

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5800702号
(P5800702)

(45) 発行日 平成27年10月28日 (2015. 10. 28)

(24) 登録日 平成27年9月4日 (2015. 9. 4)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 B 1/00 (2006. 01)	A 6 1 B 1/00 3 0 0 Y
G 0 2 B 23/24 (2006. 01)	G 0 2 B 23/24 B
G 0 2 B 7/04 (2006. 01)	G 0 2 B 7/04 E
F 0 3 G 7/06 (2006. 01)	F 0 3 G 7/06 E

請求項の数 5 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2011-280128 (P2011-280128)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成23年12月21日 (2011. 12. 21)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2013-128663 (P2013-128663A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(43) 公開日	平成25年7月4日 (2013. 7. 4)	(74) 代理人	100076233
審査請求日	平成26年4月11日 (2014. 4. 11)		弁理士 伊藤 進
		(74) 代理人	100101661
			弁理士 長谷川 靖
		(74) 代理人	100135932
			弁理士 篠浦 治
		(72) 発明者	小川 敦司
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
			リンパスメディカルシステムズ株式会社内
		(72) 発明者	天野 正一
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
			リンパスメディカルシステムズ株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体を撮像する撮像素子と対物光学系を備えた内視鏡システムであって、
形状記憶素子を有し、前記対物光学系を第1及び第2のフォーカス位置へ移動させるための移動部材を駆動するアクチュエータと、

前記アクチュエータを駆動するアクチュエータ駆動部と、

前記移動部材の位置を検出するために前記形状記憶素子の抵抗値を検出する抵抗値検出部と、

前記対物光学系の動作指示を入力する指示入力部と、

前記指示入力部に入力された指示と、前記抵抗値検出部により検出された抵抗値に対応する前記移動部材の位置に基づいて、前記アクチュエータ駆動部への駆動信号を出力する制御部と、

前記制御部に接続された記憶部と、を備えた内視鏡システムにおいて、

前記制御部は、キャリブレーションが指示された時、所定の開始電流値から所定の最大電流値まで所定の割合で時間経過と共に単調増加する電流を前記アクチュエータへ供給するための前記駆動信号を、前記アクチュエータ駆動部へ出力すると共に、前記抵抗値検出部により検出された前記形状記憶素子の抵抗値と前記単調増加後に検出された前記形状記憶素子の抵抗値との差分の前記時間経過における差の絶対値が所定の閾値以上となった抵抗値を、前記対物光学系の前記第1又は前記第2のフォーカス位置を示す抵抗値として前記記憶部に記憶することを特徴とする内視鏡システム。

10

20

【請求項 2】

前記第 1 のフォーカス位置は、前記対物光学系の遠点フォーカス位置であり、
前記第 2 のフォーカス位置は、前記対物光学系の近点フォーカス位置であり、
前記制御部は、前記時間経過における差の絶対値が前記所定の閾値以上となった抵抗値で、かつ前記差が大きくなったときの抵抗値を、前記遠点フォーカス位置である前記第 1 のフォーカス位置を示す抵抗値として、さらに、前記時間経過における差の絶対値が前記所定の閾値以上となった抵抗値で、かつ前記差が小さくなったときの抵抗値を、前記近点フォーカス位置である前記第 2 のフォーカス位置を示す抵抗値として、前記記憶部に記憶することを特徴とする請求項 1 に記載の内視鏡システム。

【請求項 3】

前記制御部は、前記抵抗値検出部により検出された前記形状記憶素子の抵抗値が、所定の時間、所定の変動の範囲内にあるとき、前記抵抗値検出部により検出された前記形状記憶素子の抵抗値を、前記形状記憶素子の収縮が停止した状態時の抵抗値として前記記憶部に記憶する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の内視鏡システム。

【請求項 4】

前記制御部は、前記形状記憶素子の線径情報に基づいて、前記所定の最大電流値を決定することを特徴とする請求項 1、2 又は 3 に記載の内視鏡システム。

【請求項 5】

前記アクチュエータ駆動部と前記抵抗値検出部とを、前記アクチュエータへ選択的に接続する接続切替部をさらに備え、

前記制御部は、前記キャリブレーションが指示された時、前記駆動信号を出力する前に、前記アクチュエータへ電流を印加せずに、前記抵抗値検出部により検出した前記形状記憶素子の抵抗値に基づき、前記所定の最大電流値を決定することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の内視鏡システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡システムに関し、特に、対物光学系を移動させるための形状記憶素子を備えたアクチュエータを有する内視鏡システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、内視鏡システムは、医療分野及び工業分野において広く用いられている。被写体は、内視鏡挿入部の先端部に設けられた撮像素子により撮像され、被写体像がモニタ装置に表示される。術者等は、そのモニタに映し出された被写体の画像を見て、観察を行うことができる。撮像素子と観察光学系が、内視鏡挿入部の先端部に内蔵されている。

【0003】

近年、被写体像のフォーカシング機能のために、観察光学系のレンズ枠を光軸方向に移動させる機構を挿入部内に有している内視鏡装置であって、そのレンズ枠を移動させるアクチュエータとして、形状記憶合金を用いるものが提案されている。

【0004】

形状記憶合金ワイヤは、ワイヤに流れる電流を制御することによって伸縮する。例えば、形状記憶合金ワイヤは、電流が流れることにより発熱し、高温状態になると縮み、電流が流れないと、放熱することにより伸びる。

【0005】

その提案では、形状記憶合金のこのような特性を利用して、観察光学系のフォーカシング制御が行われる。

【0006】

また、形状記憶合金を用いたアクチュエータに関しては、例えば特開 2010-48120 号公報に開示されているように、形状記憶合金ワイヤに電流を流したときにおける最大抵抗値と最小抵抗値を記憶して、形状記憶合金ワイヤに流れる抵抗値に基づく抵抗制御

10

20

30

40

50

を行うアクチュエータシステムが提案されている。

【0007】

そのアクチュエータシステムでは、アクチュエータシステムの起動時に、アクチュエータの移動範囲における最小抵抗値を検出してキャリブレーションを行い、そのキャリブレーションの補正值を用いて、抵抗制御が行われる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2010-48120号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかし、そのようなアクチュエータを用いて内視鏡のフォーカシング制御を行う場合、対物光学系の遠点フォーカス位置、近点フォーカス位置等の制御ポイントとなる力量変化ポイントにおける正確な抵抗値が必要となるが、例えば、キャリブレーション時に、単にアクチュエータに一定値電流を印加して各力量変化ポイントにおける抵抗値を検出するようにしても、抵抗値の変化が小さいため、各力量変換ポイントを精度良く特定し難いという問題がある。

【0010】

また、上記の特開2010-48120号公報には、キャリブレーション時におけるアクチュエータの力量変換ポイントを精度良く特定するための手段は開示されていない。

20

【0011】

本発明は、以上の問題に鑑みてなされたものであり、キャリブレーション時におけるアクチュエータの力量変換ポイントを精度良く特定することができる内視鏡システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一態様によれば、被写体を撮像する撮像素子と対物光学系を備えた内視鏡システムであって、形状記憶素子を有し、前記対物光学系を第1及び第2のフォーカス位置へ移動させるための移動部材を駆動するアクチュエータと、前記アクチュエータを駆動するアクチュエータ駆動部と、前記移動部材の位置を検出するために前記形状記憶素子の抵抗値を検出する抵抗値検出部と、前記対物光学系の動作指示を入力する指示入力部と、前記指示入力部に入力された指示と、前記抵抗値検出部により検出された抵抗値に対応する前記移動部材の位置に基づいて、前記アクチュエータ駆動部への駆動信号を出力する制御部と、前記制御部に接続された記憶部と、を備えた内視鏡システムにおいて、前記制御部は、キャリブレーションが指示された時、所定の開始電流値から所定の最大電流値まで所定の割合で時間経過と共に単調増加する電流を前記アクチュエータへ供給するための前記駆動信号を、前記アクチュエータ駆動部へ出力すると共に、前記抵抗値検出部により検出された前記形状記憶素子の抵抗値と前記単調増加後に検出された前記形状記憶素子の抵抗値との差分の前記時間経過における差の絶対値が所定の閾値以上となった抵抗値を、前記対物光学系の前記第1又は前記第2のフォーカス位置を示す抵抗値として前記記憶部に記憶することを特徴とする内視鏡システムを提供することができる。

30

40

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、キャリブレーション時におけるアクチュエータの力量変換ポイントを精度良く特定することができる内視鏡システムを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本実施の形態に係わる内視鏡システムの構成を示す構成図である。

【図2】本実施の形態に係わる、挿入部7の先端部12における対物光学系のアクチュエ

50

ータの構成を説明するための図である。

【図 3】本実施の形態に係わる、SMAワイヤ 2 1 の伸縮を制御する制御回路の構成を示すブロック図である。

【図 4】本実施の形態に係わる検出回路 5 3 の構成を示す回路図である。

【図 5】本実施の形態に係わるノイズ除去回路 6 4 の回路図である。

【図 6】本実施の形態に係わるキャリブレーション処理の流れの例を示すフローチャートである。

【図 7】本実施の形態に係わる、抵抗値検出レンジ決定処理 (S 2) の流れの例を示すフローチャートである。

【図 8】本実施の形態に係わる、時間経過に沿った、キャリブレーション処理時の SMA ワイヤ 2 1 へ供給する電流値 I と、SMA ワイヤ 2 1 の検出抵抗値 R_{detect} の変化を示すグラフである。

10

【図 9】本実施の形態に係わる加熱電流決定処理 (S 4) の流れの例を示すフローチャートである。

【図 10】本実施の形態に係わる、加熱期間における、時間経過に沿った加熱電流 $I(t)$ の変化を示す図である。

【図 11】本発明の実施の形態に係わる抵抗値判定処理 (S 5) の処理の流れの例を示すフローチャートである。

【図 12】本発明の実施の形態に係わる、遠点端検出を説明するための図である。

【図 13】本発明の実施の形態に係わる、近点端検出を説明するための図である。

20

【図 14】本発明の実施の形態に係わる、キャリブレーション端検出を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

(全体構成)

図 1 は、本実施の形態に係わる内視鏡システムの構成を示す構成図である。本実施の形態の電子内視鏡システム (以下、単に内視鏡システムという) 1 は、被写体を撮像する撮像素子と対物光学系を備えた内視鏡システムである。内視鏡システム 1 は、電子内視鏡 (以下、単に内視鏡という) 2 と、光源装置 3 と、ビデオプロセッサ (以下、プロセッサという) 5 と、カラーモニタ (以下、モニタという) 6 と、が電氣的に接続されて構成されている。

30

【0016】

内視鏡 2 は、挿入部 7 と、この挿入部 7 が延設された操作部 8 とを有し、操作部 8 から延出するユニバーサルコード 9 が、スコープコネクタ 10 を介して光源装置 3 に接続されている。また、スコープコネクタ 10 には、スコープケーブル 4 の一端部の電気コネクタが着脱自在に接続されている。そして、このスコープケーブル 4 の他端部の電気コネクタは、プロセッサ 5 に接続されている。

【0017】

挿入部 7 は、先端から順に、先端部 12 と、湾曲部 13 と、可撓管部 7a と、が連設されて構成されている。先端部 12 の先端面には、先端開口部、観察窓、2 つの照明窓、観察窓洗浄口、及び観察物洗浄口が配設されている。

40

【0018】

挿入部 7 の先端部 12 の観察窓の背面側には、先端部 12 に内蔵される撮像装置が配設されている。撮像装置は、被写体を撮像する撮像素子と、対物光学系とを有する。また、2 つの照明窓の背面側には、光源装置 3 からの照明光を伝送する、先端部 12 からユニバーサルコード 9 の内部に挿通する、図示しないライトガイドバンドルが設けられている。

【0019】

操作部 8 は、下部側の側部に配設される鉗子口 11b と、中途部のグリップ部 18 と、上部側に設けられた 2 つの湾曲操作部 14 と、送気送水制御部 15 と、吸引制御部 16 と

50

、複数のスイッチ 17 a から構成された主に撮像機能を操作するスイッチ部 17 と、から構成されている。

複数のスイッチ 17 a の中には、フォーカス機能のための 1 つあるいは 2 つのスイッチがあり、対物光学系を移動する指示を入力するための指示入力部を構成する。

(先端部におけるアクチュエータの構成)

図 2 は、挿入部 7 の先端部 12 における対物光学系のアクチュエータの構成を説明するための図である。図 2 に示すアクチュエータ 20 は、挿入部 7 の先端側に設けられ、形状記憶素子を有し対物光学系を挿入部 7 内で移動させるための移動部材を駆動するアクチュエータである。

図 2 に示すように、アクチュエータ 20 の駆動用の形状記憶素子である形状記憶合金 (Shape Memory Alloys。以下、SMA と略す) のワイヤ 21 は、直径が数十 μm (マイクロメートル) で、可撓性を有するチューブ 22 内に挿通されている。SMA ワイヤ 21 の基端部は、挿入部 7 内の固定部材 23 に固定されている。

【0020】

一方、観察光学系のレンズ群の中の 1 つの対物光学系であるレンズ 24 は、レンズ枠 25 に固定されている。レンズ 24 は、レンズ枠 25 の移動に伴い移動する。第 1 のコイルバネ 26 が、バネ固定部材 27 とレンズ枠 25 の間に配置されており、バネ固定部材 27 は、挿入部 7 の先端部 12 の図示しない先端硬質部材に固定されている。本構造により、レンズ枠 25 は、弾性部材であるコイルバネ 26 により、挿入部 7 の基端側に押圧されている。

【0021】

ワイヤ 21 の先端部は、カシメ部材 28 により、ステンレス (SUS) 製のワイヤ 29 の一端に接続されている。ワイヤ 29 の他端は、レンズ枠 25 に向かって進退すなわち移動する移動部材 30 に接着され固定されている。すなわち、SMA ワイヤ 21 は、ワイヤ 29 を介して移動部材 30 に接続されている。SMA ワイヤ 21 を移動部材 30 に直接接続しないのは、挿入部 7 の先端部 12 に設けられている撮像素子 (図示せず) が SMA ワイヤ 21 の発熱の影響を受けないようにするためである。

【0022】

パイプ 31 の一端は、移動部材 30 の基端部に接続され固定されている。パイプ 31 の他端は、パイプ 32 の先端側内部に挿通されて、パイプ 32 内に挿通されている第 2 のコイルバネ 33 の先端部に接触している。パイプ 32 は、図示しない先端硬質部材に対して固定されている。パイプ 31 は、パイプ 32 内において、軸方向に沿って摺動可能に挿通されている。レンズ枠 25 に当接する移動部材 30 は、弾性部材であるコイルバネ 33 により、先端側へ押圧されている。コイルバネ 33 のバネ力量は、コイルバネ 26 のバネ力量よりも大きい。コイルバネ 26 と 33 は、共に圧縮された状態で、それぞれバネ固定部材 27 とパイプ 32 内に設けられる。

【0023】

パイプ 34 の基端部が、チューブ 22 の先端部に挿通されて固定されている。パイプ 34 の先端部が、パイプ 32 の基端側において、内部に挿通されて固定されている。パイプ 34 の先端部は、パイプ 32 内においてコイルバネ 33 の基端部に当接している。

【0024】

ワイヤ 29 は、パイプ 22, 31, 32, 34 及びコイルバネ 33 の内側空間内に挿通され、カシメ部材 28 を介して接続された SMA ワイヤ 21 も、パイプ 22 内に挿通されている。SMA ワイヤ 21 には、図示しない 2 本のケーブルが接続され、そのケーブルを介して電流が流せるようになっている。

また、先端硬質部材内には、レンズ 24 の動作を規制するレンズストッパー 35 が固定されて設けられている。レンズストッパー 35 は、移動部材 30 が基端側に移動したときにレンズ枠 25 と突き当たって、レンズ枠 25 が所定のレンズ位置を超えて動かないようにするための部材である。

【0025】

10

20

30

40

50

図 2 において、状態SS1は、SMAワイヤ 2 1 に電流が流れていないときの状態を示す。SMAワイヤ 2 1 は、チューブ 2 2 内で、図 2 において点線で示すように、いくらかの弛みを持ちながら、伸びた状態にある。パイプ 3 1 がコイルバネ 3 3 のバネ力量により先端側に押圧されている。コイルバネ 3 3 の伸びようとするバネ力量は、コイルバネ 2 6 の伸びようとするバネ力量よりも大きいので、パイプ 3 1 は、移動部材 3 0 を先端側に押圧する。そのとき、移動部材 3 0 がレンズ枠 2 5 を先端側に押圧するため、レンズ枠 2 5 はバネ固定部材 2 7 に当接し、先端方向に向かってバネ固定部材 2 7 を押圧している状態にある。バネ固定部材 2 7 は、レンズ 2 4 の動作を規制する部材である。状態SS1では、移動部材 3 0 の先端が、第 1 の位置P1に位置している。移動部材 3 0 の先端が第 1 の位置P1にあるとき、レンズ枠 2 5 に固定されたレンズ 2 4 の位置は、対物光学系の遠点フォーカス位置である。

10

【 0 0 2 6 】

状態SS1においてSMAワイヤ 2 1 に電流を流すと、SMAワイヤ 2 1 は発熱し、収縮を開始する。SMAワイヤ 2 1 の収縮につれて、図 2 において実線で示すように、ワイヤ 2 1 の弛み分がとれ、ワイヤ 2 9 を基端側へ引っ張る力が次第に大きくなり、その引っ張る力とコイルバネ 2 6 のバネ力量の和が、コイルバネ 3 3 の伸びようとするバネ力量よりも大きくなると、ワイヤ 2 1 に連結されたワイヤ 2 9 が基端側に移動する。

【 0 0 2 7 】

ワイヤ 2 9 の移動の途中で、レンズ枠 2 5 が、レンズストッパ 3 5 に当接すると、図 2 において状態SS2として示すように、レンズ 2 4 の基端側への移動は停止する。状態SS2では、移動部材 3 0 の先端が、第 2 の位置P2に位置している。移動部材 3 0 が第 2 の位置P2にあるとき、レンズ枠 2 5 に固定されたレンズ 2 4 の位置は、対物光学系の近点フォーカス位置である。

20

【 0 0 2 8 】

レンズ枠 2 5 がレンズストッパ 3 5 に当接した後も、ワイヤ 2 1 に電流を流し続けると、SMAワイヤ 2 1 はさらに発熱して収縮する。SMAワイヤ 2 1 の収縮により、ワイヤ 2 9 が基端側に移動するため、移動部材 3 0 も基端側に移動する。移動部材 3 0 は、パイプ 3 2 の先端部に当接して、停止する（状態SS3）。状態SS3では、移動部材 3 0 の先端が、第 3 の位置P3に位置している。移動部材 3 0 が第 2 の位置P2から第 3 の位置P3に移動しても、レンズ枠 2 5 の移動は、レンズストッパ 3 5 により阻止されているので、レンズ枠 2 5 に固定されたレンズ 2 4 の位置は、近点フォーカス位置のままである。状態SS3では、レンズ枠 2 5 は、コイルバネ 2 6 により基端方向に向かってレンズストッパ 3 5 に押圧された状態で静止した状態にある。第 3 の位置P3が、キャリアレーション端の位置である。

30

【 0 0 2 9 】

移動部材 3 0 がパイプ 3 2 の先端部に当接して停止した後、SMAワイヤ 2 1 に電流を流し続けても、SMAワイヤ 2 1 は、ワイヤ 2 9 が伸びないため、収縮することが出来ない（状態SS3）。

【 0 0 3 0 】

従って、SMAワイヤ 2 1 への電流を制御することにより、移動部材 3 0 の先端は、第 1 の位置P1から第 3 の位置P3の差の範囲で移動可能である。しかし、上述したように、レンズ枠 2 5 の稼働範囲（すなわちレンズ 2 4 の稼働範囲）は、第 1 の位置P1と第 2 の位置P2の間である。

40

【 0 0 3 1 】

内視鏡 2 の使用時は、SMAワイヤ 2 1 の抵抗値に基づいてSMAワイヤ 2 1 への電流供給を制御することによって、レンズ 2 4 の位置の制御が行われる。非加熱時、アクチュエータ 2 0 の状態は、状態SS1である。状態SS1のとき、非加熱時のSMAワイヤ 2 1 の長さは、最大長L1であり、そのときの抵抗値は、最大抵抗値Rmaxである。加熱時でかつアクチュエータ 2 0 の状態が状態SS3のとき、SMAワイヤ 2 1 の長さは、最小長L3であり、そのときの抵抗値は、最小抵抗値Rminである。状態SS2のとき、SMAワイヤ 2 1 の長さは、L2であり、そ

50

のときの抵抗値は、 $(R_{min} + \alpha 1)$ である。したがって、レンズ24は、最大抵抗値 R_{max} と抵抗値 $(R_{min} + \alpha 1)$ の範囲で移動する。

【0032】

また、内視鏡2の挿入部7の先端側には、湾曲部13がある。よって、チューブ22は、湾曲部13の湾曲動作の影響を受けて湾曲する。SMAワイヤ21とワイヤ29には、上述したように縮もうとするテンションがかかっているため、常に直線状になろうとする。SMAワイヤ21とワイヤ29は、細いため、チューブ22及びパイプ31, 32, 34内で軸に直交する方向に移動可能である。よって、チューブ22が湾曲したときに、SMAワイヤ21とワイヤ29の湾曲形状は、チューブ22の湾曲形状と同様とならない。そのため、移動部材30の先端が第3の位置P3にあるとき、チューブ22が湾曲すると、そのチューブ22の曲率半径とワイヤ21と29の曲率半径の差（以下、曲率半径差という）に起因して、移動部材30が先端側に押し出される現象が発生し得る。

10

【0033】

そのため、移動部材30が湾曲動作に起因して先端側に押し出されるように移動しても、移動部材30がレンズ枠25を動かさないようにするためのクリアランス領域 L_c が、予め設けられている。クリアランス領域 L_c は、位置P2とP3間である。クリアランス領域 L_c は、曲率半径差に起因する移動部材30の移動量以上に設定される。

【0034】

状態SS3においてSMAワイヤ21へ供給する電流値を下げると、移動部材の先端30は、位置P2に向かって移動する。SMAワイヤ21への供給電流の電流値をさらに下げる、あるいはその供給電流を0にすると、移動部材30の先端は、位置P2を越えて位置P1まで移動して戻る。その結果、レンズ24は、遠点フォーカス位置になる。

20

【0035】

従って、位置P1と位置P2の範囲は、レンズ稼動範囲すなわちレンズ稼働領域 L_m であり、位置P2と位置P3の範囲は、クリアランス範囲すなわちクリアランス領域 L_c である。

（制御回路）

図3は、SMAワイヤ21の伸縮を制御する制御回路の構成を示すブロック図である。制御回路41は、プロセッサ5に含まれる。図3は、プロセッサ5内のSMAワイヤ21の伸縮を制御する制御回路のみを示している。制御回路41は、制御部としての中央処理装置（以下、CPUという）51と、アクチュエータ駆動部としての出力制御回路52と、抵抗値検出部としての検出回路53と、切替回路54とを含む。切替回路に、SMAワイヤ21が接続されている。出力制御回路52は、アクチュエータ20を駆動するアクチュエータ駆動部を構成する。検出回路53は、移動部材30の位置を検出するためのSMAワイヤ21の抵抗値を検出する抵抗値検出部を構成する。切替回路54は、アクチュエータ駆動部である出力制御回路52と、抵抗値検出部である検出回路53とを、アクチュエータ20へ選択的に接続する接続切替部を構成する。

30

【0036】

制御部としてのCPU51は、ユーザによる操作部8のスイッチ17aへの操作に応じて、図示しない制御プログラムに基づき、上記アクチュエータ20の駆動制御を実行する。すなわち、CPU51は、指示入力部であるスイッチ17aに入力された指示と、抵抗値検出部である検出回路53により検出された抵抗値に対応する移動部材30の位置に基づいて、アクチュエータ駆動部である出力制御回路52への駆動信号を出力する制御部を構成する。

40

【0037】

また、制御部としてのCPU51は、ユーザによるプロセッサ5に対する所定の操作に応じて、図示しないメモリに記憶されたキャリブレーションプログラムに基づき、後述する内視鏡システム1のアクチュエータ20のキャリブレーションを実行する。

【0038】

CPU51は、出力制御回路52に駆動信号 D_r を供給し、出力制御回路52は、受信した駆動信号 D_r に基づく電流信号を切替回路54に出力する。また、CPU51は、加熱制御期

50

間と抵抗値検出期間とからなる基本制御期間を繰り返すことにより、SMAワイヤ21への供給電流の制御を行う。すなわち、CPU51は、加熱制御期間T1と抵抗値検出期間T2を繰り返すように、切替回路54に切替信号Swを供給する。よって、切替回路54は、加熱制御期間T1では、出力制御回路52からの電流信号をSMAワイヤ21に出力し、抵抗値検出期間T2では、所定の抵抗検出用電流をSMAワイヤ21に供給し、SMAワイヤ21の両端で生じる電圧降下値からSMAワイヤ21の抵抗値を検出するように、切り替わる。

【0039】

例えば、基本制御期間は、12ミリ秒であり、そのうち最初の10ミリ秒が加熱制御期間T1であり、続く2ミリ秒が抵抗値検出期間T2である。よって、SMAワイヤ21への電流の供給あるいは停止は、間欠的に、加熱制御期間T1の間だけ行われ、SMAワイヤ21の抵抗値の検出すなわち測定も、間欠的に、抵抗値検出期間T2に行われる。

10

なお、基本制御期間、加熱制御期間T1及び抵抗値検出期間T2は、それぞれ、ここに例示した値に限定されず、例えば、6ミリ秒、5ミリ秒、1ミリ秒の値でもよい。

【0040】

従って、内視鏡2の使用時、CPU51は、ユーザによる操作部8の所定のスイッチの操作に応じて、レンズ24を近点フォーカス位置に駆動するときは、加熱制御期間T1にSMAワイヤ21に所定の駆動用電流を供給し、抵抗値検出期間T2に所定の検出用電流をSMAワイヤ21に供給してSMAワイヤ21の抵抗値を検出する。検出回路53は、検出された抵抗値のデジタル信号DsをCPU51に供給する。

【0041】

20

また、操作部8の所定のスイッチによりレンズ24の遠点フォーカス位置へ移動が指示されると、CPU51は、加熱制御期間T1にSMAワイヤ21に所定の駆動電流を供給せず、抵抗値検出期間T2に所定の抵抗検出用電圧をSMAワイヤ21に供給してSMAワイヤ21の抵抗値を検出する。加熱用の電流が供給されないため、SMAワイヤ21は収縮することが出来ず、レンズ24は、遠点フォーカス位置になる。

【0042】

従って、CPU51は、レンズ24が遠点フォーカス位置にあるのか、近点フォーカス位置にあるのかを、抵抗値検出期間T2において得られた検出抵抗値に基づいて判定して、そのレンズ位置に応じてSMAワイヤ21の加熱制御をしてフォーカス制御を行うことができる。

30

【0043】

術中、術者は、必要に応じて、この近点フォーカス位置と遠点フォーカスを切り替えながら被写体内の内視鏡画像を見て、体腔内の検査などを行う。プロセッサ5のCPU51は、観察モードが近点観察モードであるかあるいは遠点観察モードであるかに応じて、測光方式、測光エリア、画像処理パラメータ、光源装置3のモード等を変更する。

【0044】

例えば、測光方式は、近点観察モードではピーク測光方式で、遠点観察モードでは平均測光方式となるように、かつ測光エリアも、近点観察モードでは画面の中央部で、遠点観察モードでは画面全体となるように、CPU51は、測光方式と測光エリアを変更するように制御する。

40

【0045】

また、近点観察モードでは、内視鏡画像がハレーション気味になるため、光源装置3における調光における検波方式及び応答性に関する処理パラメータを、遠点観察モード時とは異なるように、CPU51は処理パラメータを調整する。

【0046】

さらに、輪郭強調、構造強調などの画像強調処理における強調すべき周波数帯域及び強調レベルが近点観察モードと遠点観察モードでは異なるように、CPU51は、周波数帯域パラメータなどを調整する。

【0047】

さらに、近年は、近点観察モードでは、病変部の詳細観察を実施するために、狭帯域光

50

などの特殊光観察も併せて行われることがある。そこで、プロセッサ 5 は、近点観察モードでは、特殊光観察用の照明光への切替が自動的に行われるように、ユーザにより設定が可能となっている。よって、CPU 5 1 は、その設定内容に応じて、光源装置 3 の照明光の切替制御を行う。

【 0 0 4 8 】

さらにまた、電子ズームの倍率を、近点観察モードでは 2 倍とし、遠点観察モードでは 1 倍とするように、CPU 5 1 は、電子ズームの倍率を近点観察モードと遠点観察モードでは異なるように、自動設定する。

【 0 0 4 9 】

ユーザは、モニタ 6 に設定画面のためのメニュー設定画面を表示することによって、近点観察モードと遠点観察モードにおけるこのような各種パラメータの変更のための設定を行うことができる。

【 0 0 5 0 】

上述したように、近点観察のための近点フォーカス位置へのレンズ 2 4 の駆動及び遠点観察のための遠点フォーカス位置へのレンズ 2 4 の駆動のためには、CPU 5 1 は、レンズ 2 4 が近点フォーカス位置にあるのか遠点フォーカス位置にあるのかを正確に検出しなければならない。そのために、CPU 5 1 は、キャリブレーションにおいて、近点フォーカス位置における SMA ワイヤ 2 1 の抵抗値と、遠点フォーカス位置における SMA ワイヤ 2 1 の抵抗値を検出し、その検出した各抵抗値を内視鏡 2 のメモリ 2 a に格納する。メモリ 2 a は、不揮発性のメモリであり、例えば操作部 7 内に配置されている。

【 0 0 5 1 】

CPU 5 1 は、内視鏡 2 の使用時に、メモリ 2 a に格納されたこれらの抵抗値のデータを読み出して、それらの抵抗値のデータを用いて、アクチュエータシステム 2 0 の制御を行う。従って、メモリ 2 a は、制御部である CPU 5 1 に接続された記憶部を構成する。なお、メモリ 2 a には、内視鏡 2 の種類を示す識別情報も格納されており、内視鏡 2 がプロセッサ 5 に接続されると、プロセッサ 5 の CPU 5 1 は、接続された内視鏡 2 の識別情報を読み出して取得することができる。

【 0 0 5 2 】

図 4 は、検出回路 5 3 の構成を示す回路図である。検出回路 5 3 は、デジタルアナログ変換器（以下、DA コンバータという）6 1 と、アナログデジタル変換器（以下、AD コンバータという）6 2 と、演算増幅器 6 3 と、ノイズ除去回路 6 4 と、抵抗器 6 5 , 6 6 , 6 7 とを有する。

【 0 0 5 3 】

DA コンバータ 6 1 は、CPU 5 1 からのデジタル信号 A_s を入力して、アナログ信号に変換して、演算増幅器 6 3 の非反転入力端子へ出力する。AD コンバータ 6 2 は、演算増幅器 6 3 の出力端子の出力電圧をデジタル信号 D_s に変換して、CPU 5 1 へ出力する。

【 0 0 5 4 】

演算増幅器 6 3 の反転入力端子と出力端子間には、抵抗器 6 5 が接続され、反転入力端子には、抵抗器 6 6 が接続されている。

ノイズ除去回路 6 4 は、SMA ワイヤ 2 1 と抵抗器 6 7 の接続点 C1 の電圧を入力として、出力は、抵抗器 6 6 に接続されている。

【 0 0 5 5 】

図 5 は、ノイズ除去回路 6 4 の回路図である。図 5 に示すように、ノイズ除去回路 6 4 は、抵抗器 6 8 とコンデンサ 6 9 とから構成されたローパスフィルタ 7 0 と、反転入力端子と出力端子が接続された演算増幅器から構成されたボルテージフォロウ回路 7 1 とを有する。

【 0 0 5 6 】

ノイズ除去回路 6 4 は、電気メスなどの外乱ノイズを発生する機器と共に内視鏡 2 が使用される場合にその外乱ノイズによる制御回路 4 1 の誤動作を防止するためにノイズ信号を除去するための回路である。電気メスなどは高周波電流を用いるため、高周波ノイズが

10

20

30

40

50

検出回路 5 3 の検出結果に影響を与える虞がある。そのようなノイズにより、検出される SMAワイヤ 2 1 の検出抵抗値が誤った値となって検出回路 4 1 で検出されると、アクチュエータ 2 0 が正しく制御されない。

【 0 0 5 7 】

ノイズ除去回路 6 4 は、演算増幅器 6 3 の入力側に設けられている。ノイズ除去回路 6 4 は、ローパスフィルタ 7 0 を有し、ローパスフィルタ 7 0 は、電気メスなどによるノイズ周波数より十分低いカットオフ周波数を有する。ローパスフィルタ 7 0 の出力は、インピーダンス変換手段としてのボルテージフォロワ回路 7 1 を介して演算増幅器 6 3 に供給される。

このようなノイズ除去回路 6 4 により、電気メスなどの機器からのノイズがあっても、アクチュエータ 2 0 の適切な制御を実現することができる。

10

(キャリブレーション)

次に、アクチュエータ 2 0 の制御のための内視鏡 2 のキャリブレーションについて説明する。キャリブレーションは、工場出荷時に行われる。なお、このキャリブレーションは、工場出荷後にユーザが使用を開始する前に行うようにしてもよい。

キャリブレーションでは、SMAワイヤ 2 1 の抵抗値を検出するための検出レンジ、SMAワイヤ 2 1 へ流す最大電流値、等の決定処理と、近点フォーカス位置の抵抗値、遠点フォーカス位置等の制御ポイントとなる力量変化ポイントにおける SMAワイヤ 2 1 の抵抗値の決定処理とが、行われる。

【 0 0 5 8 】

20

図 6 は、キャリブレーション処理の流れの例を示すフローチャートである。キャリブレーションを行う内視鏡 2 をプロセッサ 5 に接続し、ユーザが所定の指示入力を入力すると、CPU 5 1 は、キャリブレーション処理を実行する。

【 0 0 5 9 】

CPU 5 1 は、まず初期設定を行う (S 1) 。初期設定では、時間サイクルに関する変数 t を 0 に、 t サイクル目の加熱電流 $I(t)$ の電流値を 0 に、遠点端検出完了フラグ (FARfin) を 0 に、近点端検出完了フラグ (NEARfin) を 0 に、キャリブレーション端検出完了フラグ (CALfin) を 0 に設定する。

【 0 0 6 0 】

次に、抵抗値検出レンジ決定処理が実行される (S 2) 。SMAワイヤ 2 1 には個体差があるため、S 2 の処理において SMAワイヤ 2 1 の抵抗値の検出レンジ DR が決定される。さらに、決定された検出レンジ DR に基づいて最大電流値 I_{max} も決定される。抵抗値検出レンジ決定処理 (S 2) が実行されている間は、CPU 5 1 は、SMAワイヤ 2 1 に加熱電流を流さずに、抵抗値検出用電流を流すように、切替回路 5 4 を制御する。よって、抵抗値検出レンジ決定処理 (S 2) の期間は、SMAワイヤ 2 1 を加熱しない非加熱期間である。

30

【 0 0 6 1 】

図 7 は、抵抗値検出レンジ決定処理 (S 2) の流れの例を示すフローチャートである。CPU 5 1 は、まず、DAコンバータ 6 1 の分解能に応じた設定値 DAs_{et} の最上位ビット (MSB) の値を、変数 i にセットする (S 1 1) 。設定値 DAs_{et} は、DAコンバータ 6 1 へ入力されるデジタル信号 As の値である。DAコンバータ 6 1 の入力が「 1 5 」から「 0 」までの 1 6 ビットであれば、設定値 DAs_{et} の最上位ビット (MSB) は、例えば 1 5 である。

40

【 0 0 6 2 】

次に、CPU 5 1 は、設定値 DAs_{et} の全てのビットに、0 を代入し (S 1 2) 、 i 番目のビットに 1 を代入する (S 1 3) 。最初は、例えば、1 6 ビットの最上位ビットだけに、1 が代入される。

【 0 0 6 3 】

図 4 に示すように、DAコンバータ 6 1 は入力されたデジタル信号 As としての設定値 DAs_{et} に応じた電圧を出力し、演算増幅器 6 3 は、その入力された電圧と、SMAワイヤ 2 1 の検出抵抗値との差に応じた出力電圧を出力する。ADコンバータ 6 2 は、その演算増幅器 6 3 の出力電圧に応じたデジタル信号 Ds を CPU 5 1 へ出力する。

50

【 0 0 6 4 】

CPU 5 1 は、デジタル信号Ds に基づくSMAワイヤ 2 1 の検出抵抗値Rdetectと、設定値DAsetに対応する設定抵抗値Rsetとを比較し (S 1 4)、検出抵抗値Rdetectが設定抵抗値Rset以下の場合 (S 1 4 : Y E S)、変数iをビットシフトし、次の検出サイクルの抵抗検出を行う (S 1 5)。検出抵抗値Rdetectが設定抵抗値Rsetを超える場合 (S 1 4 : N O)、0 を設定値DAsetのi 番目のビットに 0 を代入し (S 1 6)、処理は、 S 1 5 へ移行する。

【 0 0 6 5 】

S 1 5 の後、変数iが 0 未満になったか否かを判定し (S 1 7)、変数iが 0 未満でないとき (S 1 7 : N O)、処理は、 S 1 3 へ戻る。変数iが 0 未満であるとき (S 1 7 : Y E S)、処理は、終了し、その終了した時の設定値DAset [i ~ 0] の値が、最大抵抗値Rmaxとなる。そして、その最大抵抗値Rmaxに基づいて検出レンジDRを決定する (S 1 8)。

10

【 0 0 6 6 】

以上のように、抵抗値検出レンジ決定処理 (S 2) では、CPU 5 1 は、設定値DAset [i ~ 0] の最上位ビットから 2 分探索により求めて、最大抵抗値Rmaxを決定し、検出レンジDRを決定する。検出レンジDRは、最大抵抗値Rmaxを基準に所定の幅を有するように決定される。

【 0 0 6 7 】

図 8 は、時間経過に沿った、キャリブレーション処理時のSMAワイヤ 2 1 へ供給する電流値Iと、SMAワイヤ 2 1 の検出抵抗値Rdetectの変化を示すグラフである。図 8 に示すように、DAコンバータ 6 1 へ供給する設定抵抗値Rsetの値が 2 分探索するように変更されるので、検出抵抗値Rdetectは、最大抵抗値Rmaxに収束するように変化して、最終的に、検出抵抗値Rdetectが最大抵抗値Rmaxに一致あるいは略一致する。

20

【 0 0 6 8 】

次に、最大電流値Imaxの決定について説明する。

アクチュエータ 2 0 は、SMAワイヤ 2 1 の発熱量を制御することによって制御されるが、内視鏡 2 のフォーカス制御に用いられるSMAワイヤ 2 1 の線径は極めて小さいので、SMAワイヤ 2 1 の線径のパラツキは、SMAワイヤ 2 1 の発熱量のパラツキに大きく影響する。そのようなSMAワイヤ 2 1 に大きな電流が流れてSMAワイヤ 2 1 が過大に加熱されると、SMAワイヤ 2 1 に対してかかる負荷が大きくなり、SMAワイヤ 2 1 自体の耐久性、いわゆるライフ耐性、の劣化を招く。

30

【 0 0 6 9 】

そこで、ここでは、線径に個体差を有するSMAワイヤ 2 1 毎に、SMAワイヤ 2 1 に流す電流の最大値が設定され、制御回路 4 1 は、SMAワイヤ 2 1 にその最大電流値Imax以上の電流を流さないように、制御する。最大電流値Imaxは、内視鏡 2 の使用時においてSMAワイヤ 2 1 へ供給する加熱電流だけでなく、キャリブレーション時においてSMAワイヤ 2 1 へ供給する加熱電流に関係する。

キャリブレーション時に、最大電流値Imaxを、SMAワイヤ 2 1 の最大抵抗値Rmaxから次のようにして決定する (S 1 8)。

【 0 0 7 0 】

図 4 の検出回路 5 3 の演算増幅器 6 3 の増幅率をAとし、演算増幅器 6 3 の非反転入力端子に入力される入力電圧をV₊とし、抵抗器 6 7 の抵抗値をRとし、SMAワイヤ 2 1 に印加される電圧をVとしたとき、伸びきった状態のSMAワイヤ 2 1 の抵抗値Rsmaは、演算増幅器 6 3 の出力電圧V_oから、次の式 (1) により求められる。

40

【 0 0 7 1 】

$$Rsma = V \times A \times R / (A \times V_{+} - V_{o}) - R \quad \cdots \text{式 (1)}$$

そして、SMAワイヤ 2 1 の電気抵抗率をρとし、SMAワイヤ 2 1 の長さをLとし、SMAワイヤ 2 1 の断面積をSとしたとき、SMAワイヤの断面積Sは、次の式 (2) から求められる。

【 0 0 7 2 】

$$S = \rho \times L / Rsma \quad \cdots \text{式 (2)}$$

50

SMAワイヤ 2 1 の電気抵抗率 ρ と長さ L は、予め判っており、伸びきった状態の SMA ワイヤ 2 1 の抵抗値 R_{sma} が最大抵抗値 R_{max} であるので、SMA ワイヤの断面積 S は、上記の式 (2) から求められる、すなわち推定される。

SMA ワイヤの断面積 S (あるいは断面積 S から算出される線径) が推定して得られれば、その推定された断面積 S (あるいは断面積 S から算出される線径) に応じた最大電流値 I_{max} を決定することができる。

【 0 0 7 3 】

以上のように、SMA ワイヤ 2 1 の最大抵抗値 R_{max} が決定されて、CPU 5 1 は、その最大抵抗値 R_{max} に基づいて、抵抗値の検出レンジ DR と最大電流値 I_{max} を決定することができる。すなわち、CPU 5 1 は、SMA ワイヤ 2 1 の線径情報に基づいて、アクチュエータ 2 0 の SMA

10

ワイヤ 2 1 へ供給する電流信号である駆動信号の最大電流値 I_{max} を決定する。

【 0 0 7 4 】

図 6 に戻り、CPU 5 1 は、時間サイクルに関する変数 t を 0 に設定し (S 3)、加熱電流決定処理を実行する (S 4)。

図 9 は、加熱電流決定処理 (S 4) の流れの例を示すフローチャートである。加熱電流決定処理 (S 4) では、CPU 5 1 は、所定の初期電流値 $I(0)$ から徐々に加熱電流 $I(t)$ を増加させるように、SMA ワイヤ 2 1 へ流す加熱電流 $I(t)$ の電流値を決定する。決定した電流値に対応する駆動信号 Dr は、基本制御期間の加熱制御期間 $T1$ の間、出力制御回路 5 2 へ出力される。

【 0 0 7 5 】

20

加熱電流決定処理 (S 4) において、CPU 5 1 は、まず加熱電流 $I(t)$ の電流値が、最大電流値 I_{max} 以上であるか否かを判定する (S 2 1)。時間サイクル $t(0)$ の前は、SMA ワイヤ 2 1 へ流す電流 I の電流値は、抵抗検出レンジ決定処理 (S 2) で使用した検出用電流値であるので、加熱電流決定処理 (S 4) に入った直後の電流 I の電流値は、最大電流値 I_{max} 未満である。よって、S 2 1 では、電流 I の電流値は最大電流値 I_{max} 未満と判定され (S 2 1 : Y E S)、時間サイクル t が 0 でないか否かが判定される (S 2 2)。

【 0 0 7 6 】

加熱電流決定処理 (S 4) の最初の時間サイクルでは、時間サイクル t が 0 (すなわち時間サイクル $t0$ であるので (S 2 2 : N O)、CPU 5 1 は、加熱電流 $I(t)$ に、予め設定されている初期電流値 $I(0)$ を代入する (S 2 3)。

30

【 0 0 7 7 】

初期電流値 $I(0)$ は、内視鏡毎に決められて、メモリ 2 a に予め記憶されている。これは、SMA ワイヤ 2 1 の長さ等は、内視鏡 2 の種類によって異なる場合があるので、SMA ワイヤ 2 1 の長さ等に応じた初期電流値 $I(0)$ が、メモリ 2 a に予め設定されて記憶されている。よって、CPU 5 1 は、接続された内視鏡 2 のメモリ 2 a から初期電流値 $I(0)$ を読み出して、S 2 3 の処理を行うことができる。

なお、初期電流値 $I(0)$ は、内視鏡 2 の種類を示す識別情報に基づいて、CPU 5 1 が決定してもよい。内視鏡 2 の種類毎の初期電流値 $I(0)$ の情報を図示しないメモリに予め記憶しておき、CPU 5 1 は、接続された内視鏡 2 の識別情報 (例えば、メモリ 2 a に格納されている) に基づいて、そのメモリの初期電流値 $I(0)$ の情報を参照して、初期電流値 $I(0)$ を決定するようにしてもよい。

40

【 0 0 7 8 】

さらになお、初期電流値 $I(0)$ は、上記の抵抗検出レンジ決定処理 (S 2) で決定した最大電流値 I_{max} に基づいて決定してもよい。初期電流値 $I(0)$ は、最大電流値 I_{max} よりも低い値である。

【 0 0 7 9 】

S 2 3 の処理の結果、CPU 5 1 は、最初の時間サイクル $t0$ においては、初期電流値 $I(0)$ に応じた駆動信号 Dr を出力制御回路 5 2 へ出力する。

時間サイクル t が進むと、時間サイクル t は 0 でないので (S 2 2 : Y E S)、CPU 5 1 は、SMA ワイヤ 2 1 へ供給する加熱電流 $I(t)$ の電流値を、前回の時間サイクル ($t-1$) の

50

加熱電流 $I(t-1)$ に所定の増加量 ΔI だけ加えた電流値をするように、加熱電流 $I(t-1)$ に所定の増加量 ΔI だけ加えた電流を、加熱電流 $I(t)$ に代入する(S 2 4)。

【 0 0 8 0 】

S 2 4 の処理の結果、CPU 5 1 は、時間サイクル t が進むにつれて、加熱電流 $I(t)$ の電流値は、単調増加して、その単調増加した加熱電流 $I(t)$ に応じた駆動信号 Dr を出力制御回路 5 2 へ出力する。

【 0 0 8 1 】

また、加熱電流 $I(t)$ が最大電流値 I_{max} 以上になると(S 2 1 : N O)、加熱電流 $I(t)$ に最大電流値 I_{max} $I(t)$ を代入する(S 2 5)。よって、図 8 に示すように、加熱期間に入ると、SMAワイヤ 2 1 には、単調増加する加熱電流 $I(t)$ が供給される。S 2 4 により、加熱電流 $I(t)$ は、時間サイクル t が 1 つ進む毎に、電流値が所定の増加量 ΔI だけ増えるが、S 2 5 により、加熱電流 $I(t)$ の電流値は最大電流値 I_{max} を超えない。従って、加熱電流 $I(t)$ の電流値が最大電流値 I_{max} を超えないように、加熱電流 $I(t)$ の出力は制御される。

【 0 0 8 2 】

図 1 0 は、加熱期間における、時間経過に沿った加熱電流 $I(t)$ の変化を示す図である。図 1 0 に示すように、時間サイクル t が進むにつれて、加熱制御期間 $T1$ における加熱電流 $I(t)$ は、段階的に増加する。よって、制御部であるCPU 5 1 は、所定の開始電流値である初期電流値 $I(0)$ から所定の最大電流値 I_{max} まで、所定の割合で単調増加する電流値の電流をアクチュエータ 2 0 のSMAワイヤ 2 1 へ供給する駆動信号 Dr を、出力制御回路 5 2 へ出力する。

【 0 0 8 3 】

以上のように、抵抗検出レンジ決定処理(S 2)の期間が過ぎると、加熱電流決定処理(S 4)と抵抗値判定処理(S 5)が、基本制御期間単位で繰り返し実行されて、加熱期間となる。加熱期間では、加熱電流決定処理(S 4)によって決定された電流値によるSMAワイヤ 2 1 の加熱が、基本制御期間の加熱制御期間 $T1$ に行われ、抵抗値判定処理(S 5)によるSMAワイヤ 2 1 の抵抗値の検出が、基本制御期間の抵抗値検出期間 $T2$ に行われる。

【 0 0 8 4 】

図 6 に戻り、加熱電流決定処理(S 4)の後に、抵抗値判定処理(S 5)が実行される。図 1 1 は、抵抗値判定処理(S 5)の処理の流れの例を示すフローチャートである。CPU 5 1 は、まず、遠点端検出完了フラグ(FAR_{fin})が 1 であるか否かを判定する(S 3 1)。初期設定(S 1)において遠点端検出完了フラグ(FAR_{fin})が 0 に設定されており、遠点端が検出されるまで遠点端検出完了フラグ(FAR_{fin})は 0 である(S 3 1 : N O)。よってCPU 5 1 は、検出抵抗値 $R(t)$ に基づいて、次の式(3)を満たすが否かを判定する(S 3 2)。

【 0 0 8 5 】

$$|(R(t-1)-R(t))-(R(t-2)-R(t-1))| > \alpha \quad \cdots \text{式(3)}$$

この式(3)は、遠点端検出のための式である。なお、検出抵抗値 $R(t)$ が 3 個得られるまでは、S 3 2 の判定がN O となるように、所定の値が検出抵抗値 $R(t-2)$ と $R(t-1)$ に代入される。

【 0 0 8 6 】

ここで、加熱期間における検出抵抗値の変化を説明する。上述したように、SMAワイヤ 2 1 は、最初チューブ 2 2 内では弛んでいる状態にある。図 8 において、位置 $P0$ は、SMAワイヤ 2 1 がチューブ 2 2 内で弛んでいる状態のタイミングに対応する。SMAワイヤ 2 1 に単調増加の加熱電流 $I(t)$ が流れ始めると、まず、SMAワイヤ 2 1 は発熱し始めて収縮を開始し、チューブ 2 2 内の弛みが無くなるまで収縮する。図 8 において、範囲 $R1$ は、SMAワイヤ 2 1 のチューブ 2 2 内での弛みが取れている期間に相当する。

【 0 0 8 7 】

位置 $P 0$ 以降、SMAワイヤ 2 1 には、単調増加の所定の加熱電流 $I(t)$ が流し続けられているので、SMAワイヤ 2 1 の温度は上昇し続け、収縮力が大きくなる。単調増加する加熱電

10

20

30

40

50

流 $I(t)$ をSMAワイヤ21に流すことによって、検出抵抗値 R_{detect} の変化における変曲点を検出し易くなっている。

【0088】

位置P0以降、位置P1で、コイルバネ26と33が動き始める。位置P1は、コイルバネ26のバネ力量とSMAワイヤ21の収縮力の和がコイルバネ33のバネ力量よりも大きくなり、コイルバネ26と33が動き始めるタイミングである。すなわち、位置P1で、コイルバネ26は、伸長し始め、コイルバネ33は、収縮し始める。よって、図8に示すように、位置P1以降は、SMAワイヤ21は短くなっていくので、検出抵抗値 R_{detect} は大きく低下し始める。

【0089】

10

図12は、遠点端検出を説明するための図である。図12に示すように、位置P1の前後では、検出抵抗値 R_{detect} の傾きが変化する。位置P1は、遠点フォーカス位置に対応する力量変化ポイントである。

【0090】

従って、上記式(3)により、検出抵抗値の差分($R(t-1)-R(t)$)と検出抵抗値の差分($R(t-2)-R(t-1)$)の差の絶対値が所定の閾値 α よりも大きいとき(S32: YES)、すなわち、検出抵抗値の二次微分の絶対値が所定の値より大きいとき、検出抵抗値 R_{detect} の傾きの変曲点が存在すると判定することができる。よって、そのときの検出抵抗値 $R(t-1)$ を、遠点端抵抗値(Far端抵抗値)とし、かつ遠点端検出完了フラグ(FARfin)に1を代入する(S33)。また、検出抵抗値の差($R(t-1)-R(t)$)と検出抵抗値の差($R(t-2)-R(t-1)$)の差が所定の閾値 α よりも大きくないとき(S32: NO)、処理は、そのまま終了する。

20

【0091】

遠点端抵抗値が検出された後の時間サイクルでは、遠点端検出完了フラグ(FARfin)が1となるので(S31: YES)、CPU51は、近点端検出完了フラグ(NEARfin)が1であるか否かを判定する(S34)。初期設定(S1)において近点端検出完了フラグ(NEARfin)が0に設定されており、近点端が検出されるまで近点端検出完了フラグ(NEARfin)は0である(S34: NO)。よって、CPU51は、検出抵抗値 $R(t)$ に基づいて、次の式(4)を満たすが否かを判定する(S35)。

【0092】

30

$$|(R(t-2)-R(t-1))-(R(t-1)-R(t))| > \beta \quad \cdots \text{式(4)}$$

この式(4)は、近点端検出のための式である。

位置P1以降、SMAワイヤ21は、収縮していく。その後、レンズ枠25がレンズストッパー35に当接し、コイルバネ26の伸長は停止する。コイルバネ33のバネ力量よりも、SMAワイヤ21の収縮力が大きくなったときに、コイルバネ33のみの収縮が始まる。

【0093】

レンズ枠25がレンズストッパー35に当接した後は、SMAワイヤ21の収縮は、コイルバネ26の伸長力を受けられないため、コイルバネ33の収縮は、わずかの期間、一旦止まるので、検出抵抗値 R_{detect} の低下も一旦止まる。その後、再度、コイルバネ33の収縮が開始される。

40

位置P2は、コイルバネ26が動かなくなったタイミングである。正確には、位置P2は、コイルバネ26の動きが停止し、SMAワイヤ21の収縮が一旦停止したタイミングである。

【0094】

図13は、近点端検出を説明するための図である。図13に示すように、位置P2の前後では、検出抵抗値 R_{detect} の傾きが変化する。位置P2は、近点フォーカス位置に対応する力量変化ポイントである。

【0095】

従って、上記式(4)により、検出抵抗値の差分($R(t-2)-R(t-1)$)と検出抵抗値の差分($R(t-1)-R(t)$)の差の絶対値が所定の閾値 β よりも大きいとき(S35: YES)、

50

すなわち、検出抵抗値の二次微分の絶対値が所定の値より大きいとき、検出抵抗値 $R_{detect}(t)$ の傾きの変曲点が存在すると判定することができる。よって、そのときの検出抵抗値 $R(t-1)$ を、近点端抵抗値（Near端抵抗値）とし、かつ近点端検出完了フラグ（NEARfin）に1を代入する（S36）。また、検出抵抗値の差（ $R(t-2)-R(t-1)$ ）と検出抵抗値の差（ $R(t-1)-R(t)$ ）の差が所定の閾値 β よりも大きくないとき（S35:NO）、処理は、そのまま終了する。

【0096】

近点端抵抗値が検出された後の時間サイクルでは、近点端検出完了フラグ（NEARfin）と1となるので（S34:YES）、CPU51は、連続する最新の所定数の（ここでは5個の）検出抵抗値 R_{detect} と最新の検出抵抗値 R_{detect} との差が、所定の閾値 γ 内にあるいか否かが判定される（S37からS41）。

10

【0097】

図10に示したように、SMAワイヤ21に単調増加の加熱電流 $I(t)$ が流れるので、SMAワイヤ21は、収縮を続けるが、移動部材30はパイプ32の先端部に当接して、SMAワイヤ21の収縮が停止する。

【0098】

図8において、位置P3は、コイルバネ33の動きが停止するタイミングである。位置P3以降も、SMAワイヤ21には加熱電流 $I(t)$ が流し続けられる。

始めに、S37では、5個の連続する最新の検出抵抗値 R_{detect} において、最も古い5個前の検出抵抗値 $R(t-5)$ と4個前の検出抵抗値 $R(t-4)$ との差が、所定の閾値 γ よりも小さいか判定される。検出抵抗値 $R(t-5)$ と検出抵抗値 $R(t-4)$ との差が所定の閾値 γ 以上であると（S37:NO）、処理は、終了する。

20

【0099】

検出抵抗値 $R(t-5)$ と検出抵抗値 $R(t-4)$ との差が所定の閾値 γ 未満であると（S37:YES）、5個前の検出抵抗値 $R(t-5)$ と3個前の検出抵抗値 $R(t-3)$ との差が、所定の閾値 γ よりも小さいか判定される（S38）。検出抵抗値 $R(t-5)$ と検出抵抗値 $R(t-3)$ との差が所定の閾値 γ 以上であると（S38:NO）、処理は、終了する。

【0100】

検出抵抗値 $R(t-5)$ と検出抵抗値 $R(t-3)$ との差が所定の閾値 γ 未満であると（S38:YES）、5個前の検出抵抗値 $R(t-5)$ と2個前の検出抵抗値 $R(t-2)$ との差が、所定の閾値 γ よりも小さいか判定される（S39）。検出抵抗値 $R(t-5)$ と検出抵抗値 $R(t-2)$ との差が所定の閾値 γ 以上であると（S39:NO）、処理は、終了する。

30

【0101】

検出抵抗値 $R(t-5)$ と検出抵抗値 $R(t-2)$ との差が所定の閾値 γ 未満であると（S39:YES）、5個前の検出抵抗値 $R(t-5)$ と1個前の検出抵抗値 $R(t-1)$ との差が、所定の閾値 γ よりも小さいか判定される（S40）。検出抵抗値 $R(t-5)$ と検出抵抗値 $R(t-1)$ との差が所定の閾値 γ 以上であると（S40:NO）、処理は、終了する。

【0102】

検出抵抗値 $R(t-5)$ と検出抵抗値 $R(t-1)$ との差が所定の閾値 γ 未満であると（S40:YES）、5個前の検出抵抗値 $R(t-5)$ と最新の検出抵抗値 $R(t)$ との差が、所定の閾値 γ よりも小さいか判定される（S41）。検出抵抗値 $R(t-5)$ と検出抵抗値 $R(t)$ との差が所定の閾値 γ 以上であると（S41:NO）、処理は、終了する。

40

【0103】

検出抵抗値 $R(t-5)$ と検出抵抗値 $R(t)$ との差が所定の閾値 γ 未満であると（S41:YES）、移動部材30がパイプ32の先端部に当接して停止し、その結果、SMAワイヤ21の収縮も停止した状態であるとし、そのときの検出抵抗値 $R(t)$ をキャリブレーション端抵抗値（Cal端抵抗値）とし、かつキャリブレーション端検出完了フラグ（CALfin）に1を代入する（S42）。

【0104】

図14は、キャリブレーション端検出を説明するための図である。図14に示すように

50

、位置P 3以降、検出抵抗値Rdetectは変化しない。位置P3は、キャリブレーション端に対応する力量変化ポイントである。

なお、位置P3以降の検出抵抗値Rdetectが所定の時間、所定の範囲内にあって、変化しないことの判定は、以上のようなS 3 7からS 4 1のような判定方法以外でもよい。

【0105】

従って、S 3 7～S 4 1の判定により、5個の検出抵抗値に所定値以上の変化がないとき(S 3 7～S 4 1: YES)、SMAワイヤ2 1の状態がキャリブレーション端の状態にあると判定することができる。

【0106】

以上のようにして、抵抗値判定処理(S 5)において、遠点端抵抗値(Far端抵抗値)と近点端抵抗値(Near端抵抗値)とキャリブレーション端抵抗値(Cal端抵抗値)とが決定される。

【0107】

図6に戻り、キャリブレーションが終了か否かが判定される(S 6)。その判定は、キャリブレーション端検出完了フラグ(CALfin)が1であるか否か、あるいはキャリブレーションの開始から時間が所定の時間を経過したか否かによって、行われる。

【0108】

キャリブレーション端検出完了フラグ(CALfin)が1であれば、図10に示すように遠点端抵抗値(Far端抵抗値)と近点端抵抗値(Near端抵抗値)とキャリブレーション端抵抗値(Cal端抵抗値)の3つの抵抗値が決定されたので、処理は終了する。また、キャリブレーションの時間が、所定の時間以上掛かっている場合は、何らかの異常が発生しているとして、制御ポイントの3つの抵抗値が決定されない場合にも、キャリブレーションは終了する。なお、この所定の時間は、SMAワイヤ2 1のバラツキを考慮して予め設定される時間であり、SMAワイヤ2 1のライフ耐性を損なわない時間である。

【0109】

キャリブレーションが終了でないと判定された場合(S 6: NO)、CPU 5 1は、時間サイクルを1つだけインクリメントして(S 7)、処理は、S 4へ戻る。

CPU 5 1は、キャリブレーションの加熱期間が終了すると、加熱電流I(t)を0にセットする(S 8)。そして、CPU 5 1は、最大抵抗値Rmaxである遠点端抵抗値(Far端抵抗値)、近点端抵抗値(Near端抵抗値)及び最小抵抗値Rminであるキャリブレーション端抵抗値(Cal端抵抗値)の3つの抵抗値と、最大電流値Imaxとを、メモリ2 aに格納する格納処理を実行し(S 9)、処理を終了する。

【0110】

以上のように、制御部であるCPU 5 1は、キャリブレーションが指示された時、所定の開始電流値である初期電流値I(0)から所定の最大電流値Imaxまで所定の割合で単調増加する電流をアクチュエータ2 0のSMAワイヤ2 1へ供給するための駆動信号Drを、出力制御回路5 2へ出力すると共に、検出回路5 3により検出されたSMAワイヤ2 1の抵抗値の二次微分値の絶対値が所定の閾値以上となった抵抗値をメモリ2 aに記憶する。

そして、CPU 5 1は、検出回路5 3により検出されたSMAワイヤ2 1の抵抗値が、所定の時間、所定の変動の範囲内にあるとき、検出回路5 3により検出されたSMAワイヤ2 1の抵抗値を不揮発性のメモリ2 aに記憶する。

その結果、内視鏡2が使用されるとき、CPU 5 1は、メモリ2 aに記憶されたこれらの制御ポイントのSMAワイヤ2 1の抵抗値に基づいて、アクチュエータ2 0の制御を適切に行うことができる。

【0111】

なお、以上の例では、キャリブレーション時に、加熱期間である制御ポイント抵抗値判定期間内に、遠点端抵抗値(Far端抵抗値)と近点端抵抗値(Near端抵抗値)を検出しているが、キャリブレーション時には、位置P1からP3までの期間の検出抵抗値RdetectをRAM等のメモリにログすなわち記録しておき、キャリブレーション後に、記録された検出抵抗値Rdetectのデータに基づいて、上記の式(3)と式(4)を用いて、遠点端抵抗値(Far

10

20

30

40

50

端抵抗値)と近点端抵抗値(Near端抵抗値)を判定するようにしてもよい。

【0112】

以上のように、上述した実施の形態の内視鏡システムによれば、キャリブレーション時におけるアクチュエータの力量変換ポイントを精度良く特定することができる。よって、少なくとも精度の良い遠点端抵抗値(Far端抵抗値)と近点端抵抗値(Near端抵抗値)が得られているので、SMAを有するアクチュエータを用いた内視鏡のフォーカシング制御を精度良く行うことができる。

【0113】

また、上述した内視鏡システムによれば、力量変化ポイントが得られるので、上述したキャリブレーション処理の結果は、内視鏡システムにおけるアクチュエータのレスポンス評価等にも利用することができる。

10

【0114】

本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変えない範囲において、種々の変更、改変等が可能である。

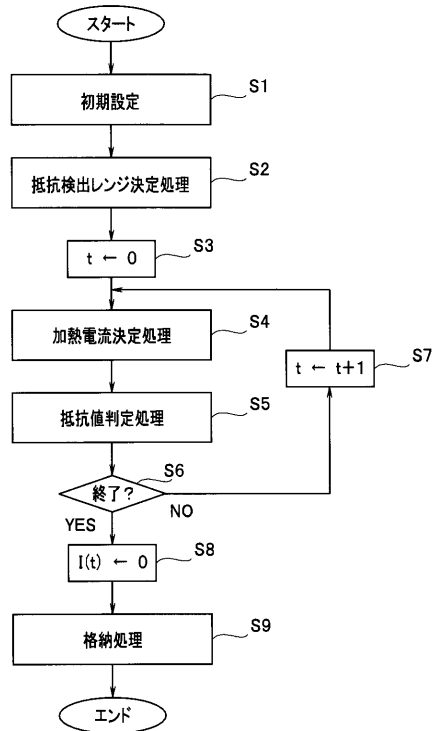
【符号の説明】

【0115】

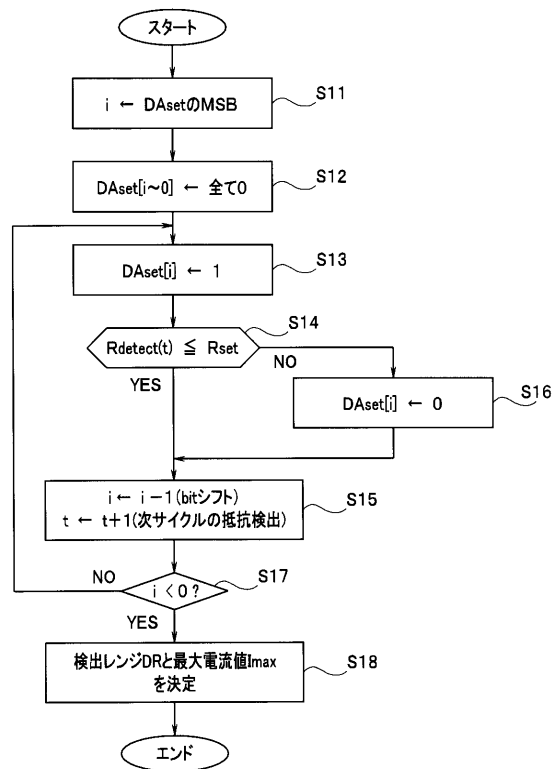
1 内視鏡システム、2 内視鏡、3 光源装置、5 ビデオプロセッサ、6 カラーモニタ、7 挿入部、7a 可撓管部、8 操作部、9 ユニバーサルコード、10 スコープコネクタ、11b 鉗子口、12 先端部、13 湾曲部、14 湾曲操作部、15 送気送水制御部、16 吸引制御部、17 スイッチ部、17a スイッチ、18 グリップ部、20 アクチュエータ、21 SMAワイヤ、22 チューブ、23 固定部材、24 レンズ、25 レンズ枠、26、33 コイルバネ、27 バネ固定部材、28 カシメ部材、29 ワイヤ、30 移動部材、31、32、34 パイプ、35 レンズストッパー、51 中央処理装置(CPU)、52 出力制御回路、53 検出回路、54 切替回路、63 演算増幅器、64 ノイズ除去回路、70 ローパスフィルタ、71 ボルテージフォロワ回路。

20

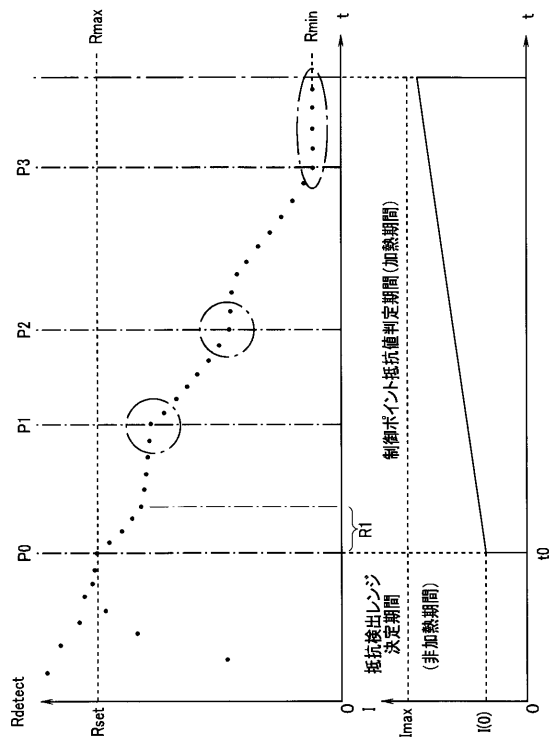
【図 6】



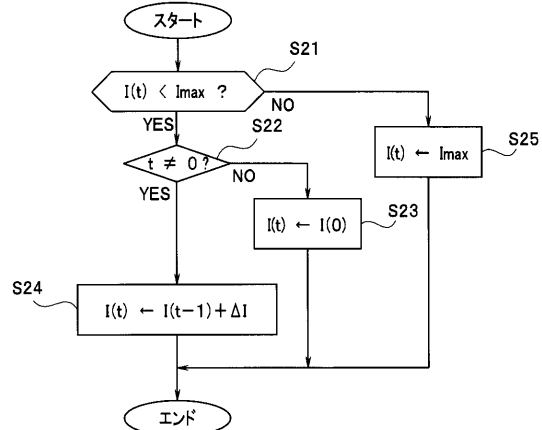
【図 7】



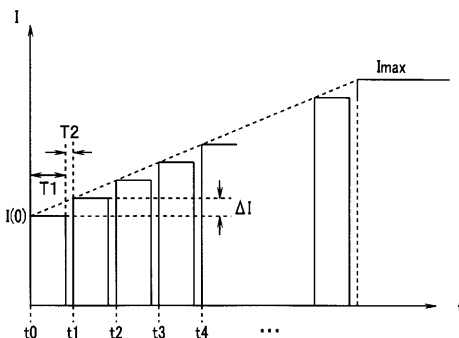
【図 8】



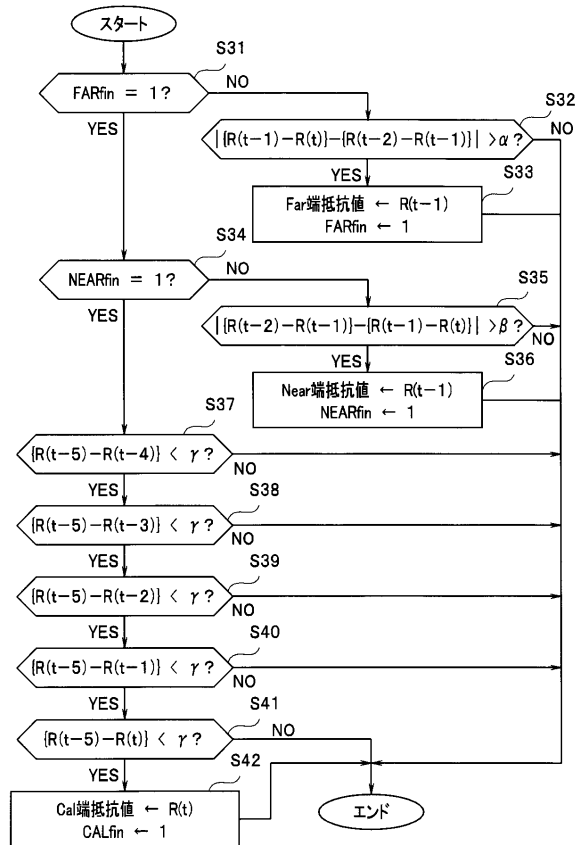
【図 9】



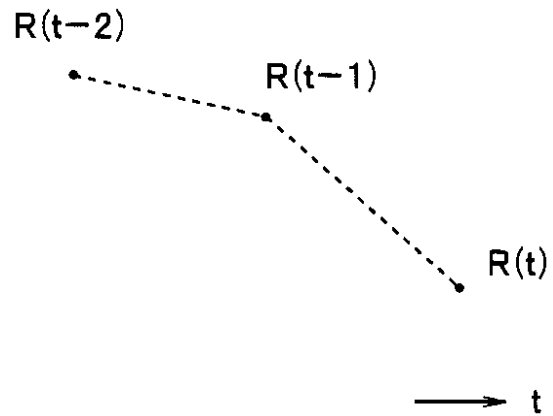
【図 10】



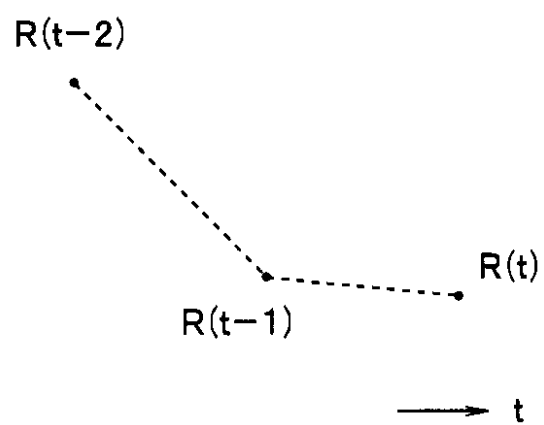
【図 1 1】



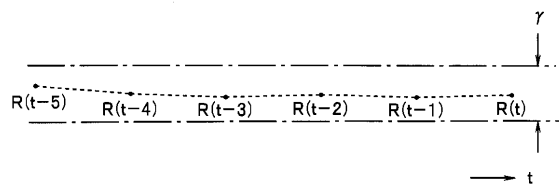
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(72)発明者 藤澤 豊

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパスメディカルシステムズ株式会社内

(72)発明者 矢吹 公幸

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパスメディカルシステムズ株式会社内

審査官 樋熊 政一

(56)参考文献 特開2010-020104(JP,A)

特開2011-146772(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B	1/00	-	1/32
G02B	23/24	-	23/26
G02B	7/02	-	7/16
G03B	3/00	-	3/12
G03B	13/30	-	13/36
G03B	21/53		
H04N	5/222	-	5/257

专利名称(译)	内窥镜系统		
公开(公告)号	JP5800702B2	公开(公告)日	2015-10-28
申请号	JP2011280128	申请日	2011-12-21
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	小川敦司 天野正一 藤澤豊 矢吹公幸		
发明人	小川 敦司 天野 正一 藤澤 豊 矢吹 公幸		
IPC分类号	A61B1/00 G02B23/24 G02B7/04 F03G7/06		
FI分类号	A61B1/00.300.Y G02B23/24.B G02B7/04.E F03G7/06.E A61B1/00.630 A61B1/00.731 A61B1/00.735		
F-TERM分类号	2H040/BA05 2H040/DA43 2H040/FA13 2H040/GA02 2H044/BE01 2H044/BE10 4C161/CC06 4C161/FF12 4C161/FF40 4C161/JJ02 4C161/LL02		
代理人(译)	伊藤 进 长谷川 靖 ShinoUra修		
审查员(译)	棕熊正和		
其他公开文献	JP2013128663A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)			
摘要：要解决的问题：提供一种内窥镜系统，能够高精度地识别校准中执行器的能力转换点。解决方案：该内窥镜系统1包括：具有形状记忆元件的致动器20;输出控制电路52，用于驱动致动器20;检测电路53，用于检测SMA线21的电阻值，用于检测移动件30的位置;当被命令校准时，CPU 51向输出控制电路52输出驱动信号Dr，用于向致动器20提供从规定的起始电流值到规定的规定速率单调增加的电流。最大电流值，并且存储在存储器2a中的电阻值，其中由检测电路53检测的SMA线21的电阻值的二次微分值的绝对值变为规定阈值或更大。	(21) 出願番号 (22) 出願日 (63) 公開番号 (43) 公開日 審査請求日	特願2011-280128 (P2011-280128) 平成23年12月21日 (2011.12.21) 特開2013-128663 (P2013-128663A) 平成25年7月4日 (2013.7.4) 平成26年4月11日 (2014.4.11)	(73) 特許権者 000000376 オリンパス株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 (74) 代理人 100076233 弁理士 伊藤 進 (74) 代理人 100101661 弁理士 長谷川 靖 (74) 代理人 100135832 弁理士 篠崎 治 (72) 発明者 小川 敦司 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ リンパスメディカルシステムズ株式会社内 (72) 発明者 天野 正一 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ リンパスメディカルシステムズ株式会社内 最終頁に続く