

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5669529号  
(P5669529)

(45) 発行日 平成27年2月12日 (2015. 2. 12)

(24) 登録日 平成26年12月26日 (2014. 12. 26)

(51) Int. Cl.

F 1

**G 0 2 B** 7/28 (2006. 01)  
**G 0 2 B** 7/36 (2006. 01)  
**G 0 3 B** 13/36 (2006. 01)  
**H 0 4 N** 5/232 (2006. 01)

G 0 2 B 7/28 N  
 G 0 2 B 7/36  
 G 0 3 B 13/36  
 H 0 4 N 5/232 H

請求項の数 20 (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2010-257025 (P2010-257025)  
 (22) 出願日 平成22年11月17日 (2010. 11. 17)  
 (65) 公開番号 特開2012-108313 (P2012-108313A)  
 (43) 公開日 平成24年6月7日 (2012. 6. 7)  
 審査請求日 平成25年11月7日 (2013. 11. 7)

(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43番2号  
 (74) 代理人 100104710  
 弁理士 竹腰 昇  
 (74) 代理人 100124682  
 弁理士 黒田 泰  
 (74) 代理人 100090479  
 弁理士 井上 一  
 (72) 発明者 高橋 順平  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ  
 リンパス株式会社内

審査官 辻本 寛司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置、プログラム及びフォーカス制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学系を有し、複数の焦点位置の画像を時系列に取得する撮像部と、  
 時系列に取得された前記複数の焦点位置の画像のコントラスト値を算出し、算出した前  
 記コントラスト値に基づいて第1の合焦処理を行って前記光学系の前記焦点位置を制御す  
 る第1合焦処理部と、

前記撮像部と被写体の間の相対的な移動量を検出し、前記撮像部と被写体との距離に応  
 じて段階的に定められた焦点位置に対して前記光学系の前記焦点位置を前記検出した前記  
 移動量に基づいて制御して、第2の合焦処理を行う第2合焦処理部と、

前記第1の合焦処理が成されたか否かを判定する合焦判定部と、

前記合焦判定部により前記第1の合焦処理が成されたと判定された場合に、前記第1の  
 合焦処理から前記第2の合焦処理に切り替える合焦処理切り替え部と、

を備え、

前記第2合焦処理部は、

前記切り替えが行われた後に時系列に取得される前記画像の各画像に対して前記第2の  
 合焦処理を行い、

前記第2合焦処理部は、

前記第2の合焦処理における合焦状態を評価するためのパラメータに基づいて、合焦処  
 理を切り替えるか否かを判定する切り替え判定部を有し、

前記合焦処理切り替え部は、

10

20

前記切り替え判定部からの判定結果に基づいて、前記第 2 の合焦処理から前記第 1 の合焦処理に切り替えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、  
前記パラメータは、  
前記第 2 の合焦処理に用いられる制御パラメータであることを特徴とする撮像装置。

【請求項 3】

請求項 1 において、  
前記第 2 合焦処理部は、  
取得された前記画像に基づいてコントラスト値を算出するコントラスト算出部を有し、  
前記切り替え判定部は、  
前記コントラスト値を前記パラメータとして、合焦処理を切り替えるか否かの前記判定を行うことを特徴とする撮像装置。 10

【請求項 4】

請求項 1 において、  
前記第 2 合焦処理部は、  
取得された前記画像の平均輝度を算出する平均輝度算出部を有し、  
前記切り替え判定部は、  
前記平均輝度を前記パラメータとして、合焦処理を切り替えるか否かの前記判定を行うことを特徴とする撮像装置。 20

【請求項 5】

請求項 1 において、  
前記第 2 合焦処理部は、  
取得された前記画像の周波数特性を取得する周波数特性取得部を有し、  
前記切り替え判定部は、  
合焦処理を切り替えるか否かの前記判定を、前記周波数特性に基づいて行うことを特徴とする撮像装置。

【請求項 6】

請求項 5 において、  
前記撮像部は、  
前記画像として、時系列に第 1 の画像と第 2 の画像を取得し、  
前記第 2 合焦処理部は、  
前記第 1 の画像の周波数特性と前記第 2 の画像の周波数特性のマッチング処理を行い、  
マッチング誤差を表す誤差値に基づいて前記第 2 の合焦処理を行い、  
前記切り替え判定部は、  
前記パラメータとしての前記誤差値が閾値より大きい場合に、前記第 2 の合焦処理から前記第 1 の合焦処理に切り替える判定を行うことを特徴とする撮像装置。 30

【請求項 7】

請求項 1 において、  
前記撮像部は、  
前記画像として、時系列に第 1 の画像と第 2 の画像を取得し、  
前記第 2 合焦処理部は、  
前記第 1 の画像と前記第 2 の画像のマッチング処理を行って被写体の動きベクトルを検出する動きベクトル検出部を有し、  
前記動きベクトル検出部は、  
前記マッチング処理において、マッチング誤差を表す誤差値を求め、  
前記切り換え判定部は、  
前記誤差値を前記パラメータとして、合焦処理を切り替えるか否かの前記判定を行うことを特徴とする撮像装置。 40

【請求項 8】

50

請求項 1 において、  
前記第 2 合焦処理部は、  
前記合焦処理切り替え部により前記第 2 の合焦処理に切り替えられた後の経過時間を計測する経過時間算出部を有し、  
前記切り替え判定部は、  
前記経過時間を前記パラメータとして、合焦処理を切り替えるか否かの前記判定を行うことを特徴とする撮像装置。

【請求項 9】

請求項 1 において、  
前記第 2 合焦処理部は、  
前記撮像部と被写体の間の相対的な移動量を検出する移動量検出部を有し、  
前記第 2 合焦処理部は、  
前記移動量に基づいて前記光学系の前記焦点位置を制御することを特徴とする撮像装置。

10

【請求項 10】

請求項 9 において、  
前記移動量検出部は、  
取得された前記画像の画像信号の時間的な変化量に基づいて前記移動量を検出することを特徴とする撮像装置。

【請求項 11】

請求項 10 において、  
前記撮像部は、  
前記画像として、時系列に第 1 の画像と第 2 の画像を取得し、  
前記移動量検出部は、  
前記第 1 の画像の平均輝度値と前記第 2 の画像の平均輝度値との比を前記画像信号の時間的な変化量として、前記移動量を検出することを特徴とする撮像装置。

20

【請求項 12】

請求項 9 において、  
前記第 2 合焦処理部は、  
取得された前記画像の周波数特性を取得する周波数特性取得部を有し、  
前記移動量検出部は、  
前記周波数特性に基づいて前記移動量を検出することを特徴とする撮像装置。

30

【請求項 13】

請求項 12 において、  
前記撮像部は、  
前記画像として、時系列に第 1 の画像と第 2 の画像を取得し、  
前記移動量検出部は、  
前記第 2 の画像の周波数特性に対して周波数軸のスケール変換を行い、前記スケール変換の変換倍率を変化させながら前記第 1 の画像の周波数特性と前記第 2 の画像の周波数特性のマッチング処理を行い、マッチング誤差を表す誤差値が最も小さい前記変換倍率に基づいて前記移動量を検出することを特徴とする撮像装置。

40

【請求項 14】

請求項 9 において、  
前記第 2 合焦処理部は、  
取得された前記画像から動きベクトルを検出する動きベクトル検出部を有し、  
前記移動量検出部は、  
検出された前記動きベクトルに基づいて前記移動量を検出することを特徴とする撮像装置。

【請求項 15】

請求項 1 において、

50

前記光学系は、  
所定数の焦点位置の中から一つの焦点位置を選択することで前記焦点位置を変更すること  
を特徴とする撮像装置。

【請求項 16】

請求項 1 において、  
前記光学系は、  
ズーム処理を行い、  
前記第 1 合焦処理部は、  
通常観察モードよりも前記ズーム処理の倍率が高倍率に設定された拡大観察モードにお  
いて、前記第 1 の合焦処理を行い、  
前記第 2 合焦処理部は、  
前記拡大観察モードにおいて、前記第 2 の合焦処理を行うことを特徴とする撮像装置。

10

【請求項 17】

請求項 9 において、  
前記第 2 合焦処理部は、  
前記移動量が閾値より小さい場合、前記光学系の前記焦点位置を変更しないことを特徴  
とする撮像装置。

【請求項 18】

請求項 1 において、  
前記第 1 合焦処理部は、  
取得された前記画像から前記コントラスト値を算出するコントラスト算出部を有し、  
前記第 1 合焦処理部は、  
前記コントラスト値に基づいて前記第 1 の合焦処理を行って前記光学系の前記焦点位置  
を制御することを特徴とする撮像装置。

20

【請求項 19】

光学系を有する撮像部により時系列に取得された複数の焦点位置の画像のコントラスト  
値を算出し、算出した前記コントラスト値に基づいて第 1 の合焦処理を行って前記光学系  
の焦点位置を制御する第 1 合焦処理部と、

前記撮像部と被写体の間の相対的な移動量を検出し、前記撮像部と被写体との距離に応  
じて段階的に定められた焦点位置に対して前記光学系の前記焦点位置を前記検出した前記  
移動量に基づいて制御して、第 2 の合焦処理を行う第 2 合焦処理部と、

30

前記第 1 の合焦処理が成されたか否かを判定する合焦判定部と、  
前記合焦判定部により前記第 1 の合焦処理が成されたと判定された場合に、前記第 1 の  
合焦処理から前記第 2 の合焦処理に切り替える合焦処理切り替え部として、

コンピュータを機能させ、  
前記第 2 合焦処理部は、  
前記切り替えが行われた後に時系列に取得される前記画像の各画像に対して前記第 2 の  
合焦処理を行い、

前記第 2 合焦処理部は、  
前記第 2 の合焦処理における合焦状態を評価するためのパラメータに基づいて、合焦処  
理を切り替えるか否かを判定する切り替え判定部を有し、

40

前記合焦処理切り替え部は、  
前記切り替え判定部からの判定結果に基づいて、前記第 2 の合焦処理から前記第 1 の合  
焦処理に切り替えることを特徴とするプログラム。

【請求項 20】

光学系を有する撮像部により時系列に取得された複数の焦点位置の画像のコントラスト  
値を算出し、算出した前記コントラスト値に基づいて第 1 の合焦処理を行って前記光学系  
の焦点位置を制御し、

前記撮像部と被写体の間の相対的な移動量を検出し、前記撮像部と被写体との距離に応  
じて段階的に定められた焦点位置に対して前記光学系の前記焦点位置を前記検出した前記

50

移動量に基づいて制御して、第2の合焦処理を行い、

前記第1の合焦処理が成されたか否かを判定し、

前記合焦判定部により前記第1の合焦処理が成されたと判定された場合に、前記第1の合焦処理から前記第2の合焦処理に切り替え、

前記切り替えが行われた後に時系列に取得される前記画像の各画像に対して前記第2の合焦処理を行い、

前記第2の合焦処理における合焦状態を評価するためのパラメータに基づいて、合焦処理を切り替えるか否かを判定し、

前記合焦処理を切り替えるか否かの判定結果に基づいて、前記第2の合焦処理から前記第1の合焦処理に切り替える、

ことを特徴とするフォーカス制御方法。

10

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、撮像装置、プログラム及びフォーカス制御方法等に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

撮像装置のAF（オートフォーカス）を行う手法として、一般的にコントラストAFと呼ばれる手法が用いられている。この手法では、取得される画像から検出したコントラスト情報に基づいて、レンズの合焦位置を推定する。

20

#### 【0003】

具体的には、合焦位置とは、ピントが合う場合におけるレンズの焦点位置のことである。合焦位置においては、コントラスト情報が最大となる特徴がある。そのため、コントラストAFでは、レンズの焦点位置を変化させて取得した複数の画像よりコントラスト情報を検出し、検出したコントラスト情報が最大となる焦点位置を合焦位置とする。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

30

#### 【0004】

【特許文献1】特開2003-140030号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

しかしながら、この手法では、焦点位置を変更して複数枚の画像を取得する必要があるため、合焦位置を決定するまでに多くの時間を要するという課題がある。

#### 【0006】

例えば内視鏡診断においては、スコープを挿入しながら観察を行うことや、被写体である生体は拍動などの影響により動く特徴があることなどの理由により、特に高速度なAFが要求される。しかしながら上述のように、一般的なコントラストAFでは、合焦位置を決定するまでに時間を要する。そのため、コントラストAFを内視鏡装置に適用した場合には、AFが十分に機能しない可能性がある。

40

#### 【0007】

特許文献1には、内視鏡の撮像部先端に加速度センサを設け、その加速度センサにより撮像部先端の移動方向を検出することにより、合焦位置が近点・遠点側のどちらに変位したかを検出する手法が開示されている。しかしながら、この手法では、移動方向を検出した後は、一般的なコントラストAF処理を用いる必要があるため、内視鏡装置等に適用した場合には、AFが十分に機能しない可能性がある。

#### 【0008】

50

本発明の幾つかの態様によれば、撮像装置におけるＡＦ処理を高速化することが可能な撮像装置、プログラム及びフォーカス制御方法等を提供できる。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

本発明の一態様は、光学系と、前記光学系の焦点位置を制御して、第１の合焦処理を行う第１の合焦処理部と、前記光学系の前記焦点位置を制御して、第２の合焦処理を行う第２の合焦処理部と、前記第１の合焦処理と前記第２の合焦処理を切り替える制御を行う合焦処理切り替え部と、を含み、前記第１合焦処理部は、前記第１の合焦処理が成されたか否かを判定する合焦判定部を有し、前記合焦処理切り替え部は、前記第１の合焦処理が成されたと前記合焦判定部により判定された場合に、前記第１の合焦処理から前記第２の合焦処理に切り替える撮像装置に関する。

10

【００１０】

本発明の一態様によれば、第１の合焦処理が行われ、第１の合焦処理が成されたと判定された場合に第２の合焦処理に切り替えられ、第２の合焦処理が行われる。これにより、撮像装置におけるＡＦ処理を高速化すること等が可能になる。

【００１１】

また、本発明の他の態様は、光学系の焦点位置を制御して、第１の合焦処理を行う第１の合焦処理部と、前記光学系の前記焦点位置を制御して、第２の合焦処理を行う第２の合焦処理部と、前記第１の合焦処理と前記第２の合焦処理を切り替える制御を行う合焦処理切り替え部として、コンピュータを機能させ、前記第１合焦処理部は、前記第１の合焦処理が成されたか否かを判定する合焦判定部を有し、前記合焦処理切り替え部は、前記第１の合焦処理が成されたと前記合焦判定部により判定された場合に、前記第１の合焦処理から前記第２の合焦処理に切り替えるプログラムに関する。

20

【００１２】

また、本発明のさらに他の態様は、光学系の焦点位置を制御して、第１の合焦処理を行い、前記光学系の前記焦点位置を制御して、第２の合焦処理を行うと共に、前記第１の合焦処理と前記第２の合焦処理を切り替える制御を行う場合に、前記第１の合焦処理が成されたか否かを判定し、前記第１の合焦処理が成されたと判定された場合に、前記第１の合焦処理から前記第２の合焦処理に切り替えるフォーカス制御方法に関する。

【図面の簡単な説明】

30

【００１３】

【図１】内視鏡システムの第１の構成例。

【図２】撮像素子の色フィルタの配置構成例。

【図３】撮像素子の色フィルタの透過率特性例。

【図４】撮像部の被写界深度についての説明図。

【図５】コントラストＡＦの手法についての説明図。

【図６】第１合焦処理部の詳細な構成例。

【図７】撮像部と被写体との間の相対的な距離についての説明図。

【図８】撮像部と被写体との間の相対的な移動量についての説明図。

【図９】第２合焦処理部の第１の詳細な構成例。

40

【図１０】移動量検出部の第１の詳細な構成例。

【図１１】切り替え判定部の第１の詳細な構成例。

【図１２】第２合焦処理部の第２の詳細な構成例。

【図１３】周波数特性に基づいて移動量を検出する手法についての説明図。

【図１４】周波数特性に基づいて移動量を検出する手法についての説明図。

【図１５】周波数特性に基づいて移動量を検出する手法についての説明図。

【図１６】移動量検出部の第２の詳細な構成例。

【図１７】切り替え判定部の第２の詳細な構成例。

【図１８】第２合焦処理部の第３の詳細な構成例。

【図１９】動きベクトルに基づいて移動量を検出する手法についての説明図。

50

【図 20】動きベクトルに基づいて移動量を検出する手法についての説明図。

【図 21】移動量検出部の第 3 の詳細な構成例。

【図 22】切り替え判定部の第 3 の詳細な構成例。

【図 23】コンピュータシステムの構成を示すシステム構成図。

【図 24】コンピュータシステムにおける本体部の構成を示すブロック図。

【図 25】ソフトウェアのフローチャート例。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本実施形態について説明する。なお、以下に説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また本実施形態で説明される構成の全てが、本発明の必須構成要件であるとは限らない。

10

【0015】

#### 1. 本実施形態の手法

本実施形態が行う合焦処理の概要について説明する。まず、コントラスト A F ( A F : Auto-Focus ) について説明する。図 5 に示すように、複数の焦点位置  $d_1 \sim d_5$  において画像を撮像し、その画像からコントラスト値 (例えば高周波成分やエッジ量など) を求める。そして、求めた複数のコントラスト値の中で、コントラスト値が最大となる焦点位置を合焦位置とする。あるいは、 $d_1 \sim d_5$  でのコントラスト値を補間する処理を行い、補間処理後のコントラスト値が最大となる焦点位置を推定し、推定された焦点位置を合焦位置としてもよい。

20

【0016】

しかしながら、このコントラスト A F では、焦点位置  $d_1 \sim d_5$  に対応する複数枚の画像を取得する必要がある。そのため、複数回の焦点位置変更と撮像動作を行う必要があり、合焦までに時間がかかるという課題がある。例えば内視鏡では、スコープを体腔内に挿入して移動させながら観察を行うため、合焦までの時間が長いと病変の見落としにつながってしまう。また、消化管の内壁に正対して観察する場合、心臓の拍動や消化管の蠕動運動によって撮像部と内壁の間の距離が変動するため、高速な A F が要求される。

【0017】

そこで本実施形態では、図 1 に示すように、第 1 合焦処理部 340 が第 1 の合焦処理を行い、合焦処理切り替え部 360 が第 1 の合焦処理の終了後に第 2 の合焦処理に切り替える。そして、第 2 合焦処理部 350 が、切り替え後の撮像において第 2 の合焦処理を行う。例えば、第 1 の合焦処理はコントラスト A F である。第 2 の合焦処理は、例えば図 6 等で後述するように、画像の平均輝度に基づいて撮像部と被写体の間の距離変化を検出して合焦処理を行う。この第 2 の合焦処理では、各フレームにおける合焦位置が算出されるため、複数フレームを要するコントラスト A F よりも高速な A F が可能である。

30

【0018】

ここで、フレームとは、例えば撮像素子により 1 つの画像が撮影されるタイミングや、画像処理において 1 つの画像が処理されるタイミングである。あるいは、画像データにおける 1 つの画像も適宜フレームと呼ぶ。

【0019】

40

#### 2. 第 1 の実施形態

##### 2.1. 内視鏡システムの第 1 の構成例

図 1 に、内視鏡システム (内視鏡装置) の第 1 の構成例を示す。内視鏡システムは、光源部 100、撮像部 200、制御装置 300 (画像処理部)、表示部 400、外部 I / F 部 500 を含む。

【0020】

光源部 100 は、白色光を発生する白色光源 110 と、その白色光をライトガイドファイバ 210 に集光するためのレンズ 120 を含む。

【0021】

撮像部 200 は、例えば体腔への挿入を可能にするため細長く且つ湾曲可能に形成され

50

ている。また撮像部 200 は、観察する部位により異なる撮像部が用いられるため、着脱可能な構造をしている。撮像部 200 は、光源部 100 で集光された光を導くためのライトガイドファイバ 210 と、そのライトガイドファイバ 210 により導かれた光を拡散させて被写体に照射する照明レンズ 220 と、被写体からの反射光を集光する集光レンズ 230 と、集光レンズ 230 により集光された反射光を検出するための撮像素子 240 を含む。

#### 【0022】

撮像素子 240 は、図 2 に示すベイア配列の色フィルタを有する撮像素子である。また図 2 に示す 3 種類の色フィルタ  $r, g, b$  は、図 3 に示す透過率特性を有する。すなわち、 $r$  フィルタが  $580 \sim 700 \text{ nm}$ 、 $g$  フィルタが  $480 \sim 600 \text{ nm}$ 、 $b$  フィルタが  $400 \sim 500 \text{ nm}$  の光を透過させる特性を有する。

10

#### 【0023】

さらに撮像部 200 は、内部にメモリ 250 を有しており、メモリ 250 には各スコープ固有の識別番号が保持されている。そのため、メモリ 250 に保持されている識別番号を参照することで、接続されているスコープの種類を識別することが可能である。

#### 【0024】

集光レンズ 230 は、焦点位置を可変制御することができ、例えば焦点位置を  $d1 \sim d5 [\text{mm}]$  の 5 段階で調整できるものとする。5 段階の焦点位置  $d1 \sim d5 [\text{mm}]$  には、下式 (1) に示す関係が成立するものとする。ここで、本実施形態において焦点位置とは、ピントが合う場合における集光レンズ 230 と被写体との間の距離を表す。集光レンズ 230 は、選択可能な各焦点位置  $d1 \sim d5$  において、例えば図 4 に示す被写界深度を有する。例えば焦点位置  $d2$  における被写界深度は、焦点位置  $d1 \sim d3$  の範囲である。なお、 $d1 \sim d5$  における被写界深度は図 4 に限定されず、隣り合う被写界深度に重なりがあればよい。

20

#### 【数 1】

$$d5 > d4 > d3 > d2 > d1 > 0 \quad \dots (1)$$

#### 【0025】

撮像部 200 の焦点位置は、接続されるスコープにより異なる。上述したように、メモリ 250 には各スコープ固有の識別番号が保持されているため、その識別番号を参照することで接続されているスコープの種類を識別し、選択可能な焦点位置の情報 ( $d1 \sim d5$ ) を取得可能である。

30

#### 【0026】

制御装置 300 は、内視鏡システムの各構成要素の制御や画像処理を行う。制御装置 300 は、補間処理部 310、表示画像生成部 320、輝度画像生成部 330 (輝度画像取得部)、第 1 合焦処理部 340、第 2 合焦処理部 350、合焦処理切り替え部 360、制御部 370 を含む。

#### 【0027】

外部 I/F 部 500 は、内視鏡システムに対するユーザからの入力等を行うためのインターフェースであり、電源のオン/オフを行うための電源スイッチや、撮影モードやその他各種のモードを切り換えるためのモード切替ボタンなどを含んで構成されている。また、外部 I/F 部 500 は、入力された情報を制御部 370 へ出力する。

40

#### 【0028】

補間処理部 310 は、表示画像生成部 320 と、輝度画像生成部 330 に接続されている。輝度画像生成部 330 は第 1 合焦処理部 340 と、第 2 合焦処理部 350 に接続されている。合焦処理切り替え部 360 は、第 1 合焦処理部 340 と、第 2 合焦処理部 350 にそれぞれ双方向に接続されており、これらの制御を行う。

#### 【0029】

また、第 1 合焦処理部 340、第 2 合焦処理部 350、合焦処理切り替え部 360 はそれぞれメモリ 250 及び集光レンズ 230 と双方向に接続されており、集光レンズ 230

50



の焦点位置の制御を行う。さらに制御部 370 は、表示画像生成部 320 と、第 2 合焦処理部 350 と、合焦処理切り替え部 360 に接続されており、これらの制御を行う。

#### 【0030】

補間処理部 310 は、撮像素子 240 により取得（撮像）される画像に対して、補間処理を施す。上述したように、撮像素子 240 は図 2 に示すベイア配列を有するため、撮像素子 240 で取得される画像の各画素は、R、G、B 信号のうちの何れか 1 つの信号値を有するのみで、他の 2 種類の信号が欠落した状態である。

#### 【0031】

そのため、補間処理部 310 は、取得画像の各画素に対して補間処理を施すことで、欠落している信号値を補間し、各画素で R、G、B 信号の全ての信号値を有する画像を生成する。ここで補間処理としては、例えば公知のバイキュービック補間処理を用いればよい。なお以下では、補間処理部 310 で生成された画像を RGB 画像と適宜表記する。

10

#### 【0032】

補間処理部 310 は、生成した RGB 画像を、表示画像生成部 320 と輝度画像生成部 330 に出力する。

#### 【0033】

表示画像生成部 320 は、補間処理部 310 から出力される RGB 画像に対して、例えば公知のホワイトバランス処理や色変換処理、階調変換処理等を施し、表示画像を生成する。そして、表示画像生成部 320 は、生成した表示画像を表示部 400 に出力する。

#### 【0034】

20

輝度画像生成部 330 は、補間処理部 310 から出力される RGB 画像に基づいて輝度画像を生成する。具体的には、輝度画像生成部 330 は、RGB 画像の各画素について、下式（2）を用いて輝度信号 Y を算出することで、輝度画像を生成する。そして、輝度画像生成部 330 は、生成した輝度画像を第 1 合焦処理部 340 と、第 2 合焦処理部 350 に出力する。

#### 【数 2】

$$Y = 0.213R + 0.715G + 0.072B \quad \dots (2)$$

#### 【0035】

第 1 合焦処理部 340、及び第 2 合焦処理部 350 はそれぞれ異なる方法で、集光レンズ 230 の合焦位置を検出する処理を行う。以下の説明では、第 1 合焦処理部 340 での合焦処理を第 1 合焦処理、第 2 合焦処理部 350 での合焦処理を第 2 合焦処理と表記する。それぞれの合焦処理の詳細については後述する。

30

#### 【0036】

合焦処理切り替え部 360 は、2 種類の合焦処理の切り替えを行う。ここで、2 種類の合焦処理とは、上述の第 1 合焦処理、及び第 2 の合焦処理に相当する。

#### 【0037】

合焦処理の切り替えは、トリガ信号によって行う。具体的には、第 1 合焦処理部 340 で合焦処理を行う場合、合焦処理切り替え部 360 は第 1 合焦処理部 340 にトリガ信号を出力し、第 2 合焦処理部 350 で合焦処理を行う場合には、第 2 合焦処理部 350 にトリガ信号を出力する。以上に示すように、合焦処理切り替え部 360 は、トリガ信号の出力先を切り替えることで、合焦処理の切り替えを行う。なお、以下の説明ではトリガ信号を、合焦処理実行信号と適宜表記する。

40

#### 【0038】

本実施形態では、初期状態において、合焦処理切り替え部 360 は第 1 合焦処理部 340 に対して合焦処理実行信号を出力するものとする。初期状態は、合焦処理を開始するときの状態であり、例えば電源投入時や撮影開始時である。

#### 【0039】

第 1 合焦処理部 340 は、合焦処理切り替え部 360 より合焦処理実行信号が出力されている場合に、輝度画像生成部 330 から出力される輝度画像を用いて合焦位置を検出す

50

る。

#### 【0040】

一般に、合焦位置においては、輝度画像のコントラストが最大となることが知られている。例えば図5に示すように、合焦位置がd3である場合、焦点位置d1～d5におけるコントラストのうち合焦位置d3におけるコントラストが最大となる。そのため、第1合焦処理部340は、輝度画像生成部330から出力される輝度画像のコントラストが最大となる焦点位置を合焦位置として検出する。例えば、コントラスト値として、輝度画像の高周波成分を用いればよく、あるいは、任意のH P Fフィルタの出力を用いればよい。

#### 【0041】

なお、本実施形態では、第1の合焦処理に用いる評価値はコントラスト値に限定されず、合焦状態を評価するための評価値であればよい。また、コントラスト値は、輝度画像の高周波成分やH P Fフィルタの出力に限定されない。例えば、コントラスト値として、輝度画像の勾配情報やエッジ量などを用いることも可能である。勾配情報とは具体的には、輝度画像中の任意の方向における輝度信号の傾きを意味する。例えば水平方向における輝度信号の傾きとしては、勾配情報の算出対象となる注目画素と、その注目画素より水平方向に1画素以上はなれた1つ以上の周辺画素との差分値を算出し、その差分値を輝度信号の傾き（勾配情報）として用いればよい。また、エッジ量としては例えば、複数の方向について算出した上記勾配情報の加重平均値を用いればよい。

#### 【0042】

##### 2.2. 第1合焦処理部

次に、第1の合焦処理について詳細に説明する。図6に、第1合焦処理部の詳細な構成例を示す。図6に示すように第1合焦処理部340は、コントラスト算出部341、記憶用メモリ342（記憶部）、合焦判定部343、焦点位置制御部344を含む。コントラスト算出部341は合焦判定部343に接続されている。焦点位置制御部344は合焦判定部343と、集光レンズ230と、メモリ250に接続されている。また、記憶用メモリ342は、合焦判定部343と双方向に接続されている。

#### 【0043】

第1合焦処理は以下の(i)～(vi)の手順で行われる。

(i) まず、記憶用メモリ342の内容をすべて“0”にセットする。記憶用メモリ342には後述するように、コントラストC\_\_memと焦点位置d\_\_memが保持される。

#### 【0044】

(ii) 次に、焦点位置制御部344が、メモリ250に保持されている識別番号を参照し、接続されているスコープを識別することで、集光レンズ230において選択可能な焦点位置の情報(d1～d5)を取得する。

#### 【0045】

(iii) 次に、焦点位置制御部344が、集光レンズ230の焦点位置をdm(mは自然数。mの初期値は“1”)に設定する。焦点位置制御部344は、焦点位置dmを合焦判定部343に出力する。

#### 【0046】

(iv) 次に、コントラスト算出部341が、輝度画像生成部330から出力される輝度画像のコントラストCを算出する。コントラスト算出部341は、そのコントラストCを合焦判定部343に出力する。

#### 【0047】

(v) 次に、合焦判定部343が、コントラスト算出部341から出力されるコントラストCと、記憶用メモリ342に保持されているコントラストC\_\_memを比較する。合焦判定部343は、下式(3)の関係が成立する場合に、記憶用メモリ342に保持されている焦点位置d\_\_memを合焦位置と判定する。ここで下式(3)において“|V|”は実数Vの絶対値を取得する処理を表す。

10

20

30

40

【数 3】

$$|C\_mem| > |C| \quad \dots (3)$$

【0048】

上式(3)の関係が成立して合焦と判定された場合、合焦判定部343はd\_\_memを焦点位置制御部344に出力し、焦点位置制御部344は集光レンズ230の焦点位置をd\_\_memに変更する。その後、合焦判定部343は合焦処理が完了したことを示すトリガ信号とコントラストC\_\_memを、合焦処理切り替え部360に出力し、合焦処理を終了する。

一方、上式(3)の関係が成立しない場合は、以下の(vi)の処理を実行する。

10

【0049】

(vi)上記の(v)で非合焦と判定された場合は、合焦判定部343は、記憶用メモリ342のC\_\_mem, d\_\_memの値をそれぞれC, d\_mに更新する。さらに合焦判定部343は、mの値をインクリメントし、上記の(iii)の処理に戻る。

【0050】

ただし、インクリメント後のmの値が、“m > 5”となる場合には、d\_5を合焦位置と判定する。そして、d\_5を焦点位置制御部344に出力し、焦点位置制御部344がレンズの焦点位置をd\_5に変更する。その後、合焦判定部343は合焦処理が完了したことを示すトリガ信号とコントラストCを、合焦処理切り替え部360に出力し、合焦処理を終了する。

20

【0051】

以上に示すように、第1の合焦処理では、集光レンズ230の焦点位置を変更し、輝度画像のコントラストが最大となる焦点位置を合焦位置と判定するため、高精度に合焦位置を検出することができる。しかしながら、合焦位置を検出するために、複数枚の画像を取得する必要があるため、合焦位置の検出に時間を要するという課題がある。

【0052】

そこで、本実施形態では、第1の合焦処理で合焦位置を決定した後は、より高速に合焦位置を検出可能な第2の合焦処理を用いることで、高速な合焦処理を実現する。なお、第2合焦処理の詳細については後述する。

【0053】

30

合焦処理切り替え部360は、第1の合焦処理が終了したことを表すトリガ信号が第1合焦処理部340から出力された場合、合焦処理実行信号の出力先を第2合焦処理部350に切り替える。これにより、合焦処理が第1合焦処理から第2の合焦処理に切り替わる。さらに、合焦処理切り替え部360は、第1合焦処理部340から出力されるコントラスト値を第2合焦処理部350に出力する。

【0054】

第2合焦処理部350は、合焦処理切り替え部360より合焦処理実行信号が出力されている場合に、輝度画像生成部330から出力される輝度画像を用いて合焦位置を検出する。

【0055】

40

2.3. 第2合焦処理部

次に、第2の合焦処理について詳細に説明する。まず、画像の輝度値に基づいて、撮像部と被写体との間の相対的な移動量を検出する手法について説明する。

【0056】

図7に示すように、ある時刻tにおいて、撮像部200先端と被写体間の距離がDであり、集光レンズ230で集光される反射光の強度がL<sub>rg</sub>であるとする。図8に示すように、時刻t+1において撮像部200先端と被写体間の距離が“A×D”に変化した場合に、集光レンズ230で集光される反射光の強度L<sub>nw</sub>について考える。ここで、時刻tは、例えば動画像の中の第1フレームを撮影するときの露光タイミングである。時刻t+1は、例えば動画像の中の第2フレームを第1フレームの次のフレームとする場合に

50

、その第2フレームを撮影するときの露光タイミングである。

【0057】

一般に、光の強度は光源からの距離の2乗に反比例して減衰する特徴がある。そのため、撮像部200先端と被写体間の距離が“ $A \times D$ ”に変化した場合の反射光の強度 $L_n$ は、下式(4)で求められる。

【数4】

$$L_{now} = \frac{1}{A^2} L_{org} \times \frac{I_{now}}{I_{org}} \quad \dots (4)$$

【0058】

10

上式(4)において、 $A$ は、時刻 $t$ での撮像部200先端と被写体間の距離 $D$ を基準とした場合における、時刻 $t+1$ での撮像部200先端と被写体間の相対的な移動量に相当する。また上式(4)において、 $I_{org}$ は、時刻 $t$ における照明レンズ220からの出射光量であり、 $I_{now}$ は、時刻 $t+1$ における照明レンズ220からの出射光量である。本実施形態では、照明レンズ220からの出射光量は時刻によらず一定であるため、“ $I_{now} / I_{org} = 1$ ”となる。

【0059】

輝度画像生成部330から出力される輝度画像の平均的な輝度信号の大きさは、被写体  
が同一であれば、集光レンズ230で集光される反射光の強度に比例する。従って、例え  
ば時刻 $t$ で取得された輝度画像の平均輝度を $Y_{org}$ 、時刻 $t+1$ で取得された輝度画像  
の平均輝度を $Y_{now}$ とすると、下式(5)の関係が成立する。

20

【数5】

$$Y_{now} = \frac{1}{A^2} Y_{org} \quad \dots (5)$$

【0060】

従って、時刻 $t$ を基準とした相対的な移動量 $A$ は、 $Y_{org}$ 、 $Y_{now}$ を用いて下式(6)により算出される。

【数6】

$$A = \sqrt{\frac{Y_{org}}{Y_{now}}} \quad \dots (6)$$

30

【0061】

なお、本実施形態では、上述のように照明レンズ220の出射光量を一定としているが、出射光量を時間的に変化させる場合においても、移動量 $A$ を算出することが可能である。この場合、移動量 $A$ は、下式(7)を用いて算出することができる。

【数7】

$$A = \sqrt{\frac{Y_{org} \times \frac{I_{now}}{I_{org}}}{Y_{now}}} \quad \dots (7)$$

40

【0062】

図9に、上述の移動量 $A$ に基づいて合焦処理を行う第2合焦処理部の詳細な構成例を示す。図9に示すように、第2合焦処理部350は、移動量検出部351、経過時間算出部352、合焦位置算出部353、焦点位置制御部354、コントラスト算出部358、切り替え判定部357aを含む。

【0063】

移動量検出部351は、合焦位置算出部353と切り替え判定部357aに接続されている。焦点位置制御部354は、合焦位置算出部353と、集光レンズ230と、メモリ

50

250に接続されている。コントラスト算出部358と、経過時間算出部352は切り替え判定部357aに接続されている。また、経過時間算出部352と、移動量検出部351と、切り替え判定部357aはそれぞれ制御部370に接続されている。なお、コントラスト算出部358の処理は、図6で上述のコントラスト算出部341と同様の処理によりコントラスト値を求めるため、適宜説明を省略する。

#### 【0064】

移動量検出部351が行う処理の詳細について説明する。移動量検出部351は、初期フレームを基準とした場合の相対的な移動量Aを、上式(6)を用いて算出する。ここで、初期フレームとは、合焦処理が第2の合焦処理に切り替えられた直後に取得された輝度画像に相当する。

10

#### 【0065】

図10に、移動量検出部351の詳細な構成例を示す。移動量検出部351は、平均輝度算出部710、平均輝度記憶部711、移動量算出部712を含む。平均輝度算出部710は、平均輝度記憶部711と移動量算出部712に接続されている。平均輝度記憶部711は、移動量算出部712に接続されている。また、制御部370は、平均輝度算出部710に接続されている。

#### 【0066】

平均輝度算出部710は、輝度画像生成部330から出力される輝度画像に基づいて、平均輝度 $Y_{now}$ を算出する。例えば、平均輝度 $Y_{now}$ は、下式(8)に示すように輝度画像の所定領域における輝度信号値の平均値とすればよい。

20

#### 【数8】

$$Y_{now} = \frac{1}{(xe - xs) \times (ye - ys)} \sum_{x=xs}^{xe} \sum_{y=ys}^{ye} Y(x, y) \quad \dots (8)$$

#### 【0067】

ここで、上式(8)において、 $Y(x, y)$ は、輝度画像の座標 $(x, y)$ における輝度信号値である。また、 $(xs, ys)$ は、所定領域の始点座標であり、 $(xe, ye)$ は、所定領域の終点座標である。また、座標 $(x, y)$ のx軸、y軸は、画像上での画素の座標を表すための座標軸であり、例えば図13に示すように直交する2軸である。例えば、x軸は走査線に沿った方向の座標軸であり、y軸は走査線に直交する座標軸である。とする。

30

#### 【0068】

なお、上式(8)に示す所定領域の始点・終点座標は、予め一定の値を決めておくこともできるし、外部I/F部500より、ユーザが任意の値を設定する構成としてもよい。また、本実施形態では、平均輝度 $Y_{now}$ を一つの所定領域より算出する例を示したが、複数の所定領域より平均輝度 $Y_{now}$ を算出する構成とすることも可能である。

#### 【0069】

平均輝度算出部710は、算出した平均輝度 $Y_{now}$ を、移動量算出部712と切り替え判定部357aに出力する。平均輝度算出部710は、輝度画像が初期フレームの場合には、平均輝度 $Y_{now}$ を平均輝度記憶部711に出力する。平均輝度記憶部711は、平均輝度算出部710から出力された平均輝度 $Y_{now}$ を $Y_{org}$ として保持(記憶)する。

40

#### 【0070】

移動量算出部712は、平均輝度算出部710から出力される平均輝度 $Y_{now}$ と、平均輝度記憶部711に保持されている平均輝度 $Y_{org}$ と、上式(6)を用いて初期フレームを基準として求められた相対的な移動量Aと、を算出する。そして移動量算出部712は、算出した移動量Aを合焦位置算出部353に出力する。

#### 【0071】

合焦位置算出部353は、移動量検出部351から出力される、初期フレームを基準と

50

した相対的な移動量  $A$  と、焦点位置制御部 354 から出力される焦点位置の情報と、に基づいて合焦位置を算出する。具体的には、焦点位置制御部 354 から出力される焦点位置の情報は、集光レンズ 230 の初期フレームでの焦点位置  $d_{org}$  や、集光レンズ 230 の現在の焦点位置  $d_{now}$ 、選択可能な全ての焦点位置 ( $d1 \sim d5$ ) である。

【0072】

合焦位置算出部 353 は、撮像部 200 先端と被写体間の距離  $dist$  を下式 (9) を用いて算出する。

【数 9】

$$dist = d_{org} \times A \quad \dots (9)$$

10

【0073】

そして、上式 (9) で算出した距離  $dist$  に応じて合焦位置を変更する。具体的には、距離  $dist$  に一番近い焦点位置を合焦位置  $d_{new}$  と判定する。具体的な判定式は、例えば下式 (10) を用いればよい。

【数 10】

$$\begin{aligned} d_{new} = & \begin{aligned} & d1 \quad \text{if} \quad dist < d1 + (d2 - d1)/2 \\ & d2 \quad \text{else if} \quad dist \geq d1 + (d2 - d1)/2 \ \& \\ & \quad \quad \quad dist < d2 + (d3 - d2)/2 \\ & d3 \quad \text{else if} \quad dist \geq d2 + (d3 - d2)/2 \ \& \\ & \quad \quad \quad dist < d3 + (d4 - d3)/2 \\ & d4 \quad \text{else if} \quad dist \geq d3 + (d4 - d3)/2 \ \& \\ & \quad \quad \quad dist < d4 + (d5 - d4)/2 \\ & d5 \quad \text{else} \end{aligned} \quad \dots (10) \end{aligned}$$

20

【0074】

合焦位置算出部 353 は、合焦位置  $d_{new}$  と現在の集光レンズ 230 の焦点位置  $d_{now}$  が同一の場合には焦点位置を変更しない。一方、合焦位置算出部 353 は、 $d_{new}$  と  $d_{now}$  が異なる場合には、焦点位置を変更する。この場合、合焦位置算出部 353 は、 $d_{new}$  を焦点位置制御部 354 に出力し、焦点位置制御部 354 が、集光レンズ 230 の焦点位置を  $d_{new}$  に変更する。

30

【0075】

経過時間算出部 352 は、合焦処理が第 2 の合焦処理に切り替えられてからの経過時間を算出する。経過時間としては、例えば初期フレームからのフレーム数  $F_{NUM}$  をカウントすればよい。具体的には経過時間算出部 352 は、輝度画像生成部 330 から輝度画像が出力される毎に、フレーム数  $F_{NUM}$  を下式 (11) を用いてインクリメントすることで、フレーム数をカウントする。ここで、フレーム数  $F_{NUM}$  の初期値は“0”とする。経過時間算出部 352 は、フレーム数  $F_{NUM}$  を切り替え判定部 357a に出力する。

【数 11】

$$F_{NUM} = F_{NUM} + 1 \quad \dots (11)$$

40

【0076】

切り替え判定部 357a は、コントラスト算出部 358 から出力されるコントラスト  $C_{now}$ 、経過時間算出部 352 から出力されるフレーム数  $F_{NUM}$ 、平均輝度算出部 710 から出力される平均輝度  $Y_{now}$  に基づいて、合焦処理を切り替えるか否かの判定処理を行う。判定処理の手法は、例えば後述する 3 種類の手法がある。そして、それらの判定処理の何れかにおいて、合焦処理を切り替えるべきと判定された場合には、合焦処理を切り替えることを示すトリガ信号を合焦処理切り替え部 360 に出力する。

【0077】

50

合焦処理切り替え部 360 は、切り替え判定部 357a から上記トリガ信号が出力された場合、合焦処理実行信号の出力先を第 1 合焦処理部 340 に切り替える。これにより、合焦処理が第 2 合焦処理から第 1 合焦処理に切り替わる。

【0078】

2.4. 切り替え判定部

図 11 に、切り替え判定部 357a の詳細な構成例を示す。切り替え判定部 357a は、コントラスト判定部 770、経過時間判定部 771、平均輝度判定部 772 を含む。コントラスト判定部 770 と、経過時間判定部 771 と、平均輝度判定部 772 はそれぞれ制御部 370 に接続されている。

【0079】

コントラスト判定部 770 は、コントラスト算出部 358 から出力されるコントラスト  $C_{now}$  と、合焦処理切り替え部 360 から出力されるコントラスト  $C_{org}$  とを比較する。そして、コントラスト判定部 770 は、下式 (12) の関係が成立する場合、合焦処理を切り替えるものと判定し、合焦処理切り替え部 360 に合焦処理を切り替えることを示すトリガ信号を出力する。ここで、下式 (12) において  $C_{TH}$  は、“ $1 > C_{TH} > 0$ ” の条件を満たす実数とする。

【数 12】

$$C_{TH} \times |C_{org}| > |C_{now}| \quad \dots (12)$$

【0080】

経過時間判定部 771 は、経過時間算出部 352 から出力されるフレーム数  $F_{NUM}$  に対して閾値  $F_{TH}$  を用いて判定処理を行う。具体的には、経過時間判定部 771 は、“ $F_{NUM} > F_{TH}$ ” の条件が成立する場合に、合焦処理を切り替えるものと判定し、合焦処理切り替え部 360 に合焦処理を切り替えることを示すトリガ信号を出力する。

【0081】

平均輝度判定部 772 は、平均輝度算出部 710 から出力される平均輝度  $Y_{now}$  に対して、2つの閾値  $Y_{min}$ 、 $Y_{max}$  を用いて判定処理を行う。具体的には、平均輝度判定部 772 は、“ $Y_{now} < Y_{min}$ ” 若しくは “ $Y_{now} > Y_{max}$ ” の条件が成立する場合に、合焦処理を切り替えるものと判定し、合焦処理切り替え部 360 に合焦処理を切り替えることを示すトリガ信号を出力する。

【0082】

なお、閾値  $F_{TH}$ 、 $C_{TH}$ 、 $Y_{min}$ 、 $Y_{max}$  は、予め一定の値を設定しておいてもよいし、外部 I/F 部 500 よりユーザが任意の値を設定できる構成としてもよい。

【0083】

本実施形態では、上式 (4) ~ (6) で説明したように、輝度画像の平均輝度の時間的な変化量に基づいて、初期フレームを基準とした相対的な移動量  $A$  を算出する。

【0084】

ここで、被写体に近接した状態で観察を行う場合には、撮像部 200 先端と被写体間の距離が小さくなる。そのため、集光レンズ 230 で集光される反射光の強度が強くなり、撮像素子 240 で取得される信号が飽和することが考えられる。この時、輝度画像生成部 330 から出力される輝度画像も飽和した画像となる。従ってこの場合、上式 (5) に示した関係が成立しないため、上式 (6) では上記移動量を算出することができない。

【0085】

さらに、被写体を遠景で観察する場合には、集光レンズ 230 で集光される反射光の強度が弱くなる。この場合、平均輝度の大きさは小さくなり、ノイズの影響を受けやすくなるため、正確な移動量を算出することができない。

【0086】

以上に示すように、平均輝度の大きさによっては、上記移動量を算出できない場合がある。そこで本実施形態では、上述のように平均輝度算出部 710 から出力される平均輝度  $Y_{now}$  に対して、2つの閾値  $Y_{min}$ 、 $Y_{max}$  を用いて閾値処理を行う。そして、上

10

20

30

40

50

記閾値処理の結果、合焦処理を切り替えるべきと判定された場合には、合焦処理を第1の合焦処理に切り替える。

【0087】

また、第2の合焦処理では、合焦位置を高速に決定できる利点がある。しかしながら、第2の合焦処理では、観察対象である被写体に変化しない前提条件の基に、合焦位置を算出している。一方、内視鏡診断においては、当然ながら、複数の部位を診断するため、所定の時間ごとに観察対象となる被写体は変化する特徴がある。

【0088】

そのため、第2の合焦処理を内視鏡システムに適用すると、上述のように被写体に変化した場合に、合焦位置の検出精度が悪くなる問題がある。この場合、輝度画像生成部330から出力される輝度画像のコントラストが低下することが予想される。そこで本実施形態では、合焦処理を第2の合焦処理に切り換えた後でも、輝度画像生成部330から出力される輝度画像からコントラスト $C_{now}$ を検出し、そのコントラスト $C_{now}$ が“ $C_{TH} \times |C_{org}|$ ”よりも低かった場合には、合焦処理を第1の合焦処理に切り替えるものとする。

【0089】

さらに、本実施形態では、合焦処理を第2の合焦処理に切り替えた後、所定の時間が経過した場合にも、合焦処理を第1の合焦処理に切り替えるものとする。具体的には、合焦処理が第2の合焦処理に切り替えられた後に、輝度画像生成部330から出力されるフレーム数 $F_{NUM}$ を上式(11)を用いてカウントする。そして上記フレーム数 $F_{NUM}$ が閾値 $F_{TH}$ を超えた場合に、合焦処理を第2合焦処理から第1の合焦処理に切り替える。

【0090】

以上の方法を用いることで、高精度に合焦位置を検出しつつ、高速に合焦位置を制御することが可能となる。これにより、医師が手作業で焦点位置を調整することがなくなるため、医師の負担を軽減することができる。さらに、常にコントラストの高い画像を提供することが可能となり、病変の見落とし防止にもつながる。

【0091】

なお、本実施形態では、合焦位置を制御する例を示したが、内視鏡診断において合焦位置の制御が必要となるのは、主に拡大観察を行う場合である。従って、上述のような合焦位置の制御は、拡大観察時のみ機能する構成としてもよい。

【0092】

拡大観察と通常観察の切り替えは、例えば外部I/F部500によりユーザが切り替える構成とすればよい。そしてこの場合、通常観察が選択されている期間は、合焦処理切り替え部360は合焦処理実行信号を、第1合焦処理部340、及び第2合焦処理部350のどちらにも出力しないものとする。さらに、通常観察が選択された場合には、合焦処理切り替え部360が、集光レンズの焦点位置を強制的にd5に設定する。ここで、d5は通常観察時における焦点位置とする。

【0093】

さて上述のように、コントラストAFでは、複数の焦点位置に対応する複数枚の画像を取得する必要があるため、複数回の焦点位置変更と撮像動作を行う必要があり、合焦までに時間がかかるという課題がある。

【0094】

この点、本実施形態の撮像装置は図1に示すように、光学系と、光学系の焦点位置を制御して第1の合焦処理を行う第1合焦処理部340と、光学系の焦点位置を制御して第2の合焦処理を行う第2合焦処理部350と、第1の合焦処理と第2の合焦処理を切り替える制御を行う合焦処理切り替え部360を含む。そして図6に示すように、第1合焦処理部340は、第1の合焦処理が成されたか否かを判定する合焦判定部343を有する。合焦処理切り替え部360は、第1の合焦処理が成された場合と合焦判定部343により判定された場合に、第2の合焦処理に切り替える。

【0095】



ここで、光学系は焦点位置を制御可能な光学系であり、本実施形態では図 1 に示す集光レンズ 230 に対応する。また、第 1 の合焦処理が成されるとは、例えば第 1 の合焦処理が終了することであり、あるいは合焦状態に至ったと判定されることである。例えばコントラスト AF の場合、コントラスト値の最大値に対応する焦点位置に設定されたとき、第 1 の合焦処理が成されたと判定される。

【0096】

本実施形態によれば、撮像装置における AF 処理を高速化することが可能になる。すなわち、第 1 の合焦処理よりも高速に合焦可能な第 2 の合焦処理に切り替えることで、AF 処理を高速化できる。例えば、第 1 の合焦処理は合焦に至るまでに複数フレームを要する AF であり、第 2 の合焦処理は各フレームにおいて合焦に至る AF である。

10

【0097】

また、第 1 の合焦処理が成されたと判定された場合に第 2 の合焦処理に切り替えることで、第 2 の合焦処理を合焦状態の初期フレームでスタートできる。これにより、初期フレームを基準とした撮像部と被写体との間の移動量（距離変化）に基づいて合焦状態を維持することが可能になる。

【0098】

また本実施形態では、図 1 に示すように、時系列に（連続して）画像を取得する撮像部 200 を含む。合焦処理切り替え部 360 は、第 1 の合焦処理が成されたと判定されるまでは、第 1 合焦処理部 340 による第 1 の合焦処理を継続する。一方、合焦処理切り替え部 360 は、第 1 の合焦処理が成されたと判定された場合は、その後取得される画像に対する合焦処理を、第 2 合焦処理部 350 による第 2 の合焦処理に切り替える。

20

【0099】

本実施形態では、ベイア配列の撮像素子 240 が時系列に画像を撮像し、補間処理部 310（広義には画像取得部）が補間処理を行うことで、時系列の RGB 画像（動画画像）が取得される。また、合焦処理切り替え部 360 は、合焦処理の実行を指示する制御信号を第 1 合焦処理部 340 に出力することで第 1 の合焦処理を継続し、その制御信号を第 2 合焦処理部 350 に出力することで第 2 の合焦処理に切り替える。

【0100】

このようにすれば、時系列に画像を撮像する場合に、まず時系列の画像を用いて第 1 の合焦処理により合焦させ、合焦した後に第 2 の合焦処理に切り替えて、その後の時系列の画像を撮像できる。

30

【0101】

また本実施形態では、撮像部 200 は、複数の焦点位置  $d_1 \sim d_5$  の画像を時系列に取得する。第 1 合焦処理部 340 は、時系列に取得された複数の焦点位置  $d_1 \sim d_5$  の画像のコントラスト値（広義には、合焦状態を評価するための評価値）を算出し、算出したコントラスト値に基づいて第 1 の合焦処理を行って光学系の焦点位置を制御する。第 2 合焦処理部 350 は、切り替えが行われた後に時系列に取得される画像の各画像に対して第 2 の合焦処理を行う。第 2 合焦処理部 350 は、撮像部 200 と被写体の間の相対的な移動量  $A$ （または  $A'$ 、 $A_{a11}$ ）を検出し、検出した移動量  $A$  に基づいて光学系の焦点位置を制御する。

40

【0102】

このようにすれば、第 1 の合焦処理としてコントラスト AF 処理を行い、第 2 の合焦処理として、撮像部と被写体の間の相対的な移動量に基づく合焦処理を行うことができる。第 2 の合焦処理では、各画像（各フレーム）の撮像で合焦するため、複数フレーム必要なコントラスト AF よりも高速な AF が可能である。

【0103】

また本実施形態では、図 9 に示すように、第 2 合焦処理部 350 は、第 2 の合焦処理における合焦状態を評価するためのパラメータに基づいて、合焦処理を切り替えるか否かを判定する切り替え判定部 357a を有する。合焦処理切り替え部 360 は、切り替え判定部 357a からの判定結果に基づいて、第 2 の合焦処理から第 1 の合焦処理に切り替える

50

。

【0104】

このようにすれば、第2の合焦処理から第1の合焦処理に切り替えることができる。すなわち、合焦状態を評価するためのパラメータを用いることで、合焦精度が劣化した可能性があることを判定可能になる。これにより、第1の合焦処理に切り替えて再び確実な合焦状態に復帰することが可能になる。

【0105】

また本実施形態では、切り替え判定部が用いるパラメータは、第2の合焦処理に用いられる制御パラメータである。

【0106】

ここで、制御パラメータとは、第2の合焦処理における合焦処理過程において取得または算出されるパラメータである。例えば、上述の平均輝度  $Y_{now}$  や、後述する周波数特性のマッチング誤差  $SAD_{min}$  や、動きベクトルのマッチング誤差  $SAD_{min}$  等である。

【0107】

このように、制御パラメータは合焦位置の算出に用いる値であるため、制御パラメータを用いることで第2の合焦処理の合焦状態を評価することができる。これにより、第2の合焦処理の合焦状態に基づいて切り替え判定を行うことが可能になる。

【0108】

また本実施形態では、図9に示すように、第2合焦処理部350は、取得された画像に基づいてコントラスト値を算出するコントラスト算出部358を有する。切り換え判定部357aは、コントラスト値をパラメータとして、合焦処理を切り替えるか否かの判定を行う。

【0109】

例えば本実施形態では、切り換え判定部357aは、コントラスト値が閾値  $C_{TH}$  よりも小さい場合には、合焦処理を第1の合焦処理に切り替えると判定する。

【0110】

このようにすれば、コントラスト値に基づいて第1の合焦処理に切り替えることができる。ピントがぼけるほどコントラスト値は小さくなるため、コントラスト値を用いることで合焦状態を評価することができる。

【0111】

また本実施形態では、図10に示すように、取得された画像の平均輝度  $Y_{now}$  を算出する平均輝度算出部710を有する。切り替え判定部357aは、平均輝度  $Y_{now}$  をパラメータとして、合焦処理を切り替えるか否かの判定を行う。

【0112】

例えば本実施形態では、平均輝度  $Y_{now}$  が閾値  $Y_{max}$  よりも大きい場合、あるいは平均輝度  $Y_{now}$  が閾値  $Y_{min}$  よりも小さい場合に、合焦処理を第1の合焦処理に切り替えると判定する。

【0113】

このようにすれば、画像の平均輝度に基づいて第1の合焦処理に切り替えることができる。例えば輝度が大きすぎる場合には画像が白飛びしている可能性があり、輝度が小さすぎる場合には画像の  $S/N$  が劣化している可能性がある。これらの場合には、画像から移動量を算出する精度が劣化してしまう。例えば平均輝度から移動量を推定する場合、白飛びや  $S/N$  劣化により推定精度が劣化してしまう。そのため、閾値  $Y_{max}$ 、 $Y_{min}$  により判定することで、第1の合焦処理に切り替えて確実な合焦状態に復帰することが可能になる。

【0114】

また本実施形態では、図9に示すように、第2合焦処理部350は、合焦処理切り替え部360により第2の合焦処理に切り替えられた後の経過時間を計測する経過時間算出部352（経過時間計測部）を有する。切り替え判定部357aは、経過時間をパラメータとして、合焦処理を切り替えるか否かの判定を行う。

## 【0115】

例えば本実施形態では、フレーム数  $F_{NUM}$  を経過時間としてカウントし、閾値  $F_{TH}$  を超えた場合に切り替えを行う。なお経過時間はフレーム数に限定されず、クロックのカウント数等の経過時間を表す情報であればよい。

## 【0116】

このようにすれば、経過時間に基づいて第1の合焦処理に切り替えることができる。例えば、時間が経過するほど観察位置が移動している可能性がある。あるいは、後述のようにフレーム間の移動量を積算していく場合、時間が経過するほど誤差が蓄積する可能性がある。そのため、経過時間に応じて第1の合焦処理に切り替えることで、確実な合焦状態に復帰することが可能になる。

10

## 【0117】

また本実施形態では、図9に示すように、第2合焦処理部350は、撮像部200と被写体の間の相対的な移動量  $A$  を検出する移動量検出部351を有する。第2合焦処理部350は、移動量  $A$  に基づいて光学系の焦点位置を制御する。具体的には、移動量検出部351は、取得された画像の画像信号の時間的な変化量に基づいて移動量  $A$  を検出する。より具体的には、撮像部200は、第1の画像と第2の画像を時系列に取得する。上式(6)に示すように、移動量検出部351は、第1の画像の平均輝度値  $Y_{org}$  と第2の画像の平均輝度値  $Y_{now}$  の比を画像信号の時間的な変化量として、移動量  $A$  を検出する。

## 【0118】

このようにすれば、移動量検出部により移動量を検出でき、その移動量に基づいて焦点位置を合焦位置に制御できる。また、画像信号の時間的な変化量を用いることで、画像処理により移動量を算出できる。また、フレーム間の平均輝度値の比を用いることで、照明光と距離の関係を利用して移動量を算出できる。なお、画像信号の時間的な変化量は、平均輝度値に限定されず、撮像部と被写体の間の距離変化に応じて変化する変化量であればよい。

20

## 【0119】

また本実施形態では、光学系は、所定数の焦点位置  $d_1 \sim d_5$  の中から一つの焦点位置を選択することで焦点位置を変更する。

## 【0120】

具体的には、第1合焦処理部340は、所定数の焦点位置  $d_1 \sim d_5$  の各焦点位置において取得された画像のコントラスト値を算出し、コントラスト値が最も高い焦点位置に光学系の焦点位置を変更する。第2合焦処理部350は、第2の合焦処理により求めた合焦位置に最も近い焦点位置を所定数の焦点位置  $d_1 \sim d_5$  の中から選択し、選択した焦点位置に光学系の焦点位置を変更する。

30

## 【0121】

また本実施形態では、光学系は、ズーム処理を行ってもよい。そして、第1合焦処理部340は、通常観察モードよりもズーム処理の倍率が高倍率に設定された拡大観察モードにおいて、第1の合焦処理を行う。第2合焦処理部350は、拡大観察モードにおいて第2の合焦処理を行う。

## 【0122】

例えば、観察モードは、ズーム調整ノブによって設定される光学系のズーム倍率に応じて設定される。例えば、ズーム倍率の可変範囲のうち最低倍率に設定された場合は、通常観察モードである。また、最低倍率よりも高倍率に設定された場合は、拡大観察モードである。通常観察モードでは、例えば消化管内を移動しながら低倍率で病変をサーチする通常観察が行われる。拡大観察モードでは、例えば消化管の内壁に正対して病変を高倍率で観察する拡大観察が行われる。

40

## 【0123】

このようにすれば、拡大観察モードにおいて第1の合焦処理と第2の合焦処理により  $AF$  を行うことで、ズーム倍率が高倍率に設定されて被写界深度が狭くなった場合であっても合焦状態を維持することが容易になる。

50

## 【 0 1 2 4 】

また本実施形態では、第 2 合焦処理部 3 5 0 は、移動量が閾値より小さい場合、光学系の焦点位置を変更しない。

## 【 0 1 2 5 】

例えば、上式 ( 1 0 ) に示すように、算出した距離  $d_{ist}$  に最も近い焦点位置を所定の焦点位置  $d_1 \sim d_5$  の中から選択する。この場合、1 フレーム前の合焦位置が  $d_2$  であり、 $d_1 + (d_2 - d_1) / 2 < d_{ist} < d_2 + (d_3 - d_2) / 2$  を満たす場合には再び  $d_2$  が選択される。すなわち、移動量の変化がこの範囲内であれば光学系の焦点位置が変更されない。

## 【 0 1 2 6 】

## 3. 第 2 の実施形態

第 1 の実施形態では、輝度画像の平均輝度に基づいて上式 ( 6 ) を用いて初期フレームを基準とした相対的な移動量を検出する手法について説明したが、本実施形態では、輝度画像の周波数特性に基づいて移動量を検出してもよい。

## 【 0 1 2 7 】

図 1 2 に、この場合の構成例として、第 2 合焦処理部 3 5 0 の第 2 の詳細な構成例を示す。第 2 合焦処理部 3 5 0 は、移動量検出部 3 5 5、経過時間算出部 3 5 2、合焦位置算出部 3 5 3、焦点位置制御部 3 5 4、コントラスト算出部 3 5 8、切り替え判定部 3 5 7 b を含む。なお、内視鏡システムの基本構成は第 1 の実施形態と同様であり、第 2 合焦処理部 3 5 0 以外の処理は第 1 の実施形態と同一であるため、適宜説明を省略する。また、移動量検出部 3 5 5 と切り替え判定部 3 5 7 b 以外の処理は、第 1 の実施形態と同一であるため、適宜説明を省略する。

## 【 0 1 2 8 】

まず、輝度画像の周波数特性と、移動量の関係について説明する。図 7 に示すように、ある時刻  $t$  において、撮像部 2 0 0 先端と被写体間の距離が “  $D$  ” の場合に、輝度画像生成部 3 3 0 により図 1 3 に示す画像が取得されたとする。

## 【 0 1 2 9 】

図 1 3 に示す輝度画像を周波数変換すると、例えば図 1 5 の  $R_1$  に示す周波数特性が得られる。内視鏡画像は、図 1 3 に示すように血管が高周波成分を有する特徴がある。この血管の周波数特性により、周波数特性  $R_1$  は、例えば特定の周波数  $f_{1\_pre}$ 、 $f_{2\_pre}$  でピークを有する。なお、ピークは 2 つに限定されない。ここで、周波数特性  $R_1$  は、図 1 3 の  $P_1$  に示す点線上の輝度信号を周波数変換したものである。

## 【 0 1 3 0 】

次に、図 8 に示すように、時刻  $t + 1$  において、撮像部 2 0 0 先端と被写体間の距離が “  $A \times D$  ” となった場合を考える。例えば  $A$  が 1 よりも大きい実数である場合、撮像部 2 0 0 先端と被写体間の距離は時刻  $t$  の場合と比較して相対的に大きくなる。

## 【 0 1 3 1 】

この場合、輝度画像生成部 3 3 0 では、図 1 4 に示す画像が取得される。図 1 4 に示すように、 $Z_1$  に示す領域が時刻  $t$  における撮像領域に対応しており、図 1 3 と比べて画像上での血管の大きさが相対的に小さくなる特徴がある。従って、図 1 4 の  $P_2$  に示す点線上の輝度信号を周波数変換すると、図 1 5 の  $R_2$  に示す周波数特性となる。上述のように血管は高周波成分を有する特徴があるため、周波数特性  $R_2$  も特定の周波数  $f_{1\_now}$ 、 $f_{2\_now}$  でピークを有する。

## 【 0 1 3 2 】

上述の  $f_{1\_pre}$ 、 $f_{2\_pre}$ 、 $f_{1\_now}$ 、 $f_{2\_now}$  と、時刻  $t$  を基準とした相対的な移動量  $A$  の間には、下式 ( 1 3 ) に示す関係が成立する。

## 【 数 1 3 】

$$A = \frac{f_{1\_now}}{f_{1\_pre}} = \frac{f_{2\_now}}{f_{2\_pre}} \dots (13)$$

10

20

30

40

50

## 【 0 1 3 3 】

上式 ( 1 3 ) より、時刻  $t + 1$  での周波数が時刻  $t$  での周波数に比例することがわかる。この比例係数を  $x$  とおいて時刻  $t + 1$  での周波数を  $x \times f$  とし、周波数特性  $R 1$  ,  $R 2$  をそれぞれ  $W_{pre}(f)$  ,  $W_{now}(f)$  と表記すると、下式 ( 1 4 ) に示す が求められる。この は、“  $x = A$  ” の時に最小となる。ここで、 $f_{max}$  はナイキスト周波数とする。また、下式 ( 1 4 ) 第 2 項の “  $W_{pre}(0) / W_{now}(0)$  ” は輝度信号の正規化処理に相当する。

## 【 数 1 4 】

$$\varepsilon = \sum_{f=0}^{f_{max}} \left\{ W_{pre}(f) - \frac{W_{pre}(0)}{W_{now}(0)} W_{now}(x \times f) \right\}^2 \quad \dots \dots (14) \quad 10$$

## 【 0 1 3 4 】

以上より、上式 ( 1 4 ) に示す が最小となる  $x$  を求めることで、移動量  $A$  を算出することが可能である。ここで、 $W_{now}(f)$  は離散値であるため、上式 ( 1 4 ) の  $W_{now}(x \times f)$  は、下式 ( 1 5 ) を用いて算出するものとする。下式 ( 1 5 ) において、 $f > f_{max}$  の場合には  $W_{now}(f) = 0$  である。 $f_{max}$  は、例えば FFT 処理における空間周波数の上限値である。また、下式 ( 1 5 ) において、 $int(V)$  は実数  $V$  の整数部を取得する処理を表し、 $a(V)$  は実数  $V$  の小数部を取得する処理を表すものとする。

## 【 数 1 5 】

$$W_{now}(x \times f) = \{1 - a(x \times f)\} \times W_{now}(int(x \times f)) \quad \dots \dots (15) \\ + a(x \times f) \times W_{now}(int(x \times f) + 1) \quad 20$$

## 【 0 1 3 5 】

図 1 6 に、移動量検出部 3 5 5 の詳細な構成例を示す。移動量検出部 3 5 5 は、周波数特性取得部 7 5 0、周波数特性記憶部 7 5 1、移動量算出部 7 5 2、移動量積算部 7 5 3 を含む。周波数特性取得部 7 5 0 は、移動量算出部 7 5 2 に接続されている。周波数特性記憶部 7 5 1 は、移動量算出部 7 5 2 と双方向に接続されている。移動量算出部 7 5 2 はさらに、移動量積算部 7 5 3 に接続されている。また、周波数特性取得部 7 5 0 と、移動量算出部 7 5 2 は制御部 3 7 0 に接続されている。

## 【 0 1 3 6 】

周波数特性取得部 7 5 0 は、輝度画像生成部 3 3 0 から出力される輝度画像を周波数変換することで、周波数特性  $W_{now}(f)$  を取得する。周波数変換の処理としては例えば、公知のフーリエ変換を用いればよい。周波数特性取得部 7 5 0 は、例えば図 1 3 の P 1 に示す点線上の輝度信号を周波数変換する。

## 【 0 1 3 7 】

なお、周波数変換に用いる輝度画像の領域は、上記の領域に限定されるものではなく、外部 I / F 部 5 0 0 より、ユーザが任意の領域を設定できる構成としてもよい。また、P 1 以外に複数の領域を設定することも可能である。この場合、例えば複数の領域より取得した周波数特性の平均値を周波数特性  $W_{now}(f)$  として用いればよい。

## 【 0 1 3 8 】

周波数特性取得部 7 5 0 は、上述の方法で取得した周波数特性  $W_{now}(f)$  を移動量算出部 7 5 2 に出力する。

## 【 0 1 3 9 】

移動量算出部 7 5 2 は、フレーム間における相対的な移動量  $A'$  を算出する。移動量算出部 7 5 2 は、周波数特性取得部 7 5 0 から出力される周波数特性  $W_{now}(f)$  と、周波数特性記憶部 7 5 1 に保持されている周波数特性と、上式 ( 1 4 ) と、を用いてフレーム間における相対的な移動量  $A'$  を算出する。周波数特性記憶部 7 5 1 には、後述するように、1 フレーム前の輝度画像の周波数特性  $W_{pre}(f)$  が保持されている。

## 【 0 1 4 0 】

移動量算出部 7 5 2 は、上式 ( 1 4 ) に示す が最小となる  $x$  を移動量  $A'$  とする。具体的には、移動量算出部 7 5 2 は、下式 ( 1 6 ) に示すように  $N + 1$  通りの  $x$  の値の全てについて、上式 ( 1 4 ) に示す を算出し、この中で が最小となる  $x$  を移動量  $A'$  とする。ここでは、 の最小値を  $m_{i n}$  と表記する。ここで下式 ( 1 6 ) において  $n$  は、  $0 \leq n \leq N$  の整数である。

## 【数 1 6】

$$x = 1.0 + \left( \frac{2n}{N} - 1 \right) \times dx \quad \dots \dots (16)$$

10

## 【 0 1 4 1 】

例えば、“  $dx = 0.2$  ”，“  $N = 20$  ”とすれば、“  $x = 0.8 \sim 1.2$  ”まで、刻み幅 “  $0.02$  ” の  $20$  通りの条件で上式 ( 1 4 ) に示す が算出される。なお、上式 ( 1 6 ) に示した  $N$ ， $dx$  の値は、予め一定の値を設定することもできるし、外部  $I / F$  部 5 0 0 によりユーザが任意の値を設定する構成としてもよい。

## 【 0 1 4 2 】

移動量算出部 7 5 2 は、算出した移動量  $A'$  を移動量積算部 7 5 3 に出力し、周波数特性取得部 7 5 0 から出力された周波数特性  $W_{n o w}(f)$  を、周波数特性記憶部 7 5 1 に出力する。周波数特性記憶部 7 5 1 は、出力された周波数特性  $W_{n o w}(f)$  を  $W_{p r e}(f)$  として保持する。従って、周波数特性記憶部 7 5 1 には、1 フレーム前の輝度画像より取得した周波数特性が保持されることになる。また、移動量算出部 7 5 2 は、 の最小値  $m_{i n}$  を切り替え判定部 3 5 7 b に出力する。

20

## 【 0 1 4 3 】

なお、初期フレームにおいては、移動量算出部 7 5 2 は移動量  $A'$  を “ 1 ”、 の最小値  $m_{i n}$  を “ 0 ” に強制的に設定するものとする。

## 【 0 1 4 4 】

移動量積算部 7 5 3 は、移動量算出部 7 5 2 から出力されるフレーム間における相対的な移動量  $A'$  を積算することで、初期フレームを基準とした相対的な移動量  $A_{a l l}$  を算出する。具体的には、移動量積算部 7 5 3 は、下式 ( 1 7 ) を用いて、前記移動量  $A_{a l l}$  の値を更新することで、初期フレームを基準とした相対的な移動量  $A_{a l l}$  を算出する。なお、移動量  $A_{a l l}$  の初期値は “ 1 ” とする。

30

## 【数 1 7】

$$A_{all} = A_{all} \times A' \quad \dots \dots (17)$$

## 【 0 1 4 5 】

切り替え判定部 3 5 7 b は、第 2 の合焦処理から第 1 の合焦処理に切り替える制御を行う。具体的には、切り替え判定部 3 5 7 b は、コントラスト値や経過時間、移動量の算出精度に基づいて切り替えるか否かの判定を行う。

## 【 0 1 4 6 】

図 1 7 に、切り替え判定部 3 5 7 b の詳細な構成例を示す。切り替え判定部 3 5 7 b は、コントラスト判定部 7 7 0、経過時間判定部 7 7 1、算出精度判定部 7 7 3 を含む。なお、コントラスト判定部 7 7 0 と経過時間判定部 7 7 1 の処理は、第 1 の実施形態と同一であるため、適宜説明を省略する。算出精度判定部 7 7 3 は制御部 3 7 0 に接続されている。

40

## 【 0 1 4 7 】

算出精度判定部 7 7 3 は、移動量算出部 7 5 2 から出力される  $m_{i n}$  に対して、閾値  $\tau_H$  を用いた判定処理を行う。 $m_{i n}$  は、上式 ( 1 4 ) に示すように、2 つの周波数特性  $W_{n o w}(A' \times f)$ ， $W_{p r e}(f)$  のスペクトルが、どれだけ一致しているかを示す評価値となる。そのため、 $m_{i n}$  が大きい場合には、算出された移動量  $A'$  の精度が低いことが予測される。

50

## 【 0 1 4 8 】

そのため、算出精度判定部 7 7 3 は、“  $m_{i n} > T_H$  ” の条件が成立する場合、移動量  $A'$  の算出精度が低いものと判定する。この場合、算出精度判定部 7 7 3 は合焦処理切り替え部 3 6 0 に対して、合焦処理を切り替えることを示すトリガ信号を出力する。

## 【 0 1 4 9 】

本実施形態によれば、高精度に合焦位置を検出しつつ、高速に合焦位置を制御することが可能となる。これにより、医師が手作業で焦点位置を調整することがなくなるため、医師の負担を軽減することができる。さらに、常にコントラストの高い画像を提供することが可能となり、病変の見落とし防止にもつながる。

## 【 0 1 5 0 】

10

さらに、本実施形態では、輝度画像の周波数成分に基づいて移動量を検出するため、光源部 1 0 0 の出射光量の時間的な変動の影響を受けない利点がある。具体的には、図 1 等で上述の実施形態では、上式 ( 8 ) を用いて算出した輝度画像の平均輝度を基に移動量を検出する。そのため、光源部 1 0 0 の出射光量が時間的に変動する場合には、その変動の影響によっても平均輝度が変動する可能性がある。この点、本実施形態によれば、上述のように光源部 1 0 0 の出射光量が変動する場合にも移動量の推定精度が劣化せず、安定して合焦位置を検出できる利点がある。

## 【 0 1 5 1 】

本実施形態によれば、図 1 6 に示すように、第 2 合焦処理部 3 5 0 は、取得された画像の周波数特性  $W_{p r e}(f)$  ,  $W_{n o w}(f)$  を取得する周波数特性取得部 7 5 0 を有する。移動量検出部 3 5 5 は、周波数特性  $W_{p r e}(f)$  ,  $W_{n o w}(f)$  に基づいて移動量  $A_{a l l}$  を検出する。

20

## 【 0 1 5 2 】

具体的には、時系列に画像を取得する撮像部 2 0 0 を含み、撮像部 2 0 0 は、第 1 の画像と第 2 の画像を時系列に取得する。上式 ( 1 4 ) に示すように、移動量検出部 3 5 5 は、第 2 の画像の周波数特性  $W_{n o w}(f)$  に対して周波数軸  $f$  のスケール変換 ( $x \times f$ ) を行い、スケール変換の変換倍率  $x$  を変化させながら第 1 の画像の周波数特性  $W_{p r e}(f)$  と第 2 の画像の周波数特性  $W_{n o w}(x \times f)$  のマッチング処理を行い、マッチング誤差を表す誤差値 が最も小さい変換倍率  $x$  に基づいて移動量  $A_{a l l}$  を検出する。より具体的には、上式 ( 1 7 ) に示すように、 が最も小さい場合の変換倍率  $x$  をフレーム間の移動量  $A'$  とし、移動量  $A'$  を積算して移動量  $A_{a l l}$  を求める。

30

## 【 0 1 5 3 】

このようにすれば、画像の周波数特性に基づいて、撮像部と被写体の間の相対的な移動量を検出できる。すなわち、被写体までの距離が変化すれば画像上での被写体の大きさが変化し、それにより周波数特性の周波数軸方向のスケールが変化することを利用して移動量を検出できる。

## 【 0 1 5 4 】

なお、本実施形態では周波数特性に限定されず、後述する動きベクトル等の他の動き情報を用いて移動量を検出してもよい。動き情報とは、撮像部と被写体の間の距離が変化したことで生じる画像上での被写体の動きを表す情報である。

40

## 【 0 1 5 5 】

また本実施形態では、図 1 2 に示すように、第 2 合焦処理部 3 5 0 は、第 2 の合焦処理における合焦状態を評価するためのパラメータに基づいて、合焦処理を切り替えるか否かを判定する切り替え判定部 3 5 7 b を有する。切り替え判定部 3 5 7 b は、合焦処理を切り替えるか否かの判定を、周波数特性  $W_{p r e}(f)$  ,  $W_{n o w}(f)$  に基づいて行う。

## 【 0 1 5 6 】

具体的には、第 2 合焦処理部 3 5 0 は、第 1 の画像の周波数特性  $W_{p r e}(f)$  と第 2 の画像の周波数特性  $W_{n o w}(f)$  のマッチング処理を行い、マッチング誤差を表す誤差値 に基づいて第 2 の合焦処理を行う。切り替え判定部 3 5 7 b は、パラメータとしての誤差値  $m_{i n}$  ( 上記  $x$  を変化させた場合の の最小値 ) が閾値  $T_H$  より大きい場合に

50

、第２の合焦処理から第１の合焦処理に切り替える。

【０１５７】

このようにすれば、周波数特性に基づいて第２の合焦処理から第１の合焦処理に切り替えることができる。また、マッチング処理の誤差値が閾値を超えた場合に切り替えることで、マッチング処理の精度が劣化して移動量の推定が不正確となった可能性がある場合に、第１の合焦処理に切り替えて確実な合焦状態に復帰することが可能になる。

【０１５８】

#### ４．第３の実施形態

第１の実施形態では、輝度画像の平均輝度に基づいて上式（６）を用いて初期フレームを基準とした相対的な移動量を検出する手法について説明したが、本実施形態では、輝度画像の局所領域より検出した動きベクトル（広義には動き情報）に基づいて移動量を検出してもよい。

【０１５９】

図１８に、この場合の構成例として、第２合焦処理部３５０の第３の詳細な構成例を示す。第２合焦処理部３５０は、移動量検出部３５６、経過時間算出部３５２、合焦位置算出部３５３、焦点位置制御部３５４、コントラスト算出部３５８、切り替え判定部３５７ｃを含む。なお、内視鏡システムの基本構成は第１の実施形態と同様であり、第２合焦処理部３５０以外の処理は第１の実施形態と同一であるため、適宜説明を省略する。また、移動量検出部３５６と切り替え判定部３５７ｃ以外の処理は、第１の実施形態と同一であるため、適宜説明を省略する。

【０１６０】

まず、動きベクトルと移動量の関係について説明する。図７に示すように、ある時刻ｔにおいて、撮像部２００先端と被写体間の距離が“Ｄ”の場合に、輝度画像生成部３３０により図１９に示す画像が取得されたとする。

【０１６１】

次に、図８に示すように、時刻ｔ＋１において、撮像部２００先端と被写体間の距離が“Ａ×Ｄ”となった場合を考える。例えばＡが１よりも大きい実数である場合、撮像部２００先端と被写体間の距離は時刻ｔの場合と比較して相対的に大きくなる。そのため、輝度画像生成部３３０では、図２０に示す画像が取得されることになる。図２０では、Ｚ２に示す領域が時刻ｔにおける撮像領域に対応している。

【０１６２】

図１９に示す画像に対して、Ｓ１，Ｓ２に示す局所領域を設定する。この時、局所領域Ｓ１，Ｓ２は、図２０に示す画像上において局所領域Ｓ１’，Ｓ２’にそれぞれ対応する。この対応関係は、例えば公知のブロックマッチング処理を用いることで算出される。

【０１６３】

局所領域Ｓ１，Ｓ２の中心座標をそれぞれ（ｘ１，ｙ１），（ｘ２，ｙ２）、局所領域Ｓ１’，Ｓ２’の中心座標をそれぞれ（ｘ１’，ｙ１’），（ｘ２’，ｙ２’）とする。そうすると、これらの座標と、時刻ｔを基準とした相対的な移動量Ａとの間には、下式（１８）に示す関係が成立する。ここで、 $rd_{pre}$ は、Ｓ１とＳ２の中心座標間の距離であり、 $rd_{now}$ は、Ｓ１’とＳ２’の中心座標間の距離である。

【数１８】

$$A = \frac{rd_{pre}}{rd_{now}} = \frac{\sqrt{(x2-x1)^2 + (y2-y1)^2}}{\sqrt{(x2'-x1')^2 + (y2'-y1')^2}} \dots\dots\dots (18)$$

【０１６４】

以上より、上式（１８）を用いることで、相対的な移動量Ａを算出することができる。

【０１６５】

移動量検出部３５６は、画像上に設定された局所領域間の距離の変化に基づいて、撮像部と被写体との間の相対的な移動量を検出する。図２１に、移動量検出部３５６の詳細な



構成例を示す。移動量検出部 356 は、局所領域設定部 760、動きベクトル算出部 761、フレームメモリ 762、移動量算出部 763、移動量積算部 753を含む。局所領域設定部 760 は、移動量算出部 763 と動きベクトル算出部 761 に接続されている。フレームメモリ 762 は動きベクトル算出部 761 と双方向に接続されている。移動量算出部 763 は動きベクトル算出部 761 と、移動量積算部 753 に接続されている。

#### 【0166】

局所領域設定部 760 は、輝度画像生成部 330 から出力される輝度画像に対して、図 19 の S1, S2 に示す 2 つの局所領域を設定する。局所領域 S1, S2 の中心座標をそれぞれ (x1, y1)、(x2, y2) と表記する。局所領域設定部 760 は、輝度画像と、設定した局所領域の情報を動きベクトル算出部 761 に出力する。具体的には、局所領域の情報とは、局所領域の中心座標や、局所領域の大きさである。局所領域設定部 760 は、設定した局所領域の中心座標を移動量算出部 763 に出力する。

10

#### 【0167】

なお、設定される局所領域は 2 つに限定されず、複数の領域であればよい。また、局所領域の座標や局所領域の大きさは、予め一定の値を決めてこともできるし、外部 I/F 部 500 よりユーザが任意の値を設定する構成とすることもできる。

#### 【0168】

動きベクトル算出部 761 は、局所領域設定部 760 から出力される輝度画像と、フレームメモリ 762 に保持されている輝度画像を用いて、例えば公知のブロックマッチング処理により、上述の 2 つの局所領域の動きベクトルを算出する。局所領域 S1, S2 の動きベクトルをそれぞれ (dx1, dy1)、(dx2, dy2) と表記する。なお、フレームメモリ 762 には、後述するように 1 フレーム前の輝度画像が保持されている。

20

#### 【0169】

ブロックマッチング処理は、基準画像の任意のブロックに対して、相関が高いブロックの位置を対象画像内で探索する方法である。ブロック間の相対的なズレ量が、そのブロックの動きベクトルに対応する。本実施形態においては、局所領域設定部 760 から出力される輝度画像が基準画像、フレームメモリ 762 に保持されている輝度画像が対象画像に相当する。

#### 【0170】

ブロックマッチングで相関の高いブロックを探索する方法としては、例えば絶対誤差 SAD を用いればよい。これは基準画像におけるブロック領域を B、対象画像におけるブロック領域を B' として、B と相関が高い B' の位置を求める方法である。各ブロック領域での画素位置を p ∈ B 及び q ∈ B' として、各画素の信号値を Lp, Lq とすると、SAD は下式 (19) で表わされる。下式 (19) に示す値が小さいほど相関が高いと評価する。

30

#### 【数 19】

$$SAD(B, B') = \sum_{p \in B, q \in B'} |L_p - L_q| \quad \dots \dots (19)$$

#### 【0171】

ここで、上式 (19) において、p と q はそれぞれ 2 次元の値を持ち、B と B' は 2 次元の領域を持つものとし、p ∈ B は座標 p が領域 B に含まれていることを示し、q ∈ B' は座標 q が領域 B' に含まれていることを示す。ブロックマッチング処理では、上式 (19) に示す絶対誤差 SAD の値が最小となる場合における、ブロック間の相対的なズレ量を動きベクトルとして出力する。以下では、局所領域 S1, S2 における絶対誤差の最小値をそれぞれ SAD1\_min, SAD2\_min と表記する。

40

#### 【0172】

動きベクトル算出部 761 は、算出した動きベクトル (dx1, dy1)、(dx2, dy2) を移動量算出部 763 に出力する。その後、動きベクトル算出部 761 は、局所領域設定部 760 から出力された輝度画像をフレームメモリ 762 に出力する。従って、

50

次のフレームでは、フレームメモリ 762 に保持されている画像が 1 フレーム前の輝度画像となる。また、動きベクトル算出部 761 は、上述の絶対誤差の最小値  $SAD_{1min}$ 、 $SAD_{2min}$  の中で最小となる評価値を、 $SAD_{min}$  として算出精度判定部 774 に出力する。

#### 【0173】

なお、初期フレームにおいては、フレームメモリに画像が保持されていないため、動きベクトルを算出できない。そのため、初期フレームでは、動きベクトル算出部 761 は動きベクトルの大きさをすべて“0”に設定し、さらに  $SAD_{min}$  の値も“0”に設定するものとする。

#### 【0174】

移動量算出部 763 は、局所領域設定部 760 から出力される局所領域の中心座標  $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$  と、動きベクトル算出部 761 から出力される動きベクトル  $(dx_1, dy_1)$ 、 $(dx_2, dy_2)$  と、上式 (18) と、を用いてフレーム間における相対的な移動量  $A'$  を算出する。上式 (18) の  $(x_1', y_1')$ 、 $(x_2', y_2')$  は、下式 (20) を用いて算出する。

#### 【数 20】

$$\begin{aligned} x1' &= x1 + dx1 \\ y1' &= y1 + dy1 \\ x2' &= x2 + dx2 \\ y2' &= y2 + dy2 \end{aligned} \quad \dots\dots (20)$$

#### 【0175】

移動量算出部 763 は、算出したフレーム間における相対的な移動量  $A'$  を移動量積算部 753 に出力する。移動量積算部 753 は、第 2 の実施形態と同一の処理により移動量  $A'$  を積算し、初期フレームを基準とする移動量の積算値  $A_{all}$  を算出する。

#### 【0176】

切り替え判定部 357c は、第 2 の合焦処理から第 1 の合焦処理に切り替える制御を行う。具体的には、切り替え判定部 357c は、コントラスト値や経過時間、動きベクトルの算出精度に基づいて切り替えるか否かの判定を行う。

#### 【0177】

図 22 に、切り替え判定部 357c の詳細な構成例を示す。切り替え判定部 357c はコントラスト判定部 770、経過時間判定部 771、算出精度判定部 774 を含む。なお、コントラスト判定部 770 と、経過時間判定部 771 の処理は第 1 の実施形態と同一であるため、適宜説明を省略する。算出精度判定部 774 は制御部 370 に接続されている。

#### 【0178】

算出精度判定部 774 は、動きベクトル算出部 761 から出力される  $SAD_{min}$  に対して、閾値  $SAD_{TH}$  を用いた判定処理を行う。ここで、 $SAD_{min}$  は、ブロック間の相関の高さを表す評価値に相当する。そのため、この評価値が大きい場合には、ブロック間の相関が低く、算出された動きベクトルの精度は低いことになる。

#### 【0179】

本実施形態では、フレーム間の相対的な移動量  $A'$  は、動きベクトル算出部 761 で算出された動きベクトルと上式 (18) を用いて算出される。そのため、移動量  $A'$  の精度は動きベクトルの算出精度に左右される。

#### 【0180】

そこで、算出精度判定部 774 は、 $SAD_{min}$  に対して閾値  $SAD_{TH}$  を用いた判定処理を行う。具体的には、算出精度判定部 774 は、“ $SAD_{min} > SAD_{TH}$ ” の条件が成立する場合に、動きベクトルの算出精度が低いものと判定する。この場合、算出精度判定部 774 は、合焦処理切り替え部 360 に対して、合焦処理を切り替えることを示

10

20

30

40

50

すトリガ信号を出力する。

【0181】

なお、閾値  $SAD_{TH}$  は、予め一定の値を設定しておくこともできるし、外部 I/F 部 500 よりユーザが任意の値を設定する構成としてもよい。

【0182】

一般に、図 8 に示すように撮像部 200 と被写体間の距離が変動する場合には、画像上での被写体の大きさが変化する。例えば被写体が血管である場合には、画像上における血管の太さや長さが変化する。そのため、撮像部 200 と被写体間の距離が大きく変動する場合には、初期フレームと現在フレームの間でブロックマッチング処理を行うと、動きベクトル算出が困難である。

10

【0183】

しかしながら、一般的に撮像部 200 のフレームレートは 30 fps 程度であるため、フレーム間における撮像部 200 と被写体間の距離の変動量は微小である。

【0184】

本実施形態では、上述のようにフレーム間で検出した動きベクトルより、フレーム間での相対的な移動量  $A'$  を算出し、その移動量  $A'$  を上式 (17) を用いて積算することで、初期フレームを基準とした相対的な移動量  $A_{all}$  を検出する。このように、本実施形態ではフレーム間の移動量  $A'$  を積算するため、撮像部 200 と被写体間の距離が大きく変動する場合にも、移動量  $A_{all}$  を検出することが可能である。

【0185】

20

以上の方法を用いることで、高精度に合焦位置を検出しつつ、高速に合焦位置を制御することが可能となる。これにより、医師が手作業で焦点位置を調整することがなくなるため、医師の負担を軽減することができる。さらに、常にコントラストの高い画像を提供することが可能となり、病変の見落とし防止にもつながる。

【0186】

なお、上記の実施形態では、局所領域の動きベクトルに基づいて移動量を算出する場合について説明したが、本実施形態ではこれに限定されない。すなわち、動きベクトルに限らず、フレーム間における局所領域間の距離の変化を算出できる動き情報を取得できればよく、その動き情報に基づいて移動量を算出できればよい。

【0187】

30

本実施形態によれば、図 21 に示すように、第 2 合焦処理部 350 は、取得された画像から動きベクトル  $(dx_1, dy_1)$ 、 $(dx_2, dy_2)$  を検出する動きベクトル検出部を有する。移動量検出部 356 は、検出された動きベクトル  $(dx_1, dy_1)$ 、 $(dx_2, dy_2)$  に基づいて移動量  $A_{all}$  を検出する。本実施形態では、動きベクトル算出部 761 が動きベクトル検出部に対応する。

【0188】

具体的には、撮像部 200 は、第 1 の画像と第 2 の画像を時系列に取得する。第 2 合焦処理部 350 は、第 1 の画像と第 2 の画像のマッチング処理を行って局所領域  $S_1$ 、 $S_2$  の動きベクトル  $(dx_1, dy_1)$ 、 $(dx_2, dy_2)$  を検出し、その動きベクトルに基づいて局所領域  $S_1$ 、 $S_2$  間の距離の変化  $rd_{pre} / rd_{now}$  を求め、その距離の変化に基づいてフレーム間の移動量  $A'$  を求め、その移動量  $A'$  を積算して移動量  $A_{all}$  を求める。

40

【0189】

このようにすれば、動きベクトルに基づいて、撮像部と被写体の間の相対的な移動量を検出できる。すなわち、被写体までの距離が変化すれば画像上での被写体間の距離が変化することを利用して移動量を検出できる。

【0190】

また本実施形態では、図 18 に示すように、第 2 合焦処理部 350 は、第 2 の合焦処理における合焦状態を評価するためのパラメータに基づいて、合焦処理を切り替えるか否かを判定する切り替え判定部 357c を有する。動きベクトル検出部は、マッチング処理に

50

において、マッチング誤差を表す誤差値  $SAD_{min}$  を求める。切り換え判定部 357c は、誤差値  $SAD_{min}$  をパラメータとして、合焦処理を切り替えるか否かの判定を行う。

【0191】

より具体的には、切り換え判定部 357c は、マッチング誤差の最小値である誤差値  $SAD_{min}$  が閾値  $SAD_{TH}$  よりも大きい場合に、第 1 の合焦処理に切り替えると判定する。

【0192】

このようにすれば、動きベクトルのマッチング誤差に基づいて第 2 の合焦処理から第 1 の合焦処理に切り替えることができる。また、誤差値が閾値を超えた場合に切り替えることで、マッチング処理の精度が劣化して移動量の推定が不正確となった可能性がある場合に、第 1 の合焦処理に切り替えて確実な合焦状態に復帰することが可能になる。

【0193】

#### 5. ソフトウェア

上記の本実施形態では、制御装置 300 を構成する各部をハードウェアで構成することとしたが、これに限定されるものではない。例えば、撮像部により取得された画像に対して CPU が各部の処理を行う構成とし、CPU がプログラムを実行することによってソフトウェアとして実現することとしてもよい。あるいは、各部が行う処理の一部をソフトウェアで構成することとしてもよい。

【0194】

撮像部を別体とし、制御装置 300 の各部が行う処理をソフトウェアとして実現する場合には、ワークステーションやパソコン等の公知のコンピュータシステムを制御装置として用いることができる。そして、制御装置 300 の各部が行う処理を実現するためのプログラム（制御プログラム）を予め用意し、この制御プログラムをコンピュータシステムの CPU が実行することによって実現できる。

【0195】

図 23 は、本変形例におけるコンピュータシステム 600 の構成を示すシステム構成図であり、図 24 は、このコンピュータシステム 600 における本体部 610 の構成を示すブロック図である。図 23 に示すように、コンピュータシステム 600 は、本体部 610 と、本体部 610 からの指示によって表示画面 621 に画像等の情報を表示するためのディスプレイ 620 と、このコンピュータシステム 600 に種々の情報を入力するためのキーボード 630 と、ディスプレイ 620 の表示画面 621 上の任意の位置を指定するためのマウス 640 とを備える。

【0196】

また、このコンピュータシステム 600 における本体部 610 は、図 24 に示すように、CPU 611 と、RAM 612 と、ROM 613 と、ハードディスクドライブ（HDD）614 と、CD-ROM 660 を受け入れる CD-ROM ドライブ 615 と、USB メモリ 670 を着脱可能に接続する USB ポート 616 と、ディスプレイ 620、キーボード 630 およびマウス 640 を接続する I/O インターフェース 617 と、ローカルエリアネットワークまたは広域エリアネットワーク（LAN/WAN）N1 に接続するための LAN インターフェース 618 を備える。

【0197】

さらに、このコンピュータシステム 600 には、インターネット等の公衆回線 N3 に接続するためのモデム 650 が接続されるとともに、LAN インターフェース 618 およびローカルエリアネットワークまたは広域エリアネットワーク N1 を介して、他のコンピュータシステムであるパソコン（PC）681、サーバ 682、プリンタ 683 等が接続される。

【0198】

そして、このコンピュータシステム 600 は、所定の記録媒体に記録された制御プログラム（例えば図 25）を参照して、後述する処理手順を実現するための制御プログラムを読み出して実行することで制御装置を実現する。ここで、所定の記録媒体とは、CD-R

10

20

30

40

50

OM 660 や USB メモリ 670 の他、MO ディスクや DVD ディスク、フレキシブルディスク (FD)、光磁気ディスク、IC カード等を含む「可搬用の物理媒体」、コンピュータシステム 600 の内外に備えられる HDD 614 や RAM 612、ROM 613 等の「固定用の物理媒体」、モデム 650 を介して接続される公衆回線 N3 や、他のコンピュータシステム (PC) 681 またはサーバ 682 が接続されるローカルエリアネットワークまたは広域エリアネットワーク N1 等のように、プログラムの送信に際して短期にプログラムを記憶する「通信媒体」等、コンピュータシステム 600 によって読み取り可能な制御プログラムを記録するあらゆる記録媒体を含む。

#### 【0199】

すなわち、制御プログラムは、「可搬用の物理媒体」「固定用の物理媒体」「通信媒体」等の記録媒体にコンピュータ読み取り可能に記録されるものであり、コンピュータシステム 600 は、このような記録媒体から制御プログラムを読み出して実行することで制御装置を実現する。なお、制御プログラムは、コンピュータシステム 600 によって実行されることに限定されるものではなく、他のコンピュータシステム (PC) 681 またはサーバ 682 が制御プログラムを実行する場合や、これらが協働して制御プログラムを実行するような場合にも、本発明を同様に適用することができる。

#### 【0200】

各部が行う処理の一部をソフトウェアで構成する場合の一例として、撮像部により取得された画像に対して、制御装置 300 の処理をソフトウェアで実現する場合の処理手順を、図 25 のフローチャートを用いて説明する。

#### 【0201】

図 25 に示すように、この処理が開始されると、画像を撮像し (S1)、第 1 の合焦処理における合焦判定を行う (S2)。非合焦であると判定した場合には (S2、No)、光学系の焦点位置を移動する制御を行い (S3)、画像を撮像する (S1)。合焦であると判定した場合には (S2、Yes)、光学系の焦点位置を合焦位置に移動する制御を行う (S4)。次に、第 1 の合焦処理が終了したことを表す終了信号を出力し (S5)、合焦処理を第 2 の合焦処理に切り替える (S6)。

#### 【0202】

第 2 の合焦処理に切り替わると、画像を取得し (S7)、移動量を推定して合焦位置を算出する (S8)。次に、光学系の焦点位置を合焦位置に移動する制御を行い (S9)、第 1 の合焦処理に切り替えるか否かの判定を行う (S10)。切り替えると判定した場合には (S10、Yes)、合焦処理を第 1 の合焦処理に切り替える (S1)。切り替えないと判定した場合には (S10、No)、撮像終了の判定を行う (S11)。撮像を続ける場合には (S11、No)、画像を取得して第 2 の合焦処理を行う (S7)。撮像を終了する場合には (S11、Yes)、処理を終了する。

#### 【0203】

これにより、例えば別体の撮像部により撮像を行って画像データを取得し、その画像データに対して PC 等のコンピュータシステムでソフトウェア的に処理を行うことが可能になる。

#### 【0204】

また本実施形態は、本実施形態の各部 (第 1 合焦処理部、第 2 合焦処理部、合焦処理切り替え部、輝度画像生成部等) を実現するプログラムコードが記録されたコンピュータプログラムプロダクトにも適用できる。

#### 【0205】

ここで、プログラムコードとは、第 1 の合焦処理を行う第 1 合焦処理部と、第 2 の合焦処理を行う第 2 合焦処理部と、前記第 1 の合焦処理と前記第 2 の合焦処理を切り替える制御を行う合焦処理切り替え部と、を実現する。そして、前記第 1 合焦処理部は、前記第 1 の合焦処理が成されたか否かを判定する合焦判定部を有する。前記合焦処理切り替え部は、前記第 1 の合焦処理が成されたと前記合焦判定部により判定された場合に、前記第 2 の合焦処理に切り替える。

10

20

30

40

50

## 【 0 2 0 6 】

またコンピュータプログラムプロダクトは、例えば、プログラムコードが記録された情報記憶媒体（ＤＶＤ等の光ディスク媒体、ハードディスク媒体、メモリ媒体等）、プログラムコードが記録されたコンピュータ、プログラムコードが記録されたインターネットシステム（例えば、サーバとクライアント端末を含むシステム）など、プログラムコードが組み込まれた情報記憶媒体、装置、機器或いはシステム等である。この場合に、本実施形態の各構成要素や各処理プロセスは各モジュールにより実装され、これらの実装されたモジュールにより構成されるプログラムコードは、コンピュータプログラムプロダクトに記録される。

## 【 0 2 0 7 】

10

以上、本発明を適用した実施形態およびその変形例について説明したが、本発明は、各実施形態やその変形例そのままに限定されるものではなく、実施段階では、発明の要旨を逸脱しない範囲内で構成要素を変形して具体化することができる。また、上記した各実施形態や変形例に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることによって、種々の発明を形成することができる。例えば、各実施形態や変形例に記載した全構成要素からいくつかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施の形態や変形例で説明した構成要素を適宜組み合わせてもよい。このように、発明の主旨を逸脱しない範囲内において種々の変形や応用が可能である。

## 【 0 2 0 8 】

また、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語（内視鏡システム、第１の合焦処理、等）と共に記載された用語（内視鏡装置、コントラストＡＦ、等）は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。

20

## 【符号の説明】

## 【 0 2 0 9 】

1 0 0 光源部、1 1 0 白色光源、1 2 0 レンズ、2 0 0 撮像部、  
 2 1 0 ライトガイドファイバ、2 2 0 照明レンズ、2 3 0 集光レンズ、  
 2 4 0 撮像素子、2 5 0 メモリ、3 0 0 制御装置、3 1 0 補間処理部、  
 3 2 0 表示画像生成部、3 3 0 輝度画像生成部、3 4 0 第１合焦処理部、  
 3 4 1 コントラスト算出部、3 4 2 記憶用メモリ、3 4 3 合焦判定部、  
 3 4 4 焦点位置制御部、3 5 0 第２合焦処理部、  
 3 5 1 , 3 5 5 , 3 5 6 移動量検出部、3 5 2 経過時間算出部、  
 3 5 3 合焦位置算出部、3 5 4 焦点位置制御部、  
 3 5 7 a , 3 5 7 b , 3 5 7 c 切り替え判定部、3 5 8 コントラスト算出部、  
 3 6 0 合焦処理切り替え部、3 6 1 動きベクトル算出部、3 7 0 制御部、  
 4 0 0 表示部、5 0 0 外部Ｉ／Ｆ部、  
 6 0 0 コンピュータシステム、6 1 0 本体部、  
 6 1 1 ＣＰＵ、6 1 2 ＲＡＭ、6 1 3 ＲＯＭ、6 1 4 ＨＤＤ、  
 6 1 5 ＣＤ－ＲＯＭドライブ、6 1 6 ＵＳＢポート、  
 6 1 7 Ｉ／Ｏインターフェース、6 1 8 ＬＡＮインターフェース、  
 6 2 0 ディスプレイ、6 2 1 表示画面、6 3 0 キーボード、6 4 0 マウス、  
 6 5 0 モデム、6 6 0 ＣＤ－ＲＯＭ、6 7 0 ＵＳＢメモリ、6 8 1 ＰＣ、  
 6 8 2 サーバ、6 8 3 プリンタ、  
 7 1 0 平均輝度算出部、7 1 1 平均輝度記憶部、7 1 2 移動量算出部、  
 7 5 0 周波数特性取得部、7 5 1 周波数特性記憶部、7 5 2 移動量算出部、  
 7 5 3 移動量積算部、7 6 0 局所領域設定部、7 6 1 動きベクトル算出部、  
 7 6 2 フレームメモリ、7 6 3 移動量算出部、7 7 0 コントラスト判定部、  
 7 7 1 経過時間判定部、7 7 2 平均輝度判定部、7 7 3 , 7 7 4 算出精度判定部、  
 A , A ' , A<sub>a l l</sub> 移動量、C , C<sub>n o w</sub> , C<sub>o r g</sub> コントラスト、C<sub>T H</sub> 閾値、  
 D , A × D 距離、d<sub>1</sub> ~ d<sub>5</sub> , d<sub>n o w</sub> , d<sub>o r g</sub> 焦点位置、d i s t 距離、

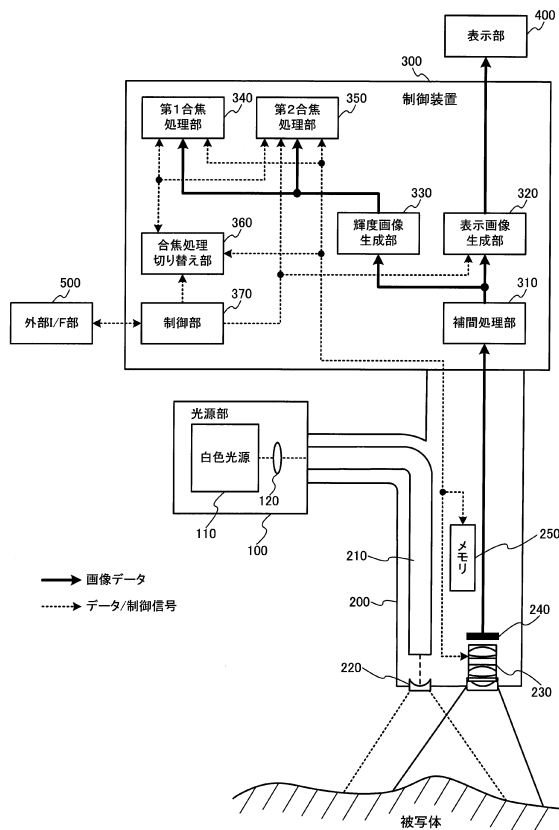
30

40

50

$f$  周波数軸、 $f$ ,  $f_{1\text{ now}}$ ,  $f_{2\text{ now}}$ ,  $f_{1\text{ pre}}$ ,  $f_{2\text{ pre}}$  周波数、  
 $F_{\text{NUM}}$  フレーム数、 $F_{\text{TH}}$  閾値、 $N1$  広域エリアネットワーク、  
 $N3$  公衆回線、 $p, q$  座標、 $r, g, b$  色フィルタ、 $R1, R2$  周波数特性、  
 $rd_{\text{pre}}, rd_{\text{now}}$  局所領域間の距離、 $S1, S2$  局所領域、 $SAD$  誤差値、  
 $SAD_{\text{min}}$  誤差値の最小値、 $SAD_{\text{TH}}$  閾値、 $W_{\text{now}}, W_{\text{pre}}$  周波数特性、  
 $x$  変換倍率、 $Y$  輝度信号、 $Y_{\text{min}}, Y_{\text{max}}$  閾値、  
 $Y_{\text{now}}, Y_{\text{org}}$  平均輝度値、 $\text{誤差値}$ 、 $\text{min}$  誤差値の最小値、  
 $\text{TH}$  閾値

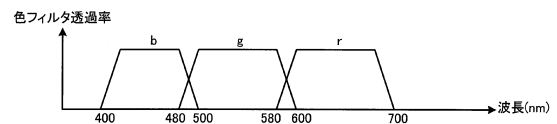
【図1】



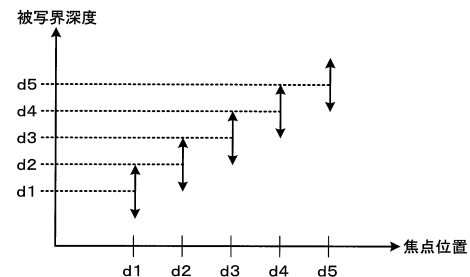
【図2】

g	r	g	r	g	r
b	g	b	g	b	g
g	r	g	r	g	r
b	g	b	g	b	g

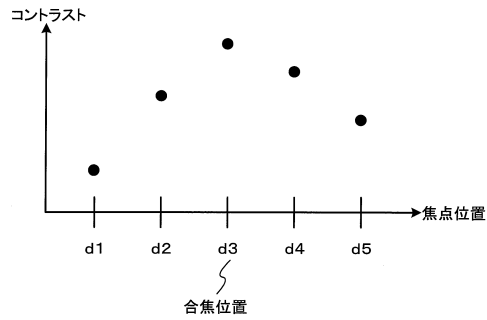
【図3】



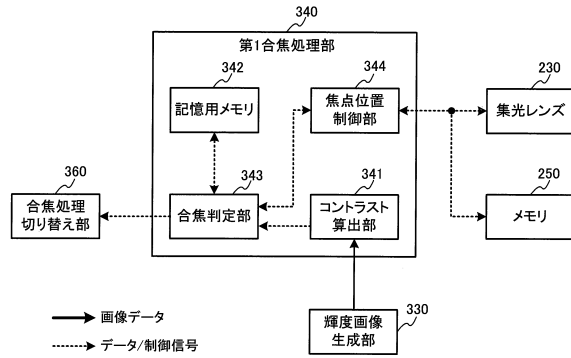
【図4】



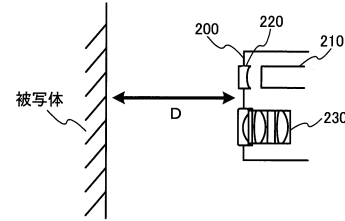
【図 5】



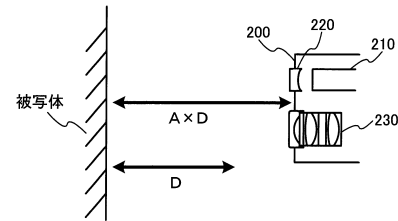
【図 6】



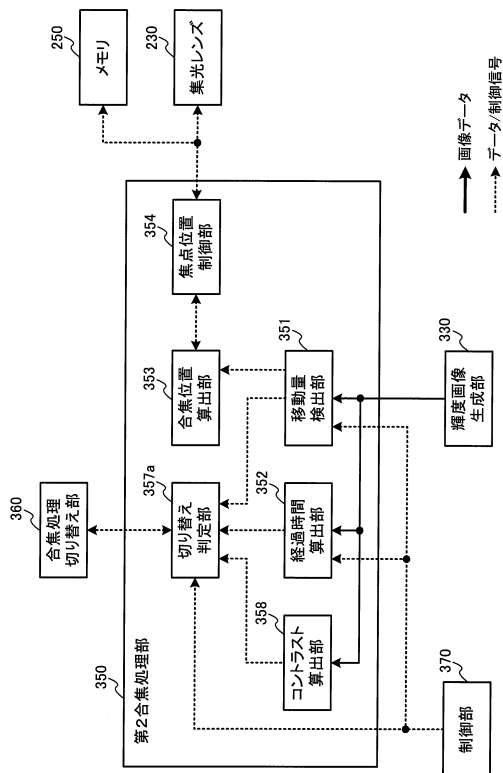
【図 7】



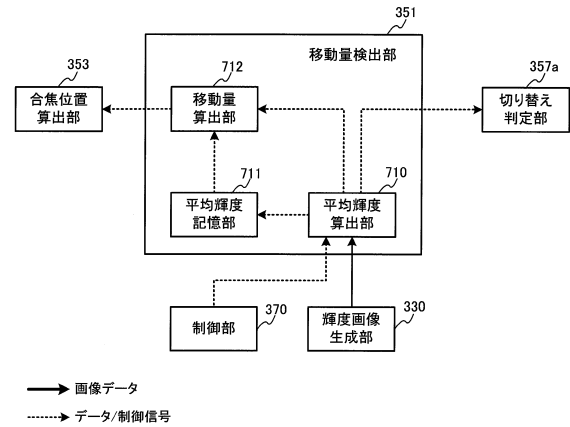
【図 8】



【図 9】

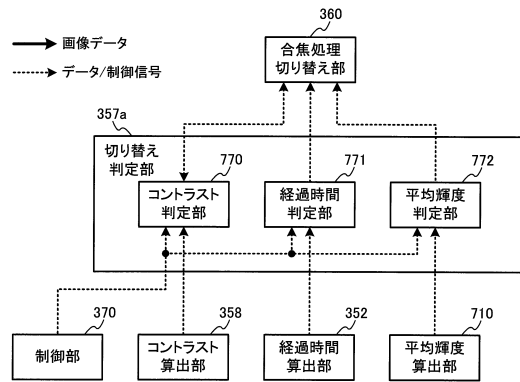


【図 10】

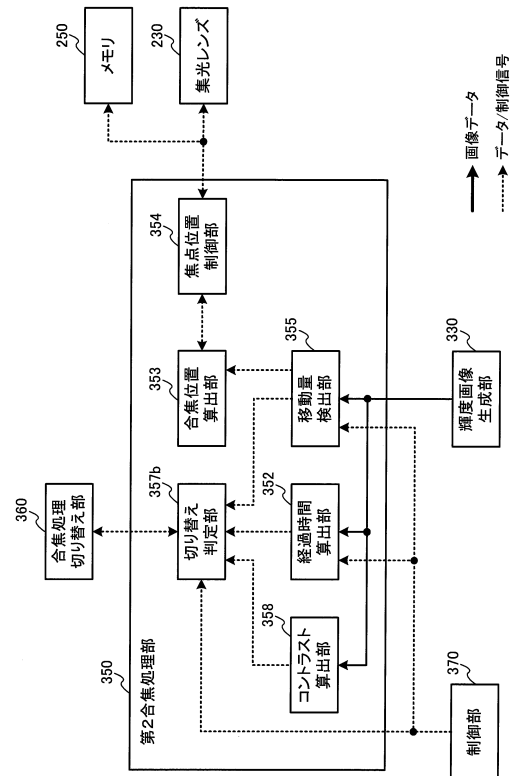




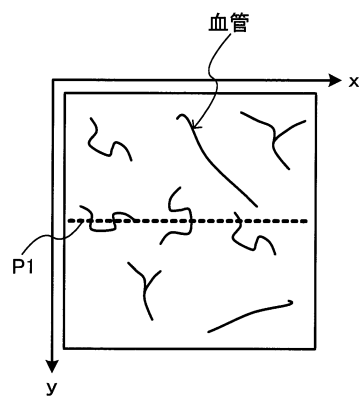
【 図 1 1 】



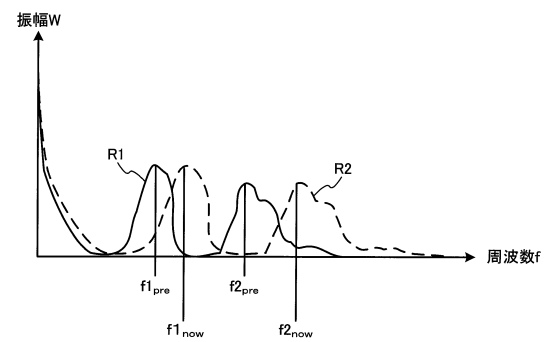
【圖 12】



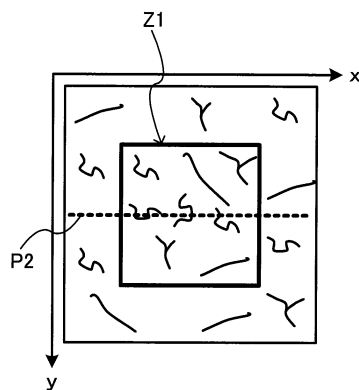
【 図 1 3 】



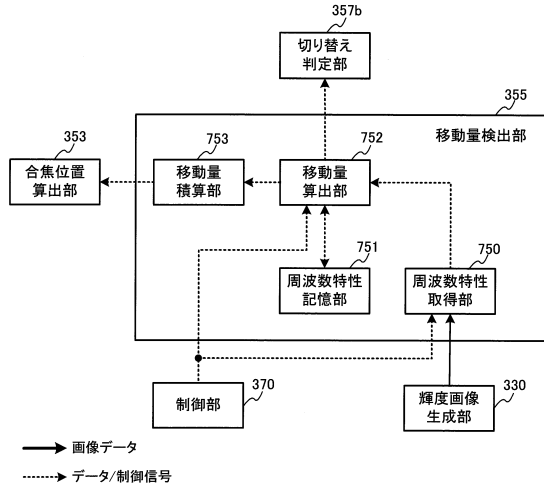
【 図 1 5 】



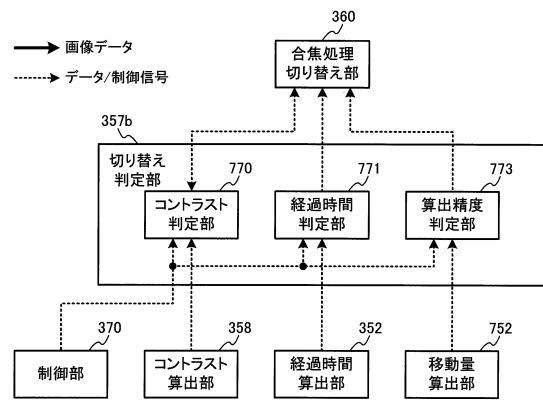
【 图 1 4 】



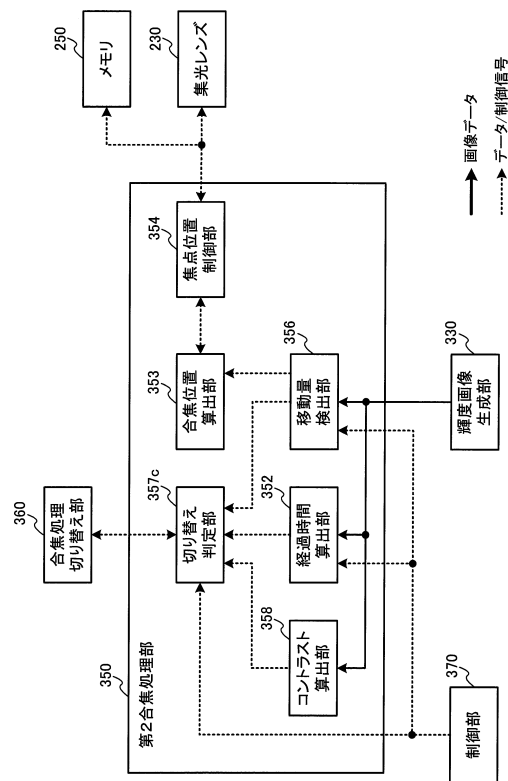
【図 16】



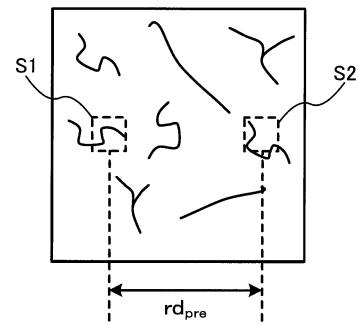
【図 17】



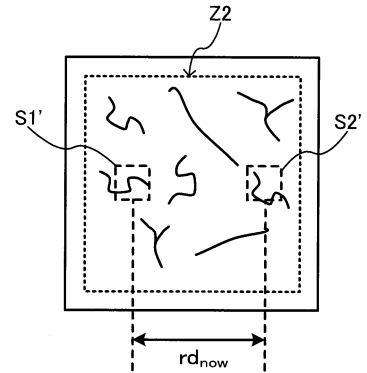
【図 18】



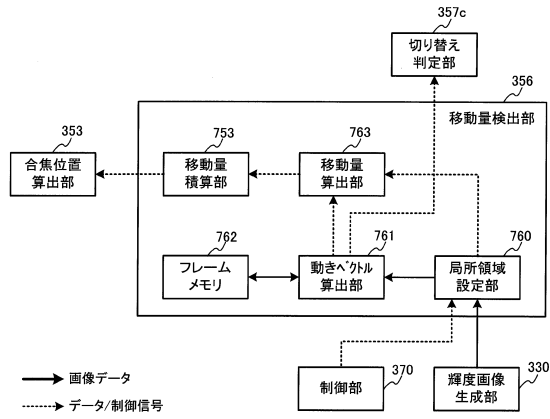
【図 19】



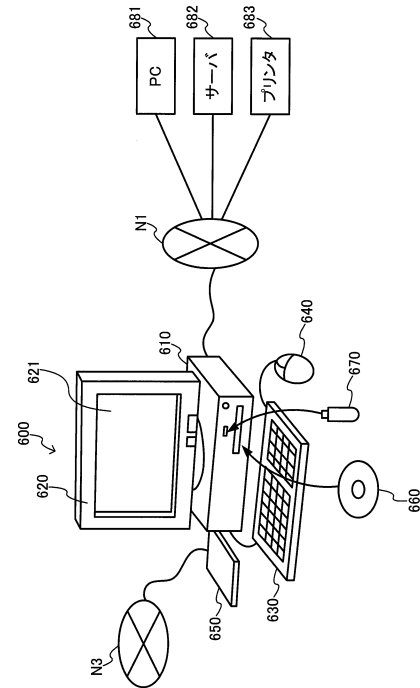
【図 20】



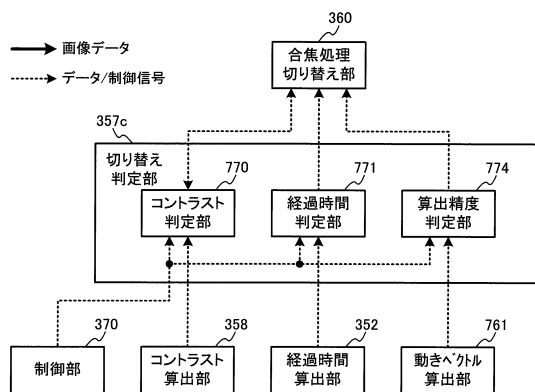
【 図 2 1 】



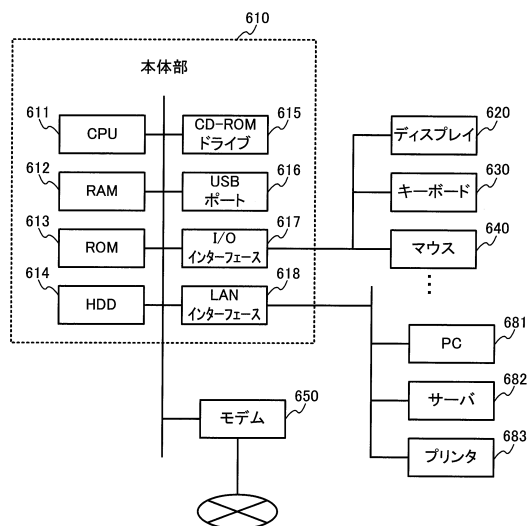
【 図 2 3 】



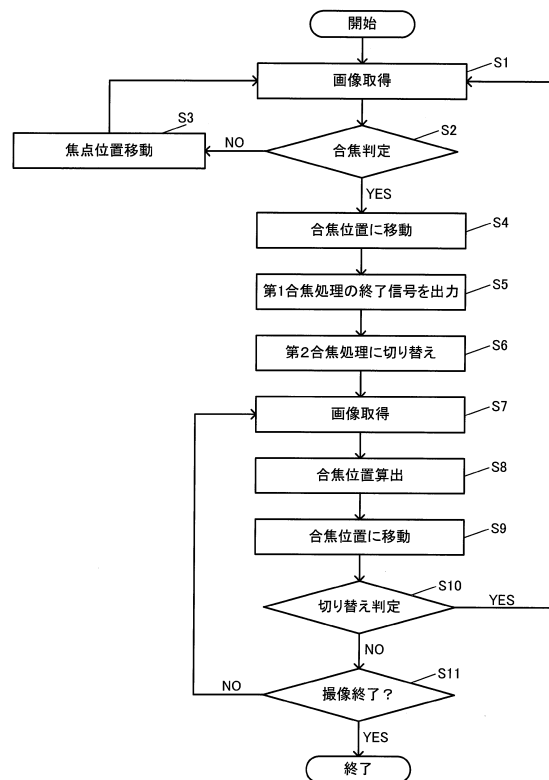
【 ㄨ 2 2 】



【圖 24】



【 図 2 5 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平05-346531(JP,A)  
特開平02-275916(JP,A)  
特開2008-052225(JP,A)  
特開2006-319596(JP,A)  
特開2008-090059(JP,A)  
特開2006-208626(JP,A)  
特開2008-278964(JP,A)  
特開2003-140030(JP,A)  
特開2004-205982(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	7/28
G02B	7/36
G03B	13/36
H04N	5/232