

取得されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の制御装置。

【請求項 6】

前記補正駆動量は、ブレに関する情報、前記所定の像点位置に関する情報、及び前記像シフト敏感度に関する情報を用いて取得されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載の制御装置。

【請求項 7】

前記ブレに関する情報は、複数の回転軸周りの角速度に関する情報を含むことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の制御装置。

【請求項 8】

前記ブレに関する情報は、複数の軸方向の加速度に関する情報を含むことを特徴とする請求項 5 乃至 7 の何れか一項に記載の制御装置。

10

【請求項 9】

前記所定の像点位置は、複数のパラメータで表される像面上の位置であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載の制御装置。

【請求項 10】

前記像シフト敏感度に関する情報は、前記撮像光学系の焦点距離に応じて異なることを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載の制御装置。

【請求項 11】

前記像シフト敏感度に関する情報は、合焦する物体距離に応じて異なることを特徴とする請求項 1 乃至 10 の何れか一項に記載の制御装置。

20

【請求項 12】

前記ブレ補正手段は、撮像素子を前記撮像光学系の光軸に対して偏心させることを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れか一項に記載の制御装置。

【請求項 13】

前記ブレ補正手段は、撮像素子における有効画素エリアを変化させることを特徴とする請求項 1 乃至 12 の何れか一項に記載の制御装置。

【請求項 14】

前記ブレ補正手段は、前記撮像光学系の少なくとも一部を前記撮像光学系の光軸に対して偏心させることを特徴とする請求項 1 乃至 13 の何れか一項に記載の制御装置。

30

【請求項 15】

撮像素子と、

請求項 1 乃至 14 の何れか一項に記載の制御装置とを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 16】

前記記憶手段を更に有することを特徴とする請求項 15 に記載の撮像装置。

【請求項 17】

前記撮像光学系を更に有することを特徴とする請求項 15 又は 16 に記載の撮像装置。

【請求項 18】

撮像光学系と、

請求項 1 乃至 14 の何れか一項に記載の制御装置とを有することを特徴とするレンズ装置。

40

【請求項 19】

前記記憶手段を更に有することを特徴とする請求項 18 に記載のレンズ装置。

【請求項 20】

像ブレを補正するためのブレ補正手段による像ブレ補正時の補正駆動量を取得するための制御方法であって、

撮像光学系の歪曲収差が加味された、前記撮像光学系の像点位置に応じた前記撮像光学系の傾きに対する像シフト敏感度を保持する記憶手段から前記像シフト敏感度を取得する第 1 取得ステップと、

所定の像点位置に応じた前記像シフト敏感度に関する情報を用いて、前記所定の像点位置に対応する前記ブレ補正手段の補正駆動量を取得する第 2 取得ステップとを有すること

50

を特徴とする制御方法。

【請求項 21】

請求項 20 に記載の制御方法をコンピュータに実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、像ブレ補正を制御する制御装置、撮像装置、レンズ装置、制御方法、及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

中心射影方式の光学系では、手振れ時に生じる撮像面上での像点移動が画像中心部と画像周辺部で異なる。図 18 (A) に示されるように画像周辺部での像点移動量は画像中心部での像点移動量よりも大きいため、像ブレを補正した後でも画像周辺部では図 18 (B) に示されるように、画像中心部に比べて像点が大きく移動したままである。特許文献 1 には、中心射影方式により生じる画像中心部の像ブレ量と所定の像点位置の像ブレ量との差分を考慮して画像周辺部の像点位置の像ブレを補正する撮像装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2018-173632 号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 の撮像装置では、中心射影方式の収差を考慮しない理想の光学系における像高式を用いて所定の像点位置の像ブレを補正するための補正量を算出する。そのため、歪曲収差が残存する実際の光学系を用いて上記式により算出された補正量に基づく像ブレ補正を行うと、補正残りが生じる、又は過補正になる。更に、図 18 (B) に示されるように、像点移動方向が画像中心部での像点移動方向とねじれの位置となる像点位置では、画像中心部とは異なるベクトルで像点移動が発生するため、上記式だけで該像点位置での補正量を適切に算出することは困難である。

20

【0005】

また、特許文献 1 には算出された補正量に対してメモリに記録されている光学系の歪曲収差の設計値情報を足し合わせ演算することで像ブレをより適切に補正する方法も開示されているが、このような方法を用いると演算過程が複雑になる。更に、像点移動方向が画像中心部での像点移動方向とねじれの位置となる像点位置での補正量の算出も困難なままである。

30

【0006】

本発明は、光軸中心を含む所定の像点位置の像ブレを容易に且つ良好に補正可能な制御装置、撮像装置、レンズ装置、制御方法、及びプログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一側面としての制御装置は、撮像光学系の歪曲収差が加味された、撮像光学系の像点位置に応じた撮像光学系の傾きに対する像シフト敏感度に関する情報を保持する記憶手段から像シフト敏感度を取得する第 1 取得手段と、像ブレを補正するブレ補正手段の像ブレ補正時の補正駆動量を取得する第 2 取得手段とを有し、第 2 取得手段は、所定の像点位置に応じた像シフト敏感度に関する情報を用いて、所定の像点位置に対応する補正駆動量を取得することを特徴とする。

40

【0008】

また、本発明の他の側面としての制御方法は、像ブレを補正するためのブレ補正手段による像ブレ補正時の補正駆動量を取得するための制御方法であって、撮像光学系の歪曲収

50

差が加味された、撮像光学系の像点位置に応じた撮像光学系の傾きに対する像シフト敏感度に関する情報を保持する記憶手段から像シフト敏感度を取得する第1取得ステップと、所定の像点位置に応じた像シフト敏感度に関する情報を用いて、所定の像点位置に対応するブレ補正手段の補正駆動量を取得する第2取得ステップとを有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、光軸中心を含む所定の像点位置の像ブレを容易に且つ良好に補正可能な制御装置、撮像装置、レンズ装置、制御方法、及びプログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

10

【図1】第1の実施形態の撮像システムの概略構成図である。

【図2】第1の実施形態の像ブレ補正駆動量を取得するための制御方法を示すフローチャートである。

【図3】第1の実施形態の撮像光学系が傾いた際の画像中心部での像点移動方向における像高と傾き-像シフト敏感度との関係を示す図である。

【図4】第1の実施形態のY軸周りに回転ブレが生じた際の画像中心部での像点移動に対する所定の像点位置での像点移動を説明する図である。

【図5】図5(A)は撮像面上の像点位置を示す図である。図5(B)は像点位置に応じた補正係数情報を有する補正係数テーブルを示す図である。

【図6】第1の実施形態の所定の像点位置の像ブレをIISにより補正した際の各像点で生じた補正残りの像点移動量の比や方向を矢印で示す図である。

20

【図7】第2の実施形態の撮像光学系が傾いた際の画像中心部での像点移動方向と直交する方向における像高と傾き-像シフト敏感度との関係を示す図である。

【図8】第2の実施形態の画像中心部の像ブレをIISにより補正した際の各像点で生じた補正残りの像点移動量の比や方向を示す図である。

【図9】実施例1の光学系の広角端における物体距離が無限遠で合焦した際の断面図である。

【図10】実施例1の光学系の広角端における物体距離が無限遠で合焦した際の収差図である。

【図11】実施例2の光学系の広角端における物体距離が無限遠で合焦した際の断面図である。

30

【図12】実施例2の光学系の広角端における物体距離が無限遠で合焦した際の収差図である。

【図13】実施例3の光学系の広角端における物体距離が無限遠で合焦した際の断面図である。

【図14】実施例3の光学系の広角端における物体距離が無限遠で合焦した際の収差図である。

【図15】実施例4の光学系の物体距離が無限遠で合焦した際の断面図である。

【図16】実施例4の光学系の物体距離が無限遠で合焦した際の収差図である。

【図17】実施例1の光学系において、物体面から入射するそれぞれの画角に対応したd線の主光線の光線トレースを示す図である。

40

【図18】図18(A)は回転ブレにより画像中心部で-X軸方向へ像ブレが生じた際の被写体像上の各像点における像点移動量の比と方向を示している。図18(B)は図18(A)の画像中心部の像ブレをセンサーシフト式ブレ補正機構で補正した際の各像点で生じた補正残りの像点移動量の比や方向を矢印で示している。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【0012】

50

以下の説明では、三次元の直交座標系（X軸方向、Y軸方向、及びZ軸方向）において、撮像面の長辺方向をX軸方向、撮像面の短辺方向をY軸方向、撮像光学系の光軸方向をZ軸方向とする。

【第1の実施形態】

図1は、本実施形態の撮像システム1の概略構成図である。撮像システム1は、レンズ装置100と撮像装置200とを有する。レンズ装置100は、撮像光学系101、レンズ側マイコン102、OIS用エンコーダ103、OIS用ドライバ104、OIS用アクチュエータ105、及びレンズメモリ（記憶手段）106を有する。撮像装置200は、撮像素子201、カメラ側マイコン202、表示・操作部203、及び記録媒体204を有する。また、撮像装置200は、ジャイロセンサ205、加速度センサ206、IIS用エンコーダ208、IIS用ドライバ209、IIS用アクチュエータ210、及びカメラメモリ（記憶手段）211を有する。なお、IISとは、撮像素子201を移動させて行う像振れ補正である。また、レンズ側マイコン102及びカメラ側マイコン202はそれぞれ、レンズ装置100及び撮像装置200とは別体の制御装置として構成してもよい。

10

【0013】

撮像光学系101は、フォーカス光学系1011、変倍光学系1012、絞り1013、及びレンズシフト式ブレ補正用光学系（以下、OIS用光学系）1014を有する。撮像光学系101は、設定画角内の合焦位置にある被写体からの光線により撮像素子201の撮像面上に被写体像を形成する。フォーカス光学系1011は、フォーカスを行う。変倍光学系1012は、撮影画角を変化させるために変倍を行う。絞り1013は、被写体から取り込む光量を調節する。OIS用光学系1014は、撮像光学系101の光軸に対して偏心することで静止画又は動画撮影時に発生する像ブレを補正する。なお、OISとは、OIS用光学系1014を移動させて行う像振れ補正である。

20

【0014】

レンズ側マイコン102は、OIS用光学系1014を制御する。具体的には、レンズ側マイコン102は、カメラ側マイコン202からの像ブレ補正駆動量とOIS用光学系1014の位置検出を行うOIS用エンコーダ103からの位置信号とを用いてOIS用アクチュエータ105のOIS駆動量を決定する。OIS駆動量は、OIS用アクチュエータ105の可動範囲を超えないように決定される。OIS用アクチュエータ105は、OIS用ドライバ104からOIS駆動量の信号を受信すると、OIS用光学系1014をZ軸方向に垂直な方向の成分を含む方向へ移動させることで撮像光学系101の光軸に対して偏心させ、像ブレを補正する。すなわち、OIS用アクチュエータ105は、像ブレを補正するブレ補正手段の一つとして機能する。

30

【0015】

レンズメモリ106は、撮像光学系101の光学設計情報を保持する。光学設計情報には、撮像光学系101の像高ごとの傾き・像シフト敏感度に関する情報（撮像光学系101の像点位置に応じた撮像光学系101の傾きに対する像シフト敏感度に関する情報）が含まれる。傾き・像シフト敏感度に関する情報は、撮像光学系101の設計値を用いて取得される、撮像光学系101の歪曲収差が加味された情報である。傾き・像シフト敏感度に関する情報を用いることで、光軸と直交するX-Y平面が光軸に対して傾くように撮像システム1で回転ブレが発生した際に、撮像光学系101の所定の像点位置の像ブレを良好に補正することができる。なお、カメラメモリ211が傾き・像シフト敏感度に関する情報を含む撮像光学系101の光学設計情報を保持してもよい。また、レンズメモリ106及びカメラメモリ211の両方が傾き・像シフト敏感度に関する情報を含む撮像光学系101の光学設計情報を保持してもよい。

40

【0016】

撮像光学系101は、以下の式で表される歪曲収差DIST(h)を有する。

【0017】

$$DIST(h) = (h - h_0) / h_0$$

50

$$h_0 = f \tan$$

ここで、 f は撮像光学系 101 の焦点距離、 θ は半画角である。 h は、撮像光学系 101 の光軸から物体面から入射する半画角 θ の主光線が結像する像面上の位置までの距離（実像高）である。 h_0 は、中心射影方式の理想像高である。

【0018】

歪曲収差を有するとは、撮像範囲内の何れかの像高における歪曲収差量が 0 ではないということである。歪曲収差を有する撮像光学系には、変倍機能や合焦機能を有し、何れかの変倍状態又は合焦状態で歪曲収差を有する撮像光学系も含まれる。

【0019】

撮像素子 201 は、CCD (Charge Coupled Devices) イメージセンサ、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサ、又はその他のイメージセンサから構成されている。撮像素子 201 は、撮像光学系 101 により撮像素子 201 の撮像面上に形成される被写体像を電気信号に変換して画像信号として出力する。アナログ信号である画像信号は、不図示の A/D 変換機によりデジタル信号に変換されて出力される。

10

【0020】

カメラ側マイコン 202 は、撮像システム 1 全体を制御する。例えば、カメラ側マイコン 202 は、撮像素子 201 からの画像信号を画像データとして読み出す。そして、カメラ側マイコン 202 は、画像データに光学設計情報を踏まえた画像処理を施したり、画像データを表示・操作部 203 に表示させたり、画像データを記録媒体 204 に保存したり等の処理を行う。また、カメラ側マイコン 202 は、撮像光学系 101 のピント調整やズーム倍率変化、絞り調整等の指示をレンズ側マイコン 102 に出す。なお、上述した処理に関する設定の一部は、表示・操作部 203 や不図示のボタン等の操作部で変更されてもよい。

20

【0021】

また、カメラ側マイコン 202 は、図 2 のフローに沿って像ブレ補正駆動量（像ブレ補正手段による像ブレ補正時の補正駆動量）を取得する。図 2 は、カメラ側マイコン 202 による像ブレ補正駆動量を取得するための制御方法を示すフローチャートである。第 1 の取得ステップ S1 では、カメラ側マイコン 202 は、第 1 の取得手段として機能し、撮像光学系 101 の歪曲収差が加味された、撮像光学系 101 の像点位置に応じた撮像光学系 101 の傾きに対する像シフト敏感度に関する情報を取得する。第 2 の取得ステップ S2 では、カメラ側マイコン 202 は、第 2 の取得手段として機能し、所定の像点位置に応じた像シフト敏感度に関する情報を用いて、所定の像点位置に対応する像ブレ補正駆動量を取得する。なお、カメラ側マイコン 202 は、像ブレ補正駆動量を算出してもよいし、サーバやメモリ等に保存されているテーブルから取得してもよい。また、本実施形態では、カメラ側マイコン 202 が第 1 取得手段及び第 2 取得手段として機能するが、レンズ側マイコン 102 が第 1 取得手段及び第 2 取得手段として機能してもよい。

30

【0022】

ジャイロセンサ 205 は、撮像システム 1 の角速度に関する情報を動き検出信号として出力する。加速度センサ 206 は、撮像システム 1 の並進方向の移動量に関する情報を動き検出信号として出力する。カメラ側マイコン 202 は、各センサから発信される動き検出信号を受信すると、レンズ側マイコン 102 又はカメラ側マイコン 202 内の IIS 制御部 207 に像ブレ補正駆動量を送り、撮像システム 1 の動きに対する被写体像の像ブレを補正する。像ブレ補正を行う場合、OIS と IIS の一方を行ってもよいし、像ブレ補正の分担を決めて（例えば、OIS で 50% 補正、IIS で 50% 補正）、OIS と IIS の両方を行ってもよい。

40

【0023】

IIS 制御部 207 は、撮像素子 201 を制御する。具体的には、IIS 制御部 207 は、カメラ側マイコン 202 からの像ブレ補正駆動量と撮像素子 201 の位置検出を行う IIS 用エンコーダ 208 からの位置信号とを用いて IIS 用アクチュエータ 210 の I

50

I S 駆動量を決定する。I I S 駆動量は、I I S 用アクチュエータ 2 1 0 の可動範囲を超えないように決定される。I I S 用アクチュエータ 2 1 0 は、I I S 用ドライバ 2 0 9 から I I S 駆動量の信号を受信すると、撮像素子 2 0 1 を Z 軸方向に垂直な方向の成分を含む方向へ移動させることで撮像光学系 1 0 1 の光軸に対して偏心させ、像ブレを補正する。すなわち、I I S 用アクチュエータ 2 1 0 は、像ブレを補正するブレ補正手段の一つとして機能する。

【 0 0 2 4 】

レンズ装置 1 0 0 は、ジャイロセンサ 1 0 7 や加速度センサ 1 0 8 を有してもよい。この場合、O I S を行う際に、レンズ側マイコン 1 0 2 は、これらのセンサから出力される動き検出信号を用いて取得した像ブレ補正駆動量とO I S 用エンコーダ 1 0 3 からの位置信号とを用いてO I S 駆動量を決定することができる。

10

【 0 0 2 5 】

以下、所定の像点位置の像ブレ補正時の処理について説明する。ジャイロセンサ 2 0 5 や加速度センサ 2 0 6 が撮像システム 1 の動きを検出すると、各センサはカメラ側マイコン 2 0 2 に動き検出信号（ブレに関する情報）を出力する。カメラ側マイコン 2 0 2 は、レンズメモリ 1 0 6 が保持する傾き - 像シフト敏感度に関する情報、撮像面上の防振位置情報、及び動き検出信号を用いて像ブレ補正駆動量を取得する。カメラ側マイコン 2 0 2 は、取得した像ブレ補正駆動量をレンズ側マイコン 1 0 2 又はI I S 制御部 2 0 7 に送信する。

20

（ 傾き - 像シフト敏感度に関する情報の導出 ）

本実施形態において、傾き - 像シフト敏感度は、撮像面上で撮像光学系 1 0 1 の光軸と直交する所定の回転軸に対して撮像光学系 1 0 1 が傾いた際の、該回転軸と直交する方向の像点移動量である。図 3 は、本実施形態の撮像光学系 1 0 1 を傾けた際の画像中心部での像点移動方向における像高と傾き - 像シフト敏感度（像点移動量）との関係を示す図である。図 3 に示されるように、中心射影方式で光学的に収差補正を行うように設計されている撮像光学系 1 0 1 が傾けられた際の像点移動量は像高が高くなるにつれて大きくなる。本実施形態では、撮像光学系 1 0 1 の設計値を用いて取得される傾き - 像シフト敏感度を使用することで、射影方式に基づく像高式や歪曲収差量を用いた演算処理等を行わなくても回転ブレ発生時の像高ごとの像点移動量を導くことができる。なお、本実施形態の傾き - 像シフト敏感度は、所定の回転軸に対して撮像光学系 1 0 1 が 0 . 5 ° 傾いた際の像点移動量を 0 . 5 ° で割った値であるが、撮像光学系 1 0 1 の傾き角度は 0 . 5 ° に限らず適宜設定されるものであってよい。

30

【 0 0 2 6 】

図 4 は、Y 軸周りに回転ブレが生じた際の画像中心部での像点移動に対する所定の像点位置での像点移動を説明する図であり、静止状態の被写体像 3 0 1 が像ブレにより台形に歪んだ被写体像 3 0 2 に変化する様子を模式的に表している。中心射影方式で歪曲収差を光学的に補正する広角レンズでは、回転ブレが生じた際に被写体像 3 0 2 のような台形歪みが大きくなる。像ブレは、撮像面上の各像点が矢印に示す像点移動ベクトルに従って移動することで生じる。

30

【 0 0 2 7 】

ここで、Y 軸周りの回転ブレ量 y が生じる際の画像中心部である撮像面の中心位置 O での + X 軸方向への像点移動量 t_{x0} と所定の像点位置 A での像点移動量 t_x について説明する。

40

【 0 0 2 8 】

像点移動量 t_{x0} は、像高 0 での傾き - 像シフト敏感度を L S とするとき、以下の式（1）で表される。

【 0 0 2 9 】

$$t_{x0} = y \cdot L S \quad (1)$$

撮像面（X - Y 平面）を、中心位置 O を原点とする極座標系（R - 座標系）で考え、所定の像点位置 A の座標を（r, θ）とする。すなわち、本実施形態では、所定の像点位

50

置 A は、複数のパラメータで表される撮像面上の位置である。図 3 の横軸の像高は、図 4 の極座標系における R 方向の像高 h_r である。像高 h_r での傾き - 像シフト敏感度を LS_r (h_r) とするとき、傾き - 像シフト敏感度 LS に対する像高 h_r での傾き - 像シフト敏感度係数 $k_{LS_r}(h_r)$ は、以下の式 (2) で表される。

【0030】

$$k_{LS_r}(h_r) = LS_r(h_r) / LS \quad (2)$$

また、像点移動量 t_{rx0} は、直線 OA と平行な平行成分 t_{rx0} と直線 OA に垂直な垂直成分 t_{x0} を用いて以下の式 (3) 乃至式 (5) で表される。

【0031】

$$\begin{aligned} t_{rx0} &= t_{x0} \cdot \cos \\ &= y \cdot LS \cdot \cos \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} t_{x0} &= t_{x0} \cdot (-\sin) \\ &= -y \cdot LS \cdot \sin \end{aligned} \quad (4)$$

$$t_{x0} = (t_{rx0}^2 + t_{x0}^2)^{1/2} \quad (5)$$

なお、平行成分 t_{rx0} の符号は中心位置 O から離れる方向 (R 方向) を正、垂直成分 t_{x0} の符号は中心位置 O を基準に反時計周り方向へ向かう R 方向と直交する方向 (方向) を正としている。R 方向及び 方向はそれぞれ、メリディオナル方向及びサジタル方向とも称される。

【0032】

次に、所定の像点位置 A での像点移動量 t_x について考える。直線 OA と平行な平行成分 t_{rx} は像高 r での傾き - 像シフト敏感度 $LS_r(r)$ の影響を受け、直線 OA に垂直な垂直成分 t_x は像高 0 での傾き - 像シフト敏感度 LS の影響を受ける。以上のことから、像点移動量 t_x は、平行成分 t_{rx} と垂直成分 t_x を用いて以下の式 (6) 乃至式 (8) で表される。

【0033】

$$\begin{aligned} t_{rx} &= k_{LS_r}(r) \cdot t_{rx0} \\ &= k_{LS_r}(r) \cdot y \cdot LS \cdot \cos \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} t_x &= k_{LS_r}(0) \cdot t_{x0} \\ &= -y \cdot LS \cdot \sin \end{aligned} \quad (7)$$

$$t_x = (t_{rx}^2 + t_x^2)^{1/2} \quad (8)$$

このようにして、Y 軸周りに回転プレ量 y が生じた際の所定の像点位置 A での像点移動量 t_x が導出される。同様に、X 軸周りに回転プレ量 x が生じた際の極座標系における所定の像点位置 A での像点移動量 t_y は、直線 OA に平行な平行成分 t_{ry} と直線 OA に垂直な垂直成分 t_y を用いて以下の式 (9) 乃至式 (11) で表される。

【0034】

$$\begin{aligned} t_{ry} &= k_{LS_r}(r) \cdot t_{ry0} \\ &= k_{LS_r}(r) \cdot x \cdot LS \cdot \sin \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} t_y &= k_{LS_r}(0) \cdot t_{y0} \\ &= x \cdot LS \cdot \cos \end{aligned} \quad (10)$$

$$t_y = (t_{ry}^2 + t_y^2)^{1/2} \quad (11)$$

以上により、撮像面上で光軸と直交する所定の回転軸に対して回転プレ量 (x, y) が生じる際の、所定の像点位置 A での像点移動量 t は直線 OA に平行な平行成分 t_r と直線 OA に垂直な垂直成分 t を用いて以下の式 (12) 乃至式 (14) で表される。

【0035】

$$\begin{aligned} t_r &= t_{rx} + t_{ry} \\ &= k_{LS_r}(r) \cdot LS (y \cdot \cos + x \cdot \sin) \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} t &= t_x + t_y \\ &= LS (-y \cdot \sin + x \cdot \cos) \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} t &= K_3(r,) \cdot y + K_4(r,) \cdot x \end{aligned} \quad (14)$$

10

20

30

40

50

$$t = (t_r^2 + t^2)^{1/2} \quad (14)$$

ここで、式(12)と式(13)における各係数(K_1, K_2, K_3, K_4)は、以下のように係数を整理したものである。

【0036】

$$\begin{aligned} K_1(r, \theta) &= k_{LS_r}(r) \cdot LS \cdot \cos \\ K_2(r, \theta) &= k_{LS_r}(r) \cdot LS \cdot \sin \\ K_3(r, \theta) &= -LS \cdot \sin \\ K_4(r, \theta) &= LS \cdot \cos \end{aligned}$$

式(12)乃至式(14)で表されるように、像点移動量 t は、傾き-像シフト敏感度及び像点位置の位置情報(r, θ)からなる補正係数情報(K_1, K_2, K_3, K_4)と、回転ブレ量(x, y)とから構成されている。本実施形態では、図5に示される像点位置に応じた補正係数情報(K_1, K_2, K_3, K_4)を行列形式にまとめた補正係数テーブルを、傾き-像シフト敏感度に関する情報としてレンズメモリ106に事前に記憶させている。これにより、回転ブレ量(x, y)が生じる際の所定の像点位置Aでの像点移動量 t を容易に取得することができる。なお、補正係数テーブルにおける像点位置の間隔は適宜設定されるものである。また、補正係数テーブルは、極座標系ではなく、直交座標系で管理されるものであってもよい。

【0037】

傾き-像シフト敏感度に関する情報は、レンズメモリ106に保持させる情報を軽減するため、像高ごとの傾き-像シフト敏感度からなるものでもよいし、防振を行う所定の像点位置の位置情報を用いて像点移動量 t を取得可能なものであってもよい。また、像点位置の位置情報は、極座標系の情報であってもよいし、所定の座標系(例えば直交座標系)の情報であってもよい。

(撮像面上の防振位置情報の設定)

本実施形態では、撮像システム1の設定モードを、防振を行う所定の像点位置(防振位置)を撮像面の中心に設定する画像中央防振モードや防振位置を所定の像点位置に設定可能な防振箇所設定モードに切り替えることができる。防振箇所設定モードが設定された場合、表示・操作部203で防振位置を設定することができる。表示・操作部203で設定可能な位置は、オートフォーカスを行う像点位置や自動測光を行う像点位置と連動するようになっていてもよい。オートフォーカスを行う像点位置は、瞳検出や人物検出等により自動検出された位置であってもよい。撮像面上の防振位置情報(r, θ)はカメラ側マイコン202に送られ、補正係数テーブルから使用する補正係数情報が選択される。

(動き検出信号)

ジャイロセンサ205は、撮像システム1の複数の回転軸周りの角速度を検出し、動き検出信号として回転ブレ量に関する情報を出力する。本実施形態では、ジャイロセンサ205は、X軸周りとY軸周りの角速度を検出し、回転ブレ量(x, y)に関する情報を出力する。加速度センサ206は、撮像システム1の複数の軸方向の加速度を検出し、動き検出信号として並進ブレ量に関する情報を出力する。本実施形態では、加速度センサ206は、X軸方向とY軸方向の加速度を検出し、並進ブレ量(a_x, a_y)に関する情報を出力する。ジャイロセンサ205は、それぞれが1軸周りの角速度を検出する複数のセンサから構成されていてもよい。同様に、加速度センサ206は、それぞれが1方向の加速度を検出する複数のセンサから構成されていてもよい。

(像ブレ補正駆動量の導出)

カメラ側マイコン202は、傾き-像シフト敏感度に関する情報、防振位置情報、及び動き検出信号を用いて像ブレ補正駆動量を取得する。例えば、回転ブレによる所定の像点位置Aでの像ブレをIISにより補正する場合、像点移動量 t を打ち消すように撮像素子201を移動させればよい。IIS用アクチュエータ210のX軸方向の像ブレ補正駆動量 x 、及びY軸方向の像ブレ補正駆動量 y は、以下の式(15)及び式(16)で表される。

【0038】

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
 x &= t_r \cdot \cos - t \cdot \sin \\
 &= y \{ \sin^2 + k_{LS_r}(r) \cdot \cos^2 \} LS \\
 &\quad + x \{ k_{LS_r}(r) - 1 \} LS \cdot \sin \cdot \cos \\
 &= K_1(r, \theta) \cdot y + K_2(r, \theta) \cdot x \quad (15)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= t_r \cdot \sin + t \cdot \cos \\
 &= y \{ k_{LS_r}(r) - 1 \} LS \cdot \sin \cdot \cos \\
 &\quad + x \{ k_{LS_r}(r) \cdot \sin^2 + \cos^2 \} LS \\
 &= K_3(r, \theta) \cdot y + K_4(r, \theta) \cdot x \quad (16)
 \end{aligned}$$

ここで、式(15)と式(16)における各係数(K_1, K_2, K_3, K_4)は、以下のように係数を整理したものである。

【0039】

$$\begin{aligned}
 K_1(r, \theta) &= \{ \sin^2 + k_{LS_r}(r) \cdot \cos^2 \} LS \\
 K_2(r, \theta) &= \{ k_{LS_r}(r) - 1 \} LS \cdot \sin \cdot \cos \\
 K_3(r, \theta) &= \{ k_{LS_r}(r) - 1 \} LS \cdot \sin \cdot \cos \\
 K_4(r, \theta) &= \{ k_{LS_r}(r) \cdot \sin^2 + \cos^2 \} LS
 \end{aligned}$$

図6は、本実施形態の所定の像点位置Aの像ブレをOISにより補正した際の各像点で生じた補正残りの像点移動量の比や方向を示す図である。図6に示されるように、画像中心部の像ブレを許容しつつ、設定した所定の像点位置Aの像ブレが良好に補正されている。また、画像中心部を原点として所定の像点位置Aと原点対称の像点位置A'で像点位置Aと同じ動きベクトルの像点移動が発生するため、像点位置A'の像ブレも補正されている。このため、画像中心部の像ブレの違和感が大きくならない範囲で光軸外の所定の位置に防振位置を適宜設定することで、画像全体における像ブレ量の差分を小さくしつつ画像全体の像ブレを低減することができる。

【0040】

式(15)及び式(16)で表されるように、像ブレ補正駆動量(x, y)は、補正係数情報(K_1, K_2, K_3, K_4)と、回転ブレ量(x, y)とから構成されている。そのため、補正係数情報(K_1, K_2, K_3, K_4)を行列形式にまとめた補正係数テーブルを傾き-像シフト敏感度に関する情報としてレンズメモリ106に記憶させてもよい。前述した補正係数情報(K_1, K_2, K_3, K_4)の代わりに K_1 等を用いることで、回転ブレ量(x, y)が生じる際の所定の像点位置Aの補正駆動量(x, y)を容易に取得可能となる。

【0041】

また、OISを行う場合、OIS用光学系1014が有する像高ごとのOIS偏心敏感度TS(h)は像高が高くなるにつれて大きくなるため、OIS偏心敏感度TS(h)を考慮して像ブレ補正駆動量を取得することが好ましい。これにより、高精度に像ブレ補正を行うことができる。

【0042】

並進ブレによる像ブレに関しては、加速度センサ206からの並進ブレ量に関する情報を用いて像ブレ補正駆動量を取得すればよい。並進ブレに対する像ブレ補正駆動量は、合焦している物体距離情報を用いて並進ブレ量(a_x, a_y)を回転ブレ量(x, y)に換算することで取得されてもよい。また、回転ブレと並進ブレが同時に発生する場合、像ブレ補正駆動量は、並進ブレに対する像ブレ補正駆動量と回転ブレに対する像ブレ補正駆動量とを足し合わせることで取得されてもよい。また、所定の像点位置の並進ブレに対する像ブレ補正駆動量は、換算した回転ブレ量に傾き-像シフト敏感度に関する情報に含まれる補正係数を掛け合わせて取得されてもよい。

【0043】

また、合焦位置が至近に近い場合、回転ブレにより発生する物体面の並進成分が大きくなる。そのため、物体距離に応じた並進成分による像ブレに対する像ブレ補正駆動量を前述した方法で取得してもよい。

【0044】

10

20

30

40

50

また、傾き - 像シフト敏感度は、撮像光学系 101 が合焦している物体距離や焦点距離（撮像画角）に応じて変化する。本実施形態では、レンズメモリ 106 は、フォーカス光学系 1011 が決める合焦位置や変倍光学系 1012 が決める焦点距離に応じて異なる補正係数テーブルを複数保持する。これにより、変倍時や合焦時でも所定の像点位置の像ブレを良好に補正することができる。

【0045】

また、レンズ装置 100 は、撮像装置 200 に着脱可能に構成されていてもよい。この場合、レンズ装置 100 ごとに適切な傾き - 像シフト敏感度に関する情報を使用することが好ましい。これにより、撮像装置 200 に異なるレンズ装置 100 を取り付けて使用した場合でも所定の像点位置の像ブレを良好に補正することができる。

10

[第 2 の実施形態]

本実施形態では、第 1 の実施形態よりも傾き - 像シフト敏感度に関する情報を拡張する。本実施形態の撮像システム 1 の構成や像ブレ補正時の処理は第 1 の実施形態と同じであるため、詳細な説明は省略する。

【0046】

本実施形態では、撮像光学系 101 の被写体像が樽型に変形する歪曲収差量が第 1 の実施形態よりも大きい。歪曲収差量が小さい撮像光学系では、撮像光学系が傾いた際の画像中心部での像点移動方向と直交する方向の像点移動量はどの像点位置でも画像中心部の像点移動量と同程度である。一方、本実施形態の撮像光学系 101 では歪曲収差量が大きいため、撮像光学系 101 が傾いた際の画像中心部での像点移動方向と直交する方向の像点移動量は画像中心部から離れるほど小さくなる。そのため、本実施形態では、レンズメモリ 106 は、回転ブレにより生じる画像中心部での像点移動方向と直交する方向の像点移動量に関して有意な傾き - 像シフト敏感度に関する情報を保持する。

20

【0047】

図 7 は、本実施形態の撮像光学系 101 が傾いた際の画像中心部での像点移動方向と直交する方向の像高と傾き - 像シフト敏感度（像点移動量）との関係を示す図である。図 8 は、本実施形態の画像中心部の像ブレを IIS により補正した際の各像点で生じた補正残りの像点移動量の比や方向を示す図である。図 7 の横軸の撮像面の中心位置 O での像点移動方向と直交する方向における像高は、極座標系における R 方向と直交する方向における像高である。図 7 に示されるように、本実施形態の歪曲収差量が大きい撮像光学系 101 が傾いた際の画像中心部での像点移動方向と直交する方向の像高 h の傾き - 像シフト敏感度 LS (h) は、画像中心部の傾き - 像シフト敏感度 LS に比べて小さい。そのため、画像中心部の傾き - 像シフト敏感度 LS を用いて取得された像ブレ補正駆動量で像高が高い像点位置の像ブレ補正を行うと図 8 に示されるように過補正になる。

30

【0048】

そこで、本実施形態では、傾き - 像シフト敏感度を、第 1 の実施形態で説明した情報に加えて、撮像光学系 101 が傾いた際の回転軸に平行な方向の像高ごとの像点移動量を加味した情報をとする。画像中心部の傾き - 像シフト敏感度 LS に対する像高 h の傾き - 像シフト敏感度係数 k_{LS-} (h) は、以下の式 (17) で表される。

40

【0049】

$$k_{LS-} (h) = LS (h) / LS \quad (17)$$

回転ブレ量 (x, y) が生じる際の、所定の像点位置 A での像点移動量 t の極座標系成分である直線 OA に平行な平行成分 t_r と直線 OA に垂直な垂直成分 t はそれぞれ、以下の式 (12a) 及び式 (13a) で表される。

【0050】

$$\begin{aligned} t_r &= t_{rx} + t_{ry} \\ &= k_{LS-r}(r) \cdot k_{LS-}(0) \cdot LS (-y \cdot \cos + x \cdot \sin) \\ &= K_1(r) \cdot -y + K_2(r) \cdot x \quad (12a) \\ t &= t_{x} + t_{y} \\ &= k_{LS-r}(0) \cdot k_{LS-}(r) \cdot LS (-y \sin + x \cos) \end{aligned}$$

50

$$= K_3(r, \theta) \cdot y + K_4(r, \theta) \cdot x \quad (13a)$$

ここで、式(12a)と式(13a)における各係数(K_1, K_2, K_3, K_4)は、以下のように係数を整理したものである。

【0051】

$$K_1(r, \theta) = k_{LS_r}(r) \cdot k_{LS_\theta}(0) \cdot LS \cdot \cos$$

$$K_2(r, \theta) = k_{LS_r}(r) \cdot k_{LS_\theta}(0) \cdot LS \cdot \sin$$

$$K_3(r, \theta) = -k_{LS_r}(0) \cdot k_{LS_\theta}(r) \cdot LS \cdot \sin$$

$$K_4(r, \theta) = k_{LS_r}(0) \cdot k_{LS_\theta}(r) \cdot LS \cdot \cos$$

また、IIS用アクチュエータ210のX軸方向の像ブレ補正駆動量 x 、及びY軸方向の像ブレ補正駆動量 y は、以下の式(15a)及び式(16a)で表される。

【0052】

$$\begin{aligned} x &= t_r \cdot \cos - t \cdot \sin \\ &= y \{ k_{LS_\theta}(r) \cdot \sin^2 + k_{LS_r}(r) \cdot \cos^2 \} LS \\ &+ x \{ k_{LS_r}(r) - k_{LS_\theta}(r) \} LS \cdot \sin \cdot \cos \\ &= K_1(r, \theta) \cdot y + K_2(r, \theta) \cdot x \quad (15a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= t_r \cdot \sin + t \cdot \cos \\ &= y \{ k_{LS_r}(r) - k_{LS_\theta}(r) \} LS \cdot \sin \cdot \cos \\ &+ x \{ k_{LS_r}(r) \cdot \sin^2 + k_{LS_\theta}(r) \cdot \cos^2 \} LS \\ &= K_3(r, \theta) \cdot y + K_4(r, \theta) \cdot x \quad (16a) \end{aligned}$$

ここで、式(15a)と式(16a)における各係数(K_1, K_2, K_3, K_4)は、以下のように係数を整理したものである。

【0053】

$$\begin{aligned} K_1(r, \theta) &= \{ k_{LS_\theta}(r) \cdot \sin^2 + k_{LS_r}(r) \cdot \cos^2 \} LS \\ K_2(r, \theta) &= \{ k_{LS_r}(r) - k_{LS_\theta}(r) \} LS \cdot \sin \cdot \cos \\ K_3(r, \theta) &= \{ k_{LS_r}(r) - k_{LS_\theta}(r) \} LS \cdot \sin \cdot \cos \\ K_4(r, \theta) &= \{ k_{LS_r}(r) \cdot \sin^2 + k_{LS_\theta}(r) \cdot \cos^2 \} LS \end{aligned}$$

以上説明したように、本実施形態では、回転軸に平行する方向と直交する方向における像高ごとの傾き・像シフト敏感度を考慮して像ブレ補正駆動量を取得する。これにより、歪曲収差量が大きい撮像光学系101を用いた撮像システム1でも所定の像点位置における像ブレを良好に補正することができる。

【0054】

また、魚眼レンズの射影方式(例えば、等距離射影方式や等立体角射影方式)で設計される光学系も、方向の像点移動量に関して有意な傾き・像シフト敏感度特性を有する。そのため、R方向とθ方向における像高ごとの傾き・像シフト敏感度を考慮して像ブレ補正駆動量を取得することが好ましい。

【0055】

また、防振機構の仕様として大きい防振角度を保証する場合、本実施形態の傾き・像シフト敏感度を考慮して像ブレ補正駆動量を決定することが好ましい。

【実施例】

【0056】

以下、本発明の撮像光学系101の実施例について、添付の図面に基づいて説明する。

【0057】

図9, 11, 13はそれぞれ、実施例1乃至3の光学系L0の広角端における物体距離が無限遠で合焦した際の断面図である。各断面図に示した矢印は、広角端から望遠端へのズーミングに際しての各レンズ群の移動軌跡を表している。図15は、実施例4の光学系L0の物体距離が無限遠で合焦した際の断面図である。図15に示した矢印は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際してのレンズ群の移動軌跡を表している。各実施例の光学系L0は、デジタルビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、監視用カメ

10

20

30

40

50

ラ、スマートフォン用カメラ等の撮像装置に用いられる。

【0058】

各断面図において左方が物体側で、右方が像側である。各実施例の光学系 L_0 は、複数のレンズ群を有して構成されている。本願明細書においてレンズ群とは、ズーミング、フォーカシング、又はプレ補正に際して一体的に移動又は静止するレンズのまとまりである。すなわち、各実施例の光学系 L_0 では、ズーミング、又はフォーカシングに際して隣接するレンズ群同士の間隔が変化する。なお、レンズ群は1枚のレンズから構成されていてもよいし、複数のレンズから成っていてもよい。また、レンズ群は開口絞りを含んでいてもよい。

【0059】

また、SP は開口絞りである。IP は像面であり、CCD センサやCMOS センサ等の撮像素子（光電変換素子）の撮像面が配置される。また、OIS 用光学系は、OIS を行う際に、光学系 L_0 の光軸に対して偏心する。

【0060】

実施例 1, 2, 4 の光学系 L_0 の射影方式は、中心射影方式 ($Y = f \tan \theta$) である。実施例 3 の光学系 L_0 の射影方式は、等立体角射影方式 ($Y = 2 \cdot f \cdot \sin(\theta / 2)$) である。

【0061】

図 10, 12, 14 はそれぞれ、実施例 1 乃至 3 の光学系 L_0 の広角端における物体距離が無限遠で合焦した際の収差図である。図 16 は、実施例 4 の光学系 L_0 の物体距離が無限遠で合焦した際の収差図である。

20

【0062】

球面収差図において F_{n_0} は F ナンバーであり、d 線（波長 587.6 nm）、g 線（波長 435.8 nm）に対する球面収差量を示している。非点収差図において S はサジタル像面における非点収差量、M はメリディオナル像面における非点収差量を示している。歪曲収差図において d 線に対する歪曲収差量を示している。色収差図では g 線における倍率色収差量を示している。θ は撮像半画角（°）である。

【0063】

以下に、実施例 1 乃至 4 にそれぞれ対応する数値実施例 1 乃至 4 を示す。

【0064】

各数値実施例の面データにおいて、 r は各光学面の曲率半径、 d (mm) は第 m 面と第 $(m+1)$ 面との間の軸上間隔（光軸上の距離）を表している。ただし、 m は光入射面から数えた面の番号である。また、 n_d は各光学部材の d 線に対する屈折率、 d は光学部材のアッペ数を表している。なお、ある材料のアッペ数 d はフラウンホーファー線の d 線（波長 587.6 nm）、F 線（波長 486.1 nm）、C 線（波長 656.3 nm）における屈折率を N_d 、 N_F 、 N_C とするとき、

$$d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

で表される。

30

【0065】

なお、各数値実施例において、 d 、焦点距離 (mm)、F ナンバー、半画角（°）は全て各実施例の光学系 L_0 が無限遠物体に焦点を合わせたときの値である。バックフォーカス (BF) は、レンズ最終面（最も像側のレンズ面）から近軸像面までの光軸上の距離を空気換算長により表記したものである。光学全長は、レンズ最前面（最も物体側のレンズ面）からレンズ最終面までの光軸上の距離にバックフォーカスを加えた長さである。

40

【0066】

また、光学面が非球面の場合は、面番号の右側に * の符号を付している。非球面形状は、 X を光軸方向の面頂点からの変位量、 h を光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、 R を近軸曲率半径、 k を円錐定数、 $A_4, A_6, A_8, A_{10}, A_{12}$ を各次数の非球面係数とするとき、

$$X = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] + A_4 \times h^4 + A_6$$

50

$$\times h^6 + A_8 \times h^8 + A_{10} \times h^{10} + A_{12} \times h^{12}$$

で表している。なお、各非球面係数における「 $e \pm XX$ 」は「 $\times 10^{\pm XX}$ 」を意味している。

【0067】

また、各数値実施例には、傾き - 像シフト敏感度データ、及びOIS用光学系の偏心に対する偏心敏感度データを示している。これらの導出方法について、図17を用いて説明する。

【0068】

図17は、実施例1の光学系L0において、物体面から入射するそれぞれの画角に対応したd線の主光線（半画角0の主光線と半画角の主光線）の光線トレースを示す図である。図17(A)乃至図16(C)はそれぞれ、静止状態、像面IPと光軸の交点を中心にしてX軸周りに傾き角 α_x だけ傾けられた状態、及びOIS用光学系をY軸方向へ偏心量 y だけ偏心させた状態の光学系L0を示している。

10

【0069】

傾き方向(R方向)における像高ごとの傾き - 像シフト敏感度は、図17(A)と図17(B)の各半画角に対応する像面IP上での結像位置の差分である像点移動量 $y_{LSR}(h_r)$ を傾き角 α_x で割ることで取得される。また、傾き方向と直交する方向における像高ごとの傾き - 像シフト敏感度は、X軸方向における像高 h ごとの像点移動量 y_{LS} を用いて取得される。各実施例における傾き - 像シフト敏感度は、光学系L0を0.5°傾けた場合の像点移動量から取得される。ここで、傾き角 α_x の符号は、図17(B)の反時計回り方向を正、時計回り方向を負としている。また、像点移動量 y の符号は、上方向を正、下方向を負としている。

20

【0070】

偏心方向(R方向)における像高ごとのOIS用光学系の偏心に対する偏心敏感度は、図17(A)と図17(C)の各半画角に対応する像面IP上での結像位置の差分である像点移動量 $y_{TSR}(h_r)$ をOIS用光学系の偏心量 y で割ることで取得される。また、各実施例では、偏心方向と直交する方向における像高ごとのOIS用光学系の偏心に対する偏心敏感度は、X軸方向における像高 h ごとの像点移動量 y_{TS} を用いて取得される。なお、各実施例におけるOIS用光学系の偏心に対する偏心敏感度データは、OIS用光学系を0.1mm偏心させた場合の像点移動量から取得される。

30

【0071】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	211.125	2.10	1.80810	22.8
2	80.660	6.03	1.77250	49.6
3	248.854	0.15		
4	57.558	6.97	1.77250	49.6
5	160.440 (可変)			
6	66.217	1.40	1.88300	40.8
7	18.113	8.41		
8	-206.710	1.20	1.61800	63.4
9	22.688	4.36	1.85478	24.8
10	79.196	4.20		
11	-35.317	1.20	1.58313	59.4
12*	-312.513	0.43		
13	910.041	5.47	1.59270	35.3
14	-19.928	1.10	1.88300	40.8
15	-47.138 (可変)			

40

50

16(絞り)	0.40				
17	81.194	4.45	1.83481	42.7	
18	-54.244	0.15			
19	41.217	7.25	1.49700	81.5	
20	-32.257	1.10	2.00069	25.5	
21	-293.896	2.41			
22*	-71.464	1.75	1.76802	49.2	
23	64.990	1.91	1.80810	22.8	
24	199.742	(可変)			
25	30.855	6.56	1.59522	67.7	10
26	-85.643	0.35			
27	38.493	1.20	1.73800	32.3	
28	22.868	7.83	1.53775	74.7	
29	-71.877	0.15			
30*	-4310.465	1.70	1.85400	40.4	
31*	109.508	(可変)			
32	53.194	0.90	1.80400	46.6	
33	22.891	(可変)			
34*	-42.821	1.70	1.58313	59.4	
35*	-2156.781	0.15			20
36	344.261	3.20	2.00100	29.1	
37	-88.670	(可変)			

像面

非球面データ

第12面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -5.69442e-006$ $A_6 = -2.29053e-009$ $A_8 = -4.72363e-011$ $A_{10} = 4.65343e-013$ $A_{12} = -1.99227e-015$

第22面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 1.87606e-006$ $A_6 = 1.45872e-009$ $A_8 = 2.78338e-011$ $A_{10} = -2.10980e-013$ $A_{12} = 3.98590e-016$

第30面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -2.01869e-005$ $A_6 = 6.17344e-008$ $A_8 = -2.64177e-010$ $A_{10} = -2.98832e-013$ $A_{12} = 2.64092e-015$

第31面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 1.63774e-006$ $A_6 = 9.32838e-008$ $A_8 = -2.34772e-010$ $A_{10} = -7.39973e-013$ $A_{12} = 4.51086e-015$

第34面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -2.51719e-005$ $A_6 = 1.25180e-007$ $A_8 = -5.32709e-010$ $A_{10} = 5.08044e-013$ $A_{12} = 7.30860e-016$

第35面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -2.60571e-005$ $A_6 = 1.26402e-007$ $A_8 = -6.23562e-010$ $A_{10} = 1.45147e-012$ $A_{12} = -1.39940e-015$

各種データ

ズーム比	2.74			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	24.72	43.76	67.66	
Fナンバー	2.91	2.91	2.91	
半画角	42.00	25.95	17.34	
像高	21.64	21.64	21.64	
光学全長	144.33	158.18	172.04	

10

20

30

40

50

BF	14.30	25.72	35.98
d 5	0.80	17.81	28.91
d 15	16.54	8.10	2.46
d 24	11.55	5.41	3.56
d 31	2.38	1.11	0.91
d 33	12.58	13.85	14.04
d 37	14.30	25.72	35.98

広角端で傾き方向における像高ごとの傾き - 像シフト敏感度データ

半画角 ω [deg]	像高 h_r [mm]	0.5degブレ後 の像点移動量 Δy_{LSr} [mm]	傾き-像シフト 敏感度 $LS_r(h_r)$ [mm/deg]	傾き-像シフト 敏感度係数 $k_{LS_r}(h_r)$
0	0.000	-0.216	-0.431	1.000
6.9	3.000	-0.218	-0.435	1.009
13.7	6.000	-0.224	-0.448	1.038
20.3	9.000	-0.235	-0.471	1.091
26.4	12.000	-0.254	-0.507	1.176
32.0	15.001	-0.281	-0.562	1.303
37.0	18.001	-0.322	-0.645	1.494
41.2	21.000	-0.385	-0.770	1.784

10

20

30

40

【 0 0 7 2 】

広角端で傾き方向と直交する方向における像高ごとの傾き - 像シフト敏感度データ

半画角 ω [deg]	像高 h_θ [mm]	0.5degブレ後の 像点移動量 $\Delta y_{LS\theta}$ [mm]	傾き-像シフト 敏感度 $LS_\theta(h_\theta)$ [mm/deg]	傾き-像シフト 敏感度係数 $k_{LS_\theta}(h_\theta)$
0	0.000	-0.216	-0.431	1.000
6.9	3.000	-0.215	-0.431	0.998
13.7	6.000	-0.214	-0.429	0.993
20.3	9.000	-0.213	-0.425	0.986
26.4	12.000	-0.211	-0.422	0.978
32.0	15.001	-0.209	-0.419	0.971
37.0	18.001	-0.209	-0.418	0.968
41.2	21.000	-0.209	-0.419	0.971

【 0 0 7 3 】

広角端でOIS用光学系の偏心に対する偏心方向における像高ごとの偏心敏感度データ

50

半画角 ω [deg]	像高 h_r [mm]	0.1mm偏心後の 像点移動量 Δy_{TS_r} [mm]	偏心敏感度 $TS_r(h_r)$ [mm/mm]	偏心敏感度 係数 $k_{TS_r}(h_r)$
0	0.000	-0.067	-0.671	1.000
6.9	3.000	-0.068	-0.676	1.008
13.7	6.000	-0.069	-0.692	1.032
20.3	9.000	-0.072	-0.720	1.073
26.4	12.000	-0.076	-0.762	1.136
32.0	15.001	-0.082	-0.823	1.226
37.0	18.001	-0.091	-0.910	1.356
41.2	21.000	-0.103	-1.035	1.542

【0074】

広角端でOIS用光学系の偏心に対する偏心方向と直交する方向における像高ごとの偏心敏感度データ

半画角 ω [deg]	像高 h_θ [mm]	0.1mm偏心後の 像点移動量 Δy_{TS_θ} [mm]	偏心敏感度 $TS_\theta(h_\theta)$ [mm/mm]	偏心敏感度 係数 $k_{TS_\theta}(h_\theta)$
0	0.000	-0.067	-0.671	1.000
6.9	3.000	-0.067	-0.673	1.003
13.7	6.000	-0.068	-0.680	1.014
20.3	9.000	-0.069	-0.692	1.031
26.4	12.000	-0.071	-0.708	1.055
32.0	15.001	-0.073	-0.729	1.087
37.0	18.001	-0.076	-0.756	1.127
41.2	21.000	-0.079	-0.788	1.175

10

20

30

【0075】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	3000.000	2.85	1.58313	59.4
2*	16.526	10.57		
3*	-809.327	2.25	1.85400	40.4
4*	91.828	5.56		
5	-53.256	1.20	1.59522	67.7
6	68.528	0.15		
7	43.587	5.03	1.85478	24.8
8	-485.244 (可変)			
9	63.607	2.67	1.84666	23.9
10	-1472.964	0.15		
11	52.737	1.00	1.92286	20.9
12	22.996	5.41	1.53172	48.8

40

50

13	489.976	(可変)			
14(絞り)		(可変)			
15	27.733	1.20	2.00069	25.5	
16	19.641	9.29	1.53775	74.7	
17	-78.882	(可変)			
18	-67.558	4.31	1.92286	20.9	
19	-20.948	0.77	1.83400	37.2	
20	136.126	3.52			
21		(可変)			10
22	30.487	11.20	1.49700	81.6	
23	-50.182	0.15			
24	40.928	11.00	1.49700	81.6	
25	-25.800	1.20	2.05090	26.9	
26	208.835	4.54			
27*	-73.669	2.10	1.85400	40.4	
28*	-1000.000	0.15			
29	216.036	3.40	1.92286	20.9	
30	-127.538	(可変)			
像面					
非球面データ					20
第1面					
	K = 0.00000e+000	A 4= 8.30213e-006	A 6=-1.33976e-008	A 8= 4.25008e-011	
	A10=-8.60253e-014	A12= 1.03363e-016			
第2面					
	K = -9.81344e-001	A 4= 4.49709e-007	A 6=-2.34544e-008	A 8=-1.05516e-010	
	A10= 8.07443e-013	A12=-2.78552e-015			
第3面					
	K = 0.00000e+000	A 4=-9.01759e-006	A 6=-1.39642e-007	A 8= 1.23272e-009	
	A10=-3.49283e-012	A12= 3.62808e-015			
第4面					30
	K = 0.00000e+000	A 4= 6.34981e-006	A 6=-1.29871e-007	A 8= 1.67920e-009	
	A10=-6.48374e-012	A12= 1.50043e-014			
第27面					
	K = 0.00000e+000	A 4=-8.04129e-005	A 6= 2.64851e-007	A 8=-1.06038e-009	
	A10= 4.87911e-012	A12=-8.56493e-015			
第28面					
	K = 0.00000e+000	A 4=-6.00659e-005	A 6= 2.67376e-007	A 8=-7.05021e-010	
	A10= 2.04492e-012	A12=-2.97985e-015			
各種データ					
ズーム比	2.20				40
	広角	中間	望遠		
焦点距離	15.45	24.00	33.95		
F ナンバー	2.91	2.91	2.91		
半画角	55.41	41.57	31.88		
像高	21.64	21.64	21.64		
光学全長	159.58	147.48	144.99		
BF	14.00	22.21	32.15		
d 8	25.32	7.72	1.50		
d13	8.24	11.30	7.40		
d14	13.71	5.42	0.71		50

d17	1.60	9.89	14.61
d21	7.04	1.27	-1.05
d30	14.00	22.21	32.15

広角端で傾き方向における像高ごとの傾き - 像シフト敏感度データ

半画角 ω [deg]	像高 h_r [mm]	0.5degブレ後 の像点移動量 Δy_{LSr} [mm]	傾き-像シフト 敏感度 $LS_r(h_r)$ [mm/deg]	傾き-像シフト 敏感度係数 $k_{LS_r}(h_r)$
0	0.000	-0.135	-0.270	1.000
11.0	3.000	-0.139	-0.278	1.030
21.4	6.000	-0.152	-0.303	1.124
30.6	9.001	-0.174	-0.348	1.291
38.5	12.002	-0.208	-0.415	1.540
45.0	15.002	-0.253	-0.505	1.873
50.3	18.000	-0.311	-0.621	2.304
54.6	21.000	-0.388	-0.776	2.878

10

20

【 0 0 7 6 】

広角端で傾き方向と直交する方向における像高ごとの傾き - 像シフト敏感度データ

半画角 ω [deg]	像高 h_θ [mm]	0.5degブレ後 の像点移動量 $\Delta y_{LS\theta}$ [mm]	傾き-像シフト 敏感度 $LS_\theta(h_\theta)$ [mm/deg]	傾き-像シフト 敏感度係数 $k_{LS_\theta}(h_\theta)$
0	0.000	-0.135	-0.270	1.000
11.0	3.000	-0.135	-0.269	0.998
21.4	6.000	-0.134	-0.267	0.992
30.6	9.001	-0.133	-0.265	0.984
38.5	12.002	-0.132	-0.263	0.976
45.0	15.002	-0.131	-0.262	0.971
50.3	18.000	-0.130	-0.261	0.966
54.6	21.000	-0.130	-0.260	0.965

30

40

【 0 0 7 7 】

広角端でOIS用光学系の偏心に対する偏心方向における像高ごとの偏心敏感度データ

50

半画角 ω [deg]	像高 h_r [mm]	0.1mm偏心後 の像点移動量 Δy_{TSr} [mm]	偏心敏感度 $TS(h_r)$ [mm/mm]	偏心敏感度 係数 $k_{TS_r}(h_r)$
0	0.000	-0.066	-0.665	1.000
11.0	3.000	-0.067	-0.671	1.009
21.4	6.000	-0.069	-0.687	1.034
30.6	9.001	-0.072	-0.717	1.078
38.5	12.002	-0.076	-0.760	1.144
45.0	15.002	-0.083	-0.826	1.243
50.3	18.000	-0.093	-0.927	1.395
54.6	21.000	-0.107	-1.073	1.615

【0078】

広角端でOIS用光学系の偏心に対する偏心方向と直交する方向における像高ごとの偏心敏感度データ

半画角 ω [deg]	像高 h_θ [mm]	0.1mm偏心後 の像点移動量 $\Delta y_{TS\theta}$ [mm]	偏心敏感度 $TS_\theta(h_\theta)$ [mm/mm]	偏心敏感度 係数 $k_{TS_\theta}(h_\theta)$
0	0.000	-0.066	-0.665	1.000
11.0	3.000	-0.067	-0.667	1.004
21.4	6.000	-0.068	-0.675	1.016
30.6	9.000	-0.069	-0.688	1.035
38.5	12.000	-0.071	-0.705	1.061
45.0	15.001	-0.073	-0.729	1.097
50.3	18.001	-0.076	-0.759	1.142
54.6	21.000	-0.080	-0.795	1.197

【0079】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	69.371	2.50	1.76385	48.5
2	14.745	14.38		
3	263.184	1.35	1.53775	74.7
4	20.476	5.83		
5	-39.045	1.20	1.59282	68.6
6	33.526	0.24		

10

20

30

40

50

7	26.797	6.12	1.85025	30.1
8	-37.028	(可変)		
9	-25.901	1.30	1.91082	35.3
10	-122.028	(可変)		
11		1.00		
12	24.286	2.50	1.48749	70.2
13	-95.780	0.20		
14	20.038	1.00	1.95375	32.3
15	11.039	3.62	1.51742	52.4
16	231.303	2.50		
17(絞り)		6.09		
18	1764.677	0.90	1.67300	38.3
19	15.325	3.96	1.76385	48.5
20	-112.119	(可変)		
21	53.370	3.77	1.43700	95.1
22	-76.916	0.30		
23	-276.683	6.34	1.43700	95.1
24	-16.095	1.20	1.88300	40.8
25	-21.730	0.94		
26	-17.489	1.40	1.88300	40.8
27	-24.438	(可変)		

像面

各種データ

ズーム比	1.86
	広角 中間 望遠
焦点距離	8.10 11.97 15.06
F ナンバー	4.10 4.10 4.10
半画角	91.53 90.00 90.34
像高	11.50 17.00 21.50
光学全長	111.33 107.33 108.91
BF	13.12 24.44 31.62
d 8	3.88 3.84 3.41
d 10	17.92 6.25 1.70
d 20	7.77 4.16 3.54
d 27	13.12 24.44 31.62

広角端で傾き方向における像高ごとの傾き - 像シフト敏感度データ

10

20

30

40

50

半画角 ω [deg]	像高 h_r [mm]	0.5degブレ後 の像点移動量 Δy_{LSr} [mm]	傾き-像シフト 敏感度 $LS_r(h_r)$ [mm/deg]	傾き-像シフト 敏感度係数 $k_{LS_r}(h_r)$
0	0.000	-0.071	-0.141	1.000
10.6	1.500	-0.070	-0.141	0.994
21.4	3.000	-0.069	-0.138	0.977
32.3	4.500	-0.067	-0.134	0.951
43.7	6.000	-0.065	-0.130	0.917
55.5	7.500	-0.062	-0.124	0.875
68.0	9.000	-0.058	-0.115	0.816
81.6	10.502	-0.052	-0.104	0.734

10

【 0 0 8 0 】

20

広角端で傾き方向と直交する方向における像高ごとの傾き - 像シフト敏感度データ

半画角 ω [deg]	像高 h_θ [mm]	0.5degブレ後 の像点移動量 $\Delta y_{LS\theta}$ [mm]	傾き-像シフト 敏感度 $LS_\theta(h_\theta)$ [mm/deg]	傾き-像シフト 敏感度係数 $k_{LS_\theta}(h_\theta)$
0	0.000	-0.071	-0.141	1.000
10.6	1.500	-0.070	-0.139	0.987
21.4	3.000	-0.067	-0.134	0.947
32.3	4.500	-0.062	-0.124	0.877
43.7	6.000	-0.055	-0.110	0.776
55.5	7.500	-0.045	-0.090	0.636
68.0	9.000	-0.032	-0.063	0.448
81.6	10.502	-0.014	-0.027	0.192

30

【 0 0 8 1 】

40

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	50.658	1.57	1.48749	70.2
2	17.433	7.73		
3	82.620	1.50	1.48749	70.2
4	22.068	13.94		
5	28.055	5.75	1.90043	37.4
6	-26.190	1.00	1.80000	29.8

50

7 -678.364 6.06
 8(絞り) 2.86
 9 74.460 1.40 1.77250 49.6
 10 -3498.619 2.98
 11 -20.479 1.00 1.85478 24.8
 12 30.759 3.15 1.49700 81.5
 13 -76.152 0.29
 14 107.343 4.13 1.58313 59.4
 15* -42.035 0.15
 16 108.394 4.96 1.85150 40.8
 17 -35.438 (可変)
 18 -72.427 1.84 1.83481 42.7
 19 -45.108 10.50
 20 -23.819 1.57 1.51742 52.4
 21 -53.298 11.00

像面

非球面データ

第15面

K = 0.00000e+000 A 4 = 2.14904e-005 A 6 = -6.26885e-009 A 8 = 3.11936e-010 A 10 = -1.96590e-012 A 12 = 3.25155e-015

20

各種データ

焦点距離 20.60
 F ナンバー 1.85
 半画角 46.42
 像高 18.71
 光学全長 84.88
 BF 11.00

無限遠 至近

d17 1.50 11.92

無限遠合焦時で傾き方向における像高ごとの傾き-像シフト敏感度データ

30

半画角 ω [deg]	像高 h_r [mm]	0.5degブレ後 の像点移動量 Δy_{LSr} [mm]	傾き-像シフト 敏感度 $LS_r(h_r)$ [mm/deg]	傾き-像シフト 敏感度係数 $k_{LS_r}(h_r)$
0	0.000	-0.180	-0.359	1.000
8.3	2.988	-0.181	-0.362	1.007
16.2	5.906	-0.186	-0.371	1.033
23.6	8.699	-0.194	-0.388	1.078
30.2	11.333	-0.205	-0.409	1.138
36.1	13.796	-0.217	-0.435	1.209
41.2	16.111	-0.234	-0.468	1.302
45.6	18.283	-0.254	-0.509	1.416

40

【 0 0 8 2 】

無限遠合焦時で傾き方向と直交する方向における像高ごとの傾き-像シフト敏感度データ

50

半画角 ω [deg]	像高 h_θ [mm]	0.5degブレ後 の像点移動量 $\Delta y_{LS\theta}$ [mm]	傾き-像シフト 敏感度 $LS_\theta(h_\theta)$ [mm/deg]	傾き-像シフト 敏感度係数 $k_{LS_\theta}(h_\theta)$
0	0.000	-0.180	-0.360	1.000
8.3	2.988	-0.179	-0.358	0.996
16.2	5.906	-0.177	-0.354	0.984
23.6	8.699	-0.174	-0.347	0.966
30.2	11.333	-0.170	-0.339	0.944
36.1	13.796	-0.165	-0.331	0.919
41.2	16.111	-0.161	-0.321	0.894
45.6	18.283	-0.156	-0.313	0.869

【0083】

無限遠合焦時でOIS用光学系の偏心に対する偏心方向における像高ごとの偏心敏感度データ

半画角 ω [deg]	像高 h_r [mm]	0.1mm偏心後 の像点移動量 Δy_{TSr} [mm]	偏心敏感度 $TS(h_r)$ [mm/mm]	偏心敏感度 係数 $k_{TS_r}(h_r)$
0	0.000	0.030	0.299	1.000
8.3	2.988	0.030	0.302	1.010
16.2	5.906	0.031	0.311	1.040
23.6	8.699	0.033	0.325	1.087
30.2	11.333	0.034	0.344	1.149
36.1	13.796	0.037	0.366	1.223
41.2	16.111	0.039	0.390	1.305
45.6	18.283	0.042	0.416	1.392

【0084】

無限遠合焦時でOIS用光学系の偏心に対する偏心方向と直交する方向における像高ごとの偏心敏感度データ

10

20

30

40

50

半画角 ω [deg]	像高 h_θ [mm]	0.1mm偏心後 の像点移動量 $\Delta y_{TS\theta}$ [mm]	偏心敏感度 $TS_\theta(h_\theta)$ [mm/mm]	偏心敏感度 係数 $k_{TS_\theta}(h_\theta)$
0	0.000	0.030	0.299	1.000
8.3	2.988	0.030	0.301	1.005
16.2	5.906	0.031	0.305	1.021
23.6	8.699	0.031	0.313	1.046
30.2	11.333	0.032	0.323	1.079
36.1	13.796	0.033	0.334	1.117
41.2	16.111	0.035	0.347	1.160
45.6	18.283	0.036	0.361	1.206

【0085】

以上説明したように、本発明の構成によれば、光軸中心を含む所定の像点位置の像ブレを容易に且つ良好に補正可能である。

【0086】

なお、各実施形態では、像点位置に応じた撮像光学系101の傾きに対する像シフト敏感度に関する情報は、像点位置に応じた補正係数情報を行列形式にまとめた補正係数テーブルであるが、本発明はこれに限定されない。傾き - 像シフト敏感度 $L_S_r(h_r)$, $L_S(h)$ であってもよいし、傾き - 像シフト敏感度から取得される光軸外の補正係数情報であってもよい。すなわち、像シフト敏感度に関する情報は、撮像光学系101の傾きに対する所定の像点位置の移動量を取得可能な情報であればよい。

【0087】

また、各実施形態では、傾き - 像シフト敏感度を、撮像光学系101の傾きの回転軸と直交する方向 (R方向) と傾きの回転軸に平行な方向の像高ごとの情報として説明した。しかしながら、傾き - 像シフト敏感度は、所定の傾き方向に対する撮像面全域の像点位置ごとに定められた情報であってもよい。その場合、撮像光学系101の設計値を用いて取得される撮像面全域の像点移動量から直接取得される傾き - 像シフト敏感度であってもよい。

【0088】

また、各数値実施例では、像点位置は主光線の結像位置を用いて取得されるが、M T F (Modulation Transfer Function) のピーク位置を用いて取得されてもよい。

【0089】

また、カメラ側マイコン202は、撮像素子201の有効画素エリアを変化させる電子手振れ補正機能を用いて像ブレ補正を行ってもよい。すなわち、カメラ側マイコン202をブレ補正手段の一つとして機能させてもよい。

[その他の実施例]

本発明は、上述の実施例の1以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1以上の機能を実現する回路(例えば、ASIC)によっても実現可能である。

【0090】

10

20

30

40

50

以上、本発明の好ましい実施形態及び実施例について説明したが、本発明はこれらの実施形態及び実施例に限定されず、その要旨の範囲内で種々の組合せ、変形及び変更が可能である。

【符号の説明】

【0091】

101 撮像光学系

102 レンズ側マイコン（制御装置）

105 OIS用アクチュエータ（ブレ補正手段）

202 カメラ側マイコン（制御装置）

210 IIS用アクチュエータ（ブレ補正手段）

10

20

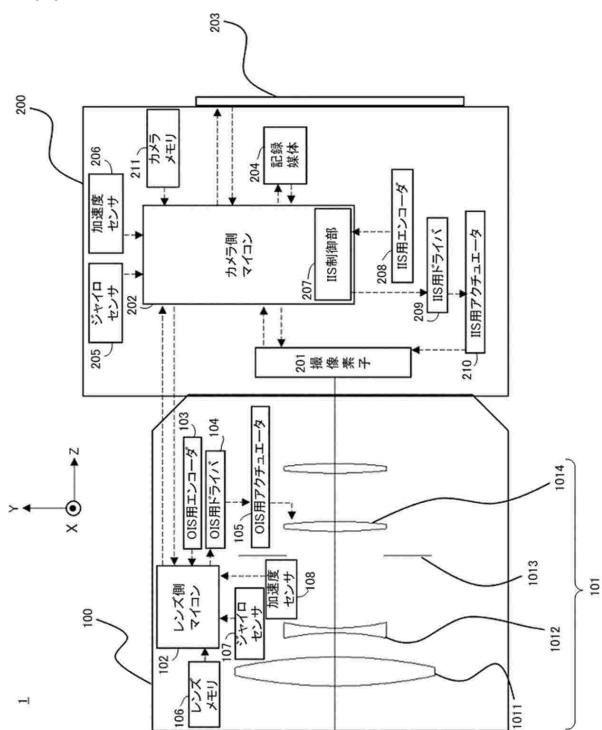
30

40

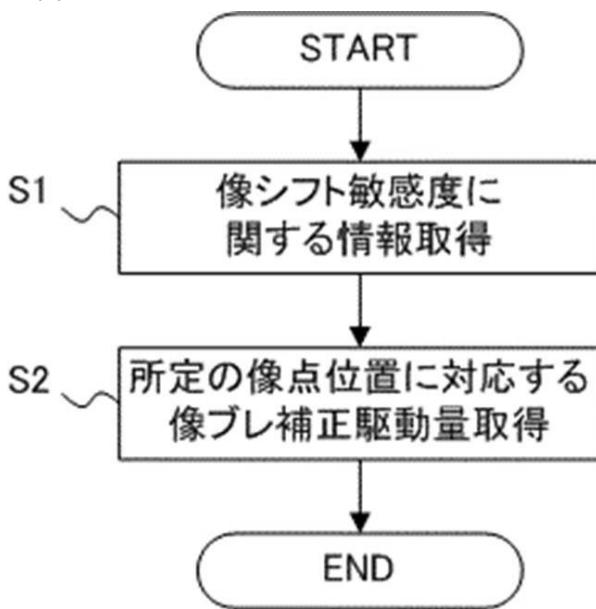
50

【図面】

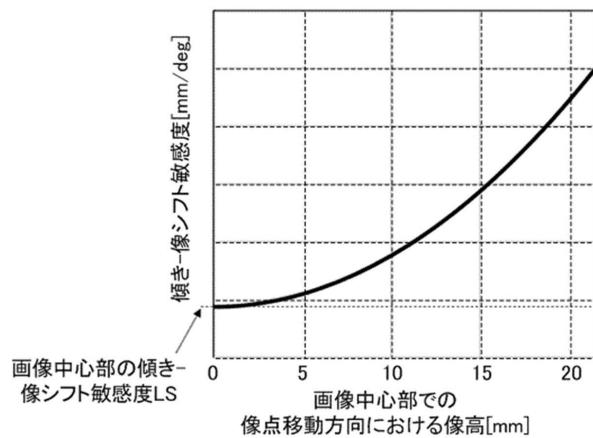
【図 1】



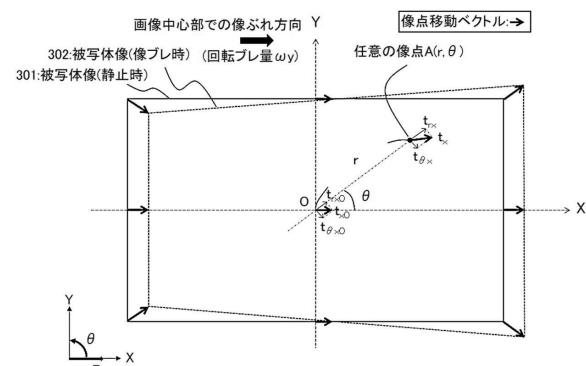
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

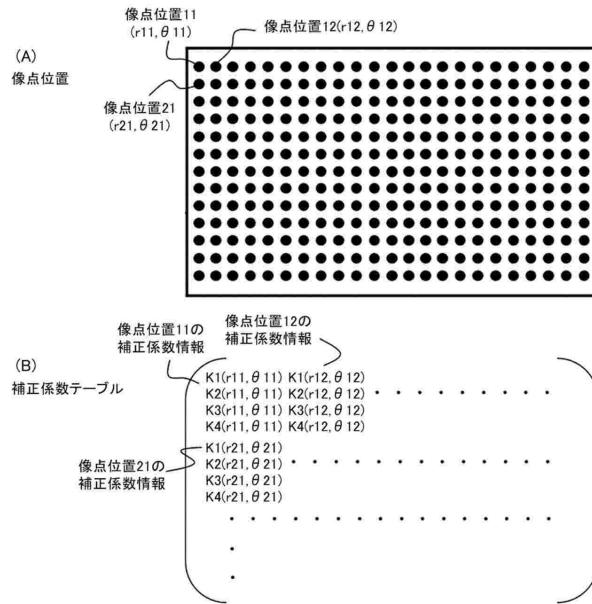
20

30

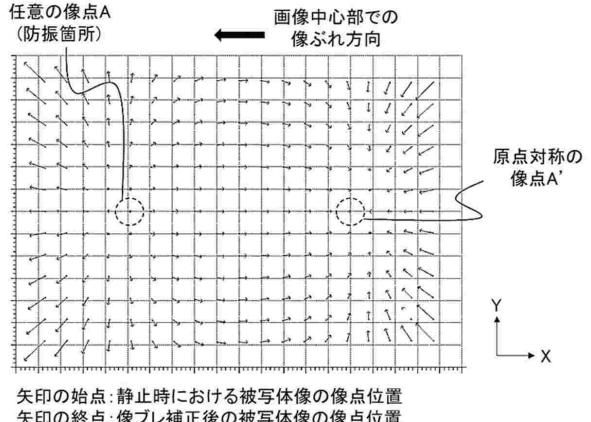
40

50

【図 5】

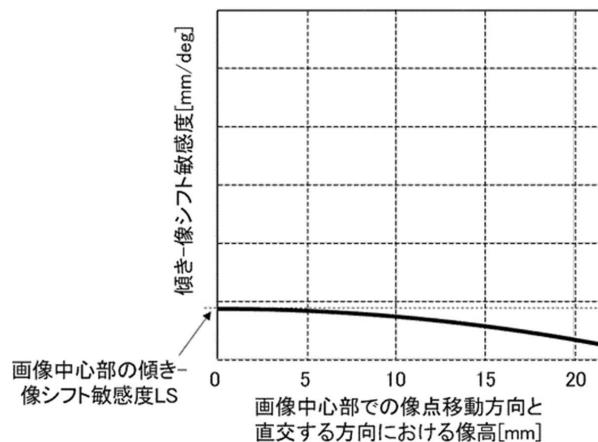


【図 6】

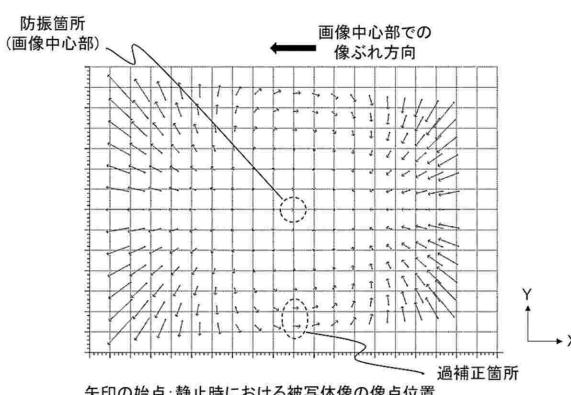


10

【図 7】



【図 8】



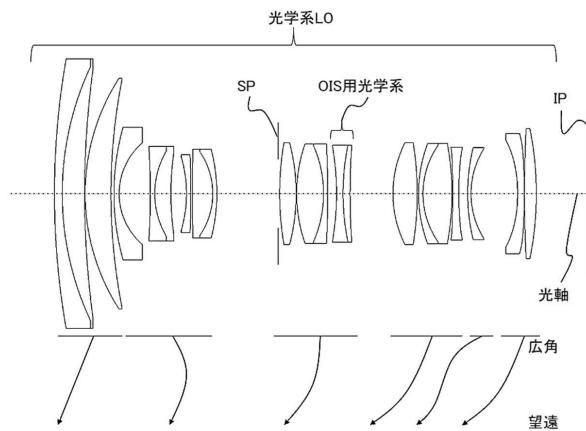
20

30

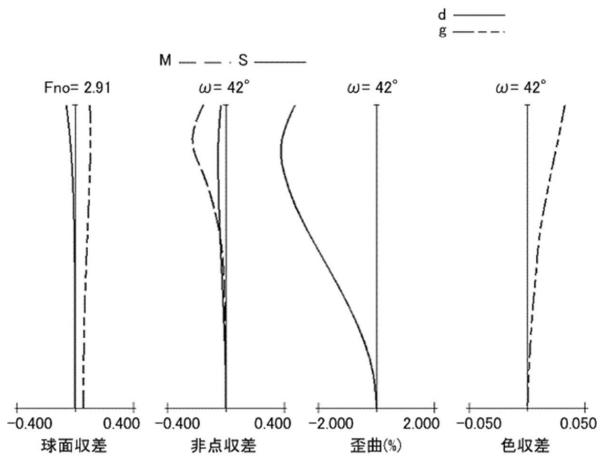
40

50

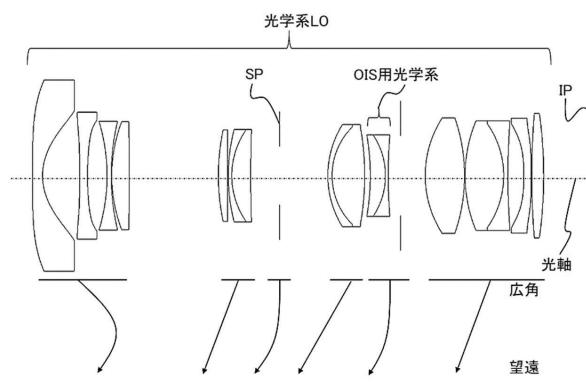
【図 9】



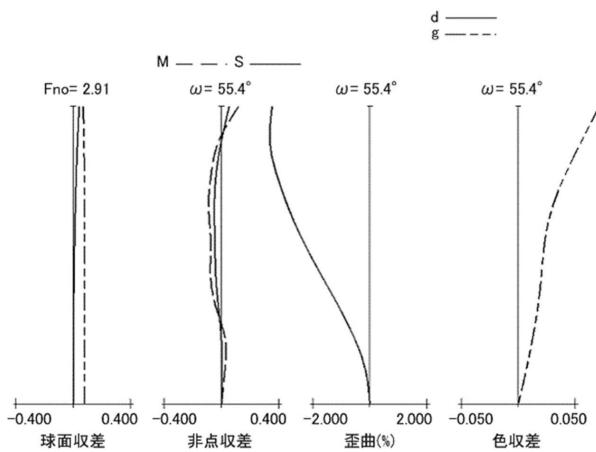
【図 10】



【図 11】



【図 12】



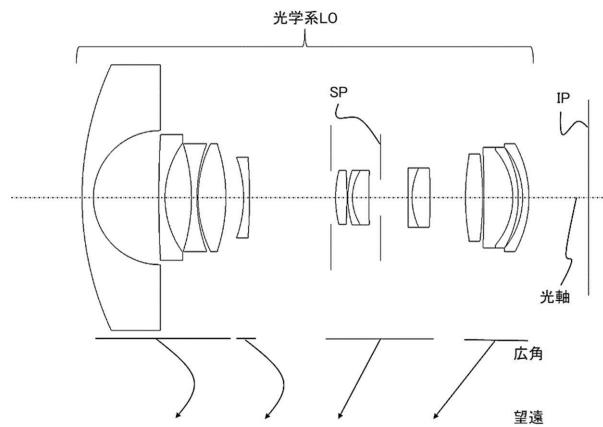
30

40

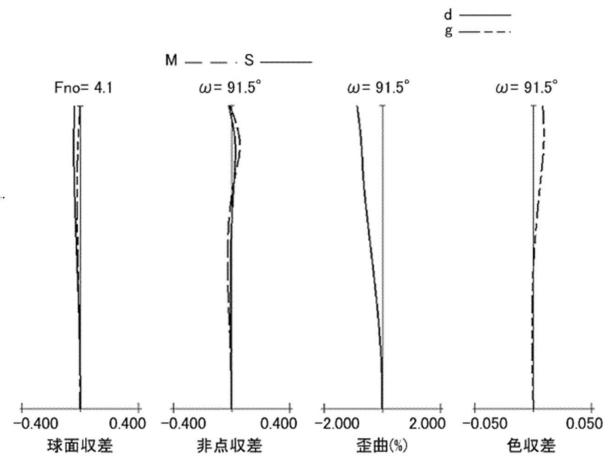
50

10

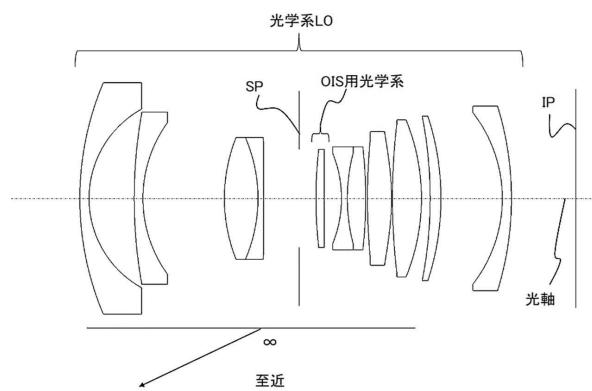
【図 1 3】



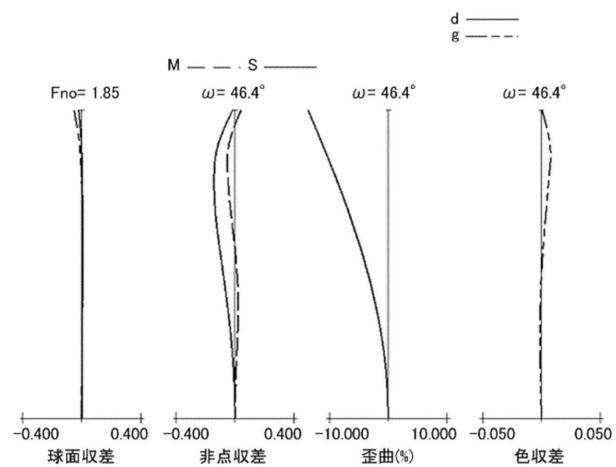
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】

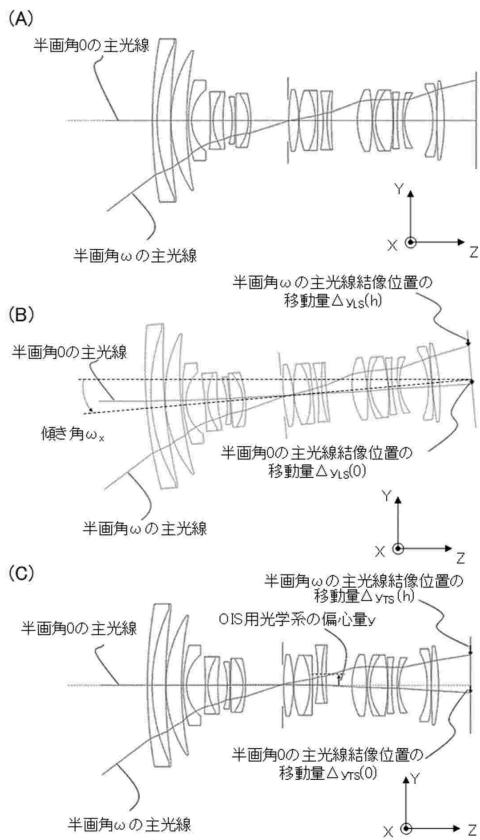


30

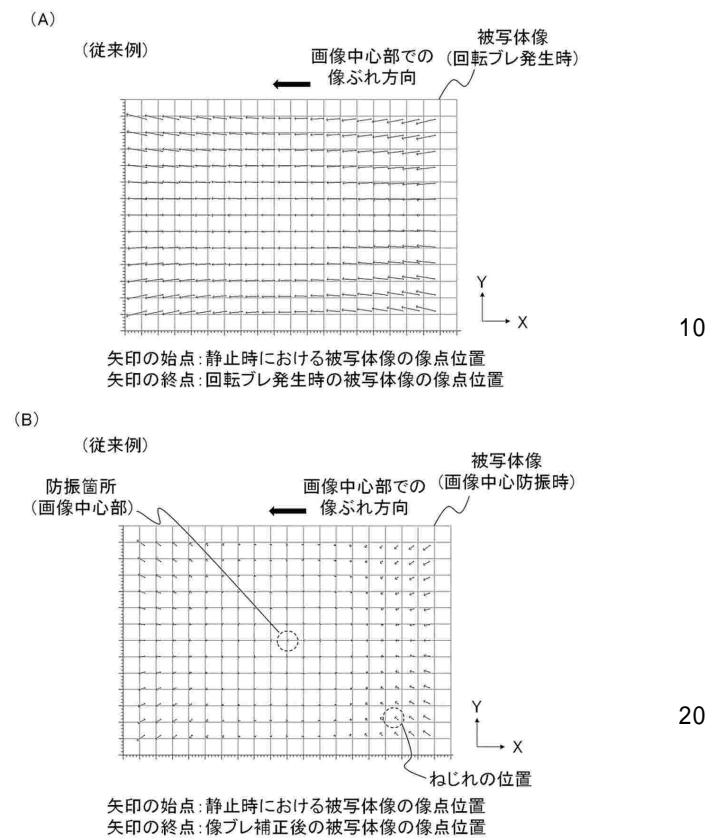
40

50

【図17】



【図18】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 井野 友裕
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 前瀧 聰
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 真岩 久恵

(56)参考文献 特開2020-129766 (JP, A)
特開2020-95069 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G 03 B 5 / 00 - 5 / 08
H 04 N 5 / 222 - 5 / 257
23 / 00
23 / 40 - 23 / 76
23 / 90 - 23 / 959