

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年4月25日(25.04.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/058145 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 7/28 (2006.01) **H04N 5/225** (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01) **H04N 5/232** (2006.01)
G02B 7/34 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/076172
- (22) 国際出願日: 2012年10月10日(10.10.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-231947 2011年10月21日(21.10.2011) JP
- (71) 出願人: オリンパス株式会社(OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 吉野 浩一郎(YOSHINO, Koichiro).
- (74) 代理人: 竹腰 昇, 外(TAKEKOSHI, Noboru et al.); 〒1010063 東京都千代田区神田淡路町2-8 第2萬代家ビル3階 Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

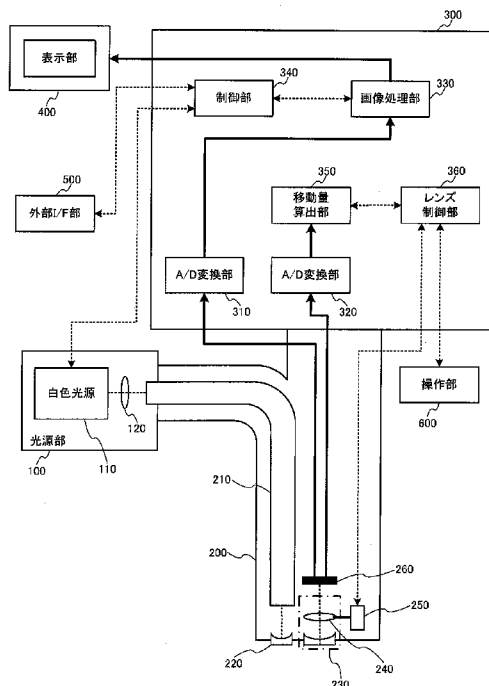
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

[続葉有]

(54) Title: IMAGING DEVICE, ENDOSCOPE DEVICE, AND METHOD FOR CONTROLLING IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 撮像装置、内視鏡装置及び撮像装置の制御方法



100 Light source unit
110 White light source
120 Light guide
210 Imaging element
220 Lens
230 Lens controller
240 Movement amount calculation unit
250 A/D converter
260 Image processor
300 Display unit
310 External I/F unit
320 Operating unit
330 Controller
340 Movement amount calculation unit
350 Lens controller
360 Display unit
400 External I/F unit
500 Operating unit
600 Controller

(57) Abstract: Provided are an imaging device, an endoscope device, and a method for controlling an imaging device, for preventing flickering, etc., of an image acquired during a focusing operation, by performing focusing control on the basis of phase information from a phase sensor in an imaging optical system in which the focus-subject distance is changed in conjunction with a change in angle of view. The imaging device comprises an imaging optical system including a movable lens (240) for adjusting the angle of view and the focus-subject distance simultaneously, an imaging element (260), a plurality of phase sensors, an acquiring unit (A/D converter (320)) for acquiring phase information from the plurality of phase sensors, a lens controller (360) for controlling the position of the movable lens (240), and a movement amount calculation unit (350) for calculating, on the basis of the phase difference based on the phase information, the amount of movement of the movable lens (240) that is needed in order to achieve a focused state of an image on the imaging element by light rays that pass through the imaging optical system, the lens controller (360) controlling the position of the movable lens (240) on the basis of the movement amount calculated by the movement amount calculation unit (350).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/058145 A1



— 補正された請求の範囲（条約第 19 条(1)）

画角の変更に伴い合焦被写体距離が変更される撮像光学系において、位相センサからの位相情報に基づいて合焦制御を行うことで、合焦動作時に取得される画像のちらつき等を抑止する撮像装置、内視鏡装置及び撮像装置の制御方法等を提供する。撮像装置は、画角と合焦被写体距離を同時に調整する可動レンズ 240 を含む撮像光学系と、撮像素子 260 と、複数の位相センサと、複数の位相センサからの位相情報を取得する取得部（A/D 変換部 320）と、可動レンズ 240 の位置を制御するレンズ制御部 360 と、位相情報に基づく位相差に基づいて、撮像光学系を通った光線による撮像素子上の像の合焦状態を実現するために必要な可動レンズ 240 の移動量を算出する移動量算出部 350 を含み、レンズ制御部 360 は移動量算出部 350 で算出された移動量に基づいて、可動レンズ 240 の位置を制御する。

明 細 書

発明の名称：撮像装置、内視鏡装置及び撮像装置の制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、撮像装置、内視鏡装置及び撮像装置の制御方法等に関する。

背景技術

[0002] 従来、可動レンズの移動により対物レンズの画角を調整し、広角（以下、W I D E）側では被写体となる消化管全体の観察（通常観察）を行い、望遠（以下、T E L E）側では消化管の一部を拡大して観察（拡大観察）を行うズーム機能を備えた内視鏡システムが実用化されている。

[0003] 一般的にこのようなズーム機能を備えた内視鏡システムでは、可動レンズの移動によりT E L E側での画角を小さく（光学倍率を大きく）するだけでなく、焦点位置の調整も同時に行うことでベスト被写体距離を短くし、拡大観察に必要な倍率を実現している場合が多い。ここでベスト被写体距離とは、被写体の像位置が撮像素子の撮像面に一致する場合の、対物レンズ先端から被写体までの距離である。T E L E側でベスト被写体距離を短くすることで、被写体により近接して観察を行うことが可能になるため、拡大観察時の倍率をより大きくすることが可能になる。

[0004] 一方、ベスト被写体距離が短くなると、被写体位置の移動による像位置の移動量が大きくなるため、一般的に光学系の被写界深度が狭くなる。このため、近年のズーム機能を備えた内視鏡システムでは、T E L E側の被写界深度の幅が1 m m以下（その値を含む）となる場合もあり、ユーザーが被写体にピントを合わせることが難しくなっている。

[0005] このような問題を解決するには、例えば特許文献1に示すような、画像の高周波成分からコントラスト値（画像の合焦度合いを示す評価値）を算出して合焦状態を評価するオートフォーカス機能（コントラストA F）を備えた内視鏡システムが提案されている。また、例えば特許文献2では、フォーカスレンズを微小に振動（ウォブリング）させてコントラスト値を算出するこ

とで合焦方向を検出し、焦点位置が合焦方向に移動するようにフォーカスレンズを制御するという動作を周期的に行うことで、動画において被写体に追従しながらピントを合わせ続ける機能（コンティニユアスAF）を備えたビデオカメラが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2004-294788号公報

特許文献2：特開平10-239579号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 内視鏡の拡大観察においては、被写体の拍動等により対物レンズ先端から被写体までの距離（被写体距離）を一定に保つことが難しい。このため、ユーザーがシングルAFにより一時的に被写体にピントを合わせても、被写体距離の変動により被写体がボケることでユーザーの観察に支障をきたす。このような不具合を解決するには、前述の特許文献2のようなコンティニユアスAFを行うことが望ましいが、特許文献2のようにコントラスト値から合焦方向を検出する場合は、ウォブリング時に画像のちらつきといった違和感のない画像を取得するため、フォーカスレンズの移動による画角の変動をできるだけ抑える必要がある。このため、前述のズーム機能を備えた内視鏡システムのように、可動レンズの移動により画角とベスト被写体距離を同時に調整するような光学系では、可動レンズをフォーカスレンズとみなしてウォブリングさせることは困難である。

[0008] ズーム機能とコンティニユアスAFを同時に実現するには、例えば主に光学倍率を調整するズームレンズと、主に光学系の焦点位置（例えば合焦状態における物体の位置である合焦物体位置）を調整するフォーカスレンズをそれぞれ備えた光学系を採用し、これらを独立に制御するといった構成が考えられる。しかしこのような構成においては、レンズやレンズを移動させるた

めのアクチュエータといった撮像部の構成要素が増加するため、撮像部が大型化すると共にコストも増加するという課題があった。

[0009] 本発明の幾つかの態様によれば、画角の変更に伴い合焦被写体距離が変更される撮像光学系において、位相センサからの位相情報に基づいて合焦制御を行うことで、合焦動作時に取得される画像のちらつき等を抑止する撮像装置、内視鏡装置及び撮像装置の制御方法等を提供することができる。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の一態様は、画角と合焦被写体距離を同時に調整する可動レンズを含む撮像光学系と、撮像素子と、複数の位相センサと、前記複数の位相センサからの位相情報を取得する取得部と、前記可動レンズの位置を制御するレンズ制御部と、前記取得部で取得された前記位相情報に基づく位相差に基づいて、前記撮像光学系を通った光線による前記撮像素子上の像の合焦状態を実現するために必要な前記可動レンズの移動量を算出する移動量算出部と、を含み、前記レンズ制御部は、前記移動量算出部で算出された前記移動量に基づいて、前記可動レンズの位置を制御する撮像装置に係る。

[0011] 本発明の一態様では、可動レンズを移動させることで画角とともに合焦被写体距離も変更される撮像光学系において、位相センサからの位相情報に基づいて、可動レンズの移動量を算出し、算出した移動量に基づいて可動レンズの位置を制御する。よって、簡易な構成の撮像光学系を用いるため装置を小型化でき、且つ当該撮像光学系で位相情報以外の情報を用いた合焦動作時に発生しうる画像のちらつきを抑止すること等が可能になる。

[0012] 本発明の他の態様は、画角と合焦被写体距離を同時に調整する可動レンズを含む撮像光学系と、撮像素子と、複数の位相センサと、前記複数の位相センサからの位相情報を取得する取得部と、前記可動レンズの位置を制御するレンズ制御部と、前記取得部で取得された前記位相情報に基づく位相差に基づいて、前記撮像光学系を通った光線による前記撮像素子上の像の合焦状態を実現するために必要な前記可動レンズの移動量を算出する移動量算出部と、を含み、前記レンズ制御部は、前記移動量算出部で算出された前記移動量

に基づいて、前記可動レンズの位置を制御する内視鏡装置に係る。

[0013] 本発明の他の態様は、複数の位相センサからの位相情報を取得し、取得した前記位相情報に基づく位相差に基づいて、撮像光学系を通った光線による撮像素子上の像の合焦状態を実現するために必要な可動レンズの移動量を算出し、算出した前記移動量に基づいて、前記可動レンズの位置を制御し、前記可動レンズとして、前記撮像光学系に含まれ、画角と合焦被写体距離を同時に調整するレンズの制御を行う撮像装置の制御方法に係る。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図1は、第1の実施形態の撮像装置及びそれを含む内視鏡装置の構成例。

[図2]図2は、第2の実施形態の撮像装置及びそれを含む内視鏡装置の構成例。

[図3]図3は、第3の実施形態の撮像装置及びそれを含む内視鏡装置の構成例。

[図4]図4は、第1の実施形態のレンズ制御部の構成例。

[図5]図5は、第2の実施形態のレンズ制御部の構成例。

[図6]図6は、第3の実施形態のレンズ制御部の構成例。

[図7]図7は、固定焦点モード時の、可動レンズ位置、ベスト被写体距離及び被写界深度範囲の関係図。

[図8]図8は、操作部の構成例。

[図9]図9は、撮像光学系の構成例。

[図10]図10は、撮像素子上に位相センサが設けられる場合の撮像素子の構成例。

[図11]図11は、分割された瞳を通る光線と、各パラメータを説明する図。

[図12]図12は、可動レンズ位置とパラメータを対応付けるデータ構造の例。

[図13]図13は、可動レンズ位置とパラメータを対応付けるデータ構造の他の例。

発明を実施するための形態

[0015] 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、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。

[0016] 1. 本実施形態の手法

まず本実施形態の手法について説明する。拡大観察を行う内視鏡システムにおいては、撮像倍率が高いことに加え、被写体距離が短くなるため被写界深度が非常に狭くなる。被写界深度が非常に狭い状態では、ユーザー（ドクター等）が手動でピント合わせを行うことは困難となることから、1つの解決手法としてオートフォーカス（AF）を実行することが考えられる。

[0017] 撮像光学系の構成としては、1群駆動レンズと2群駆動レンズが考えられる。1群駆動レンズとは、1つのレンズ群を駆動することで倍率（画角）とフォーカス（ベスト被写体距離）を同時に調整するレンズ構成のことである。それに対して、2群駆動レンズとは、倍率を調整するレンズ群（ズームレンズ群）と、フォーカスを調整するレンズ群（フォーカスレンズ群）を備え、倍率とフォーカスを独立に調整するレンズ構成となる。制御の自由度は2群駆動レンズの方が高いが、1群駆動レンズは構成がシンプルのため、小型化が可能でありコストを抑えることもできるという利点がある。そのため、内視鏡システムにおいては1群駆動レンズを用いることが想定され、本実施形態においても1群駆動レンズを前提とする。

[0018] しかし、1群駆動レンズでAF（シングルAFでもよいが、基本的にコンティニュアスAFを考える）を行うと問題が生じる場合がある。AFの手法としてコントラストAFを用いた場合、ウォブリング等によりベスト被写体距離を小刻みに動かす必要がある。1群駆動レンズでは上述したように、ベスト被写体距離を動かすと倍率も変わってしまうため、AF動作中は撮像画像がちらつくことになり、ユーザーの観察に支障をきたす。

[0019] そこで本出願人は、内視鏡システムを想定した1群駆動レンズを含む撮像

装置において、位相センサからの位相情報を用いてAFを行う手法を提案する。位相情報を用いたAF（位相差AF）であれば、コントラストAFのウォブリングのような動作は必要ないため、撮像画像にちらつきが生じることもない。

[0020] 以下、第1の実施形態では基本的なシステム構成例を示すとともに、本手法において行われるパラメータ取得処理（後述するF、G、R等）や、AFの動作レート設定処理等について述べる。また、本手法は位相差AFを基本とするものの、位相差AFが効果的でない状況においてはコントラストAFを併用してもよい。その際、位相差AFが効果的であるか否かの判定はボケ指標を用いて行う。第2の実施形態では位相情報からボケ指標を求める手法を説明し、第3の実施形態ではコントラスト値をボケ指標として用いる手法を説明する。

[0021] 2. 第1の実施形態

本実施形態に係る撮像装置及びそれを含む内視鏡システムについて、図1を用いて説明する。本実施形態に係る内視鏡システムは、光源部100と、撮像部200と、処理部300と、表示部400と、外部I/F部500と、操作部600を備えている。

[0022] 光源部100は、白色光を発生する白色光源110と白色光をライトガイドファイバ210に集光するための集光レンズ120を備えている。

[0023] 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かつ湾曲可能に形成されている。撮像部200には、光源部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、該ライトガイドファイバにより先端まで導かれてきた光を拡散させて観察対象に照射する照明レンズ220と、観察対象から戻る反射光を結像する対物レンズ230と、対物レンズ230に含まれ画角とベスト被写体距離を同時に調整する可動レンズ240と、可動レンズ240を駆動するレンズ駆動部250と、結像された反射光を光電変換して画像を生成する撮像素子260を備えている。

[0024] 図9に本実施形態における対物レンズ230の一例を示す。この対物レン

ズは、従来のズーム機能を備えた内視鏡システムと同様に、可動レンズ240の位置をWIDE端からTELE端に移動させた場合に、画角が狭くなる（光学倍率が大きくなる）と共にベスト被写体距離（広義には合焦被写体距離）が短くなるような設計がなされている。

[0025] 本実施形態におけるレンズ駆動部250は、例えばボイスコイルモーター（以下、VCM）である。また、撮像素子260は例えば図10に示すようにベイア配列の撮像部を持つ撮像素子であり、撮像部の一部に位相センサS1群およびS2群を含むように構成されている。位相センサS1群およびS2群の詳細については後述する。

[0026] 処理部300はA/D変換部310及び320と、画像処理部330と、制御部340と、移動量算出部350と、レンズ制御部360を備えている。A/D変換部310は、撮像素子260から出力されるアナログの画像信号をデジタルの画像信号に変換して画像処理部330に出力する。画像処理部330は、A/D変換部310から出力された画像信号に対してホワイトバランス、補間処理（デモザイキング処理）、色変換、階調変換、ノイズリダクション等の画像処理を施し、表示部400に画像信号を出力する。表示部400は例えば液晶モニタであり、画像処理部330から出力される画像信号を表示する。

[0027] A/D変換部320は、撮像素子260の一部に設置された位相センサ領域S1およびS2から出力されるアナログの位相信号をデジタルの位相信号に変換して移動量算出部350に出力する。移動量算出部350はA/D変換部320から出力された位相信号から可動レンズ240の移動量を算出し、レンズ制御部360に出力する。移動量算出部350の詳細については後述する。

[0028] レンズ制御部360は、操作部600およびレンズ駆動部250と相互に接続されており、操作部600から出力される制御情報に従い、移動量算出部350から出力された移動量に基づいて可動レンズ240の位置を制御する。ここで可動レンズ240の位置xは例えば図9に示したように、対物レ

ンズ２３０を構成する各レンズのうち、可動レンズに対して被写体側に隣接するレンズの後端を基準とした場合の、可動レンズの先端の位置として定義すればよい。操作部６００およびレンズ制御部３６０の詳細については後述する。

[0029] 制御部３４０は、白色光源１１０、画像処理部３３０、外部Ｉ／Ｆ部５００と双方向に接続されており、外部Ｉ／Ｆ部５００からの入力情報に従ってこれらを制御する。外部Ｉ／Ｆ部５００は、内視鏡システムに対するユーザーからの入力等を行うためのインターフェースであり、撮影の開始／終了を行うためのスタートボタンや画像の明るさを調整するための露光量調整ボタン、その他の各種撮影条件や画像処理のパラメータを調整するための調整ボタンなどを含んで構成されている。

[0030] ここで図１０に示した撮像素子２６０の一部に設置された位相センサＳ１群およびＳ２群と、出力される位相信号の詳細について説明する。本実施形態における位相センサＳ１群およびＳ２群を構成する各画素Ｓ１およびＳ２は、例えば特開２０００－１５６８２３号公報の〔００７４〕から〔００８３〕にＳ１およびＳ２として記載された機能画素であり、それぞれが画素中心から左右に偏った開口部を持っている。これにより対物レンズ２３０の瞳を左右に分割した場合と同様の効果が得られるため、図１０で水平方向に複数配置されたＳ１群からの像信号とＳ２群からの像信号をそれぞれの瞳を通った光線の位相信号とみなすことができる。例えば対物レンズ２３０で結像された被写体の像位置が撮像素子の撮像面に一致する（ピントが合っている）場合は、Ｓ１群からの位相信号とＳ２群からの位相信号は一致し、像位置が撮像面の前方または後方にある（ピントが合っていない）場合は、Ｓ１群からの位相信号とＳ２群からの位相信号に位相差が生じることになる。本実施形態において、位相センサＳ１群およびＳ２群はたとえば撮像部の中央に一組だけ設置してもよいし、必要に応じて撮像部の任意の場所に複数組設置してもよい。

[0031] 次に、移動量算出部３５０における可動レンズ２４０の移動量の算出方法

について、図 1 1 を用いて説明する。図 1 1 は像位置が撮像面の後方に位置する場合の、分割された瞳を通る光線を示した図である。光線 1 は S 1 群に対応する瞳を通った光線であり、光線 2 は S 2 群に対応する瞳を通った光線である。ここでは像位置が撮像面とは異なる位置（後方）にあるため、S 1 群から出力される位相信号と S 2 群から出力される位相信号には S の位相差が存在する。ここで S は正負の値を持つベクトルであり、図 1 1 に矢印で示した方向が正である。なお、位相差 S の算出には公知の位相差 A F の技術を用いればよい。さらに撮像面から射出瞳位置までの距離を F、分割された瞳の重心間の距離を G、デフォーカス量を d とする。ここで d は正負の値を持つベクトルであり、図 1 1 に矢印で示した方向が正である。この時、下式（1）が成立するため、これを変形した下式（2）を用いてデフォーカス量 d を算出することができる。なお、像位置が撮像面の前方にある場合も同様である。さらにここでは、例えば、前出の特開 2 0 0 0-1 5 6 8 2 3 号公報の [0 1 0 8] か [0 1 1 0] に記載された手法でデフォーカス量 d を算出してもよい。

$$[0032] \quad G / (F + d) = S / d \quad \dots \dots (1)$$

$$d = F \cdot S / (G - S) \quad \dots \dots (2)$$

本実施形態における移動量算出部 3 5 0 は、例えば画像信号と同じ周期で位相差センサ S 1 群および S 2 群から順次出力される位相信号に対して、上式（2）で算出したデフォーカス量 d から合焦状態を実現するために必要な可動レンズ 2 4 0 の移動量を算出し、算出した移動量をレンズ制御部 3 6 0 に順次出力する。移動量の算出は、例えば予め対物レンズ 2 3 0 の設計データから、可動レンズ 2 4 0 の移動量と像位置の移動量の比 R を下式（3）で算出しておき、下式の（4）で移動量 D を算出すればよい。

$$[0033] \quad R = \text{可動レンズの移動量} / \text{像位置の移動量} \quad \dots \dots (3)$$

$$D = -R \cdot d \quad \dots \dots (4)$$

また、例えば可動レンズ 2 4 0 の位置 x により、可動レンズ 2 4 0 の移動量と像位置の移動量の比 R の値が変化する場合、可動レンズの位置 x n と

これに対応する R_n の値を図12に示すようなLUT（ルックアップテーブル）として予め作成しておき、位相センサ S_1 群および S_2 群から位相信号が出力されたタイミングにおける可動レンズ240の位置 x_n に対応する R_n を上式（4）の R として使用することで移動量 D を算出することができる。

[0034] さらに、例えば可動レンズ240の位置 x により図11に示した撮像面と射出瞳の距離 F や瞳の重心間の距離 G も変化する場合は、図13に示すように、可動レンズ240の位置 x_n に対応する F_n および G_n の値を加えたLUTを予め作成しておく。そして、まず位相センサ S_1 群および S_2 群から位相信号が出力されたタイミングにおける可動レンズ240の位置 x_n に対応する F_n および G_n の値を、上式（2）の F および G として使用することでデフォーカス量 d_n を算出する。その後、算出した d_n と可動レンズ240の位置 x_n に対応する R_n を上式（4）の d と R として使用することで移動量 D を算出することができる。なお、図13にテーブルで示したパラメータのうち、可動レンズ240の位置による変化が無視できるほど小さいものについては、考慮する必要がないことは言うまでもない。また、ここでは述べていない移動量を算出するためのパラメータについても、可動レンズ240の位置による変化が大きい場合は、前述の各パラメータ同様にLUTに追加して使用してもよい。

[0035] ここで移動量算出部350は、例えば位相センサ S_1 群および S_2 群から順次出力される位相信号のすべてに対して移動量の算出及び出力を行ってもよいし、例えば任意の周期で位相信号をサンプリングしたうえで移動量の算出及び出力を行ってもよい。後者の場合、画像信号が出力されるよりも長い周期で、移動量算出部350から移動量が出力されることになる。

[0036] 次に操作部600、移動量算出部350、レンズ制御部360の詳細について説明する。図8に本実施形態における操作部600の一例を示す。本実施形態において、操作部600は例えば撮像部200と一体化して構成されており、ズームレバー610とAFボタン620を備えている。ズームレバ

ー 6 1 0 は、例えば一定の範囲を連続的に動作させることが可能であり、ユーザーはズームレバー 6 1 0 を動かすことで、可動レンズ 2 4 0 の位置を W I D E 端から T E L E 端まで連続的に調整することができる。具体的には、例えば操作部 6 0 0 は、ズームレバー 6 1 0 の位置情報をレンズ制御部 3 6 0 に出力する。レンズ制御部 3 6 0 は予め設定されたルックアップテーブル等を用いてズームレバー 6 1 0 の位置情報を可動レンズ 2 4 0 の位置情報に対応付け、可動レンズ 2 4 0 の位置情報をレンズ駆動部 2 5 0 に出力する。レンズ駆動部 2 5 0 は、レンズ制御部 3 6 0 から出力された位置情報に基づいて、可動レンズ 2 4 0 を駆動する。また、操作部 6 0 0 は例えば A F ボタン 6 2 0 が押されるたびに、A F の開始／終了信号を交互にレンズ制御部 3 6 0 に出力する。

[0037] 図 4 に本実施形態におけるレンズ制御部 3 6 0 の一例を示す。レンズ制御部 3 6 0 は、観察モード判定部 3 6 1 と、レンズ位置決定部 3 6 2 を備えている。観察モード判定部 3 6 1 は、操作部 6 0 0 から出力された A F の開始／終了情報に基づいて観察モードを決定し、レンズ位置決定部 3 6 2 に観察モード情報を出力する。具体的には、観察モード判定部 3 6 1 は操作部 6 0 0 から A F の開始信号が出力されていない場合には固定焦点モードを選択し、操作部 6 0 0 から A F の開始信号が出力された場合は、A F モードを選択する。レンズ位置決定部 3 6 2 は、観察モード判定部 3 6 1 で固定焦点モードが選択された場合は、前述のズームレバー 6 1 0 の位置情報に対応づけられた可動レンズ 2 4 0 の位置情報をレンズ駆動部 2 5 0 に出力する。レンズ駆動部 2 5 0 は、出力された位置情報に基づいて可動レンズ 2 4 0 の位置を調整する。

[0038] 図 7 は本実施形態において固定焦点モードが選択された場合の、可動レンズ 2 4 0 の位置とそれに対応するベスト被写体距離、および被写界深度範囲を示している。なお本実施形態では、ズームレバー 6 1 0 を操作することで可動レンズ 2 4 0 の位置を連続的に移動させることが可能であるが、ここでは説明を分かりやすくするため段階的に移動させた場合を示している。本実

施形態では固定焦点モードが選択された場合、ズームレバーの操作により従来のズーム機能を備えた内視鏡システムと同様のベスト被写体距離、および被写界深度を実現するように可動レンズ240の位置を制御している。

[0039] また、レンズ位置決定部362は、観察モード判定部361でAFモードが選択された場合、移動量算出部350から出力された移動量に基づいて可動レンズ240の移動後の位置情報を算出し、レンズ駆動部250に出力する。レンズ駆動部250は、出力された位置情報に基づいて可動レンズ240の位置を調整する。このような動作により、本実施形態ではAFモードが選択された場合、可動レンズの位置を調整することで被写体にピントを合わせることが可能になる。

[0040] レンズ位置決定部362は、例えば一度だけ合焦動作を行った時点でAF動作を終了してもよいし、観察モード判定部361からAFの終了信号が出力されるまではAF動作を継続してもよい。AF動作を継続したい場合、レンズ位置決定部362は移動量算出部350から周期的に出力される移動量に対応する可動レンズ240の位置情報を、レンズ駆動部250に順次出力すればよい。レンズ駆動部250は、レンズ位置決定部362から順次出力された位置情報に基づいて可動レンズ240の位置を調整する。このような動作を行うことで、本実施形態における内視鏡システムは、被写体距離が変動した場合も被写体に追従しながらピントを合わせ続けることが可能になる。これまでに述べたように、本実施形態における内視鏡システムは、1つの可動レンズでズーム機能とコンティニユアスAFを実現できるため、撮像部の小型化と低コスト化を実現することが可能になる。

[0041] また、本実施形態では可動レンズ240の位置により画角も変化するため、画像信号と同じ周期で合焦動作を行った場合は画像がちらつき観察に支障をきたすことも予想される。この場合、前述のように移動量算出部350は任意の周期で位相信号をサンプリングし、サンプリング後の周期で移動量をレンズ位置決定部362に出力すればよい。これにより本実施形態における内視鏡システムは、任意の周期で合焦動作をおこなうことのできるため、画像

のちらつきを抑えながら被写体に追従してピントを合わせ続けることが可能になる。

[0042] 以上の本実施形態では、撮像装置は図1に示したように、画角と合焦被写体距離を同時に調整する可動レンズ240を含む撮像光学系と、撮像素子260と、複数の位相センサ（図10のS1、S2）と、当該複数の位相センサからの位相情報を取得する取得部（A/D変換部320に相当）と、可動レンズ240の位置を制御するレンズ制御部360と、取得部で取得された位相情報から求められる位相差に基づいて、合焦状態の実現に必要な可動レンズ240の移動量を算出する移動量算出部350とを含む。そして、レンズ制御部360は、移動量算出部350で算出された移動量に基づいて、可動レンズ240の位置を制御する。なお合焦状態とは、撮像光学系を通った光線による撮像素子260上の像についての合焦状態を指すものとする。

[0043] ここで、本実施形態における撮像光学系は例えば図9に示すような構成であり、可動レンズ240を駆動することで、画角と合焦被写体距離を同時に調整する。ここで、可動レンズ240は1枚のレンズ、又は複数枚のレンズからなるレンズ群であることを想定しており、「画角と合焦被写体距離を同時に調整する」とは、当該可動レンズを動かすことで、画角と合焦被写体距離の両方が変動することを表す。なお、合焦被写体距離とは、撮像素子260において、撮像光学系を介した光が結像することによる被写体像が合焦状態にある場合の、撮像光学系からの被写体までの距離のことである。ただし、光が撮像素子260上において一点に収束しなかったとしても、その大きさが許容錯乱円よりも小さければ合焦状態にあると見なせることから、合焦被写体距離はある程度の幅を持つことになる。本実施形態における合焦被写体距離は、このような幅を持つ値であってもよいが、狭義にはベスト被写体距離であるものとし、ベスト被写体距離とは、撮像光学系を介した光が、撮像素子260上において収束する領域が最も小さい場合における、撮像光学系からの被写体までの距離を表すものとする。

[0044] これにより、図9に示したようなレンズ構成（1群駆動レンズ）を用いた

場合にも、合焦制御（A F、オートフォーカス）を適切に行うことが可能になる。A Fにおいて広く用いられている手法であるコントラストA Fでは、フォーカスを小刻みに変化させることで複数のコントラスト値を取得し、取得したコントラスト値の極大値を求める。しかし、1群駆動レンズを用いた場合、フォーカスの変化に伴い画角が変化してしまうため、取得画像にちらつきが生じてしまう。特に、継続的にA Fを実行するコンティニユアスA Fの場合にはちらつきによる影響が顕著である。そこで本実施形態では、位相センサからの位相情報を用いた合焦制御（位相差A F）を行うことで、取得画像でのちらつきを抑止する。

[0045] また、移動量算出部350は、位相センサからの位相情報と、位相情報が取得されたタイミングにおける可動レンズ240の位置に基づいて、可動レンズ240の移動量を算出してもよい。

[0046] これにより、位相情報だけでなく、当該位相情報が取得されたタイミングでの可動レンズ240の位置も考慮した移動量の算出処理が可能になる。位相情報に基づいた合焦制御とは、狭義には位相差A Fのことであり、位相差A Fでは瞳を分割して、分割したそれぞれの瞳からの像のずれを位相差として求める。ここで、瞳とは光学系の外から見た絞りの像のことであり、本実施形態では、このうち像側から見た瞳である射出瞳を主に考える。像側から見た場合、図11に示すように被写体からの光線は射出瞳の位置から照射されているように見えることになる。このように、瞳は光学的な条件に基づいて仮想的に設定されるものであるから、可動レンズ240の位置が変われば瞳の位置等も変わる可能性がある。よって、本実施形態での合焦制御を適切に行うためには、位相情報だけでなく、合焦動作時の光学的な状況、特に可動レンズ240の位置を用いるとよい。

[0047] また、移動量算出部350は、位相情報が取得されたタイミングにおける可動レンズ240の位置に基づいて、1つ以上のパラメータを変更してもよい。そして、変更されたパラメータと位相情報に基づいて、可動レンズ240の移動量を算出する。具体的には、パラメータとして、撮像素子260か

ら瞳位置までの距離情報、分割された瞳の重心間距離情報、及び撮像素子260から像位置までの距離に対する移動量の比率情報の少なくとも1つを用いることが考えられる。

[0048] これにより、可動レンズ240の位置に基づいてパラメータを変更し、当該パラメータを用いた移動量の算出が可能になる。ここで、パラメータとは位相情報から可動レンズ240の移動量Dを求める際に必要となるデータのことであり、特に可動レンズ240の位置に応じて数値が変化するものを指す。例えば本実施形態では、図11に示したように、位相センサ群S1で取得した像と位相センサ群S2で取得した像のずれを、位相差Sとして取得し、取得した位相差Sから可動レンズ240の移動量Dを求めることになる。その際、図11の例では、撮像面から射出瞳位置までの距離Fや、瞳の重心間距離Gを用いて撮像面から像位置までの距離dを求め、さらにdからDへ変換するために比率を表す値Rを取得しなくてはならない。ここで、F、G、Rは可動レンズ240の位置に応じて値が変化するものであるから、これらが本実施形態におけるパラメータとして用いることが考えられる。ここで、F、G、R等は可動レンズ240の位置xの関数として表されてもよいし、図13のようにルックアップテーブル等の形で保持されてもよい。また、ここで挙げたパラメータは一例であり、他のパラメータを用いて移動量を算出してもよい。

[0049] また、撮像光学系は、可動レンズ240が広角端から望遠端に移動するに従って、画角及び合焦被写体距離が単調減少する光学系であってもよい。

[0050] これにより、図7に示したような撮像光学系を実現することが可能になる。つまり、可動レンズ240の位置を広角側から望遠側に移動させるほど、合焦被写体距離（ベスト被写体距離）は小さくなる。つまり、被写界深度範囲はより撮像光学系に近い位置に設定される（撮像光学系に近い位置に焦点が合う）ことになる。特に内視鏡装置等では、可動レンズ240を望遠側に移動させる（ズーム倍率を上げる）場合には、拡大観察を行うことが想定され、その場合には、挿入部（撮像部200）の先端も観察対象となる被写体

に近づけることでさらに被写体を拡大することが一般的である。つまり、可動レンズ 240 を望遠側に移動させるほど、撮像光学系と被写体との距離が小さくなることが想定されるため、図 7 に示したような光学系を用いることで、ピントが合いやすくなるという利点がある。

[0051] また、取得部は、撮像素子の画素配列の一部に設置された位相センサから位相情報を取得してもよい。

[0052] これにより、図 10 に示したような構成の撮像素子を用いることが可能になる。撮像素子とは別に位相センサを設けた場合、当該位相センサに対して被写体からの反射光を入射させるためのレンズが必要となる。そのため、撮像光学系の構成が複雑になり、小型化が難しくなる上、コストも高くなる。特に内視鏡装置では、撮像光学系が小型化できないと、生体に挿入する部分が大きくなってしまい好ましくない。よって、図 10 のような構成を用いることで、撮像光学系の小型化、低コスト化を図るとよい。

[0053] また、レンズ制御部 360 は、取得部において撮像素子から画像情報が取得される周期と同じ周期で、可動レンズ 240 の位置を制御してもよい。或いは、取得部において撮像素子から画像情報が取得される周期よりも長い周期で、可動レンズ 240 の位置を制御してもよい。

[0054] これにより、可動レンズ 240 の位置の制御レートを、画像情報の取得レートと同等にすることも可能になるし、画像情報の取得レートよりも低くすることも可能になる。画像情報の取得タイミングと同じタイミングで位相情報を取得しているため、画像上の取得周期と同じ周期での可動レンズ 240 の位置制御は可能である。このようにした場合、高レートで合焦制御が行われることになるため、被写体に対してピントが合っている可能性を高くすることができる。一方、画像情報の取得レートが高い場合等では、同じレートで可動レンズ 240 の位置を制御しようとしても、レンズ駆動部 250 における機械的な制御が困難であることも考えられる。また、高レートの可動レンズ位置制御を行うと、可動レンズ 240 の位置が頻繁に変化する可能性があり、1 群駆動レンズではちらつきの発生要因となる。その場合には、画像

情報の取得周期よりも長い周期で可動レンズ 240 の位置を制御すればよい。こうすることで、画像情報によっては合焦制御が不十分な画像が生じる可能性はあるが、レンズ駆動部 250 での制御も容易になり、また取得した位相情報全てに対して処理を行う必要がないため、処理負荷を軽減することもできる。さらに、頻繁な可動レンズ 240 の移動を抑止できるため、画像のちらつきも低減できる。

[0055] また、レンズ制御部 360 は、可動レンズ 240 の位置の制御としてコンティニユアス A F を実行する制御を行ってもよい。

[0056] これにより、A F としてコンティニユアス A F を実行することが可能になる。動画像を取得するような場合（特に内視鏡装置であれば、効率的な生体内観察を行うために取得画像が動画像である可能性が高い）には、コンティニユアス A F による継続的な合焦制御が効果的である。通常、1 群駆動レンズが前提とした場合、コンティニユアス A F はちらつきによる影響が顕著となるため、実現が困難であるが、本実施形態の手法であれば、ちらつきの影響を抑止できるため、コンティニユアス A F を効果的に実現することができる。

[0057] また、可動レンズの移動範囲における広角端と望遠端の間の位置に基準点を設定した場合を考える。その際、レンズ制御部 360 は、可動レンズが当該基準点に対して望遠側に位置する場合に、移動量算出部 350 で算出された移動量に基づいて、可動レンズの位置を制御してもよい。

[0058] ここで、可動レンズ 240 が基準点に対して望遠側にある場合に、可動レンズ 240 の位置制御（つまり合焦制御・A F 動作）を行うものとしたが、可動レンズ 240 が基準点に対して広角側にある場合には、A F 動作は行ってもよいし、行わなくてもよい。ただし、可動レンズ 240 が広角側にある場合には、望遠側にある場合に比べて被写界深度が広く、ユーザーが手動でピント調整を行うことが可能であることが考えられるため、広角側では A F 動作は行わないものとして実装されてもよい。この場合、例えば観察モード判定部 361 が可動レンズ 240 の位置を取得するような構成とし、可動レ

レンズ240が基準点よりも広角側にある場合にレンズ制御部360は固定焦点モードを選択し、可動レンズ240が基準点よりも望遠側にある場合にレンズ制御部360はAFモードを選択するといった制御を行えばよい。

[0059] これにより、可動レンズ240の位置に基づいて、合焦動作（AF動作）を行うか否かを決定することが可能になる。上述の例では、図8に示したAFボタン620を操作することでAF動作が開始されることになる。つまり、AF動作を行うか否かはユーザーが判断する必要があった。可動レンズ240の位置に基づいてAF動作を行うか否かを決定することができれば、ユーザーが自ら判断する必要がなく、またAF動作を実行する際にAFボタン620等を操作する必要もないため、ユーザーにとって使いやすいシステムを実現することができる。望遠側でAF動作を実行する理由としては、可動レンズ240が望遠側に行くほど（ズーム倍率が上がるほど）被写界深度が狭くなるため、手動でのピント合わせが困難になることが挙げられる。また、図7のようなレンズでは可動レンズ240が望遠側に行くほどベスト被写体距離が短くなる。ベスト被写体距離が短くなることでも被写界深度は狭くなるため、図7のようなレンズではさらに手動でのピント合わせが困難になり、AF動作を実行する利点が大きくなる。

[0060] また、以上の本実施形態は、画角と合焦被写体距離を同時に調整する可動レンズ240を含む撮像光学系と、撮像素子260からの画像情報及び位相センサからの位相情報を取得する取得部（A/D変換部310及びA/D変換部320に相当）と、可動レンズ240の位置を制御するレンズ制御部360と、取得部で取得された位相情報に基づいて、可動レンズ240の移動量を算出する移動量算出部350とを含む内視鏡装置にも適用できる。そして、レンズ制御部360は、移動量算出部350で算出された移動量に基づいて、可動レンズ240の位置を制御する。

[0061] これにより、撮像装置だけではなく、内視鏡装置においても本実施形態の処理を実行することが可能になる。内視鏡装置では、撮像部200を生体内に挿入するため、撮像部200を小型化することが好ましく、簡素な構成で

ある 1 群駆動レンズ（図 9）を用いる利点大きい。その際、用途として病変部の発見・観察や、器具を用いた生体への処置が想定されることから、ユーザー（ドクター）に提示する画像にちらつき等が生じることは極力抑えなくてはならない。よって、本実施形態の手法を用いることで、撮像素子 200 の小型化と、画像のちらつき等の抑止の両方が可能になり、ドクター及び被験者にとって好ましい内視鏡装置を実現することができる。

[0062] 3. 第 2 の実施形態

本実施形態に係る撮像装置及びそれを含む内視鏡システムについて、図 2 を用いて説明する。

[0063] 本実施形態における処理部 300 は A/D 変換部 310 及び 320 と、画像処理部 330 と、制御部 340 と、移動量算出部 350 と、レンズ制御部 360 と、コントラスト値算出部 370 と、ボケ指標算出部 380 を備えている。A/D 変換部 310 は、撮像素子 260 から出力されるアナログの画像信号をデジタルの画像信号に変換して画像処理部 330 とコントラスト値算出部 370 に出力する。コントラスト値算出部 370 は、例えば A/D 変換部 310 から出力された画像信号の高周波成分を検出してコントラスト値を算出し、コントラスト値をレンズ制御部 360 に出力する。

[0064] A/D 変換部 320 は、撮像素子 260 の一部に設置された位相センサ S1 および S2 から出力されるアナログの位相信号をデジタルの位相信号に変換してボケ指標算出部 380 に出力する。ボケ指標算出部 380 は、例えば A/D 変換部 320 から出力された位相信号の高周波成分を検出してボケ指標を算出し、ボケ指標をレンズ制御部 360 に出力する。ここでボケ指標とは、位相信号のボケ具合を表す指標であり、位相信号がボケて高周波成分が少なくなるほど小さな値となる。さらにボケ指標算出部 380 は、A/D 変換部 320 から出力された位相信号をそのまま移動量算出部 350 に出力する。その他の部分については、第 1 の実施形態と同様である。

[0065] 次に本実施形態におけるレンズ制御部 360 の詳細について、図 5 を用いて説明する。本実施形態におけるレンズ制御部 360 は、観察モード判定部

３６１と、レンズ位置決定部３６２と、ＡＦモード判定部３６３を備えている。観察モード判定部３６１は、操作部６００から出力されたＡＦの開始／終了情報に基づいて観察モードを決定し、ＡＦモード判定部３６３に観察モード情報を出力する。具体的には、観察モード判定部３６１は第１の実施形態と同様に、操作部６００からＡＦの開始信号が出力されていない場合には固定焦点モードを選択し、操作部６００からＡＦの開始信号が出力された場合は、ＡＦモードを選択する。ＡＦモード判定部３６３は、観察モード判定部３６１で固定焦点モードが選択された場合は固定焦点モードを選択し、そのままレンズ位置決定部３６２に出力する。またＡＦモード判定部３６３は、観察モード判定部３６１でＡＦモードが選択された場合は、ボケ指標算出部３８０から出力されるボケ指標を用いてＡＦモードを決定し、ＡＦモード情報をレンズ位置決定部３６２に出力する。具体的には、ＡＦモード判定部３６３は例えばボケ指標算出部３８０から出力されるボケ指標が閾値以下の場合はコントラストＡＦモードを選択し、閾値以上の場合は位相差ＡＦモードを選択する。

[0066] レンズ位置決定部３６２は、ＡＦモード判定部３６３で固定焦点モードおよび位相差ＡＦモードが選択された場合は、第１の実施形態の固定焦点モードおよびＡＦモードが選択された場合と同様の動作を行う。またレンズ位置決定部３６２は、ＡＦモード判定部３６３でコントラストＡＦモードが選択された場合、まずコントラスト値算出部３７０から出力されるコントラスト値に基づいて、公知のコントラストＡＦ技術と同様に可動レンズ２４０を制御することで合焦動作を行う。これは位相信号のボケ具合が大きい（ボケ指標が小さい）場合は位相差の算出が困難になるためであり、このような制御を行うことで、確実に被写体にピントを合わせることが可能になる。一度コントラストＡＦで被写体にピントを合わせた後は、ボケ指標算出部３８０で算出されるボケ指標が十分大きくなることでＡＦモード判定部３６３では位相差ＡＦモードが選択されるため、レンズ位置決定部３６２は第１の実施形態のＡＦモードと同様の動作を行い、被写体に追従しながらピントを合わせ

続けることが可能になる。これにより、本実施形態ではAF動作開始時もしくはAF動作中に画像が大きくボケた場合も、合焦動作を継続することが可能になる。

[0067] 以上の本実施形態では、撮像装置は図2に示したように、画像情報におけるコントラスト値を算出するコントラスト値算出部370を含む。そして、レンズ制御部360は、位相情報に基づいて可動レンズ240の位置を制御する位相モードと、コントラスト値に基づいて可動レンズ240の位置を制御するコントラストモードを切り替え可能に制御する。

[0068] これにより、位相情報を用いた可動レンズ240の位置の制御（位相モードであり、狭義には位相差AF）と、コントラスト値を用いた可動レンズ240の位置の制御（コントラストモードであり、狭義にはコントラストAF）を切り替え可能に制御することが可能になる。つまり、状況に応じて位相モードを用いることもできるし、コントラストモードを用いることもできる。ただし、第1の実施形態で説明したとおり、1群駆動レンズを前提とした場合、コントラストモードは画像のちらつき等が生じるため好ましくない。よって、位相モードが効果的でない状況でコントラストモードを用い、そうでない場合は位相モードを用いることが考えられる。

[0069] また、撮像装置は図2に示したように、画像情報により表される画像のボケの程度を表すボケ指標を算出するボケ指標算出部380を含んでもよい。そして、レンズ制御部360は、ボケ指標に基づいて、位相モードとコントラストモードを切り替える制御を行う。

[0070] これにより、位相モードとコントラストモードをボケ指標に基づいて切り替えることが可能になる。位相モード（狭義には位相差AF）では、異なる射出瞳から射出された複数の像のずれ（狭義には位相差）を用いることが考えられる。つまり、位相モードが効果的でない状況として、具体的には前記複数の像が、ずれの判定が行えないほどにぼけてしまっているという状況が考えられる。位相センサでの位相信号の信号値が、ある位置では大きく、異なる位置では小さくなるといったように、信号の分布（信号波形）に特徴が

あれば、第1の射出瞳から射出された光による第1の像と、第2の射出瞳から射出された光による第2の像の空間的な位置ずれは容易に判別できる。しかし、ボケの程度が大きいと、信号値の上ピークと下ピークの差が小さくなり、平坦な信号波形になってしまう。平坦なもの同士を比較しても、どの程度の位置ずれが生じているかの判定は難しく、そのような状況では位相情報による合焦制御を行うことは困難である。よって、ボケ指標を用いることで、位相モードとコントラストモードを効果的に切り替えることが可能になる。狭義にはボケ指標によりボケの程度が大きいと判定されたときにはコントラストモードを用い、ボケの程度が小さいと判定されたときには位相モードを用いることが考えられる。

[0071] また、ボケ指標算出部380は、位相センサから出力される位相情報に基づいてボケ指標を算出してもよい。

[0072] これにより、位相情報からボケ指標を算出することが可能になる。位相情報も被写体の像を表す信号を取得するものであるから、当該信号値に基づいてボケの程度を判定することは可能である。具体的には、上述したように信号波形が平坦であるか否かの判定を行えばよく、例えば位相情報の高周波成分を抽出し、当該高周波成分をボケ指標としてもよい。

[0073] 4. 第3の実施形態

本実施形態に係る撮像装置及びそれを含む内視鏡システムについて、図3を用いて説明する。

[0074] 本実施形態における処理部300はA/D変換部310及び320と、画像処理部330と、制御部340と、移動量算出部350と、レンズ制御部360と、コントラスト値算出部370を備えている。本実施形態においては、図3に示したように、コントラスト値算出部370がボケ指標算出部（図2におけるボケ指標算出部380に対応）を兼ねることになる。つまり、後述するようにボケ指標として位相情報ではなくコントラスト値を用いる点が第2の実施形態とは異なる。

[0075] A/D変換部310は、撮像素子260から出力されるアナログの画像信

号をデジタルの画像信号に変換して画像処理部 330 とコントラスト値算出部 370 に出力する。コントラスト値算出部 370 は、例えば A/D 変換部 310 から出力された画像信号の高周波成分を検出してコントラスト値を算出し、コントラスト値をレンズ制御部 360 に出力する。コントラスト値は、画像信号のボケ具合を表す指標であり、画像信号がボケて高周波成分が少なくなるほど小さな値となる。その他の部分については、第 1 の実施形態と同様である。

[0076] 次に本実施形態におけるレンズ制御部 360 の詳細について、図 6 を用いて説明する。本実施形態におけるレンズ制御部 360 は、観察モード判定部 361 と、レンズ位置決定部 362 と、AF モード判定部 363 を備えている。観察モード判定部 361 は、操作部 600 から出力された AF の開始／終了情報に基づいて観察モードを決定し、AF モード判定部 363 に観察モード情報を出力する。具体的には、観察モード判定部 361 は第 1 の実施形態と同様に、操作部 600 から AF の開始信号が出力されていない場合には固定焦点モードを選択し、操作部 600 から AF の開始信号が出力された場合は、AF モードを選択する。AF モード判定部 363 は、観察モード判定部 361 で固定焦点モードが選択された場合は固定焦点モードを選択し、そのままレンズ位置決定部 362 に出力する。また AF モード判定部 363 は、観察モード判定部 361 で AF モードが選択された場合は、コントラスト値算出部 370 から出力されるコントラスト値を用いて AF モードの内容（コントラスト AF モードか、位相差 AF モードか）を決定し、AF モード情報をレンズ位置決定部 362 に出力する。具体的には、AF モード判定部 363 は例えばコントラスト値算出部 370 から出力されるコントラスト値が閾値以下の場合はコントラスト AF モードを選択し、閾値以上の場合は位相差 AF モードを選択する。

[0077] レンズ位置決定部 362 は、AF モード判定部 363 で固定焦点モードおよび位相差 AF モードが選択された場合は、第 1 の実施形態の固定焦点モードおよび AF モードが選択された場合と同様の動作を行う。またレンズ位置

決定部 362 は、AF モード判定部 363 でコントラスト AF モードが選択された場合、まずコントラスト値算出部 370 から出力されるコントラスト値に基づいて、公知のコントラスト AF 技術と同様に可動レンズ 240 を制御することで合焦動作を行う。これは、位相信号のボケ具合が大きい場合は位相差の算出が困難になるためであり、このような制御を行うことで、確実に被写体にピントを合わせることが可能になる。なお、コントラスト値は位相信号のボケ具合と相関を持つため、本実施形態ではコントラスト値により位相信号のボケ具合を判断している。一度コントラスト AF で被写体にピントを合わせた後は、コントラスト値が十分大きくなることで AF モード判定部 363 では位相差 AF モードが選択されるため、レンズ位置決定部 362 は第 1 の実施形態の AF モードと同様の動作を行い、被写体に追従しながらピントを合わせ続けることが可能になる。これにより、本実施形態では AF 動作開始時もしくは AF 動作中に画像が大きくボケた場合も、合焦動作を継続することが可能になる。

[0078] 以上の本実施形態では、ボケ指標算出部（本実施形態においては図 3 に示すようにコントラスト値算出部 370 がボケ指標算出部の処理を行うことになる）は、コントラスト値算出部 370 で算出されるコントラスト値に基づいてボケ指標を算出する。

[0079] これにより、コントラスト値からボケ指標を算出することが可能になる。コントラスト値は例えば画像の高周波成分等から求められるものであり、合焦の度合いの判定にも用いることができるのであるから、コントラスト値からボケの程度を求めることが可能である。具体的には、コントラスト値をそのままボケ指標として用いてもよい。

[0080] 以上、本発明を適用した 3 つの実施の形態 1 ～ 3 およびその変形例について説明したが、本発明は、各実施の形態 1 ～ 3 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、上記した各実施の形態 1 ～ 3 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、各実施の形態１～３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。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と共に記載された用語は、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。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。

符号の説明

[0081] １００ 光源部、１１０ 白色光源、１２０ 集光レンズ、２００ 撮像部、
２１０ ライトガイドファイバ、２２０ 照明レンズ、２３０ 対物レンズ、
２４０ 可動レンズ、２５０ レンズ駆動部、２６０ 撮像素子、３００ 処理部、
３１０、３２０ A／D変換部、３３０ 画像処理部、３４０ 制御部、
３５０ 移動量算出部、３６０ レンズ制御部、３６１ 観察モード判定部、
３６２ レンズ位置決定部、３６３ モード判定部、３７０ コントラスト値算出部、
３８０ ボケ指標算出部、４００ 表示部、５００ 外部Ｉ／Ｆ部、６００ 操作部、
６１０ ズームレバー、６２０ A F ボタン

請求の範囲

- [請求項1] 画角と合焦被写体距離を同時に調整する可動レンズを含む撮像光学系と、
撮像素子と、
複数の位相センサと、
前記複数の位相センサからの位相情報を取得する取得部と、
前記可動レンズの位置を制御するレンズ制御部と、
前記取得部で取得された前記位相情報に基づく位相差に基づいて、前記撮像光学系を通った光線による前記撮像素子上の像の合焦状態を実現するために必要な前記可動レンズの移動量を算出する移動量算出部と、
を含み、
前記レンズ制御部は、
前記移動量算出部で算出された前記移動量に基づいて、前記可動レンズの位置を制御す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、
前記移動量算出部は、
前記位相センサからの前記位相情報と、前記位相情報が取得されたタイミングにおける前記可動レンズの位置に基づいて、前記可動レンズの前記移動量を算出することを特徴とする撮像装置。
- [請求項3] 請求項2において、
前記移動量算出部は、
前記位相情報が取得されたタイミングにおける前記可動レンズの位置に基づいて、1つ以上のパラメータを変更し、変更された前記パラメータと前記位相情報に基づいて、前記可動レンズの前記移動量を算出することを特徴とする撮像装置。
- [請求項4] 請求項3において、
前記移動量算出部は、

前記パラメータとして、前記撮像素子から瞳位置までの距離情報、分割された瞳の重心間距離情報、及び前記撮像素子から像位置までの距離に対する前記移動量の比率情報の少なくとも1つを変更し、変更された前記パラメータと前記位相情報に基づいて、前記可動レンズの前記移動量を算出することを特徴とする撮像装置。

[請求項5]

請求項1において、

前記画像情報におけるコントラスト値を算出するコントラスト値算出部を含み、

前記レンズ制御部は、

前記位相情報に基づいて前記可動レンズの位置を制御する位相モードと、前記コントラスト値に基づいて前記可動レンズの位置を制御するコントラストモードを切り替える制御を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、

前記画像情報により表される画像のボケの程度を表すボケ指標を算出するボケ指標算出部を含み、

前記レンズ制御部は、

前記ボケ指標に基づいて、前記位相モードと前記コントラストモードを切り替える制御を行うことを特徴とする撮像装置。

[請求項7]

請求項6において、

前記ボケ指標算出部は、

前記位相センサから出力される前記位相情報に基づいて前記ボケ指標を算出することを特徴とする撮像装置。

[請求項8]

請求項6において、

前記ボケ指標算出部は、

前記コントラスト値算出部で算出される前記コントラスト値に基づいて前記ボケ指標を算出することを特徴とする撮像装置。

[請求項9]

請求項1において、

前記撮像光学系は、前記可動レンズが広角端から望遠端に移動するに従って、前記画角及び前記合焦被写体距離が単調減少する光学系であることを特徴とする撮像装置。

[請求項10] 請求項1において、
前記取得部は、
前記撮像素子の画素配列の一部に設置された前記位相センサから前記位相情報を取得することを特徴とする撮像装置。

[請求項11] 請求項1において、
前記レンズ制御部は、
前記取得部において前記撮像素子から前記画像情報が取得される周期と同じ周期で、前記可動レンズの位置を制御することを特徴とする撮像装置。

[請求項12] 請求項1において、
前記レンズ制御部は、
前記取得部において前記撮像素子から前記画像情報が取得される周期よりも長い周期で、前記可動レンズの位置を制御することを特徴とする撮像装置。

[請求項13] 請求項1において、
前記レンズ制御部は、
前記可動レンズの位置の制御としてコンティニユアスAF（AutoFocus）を実行する制御を行うことを特徴とする撮像装置。

[請求項14] 請求項1において、
前記レンズ制御部は、
広角端と望遠端の間に位置する基準点に対して、前記可動レンズが望遠側に位置する場合に、前記移動量算出部で算出された前記移動量に基づいて、前記可動レンズの位置を制御することを特徴とする撮像装置。

[請求項15] 画角と合焦被写体距離を同時に調整する可動レンズを含む撮像光学

系と、

撮像素子と、

複数の位相センサと、

前記複数の位相センサからの位相情報を取得する取得部と、

前記可動レンズの位置を制御するレンズ制御部と、

前記取得部で取得された前記位相情報に基づく位相差に基づいて、
前記撮像光学系を通った光線による前記撮像素子上の像の合焦状態を
実現するために必要な前記可動レンズの移動量を算出する移動量算出
部と、

を含み、

前記レンズ制御部は、

前記移動量算出部で算出された前記移動量に基づいて、前記可動レ
ンズの位置を制御することを特徴とする内視鏡装置。

[請求項16]

複数の位相センサからの位相情報を取得し、

取得した前記位相情報に基づく位相差に基づいて、撮像光学系を通
った光線による撮像素子上の像の合焦状態を実現するために必要な可
動レンズの移動量を算出し、

算出した前記移動量に基づいて、前記可動レンズの位置を制御し、

前記可動レンズとして、前記撮像光学系に含まれ、画角と合焦被写
体距離を同時に調整するレンズの制御を行うことを特徴とする撮像装
置の制御方法。

補正された請求の範囲
[2013年3月6日(06.03.2013)国際事務局受理]

[請求項1] (補正後)

画角の変更に伴い合焦被写体距離が変更される可動レンズを含む撮像光学系と、
撮像素子と、
複数の位相センサと、
前記複数の位相センサからの位相情報を取得する取得部と、
前記可動レンズの位置を制御するレンズ制御部と、
前記取得部で取得された前記位相情報に基づく位相差に基づいて、
前記撮像光学系を通った光線による前記撮像素子上の像の合焦状態を実現するために必要な前記可動レンズの移動量を算出する移動量算出部と、
を含み、
前記レンズ制御部は、
前記移動量算出部で算出された前記移動量に基づいて、前記可動レンズの位置を制御す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、
前記移動量算出部は、
前記位相センサからの前記位相情報と、前記位相情報が取得されたタイミングにおける前記可動レンズの位置に基づいて、前記可動レンズの前記移動量を算出することを特徴とする撮像装置。

[請求項3] (補正後)

請求項2において、
前記移動量算出部は、
前記位相情報が取得されたタイミングにおける前記可動レンズの位置に基づいて、前記可動レンズの前記移動量を求める1つ以上のパラメータを変更し、変更された前記パラメータと前記位相情報に基づいて、前記可動レンズの前記移動量を算出することを特徴とする撮像装

置。

[請求項4]

請求項3において、

前記移動量算出部は、

前記パラメータとして、前記撮像素子から瞳位置までの距離情報、分割された瞳の重心間距離情報、及び前記撮像素子から像位置までの距離に対する前記移動量の比率情報の少なくとも1つを変更し、変更された前記パラメータと前記位相情報に基づいて、前記可動レンズの前記移動量を算出することを特徴とする撮像装置。

[請求項5]

請求項1において、

前記画像情報におけるコントラスト値を算出するコントラスト値算出部を含み、

前記レンズ制御部は、

前記位相情報に基づいて前記可動レンズの位置を制御する位相モードと、前記コントラスト値に基づいて前記可動レンズの位置を制御するコントラストモードを切り替える制御を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、

前記画像情報により表される画像のボケの程度を表すボケ指標を算出するボケ指標算出部を含み、

前記レンズ制御部は、

前記ボケ指標に基づいて、前記位相モードと前記コントラストモードを切り替える制御を行うことを特徴とする撮像装置。

[請求項7]

請求項6において、

前記ボケ指標算出部は、

前記位相センサから出力される前記位相情報に基づいて前記ボケ指標を算出することを特徴とする撮像装置。

[請求項8]

請求項6において、

前記ボケ指標算出部は、

前記コントラスト値算出部で算出される前記コントラスト値に基づいて前記ボケ指標を算出することを特徴とする撮像装置。

[請求項9] 請求項1において、

前記撮像光学系は、前記可動レンズが広角端から望遠端に移動するに従って、前記画角及び前記合焦被写体距離が単調減少する光学系であることを特徴とする撮像装置。

[請求項10] 請求項1において、

前記取得部は、

前記撮像素子の画素配列の一部に設置された前記位相センサから前記位相情報を取得することを特徴とする撮像装置。

[請求項11] 請求項1において、

前記レンズ制御部は、

前記取得部において前記撮像素子から前記画像情報が取得される周期と同じ周期で、前記可動レンズの位置を制御することを特徴とする撮像装置。

[請求項12] 請求項1において、

前記レンズ制御部は、

前記取得部において前記撮像素子から前記画像情報が取得される周期よりも長い周期で、前記可動レンズの位置を制御することを特徴とする撮像装置。

[請求項13] 請求項1において、

前記レンズ制御部は、

前記可動レンズの位置の制御としてコンティニユアスAF (AutoFocus) を実行する制御を行うことを特徴とする撮像装置。

[請求項14] 請求項1において、

前記レンズ制御部は、

広角端と望遠端の間に位置する基準点に対して、前記可動レンズが望遠側に位置する場合に、前記移動量算出部で算出された前記移動量

に基づいて、前記可動レンズの位置を制御することを特徴とする撮像装置。

[請求項15] (補正後)

画角の変更に伴い合焦被写体距離が変更される可動レンズを含む撮像光学系と、

撮像素子と、

複数の位相センサと、

前記複数の位相センサからの位相情報を取得する取得部と、

前記可動レンズの位置を制御するレンズ制御部と、

前記取得部で取得された前記位相情報に基づく位相差に基づいて、前記撮像光学系を通った光線による前記撮像素子上の像の合焦状態を実現するために必要な前記可動レンズの移動量を算出する移動量算出部と、

を含み、

前記レンズ制御部は、

前記移動量算出部で算出された前記移動量に基づいて、前記可動レンズの位置を制御することを特徴とする内視鏡装置。

[請求項16] (補正後)

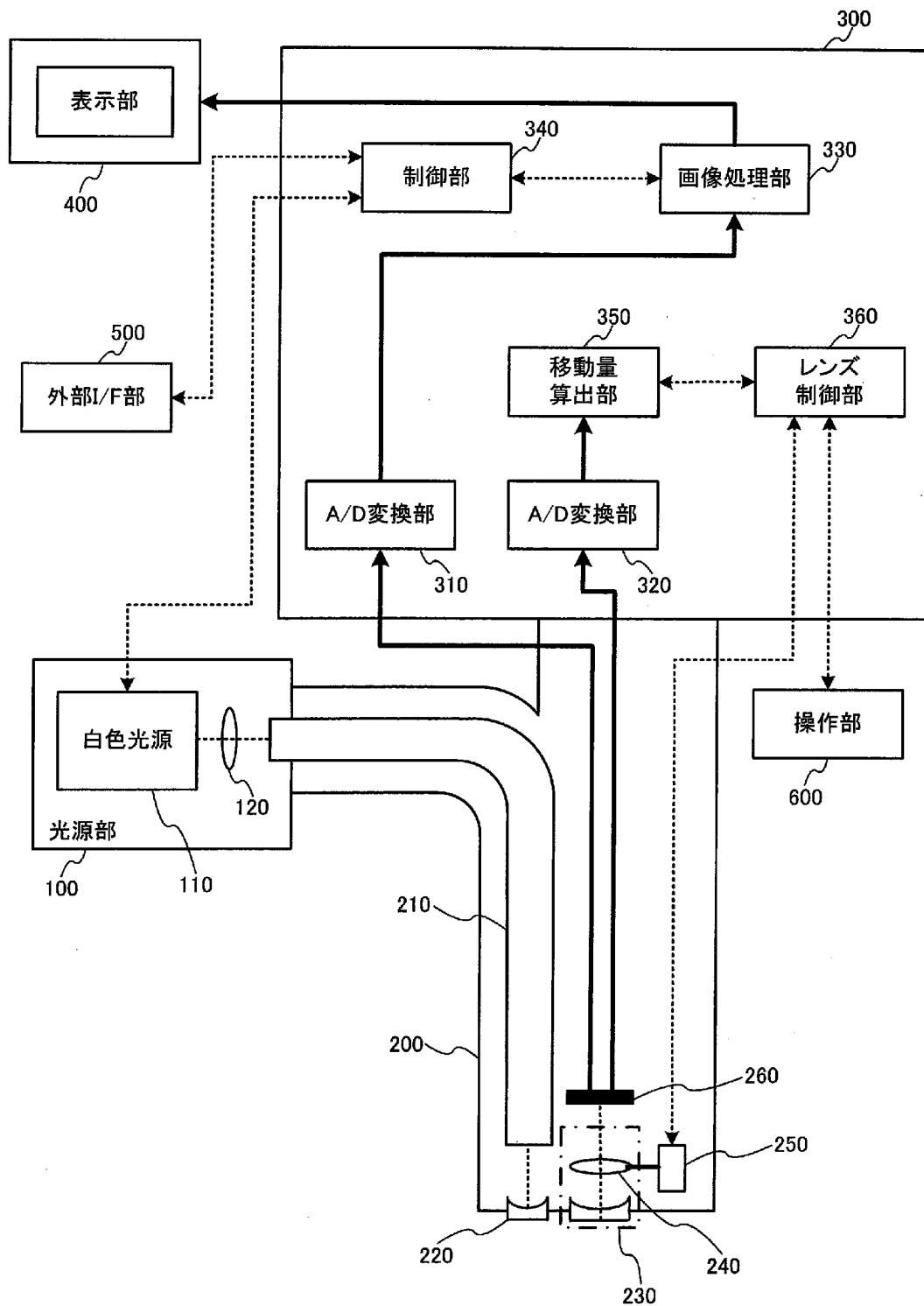
複数の位相センサからの位相情報を取得し、

取得した前記位相情報に基づく位相差に基づいて、撮像光学系を通った光線による撮像素子上の像の合焦状態を実現するために必要な可動レンズの移動量を算出し、

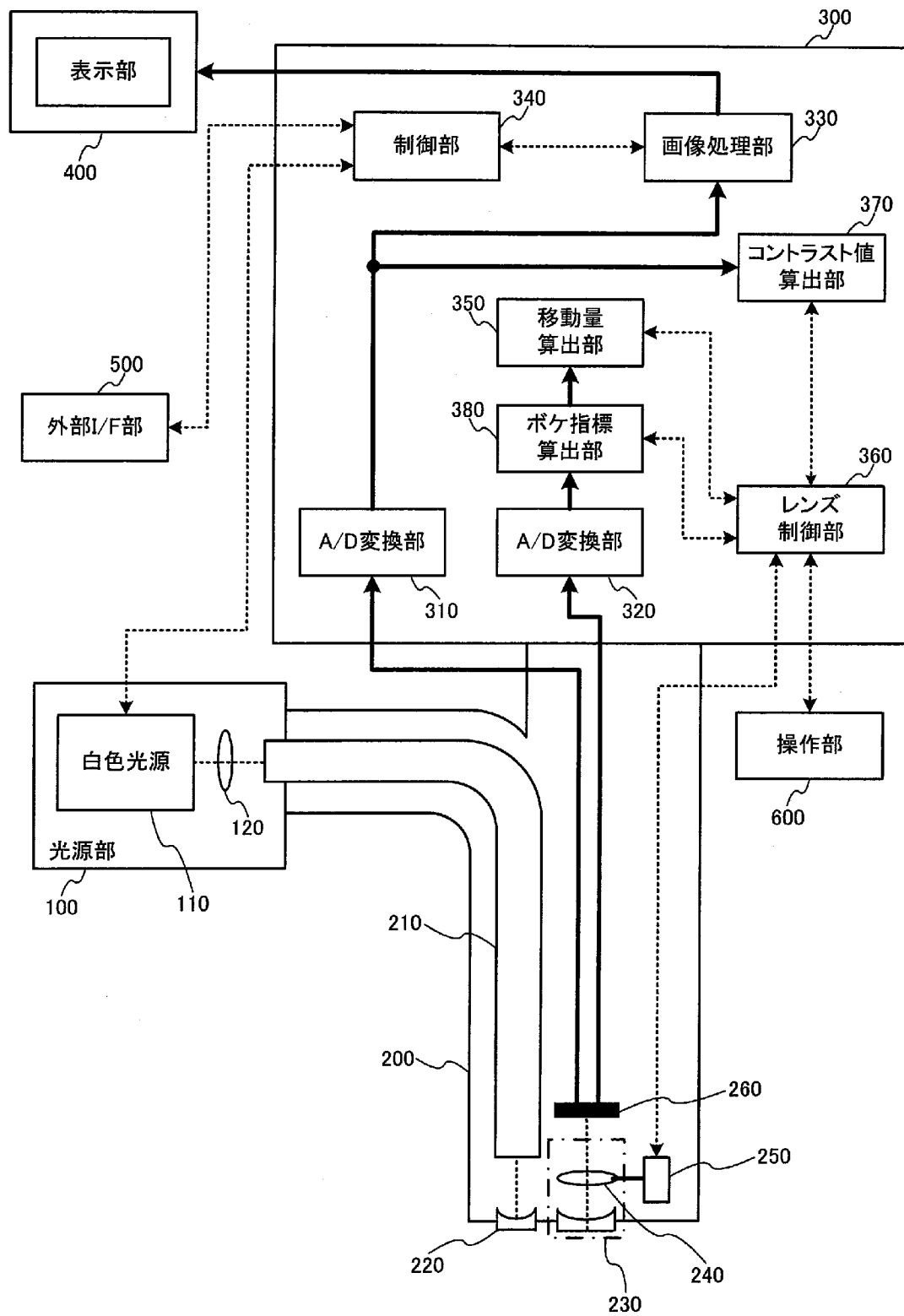
算出した前記移動量に基づいて、前記可動レンズの位置を制御し、

前記可動レンズとして、前記撮像光学系に含まれ、画角の変更に伴い合焦被写体距離が変更されるレンズの制御を行うことを特徴とする撮像装置の制御方法。

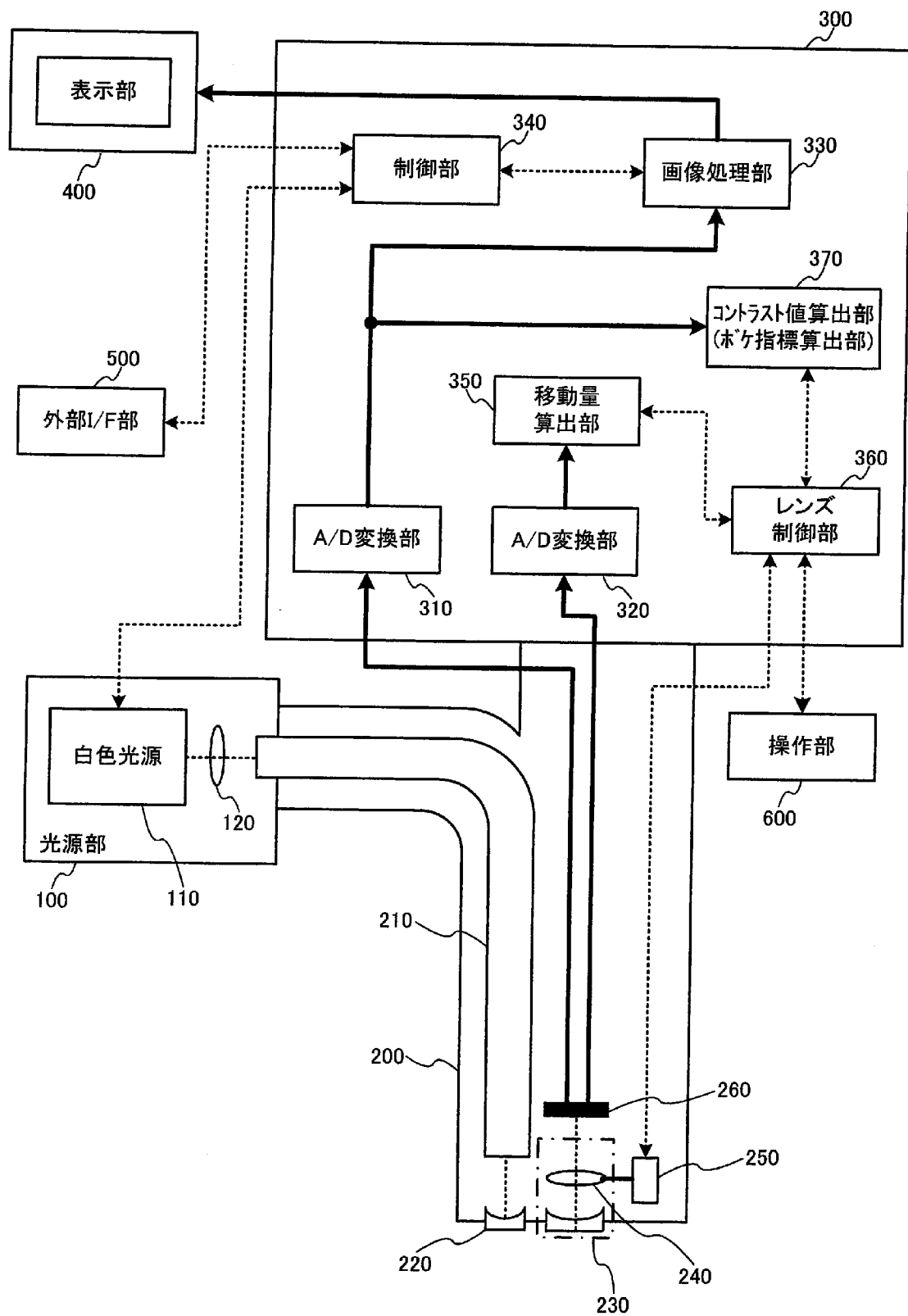
[図1]



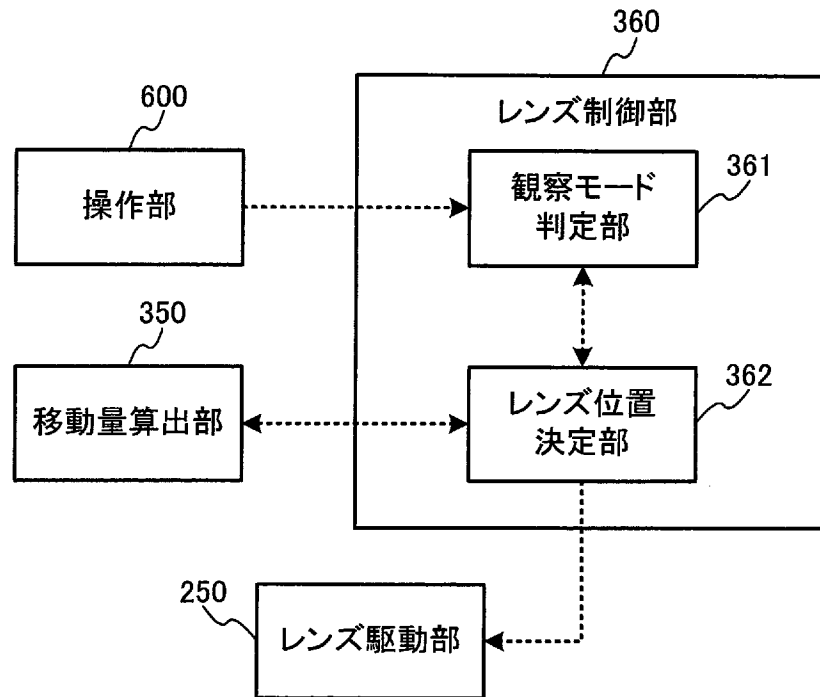
[図2]



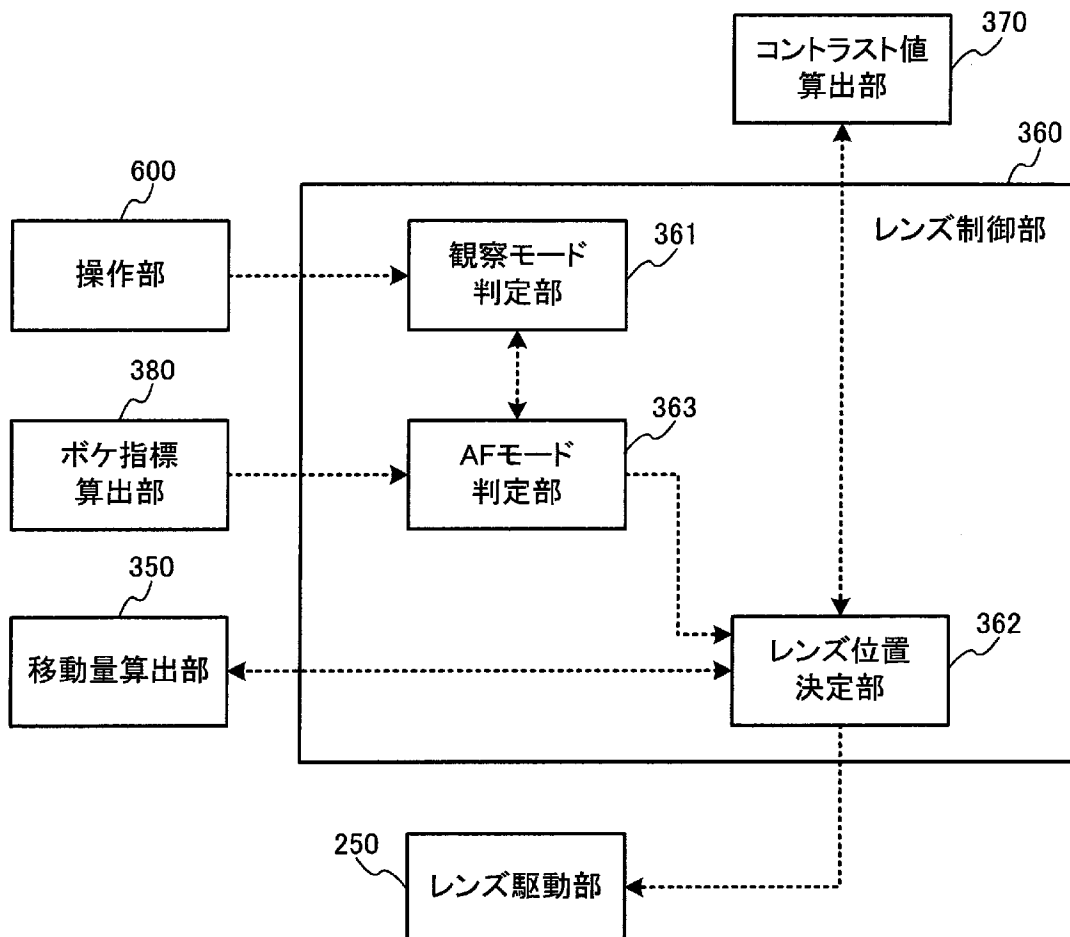
[図3]



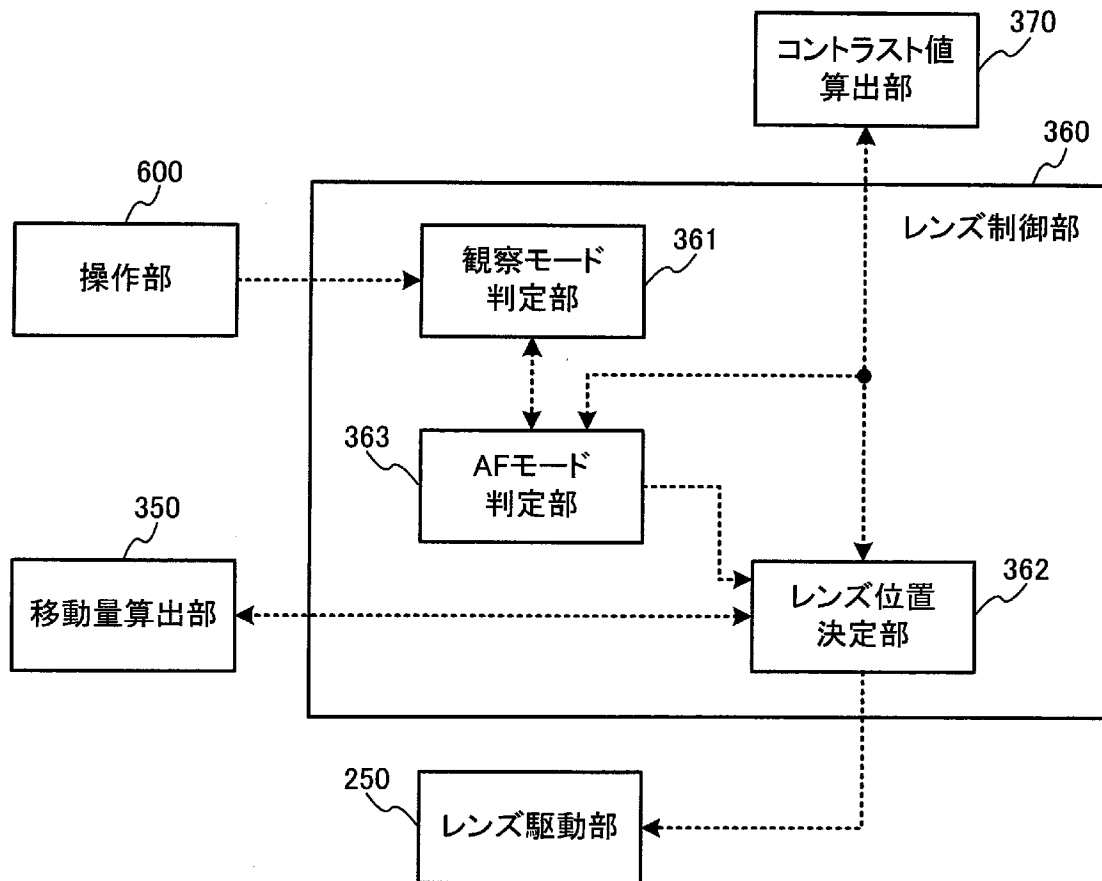
[図4]



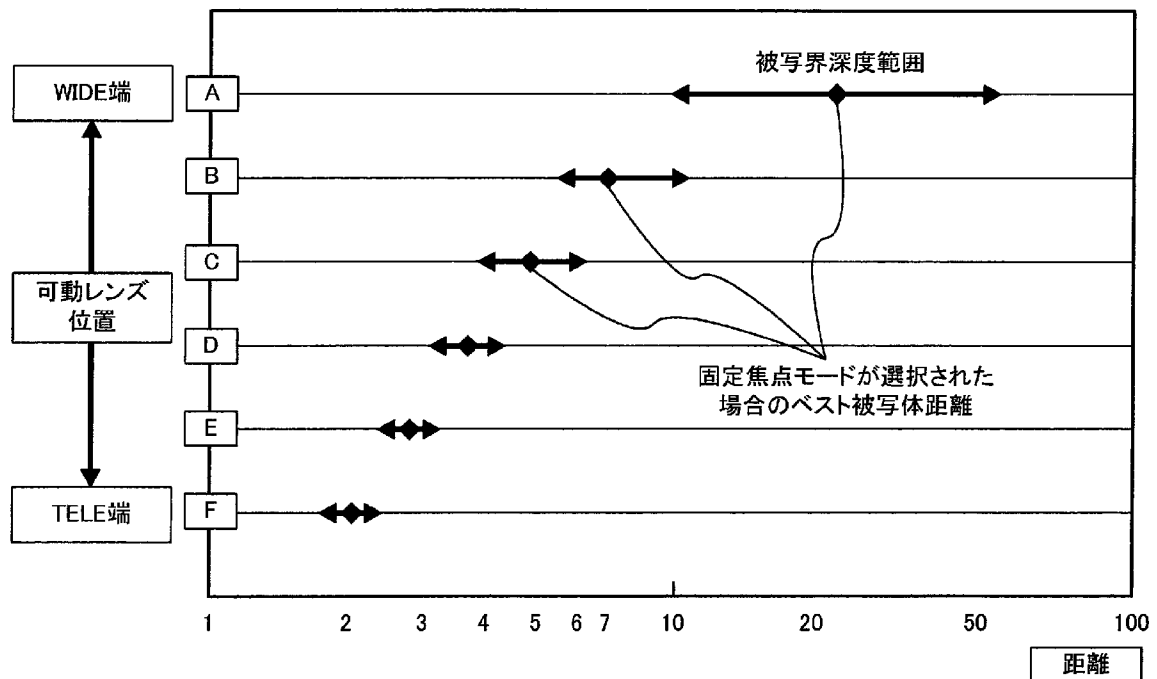
[図5]



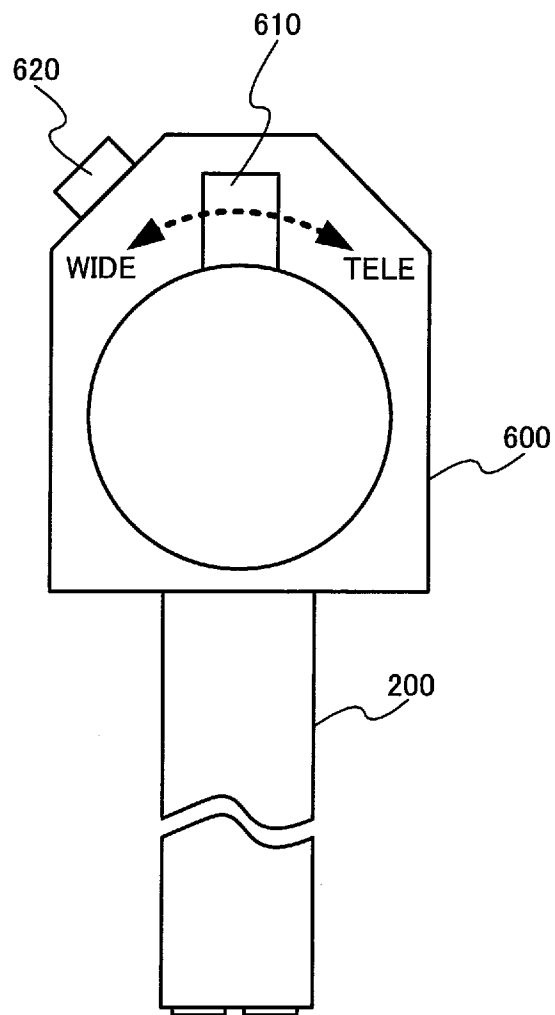
[図6]



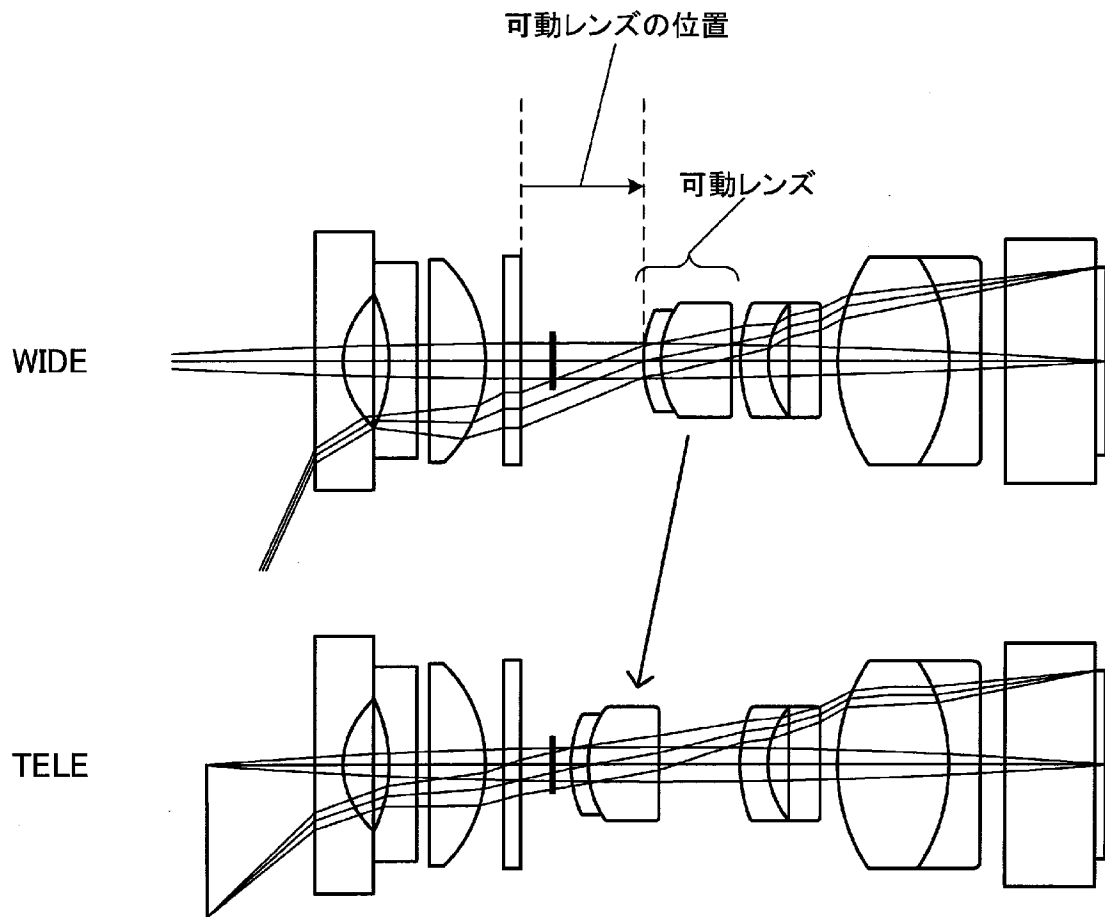
[図7]



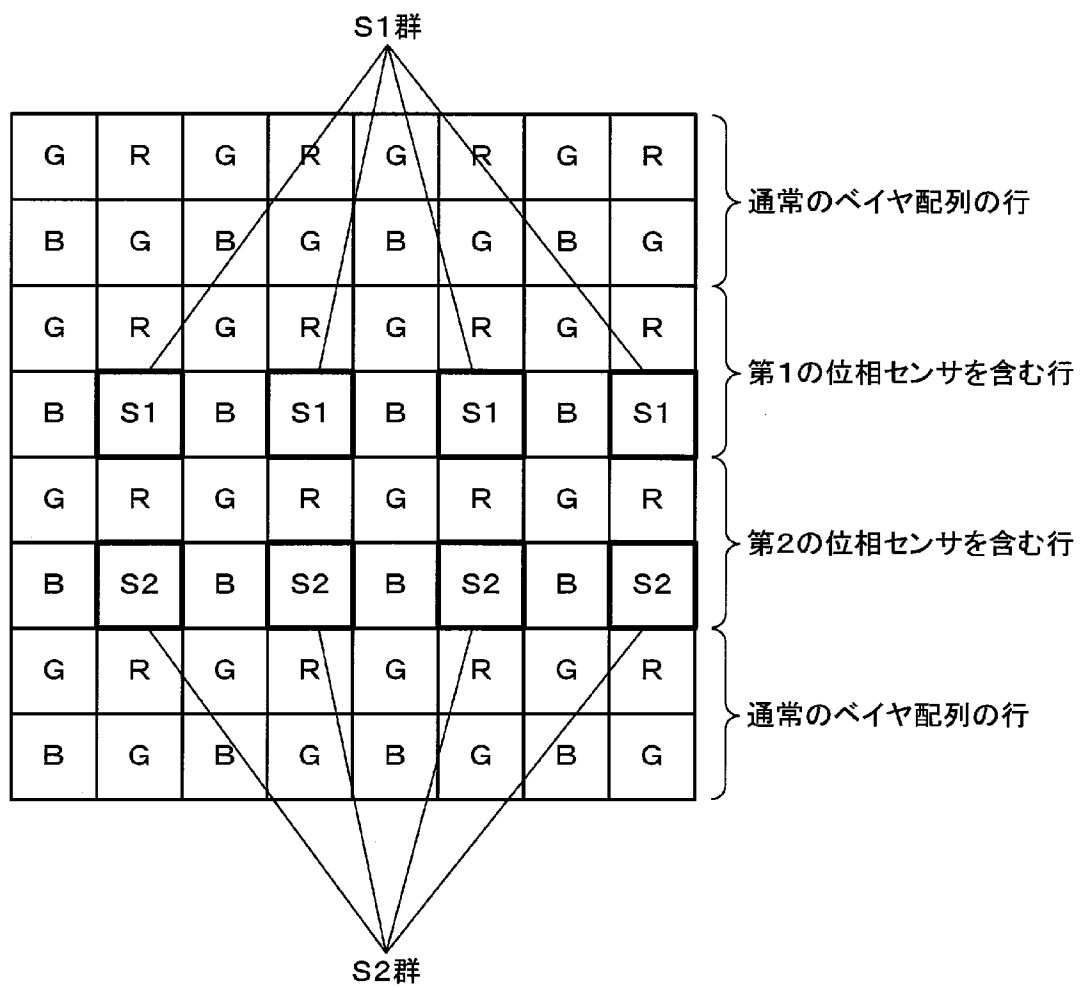
[図8]



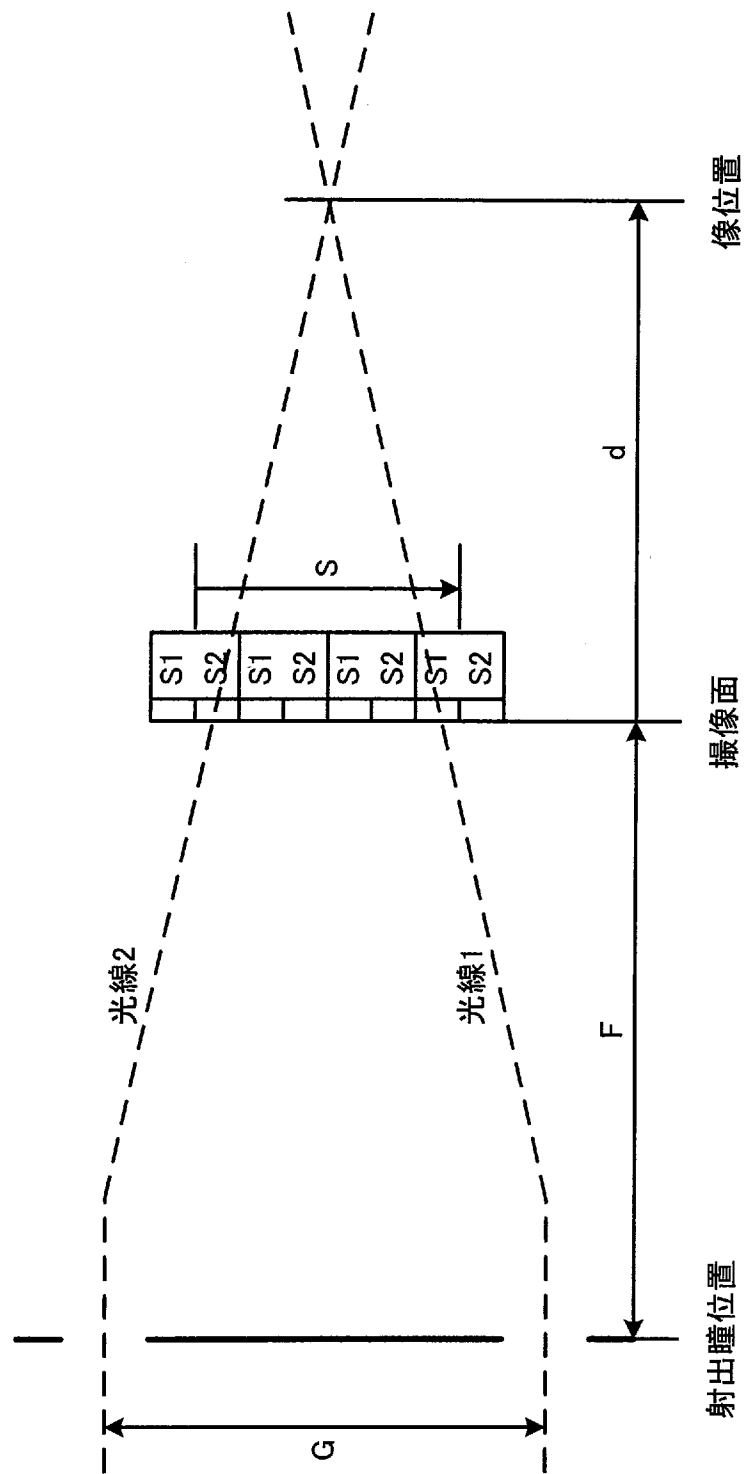
[図9]



[図10]



[図11]



[図12]

可動レンズの 位置	可動レンズの移動量と 像位置の移動量の比
x1	R1
x2	R2
x3	R3
⋮	⋮

[図13]

可動レンズの 位置	可動レンズの移動量と 像位置の移動量の比	撮像面と 射出瞳の距離	瞳の重心間 の距離
x1	R1	F1	G1
x2	R2	F2	G2
x3	R3	F3	G3
⋮	⋮	⋮	⋮

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/076172

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B7/28(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, G02B7/34(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i, H04N5/232(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B7/28, A61B1/00, G02B7/34, H04N5/225, H04N5/232

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2006-91252 A (Canon Software Inc.), 06 April 2006 (06.04.2006), paragraphs [0019] to [0030], [0053] to [0070]; fig. 1, 8 to 10 (Family: none)	1-4, 9, 11-16 5-8, 10
Y	JP 2009-37262 A (Sony Corp.), 19 February 2009 (19.02.2009), paragraphs [0019], [0118] to [0124]; fig. 3, 8 (Family: none)	5-8
Y	JP 2011-75841 A (Fujifilm Corp.), 14 April 2011 (14.04.2011), paragraphs [0037] to [0042]; fig. 2, 3, 5 (Family: none)	10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28 December, 2012 (28.12.12)

Date of mailing of the international search report
15 January, 2013 (15.01.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B7/28(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, G02B7/34(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i, H04N5/232(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B7/28, A61B1/00, G02B7/34, H04N5/225, H04N5/232

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2006-91252 A (キヤノンソフトウェア株式会社) 2006.04.06, 【0019】 - 【0030】、【0053】 - 【0070】、図1、8-10 (ファミリーなし)	1-4、9、11-16
Y		5-8、10
Y	JP 2009-37262 A (ソニー株式会社) 2009.02.19, 【0019】、【0118】 - 【0124】、図3、8 (ファミリーなし)	5-8
Y	JP 2011-75841 A (富士フイルム株式会社) 2011.04.14, 【0037】 - 【0042】、図2、3、5 (ファミリーなし)	10

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 8 . 1 2 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 1 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高橋 雅明

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

2 V

4 0 8 0