

(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2014-121367

(P2014-121367A)

(43) 公開日 平成26年7月3日(2014.7.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B 1/00 (2006.01)</b>	A 6 1 B 1/00 3 0 0 D	2 H 0 4 0
<b>G 0 2 B 23/24 (2006.01)</b>	G 0 2 B 23/24 Z	4 C 1 6 1

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2012-278146 (P2012-278146)  
 (22) 出願日 平成24年12月20日 (2012.12.20)

(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 尾登 邦彦  
 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  
 (72) 発明者 小名 史朗  
 神奈川県横浜市港北区新横浜2丁目7番9  
 号 日本コントロールシステム株式会社内  
 Fターム(参考) 2H040 BA23 CA04 CA22 DA12 DA43  
 GA11

最終頁に続く

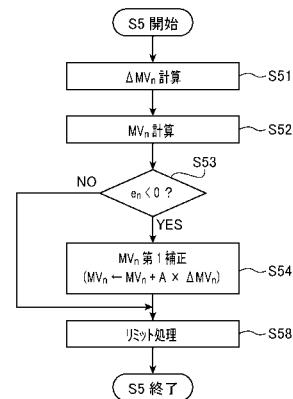
(54) 【発明の名称】 光走査型内視鏡装置

(57) 【要約】

【課題】 光走査型内視鏡を体内に挿入したときに発生する走査光学ユニット内の温度制御のオーバーシュートに起因する内視鏡画像の歪みを抑制する。

【解決手段】 光走査型内視鏡装置は、走査光学ユニット内の温度を検出する温度センサと、走査光学ユニット内を加熱するヒータと、温度センサが検出する温度を制御量として P I D 制御計算を行い、ヒータに供給する電流の値を操作量として出力する P I D 制御部と、操作量に基づいてヒータに電流を供給する電流ドライバと、を備える。 P I D 制御部は、制御量と予め設定された目標値とを比較する比較手段と、比較手段によって制御量が目標値よりも大きいと判断された場合、操作量から所定の補正量を減じて新たな操作量を求め、新たな操作量を操作量として出力する操作量補正部とを備える。

【選択図】 図 6



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

片持ち支持された光ファイバの自由端を振動させて、該自由端から出射する照明光を被写体上で周期的に走査させる走査光学ユニットを備えた光走査型内視鏡装置であって、  
前記走査光学ユニット内の温度を検出する温度センサと、  
前記走査光学ユニット内を加熱するヒータと、  
前記温度センサが検出する温度を制御量として P I D 制御計算を行い、前記ヒータに供給する電流の値を操作量として出力する P I D 制御部と、  
前記操作量に基づいて前記ヒータに電流を供給する電流ドライバと、  
を備え、

10

前記 P I D 制御部は、

前記制御量と予め設定された目標値とを比較する比較手段と、

前記比較手段によって前記制御量が前記目標値よりも大きいと判断された場合、前記操作量から所定の補正量を減じて新たな操作量を求め、該新たな操作量を前記操作量として出力する操作量補正部と、を備えた、  
ことを特徴とする光走査型内視鏡装置。

## 【請求項 2】

前記操作量補正部が、次の数式 1 を用いて前記新たな操作量を求める第 1 補正処理を実行する第 1 操作量補正部を含む、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の光走査型内視鏡装置。

20

## 【数 1】

$$MV_n = MV_n + A \times \Delta MV_n$$

但し、

$$M V_n = M V_n - M V_{n-1}$$

n : 制御番号 (自然数)

A : 第 1 補正係数 (正数)

M V\_n : 今回 (n 回目) の前記 P I D 制御計算による操作量

M V\_{n-1} : 前回 (n - 1 回目) の前記 P I D 制御計算による操作量

## 【請求項 3】

前記操作量補正部が、次の数式 2 を用いて前記新たな操作量を求める第 2 補正処理を実行する第 2 操作量補正部を含む、  
ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光走査型内視鏡装置。

30

## 【数 2】

$$MV_n = MV_n - B$$

但し、

n : 制御番号 (自然数)

B : 第 2 補正係数 (正数)

M V\_n : 今回 (n 回目) の前記 P I D 制御計算による操作量

40

## 【請求項 4】

前記 P I D 制御部は、

前記目標値から前記制御量を減じた偏差を計算する偏差計算部と、

前記偏差が所定の負の基準値を下回っているか否かを判定する判定部と、を備え、

前記第 1 操作量補正部による前記第 1 補正処理を実行し、

前記判定部によって前記偏差が前記所定の負の基準値を下回っていると判定されたときにのみ、さらに前記第 2 操作量補正部による前記第 2 補正処理を実行する、  
ことを特徴とする請求項 2 を引用する請求項 3 に記載の光走査型内視鏡装置。

## 【請求項 5】

前記第 2 操作量補正部による前記第 2 補正処理は、前記判定部によって前記偏差が最初

50

に前記所定の負の基準値を下回っていると判定されたときにのみ、1回限り実行されることを特徴とする、請求項4に記載の光走査型内視鏡装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、走査光学ユニット内の温度を制御する温度制御装置を備えた光走査型内視鏡装置に関する。

【背景技術】

【0002】

医師が患者の体腔内を観察するとき使用する装置として、一般的に電子内視鏡が知られている。従来一般的な電子内視鏡の撮像素子には、CCD (Charge Coupled Device) やCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) などが用いられている。近年、これらの代替となるものとして、特許文献1に開示される次世代の光走査装置が提案されている。この光走査装置では、片持ち支持された光ファイバの先端部(自由端部)を共振させて、光ファイバの先端から放射される照明光を所定の軌跡(例えば螺旋状の軌跡)で走査させながら被写体に照射する。そして、被写体からの戻り光(反射光や蛍光)を連続的に検出して、照明光の位置と戻り光の強度とをマッピングすることにより、被写体を画像化している。

10

【0003】

特許文献1の光走査装置においては、光ファイバの自由端部を駆動するマイクロアクチュエータの駆動特性や光ファイバの材料力学的性質が温度に依存する。そのため、光ファイバの自由端部の振動は、光走査素子(光ファイバの自由端部及びマイクロアクチュエータを含む)が収容されるハウジング内の温度の影響を受ける。従って、撮像中にハウジング内の温度が変動すると、照明光の軌跡が歪み、撮像によって得られる画像にも歪みが生じてしまう。

20

【0004】

そのため、特許文献1の光走査装置には、光走査素子が収容されたハウジング内の温度を通常のPID制御により設定温度に保つ温度制御システムが設けられている。通常のPID制御を使用した温度制御は、外部温度の変化(外乱)が比較的に小さい場合には、良好な温度制御が可能である。

30

【0005】

光走査型内視鏡装置では、光走査素子が収容された内視鏡の挿入部を体内に挿入する際に、光走査素子の環境温度が急激に上昇し、これによりハウジング内の温度も上昇する。通常のPID制御を行う従来の装置では、時定数の大きな積分制御による操作量(例えばヒータに入力する電圧値)が急激な温度変化に追従せずに、温度が上昇しても暫く高い操作量が維持されるために制御量のオーバーシュート(行き過ぎ量)が発生する。光走査素子には強制冷却装置が設けられていないため、オーバーシュートが解消されるまでには長時間を要し、その間、内視鏡画像の歪みが継続する。

【0006】

また、特許文献2には、温度範囲に対応した複数のPIDパラメータを保持し、温度に応じてPIDパラメータを変更することで、環境温度が変化したときにも制御の安定性が維持される装置が開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】国際公開第2008/033168号

【特許文献2】特開2009-43080号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

50

しかしながら、特許文献2の制御方法では、PIDパラメータが切り換えられると、再び操作量が蓄積されるまで制御が不安定になる、すなわち、光走査型内視鏡装置に適用した場合、内視鏡画像の歪みが暫く継続するという問題があった。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の実施形態によれば、片持ち支持された光ファイバの自由端を振動させて、自由端から出射する照明光を被写体上で周期的に走査させる走査光学ユニットを備えた光走査型内視鏡装置であって、走査光学ユニット内の温度を検出する温度センサと、走査光学ユニット内を加熱するヒータと、温度センサが検出する温度を制御量としてPID制御計算を行い、ヒータに供給する電流の値を操作量として出力するPID制御部と、操作量に基づいてヒータに電流を供給する電流ドライバと、を備え、PID制御部は、制御量と予め設定された目標値とを比較する比較手段と、比較手段によって制御量が目標値よりも大きいと判断された場合、操作量から所定の補正量を減じて新たな操作量を求め、新たな操作量を操作量として出力する操作量補正部と、を備えた光走査型内視鏡装置が提供される。

10

【0010】

この構成によれば、制御量のオーバーシュート発生時（制御量が目標値を超えている時）に補正を行うことにより操作量が低減されるため、例えば環境温度が急変したような場合に発生する制御量のオーバーシュートが抑制され、制御量の目標値への収束時間を短縮することができる。また、PIDパラメータを変更しないため、PIDパラメータと過去の操作量とのミスマッチによる定常状態での制御の不安定化も生じない。これにより走査光学ユニット内の温度変動による内視鏡画像の歪みが抑制される。

20

【0011】

また、操作量補正部が、次の数式1を用いて新たな操作量を求める第1補正処理を実行する第1操作量補正部を含む構成としてもよい。

【0012】

【数1】

$$MV_n = MV_n + A \times \Delta MV_n$$

但し、

$$MV_n = MV_n - MV_{n-1}$$

n：制御番号（自然数）

A：第1補正係数（正数）

MV<sub>n</sub>：今回（n回目）のPID制御計算による操作量

MV<sub>n-1</sub>：前回（n-1回目）のPID制御計算による操作量

30

【0013】

この構成によれば、操作量の差分量MV<sub>n</sub>に応じた補正が行われるため、制御量のオーバーシュートの程度に応じた補正が可能になり、過剰補正を防止しつつ、収束時間を短縮することができる。

【0014】

また、操作量補正部が、次の数式2を用いて新たな操作量を求める第2補正処理を実行する第2操作量補正部を含む構成としてもよい。

40

【0015】

【数2】

$$MV_n = MV_n - B$$

但し、

n：制御番号（自然数）

B：第2補正係数（正数）

MV<sub>n</sub>：今回（n回目）のPID制御計算による操作量

【0016】

50

この構成によれば、第2補正係数Bに大きな値を設定することにより、オーバーシュートの確実かつ強力な抑制が可能になる。

【0017】

また、PID制御部は、目標値から制御量を減じた偏差を計算する偏差計算部と、偏差が所定の負の基準値を下回っているか否かを判定する判定部と、を備え、第1操作量補正部による第1補正処理を実行し、判定部によって偏差が所定の負の基準値を下回っていると判定されたときにのみ、さらに第2操作量補正部による第2補正処理を実行するように構成されていてもよい。

【0018】

この構成によれば、偏差が所定の負の基準値を下回っているときにのみ強力な操作量の補正を行い、偏差が所定の負の基準値を下回っていないときには過剰補正が起こらないような緩やかな操作量の補正を行うことが可能になり、収束時間の短縮と過剰補正のより効果的な防止を両立した制御が実現する。

10

【0019】

また、第2操作量補正部による第2補正処理は、判定部によって偏差が最初に所定の負の基準値を下回っていると判定されたときにのみ、1回限り実行されるように構成されていてもよい。

【0020】

この構成によれば、第2補正係数Bに大きな値を設定することにより、オーバーシュートを強力に抑制しつつ、過剰補正をより確実に防止することが可能になる。

20

【発明の効果】

【0021】

本発明の実施形態の構成によれば、光走査型内視鏡を体内に挿入したときに発生する走査光学ユニット内の温度制御のオーバーシュートに起因する内視鏡画像の歪みを抑制する。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の実施形態に係る光走査型共焦点内視鏡装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施形態に係る共焦点走査光学ユニットの概略構成を示す側断面図である。

30

【図3】本発明の実施形態に係る温度制御システムの回路構成の概略を示すブロック図である。

【図4】温度検出回路における増幅器の効果を説明するグラフである。

【図5】温度調節回路（演算処理回路）が実行する処理の手順を示すフローチャートである。

【図6】本発明の第1実施形態に係る修正速度型PID制御の手順を示すフローチャートである。

【図7】本発明の第2実施形態に係る修正速度型PID制御の手順を示すフローチャートである。

40

【図8】本発明の第3実施形態に係る修正速度型PID制御の手順を示すフローチャートである。

【図9】本発明の第4実施形態に係る修正速度型PID制御の手順を示すフローチャートである。

【図10】周辺温度を急速に変化させたときに検出されたハウジング内温度Tの時間変化を示すグラフである。

【図11】本発明の実施例6と比較例におけるハウジング内温度Tの時間変化と操作量 $MV_n$ の時間変化とを対比した図である。

【図12】本発明の別の実施形態に係る共焦点プローブ内蔵型電子内視鏡（先端部）の概略構成を示す図である。

50

**【発明を実施するための形態】****【0023】**

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

**【0024】****(第1実施形態)**

図1は、本発明の第1実施形態に係る光走査型共焦点内視鏡装置1の概略構成を示すブロック図である。光走査型共焦点内視鏡装置1は、共焦点顕微鏡の原理を応用して設計された、被写体を高倍率かつ高解像度で観察可能な医療用観察システムである。また、光走査型共焦点内視鏡装置1は、特定のがん組織に特有の物質と選択的に結合する蛍光色素を予め観察部位に散布し、蛍光色素の励起光を観察野に照射して、がん組織に結合した蛍光色素から放射される蛍光を用いてがん組織を観察する蛍光内視鏡検査法(色素法)を行うように構成されている。

10

**【0025】**

図1に示すように、光走査型共焦点内視鏡装置1は、プロセッサ100、共焦点プローブ200及びモニタ300を備えている。共焦点プローブ200は、図示しない電子内視鏡の処置具挿通チャンネルを介して、患者の体内(例えば消化管内)に挿入される可撓性を有する細長い挿入部200bを備えている。光走査型共焦点内視鏡装置1を用いた内視鏡観察は、共焦点プローブ200の挿入部200bの先端面を被写体に押し付けた状態で行われる。

**【0026】**

プロセッサ100は、CPU102、メインメモリ104、光源106、光検出器108、光カプラ110、映像信号処理回路112及び画像メモリ114を備えている。共焦点プローブ200は、プロセッサ100に接続される接続部(制御ボックス)200a及び被検者の体内に挿入される可撓性を有する細長いケーブル状の挿入部200bから構成される。挿入部200bは、その先端に設けられた共焦点走査光学ユニット220と、共焦点走査光学ユニット220と接続部200aとを接続するケーブル部210から構成される。

20

**【0027】**

本実施形態の共焦点プローブ200は、電子内視鏡の処置具挿通チャンネルに通して観察野にアクセスできるように、挿入部200bの直径は約2mm(シース内径は約1.4mm)の細径に形成されている。また、ケーブル部210には、共焦点走査光学ユニット220と接続部200aとを接続するSMF(シングルモード光ファイバ)211及び複数(少なくとも合計12本)のワイヤ212a~dが収容されている。SMF211の外径は約250 $\mu$ mである。ケーブル部210内の狭い空間には、SMF211及び多数のワイヤ212a~dを収容し、且つワイヤ212a~dの導体抵抗を一定水準に抑えることが要求される。そのため、各ワイヤ212a~dには導体径46AWG(American Wire Gage)(約40 $\mu$ m)の導体を使用され、絶縁被覆厚は大凡40~50 $\mu$ mに設定されている。各ワイヤ212a~dの長さは5~6mであり、約100の電気抵抗を有する。

30

**【0028】**

なお、本実施形態の共焦点プローブ200は、内視鏡とは別体のプローブとして構成されている。別の実施形態では、例えば図12に示すように、共焦点プローブ200'と内視鏡(図示しないライトガイドとCCD等の撮像素子410を備えた電子内視鏡)とを一体化した共焦点プローブ内蔵型内視鏡400とすることもできる。共焦点プローブを内視鏡と一体化した構成の場合、挿入部200bに相当する部分の外径は大凡3~4mm、内径は大凡2~3mm程度に仕上げられる。

40

**【0029】**

また、接続部200aは、CPU202、メインメモリ204、走査制御回路206及び温度調節回路230を備えている。プロセッサ100と共焦点プローブ200(接続部200a)とは、光コネクタ152及び電気コネクタ154により、それぞれ光学的及び電氣的に接続されている。

50

## 【0030】

プロセッサ100のCPU102は、プロセッサ100の各部及び共焦点プローブ200を統合的に制御する。また、共焦点プローブ200のCPU202は、プロセッサ100のCPU102による制御下で、共焦点プローブ200の各部を統合的に制御する。

## 【0031】

光源106は、観察部位に散布される蛍光色素の励起光である青色の光を発生する半導体レーザ光源である。光源106から出射した励起光は、SMF110aを介して、光カブラ110の分岐ポート(後述)の一方に入力される。

## 【0032】

光カブラ110は、1つの共通ポートと2つの分岐ポートを有する1×2分岐の光カブラである。分岐ポートの一方がSMF110aを介して光源106に接続され、他方がSMF110bを介して光検出器108に接続されている。また、光カブラ110の共通ポートは、SMF110cを介して、共焦点プローブ200のSMF211に接続されている。光源106から出力された励起光は、分岐ポートの一方から光カブラ110に入力され、共通ポートから出力される。光カブラ110の共通ポートから出力された励起光は、共通ポートに接続されたSMF110cを介して、光コネクタ152によりSMF110cに接続された共焦点プローブ200のSMF211に結合する。

## 【0033】

後述(図2)のように、共焦点プローブ200のSMF211の先端(自由端211a)は、共焦点走査光学ユニット220内に収容されている。SMF211を伝搬した励起光は、共焦点走査光学ユニット220から被写体(例えば消化管内壁)に照射される。被写体の組織に結合した蛍光色素は、励起光を吸収して励起し、蛍光を放射する。蛍光色素から放射された蛍光の一部(観察光)は、共焦点走査光学ユニット220内の自由端211aに入射し、照射時の励起光の進行方向と逆向きにSMF211及びSMF110cを伝搬して、共通ポートから光カブラ110に入力される。光カブラ110により2分岐された観察光の一方が光検出器108に入力され、光検出器108により検出された観察光の強度に基づいて後段の映像信号処理回路112が蛍光観察像を形成する。

## 【0034】

次に、共焦点プローブ200の挿入部200bの先端に設けられた共焦点走査光学ユニット220の詳細を説明する。図2は、共焦点走査光学ユニット220の概略構成を示す側断面図である。以下の共焦点走査光学ユニット220の説明において、共焦点走査光学ユニット220の長手方向(中心軸AXの方向)をZ方向とし、Z方向に直交しかつ互いに直交する二方向をX方向及びY方向とする。また、共焦点走査光学ユニット220の長手方向(Z軸方向)における、ケーブル部210(図1)に接続された一端(Z軸負方向)を基端といい、他端(Z軸正方向)を先端という。

## 【0035】

図2に示すように、共焦点走査光学ユニット220は、ハウジング221、マウント部材222、XY軸アクチュエータ223、対物光学系224、サーミスタ225、ヒータ226、Z軸アクチュエータ227及びZ軸変位センサ228を備えている。

## 【0036】

ハウジング221は、共焦点走査光学ユニット220を構成する各部を収容するケースであり、略円筒状の金属部材である内筒221A及び外筒221Bを備えている。内筒221Aは、外筒221B内に同軸に略隙間無く収容されており、外筒221Bの内周面によりガイドされて、外筒221B内を中心軸AX方向へスライド可能に構成されている。

## 【0037】

内筒221Aの先端部には、複数のレンズから構成される対物光学系224が中空部内で保持されている。また、内筒221Aの内周面には、XY軸アクチュエータ223を同軸に支持するマウント部材222が取り付けられている。

## 【0038】

XY軸アクチュエータ223は、その中空部にSMF211の一部(自由端部211b

10

20

30

40

50

に隣接する部分)が挿し込まれて接着固定された略円筒形状の圧電素子223aと、この圧電素子223aの外周面に設けられた図示しない2組の電極対(X軸駆動用電極対、Y軸駆動用電極対)を備えている。SMF211の先端部(自由端部)211bは、XY軸アクチュエータ223の先端から所定の長さ突出し、XY軸アクチュエータ223により片持ち支持されている。XY軸アクチュエータ223は、逆圧電効果により、X軸駆動用電極対にX軸駆動電圧を印加するとX軸方向に(Y軸周りに)湾曲し、Y軸駆動用電極対にY軸駆動電圧を印加するとY軸方向に(X軸周りに)湾曲するように構成されている。XY軸アクチュエータ223の湾曲駆動により、片持ち支持されたSMF211の自由端部211bが揺動するように構成されている。

【0039】

SMF211を伝搬した励起光は、自由端211aから出射する。なお、SMF211の自由端211aにおいて、励起光は直径数 $\mu\text{m}$ のコアに閉じ込められており、SMF211の自由端211aにおけるコアは共焦点光学系の点光源(光源側ピンホール)として機能する。また、SMF211の自由端211aは、自由端211aから放射される励起光の発散角が小さく(理想的には平行光に)なるように、球面状に成形されている。自由端211aから出射した励起光は、対物光学系224によって集光されて、共焦点走査光学ユニット220の外部でスポット(集光点)を形成する。励起光のスポットは対物光学系224の直近に形成されるため、被写体に共焦点プローブ200の先端を押し当てると、被写体の表層部に励起光のスポットが照射される。

【0040】

XY軸アクチュエータ223に供給されるX軸駆動電圧及びY軸駆動電圧は、モニタ300に出力されるビデオ信号のフレームレートに同期した交流電圧である。X軸駆動電圧及びY軸駆動電圧をXY軸アクチュエータ223に印加することにより、SMF211の自由端211a(そして、自由端211aから放射された励起光のスポット)がZ軸に垂直なXY平面上で所定の軌跡を描いて走査するようにXY軸アクチュエータ223が駆動される。なお、厳密には、自由端211a(励起光のスポット)は曲面上に走査軌跡を描くが、SMF211の自由端部211bの長さに対する自由端211aの走査幅が十分に小さいため、自由端211a(励起光のスポット)がZ軸と垂直なXY平面上を走査するものと近似することができる。

【0041】

X軸駆動電圧及びY軸駆動電圧の波形を変更することにより、スポットの走査軌跡を様々に変えることができる。二次元走査方式としては、例えば、中心軸AXを中心とした螺旋軌道を走査するスパイラル走査、走査範囲の水平方向を往復走査するラスタスキャン方式、走査範囲を正弦波的に走査するリサージュスキャン方式など、種々の走査方式を採用することができる。

【0042】

外筒221Bの基端部には内側に突出した基端壁部221Bwが設けられており、内筒221Aの基端面221Afと外筒221Bの基端壁部221Bwとが、Z軸アクチュエータ227及びZ軸変位センサ228によって連結されている。Z軸アクチュエータ227は、外筒221B(及び外筒221Bの先端が押し当てられた被写体)に対して内筒221AをZ軸方向(被写体の深さ方向)に移動させることで、共焦点走査光学ユニット220の走査面(すなわち観察面)の深度を調整する。

【0043】

Z軸アクチュエータ227は、ニチノール(Ni-Ti合金)等の形状記憶合金から形成された棒状部材であり、通電加熱時に発生する形状回復力により長手方向(Z軸方向)に伸長するように構成されている。Z軸アクチュエータ227は、一对のワイヤ212a2(212a)によって接続部200a内の走査制御回路206に接続されており、走査制御回路206から供給されるZ軸駆動電流によって通電加熱されて、Z軸方向に伸長する。なお、Z軸アクチュエータ227は、上記の形状記憶合金を使用したものに限らず、他の駆動機構(例えば、ナットに設けられた圧電素子を振動させることで送りねじを駆動

10

20

30

40

50

する機構)を用いた各種リニアアクチュエータを使用することができる。

【0044】

Z軸変位センサ228は、細径の絶縁電線から形成された二重コイルがウレタン等の伸縮性を有する樹脂に埋め込まれた略円柱状の素子であり、長さ(Z軸方向寸法)に応じて2つのコイル間の静電容量が変化するように構成されている。Z軸変位センサ228の長さ(伸縮量)と静電容量との関係は予め測定されており、走査制御回路206内のメモリ(不図示)にルックアップテーブルとして格納されている。Z軸変位センサ228は、一对のワイヤ212bによって接続部200a内の走査制御回路206に接続されている。走査制御回路206内に設けられたZ軸変位計測回路(不図示)によりZ軸変位センサ228の静電容量が計測され、当該静電容量がルックアップテーブルを用いてZ軸変位センサ228の長さに変換される。なお、Z軸変位センサ228は、上記の二重コイルを使用したものに限らず、他の検出機構を用いた各種位置センサ(例えば、ホール素子)を使用することができる。

10

【0045】

また、Z軸アクチュエータ227は、非加熱時においては、Z軸方向における自然長がZ軸変位センサ228よりも少し長く形成されており、また軟らかいマルテンサイト相を示すため、Z軸変位センサ228による圧縮力を受けて自然長よりも短くなる。Z軸アクチュエータ227を通電加熱すると、硬いオーステナイト相への逆変態が起こり、強い形状回復力が発生してZ軸アクチュエータ227が伸長する。

20

【0046】

走査制御回路206は、Z軸変位センサ228の長さがCPU202から指定された設定値となるように、Z軸アクチュエータ227に供給するZ軸駆動電流を調節する。これにより、Z軸方向における外筒221Bに対する内筒221Aの位置(すなわち、励起光のスポットの位置)が制御され、励起光のスポット走査面の深度(すなわち、光走査型共焦点内視鏡装置1によって観察される観察面の深度)が調節される。

【0047】

メインメモリ204(図1)は、共焦点プローブ200の識別情報や各種特性に関する情報(プロパティ)を含むプローブ情報を格納している。CPU202は、システム起動時にメインメモリ204からプローブ情報を読み出して、共焦点プローブ200とプロセッサ100とを電氣的に接続する電気コネクタ154を介してCPU102に送信する。CPU102は、CPU202から受信したプローブ情報をメインメモリ104に格納する。CPU102は、メインメモリ104に格納したプローブ情報を必要に応じて読み出し、共焦点プローブ200の制御に必要な信号を生成して、CPU202に送信する。CPU202は、CPU102からの制御信号に従ってXY軸アクチュエータ223及びZ軸アクチュエータ227を駆動するための設定値を計算して、走査制御回路206に送信する。

30

【0048】

走査制御回路206は、CPU202から受信した設定値に応じてX軸駆動電圧、Y軸駆動電圧及びZ軸駆動電流を生成し、ワイヤ212a(212a1、212a2)を介して、共焦点走査光学ユニット220に供給する。具体的には、走査制御回路206は、XY軸アクチュエータ223を駆動するX軸駆動電圧及びY軸駆動電圧を、2対のワイヤ212a1を介してXY軸アクチュエータ223に供給し、Z軸アクチュエータ227を駆動するZ軸駆動電流を、1対のワイヤ212a2を介してZ軸アクチュエータ227に供給する。また、走査制御回路206は、Z軸変位センサ228によって検出されたZ軸アクチュエータ227の長さに基づいて、Z軸駆動電流をフィードバック制御する。走査制御回路206は、XY軸アクチュエータ223による自由端211aのXY平面上での周期的な駆動とZ軸アクチュエータ227によるZ軸方向の進退とを併せることにより、励起光のスポットを三次元走査する。

40

【0049】

XY軸アクチュエータ223の特性やSMF211の材料力学的性質に温度依存性があ

50

るため、自由端 2 1 1 a の軌跡は X Y 軸アクチュエータ 2 2 3 の周辺温度（ハウジング内温度）T の影響を受ける（すなわち、温度特性を有する）。そのため、ハウジング内温度 T を一定温度（例えば、4 1 ）に調節できるよう、共焦点走査光学ユニット 2 2 0 にはサーミスタ（NTCサーミスタ）2 2 5 及びヒータ（コイルヒータ）2 2 6 が設けられている（図 2）。サーミスタ 2 2 5 及びヒータ 2 2 6 は、それぞれ一对のワイヤ 2 1 2 c 及び 2 1 2 d を介して、接続部 2 0 0 a 内に配置された温度調節回路 2 3 0 に接続されている。そして、温度調節回路 2 3 0 によってハウジング内温度 T の制御が行われるようになっている。温度調節回路 2 3 0 による温度調節の詳細は後述する。

#### 【0050】

上述のように、被写体に励起光が照射されると、被写体の組織に結合した蛍光色素が励起光を吸収して励起し、蛍光を放射する。蛍光色素から放射された蛍光の一部（観察光）は、共焦点走査光学ユニット 2 2 0 の対物光学系 2 2 4 に入射し、S M F 2 1 1 の自由端 2 1 1 a に集光される。S M F 2 1 1 の自由端 2 1 1 a におけるコアの位置と、励起光のスポットの位置とは共役関係にあるため、励起光のスポットの位置で発生した蛍光のみが S M F 2 1 1 の自由端 2 1 1 a におけるコアに集光し、観察光として S M F 2 1 1 を伝搬して、光検出器 1 0 8 によって検出される。すなわち、S M F 2 1 1 の自由端 2 1 1 a におけるコアは、共焦点光学系の光検出器側ピンホールとしても機能する。また、この構成により、励起光の微小なスポット位置で発生した蛍光のみが選択的に検出されるため、極めて位置分解能が高く、迷光等によるノイズの少ない観察像の取得が可能になる。

#### 【0051】

光検出器 1 0 8 は、検出した観察光の強度に応じた光検出信号を出力する。光検出信号は、映像信号処理回路 1 1 2 に入力される。映像信号処理回路 1 1 2 は、光検出信号を一定のレートでサンプルホールド及び A D 変換して点像のデジタル画素信号を生成する。デジタル画素信号のサンプリングは、励起光の走査と同期して行われるため、各サンプリング期間における励起光のスポットの位置と、その位置から放射された蛍光の強度（デジタル画素信号）とが対応づけられる。映像信号処理回路 1 1 2 は、この画素に対応する画像メモリ 1 1 4 のアドレスに、デジタル画素信号を格納する。このように、映像信号処理回路 1 1 2 は、各点像の空間的配列によって構成される三次元画像データを画像メモリ 1 1 4 に格納する。また、映像信号処理回路 1 1 2 は、画像メモリ 1 1 4 から三次元画像データを読み出し、三次元画像データから C P U 1 0 2 から指定された深さ（Z 軸座標）における 2 次元画像データを切り出して、画像メモリ 1 1 4 にバッファリングする。

#### 【0052】

バッファリングされた 2 次元画像データは、所定のタイミングで画像メモリ 1 1 4 から掃き出されて、所定の規格に準拠したビデオ信号に変換された後、モニタ 3 0 0 に出力される。そして、モニタ 3 0 0 は、プロセッサ 1 0 0 が出力したビデオ信号に基づいて、被写体の画像（内視鏡画像）を画面に表示する。

#### 【0053】

次に、X Y 軸アクチュエータ 2 2 3 の温度を制御するための温度制御システムについて説明する。図 3 は、本発明の第 1 実施形態に係る光走査型内視鏡用温度制御システム T C（以下、単に「温度制御システム T C」という。）の回路構成の概略を示すブロック図である。温度制御システム T C は、主に、共焦点プローブ 2 0 0 の接続部 2 0 0 a に設けられた温度調節回路 2 3 0 と、共焦点走査光学ユニット 2 2 0 に設けられたサーミスタ 2 2 5 及びヒータ 2 2 6 から構成される。また、温度制御システム T C を構成する回路は、サーミスタ 2 2 5 を使用してハウジング内温度 T を検出する温度検出回路 T D と、ヒータ 2 2 6 を駆動するヒータ駆動回路 H D に大別することができる。温度調節回路 2 3 0 は、L D O（低ドロップアウトレギュレータ）2 3 2、A D コンバータ 2 3 3、演算処理回路 2 3 4、D A コンバータ 2 3 5 及び電流ドライバ 2 3 6 を備えている。演算処理回路 2 3 4 は、温度検出回路 T D が検出したハウジング内温度 T に基づいて、ヒータ 2 2 6 に供給する駆動電流 - I d の P I D（Proportional Integral and Differential）制御を行う。また、温度調節回路 2 3 0 には、4 つの端子 2 3 0 a、2 3 0 b、2 3 0 c 及び 2 3 0 d が

設けられている。端子 230 a 及び 230 b には、1 対のワイヤ 212 c を介してサーミスタ 225 が接続されており、端子 230 c 及び 230 d には、1 対のワイヤ 212 d を介してヒータ 226 が接続されている。

【0054】

端子 230 b には、LDO 232 が接続されている。LDO 232 は、低いドロップアウト電圧（入出力間の電圧差）で動作する三端子レギュレータであり、サーミスタ 225 に高精度の定電圧  $V_{cc}$  を供給する。LDO 232 を用いることにより、サーミスタ 225 による温度の検出精度が向上する。なお、定電圧源  $V_0$ （共焦点プローブ 200 のシステム電源）から必要な精度の電圧が供給される場合には、LDO 232 を設けなくても良い。

10

【0055】

端子 230 a には、増幅器 231 a を介して AD コンバータ 233 が接続されており、端子 230 a の電位  $V_a$  は、増幅器 231 a により処理された後、AD コンバータ 233 によりデジタル信号に変換されて、演算処理回路 234 に入力される。

【0056】

図 4 は増幅器 231 a の効果を説明するグラフである。具体的には、図 4 (a) はハウジング内温度  $T$  と端子 230 a の電位  $V_a$  との関係を示すグラフであり、図 4 (b) はハウジング内温度  $T$  と増幅器 231 a の出力電圧  $V_a'$  との関係を示すグラフである。図 4 (a) に示すように、ハウジング内温度  $T$  の変化 ( $T_1$ 、 $T_2$ ) に対する電位  $V_a$  の変化量は小さい。そのため、AD コンバータ 233 に電位  $V_a$  を直接入力すると、ハウジング内温度  $T$  を高い分解能で計測することができない。図 4 (b) に示すように、増幅器 231 a を通すことにより、同じ温度変化 ( $T_1$ 、 $T_2$ ) でも大きな出力電圧  $V_a'$  の変化が生じるため、ハウジング内温度  $T$  を高い分解能で計測することが可能になる。また、増幅器 231 a は、電位  $V_a$  を所定の利得で増幅すると共に、オフセット電圧を与える機能も備えている。これにより、高い利得に設定しても、出力電圧  $V_a'$  の範囲を AD コンバータ 233 のダイナミックレンジ内に収めることが可能になり、ハウジング内温度  $T$  をより高い分解能で計測することが可能になる。なお、必ずしも増幅器 231 a を設ける必要は無く、高い温度検出確度が必要な場合には増幅器 231 a を設けない方が有利な場合もある。

20

【0057】

端子 230 a は、抵抗  $R_v$  を介してグランドに接続されている。従って、サーミスタ 225 の抵抗値を  $R_t$  とすると、端子 230 a の電位  $V_a$  は次の数式 3 により表される。

30

【0058】

【数 3】

$$V_a = \frac{R_v}{R_v + R_t} V_{cc}$$

【0059】

従って、サーミスタ 225 の抵抗値  $R_t$  は、数式 3 を変形した次の数式 4 により表される。

40

【0060】

【数 4】

$$R_t = \frac{V_{cc} - V_a}{V_a} R_v$$

【0061】

演算処理回路 234 は、増幅器 231 a の利得及びオフセット電圧の値を用いて、AD コンバータ 233 に入力された増幅器 231 a の出力電圧  $V_a'$  から端子 230 a の電位  $V_a$  を計算し、更に数式 4 によりサーミスタ 225 の抵抗値  $R_t$  を計算する。更に、演算処理回路 234 は、次の数式 5 を用いて、サーミスタ 225 の抵抗値  $R_t$  から X Y 軸アクチ

50

ユエータ 2 2 3 のハウジング内温度  $T$  を計算する。なお、数式 5 における定数  $B$  はサーミスタ 2 2 5 の特性係数であり、定数  $R_0$  は温度  $T_0$  における抵抗値である。定数  $B$ 、 $R_0$  及び  $T_0$  は、予め実験的に取得され、演算処理回路 2 3 4 内のメモリ（不図示）に格納されている。

【 0 0 6 2 】

【 数 5 】

$$T = \frac{1}{\frac{1}{B} \log \left( \frac{R_t}{R_0} \right) + \frac{1}{T_0}}$$

10

【 0 0 6 3 】

演算処理回路 2 3 4 は、このようにして取得した X Y 軸アクチュエータ 2 2 3 のハウジング内温度  $T$  に基づいて、X Y 軸アクチュエータ 2 2 3 のハウジング内温度  $T$ （制御量  $Y_n$ 、但し、 $n$  は制御番号）が設定温度  $T_s$ （目標値  $R_n$ ）に保たれるように、ヒータ 2 2 6 に流す駆動電流 -  $I_d$  を制御する。具体的には、演算処理回路 2 3 4 は、ヒータ 2 2 6 に流すべき駆動電流 -  $I_d$  に対応するデジタル値（後述する操作量  $M V_n$  のデジタル値）を制御信号として出力する。すなわち、本実施形態の温度制御システム  $T C$  は、ヒータ 2 2 6 に供給する電力を、電流制御方式によって制御する。なお、本実施形態では、演算処理回路 2 3 4 は、1 2 ビット符号無し整数（0 ~ 4 0 9 5）の制御信号を出力するように構成されている。なお、制御信号のビット数は、必要な駆動電流 -  $I_d$  の分解能等に応じて適宜設定される。

20

【 0 0 6 4 】

演算処理回路 2 3 4 の出力は、D A コンバータ 2 3 5 を介して電流ドライバ 2 3 6 に接続されている。D A コンバータ 2 3 5 は、定電圧源  $V_0$  から給電を受けて、演算処理回路 2 3 4 が出力した制御信号（駆動電流量の大きさを示すデジタル信号）をアナログ電圧信号（0 ~  $V_0$ ）に変換して出力する。電流ドライバ 2 3 6 は、負の印加電圧 -  $V_0$  で駆動され、D A コンバータ 2 3 5 が出力したアナログ電圧信号に応じて駆動電流 -  $I_d$  を出力する（すなわち電流  $I_d$  を吸い込む）。電流ドライバ 2 3 6 の出力は、P T C サーミスタ 2 3 7 を介して、端子 2 3 0 d に接続されている。また、端子 2 3 0 c はグランドに接続されている。従って、電流ドライバ 2 3 6 が出力した駆動電流 -  $I_d$  は、P T C サーミスタ 2 3 7 及びワイヤ 2 1 2 d を介して、ヒータ 2 2 6 に供給される。

30

【 0 0 6 5 】

本実施形態においては、電流ドライバ 2 3 6 と端子 2 3 0 d との間に電流制限器として P T C サーミスタ 2 3 7 等の抵抗体を設けることにより、駆動電流 -  $I_d$  が流れるワイヤ 2 1 2 d 等の配線部に短絡が生じても一定量以上の電流が流れないようにしている。特に、P T C サーミスタ 2 3 7 は、温度の上昇（ジュール熱の発生）に伴って抵抗値が増大する性質を有しており、 $m A$ （ミリアンペア）単位での優れた電流制限（過電流防止）効果を発揮する。また、P T C サーミスタ 2 3 7 は、電流量が減少して温度が低下すると、元の抵抗値に戻り、繰り返し使用することができる。なお、P T C サーミスタ 2 3 7 に替えてヒューズや通常の固定抵抗器を使用することもできる。

40

【 0 0 6 6 】

本実施形態では、細径（例えば、導体径 4 6 A W G）且つ長尺（例えば 5 m 以上）のワイヤ 2 1 2 a ~ d が使用されるため、配線抵抗のバラツキが大きい。本実施形態の温度制御システム  $T C$  は、従来の電圧制御に替えて電流制御を行うため、配線抵抗の大きなバラツキによらず、ヒータ 2 2 6 に供給する電力を正確に制御することができる。

【 0 0 6 7 】

また、本実施形態においては、電流制御を行うため、配線部に短絡が生じても、演算処理回路 2 3 4 が暴走しない限りは、電流ドライバ 2 3 6 が過電流を出力することがない。

【 0 0 6 8 】

また、本実施形態の共焦点プローブ 2 0 0 を含む S F E（Scanning Fiber Endoscope）

50

では、狭い挿入部 200b 内に S M F 211 及び多数のワイヤ 212a ~ d を収容するため、ワイヤ 212a ~ d の絶縁被覆が極めて薄く形成されている。例えば、本実施形態では、挿入部 200b の外径が約 2mm (内視鏡一体型の場合は約 3.5mm) であり、内径約 1.4mm (内視鏡一体型の場合は約 2.5mm) のシース内に、外径 0.25mm の S M F 211 と、導体径 A W G 46 (約 0.04mm) のワイヤ 212a ~ d を複数 (少なくとも合計 12 本) 収容する必要があり、ワイヤ 212a ~ d の絶縁被覆厚が大凡 40 ~ 50  $\mu$ m に設定されている。そのため、例えば挿入部 200b が繰り返し屈曲されることにより、例えば、挿入部 200b 内で擦り合わされたワイヤ 212a ~ d 同士が擦れるため、絶縁被覆が剥離してワイヤ 212a ~ d 間等で短絡が発生し易い。また、各ワイヤ 212a ~ d の条長は 5m 以上と長く、本数も多いため、短絡が発生する頻度が少なく

10

【0069】

なお、絶縁被覆厚が 50  $\mu$ m 以下になると剥離の発生頻度が増える。従って、このように薄い絶縁被覆厚のワイヤを使用する場合には、上述した過電流防止の仕組みの導入が特に有効である。また、挿入部 200b の外径が約 4mm (内径が約 3mm) 以下になると、シース内に収容されるワイヤの密度が高く (ワイヤ間の隙間が狭く) なり、絶縁被覆の剥離が発生しやすくなる。そのため、上述した過電流防止の仕組みの導入により顕著な効果が得られる。

【0070】

20

次に、温度調節回路 230 の演算処理回路 234 によって実行される、ハウジング内温度 T の制御の手順について説明する。図 5 は、演算処理回路 234 が実行する処理の手順を示すフローチャートである。演算処理回路 234 は、まず A D コンバータ 233 から所定の変換サイクルで連続的に出力される端子 230a の電位  $V_a$  のデジタル値を取得し (S1)、直近の予め設定された個数のデジタル値  $V_a$  の平均 (移動平均) を計算する平滑化処理を行う (S2)。

【0071】

次に、演算処理回路 234 は、数式 4 を用いて、平滑化した電位値  $V_a$  をサーミスタ 225 の抵抗値  $R_t$  に変換し (S3)、更に、数式 5 を用いて、抵抗値  $R_t$  を温度偏差 T に変換する (S4)。但し、温度偏差 T は、サーミスタ 225 によって検出されるハウジング内温度 T (制御量  $Y_n$ ) と設定温度  $T_s$  (目標値  $R_n$ ) との差分  $T - T_0$ 、すなわち偏差  $e_n = Y_n - R_n$  である。

30

【0072】

なお、演算処理回路 234 は、温度偏差計算部 234a 及び P I D 制御部 234b を備えており、以上の処理 S1 ~ S4 は温度偏差計算部 234a により行われ、以下に説明する処理 S5 ~ S8 は P I D 制御部 234b により行われる。

【0073】

次に、ハウジング内温度 T を用いて後述の修正速度型 P I D 制御を行い (S5)、修正速度型 P I D 制御 S5 の結果得られた操作量  $M V_n$  を D A コンバータ 235 に出力する (S6)。

40

【0074】

次に、C P U 202 から制御終了の指令が出されているか否かを判断し (S7)、制御終了の指令が出されていないならば (S7: N O)、制御番号 n をインクリメントしてから (S8)、処理 S1 に戻る。C P U 202 から制御終了の指令が出される (S7: Y E S) まで、上記の処理 S1 ~ S8 が繰り返し実行される。

【0075】

次に、本発明の実施形態に係る修正速度型 P I D 制御 S5 について説明する。図 6 は、修正速度型 P I D 制御 S5 の手順を示すフローチャートである。本発明の第 1 実施形態に係る修正速度型 P I D 制御 S5 は、通常の P I D 制御における手順の一部を変更することで、非定常外乱に対する制御系の安定性を向上させた制御方法である。

50

【 0 0 7 6 】

通常の P I D 制御の操作量  $MV_n$  は次の数式 6 により与えられる。

【 0 0 7 7 】

【 数 6 】

$$\begin{aligned}
 MV_n &= P_n + I_n + D_n \\
 &= (K_p e_n) + \left( K_p \frac{\Delta t}{T_i} \sum_{j=1}^n e_j \right) + \left\{ K_p \frac{T_d}{\Delta t} (e_n - e_{n-1}) \right\} \\
 &= K_p \left[ e_n + \frac{\Delta t}{T_i} \sum_{j=1}^n e_j + \frac{T_d}{\Delta t} (e_n - e_{n-1}) \right]
 \end{aligned}$$

但し、

n : 制御番号

 $P_n$  : 比例制御による操作量 $I_n$  : 積分制御による操作量 $D_n$  : 微分制御による操作量 $K_p$  : 比例ゲイン

t : 制御間隔

 $e_n$  : 偏差 $T_i$  : 積分時間 $T_d$  : 微分時間

【 0 0 7 8 】

上記の数式 6 より、通常速度型 P I D 制御における操作量  $MV_n$  の差分値  $\Delta MV_n$  を与える次の数式 7 が得られる。

【 0 0 7 9 】

【 数 7 】

$$\begin{aligned}
 \Delta MV_n &= MV_n - MV_{n-1} \\
 &= K_p \left[ (e_n - e_{n-1}) + \frac{\Delta t}{T_i} e_n + \frac{T_d}{\Delta t} (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) \right]
 \end{aligned}$$

【 0 0 8 0 】

修正速度型 P I D 制御 S 5 では、処理 S 4 で取得した偏差  $e_n$  に基づいて、先ず上記の数式 7 を用いて操作量の差分値  $\Delta MV_n$  が計算される (S 5 1)。なお、本実施形態では、 $MV_n$  は整数型の変数として定義されており、数式 7 の計算結果を小数点以下で四捨五入した値が  $MV_n$  に入力される。

【 0 0 8 1 】

そして、次の数式 8 を用いて操作量  $MV_n$  が計算される (S 5 2)。

【 0 0 8 2 】

【 数 8 】

$$MV_n = MV_{n-1} + \Delta MV_n$$

【 0 0 8 3 】

次に、ハウジング内温度 T (制御量  $Y_n$ ) が設定温度  $T_s$  (目標値  $R_n$ ) を超えているか否か、すなわち、偏差  $e_n = R_n - Y_n$  の正負が判定される (S 5 3)。ハウジング内温度 T が設定温度  $T_s$  を超えている場合 (すなわち、操作量  $Y_n$  のオーバーシュート時) には、偏差  $e_n$  は負となる (S 5 3 : YES)。この場合、操作量  $MV_n$  の第 1 補正処理が行われる (S 5 4)。第 1 補正処理 S 5 4 は、操作量の差分値  $\Delta MV_n$  を定数 (第 1 補

10

20

30

40

50

正係数 A ) 倍したものを操作量  $MV_n$  に加える処理である。すなわち、第 1 補正処理 S 5 4 は、次の数式 9 により行われる。

【 0 0 8 4 】

【 数 9 】

$$MV_n = MV_n + A \times \Delta MV_n$$

【 0 0 8 5 】

第 1 補正係数 A は、P I D パラメータと同様に、予め実験的に、或いはシミュレーションにより求められる値である。なお、第 1 補正係数 A は正の整数であり、また、この時（オーバーシュート時）の差分値  $MV_n$  は負の値であるため、第 1 補正処理 S 5 4 は、操作量  $MV_n$ （すなわち、ヒータ 2 2 6 に供給する駆動電流 -  $I_d$ ）を通常の P I D 制御における操作量よりも低減する処理となる。

10

【 0 0 8 6 】

第 1 補正処理 S 5 4 の後に、修正速度型 P I D 制御 S 5 における最終処理であるリミット処理 S 5 8 が行われる。また、ハウジング内温度 T（制御量  $Y_n$ ）が設定温度  $T_s$ （目標値  $R_n$ ）よりも低く、偏差  $e_n = R_n - Y_n$  がゼロ以上の値となる場合には（S 5 3 : N O）、補正処理 S 5 4 を飛ばして、リミット処理 S 5 8 が行われる。

【 0 0 8 7 】

リミット処理 S 5 8 は、操作量  $MV_n$ （整数）の値を、演算処理回路 2 3 4 が出力可能な制御信号の数値範囲内（自然数 0 ~ 4 0 9 5）の値に変更する処理である。具体的には、 $MV_n < 0$  の場合には  $MV_n = 0$  に変更し、 $4 0 9 5 < MV_n$  の場合には  $MV_n = 4 0 9 5$  に変更する。

20

【 0 0 8 8 】

本実施形態の温度制御システム T C のように強制冷却手段を備えていない制御系においては、オーバーシュートが発生すると、ハウジング内温度 T（制御量  $Y_n$ ）が設定温度  $T_s$ （目標値  $R_n$ ）に収束するまでに長時間を要する。また、熱の伝達速度が遅いため、外乱の影響がハウジング内温度 T の変化となって現れるまでの時間は、温度制御システム T C の処理サイクルに比べて格段に長い。そのため、外乱の影響が伝わるまでの間に出力される大きな操作量  $MV_n$  によって制御量  $Y_n$  のオーバーシュートが促進されることが多い。本実施形態では、オーバーシュート時に、操作量  $MV_n$  を低減する第 1 補正処理 S 5 4 を行うことで、設定温度  $T_s$ （目標値  $R_n$ ）への収束時間が短縮される。

30

【 0 0 8 9 】

（第 2 実施形態）

次に、本発明の第 2 実施形態について説明する。以下に説明する本発明の第 2、第 3 及び第 4 実施形態の構成は、それぞれ修正速度型 P I D 制御処理 S 5 のみが上述した第 1 実施形態の構成と異なる。以下の第 2、第 3 及び第 4 実施形態の説明においては、第 1 実施形態と共通する構成要素に対しては同一又は対応する符号を使用して、詳細な説明を省略する。

【 0 0 9 0 】

図 7 は、本発明の第 2 実施形態に係る修正速度型 P I D 制御 S 5 の手順を示すフローチャートである。第 2 実施形態の修正速度型 P I D 制御 S 5（図 7）は、第 1 実施形態における操作量  $MV_n$  の第 1 補正処理 S 5 4（図 6）に替えて操作量  $MV_n$  の第 2 補正処理 S 5 7 を行う点で第 1 実施形態のものと異なる。本実施形態の第 2 補正処理 S 5 7 では、オーバーシュート時に操作量  $MV_n$  から一定値（第 2 補正係数 B）を引くことで、操作量  $MV_n$  を低減して、ハウジング内温度 T（制御量  $Y_n$ ）の設定温度  $T_s$ （目標値  $R_n$ ）への収束を促進する処理である。すなわち、第 2 実施形態では、次の数式 1 0 により第 2 補正処理 S 5 7 が行われる。なお、第 2 補正係数 B は正の整数である。

40

【 0 0 9 1 】

【数 10】

$$MV_n = MV_n - B$$

【0092】

(第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態について説明する。図8は、本発明の第3実施形態に係る修正速度型PID制御S5の手順を示すフローチャートである。第3実施形態の修正速度型PID制御S5は、操作量 $MV_n$ の第1補正処理S54の後段に条件判断処理S55及び操作量 $MV_n$ の第2補正処理S57が追加された点で第1実施形態の修正速度型PID制御S5(図6)と異なる。

10

【0093】

具体的には、第3実施形態(図8)では、第1実施形態と同じく、上述の数式9による操作量 $MV_n$ の第1補正処理S54が行われる。

【0094】

次に、偏差 $e_n = R_n - Y_n$ が予め設定された基準値-C未満であるか否かが判定される(S55)。基準値-Cは、PIDパラメータと同様に、予め実験的に、或いはシミュレーションにより求められる負の整数値である。偏差 $e_n$ が基準値-C未満であれば(S55: YES)、オーバーシュート量が大きいと判断されるため、更に操作量 $MV_n$ を低減する第2補正処理S57が行われる。本実施形態における操作量 $MV_n$ の第2補正処理S57は、上述した第2実施形態のものと同じ処理である。

20

【0095】

第2補正処理S57の次に、リミット処理S58が行われる。また、偏差 $e_n$ が基準値-C以上であれば(S55: NO)、オーバーシュート量が小さいと判断されるため、第2補正処理S57は行われずに、リミット処理S58が行われる。

【0096】

オーバーシュートが大きい場合に追加的に操作量 $MV_n$ の第2補正処理S57を行う構成により、大きなオーバーシュートが発生した場合の設定温度 $T_s$ (目標値 $R_n$ )への収束時間が更に短縮される。また、この構成の場合には、第1補正処理S54の第1補正係数Aを、基準値-C以下の小さなオーバーシュートに適合させて、小さな値に設定することができるため、過剰補正が発生しにくくなっている。

30

【0097】

(第4実施形態)

次に、本発明の第4実施形態について説明する。図9は、本発明の第4実施形態に係る修正速度型PID制御S5の手順を示すフローチャートである。第4実施形態の修正速度型PID制御S5は、条件判断処理S55と第2補正処理S57の間に、条件判断処理S56が追加された点で上述した第3実施形態の修正速度型PID制御S5(図8)と異なる。

【0098】

具体的には、第4実施形態では、オーバーシュート量が大きく、偏差 $e_n$ が基準値-C未満となった場合に(S55: YES)、条件判断処理S56が行われる。条件判断処理S56では、偏差 $e_n$ の第2補正処理S57が未だ実行されていないか否かが判定される。第2補正処理S57が一度も実行されていない場合は(S56: YES)、第2補正処理S57が実行される。また、偏差 $e_n$ の第2補正処理S57が既に一度実行されている場合には(S56: NO)、偏差 $e_n$ の第2補正処理S57が行われずに、リミット処理S58が行われる。すなわち、本実施形態の修正速度型PID制御S5では、大きなオーバーシュートが発生した場合に、第2補正処理S57が1回のみ行われるように構成されている。

40

【0099】

一般に、PID制御等のフィードバック制御においては、操作量 $MV_n$ に対して制御量 $Y_n$ が応答するまでにタイムラグが生じる。特に、熱の伝達速度は、温度調節回路230

50

による処理サイクルに比べて格段に遅い。また、第2補正係数Bは、大きなオーバーシュートが早期に解消されるように大きな値が設定されるため、第2補正処理S57を複数回実行すると過剰補正になる可能性が高い。そのため、第4実施形態では、第2補正処理S57を1回のみ実行する構成により、過剰補正を防止している。

【実施例】

【0100】

次に、上述した本発明の各実施形態の実施例について、比較例と共に説明する。表1は、実施例1～6及び比較例における操作量 $MV_n$ の補正処理のパラメータ（第1補正処理S54（数式9）の第1補正係数A、第2補正処理S57（数式10）の第2補正係数B、及び条件判定処理S55の基準値-Cの絶対値）の一覧である。なお、PIDパラメータは、各実施例及び比較例において同じパラメータを使用した。

10

【0101】

【表1】

記号	呼称	実施形態	パラメータ値		
			A	B	C
E1	実施例1	実施形態1	2		
E2	実施例2	実施形態1	5		
E3	実施例3	実施形態2		512	100
E4	実施例4	実施形態2		64	100
E5	実施例5	実施形態3	5	512	100
E6	実施例6	実施形態4	5	512	100
C	比較例	(従来例)			

20

【0102】

表1に示すように、実施例1、2は本発明の第1実施形態の実施例であり、実施例3、4は本発明の第2実施形態の実施例であり、実施例5は本発明の第3実施形態の実施例であり、実施例6は本発明の第4実施形態の実施例である。また、比較例は、操作量 $MV_n$ の補正処理を行わない通常のPID制御（具体的には、図6～図9のフローチャートにおける処理S53～S57の処理を省いた制御）を行った実験例である。

30

【0103】

図10は、実施例1～6及び比較例において、ハウジング内温度Tの制御中に、共焦点走査光学ユニット220の環境温度 $T_E$ を低温（10）から高温（38.5）に急速に変化させたときに検出されたハウジング内温度Tの時間変化を示すグラフである。環境温度 $T_E$ の上昇を開始した時刻を0秒としている。

40

【0104】

比較例（波形C）では、環境温度 $T_E$ の上昇後、ハウジング内温度Tが設定温度 $T_S$ （41）を大きく上回る47付近まで上昇し（オーバーシュート量：約6）、また、設定温度 $T_S$ に収束するまでに約320秒の長い収束時間を要した。

【0105】

第1実施形態の実施例1（波形E1）では、比較例（波形C）に対して大幅にオーバーシュートが低減した。具体的には、実施例1のオーバーシュート量は約4であり、比較例よりも約2低下した。また、設定温度 $T_S$ への収束時間は約250秒であり、比較例よりも約70秒短縮された。

【0106】

50

第1実施形態の実施例2（波形E2）では、実施例1（波形E1）よりも更にオーバーシュートが低減した。具体的には、実施例2のオーバーシュート量は約2.7であり、比較例よりも約3低下した。また、設定温度 $T_s$ への収束時間は約210秒であり、比較例よりも約110秒短縮された。

【0107】

第2実施形態の実施例3（波形E3）及び実施例4（波形E4）では、オーバーシュートは実施例2（波形E2）よりも更に大幅に低減した。具体的には、実施例3と実施例4のオーバーシュート量は約1.5であり、比較例よりも約4以上低下した。しかしながら、過剰補正により約-9の大きなアンダーシュートが発生した。実施例3及び実施例4の設定温度 $T_s$ への収束時間は共に約220秒であり、比較例よりも約100秒短縮された。

10

【0108】

第3実施形態の実施例5（波形E5）では、実施例2（波形E2）と同程度にオーバーシュートが低減した。

【0109】

第4実施形態の実施例6（波形E6）では、実施例2（波形E2）や実施例5（波形E5）よりも更にオーバーシュートが低減した。具体的には、実施例6のオーバーシュート量は約2.3であり、比較例よりも4近く低下した。また、設定温度 $T_s$ への収束時間は約200秒であり、比較例よりも約120秒短縮された。

【0110】

20

図11は、オーバーシュートが最も小さい実施例6（波形E6）と、最も大きい比較例（波形C）について、ハウジング内温度 $T$ の時間変化と操作量 $MV_n$ の時間変化とを対比した図である。図11（A）はハウジング内温度 $T$ の時間変化を示すグラフであり、図11（B）は操作量 $MV_n$ の時間変化を示すグラフである。

【0111】

図11（B）に示すように、通常のPID制御を行う比較例（波形C）においては、時定数が長い積分動作の操作量 $I_n$ の影響により、操作量 $MV_n$ は急激な環境温度 $T_E$ の変化に追従せず、緩やかに減少する。そのため、操作量 $MV_n$ が過剰な状態が長時間にわたって継続し、大きなオーバーシュートが発生する。

【0112】

30

実施例6（波形E6）では、オーバーシュートが発生するまでの時間帯においては、通常のPID制御が行われる。次に、オーバーシュート発生後の時間帯においては、操作量の差分値 $MV_n$ に応じて第1補正処理S54が行われるため、操作量 $MV_n$ の減少の傾きが大きくなる。更に、偏差 $e_n$ が基準値 $-C$ を下回る時間帯においては、第2補正処理S57が追加されるため、ステップ関数的に操作量 $MV_n$ が急減する。引き続き、第1補正処理S54による操作量 $MV_n$ の減少が継続して、温度制御システムTCにより共焦点走査光学ユニット220に供給される熱量が、共焦点走査光学ユニット220から外部に放出される熱量を下回ると、ハウジング内温度 $T$ が減少し始め、第1補正処理S54及び第2補正処理S57が適用されなくなり、徐々に設定温度 $T_s$ に収束する。

【0113】

40

以上に説明したように、本発明の各実施例は、いずれも比較例に対して、環境温度を急激に上昇させたときに発生するオーバーシュートを顕著に低減する効果があることが確認された。

【0114】

以上が本発明の実施形態の説明であるが、本発明は、上記の実施形態の構成に限定されるものではなく、その技術的思想の範囲内で様々な変形が可能である。

【0115】

上記の実施形態は、本発明を光走査型共焦点内視鏡に適用した一例であるが、本発明はこの構成に限定されず、非共焦点型の光走査型内視鏡装置に適用することもできる。また、内視鏡装置に限らず、内視鏡用の各種処置具（例えば電気メス）やカテーテルにも適用

50

することができる。更に、本発明は医療用機器に限定されず、工業用、民生用の様々な機器に適用することができる。

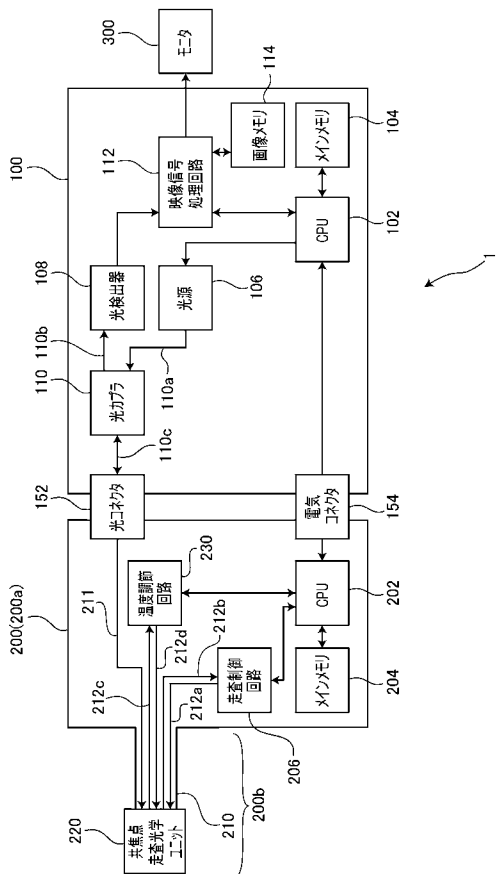
【0116】

- 1 光走査型共焦点内視鏡装置
- 100 プロセッサ
- 102, 202 CPU
- 104, 204 メインメモリ
- 106 光源
- 108 光検出器
- 110 a, 110 b, 110 c, 211 SMF
- 112 映像信号処理回路
- 200 共焦点プローブ（光走査型内視鏡）
- 206 走査制御回路
- 212 a ~ d ワイヤ（被覆電線）
- 220 共焦点走査光学ユニット（光走査ユニット）
- 221ハウジング
- 222マウント部材
- 223 XY軸アクチュエータ
- 224対物光学系
- 225サーミスタ
- 226ヒータ
- 227 Z軸アクチュエータ
- 228 Z軸変位センサ
- 230温度調節回路
- 300 モニタ

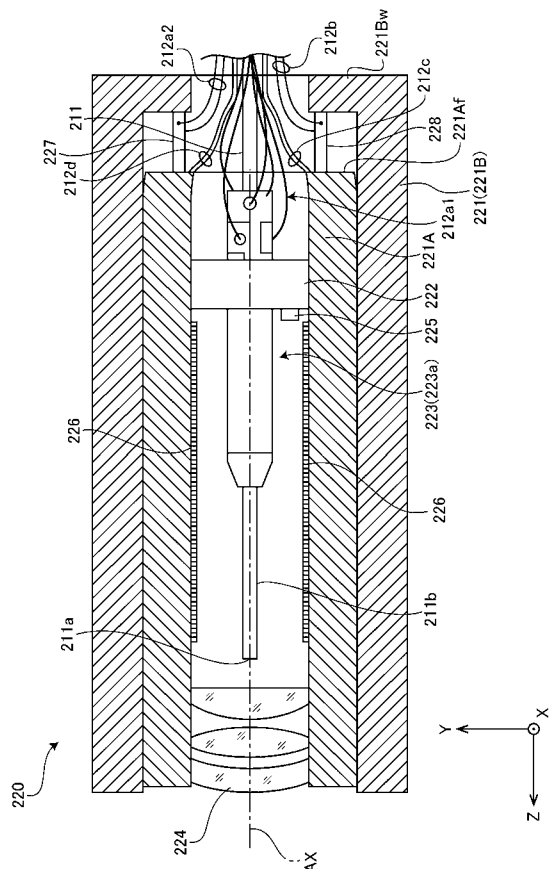
10

20

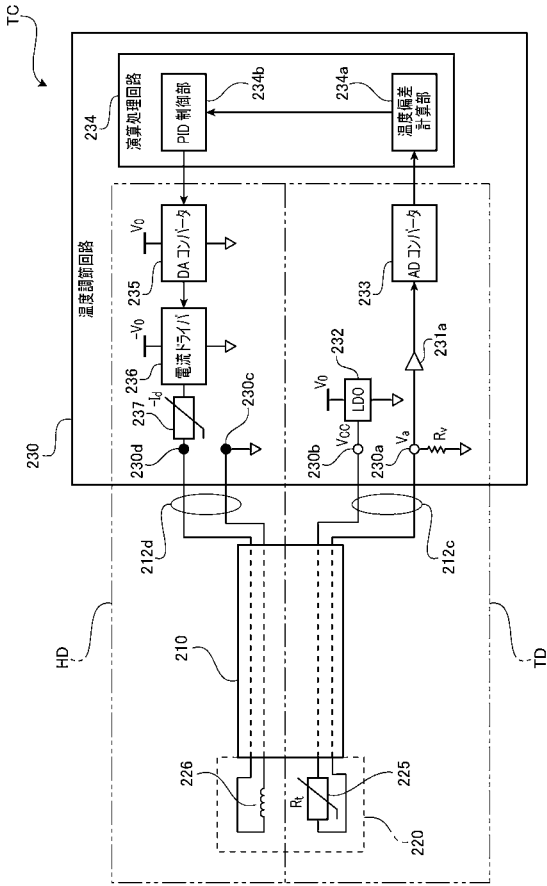
【図1】



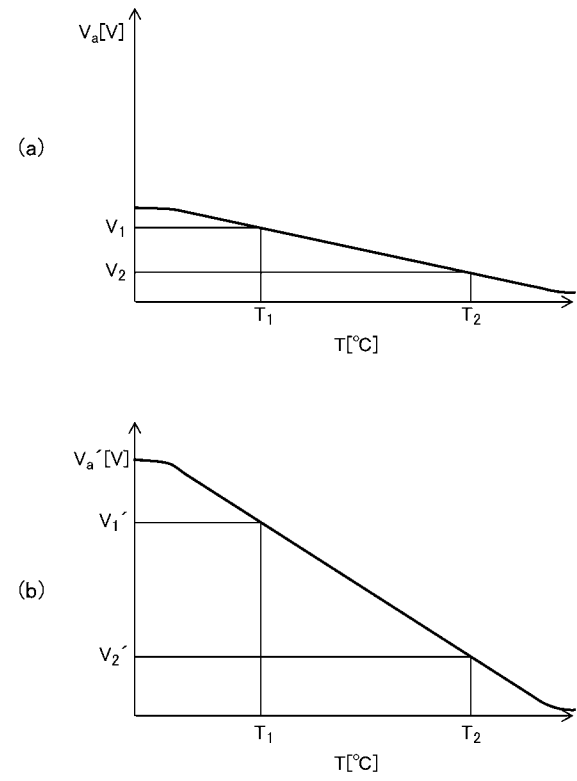
【図2】



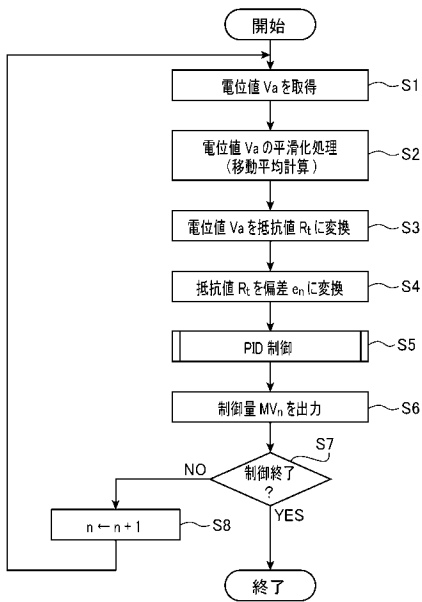
【図3】



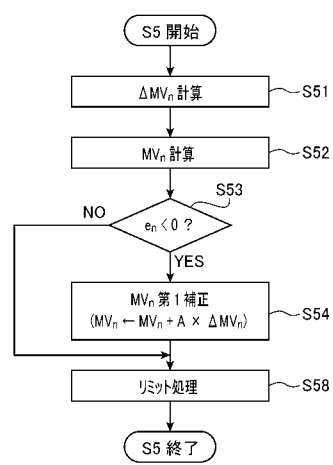
【図4】



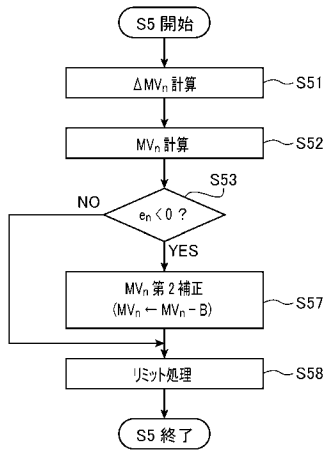
【図5】



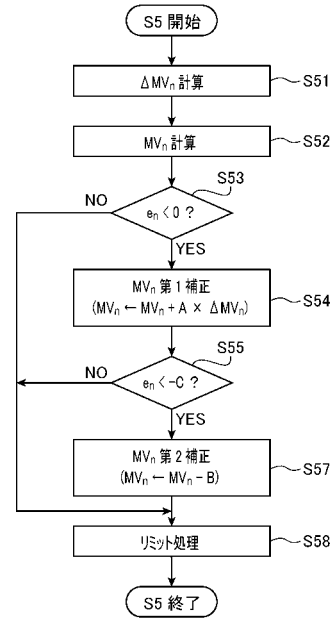
【図6】



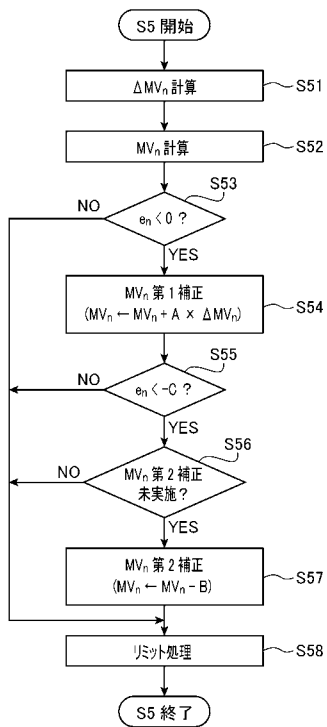
【 図 7 】



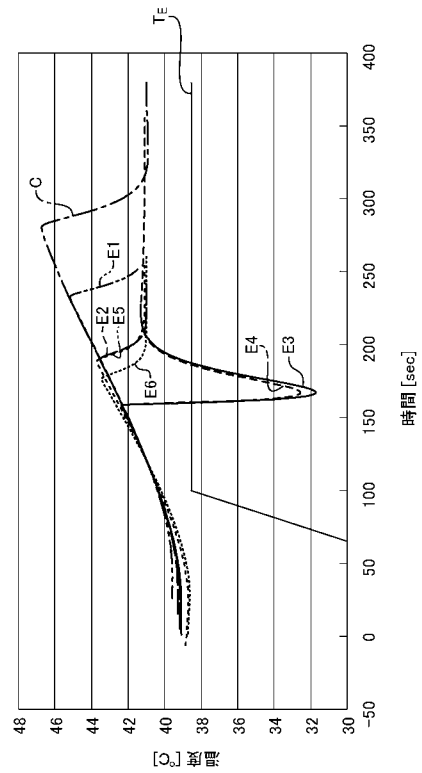
【 図 8 】



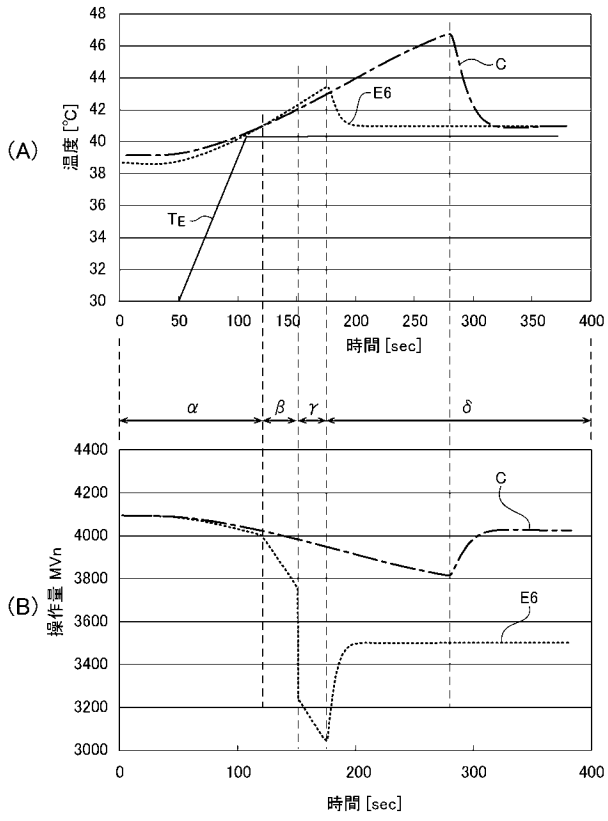
【 図 9 】



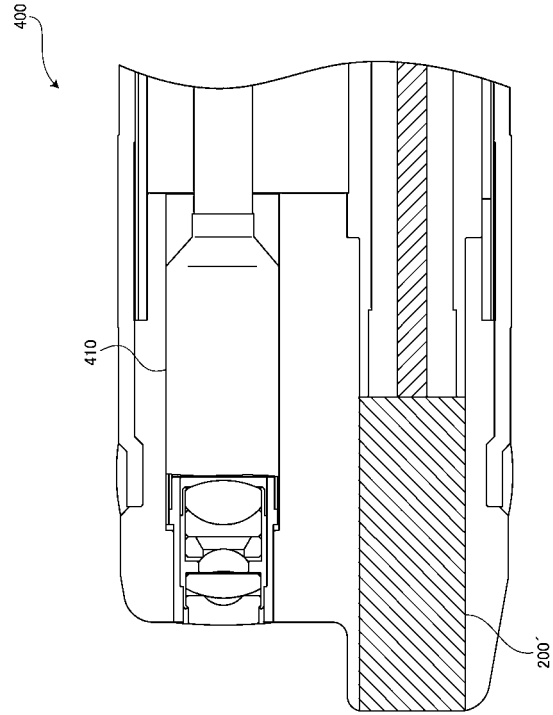
【 図 10 】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4C161 CC07 FF35 HH51 JJ11 MM09 RR17

专利名称(译)	光学扫描内窥镜设备		
公开(公告)号	<a href="#">JP2014121367A</a>	公开(公告)日	2014-07-03
申请号	JP2012278146	申请日	2012-12-20
[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	尾登邦彦 小名史朗		
发明人	尾登 邦彦 小名 史朗		
IPC分类号	A61B1/00 G02B23/24		
CPC分类号	A61B1/128 A61B1/00172 G02B23/2476 G02B26/103		
FI分类号	A61B1/00.300.D G02B23/24.Z A61B1/00.300.T A61B1/00.525 A61B1/00.550 A61B1/12.540		
F-TERM分类号	2H040/BA23 2H040/CA04 2H040/CA22 2H040/DA12 2H040/DA43 2H040/GA11 4C161/CC07 4C161/FF35 4C161/HH51 4C161/JJ11 4C161/MM09 4C161/RR17 4C161/MM10		
代理人(译)	尾山荣启		
其他公开文献	JP6118554B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

解决的问题：抑制由于将光学扫描内窥镜插入体内而发生的扫描光学单元中的温度控制过冲导致的内窥镜图像失真。光学扫描内窥镜装置使用检测扫描光学单元中的温度的温度传感器，加热扫描光学单元内部的加热器以及由温度传感器检测到的温度作为控制量来执行PID控制计算。电流驱动器基于操作变量将电流提供给加热器，PID控制单元将提供给加热器的电流值作为操作变量输出。PID控制单元将控制量与预设目标值进行比较，并且当控制单元确定控制量大于目标值时，PID控制单元从操作量中减去预定校正量以获得新值。并且操作量校正单元输出新的操作量作为操作量。[选择图]图6

