる狂いが再調整されるため、より正確なキャリブレーションが可能になる。

【0020】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、位相調整ステップ又は振幅調整ステップを少なくとも2回実行する構成としてもよい。

【0021】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、振幅調整ステップは、走査軌跡を取得するステップと、走査軌跡の少なくとも2方向における振幅が所定の振幅判定条件を満たすか否かを判定する振幅判定ステップと、少なくとも振幅判定条件を満たしていない方向について、アクチュエータの駆動電圧の振幅を調整する駆動振幅調整ステップと、を含む構成としてもよい。

10

【0022】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、振幅判定条件は、少なくとも2方向の振幅が所定の目標値以上である、という第1条件と、少なくとも2方向の振幅差が所定値以下である、という第2条件と、を含む構成としてもよい。

【0023】

この構成によれば、走査軌跡の大きさの調整だけでなく、形状が均一に調整される。

【0024】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、少なくとも2方向は、X軸方向及びY軸方向を含み、X軸方向又はY軸方向における走査軌跡の振幅が第1条件を満たさない場合にのみ、第1条件を満たさない方向におけるアクチュエータの駆動電圧の振幅を増加する構成としてもよい。

20

【0025】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、振幅調整ステップは、X軸方向及びY軸方向における走査軌跡の振幅を比較して大小を判定する振幅比較ステップを更に含み、振幅比較ステップの判定結果に応じて駆動電圧の振幅が調整される構成としてもよい。

【0026】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、X軸方向及びY軸方向における走査軌跡の振幅が共に第1条件を満たさない場合にのみ、振幅比較ステップにおいて走査軌跡の振幅が小さいと判定された方向の駆動電圧の振幅が、大きいと判定された方向の駆動電圧の振幅よりも多く増加される構成としてもよい。

30

【0027】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、X軸方向及びY軸方向における走査軌跡の振幅が共に第1条件を満たし、且つ、第2条件が満たされない場合にのみ、振幅比較ステップにおいて走査軌跡の振幅が大きいと判定された方向の駆動電圧の振幅が減少される構成としてもよい。

【0028】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、振幅判定ステップにおいて、 $\pi/4$ 間隔の8方向における振幅が判定される構成としてもよい。

40

【0029】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、走査軌跡の合否を判定する合否判定ステップを更に含み、合否判定ステップは、周波数調整ステップ、位相調整ステップ及び振幅調整ステップの後に実行される構成としてもよい。

【0030】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、合否判定ステップは、渦巻状の走査軌跡の大きさの合否を判定する走査径合否判定ステップを更に含み、走査径合否判定ステップは、渦巻状の走査軌跡の最外周の1ターン分の振幅を取得するステップと、最外周の1ターン分の振幅の全てが目標値以上であるか否かを判定するステップと、を含み、最外周の1ターン分の振幅の全てが目標値以上である場合にのみ、渦巻状の走査軌跡の大き

50

さを合格と判定する構成としてもよい。

【0031】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、走査径合否判定ステップにおいて不合格と判定された場合にのみ、周波数調整ステップを再び実行する構成としてもよい。

【0032】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、合否判定ステップは、渦巻状の走査軌跡の真円度の合否を判定する真円度合否判定ステップを更に含む構成としてもよい。

【0033】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、真円度判定ステップにおいて不合格と判定された場合にのみ、位相調整ステップを再び実行する構成としてもよい。

【0034】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、走査型内視鏡システムは、走査光が照射された被写体からの戻り光を検出して、検出結果に基づいて被写体の映像をモニタに表示させるビデオ信号を生成して出力する映像化手段を更に備え、調整ステップは、渦巻状の走査の周期がビデオ信号のフレームレートの逆数と一致するように、アクチュエータの駆動を停止する時間を調整する駆動停止時間調整ステップを更に含む構成としてもよい。

【0035】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、周波数調整ステップ、位相調整ステップ及び振幅調整ステップの実行後に、駆動停止時間調整ステップを実行する構成としてもよい。

【0036】

また、上記の自動キャリブレーション方法において、合否判定ステップの後に駆動停止時間調整ステップを実行する構成としてもよい。

【0037】

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軸方向及び前記Y軸方向の駆動電圧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、取得された走査軌跡が所定の基準走査軌跡となるように走査パラメータを所定の手順で自動調整する走査パラメータ自動調整手段を更に備え、走査パラメータ自動調整手段は、走査軌跡の振幅が最大となるように、アクチュエータの駆動電圧の周波数を調整する周波数調整手段と、走査軌跡が略真円となるように、アクチュエータのX軸方向とY軸方向の駆動電圧の位相差を調整する位相調整手段と、走査軌跡の大きさ及び形状が所定範囲内となるように、アクチュエータのX軸及びY軸方向の駆動電圧の振幅を調整する振幅調整手段と、を有する、走査型内視鏡システムが提供される。

【発明の効果】

【0038】

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、光走査装置の走査パラメータの複雑な調整処理が均一な手順で自動的に行われるため、作業によりキャリブレーション結果にバラツキが生じるという問題が解決される。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【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。

【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。

10

20

30

40

50

- 【図 3】XY 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】XY 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】PSD 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。
- 【図 9】キャリブレーションプログラムによって XY 調整が行われたときの様子を示す図である。
- 【図 10】PSD の受光面を Z 方向に移動させたときの移動量と、PSD 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】二軸アクチュエータに印加する交流電圧の周波数を調整する処理の手順を示すフローチャートである。
- 【図 15】二軸アクチュエータに印加する交流電圧の位相を調整する処理の手順を示すフローチャートである。
- 【図 16】二軸アクチュエータに印加する交流電圧の振幅を調整する処理の手順を示すフローチャートである。
- 【図 17】走査軌跡の真円度の合否判定において振幅が評価される 8 方向を説明する図である。

10

20

【発明を実施するための形態】

【0040】

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。

【0041】

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

【0042】

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

【0043】

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

50

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。

【0044】

光ファイバ 202 の一端（以下「基端」という。）は、光コネクタ 152 を通じて光分波合波器 104 と光学的に結合している。光ファイバ 202 の他端（以下「先端」という。）は、共焦点内視鏡 200 の先端部に組み込まれた共焦点光学ユニット 204 内に収められている。光分波合波器 104 を出射した励起光は、光コネクタ 152 を通過して光ファイバ 202 の基端に入射後、光ファイバ 202 を伝送して光ファイバ 202 の先端から出射される。

【0045】

図 2 (a) は、共焦点光学ユニット 204 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 204 を説明する便宜上、共焦点光学ユニット 204 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。図 2 (a) に示されるように、共焦点光学ユニット 204 は、各種構成部品を収容する金属製の外筒 204 A を有している。外筒 204 A は、外筒 204 A の内壁面形状に対応する外壁面形状を持つ内筒 204 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 202 の先端 (以下、符号「202 a」を付す。) は、外筒 204 A、内筒 204 B の各基端面に形成された開口を通じて内筒 204 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 202 a の位置は、CPU 108 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 AX は、後述する対物光学系 204 D の光軸であり、Z 方向に配置された光ファイバ 202 の先端 202 a が振動していない状態のとき、中心軸 AX は、光ファイバ 202 の光軸 (中心軸) と一致する。

【0046】

サブメモリ 208 は、共焦点内視鏡 200 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 CPU 206 は、システム起動時にサブメモリ 208 からプローブ情報を読み出して、システム本体 100 と共焦点内視鏡 200 とを電氣的に接続する電気コネクタ 154 を介して CPU 108 に送信する。CPU 108 は、送信されたプローブ情報を CPU メモリ 110 に格納する。CPU 108 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 200 の制御に必要な信号を生成して、サブ CPU 206 に送信する。サブ CPU 206 は、CPU 108 から送信された制御信号に従って走査ドライバ 210 に必要な設定値を指定する。

【0047】

走査ドライバ 210 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 202 a 付近の光ファイバ 202 の外周面に接着固定された二軸アクチュエータ 204 C を駆動制御する。図 2 (b) は、二軸アクチュエータ 204 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 204 C は、走査ドライバ 210 と接続された一对の 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。

【0048】

走査ドライバ 210 は、交流電圧 X を二軸アクチュエータ 204 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 202 の先端 202 a は、二軸アクチュエータ 204 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、「XY 近似面」と記す。) 上において中心軸 AX を中心に渦巻状のパターンを描くように回転する。先端 202 a の回転軌跡は、印加電圧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 202 a の回転軌跡が理

10

20

30

40

50

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。

【0049】

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tring期間」と記す。セtring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tring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tring期間から構成されており、セtring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) と整合すように調整することができる。つまり、セtring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。

【0050】

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。

【0051】

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狭持されている。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。

【0052】

10

20

30

40

50

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XY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。

【0053】

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

【0054】

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、CPU108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AD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、CPU108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

【0055】

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

【0056】

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

50

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。

【0057】

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

【0058】

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。

【0059】

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。

20

【0060】

ケース402には、PSD404、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。PSD404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。PSD404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PSD404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、PSD404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。PSD404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

【0061】

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410の1ステップに対するXYZステージ408の移動量）は、約10 μ mに設定されている。

50

【 0 0 6 2 】

キャリブレーション回路 4 1 2 は、CPU 1 0 8 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 4 1 2 は、キャリブレーション時、CPU 1 0 8 の制御の下、ステージ駆動モータ 4 1 0 を介して X Y Z ステージ 4 0 8 を移動させる。また、キャリブレーション回路 4 1 2 は、PSD 基板 4 0 5 から出力される PSD 4 0 4 の検出電流を電圧に変換し、検出電圧として CPU 1 0 8 に出力する。

【 0 0 6 3 】

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 2 0 4 をユニット支持具 4 2 0 に差し込み、システム本体 1 0 0 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、CPU 1 0 8 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。

【 0 0 6 4 】

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、CPU 1 0 8 は、S 1 を実行する。S 1 では、焦点光学ユニット 2 0 4 に対してケース 4 0 2 の位置を調整する。この処理においては、CPU 1 0 8 は、励起光が連続的に照射されるように光源 1 0 2 を制御し、かつ、二軸アクチュエータ 2 0 4 C への電圧印加を停止するように操作ドライバ 2 1 0 を制御する。この結果、光ファイバ 2 0 2 から出射される励起光は、中心軸 A X に沿って進み、リレーレンズユニット 4 0 6 を通って、PSD 4 0 4 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 2 0 4 C 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。

【 0 0 6 5 】

図 8 は、PSD 4 0 4 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 PSD 4 0 4 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 2 0 4 の対物光学系 2 0 4 D 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 4 0 6 の前側焦点 F 1 と共焦点光学ユニット 2 0 4 の対物光学系 2 0 4 D 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、S 1 では、初期スポット形成位置が PSD 4 0 4 の受光面の中心と略一致するように、ケース 4 0 2 を X、Y の各方向に移動させ（X Y 調整）、また、リレーレンズユニット 4 0 6 の前側焦点 F 1 と共焦点光学ユニット 2 0 4 の対物光学系 2 0 4 D の焦点とが略一致するように、ケース 4 0 2 を Z の各方向に移動させている（Z 調整）。

【 0 0 6 6 】

（X Y 調整）

PSD 4 0 4 は、一对の X 方向の電極 X 1 及び X 2 と、一对の Y 方向の電極 Y 1 及び Y 2 を備えており、PSD 4 0 4 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 PSD 4 0 4 の受光面上の位置 X p、Y p は、以下の式（数式 1 及び数式 2）によって求められる。

【 数 1 】

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

【 数 2 】

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

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

10

20

30

40

50

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。

【0067】

S1では、CPU108は、キャリブレーション回路412から入力されるPSD404の検出電圧より電極X1から出力される電流 I_{X1} 、電極X2から出力される電流 I_{X2} 、電極Y1から出力される電流 I_{Y1} 、電極Y2から出力される電流 I_{Y2} をそれぞれ求め、上記数式1及び数式2に基づいて初期スポット形成位置PのPSD404の受光面上の位置 X_p 、 Y_p を求めている。そして、CPU108は、 X_p 及び Y_p が最小となるように（すなわち、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）、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PSD404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、PSD404上における励起光の走査領域（直径5mm）よりも十分に大きな受光面（10mm×10mm）を有するPSD404を使用している。

10

【0068】

図9は、S1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、PSD404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、PSD404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5mmの領域となる。そして、PSD404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2.5mmに相当する領域）は、XY方向調整時の調整代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PSD404の受光面内に必ず収まるように構成されている。

20

【0069】

（Z調整）

図10は、PSD404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の焦点とが一致する時の位置である。図9に示すように、リレーンズユニット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の焦点とが一致すると、PSD404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、S1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、CPU108は、キャリブレーション回路412から出力されるPSD404の検出電圧より電極X1から出力される電流 I_{X1} 、電極X2から出力される電流 I_{X2} 、電極Y1から出力される電流 I_{Y1} 、電極Y2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、CPU108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）、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。

30

40

【0070】

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の各方向に移動させるZ調整が行われ、初期スポット形成位置がPSD

50

404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に調整される。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)。

【0071】

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。

【0072】

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。

【0073】

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。

【0074】

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、本キャリア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、新たなキャリアレーションが行われるまで、繰り返し使用される。

【0075】

次に、走査パラメータを調整する処理S4の詳細について説明する。図13は、処理S4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S4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204Cの駆動周波数f)を調整する処理S10、交流電圧Xと交流電圧Yの位相差を調整する処理S30、交流電圧

10

20

30

40

50

Xと交流電圧Yの振幅を調整する処理S50、合否判定処理S80及びセトリング期間を調整する処理S90を含んでいる。S10、S30及びS50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、S80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、S80の判定に合格した後、S90が行われる。以下に、S4の各処理の詳細を説明する。

【0076】

まず、交流電圧X及びYの周波数を調整する処理S10について説明する。上述のように、本実施形態の共焦点光学ユニット204では、交流電圧X及びYの周波数が、光ファイバの先端部の共振周波数帯に設定される。これにより、二軸アクチュエータ204Cの振動を光ファイバの先端部に効率的に伝達することが可能になる。交流電圧X及びYの周波数が光ファイバの先端部の共振周波数帯から外れると、光ファイバの先端部は殆ど駆動されず、その結果、励起光が十分な振幅で走査されず、キャリブレーションを行うことができない。そのため、走査パラメータを調整する処理S4においては、S10が最初に行われて、必要な走査軌跡の大きさが確保される。

10

【0077】

S10では、光ファイバの先端部の共振周波数を検出して、二軸アクチュエータ204Cの駆動周波数fの設定値を検出した共振周波数に変更する処理が行われる。共振周波数の検出は、二軸アクチュエータ204Cの駆動周波数fを変えながら走査軌跡の大きさを評価し、走査軌跡の大きさが最大となった周波数を共振周波数とみなして、この値を駆動周波数fに設定する。共振周波数の帯域幅は数Hz程度と狭いため、1Hz間隔で周波数を変えながら走査軌跡の大きさを評価する必要がある。また、共焦点光学ユニット204の共振周波数は、個体差が大きく、1kHz程度のバラツキがあるため、1kHzの範囲にわたって周波数を振って走査軌跡の大きさを評価する必要がある。しかしながら、数kHzの周波数範囲にわたって1Hz間隔で走査軌跡の大きさを評価するには、膨大な時間を要する。そこで、本実施形態では、共振周波数の検出を、周波数の範囲及び間隔を変えて、3段階に分けて行うことで、効率的に共振周波数を検出できるようになっている。

20

【0078】

図14は、処理S10の手順を示すフローチャートである。S10では、まずバッファ（メモリ）が初期化され、カウンタkが1に設定される（S11）。カウンタkは、共振周波数を検出する処理の段階を示すパラメータである。本実施形態は、第1段階では、1kHzの周波数範囲について走査軌跡の大きさが50Hz間隔で評価される。第2段階では、第1段階において走査軌跡の大きさが最大となった周波数を含む200Hzの周波数範囲について、10Hz間隔で走査軌跡の大きさが評価される。最後の第3段階では、第2段階において走査軌跡の大きさが最大となった周波数を含む20Hzの周波数範囲について、1Hz間隔で走査軌跡の大きさが評価される。

30

【0079】

次に、第k段階における周波数範囲の初期値 $f_0(k)$ に駆動周波数fが設定され（S12）、二軸アクチュエータ204Cが駆動されて、PSD404を用いて励起光の1周期分の走査軌跡が取得される（S13）。上述のように、PSD404の検出電流から得られる励起光の位置情報は、初期スポット形成位置（共焦点光学ユニット204停止時の励起光のスポット位置）を原点とする直交座標系（XY座標系）の座標値 X_p 、 Y_p となる。本実施形態では励起光が渦巻状の軌跡を描くように走査されるため、直交座標値 X_p 、 Y_p が螺旋状の軌跡の処理に適した極座標値 r に変換される（S14）。そして、極座標値 r の最大値 r_{max} が抽出され（S15）、バッファに記録された値 r_{rec} （それまでの極座標値 r の最大値）と比較される（S16）。 r_{max} が r_{rec} よりも大きければ（S16：YES）、 r_{max} 及び駆動周波数fがバッファに上書き保存されて（S17）、処理がS18に移る。 r_{max} が r_{rec} 以下であれば、バッファを書き換えずに、処理がS18に移る。

40

【0080】

S18では、二軸アクチュエータ204Cの駆動周波数fに所定値 $f(k)$ が加算さ

50

れる。 $f(k)$ は、走査軌跡の大きさを評価する周波数の間隔である。上述のように、本実施形態では、第1段階($k=1$)は $f(1)=50\text{Hz}$ 、第2段階($k=2$)は $f(2)=10\text{Hz}$ 、第3段階($k=3$)は $f(3)=1\text{Hz}$ に設定されている。

【0081】

次に、駆動周波数 f が所定の調整範囲外に達したか否かが判定される(S19)。駆動周波数 f が調整範囲内であれば(S19:NO)、処理はS13に戻り、再び励起光の1周期分の走査軌跡が取得される。駆動周波数 f が調整範囲外に達していれば(S19:YES)、カウンタ k がインクリメントされ(S20)、インクリメント後のカウンタ k の値が n (カウンタ k の上限値)を超えているか否かが判定される(S21)。カウンタ k の値が n 以下であれば(S21:NO)、処理はS12に戻り、駆動周波数 f がインクリメント後のカウンタ k に対応する周波数範囲の初期値 $f_0(k)$ に設定される。初期値 $f_0(k)$ (但し、 $k=1$)は、一つ前の段階のサーチで振幅が最大となった周波数 f_{rec} よりも少し小さな値(例えば、 $f_{rec}-2\times f(k)$)に設定される。また、S21において、カウンタ k の値が n を超えていけば(S21:YES)、バッファに保存された周波数 f_{rec} が読み取られて、駆動周波数 f の値が f_{rec} に変更される(S22)。そして、S10が終了し、処理はS30に移る。

10

【0082】

S30では、励起光の走査軌跡が略真円となるように、交流電圧 X と交流電圧 Y の位相差が調整される。具体的には、交流電圧 X に対する交流電圧 Y の位相差を変化させながら、二軸アクチュエータ204Cが駆動され、励起光の走査軌跡が真円に最も近づく位相差 θ_{pt} が検出される。そして、位相差の値に θ_{pt} が設定される。

20

【0083】

図15は、S30の手順を示すフローチャートである。S30では、まず位相差が所定の初期値 θ_0 に設定される(S31)。なお、本実施形態では、所定の調整範囲(例えば $\pi/4$ から $3\pi/4$ までの範囲)で所定値(例えば $\pi/32$)ずつ位相差を変化させながら走査軌跡の真円度の評価を行い、励起光の走査軌跡が略真円となる位相差をサーチする。すなわち、位相差の初期値 θ_0 として $\pi/4$ が設定される。

【0084】

次いで、二軸アクチュエータ204Cが駆動されて、PSD404を用いて励起光の1周期分の走査軌跡が取得される(S32)。次に、直交座標値 X_p 、 Y_p で与えられる走査軌跡が極座標値 r 、 θ に変換される(S33)。そして、振幅 r の最大値 r_{max} が検索され(S34)、 r_{max} を与える θ_{max} を中心とする1ターン分の走査軌跡が抽出される(S35)。次にS35で抽出された1ターン分の走査軌跡の振幅 r の分散値が計算される(S36)。走査軌跡の形状が真円に近いほど振幅 r の分散値は小さくなるため、ここでは振幅 r の分散値が走査軌跡の真円度の指標として使用される。次に、バッファに保存されている値 V_{rec} が読み出され、S36で計算された振幅 r の分散値 V が V_{rec} よりも小さいか否かが判定される(S37)。 V が V_{rec} よりも小さければ(S37:YES)、分散値 V 及び位相差 θ_{max} がバッファに上書き保存されて(S38)、処理がS39に移る。 V が V_{rec} 以上であれば、バッファを書き換えずに、処理がS39に移る。

30

40

【0085】

次に、交流電圧 X に対する交流電圧 Y の位相差に所定値 θ_{max} が加算され(S39)、加算後の位相差 θ が調整範囲外に達したか否かが判定される(S40)。位相差 θ が調整範囲内であれば(S40:NO)、処理はS32に戻り、再び励起光の1周期分の走査軌跡が取得される。位相差 θ が調整範囲外に達していれば(S40:YES)、バッファに保存された位相差 θ_{rec} が読み取られて、位相差の値が θ_{rec} に変更される(S41)。そして、S10が終了し、処理はS50に移る。

【0086】

S50では、励起光の走査軌跡の大きさ及び形状が所定範囲内となるように、交流電圧 X と交流電圧 Y の振幅が調整される。図16は、S50の手順を示すフローチャートであ

50

る。S50では、まず交流電圧X、Yの値が調整範囲内であるか否かが判定される(S51)。交流電圧X、Yのいずれかが調整範囲から外れていれば(S51:NG)、交流電圧X、Yをバッファに保存されている値に変更して(S52)、S50は終了する。なお、バッファに交流電圧X、Yのデータが保存されていない場合は、現在の設定値をそのまま保持する。

【0087】

交流電圧X、Yの値が調整範囲内であれば(S51:OK)、二軸アクチュエータ204Cが駆動されて、PSD404を用いて励起光の1周期分の走査軌跡が取得される(S53)。次に、直交座標値 X_p 、 Y_p で与えられる走査軌跡が極座標値 r 、 θ に変換される(S54)。次に、図17に示す8方向($\theta = 0$ 、 $\pi/4$ 、 $3\pi/4$ 、 π 、 $5\pi/4$ 、 $3\pi/2$ 、 $7\pi/4$)における走査軌跡の振幅 r が抽出される(S55)。次に、抽出された8方向の振幅について合否判定が行われる(S56)。S56では、次の2条件を満足するか否かが判断される。

- ・第1条件： θ 方向の振幅が目標値 r_{target} 以上であること
- ・第2条件： θ 方向の振幅差が所定値以下であること

第1及び第2条件が共に満たされる場合に合格と判定され(S56:OK)、交流電圧X、Yの振幅を調整する処理S50が終了する。また、第1及び第2条件のいずれか一方でも満たされない場合は不合格と判定され(S56:NG)、処理がS57に進む。

【0088】

S57では、走査軌跡のX軸方向($\theta = 0$)における振幅 r_x とY軸方向($\theta = \pi/2$)における振幅 r_y との差分 r ($= r_x - r_y$)の符号が正であるか否か、すなわち、Y軸方向よりもX軸方向の振幅が大きいか否かが判定される。 r が正(すなわち $r_x > r_y$)の場合は、処理はS58に進み、 r が0又は負(すなわち $r_x \leq r_y$)の場合は、処理がS65に進む。

【0089】

S58では、走査軌跡のX軸方向とY軸方向の振幅の差分 r の絶対値が、バッファに記録された値 r_{rec} の絶対値よりも小さいか否かが判定される。 r が r_{rec} よりも小さい場合は(S58:YES)、交流電圧X及び r をバッファに上書き保存して(S59)、処理がS60に進む。また、 r が r_{rec} よりも大きい場合は(S58:NO)、バッファを書き換えずに、処理がS60に移る。

【0090】

S60では、走査軌跡のX軸方向における振幅 r_x が目標値 r_{target} を上回っているか否かが判定される。振幅 r_x が目標値 r_{target} を上回っていれば(S60:YES)、処理がS61へ移る。振幅 r_x が目標値 r_{target} 以下であれば(S60:NO)、交流電圧X、Yの調整処理S64が行われる。この場合には、走査軌跡のX軸方向の振幅 r_x 及びY軸方向の振幅 r_y が共に目標値 r_{target} 以下となっているため、交流電圧X及びYの両方が増加される。具体的には、交流電圧Xについては所定の単位電圧調整量 X の1単位分だけ増加され、交流電圧Yについては所定の単位電圧調整量 Y の2単位分だけ増加される。Y軸方向はX軸方向よりも走査軌跡の振幅が小さいため、交流電圧Yの調整量が交流電圧Xの調整量よりも大きく設定されている。

【0091】

S61では、走査軌跡のY軸方向における振幅 r_y が目標値 r_{target} を上回っているか否かが判定される。振幅 r_y が目標値 r_{target} を上回っていれば(S61:YES)、交流電圧X、Yの調整処理S62が行われ、振幅 r_x が目標値 r_{target} 以下であれば(S61:NO)、交流電圧X、Yの調整処理S63が行われる。

【0092】

S62では、振幅 r_x が大きすぎるためにS56において第2条件が満たされなかった可能性が高いため、交流電圧Xのみについて、単位電圧調整量 X の1単位分だけ減少する調整が行われる。

【0093】

10

20

30

40

50

S 6 3では、振幅 r_y のみが目標値 r_{target} を下回っているため、交流電圧Yのみについて、単位電圧調整量 Y の1単位分だけ増加する調整が行われる。

【0094】

次に、走査軌跡のX軸方向の振幅よりもY軸方向の振幅が大きいと判定された場合(S 5 7 : NO)の処理を説明する。S 6 5では、S 5 8と同様に、走査軌跡のX軸方向とY軸方向の振幅の差分 r の絶対値が、バッファに記録された値 r_{rec} の絶対値よりも小さいか否かが判定される。 r が r_{rec} よりも小さい場合は(S 6 5 : YES)、交流電圧Y及び r がバッファに上書き保存され(S 6 6)、処理はS 6 7へ移る。また、 r が r_{rec} よりも大きい場合は(S 6 5 : NO)、バッファを書き換えずに、処理はS 6 7へ移る。

10

【0095】

S 6 7では、走査軌跡のY軸方向における振幅 r_y が目標値 r_{target} を上回っているか否かが判定される。振幅 r_y が目標値 r_{target} を上回っていれば(S 6 7 : YES)、処理はS 6 8へ移り、振幅 r_x が目標値 r_{target} 以下であれば(S 6 7 : NO)、交流電圧X、Yの調整処理S 7 1が行われる。

【0096】

S 7 1では、走査軌跡のX軸方向の振幅 r_x 及びY軸方向の振幅 r_y が共に目標値 r_{target} 以下となっているため、交流電圧X及びYの両方が増加される。具体的には、交流電圧Xについては単位電圧調整量 X の2単位分だけ増加され、交流電圧Yについては単位電圧調整量 Y の1単位分だけ増加される。X軸方向はY軸方向よりも走査軌跡の振幅が小さいため、交流電圧Xの調整量が交流電圧Yの調整量よりも大きく設定されている。

20

【0097】

S 6 8では、走査軌跡のX軸方向における振幅 r_x が目標値 r_{target} を上回っているか否かが判定される。振幅 r_x が目標値 r_{target} を上回っていれば(S 6 8 : YES)、交流電圧X、Yの調整処理S 6 9が行われ、振幅 r_x が目標値 r_{target} 以下であれば(S 6 8 : NO)、交流電圧X、Yの調整処理S 7 0が行われる。

【0098】

S 6 9では、振幅 r_y が大き過ぎるためにS 5 6において第2条件が満たされなかった可能性が高いため、交流電圧Yのみについて、単位電圧調整量 Y の1単位分だけ減少する調整が行われる。

30

【0099】

S 7 0は、振幅 r_x のみが目標値 r_{target} を下回っているため、交流電圧Xのみについて、単位電圧調整量 X の1単位分だけ増加する調整が行われる。

【0100】

交流電圧X、Yの調整処理S 6 2~S 6 4及びS 6 9~S 7 1が完了すると、処理はS 5 1に戻る。

【0101】

図13に示すように、S 5 0の次に合否判定処理S 8 0が行われる。合否判定処理S 8 0では、まず二軸アクチュエータ204Cが駆動されて、PSD404を用いて励起光の1周期分の走査軌跡が取得され(S 8 1)、直交座標値 X_p 、 Y_p で与えられる走査軌跡が極座標値 r 、 θ に変換される(S 8 2)。

40

【0102】

次に、走査径の合否判定S 8 3が行われる。S 8 3では、渦巻状の走査軌跡の最外周の1ターン分のデータが抽出され、最外周の全点において振幅が目標値 r_{target} を上回っているか否かが判定される。最外周の全点において振幅が目標値 r_{target} を上回っていれば、合格と判定され(S 8 3 : OK)、処理は真円度判定S 8 4へ移る。最外周のいずれか1点でも振幅が目標値 r_{target} 以下であれば、不合格と判定される(S 8 3 : NG)。この場合は、周波数の調整不良が不合格の原因となった可能性があるため、処理は周波数調整処理S 10へ戻る。

50

【 0 1 0 3 】

真円度判定 S 8 4 では、走査軌跡の最外周の 1 ターン分の振幅について分散値が計算され、所定の上限値以下であるか否かが判定される。また、走査軌跡の振幅の分散値が上限値以下であれば、合格と判定され (S 8 4 : O K)、処理はセトリング期間調整処理 S 9 0 へ移る。走査軌跡の振幅の分散値が上限値を超えていれば、不合格と判定され (S 8 4 : N G)、処理は位相調整処理 S 3 0 へ戻る。

【 0 1 0 4 】

セトリング期間調整処理 S 9 0 は、上述のように、サンプリング期間、ブレーキング期間及びセトリング期間からなる走査期間の周期がビデオ信号のフレームレート F と整合するように、セトリング期間の長さを調整する処理である。

10

【 0 1 0 5 】

サンプリング期間、ブレーキング期間及びセトリング期間の長さを、それぞれ T_1 、 T_2 、 T_3 とすると、走査期間の周期は $T_1 + T_2 + T_3$ となる。一方、ビデオ信号のフレームの周期は、フレームレート F を用いて、 $1/F$ と表される。従って、走査期間の周期がビデオ信号のフレームの周期と一致する場合には、次の数式 3 が成立するため、セトリング期間の長さ T_3 は、数式 3 から導出される数式 4 によって表される。

【 0 1 0 6 】

【 数 3 】

$$T_1 + T_2 + T_3 = \frac{1}{F}$$

20

【 0 1 0 7 】

【 数 4 】

$$T_3 = \frac{1}{F} - (T_1 + T_2)$$

【 0 1 0 8 】

なお、本実施形態においては、サンプリング期間、ブレーキング期間及びセトリング期間の長さが、二軸アクチュエータ 2 0 4 C の駆動周期 T_f ($= 1/f$) を基本単位とする相対値として設定される。例えば、サンプリング期間の長さは $500 T_f$ と設定される。フレームレート F、サンプリング期間の周期 T_1 及びブレーキング期間の周期 T_2 は予め設定されており、また、二軸アクチュエータ 2 0 4 C の駆動周期 T_f は、周波数調整処理 S 1 0 において設定される二軸アクチュエータ 2 0 4 C の駆動周波数 f から得られるため、上記の数式 4 によりセトリング期間の周期 T_3 が計算される。

30

【 0 1 0 9 】

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、走査パラメータの調整処理 S 4 において、交流電圧 X と交流電圧 Y の位相差を調整する処理 (位相調整処理) S 3 0 が完了した後で、交流電圧 X と交流電圧 Y の振幅を調整する処理 (振幅調整処理) S 5 0 が行われる構成が採用されているが、位相調整処理 S 3 0 と振幅調整処理 S 5 0 を行う順序は上記実施形態の逆にしてもよい。また、走査径の合否判定 S 8 3 を行う前に、位相調整処理 S 3 0 と振幅調整処理 S 5 0 とを交互に繰り返して実行する (例えば、位相調整処理 S 3 0 又は振幅調整処理 S 5 0 を少なくとも 2 回実行する) 構成にしてもよい。交流電圧 X、Y の位相と振幅の間には一定の相関があるため、一方のパラメータを調整すると、他方のパラメータが影響を受けて多少変化する。そのため、位相調整処理 S 3 0 と振幅調整処理 S 5 0 とを交互に繰り返して行うことにより、より確実かつ正確な調整が可能になる。また、位相調整処理 S 3 0 と振幅調整処理 S 5 0 を統合して (すなわち、走査軌跡取得処理 S 3 2 と S 5 3 を併合して)、位相と振幅とを交互に少しずつ変化させながら、並行して調整を進める構成としてもよい。位相と振幅の相関が大きい場合には、この構成によりパラメータ調整の効率が向上する。

40

50

【 0 1 1 0 】

本実施形態においては、CPU 108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、CPU 108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。

【 0 1 1 1 】

また、本実施形態のキャリブレーションプログラムのS1では、光ファイバ202の回転駆動を停止した状態でXY調整及びZ調整を行うように構成したが、例えば、制動期間中の励起光のスポット位置を初期スポット形成位置として検出すれば、光ファイバ202を回転駆動した状態であってもXY調整及びZ調整を行うことが可能となる。

10

【 0 1 1 2 】

また、本発明が適用可能なシステムは、本実施形態で説明した走査型共焦点内視鏡システムに限らない。リレーレンズユニット406によって拡大された走査領域をPSD404によって受光できればよく、一般的な走査型内視鏡システムに適用することが可能である。例えば走査領域の水平方向を往復走査するラスタスキャン方式や、走査領域を正弦波的に走査するリサージュスキャン方式等を採用する走査型内視鏡システムにも本発明を適用してもよい。

【 0 1 1 3 】

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。

20

【 0 1 1 4 】

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 】

【 0 1 1 5 】

- 1 走査型共焦点内視鏡システム
- 100 システム本体
- 102 光源
- 104 光分波合波器
- 106 ダンパ
- 108 CPU
- 110 CPUメモリ
- 112 光ファイバ
- 114 受光器
- 116 映像信号処理回路
- 118 画像メモリ
- 120 映像信号出力回路
- 200 共焦点プローブ
- 202 光ファイバ
- 204 共焦点光学ユニット
- 206 サブCPU
- 208 サブメモリ
- 210 走査ドライバ
- 400 キャリブレーション装置
- 402 ケース
- 404 PSD
- 405 PSD基板

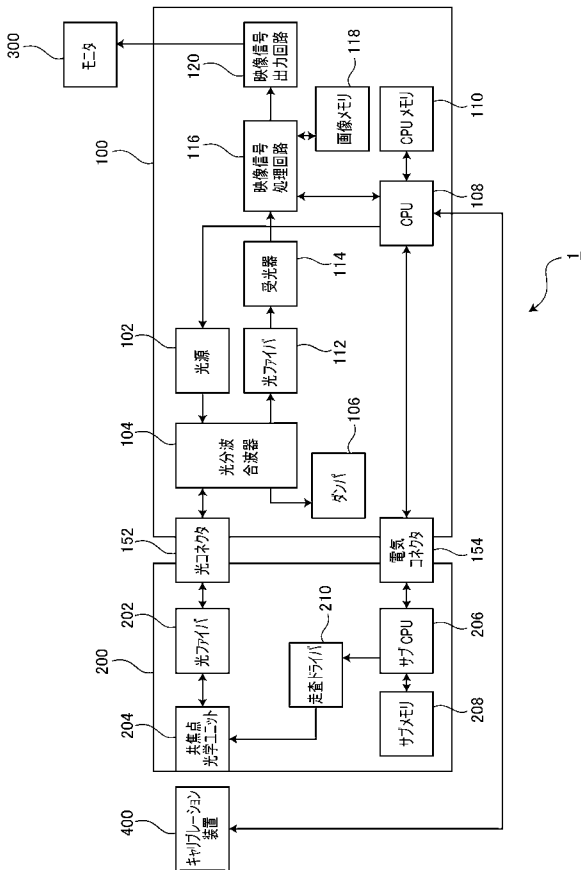
30

40

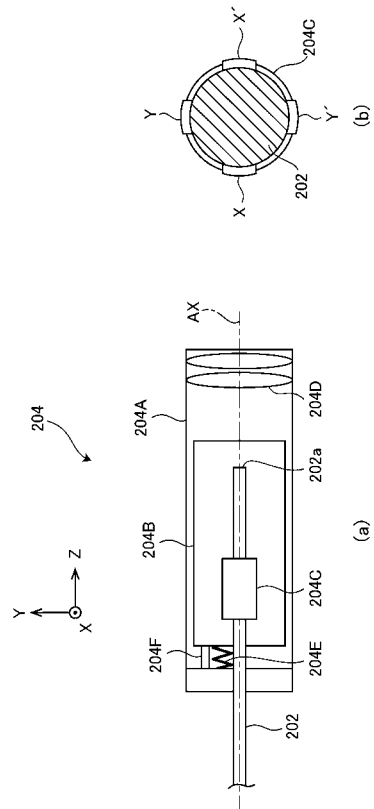
50

- 406 リレーレンズユニット
- 408 X Y Z ステージ
- 410 ステージ駆動モータ
- 412 キャリブレーション回路

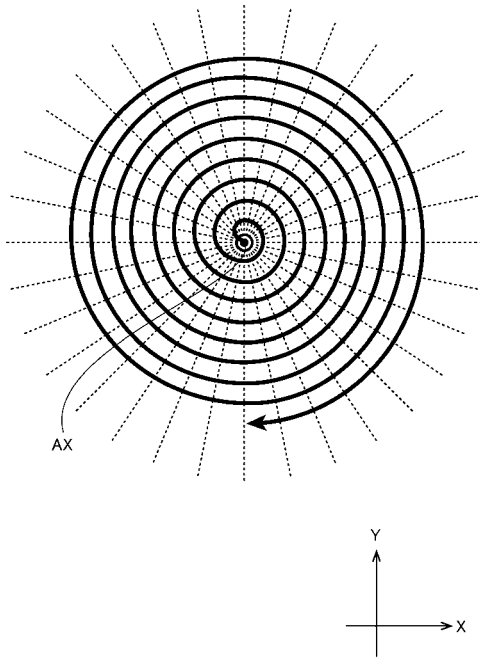
【 図 1 】



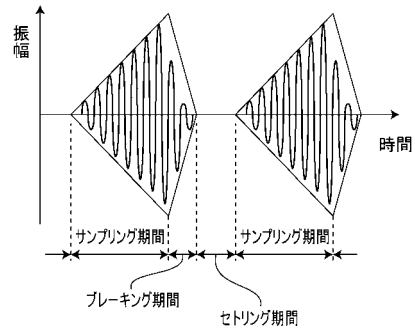
【 図 2 】



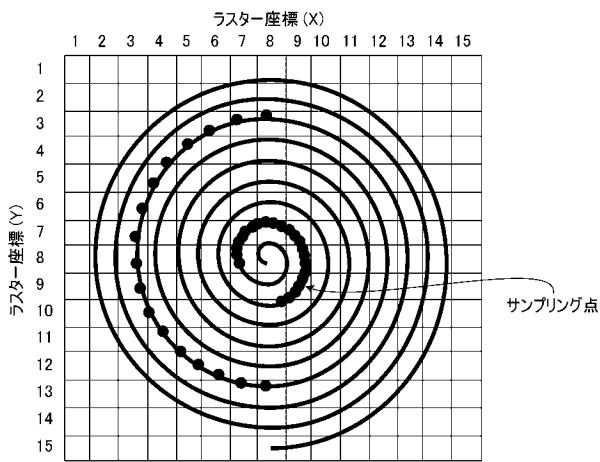
【 図 3 】



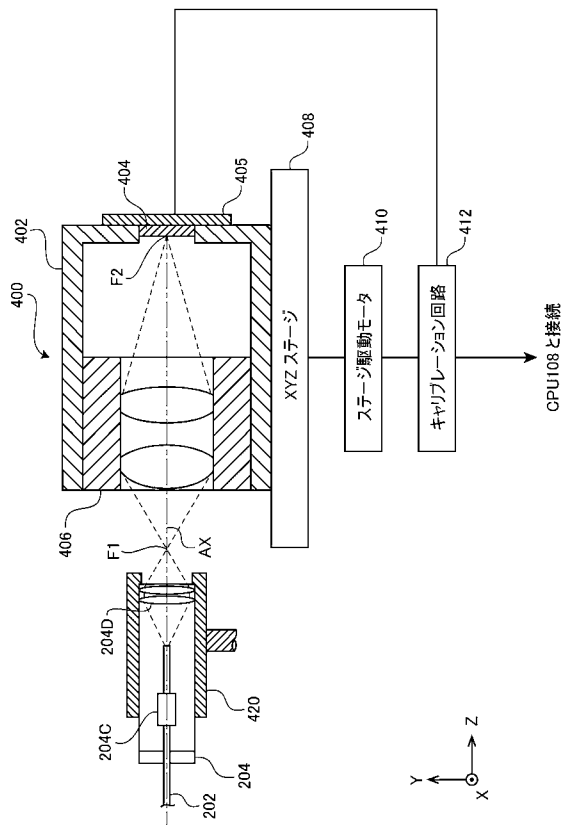
【 図 4 】



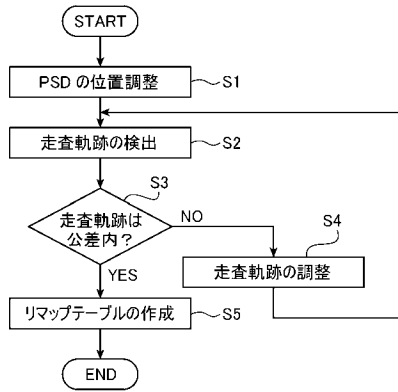
【 図 5 】



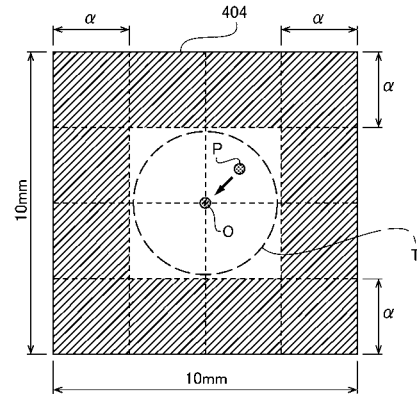
【 図 6 】



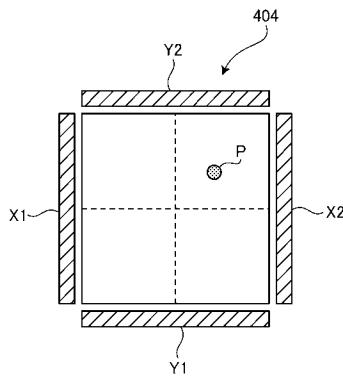
【 図 7 】



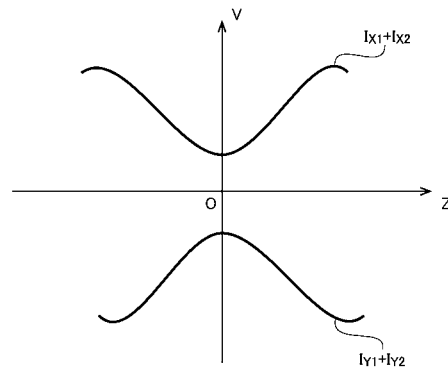
【 図 9 】



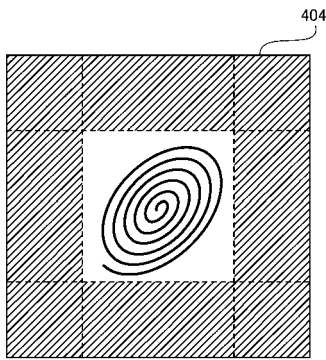
【 図 8 】



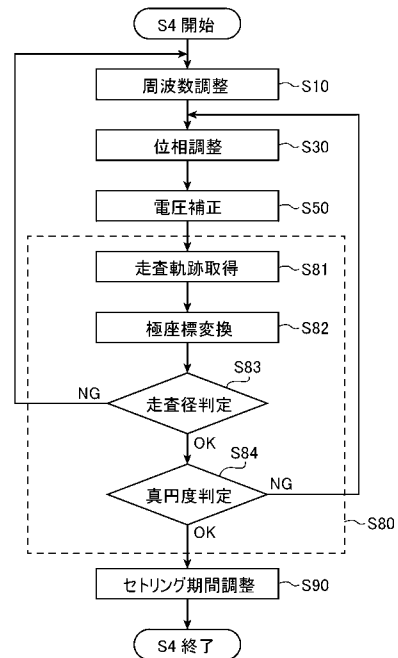
【 図 10 】



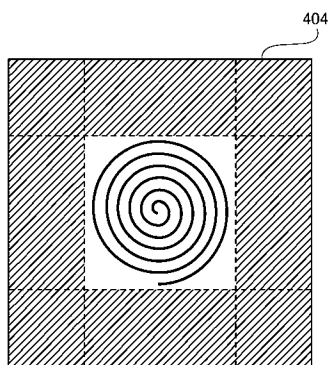
【 図 11 】



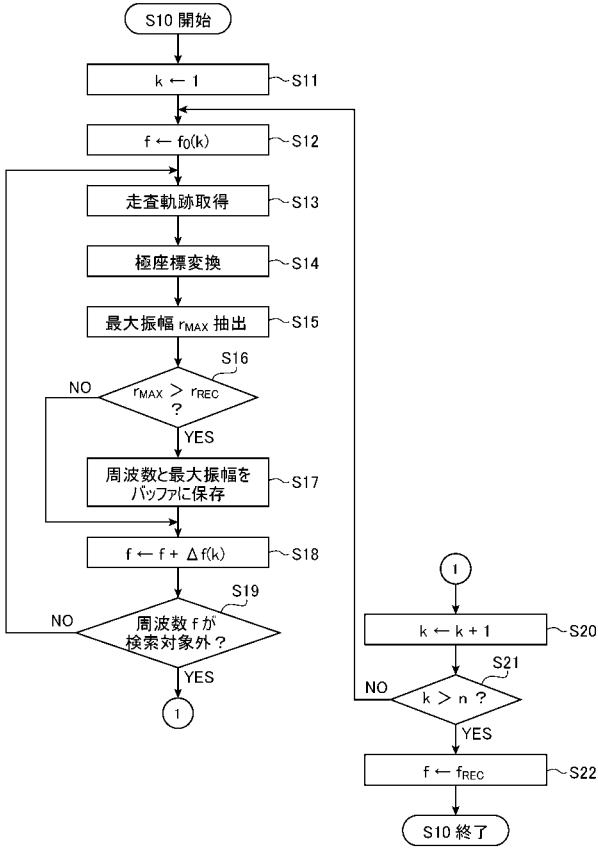
【 図 13 】



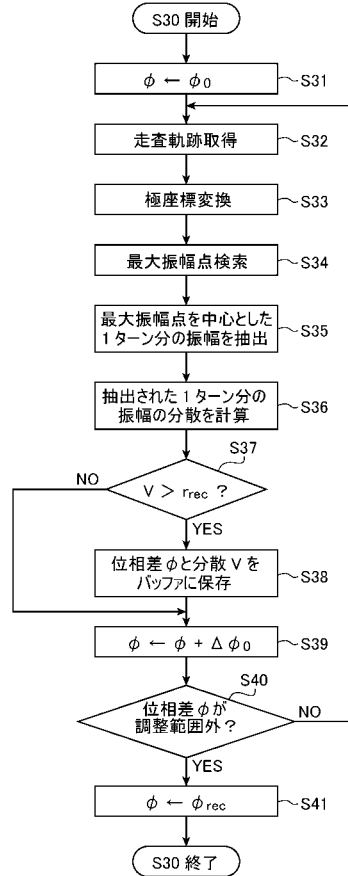
【 図 12 】



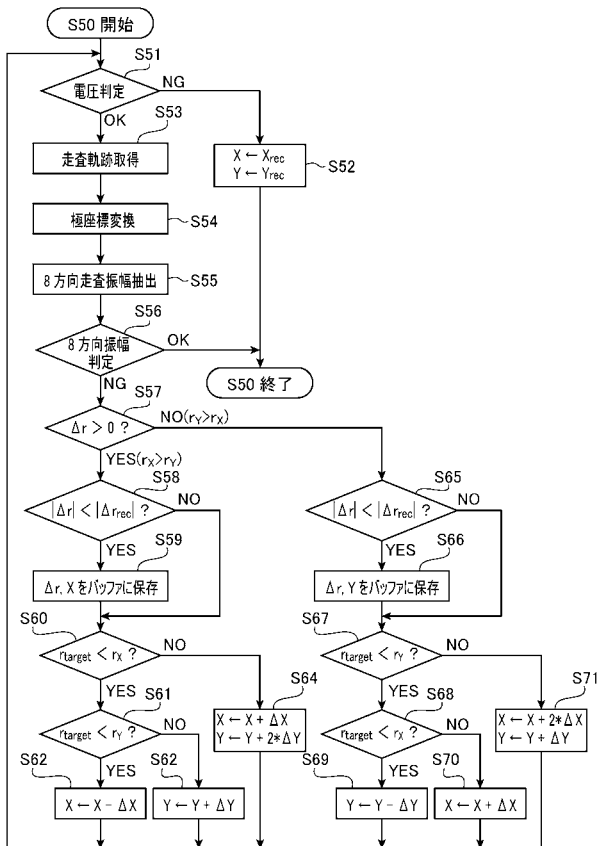
【図14】



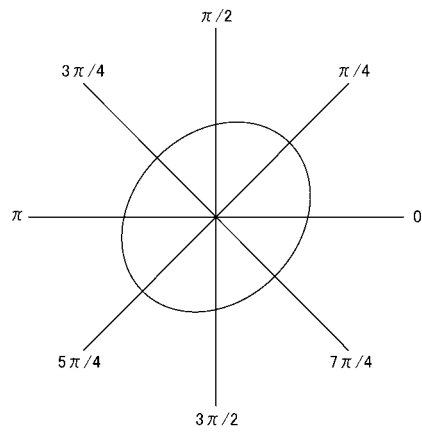
【図15】



【図16】



【図17】



专利名称(译)	校准方法和扫描内窥镜系统		
公开(公告)号	JP2014147462A	公开(公告)日	2014-08-21
申请号	JP2013017013	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	A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/00172		
FI分类号	A61B1/00.300.D A61B1/00.300.P A61B1/00.524 A61B1/00.525 A61B1/00.550 A61B1/00.715		
F-TERM分类号	4C161/BB08 4C161/CC07 4C161/FF40 4C161/HH51 4C161/JJ11 4C161/QQ04 4C161/RR06 4C161/RR18 4C161/RR25 4C161/RR26		
代理人(译)	尾山荣启		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供一种扫描型内窥镜系统的自动校准方法，该校准方法能够给出均匀的校准结果而不受操作者的影响。解决方案：一种自动校准方法包括：通过驱动致动器进行光扫描的光扫描步骤。基于扫描参数；扫描轨迹获取步骤，获取从光纤的前端发射的扫描光的扫描轨迹；调整步骤，调整扫描参数，使得所获取的扫描轨迹成为预定的参考扫描轨迹。调整步骤包括：频率调整步骤，其调整致动器的驱动电压的频率，以使得扫描轨迹的振幅变为最大。相位调整步骤，调整致动器在X轴方向和Y轴方向之间的相位差，使得扫描轨迹几乎完全变成圆形。振幅调整步骤，调整致动器的驱动电压在X轴方向和Y轴方向上的振幅，使得扫描轨迹的大小和形状落入预定范围内。

