

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像素子を有する撮像装置に着脱可能なレンズ装置であって、

フォーカシングに際して互いに異なる軌跡で移動する第 1 フォーカスレンズ群および第 2 フォーカスレンズ群を含む光学系と、

前記第 1 フォーカスレンズ群と前記第 2 フォーカスレンズ群の位置を制御するレンズ制御手段と、を備え、

前記レンズ制御手段は、前記光学系と前記撮像素子の間に配置された光学素子に関する情報に応じて定められる前記第 1 フォーカスレンズ群と前記第 2 フォーカスレンズ群の目標位置に基づいて、前記第 1 フォーカスレンズ群と前記第 2 フォーカスレンズ群の位置を制御することを特徴とするレンズ装置。

10

【請求項 2】

前記レンズ制御手段は、前記光学系と前記撮像素子の間における光学素子の配置状態が第 1 の状態である場合、前記光学系を第 1 の被写体距離に合焦させるために前記第 1 フォーカスレンズ群および前記第 2 フォーカスレンズ群が第 1 の配置となるように前記第 1 フォーカスレンズ群および前記第 2 フォーカスレンズ群の位置を制御し、

前記光学系と前記撮像素子の間における光学素子の配置状態が前記第 1 の状態とは異なる第 2 の状態である場合、前記光学系を前記第 1 の被写体距離に合焦させるために前記第 1 フォーカスレンズ群および前記第 2 フォーカスレンズ群が前記第 1 の配置とは異なる第 2 の配置となるように前記第 1 フォーカスレンズ群および前記第 2 フォーカスレンズ群の位置を制御することを特徴とする請求項 1 に記載のレンズ装置。

20

【請求項 3】

前記第 1 フォーカスレンズ群および前記第 2 フォーカスレンズ群が前記第 1 の配置である場合における前記光学系の収差量は、前記第 1 フォーカスレンズ群および前記第 2 フォーカスレンズ群が前記第 2 の配置である場合における前記光学系の収差量と異なることを特徴とする請求項 2 に記載のレンズ装置。

【請求項 4】

前記第 1 の配置における前記第 1 フォーカスレンズ群の横倍率を i_1 、前記第 1 の配置における前記第 2 フォーカスレンズ群の横倍率を i_2 、前記第 1 の配置における前記第 1 フォーカスレンズ群よりも像側に配置されたレンズ群の合成横倍率を i_{1r} 、前記第 1 の配置における前記第 2 フォーカスレンズ群よりも像側に配置されたレンズ群の合成横倍率を i_{2r} 、前記第 1 の配置から前記第 2 の配置に変化させた際の前記第 1 フォーカスレンズ群の移動量を X_1 、前記第 1 の配置から前記第 2 の配置に変化させた際の前記第 2 フォーカスレンズ群の移動量を X_2 とし、

30

$$S_1 = (1 - i_1^2) \times i_{1r}^2$$

$$S_2 = (1 - i_2^2) \times i_{2r}^2$$

としたとき、

【数 1】

$$\left(\frac{S_1}{|S_1|} \right) \times \left(\frac{X_1}{|X_1|} \right) + \left(\frac{S_2}{|S_2|} \right) \times \left(\frac{X_2}{|X_2|} \right) = 0$$

40

なる関係を満足することを特徴とする請求項 2 または 3 に記載のレンズ装置。

【請求項 5】

前記第 1 の配置における前記第 1 フォーカスレンズ群の横倍率を i_1 、前記第 1 の配置における前記第 2 フォーカスレンズ群の横倍率を i_2 、前記第 2 の配置における前記第 1 フォーカスレンズ群の横倍率を j_1 、前記第 2 の配置における前記第 2 フォーカスレンズ群の横倍率を j_2 としたとき、

50

$$0.95 < (i_1 \times i_2) / (j_1 \times j_2) < 1.15$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれか一項に記載のレンズ装置。

【請求項 6】

前記第 1 の被写体距離は、前記光学系が合焦可能な距離の範囲のうち最至近距離であり、

前記最至近距離における前記光学系の横倍率を β としたとき、

$$\beta < -0.1$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれか一項に記載のレンズ装置。

【請求項 7】

前記第 1 の状態は、前記光学系と前記撮像素子の間に光学素子が配置されていない状態であり、

前記第 2 の状態は、前記光学系と前記撮像素子の間に光学素子が配置されている状態であることを特徴とする請求項 2 乃至 6 のいずれか一項に記載のレンズ装置。

【請求項 8】

前記第 1 の状態は、前記光学系と前記撮像素子の間に第 1 の光学素子が配置されている状態であり、

前記第 2 の状態は、前記光学系と前記撮像素子の間に前記第 1 の光学素子とは異なる第 2 の光学素子が配置されている状態であることを特徴とする請求項 2 乃至 6 のいずれか一項に記載のレンズ装置。

【請求項 9】

前記光学素子に関する情報は、前記光学素子の厚みを識別可能な情報であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載のレンズ装置。

【請求項 10】

前記光学素子に関する情報は、前記光学素子の屈折率を識別可能な情報であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載のレンズ装置。

【請求項 11】

前記撮像装置は、前記光学素子に関する情報に応じて前記目標位置を定め、

前記レンズ制御手段は、前記撮像装置によって定められた前記目標位置に基づいて前記第 1 フォーカスレンズ群と前記第 2 フォーカスレンズ群の位置を制御することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載のレンズ装置。

【請求項 12】

前記レンズ制御手段は前記光学素子に関する情報に応じて前記目標位置を定めることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載のレンズ装置。

【請求項 13】

前記レンズ装置は、被写体距離に応じた前記第 1 フォーカスレンズ群と前記第 2 フォーカスレンズ群の位置に関する位置情報を記憶する記憶手段を有し、

前記目標位置は、前記位置情報を用いて定められることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか一項に記載のレンズ装置。

【請求項 14】

フォーカシングに際して互いに異なる軌跡で移動する第 1 フォーカスレンズ群および第 2 フォーカスレンズ群を含む光学系を有するレンズ装置が着脱可能な撮像装置であって、撮像素子と、

前記光学系と前記撮像素子の間に配置された光学素子に関する情報に応じて前記第 1 フォーカスレンズ群および前記第 2 フォーカスレンズ群の目標位置を定めるカメラ制御手段と、

を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 15】

フォーカシングに際して互いに異なる軌跡で移動する第 1 フォーカスレンズ群および第

10

20

30

40

50

2 フォーカスレンズ群を含む光学系を有し、撮像素子を備える撮像装置に着脱可能なレンズ装置を制御する制御方法であって、

前記光学系と前記撮像素子の間に配置された光学素子に関する情報に応じて前記第1フォーカスレンズ群および前記第2フォーカスレンズ群の目標位置を定める第1のステップと、

前記第1のステップにおいて定められた前記目標位置に基づいて前記第1フォーカスレンズ群と前記第2フォーカスレンズ群の位置を制御する第2のステップと、

を有することを特徴とする制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明はレンズ交換式の撮像装置およびそれに装着可能なレンズ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

レンズ交換式の撮像装置において、レンズ装置と撮像素子の間に光学素子（例えばコンバージョンレンズ、撮像素子を保護するカバーガラス等）が配置される場合がある。このような光学素子によって、レンズ装置の光学系と光学素子を合わせた全系におけるピント位置や収差量が変化し得る。すなわち、レンズ装置と撮像素子の間に光学素子が配置されると、全系における結像性能が変化し得る。

【0003】

20

特許文献1には、光軸に対して挿抜可能な光学フィルタを有する撮像装置において、光学フィルタの有無に応じてフォーカスレンズの位置を制御することが記載されている。これによって光学フィルタの有無によるピントのずれを低減させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2005-128566号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

特許文献1では、光学フィルタの有無による収差量の変動については考慮されていない。特許文献1において制御されるフォーカスレンズは1つのみであるため、光学フィルタ等の光学素子の有無による収差量の変動およびピントずれを共に低減させることが困難であるという課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のレンズ装置は、撮像素子を有する撮像装置に着脱可能なレンズ装置であって、フォーカシングに際して互いに異なる軌跡で移動する第1フォーカスレンズ群および第2フォーカスレンズ群を含む光学系と、前記第1フォーカスレンズ群と前記第2フォーカスレンズ群の位置を制御するレンズ制御手段と、を備え、前記レンズ制御手段は、前記光学系と前記撮像素子の間に配置された光学素子に関する情報に応じて定められる前記第1フォーカスレンズ群と前記第2フォーカスレンズ群の目標位置に基づいて、前記第1フォーカスレンズ群と前記第2フォーカスレンズ群の位置を制御することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、レンズ装置と撮像素子の間に配置された光学素子によって生じる収差量の変動およびピントずれを共に低減できるレンズ装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】撮像装置およびレンズ装置のブロック図である。

50

【図 2】撮像装置およびアダプタ装置、レンズ装置のブロック図である。

【図 3】実施例 1 におけるフローチャートである。

【図 4】実施例 2 におけるフローチャートである。

【図 5】像面の物体側に光学素子が配置されていない場合の実施例 3 の光学系の断面図である。

【図 6】像面の物体側に光学素子が配置された場合の実施例 3 の光学系の断面図である。

【図 7】像面の物体側に光学素子が配置されていない場合の実施例 3 の光学系の収差図である。

【図 8】像面の物体側に光学素子が配置された場合の実施例 3 の光学系の収差図である。

【図 9】像面の物体側に光学素子が配置されていない場合の実施例 4 の光学系の断面図である。

10

【図 10】像面の物体側に光学素子が配置された場合の実施例 4 の光学系の断面図である。

【図 11】像面の物体側に光学素子が配置されていない場合の広角端における実施例 4 の光学系の収差図である。

【図 12】像面の物体側に光学素子が配置された場合の広角端における実施例 4 の光学系の収差図である。

【図 13】像面の物体側に光学素子が配置されていない場合の中間ズーム位置における実施例 4 の光学系の収差図である。

【図 14】像面の物体側に光学素子が配置された場合の中間ズーム位置における実施例 4 の光学系の収差図である。

20

【図 15】像面の物体側に光学素子が配置されていない場合の望遠端における実施例 4 の光学系の収差図である。

【図 16】像面の物体側に光学素子が配置された場合の望遠端における実施例 4 の光学系の収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施形態について、添付の図面に基づいて説明する。

【0010】

図 1 は、レンズ装置としての交換レンズ 100 が、撮像装置としてのカメラ本体 200 に着脱可能に装着された状態でのブロック図である。

30

【0011】

交換レンズ 100 は、光学系 110 を有する。光学系 110 は、複数のレンズと開口絞り 102 を有する。光学系 110 は、フォーカシングに際して移動する第 1 フォーカスレンズ群 103 と、第 2 フォーカスレンズ群 104 を有する。第 1 フォーカスレンズ群 103 と第 2 フォーカスレンズ群 104 は、フォーカシングに際して互いに異なる軌跡で移動する。光学系 110 がズームレンズである場合、光学系 110 は変倍に際して移動するズームレンズ群 101 を有する。なお、図 1 において各レンズ群を正または負の単レンズで示しているが、各レンズ群は少なくとも 1 つのレンズを含んでいれば良く、複数のレンズで構成されていても良い。また、各レンズ群の屈折力は正であっても負であっても良い。また、光学系 110 はズーミングおよびフォーカシングに際して不動であるレンズ群（不図示）を含んでいても良い。

40

【0012】

交換レンズ 100 はレンズ制御部 112 を有する。レンズ制御部 112 は撮影光学系の各部を制御する。レンズ制御部 112 は MPU、マイクロコンピュータなどから構成される。

【0013】

変倍駆動部 105 は、レンズ制御部 112 の制御のもと、ズームレンズ群 101 が所定の位置に位置するようにズームレンズ群 101 を駆動する。絞り駆動部 106 はレンズ制御部 112 の制御のもと、開口絞り 102 の開口が所定の径となるように開口絞り 102

50

を駆動する。B 1 駆動部 1 0 7 はレンズ制御部 1 1 2 の制御のもと、第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 が所定の位置に位置するように第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 を駆動する。B 2 駆動部 1 0 8 はレンズ制御部 1 1 2 の制御のもと、第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 が所定の位置に位置するように第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 を駆動する。

【 0 0 1 4 】

レンズ制御部 1 1 2 は変倍位置検出部 1 0 9 を用いてズームレンズ群 1 0 1 の位置を検出する。レンズ制御部 1 1 2 は B 1 位置検出部 1 1 5 を用いて第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 の位置を検出する。レンズ制御部 1 1 2 は B 2 位置検出部 1 1 6 を用いて第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の位置を検出する。

【 0 0 1 5 】

レンズ側記憶部 1 1 3 は、交換レンズ 1 0 0 に固有の固有情報を記憶している。交換レンズ 1 0 0 に固有の固有情報とは、交換レンズ 1 0 0 の動作に必要なプログラムおよび R O M 情報、交換レンズ 1 0 0 の識別番号、交換レンズ 1 0 0 の仕様、特定の機能に対する対応可否に関する情報を含む。

【 0 0 1 6 】

交換レンズ 1 0 0 が、光学系 1 1 0 の光軸に対して挿抜可能な光学素子（不図示）を有する場合、固有情報は交換レンズ 1 0 0 の固有情報が光学素子に関する情報を含む。このような光学素子としては、例えばレンズの倍率を上げるためのエクステンダや、透過率を調整するための N D フィルタなどの光学フィルタがある。交換レンズ 1 0 0 の固有情報に含まれる光学素子に関する情報には、光学素子の厚み、屈折率、配置される位置、焦点距離、光学素子の識別番号、光学素子の挿抜状態等に関する情報を含む。なお、光学素子に関する情報は光学素子の厚みなどの特性を直接示している必要はなく、光学素子の特性が一義的に定義された情報であれば良い。

【 0 0 1 7 】

レンズ制御部 1 1 2 は、通信端子部 1 1 4 を介してカメラ本体 2 0 0 と通信することができる。

【 0 0 1 8 】

カメラ本体 2 0 0 は撮像素子 2 0 1 と、カメラ制御部 2 0 2 と、カメラ側記憶部 2 0 3 と、焦点検出部 2 0 6 と、を有する。

【 0 0 1 9 】

撮像素子 2 0 1 は C C D や C M O S センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。撮像素子 2 0 1 の受光面側には光学素子 2 0 7 が設けられている。光学素子 2 0 7 は、例えば光学ローパスフィルタや撮像素子 2 0 1 を保護するカバーガラスである。

【 0 0 2 0 】

カメラ制御部 2 0 2 は、カメラ本体 2 0 0 の各部を制御する。カメラ制御部 2 0 2 は通信端子部 1 1 4 を介してレンズ制御部 1 1 2 と通信することができる。なお、カメラ制御部 2 0 2 は、M P U、マイクロコンピュータなどから構成される。

【 0 0 2 1 】

カメラ側記憶部 2 0 3 はカメラ本体 2 0 0 に固有の固有情報を記憶している。カメラ本体 2 0 0 に固有の固有情報とは、カメラ本体 2 0 0 の動作に必要なプログラムおよび R O M 情報、カメラ本体 2 0 0 の識別番号、カメラ本体 2 0 0 の仕様、特定の機能に対する対応可否に関する情報を含む。また、カメラ本体 2 0 0 の固有情報は、光学素子 2 0 7 に関する情報を含む。光学素子 2 0 7 に関する情報には、光学素子 2 0 7 の識別番号、仕様、厚み、屈折率、配置される位置等に関する情報を含む。なお、カメラ本体 2 0 0 の固有情報に含まれる光学素子 2 0 7 に関する情報は、光学素子 2 0 7 の厚みなどの特性を直接示している必要はなく、光学素子 2 0 7 の特性が一義的に定義された情報であれば良い。例えば、カメラ本体の種類毎に光学素子の特性が異なる場合、カメラ本体 2 0 0 の種類を特定するカメラ I D を光学素子 2 0 7 に関する情報として用いても良い。

【 0 0 2 2 】

交換レンズ 1 0 0 は通信端子部 1 1 4 を介した通信によりカメラ本体 2 0 0 の固有情報

10

20

30

40

50

を取得することができる。また、カメラ本体 200 は、通信端子部 114 を介した通信により交換レンズ 100 の固有情報を取得することができる。

【0023】

また、カメラ本体 200 は、シャッタースイッチ 204 を有する。本実施形態のシャッタースイッチ 204 は、ユーザによって２段階に押下可能に構成されている。シャッタースイッチ 204 が浅く押下（半押し）された場合、カメラ本体 200 は撮影準備動作を行う。撮影準備動作は、自動焦点調節（ＡＦ）や測光を含む。

【0024】

ＡＦが開始されると、カメラ制御部 202 は、焦点検出部 206 による焦点検出結果を用いて現在のデフォーカス量を取得する。Ｂ１駆動部 107 およびＢ２駆動部 108 は、
10 レンズ制御部 112 の制御の下、デフォーカス量を用いて定められる位置に第１フォーカスレンズ群 103 および第２フォーカスレンズ群 104 をそれぞれ駆動する。第１フォーカスレンズ群 103 および第２フォーカスレンズ群 104 の定め方の詳細については、後述する。

【0025】

なお、本実施形態におけるＡＦ方式は、位相差ＡＦ方式、像面位相差ＡＦ方式、コントラストＡＦ方式のいずれでも良い。したがって、図１では撮像素子 201 とは別体に設けられた焦点検出部 206 によって焦点検出（デフォーカス量の検出）を行う例について示しているが、撮像素子 201 が焦点検出を行っても良い。

【0026】

また、ユーザによってシャッタースイッチ 204 を深く押下（全押し）された場合、撮影が開始される。

【0027】

次に、本発明の他の実施形態について説明する。

【0028】

図２は、交換レンズ 100 とカメラ本体 250 の間にアダプタ装置 300 が配置された状態におけるブロック図である。アダプタ装置 300 は、交換レンズおよびカメラ本体 250 の間に装着可能に構成されている。交換レンズ 100 は図１に示したものと同様である。カメラ本体 250 は、撮像素子 201 の前面に設けられた光学素子 257 の厚みを除き、図１に示したカメラ本体 200 と同様である。光学素子 257 は図１に示す光学素子 207 よりも厚くなっている。光学素子 257 に関する情報は、カメラ側記憶部 203 に記憶されている。

【0029】

アダプタ装置 300 は、光学素子 301 を有する。光学素子 301 はレンズのように屈折力を有していても良いし、光学フィルタのように実質的に屈折力を有していなくても良い。

【0030】

また、アダプタ装置 300 はアダプタ制御部 302 を有する。アダプタ制御部 302 は、通信端子部 114 a を介してカメラ制御部 202 と通信することができる。また、アダプタ制御部 302 は、通信端子部 114 b を介してレンズ制御部 112 と通信することができる。

【0031】

アダプタ側記憶部 303 は、アダプタ装置 300 に固有の固有情報を記憶している。アダプタ装置 300 に固有の固有情報とは、アダプタ装置 300 の動作に必要なプログラムおよびＲＯＭ情報、アダプタ装置 300 の識別番号、アダプタ装置 300 の仕様、特定の機能に対する対応可否に関する情報を含む。

【0032】

また、固有情報はアダプタ装置が有する光学素子 301 に関する情報を含む。光学素子 301 に関する情報としては、例えば光学素子の厚み、屈折率、焦点距離、光学素子 301 の識別番号、配置された位置等に関する情報がある。なお、アダプタ装置 300 の固有

10

20

30

40

50

情報に含まれる光学素子 301 に関する情報は、光学素子 301 の厚みなどの特性を直接示している必要はなく、光学素子 301 の特性が一義的に定義された情報であれば良い。例えば、アダプタ装置の種類毎に光学素子の特性が異なる場合、アダプタ装置 300 の種類を特定するアダプタ ID を光学素子 301 に関する情報として用いても良い。

【0033】

アダプタ制御部 302 は、光学素子 301 に関する情報をレンズ制御部 112 またはカメラ制御部 202 に送信することができる。

【0034】

図 1、2 で述べたように、交換レンズ 100 の使用状況に応じて、光学系 110 と撮像素子の間には種々の光学素子が配置され得る。すなわち、光学系 110 と撮像素子の間に第 1 の光学素子が配置される場合や、第 1 の光学素子とは異なる第 2 の光学素子が配置される場合等があり得る。第 2 の光学素子は、第 1 の光学素子とは屈折率、厚み、焦点距離、配置される位置等が異なる光学素子である。また、光学系 110 と撮像素子の間に光学素子が配置されていない場合もあり得る。

【0035】

光学系 110 と撮像素子の間に配置される光学素子が変化すると、光学系 110 の結像性能が変化し得る。具体的には、光学系 110 と撮像素子の間に配置された光学素子の焦点距離、厚み、屈折率などが変化すると、特定の被写体距離に合焦するためのフォーカスレンズの位置が変化する。換言すると、フォーカスレンズの位置を固定した状態で光学系 110 と撮像素子の間に配置された光学素子の焦点距離、厚み、屈折率などを変化させると、ピントずれが生じ得る。

【0036】

また、光学系 110 と撮像素子の間に配置された光学素子の焦点距離、厚み、屈折率などが変化すると、光学系 110 および光学素子を含めた全系において生じる収差量が変化してしまう。

【0037】

光学系 110 の一部のレンズ群の位置を変化させることで、光学系 110 および光学素子を含めた全系において生じる収差量を変化させることができる。ゆえに、光学系 110 の一部のレンズ群の位置を変化させることで、光学系 110 と撮像素子の間に配置された光学素子による収差変動を補償することができる。しかしながら、1つのレンズ群のみを移動させて光学系 110 における収差量を変化させると、焦点位置が変化してしまい、ピントずれが生じてしまう。

【0038】

そこで、交換レンズ 100 では、光学系 110 と撮像素子の間に配置された光学素子による結像性能の変化を低減させるために、第 1 フォーカスレンズ群 103 と第 2 フォーカスレンズ群 104 を用いる。また、第 1 フォーカスレンズ群 103 と第 2 フォーカスレンズ群 104 の配置を、光学系 110 と撮像素子の間に配置される光学素子に応じて異ならせる。

【0039】

換言すると、光学系 110 と撮像素子の間における光学素子の配置状態が第 1 の状態である場合と、第 1 の状態とは異なる第 2 の状態である場合とで、特定の被写体距離（第 1 の被写体距離）に合焦するための各フォーカスレンズ群の配置を異ならせる。これは、第 1 フォーカスレンズ群 103 および第 2 フォーカスレンズ群 104 の移動軌跡を、光学系 110 と撮像素子の間における光学素子の配置状態に応じて異ならせることに相当する。これによって、収差量の変動の抑制とピントずれの低減を両立することができる。

【0040】

なお、ここで言う光学系 110 と撮像素子の間における光学素子の配置状態とは、光学系 110 と撮像素子の間における光学素子の有無や、光学系 110 と撮像素子の間に配置された光学素子の種類に関する状態である。例えば、光学系 110 と撮像素子の間に光学素子 207 が配置されている状態が第 1 の状態（図 1）であり、光学系 110 と撮像素子

10

20

30

40

50

の間に光学素子 2 5 7 および光学素子 3 0 1 が配置されている状態が第 2 の状態 (図 2) である。

【 0 0 4 1 】

次に、第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 と第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 を用いて収差量の変動およびピントずれを共に低減する具体的な実施例について説明する。

【 0 0 4 2 】

[実施例 1]

本実施例では、カメラ制御部 2 0 2 が、第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の目標位置を、光学系 1 1 0 および撮像素子 2 0 1 の間に配置された光学素子に関する情報に基づいて算出する。

【 0 0 4 3 】

このため、本実施例において、カメラ制御部 2 0 2 は第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の目標位置の算出に先だって光学系 1 1 0 および撮像素子 2 0 1 の間に配置された光学素子に関する情報を取得する。

【 0 0 4 4 】

具体的には、カメラ制御部 2 0 2 は、カメラ本体 2 0 0 の有する光学素子 2 0 7 に関する情報を取得するために、カメラ側記憶部 2 0 3 に記憶されたカメラ本体 2 0 0 の固有情報を取得する。また、交換レンズ 1 0 0 とカメラ本体の間に、光学素子 3 0 1 を有するアダプタ装置 3 0 0 が装着されている場合、光学素子 3 0 1 に関する情報を取得するために、カメラ制御部 2 0 2 はアダプタ制御部 3 0 2 からアダプタ装置 3 0 0 の固有情報を取得する。

【 0 0 4 5 】

また、カメラ制御部 2 0 2 はレンズ制御部 1 1 2 から交換レンズ 1 0 0 の固有情報を取得する。本実施例において、交換レンズ 1 0 0 の固有情報の一部である ROM 情報には、合焦距離およびズーム位置に応じた第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の位置に関する位置情報が含まれる。本実施例の位置情報は、光学系 1 1 0 と撮像素子の間に配置された光学素子に関する情報に対応して記憶されている。

【 0 0 4 6 】

なお、位置情報は、光学素子に関する情報に基づいて第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の位置を算出できるように記憶されていれば良い。例えば、光学素子に関する厚みや屈折率などの情報と、ズーム位置、合焦距離等を変数とした関数の係数として記憶されていても良い。また、光学素子に関する情報に対応づけて、テーブルデータとして記憶されていても良い。

【 0 0 4 7 】

さらに、交換レンズ 1 0 0 が光路に挿抜可能な光学素子を有する場合、交換レンズ 1 0 0 の固有情報には光学素子に関する情報が含まれる。

【 0 0 4 8 】

カメラ制御部 2 0 2 は、このようにして取得されたカメラ本体 2 0 0 、アダプタ装置 3 0 0 、交換レンズ 1 0 0 の固有情報を用いて、第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の目標位置を算出する。算出された目標位置に関する情報はレンズ制御部 1 1 2 に送信される。

【 0 0 4 9 】

図 3 のフローチャートを用いて、本実施例のカメラ制御部 2 0 2 で行われる第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の制御方法の流れについて説明する。なお、フローチャートにおいて、「S」はステップを表す。また、以下で説明するフローは、コンピュータに各ステップの機能を実現させるためのプログラムとして具現化できる。

【 0 0 5 0 】

図 3 のフローチャートは、カメラ本体 2 0 0 の電源が ON にされた状態から開始する。

【 0 0 5 1 】

10

20

30

40

50

S 4 0 1において、カメラ制御部 2 0 2 は、カメラ本体 2 0 0 に交換レンズ 1 0 0 が装着されたか否か判定する。カメラ本体 2 0 0 に交換レンズ 1 0 0 が装着されていない場合（S 4 0 1 が N o だった場合）、S 4 0 1 を繰り返す。

【 0 0 5 2 】

交換レンズ 1 0 0 が装着されると、カメラ制御部 2 0 2 はレンズ制御部 1 1 2 と初期通信を開始する（S 4 0 2）。交換レンズ 1 0 0 とカメラ本体 2 0 0 の間にアダプタ装置 3 0 0 が装着されている場合、カメラ制御部 2 0 2 はアダプタ制御部 3 0 2 とともに初期通信を行なう。

【 0 0 5 3 】

初期通信において、カメラ制御部 2 0 2 はレンズ制御部 1 1 2 から交換レンズ 1 0 0 の固有情報を取得する。また、カメラ制御部 2 0 2 はアダプタ制御部 3 0 2 からアダプタ装置 3 0 0 の固有情報を取得する。すなわち、S 4 0 2 においてカメラ制御部 2 0 2 はレンズ制御部 1 1 2 およびアダプタ制御部 3 0 2 に対してそれぞれの固有情報を送信させる命令を送信し、命令に応じて送信された固有情報を取得する。

【 0 0 5 4 】

S 4 0 3 において、カメラ制御部 2 0 2 はシャッタースイッチ 2 0 4 が半押しされたか否か判定する。ユーザの操作によりシャッタースイッチ 2 0 4 が半押しされた場合、撮影準備動作としての A F 動作が開始される。シャッタースイッチ 2 0 4 が半押しされていない場合（S 4 0 3 が N o だった場合）、S 4 0 3 を繰り返す。

【 0 0 5 5 】

なお、交換レンズ 1 0 0 が光路に対して挿抜可能な光学素子を有する場合、カメラ制御部 2 0 2 は、S 4 0 3 の前または後に、レンズ制御部 1 1 2 から、交換レンズ 1 0 0 における光学素子の挿抜状況に関する情報を取得しても良い。これによって初期通信から A F 動作を行うまでの間に交換レンズ 1 0 0 内の光学素子が挿抜されたか否かを判別することができる。

【 0 0 5 6 】

S 4 0 4 において、カメラ制御部 2 0 2 はレンズ制御部 1 1 2 から現在のズームレンズ群 1 0 1 の位置、F ナンバーを取得する。すなわち、カメラ制御部 2 0 2 はレンズ制御部 1 1 2 に対してズームレンズ群 1 0 1 の位置および F ナンバーを送信させる命令を送信し、命令に応じて送信されたズームレンズ群 1 0 1 の位置、F ナンバーに関する情報を受信する。ズームレンズ群 1 0 1 の位置および F ナンバーは、後に行われる合焦判定に用いられる。なお、ここでいう F ナンバーは開放 F ナンバーまたは現在の F ナンバーである。

【 0 0 5 7 】

S 4 0 5 において、カメラ制御部 2 0 2 は焦点検出部 2 0 6 の出力に基づいてデフォーカス量を算出する。

【 0 0 5 8 】

S 4 0 6 において、カメラ制御部 2 0 2 は合焦判定を行う。合焦判定は、S 4 0 5 で算出されたデフォーカス量が、閾値 T よりも大きいかな否かで判定する。合焦判定に用いられる閾値 T は、例えば以下の式（A）で設定される。

$$T = F N O \times \quad (A)$$

【 0 0 5 9 】

式（A）において、F N O は F ナンバー、 Δ は最小錯乱円径である。

【 0 0 6 0 】

デフォーカス量が、閾値 T よりも小さい場合（S 4 0 6 が Y e s だった場合）、合焦しているため処理を完了する。

【 0 0 6 1 】

一方、S 4 0 6 が N o だった場合、S 4 0 7 に進む。S 4 0 7 では、カメラ制御部 2 0 2 はレンズ制御部 1 1 2 から第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の現在の位置を取得する。すなわち、カメラ制御部 2 0 2 はレンズ制御部 1 1 2 に対して第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の現在の位

10

20

30

40

50

置を送信するよう命令し、命令に応じて送信された情報を取得する。

【0062】

S408において、カメラ制御部202は第1フォーカスレンズ群103および第2フォーカスレンズ群104の現在の位置と、デフォーカス量と、固有情報に基づいて第1フォーカスレンズ群103および第2フォーカスレンズ群104の目標位置を算出する。なお目標位置として、第1フォーカスレンズ群103および第2フォーカスレンズ群104の駆動後の位置が算出されても良いし、第1フォーカスレンズ群103および第2フォーカスレンズ群104の駆動量が算出されても良い。

【0063】

S409において、カメラ制御部202はレンズ制御部112に対してS408で算出した第1フォーカスレンズ群103および第2フォーカスレンズ群104の目標位置に関する情報を送信する。

10

【0064】

レンズ制御部112は、カメラ制御部202から第1フォーカスレンズ群103および第2フォーカスレンズ群104の目標位置に関する情報を取得すると、第1フォーカスレンズ群103および第2フォーカスレンズ群104を駆動させる。すなわち、B1駆動部107およびB2駆動部108に第1フォーカスレンズ群103および第2フォーカスレンズ群104を駆動させるための信号を送信する。

【0065】

S410では、カメラ制御部202は第1フォーカスレンズ群103および第2フォーカスレンズ群104の駆動が完了したか否か判定する。駆動が完了していない場合、S410を繰り返す。駆動が完了した場合、S405に戻る。

20

【0066】

このように、S405からS410を、S406がYesとなるまで繰り返すことにより、AF動作を行う。

【0067】

このように、交換レンズ100と撮像素子の間に配置された光学素子の情報に基づいて2つのフォーカスレンズ群の目標位置を決定することで、収差量の変動およびピントずれを共に低減させることができる。

【0068】

30

[実施例2]

次に実施例2について説明する。

【0069】

本実施例では、実施例1と異なり、レンズ制御部112が第1フォーカスレンズ群103および第2フォーカスレンズ群104の目標位置を、光学系110および撮像素子201の間に配置された光学素子に関する情報に基づいて算出する。

【0070】

このため、本実施例において、レンズ制御部112は第1フォーカスレンズ群103および第2フォーカスレンズ群104の目標位置の算出に先だって光学系110および撮像素子201の間に配置された光学素子に関する情報を取得する。

40

【0071】

レンズ制御部112は、レンズ側記憶部113に記憶された交換レンズの固有情報を取得する。交換レンズ100の固有情報には、実施例1と同様に、第1フォーカスレンズ群103および第2フォーカスレンズ群104の位置に関する情報が含まれる。また、交換レンズ100が光路に挿抜可能な光学素子を有する場合、交換レンズ100の固有情報には光学素子に関する情報が含まれる。

【0072】

また、レンズ制御部112は、カメラ本体200の有する光学素子207に関する情報を取得するために、カメラ側記憶部203に記憶されたカメラ本体200の固有情報を取得する。また、交換レンズ100とカメラ本体の間に、光学素子301を有するアダプタ

50

装置 3 0 0 が装着されている場合、光学素子 3 0 1 に関する情報を取得するために、レンズ制御部 1 1 2 はアダプタ制御部 3 0 2 からアダプタ装置 3 0 0 の固有情報を取得する。

【 0 0 7 3 】

レンズ制御部 1 1 2 は、このようにして取得されたカメラ本体 2 0 0、アダプタ装置 3 0 0、交換レンズ 1 0 0 の固有情報のうち少なくとも 1 つを用いて、第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の目標位置を算出する。また、レンズ制御部 1 1 2 は、算出した第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の目標位置に関する情報に基づいて第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 を駆動する。

【 0 0 7 4 】

図 4 のフローチャートを用いて、本実施例のレンズ制御部 1 1 2 で行われる第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の制御方法の流れについて説明する。

【 0 0 7 5 】

図 4 のフローチャートは、交換レンズ 1 0 0 がカメラ本体 2 0 0 (またはカメラ本体 2 0 0 に装着されたアダプタ装置 3 0 0) に装着された状態から開始する。

【 0 0 7 6 】

S 5 0 1 において、レンズ制御部 1 1 2 はカメラ本体 2 0 0 からの初期通信を開始する要求に応じて、初期通信を行なう。交換レンズ 1 0 0 とカメラ本体 2 0 0 の間にアダプタ装置 3 0 0 が装着されている場合、レンズ制御部 1 1 2 はアダプタ制御部 3 0 2 とともに初期通信を行なう。初期通信において、レンズ制御部 1 1 2 はカメラ制御部 2 0 2 からカメラ本体 2 0 0 の固有情報を取得する。また、レンズ制御部 1 1 2 はアダプタ制御部 3 0 2 からアダプタ装置 3 0 0 の固有情報を取得する。

【 0 0 7 7 】

S 5 0 2 において、レンズ制御部 1 1 2 はカメラ制御部 2 0 2 から A F 動作を開始する命令を受信したか否かを判定する。A F 動作を開始する命令を受信した場合 (S 5 0 2 が Y e s の場合) は S 5 0 3 に進み、そうでない場合 (S 5 0 2 が N o の場合) は S 5 0 2 を繰り返し行う。

【 0 0 7 8 】

S 5 0 3 において、レンズ制御部 1 1 2 は現在のズームレンズ群 1 0 1 の位置および F ナンバーを取得する。ズームレンズ群 1 0 1 の位置および開放 F ナンバーは、後に行われる合焦判定に用いられる。

【 0 0 7 9 】

S 5 0 4 において、レンズ制御部 1 1 2 はカメラ制御部 2 0 2 から現在のデフォーカス量を取得する。

【 0 0 8 0 】

S 5 0 5 において、レンズ制御部 1 1 2 は合焦判定を行う。合焦判定は、S 5 0 4 において取得したデフォーカス量が実施例 1 で述べた閾値 T よりも大きいかなかを判定することによって行われる。なお、本実施例において合焦判定はカメラ制御部 2 0 2 が行ってもよい。その場合、S 5 0 5 でレンズ制御部はカメラ制御部 2 0 2 から合焦判定結果を取得する。

【 0 0 8 1 】

S 5 0 5 において合焦していると判定された場合 (S 5 0 5 が Y e s だった場合) には処理を完了する。

【 0 0 8 2 】

一方、S 5 0 5 が N o だった場合、S 5 0 6 に進む。S 5 0 6 では、レンズ制御部 1 1 2 は B 1 位置検出部 1 1 5 および B 2 位置検出部 1 1 6 から第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の現在の位置を取得する。

【 0 0 8 3 】

S 5 0 7 において、レンズ制御部 1 1 2 は第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フ

10

20

30

40

50

フォーカスレンズ群 104 の現在の位置と、デフォーカス量と、固有情報に基づいて第 1 フォーカスレンズ群 103 および第 2 フォーカスレンズ群 104 の目標位置を算出する。

【0084】

S508において、レンズ制御部 112 は第 1 フォーカスレンズ群 103 および第 2 フォーカスレンズ群 104 を駆動する。すなわち、レンズ制御部 112 は B1 駆動部 107 および B2 駆動部 108 を用い、S507 で算出した目標位置に基づいて第 1 フォーカスレンズ群 103 および第 2 フォーカスレンズ群 104 を駆動させる。

【0085】

S509では、レンズ制御部 112 は第 1 フォーカスレンズ群 103 および第 2 フォーカスレンズ群 104 の駆動が完了したか否か判定する。駆動が完了していない場合、S509を繰り返す。駆動が完了した場合、S504に戻る。なお、S509は第 1 フォーカスレンズ群 103 および第 2 フォーカスレンズ群 104 の駆動を開始してから所定時間経過したか否かを判断することによって行っても良い。

【0086】

このように、S504からS509を、S505がYesとなるまで繰り返すことにより、AF動作を行う。

【0087】

このように、交換レンズ 100 と撮像素子の間に配置された光学素子の情報に基づいて 2 つのフォーカスレンズ群の目標位置を決定することで、収差量の変動およびピントずれを共に低減させることができる。

【0088】

なお、上述した実施例 1, 2 において、光学素子に関する情報は、光学系 110 と撮像素子 201 の間に配置された光学素子の厚みと屈折率の少なくとも一方を識別可能な情報であることが好ましい。すなわち、光学素子に関する情報は、レンズ制御部 112 またはカメラ制御部 202 が光学素子の厚みと屈折率の少なくとも一方を識別できるような情報であることが好ましい。

【0089】

これによって、光学素子によって生じる収差量の変動およびピントずれを補正するための第 1 フォーカスレンズ群 103 および第 2 フォーカスレンズ群 104 の目標位置の算出をより高精度に行うことができるようになる。

【0090】

次に、各実施例の交換レンズ 100 が有する光学系 110 に関して、好ましい条件について述べる。

【0091】

光学系 110 は、以下の式 (1) に示される関係を満たすことが好ましい。

【0092】

【数 1】

$$\left(\frac{S1}{|S1|} \right) \times \left(\frac{X1}{|X1|} \right) + \left(\frac{S2}{|S2|} \right) \times \left(\frac{X2}{|X2|} \right) = 0 \quad (1)$$

【0093】

ここで、第 1 の状態において特定の被写体距離 (第 1 の被写体距離) に合焦するための第 1 フォーカスレンズ群 103 および第 2 フォーカスレンズ群 104 の配置を第 1 の配置とする。また、第 2 の状態において第 1 の被写体距離に合焦するための第 1 フォーカスレンズ群 103 および第 2 フォーカスレンズ群 104 の配置を第 2 の配置とする。

【0094】

このとき、S1 および S2 はそれぞれ、第 1 の配置における第 1 フォーカスレンズ群 103 および第 2 フォーカスレンズ群 104 の位置敏感度である。位置敏感度とは、フォー

10

20

30

40

50

カスレンズ群の移動距離に対する像面 I P の移動距離の比である。X 1 および X 2 はそれぞれ、第 1 の配置から第 2 の配置に変化する際の第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の移動量である。また、X 1 および X 2 の符号は、像側に移動する場合を正、物体側に移動する場合を負とする。

【0095】

なお、S 1 および S 2 は以下の式 (1 a) および (1 b) で与えられる。

$$S 1 = (1 - i 1^2) \times i 1 r^2 \quad (1 a)$$

$$S 2 = (1 - i 2^2) \times i 2 r^2 \quad (1 b)$$

【0096】

式 (1 a) および (1 b) において、i 1 および i 2 は第 1 の配置における第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の横倍率である。i 1 r および i 2 r は、第 1 の配置におけるレンズ群 B 1 の像側およびレンズ群 B 2 の像側に配置されたレンズ群の合成横倍率である。

10

【0097】

式 (1) の左辺の第 1 項と第 2 項の和が 0 になるように第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 を移動させることで、第 1 の配置および第 2 の配置の間で焦点位置を略一定に保つに保つことができる。また、このように 2 つのレンズ群を移動させることで、第 1 の配置および第 2 の配置の間での球面収差および像面湾曲の変動を低減させることができる。

【0098】

20

また、光学系 1 1 0 は、以下の式 (2) を満足することが好ましい。

$$0.95 < (i 1 \times i 2) / (j 1 \times j 2) < 1.15 \quad (2)$$

【0099】

ここで、j 1 および j 2 は、第 2 の配置における第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 および第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 の横倍率である。

【0100】

i 1 × i 2 と j 1 × j 2 の比は、第 1 の配置から第 2 の配置に変化する際の倍率の変化を表している。式 (2) の上限値または下限値を超えると、第 1 の配置と第 2 の配置の間での画角の変化量を低減させることが困難となる。

【0101】

30

また、光学系 1 1 0 は、最至近距離において各フォーカスレンズ群の配置を第 1 の配置と第 2 の配置の間で変化させられるように構成されていることが好ましい。このとき、最至近距離における光学系 1 1 0 の横倍率 (像倍率) は以下の式 (3) を満足することが好ましい。なお、最至近距離とは光学系 1 1 0 が合焦可能な距離の範囲のうち最も短い距離を言う。

$$< - 0.1 \quad (3)$$

【0102】

式 (3) は、最至近距離に合焦した場合の像倍率 (横倍率) を規定した条件式であり、最至近における像倍率の絶対値が十分に大きいことを表している。式 (3) を満たすことで、最至近距離を十分短くすることができ、さらに光学素子による結像性能の変化を低減させることができる。最至近距離における像倍率は、電子ズーム等による拡大により補ってもよいが、高精度な収差補正を要求されるとともに、光学系の大型化を招く。

40

【0103】

次に、本発明のレンズ装置が有する光学系に関する実施例 3 , 4 について述べる。実施例 3 , 4 に係る光学系 L A は、いずれも図 1 , 2 に示す光学系 1 1 0 として適用可能な光学系である。以下で説明する実施例 3 , 4 に係る光学系は、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、銀塩フィルムカメラ、放送用カメラなどの撮像装置に用いられる撮影光学系である。

【0104】

[実施例 3]

50

図 5 は、実施例 3 の光学系 L A の無限遠合焦時における断面図である。

【 0 1 0 5 】

光学系 L A は、物体側から像側へ順に、負の屈折力の第 1 レンズ群 G 1、正の屈折力の第 2 レンズ群 G 2、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 から構成されている。第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して物体側に移動する。第 2 レンズ群 G 2 は図 1 における第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 に相当する。第 3 レンズ群 G 3 は図 1 における第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 に相当する。

【 0 1 0 6 】

開口絞り S P は、開放 F ナンバーの光束を決定（制限）する。像面 I P には、C C D や C M O S センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面またはフィルムが配置される。

10

【 0 1 0 7 】

図 5 に示す断面図において、光学系 L A と撮像素子 I P の間に光学素子は配置されていない。本実施例において、光学系 L A と像面 I P の間に光学素子が配置されていない配置状態を第 1 の状態とする。また、第 1 の状態において無限遠に合焦する第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 の配置を第 1 の配置とする。

【 0 1 0 8 】

図 6 は、本実施例の光学系 L A と像面 I P の間に光学素子 F L が配置された場合の、無限遠合焦時の断面図を示している。光学素子 F L は図 1 における光学素子 2 0 7 に相当する。光学素子 F L は、例えば N D フィルタや光学ローパスフィルタである。本実施例において、光学系 L A と像面 I P の間に光学素子 F L が配置されている配置状態を第 2 の状態とする。また、第 2 の状態において無限遠に合焦する第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 の配置を第 2 の配置とする。

20

【 0 1 0 9 】

第 2 の配置において、第 2 レンズ群 G 2 は、第 1 の配置の場合よりも物体側に配置されている。すなわち、第 2 の配置における第 2 レンズ群 G 2 と第 1 レンズ群 G 1 の間隔は、第 1 の配置よりも狭くなっている。

【 0 1 1 0 】

また、第 2 の配置において、第 3 レンズ群 G 3 は、第 1 の配置の場合よりも像側に配置されている。すなわち、第 2 の配置における第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の間隔は、第 1 の配置よりも広がっている。

30

【 0 1 1 1 】

このように、同じ合焦距離であっても、光学系 L A と像面 I P の間に配置された光学素子 F L に応じて第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 の配置を変化させることで、光学系 L A の収差量が変化させることができる。これによって、光学系 L A と像面 I P の間に配置された光学素子によって生じる収差量の変動およびピントずれを共に低減させることができる。

【 0 1 1 2 】

なお、本実施例では、光学素子 F L の有無に関わらず、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 は、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 の間隔が狭くなるように共に物体側に移動する。これによって、近距離での第 3 レンズ群 G 3 における光線の入射高さを低くすることができる。また、本実施例によれば、フォーカシングに際して第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 を一体で繰り出す場合と比較して第 3 レンズ群 G 3 に入射する光線の入射角度を小さくすることが容易となるため、コマ収差を効率よく補正することができる。

40

【 0 1 1 3 】

また、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 を一体で繰り出してフォーカシングを行う場合、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して球面収差がマイナス方向へ増大してしまう傾向がある。このため、近距離物体への合焦に関しては、良好な光学性能を得ることが困難になる。これに対して、本実施例によればフォーカシングに際して第 2 レンズ群

50

G 2 および第 3 レンズ群 G 3 の間隔が変化するように、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 を共に移動させている。これにより、第 2 レンズ群 G 2 で発生する球面収差を、第 3 レンズ群 G 3 によって効果的に補正することができる。

【 0 1 1 4 】

本実施例の光学系 L A における収差図を図 7、8 に示す。収差図において、F n o は F ナンバー、 θ は半画角（度）である。球面収差図において、実線は d 線（波長 5 8 7 . 5 6 n m）、2 点鎖線は g 線（波長 4 3 5 . 8 n m）について示している。非点収差図において、実線は d 線におけるサジタル像面、点線は d 線におけるメリディオナル像面について示している。歪曲収差は、d 線について示している。倍率色収差図は、d 線に対する g 線の色収差を示している。なお、このことは以下の収差図においても同様である。

10

【 0 1 1 5 】

図 7（A）、（B）、（C）は、第 1 の状態において、無限遠合焦時、結像倍率が - 0 . 0 2 倍である場合、結像倍率が - 0 . 1 2 倍である場合の本実施例の光学系 L A の収差図である。

【 0 1 1 6 】

図 8（A）、（B）、（C）は、第 2 の状態において、無限遠合焦時、結像倍率が - 0 . 0 2 倍である場合、結像倍率が - 0 . 1 2 倍である場合の本実施例の光学系 L A の収差図である。

【 0 1 1 7 】

次に、本実施例の光学系 L A に関する数値実施例を示す。なお、数値実施例は、光学系 L A における第 1 の状態と第 2 の状態について示している。

20

【 0 1 1 8 】

各数値実施例において、r は各面の曲率半径、d 及び d i は第 i 面と第 i + 1 面間の間隔である。なお、i は自然数であり、物体側から数えた面の順序を表す。面データで（可変）とした間隔は、表 1 にまとめて記した。

【 0 1 1 9 】

また、n d と d はそれぞれ d 線を基準とした光学部材の材質の屈折率とアッペ数である。B F はバックフォーカスである。

【 0 1 2 0 】

非球面形状は光軸方向に X 軸、光軸と垂直方向に H 軸、R を光の進行方向を正とした近軸曲率半径、K を円錐定数、A 4 から A 1 2 を各々非球面係数としたとき以下の式（4）で表される。

30

【 0 1 2 1 】

【 数 2 】

$$X = \frac{\frac{H^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)\left(\frac{H}{R}\right)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8 + A10H^{10} + A12H^{12} \quad (4)$$

【 0 1 2 2 】

なお、非球面については、面データに * を付している。

40

【 0 1 2 3 】

非球面データにおいて、「e - x」は 10^{-x} を意味している。

【 0 1 2 4 】

f は焦点距離、F n o は F ナンバーである。また、 θ は半画角である。 θ については近軸計算による値を示している。

【 0 1 2 5 】

[第 1 の状態（実施例 3）]

単位 mm

50

面 デ ー タ

面 番 号	r	d	nd	d
1	65.463	8.89	1.83481	42.7
2	287.195	2.55		
3	292.460	2.50	1.53172	48.8
4	36.503	15.80		
5	-59.042	2.50	1.68948	31.0
6	100.395	10.02		
7	135.925	9.83	1.77250	49.6
8	-74.480	(可変)		
9	280.199	3.57	1.80810	22.8
10	-537.389	0.50		
11	35.430	10.05	1.81600	46.6
12	1654.496	2.00	1.72047	34.7
13	28.181	9.85		
14(絞り)		(可変)		
15	-34.362	1.80	1.65412	39.7
16	126.775	0.00		
17	52.735	7.33	1.81600	46.6
18	-62.749	1.40		
19	-95.382	6.10	1.59522	67.7
20	-33.833	1.80	1.69895	30.1
21	-2643.237	5.11		
22	95.305	5.54	1.77250	49.5
23*	-76.576	(可変)		

像 面

非 球 面 デ ー タ

第23面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.72668e-006 A 6=-1.93156e-010 A 8= 3.88955e-012

焦 点 距 離 57.79

F ナ ン バ ー 1.44

画 角 20.52

像 高 21.64

レ ン ズ 全 長 163.89

BF 39.99

【 0 1 2 6 】

[第 2 の 状 態 (実 施 例 3)]

単 位 mm

面 デ ー タ

面 番 号	r	d	nd	d
1	65.463	8.89	1.83481	42.7
2	287.195	2.55		
3	292.460	2.50	1.53172	48.8
4	36.503	15.80		
5	-59.042	2.50	1.68948	31.0
6	100.395	10.02		

10

20

30

40

50

7	135.925	9.83	1.77250	49.6
8	-74.480	(可変)		
9	280.199	3.57	1.80810	22.8
10	-537.389	0.50		
11	35.430	10.05	1.81600	46.6
12	1654.496	2.00	1.72047	34.7
13	28.181	9.85		
14(絞り)		(可変)		
15	-34.362	1.80	1.65412	39.7
16	126.775	0.00		
17	52.735	7.33	1.81600	46.6
18	-62.749	1.40		
19	-95.382	6.10	1.59522	67.7
20	-33.833	1.80	1.69895	30.1
21	-2643.237	5.11		
22	95.305	5.54	1.77250	49.5
23*	-76.576	(可変)		
24		2.50	1.51633	64.1
25		0.85		
像面				

10

20

非球面データ

第23面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.72668e-006 A 6=-1.93156e-010 A 8= 3.88955e-012

焦点距離 58.00
Fナンバー 1.44
画角 20.46
像高 21.64
レンズ全長 164.63
BF 0.85

30

【0127】

【表1】

表1

	第1の状態			第2の状態		
	無限遠 合焦時	像倍率 -0.02倍	像倍率 -0.12倍	無限遠 合焦時	像倍率 -0.02倍	像倍率 -0.12倍
d 8	5.52	4.93	1.36	5.00	4.44	0.95
d 14	11.23	10.48	6.46	11.76	10.95	6.78
d 23	39.99	41.34	48.92	37.38	38.75	46.41

40

【0128】

[実施例4]

次に、実施例4の光学系について説明する。

【0129】

図9は実施例4の光学系LAの無限遠合焦時における断面図である。

【0130】

本実施例の光学系LAは、物体側から像側へ順に配置された第1乃至第8レンズ群から

50

構成されるズームレンズである。第 1 レンズ群 G 1 は正の屈折力を有する。第 2 レンズ群 G 2 は負の屈折力を有する。第 3 レンズ群 G 3 は正の屈折力を有する。第 4 レンズ群 G 4 は正の屈折力を有する。第 5 レンズ群 G 5 は負の屈折力を有する。第 6 レンズ群 G 6 は正の屈折力を有する。第 7 レンズ群 G 7 は正の屈折力を有する。第 8 レンズ群 G 8 は負の屈折力を有する。

【 0 1 3 1 】

本実施例において、第 5 レンズ群 G 5 および第 7 レンズ群 G 7 は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して移動する。第 5 レンズ群 G 5 は図 1 における第 1 フォーカスレンズ群 1 0 3 に相当する。第 7 レンズ群 G 7 は図 1 における第 2 フォーカスレンズ群 1 0 4 に相当する。

10

【 0 1 3 2 】

図 9 (A)、(B)、(C) は、第 1 の状態における広角端、中間ズーム位置、望遠端での光学系 L A の断面図である。

【 0 1 3 3 】

図 9 に示す断面図において、光学系 L A と撮像素子 I P の間に光学素子は配置されていない。本実施例において、光学系 L A と像面 I P の間に光学素子が配置されていない状態を第 1 の状態とする。また、第 1 の状態において無限遠に合焦する第 5 レンズ群 G 5 および第 7 レンズ群 G 7 の配置を第 1 の配置とする。

【 0 1 3 4 】

図 1 0 は、本実施例の光学系 L A と像面 I P の間に光学素子 F L が配置された場合の、無限遠合焦時の断面図を示している。光学素子 F L は図 1 における光学素子 2 0 7 に相当する。本実施例において、光学系 L A と像面 I P の間に光学素子 F L が配置されている状態を第 2 の状態とする。また、第 2 の状態において無限遠に合焦する第 5 レンズ群 G 5 および第 7 レンズ群 G 7 の配置を第 2 の配置とする。

20

【 0 1 3 5 】

第 2 の配置において、第 5 レンズ群 G 5 および第 7 レンズ群 G 7 は、共に第 1 の配置の場合よりも物体側に配置されている。

【 0 1 3 6 】

このように、同じ合焦距離であっても、光学系 L A と像面 I P の間に配置された光学素子 F L に応じて第 5 レンズ群 G 5 および第 7 レンズ群 G 7 の配置を変化させることで、光学系 L A の収差量が変化させることができる。これによって、光学系 L A と像面 I P の間に配置された光学素子によって生じる収差量の変動およびピントずれを共に低減させることができる。

30

【 0 1 3 7 】

図 1 0 (A)、(B)、(C) は、第 2 の状態における広角端、中間ズーム位置、望遠端での光学系 L A の断面図である。

【 0 1 3 8 】

なお、本実施例では、光学素子 F L の有無に関わらず、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、第 5 レンズ群 G 5 は像側へ移動し、第 7 レンズ群 G 7 は物体側へ移動する。すなわち、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、第 5 レンズ群 G 5 と第 7 レンズ群 G 7 は、第 5 レンズ群 G 5 と第 7 レンズ群 G 7 の間隔が狭くなるように移動する。

40

【 0 1 3 9 】

本実施例の光学系 L A における収差図を図 1 1 乃至 1 6 に示す。

【 0 1 4 0 】

図 1 1 (A)、(B)、(C) は、無限遠合焦時、結像倍率が - 0 . 0 2 倍である場合、結像倍率が - 0 . 1 2 倍である場合の、第 1 の状態かつ広角端での光学系 L A の収差図である。

【 0 1 4 1 】

図 1 2 (A)、(B)、(C) は、無限遠合焦時、結像倍率が - 0 . 0 2 倍である場合

50

、結像倍率が - 0 . 1 2 倍である場合の、第 2 の状態かつ広角端での光学系 L A の収差図である。

【 0 1 4 2 】

図 1 3 (A)、(B)、(C)は、無限遠合焦時、結像倍率が - 0 . 0 2 倍である場合、結像倍率が - 0 . 1 6 倍である場合の、第 1 の状態かつ中間ズーム位置での光学系 L A の収差図である。

【 0 1 4 3 】

図 1 4 (A)、(B)、(C)は、無限遠合焦時、結像倍率が - 0 . 0 2 倍である場合、結像倍率が - 0 . 1 6 倍である場合の、第 2 の状態かつ中間ズーム位置での光学系 L A の収差図である。

10

【 0 1 4 4 】

図 1 5 (A)、(B)、(C)は、無限遠合焦時、結像倍率が - 0 . 0 2 倍である場合、結像倍率が - 0 . 2 5 倍である場合の、第 1 の状態かつ望遠端での光学系 L A の収差図である。

【 0 1 4 5 】

図 1 6 (A)、(B)、(C)は、無限遠合焦時、結像倍率が - 0 . 0 2 倍である場合、結像倍率が - 0 . 2 5 倍である場合の、第 2 の状態かつ望遠端での光学系 L A の収差図である。

【 0 1 4 6 】

次に、本実施例の光学系 L A に関する数値実施例を示す。なお、数値実施例は、光学系 L A における第 1 の状態と第 2 の状態について示している。

20

【 0 1 4 7 】

面データで(可変)とした間隔は、表 2 , 3 , 4 にまとめて記した。表 2 は広角端における面間隔データ、表 3 は中間ズーム位置における可変面間隔データ、表 4 は望遠端における可変面間隔データである。

【 0 1 4 8 】

[第 1 の状態 (実施例 4)]

単位 mm

面 データ

30

面 番 号	r	d	nd	d
1	113.024	2.40	1.72047	34.7
2	66.442	8.81	1.43875	94.7
3	757.319	0.15		
4	71.175	7.36	1.49700	81.5
5	583.178	(可変)		
6	49.469	1.50	1.73800	32.3
7	25.786	7.41		
8	-123.349	1.30	1.49700	81.5
9	27.758	5.28	1.85478	24.8
10	145.829	2.84		
11	-61.094	1.25	1.80100	35.0
12	1811.368	(可変)		
13	228.227	4.50	1.69680	55.5
14	-33.026	1.40	1.83481	42.7
15	-99.451	(可変)		
16(絞り)		1.40		
17	59.754	4.48	1.69895	30.1
18	-91.806	0.20		
19	45.190	2.47	1.69350	50.8

40

50

20	108.415	1.70		
21	-103.468	1.60	1.80518	25.4
22	28.003	5.38	1.53775	74.7
23	-92.070	(可変)		
24	1449.551	1.40	1.85478	24.8
25	38.266	1.22		
26	117.731	1.40	1.62230	53.2
27	24.933	3.77	1.80810	22.8
28	160.424	(可変)		
29	-183.068	3.20	1.51633	64.1
30	-44.873	(可変)		
31		0.70		
32	340.273	2.89	1.67300	38.1
33	-122.021	1.50	1.85026	32.3
34	-145.605	(可変)		
35	-46.118	1.50	1.83400	37.3
36	63.000	0.50		
37	53.024	6.05	1.88300	40.8
38	-463.304	(可変)		

像面

10

20

各種データ

ズーム比 2.69

焦点距離	72.20	130.45	194.20
Fナンバー	4.00	3.95	4.00
画角	16.68	9.42	6.36
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	215.54	215.54	215.54
BF	25.98	25.98	25.98

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	130.99	18.72	4.32	-8.37
2	6	-39.24	19.58	8.28	-6.17
3	13	138.10	5.90	2.44	-1.00
4	16	56.01	17.22	0.74	-11.00
5	24	-71.98	7.78	0.70	-4.17
6	29	114.22	3.20	2.78	0.68
7	31	157.55	5.09	2.64	-0.61
8	35	-81.27	8.05	-1.61	-6.23

40

【 0 1 4 9 】

[第 2 の状態 (実施例 4)]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	113.024	2.40	1.72047	34.7
2	66.442	8.81	1.43875	94.7

50

3	757.319	0.15			
4	71.175	7.36	1.49700	81.5	
5	583.178	(可変)			
6	49.469	1.50	1.73800	32.3	
7	25.786	7.41			
8	-123.349	1.30	1.49700	81.5	
9	27.758	5.28	1.85478	24.8	
10	145.829	2.84			
11	-61.094	1.25	1.80100	35.0	
12	1811.368	(可変)			10
13	228.227	4.50	1.69680	55.5	
14	-33.026	1.40	1.83481	42.7	
15	-99.451	(可変)			
16(絞り)		1.40			
17	59.754	4.48	1.69895	30.1	
18	-91.806	0.20			
19	45.190	2.47	1.69350	50.8	
20	108.415	1.70			
21	-103.468	1.60	1.80518	25.4	
22	28.003	5.38	1.53775	74.7	20
23	-92.070	(可変)			
24	1449.551	1.40	1.85478	24.8	
25	38.266	1.22			
26	117.731	1.40	1.62230	53.2	
27	24.933	3.77	1.80810	22.8	
28	160.424	(可変)			
29	-183.068	3.20	1.51633	64.1	
30	-44.873	(可変)			
31		0.70			
32	340.273	2.89	1.67300	38.1	30
33	-122.021	1.50	1.85026	32.3	
34	-145.605	(可変)			
35	-46.118	1.50	1.83400	37.3	
36	63.000	0.50			
37	53.024	6.05	1.88300	40.8	
38	-463.304	(可変)			
39		3.00	1.51633	64.1	
40		0.50			

像面

40

各種データ

ズーム比 2.69

焦点距離	72.13	130.44	193.60
Fナンバー	3.99	3.95	4.00
画角	16.70	9.42	6.38
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	216.56	216.56	216.56
BF	0.50	0.50	0.50

50

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	130.99	18.72	4.32	-8.37
2	6	-39.24	19.58	8.28	-6.17
3	13	138.10	5.90	2.44	-1.00
4	16	56.01	17.22	0.74	-11.00
5	24	-71.98	7.78	0.70	-4.17
6	29	114.22	3.20	2.78	0.68
7	31	157.55	5.09	2.64	-0.61
8	35	-81.27	34.55	-1.61	-31.71

10

【 0 1 5 0 】

【 表 2 】

表 2

	第 1 の状態			第 2 の状態		
	無限遠 合焦時	像倍率 － 0. 0 2 倍	像倍率 － 0. 1 2 倍	無限遠 合焦時	像倍率 － 0. 0 2 倍	像倍率 － 0. 1 2 倍
d 5	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
d 1 2	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
d 1 5	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05
d 2 3	4.71	5.05	7.79	4.65	4.98	7.73
d 2 8	18.65	18.31	15.57	18.71	18.38	15.63
d 3 0	12.29	11.32	6.08	12.12	11.15	5.91
d 3 4	15.11	16.08	21.32	15.27	16.25	21.48
d 3 8	25.98	25.98	25.98	23.50	23.50	23.50

20

【 0 1 5 1 】

【 表 3 】

表 3

	第 1 の状態			第 2 の状態		
	無限遠 合焦時	像倍率 － 0. 0 2 倍	像倍率 － 0. 1 6 倍	無限遠 合焦時	像倍率 － 0. 0 2 倍	像倍率 － 0. 1 6 倍
d 5	35.60	35.60	35.60	35.60	35.60	35.60
d 1 2	15.74	15.74	15.74	15.74	15.74	15.74
d 1 5	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91
d 2 3	3.10	3.63	9.93	3.09	3.63	9.93
d 2 8	20.26	19.73	13.43	20.26	19.73	13.43
d 3 0	12.45	10.95	1.64	12.43	10.93	1.61
d 3 4	14.95	16.45	25.76	14.96	16.47	25.78
d 3 8	25.98	25.98	25.98	23.50	23.50	23.50

40

【 0 1 5 2 】

【表 4】

表 4

	第 1 の状態			第 2 の状態		
	無限遠 合焦時	像倍率 － 0. 0 2 倍	像倍率 － 0. 2 5 倍	無限遠 合焦時	像倍率 － 0. 0 2 倍	像倍率 － 0. 2 5 倍
d 5	49.49	49.49	49.49	49.49	49.49	49.49
d 1 2	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
d 1 5	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
d 2 3	3.08	3.97	20.60	2.96	3.84	20.39
d 2 8	20.28	19.39	2.76	20.40	19.52	2.97
d 3 0	22.11	19.77	2.48	21.60	19.27	2.03
d 3 4	5.29	7.63	24.92	5.80	8.12	25.37
d 3 8	25.98	25.98	25.98	23.50	23.50	23.50

10

【 0 1 5 3 】

また、表 5 に、上述した実施例 3 および 4 の光学系における種々の値をまとめて示す。

【 0 1 5 4 】

【表 5】

20

表 5

	数値実施例 1	数値実施例 2		
		広角端	中間	望遠端
S 1	0.210	-2.264	-2.294	-2.084
S 2	0.790	0.811	0.808	0.618
X 1	-0.526	-0.061	0.01	-0.123
X 2	0.526	-0.169	-0.012	-0.511
β	-0.120	-0.124	-0.163	-0.243
β_{i1}	0.027	3.301	3.315	2.968
β_{i2}	0.458	0.764	0.765	0.826
β_{j1}	0.027	3.310	3.316	2.984
β_{j2}	0.458	0.763	0.757	0.724
β_{i1r}	0.458	0.478	0.479	0.517
β_{i2r}	1.000	1.396	1.396	1.396
条件式 (1)	0.000	0.000	0.000	0.000
条件式 (2)	-0.120	-0.124	-0.163	-0.243
条件式 (3)	1.000	0.999	1.011	1.136

30

40

【 0 1 5 5 】

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。

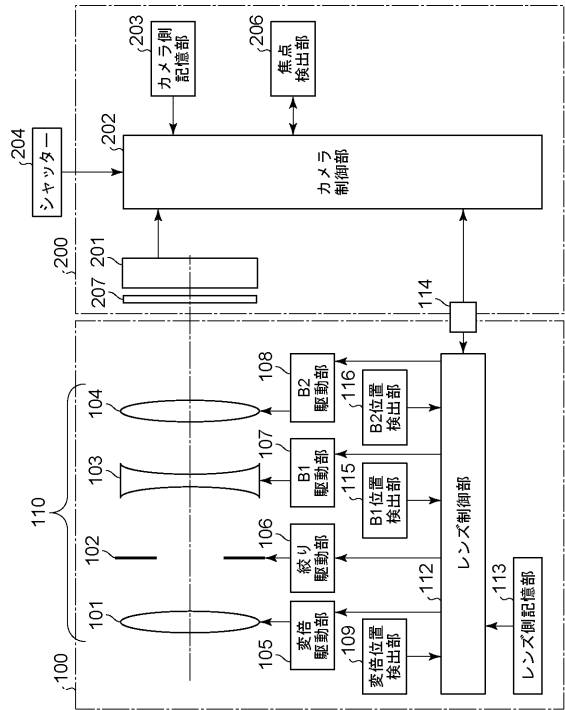
【符号の説明】

【 0 1 5 6 】

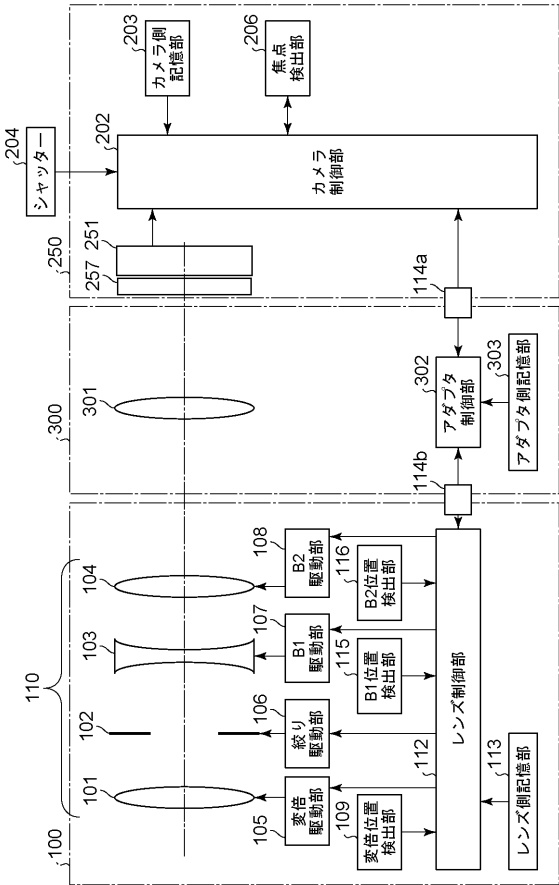
50

- 1 0 0 交換レンズ（レンズ装置）
- 1 1 2 レンズ制御部（レンズ制御手段）
- 1 0 3 第 1 フォーカスレンズ群
- 1 0 4 第 2 フォーカスレンズ群
- 1 1 0 光学系

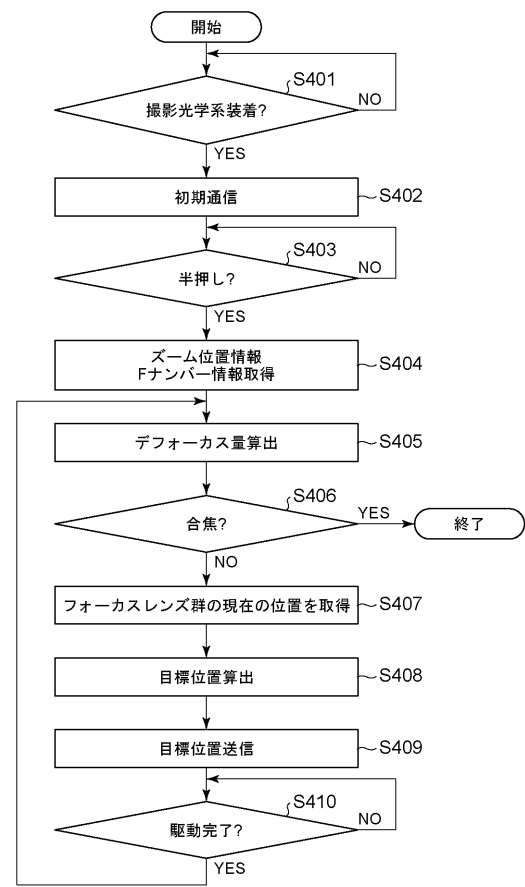
【 図 1 】



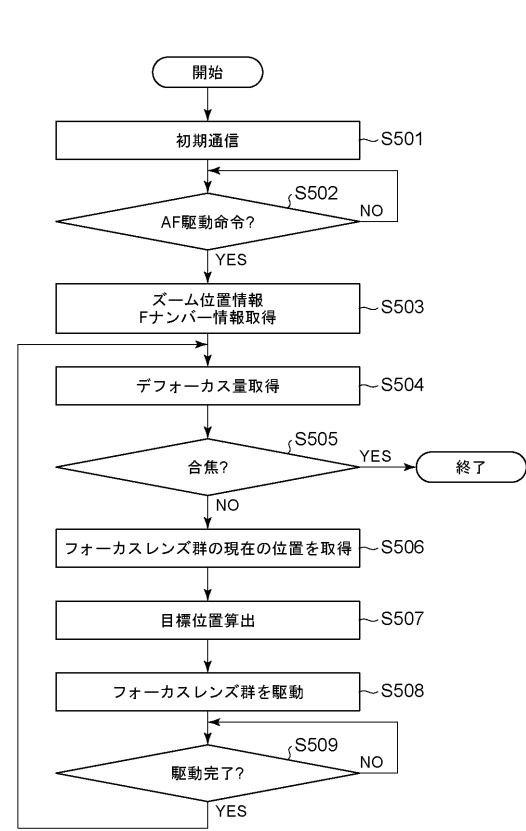
【 図 2 】



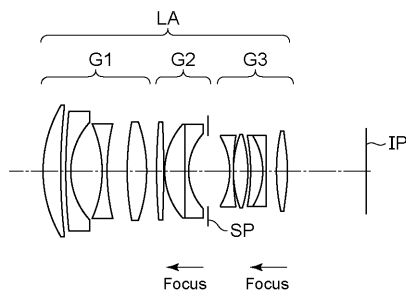
【 図 3 】



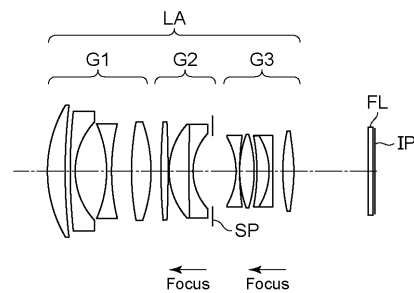
【 図 4 】



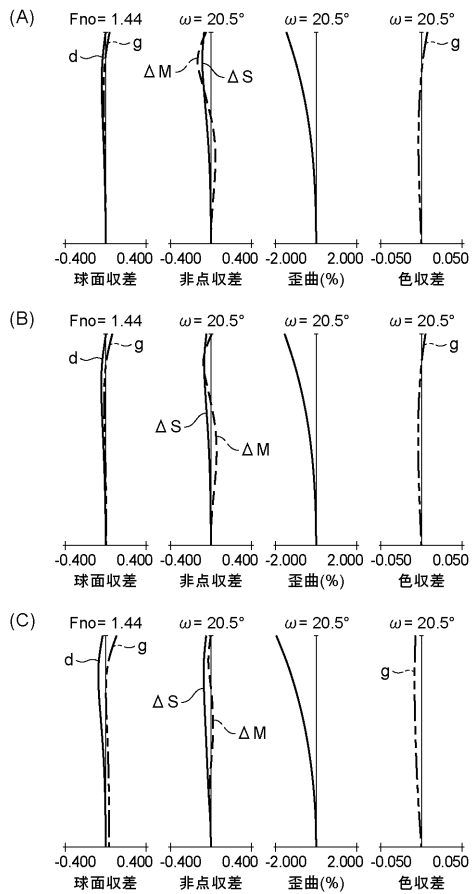
【 図 5 】



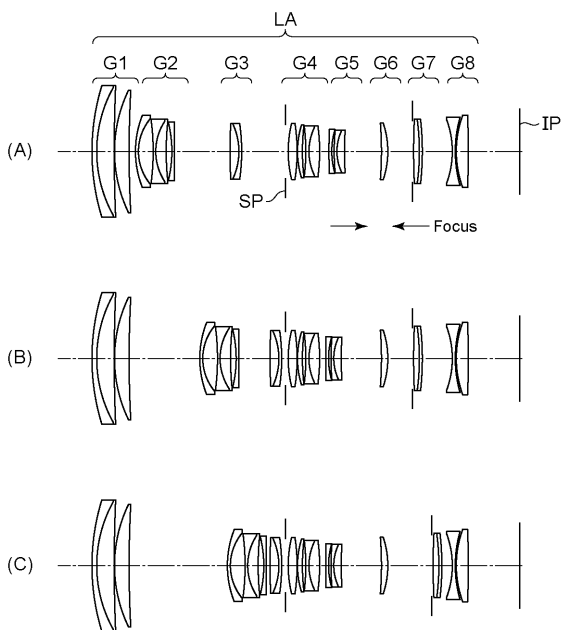
【 図 6 】



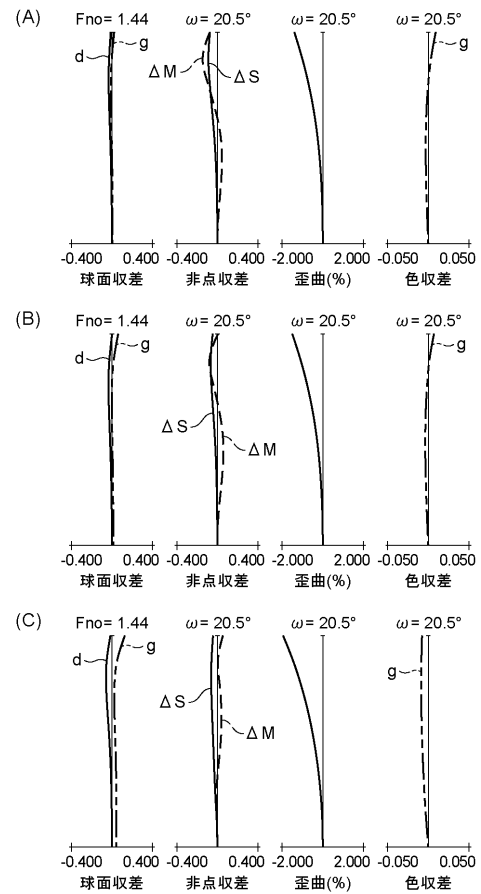
【 図 7 】



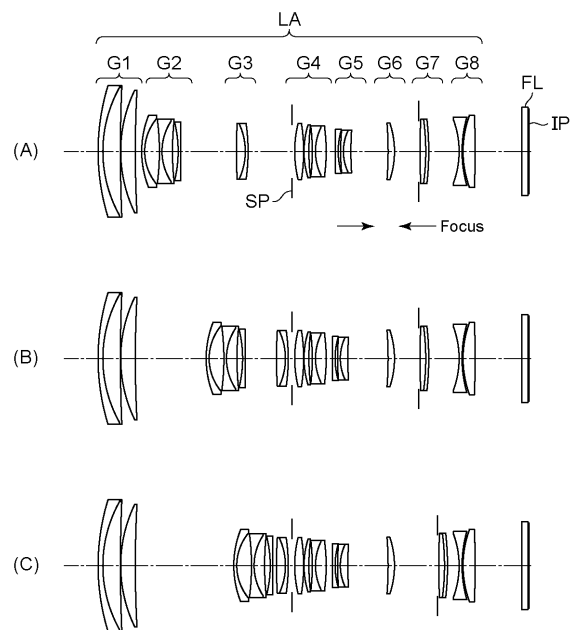
【 図 9 】



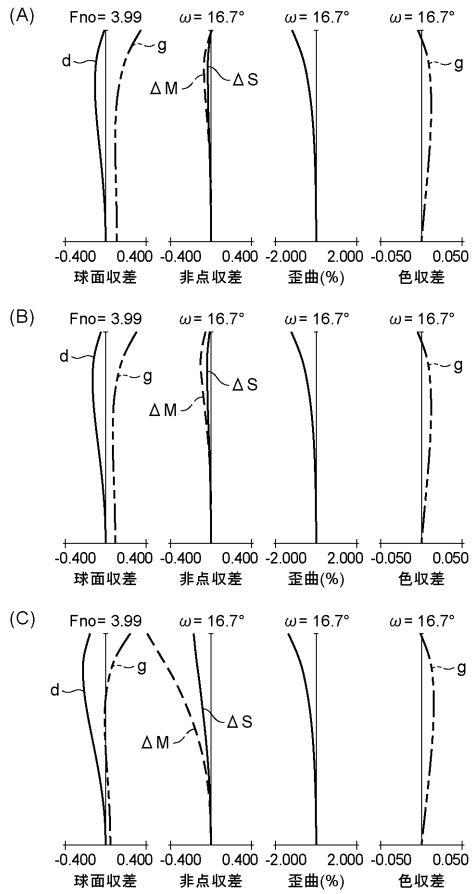
【 図 8 】



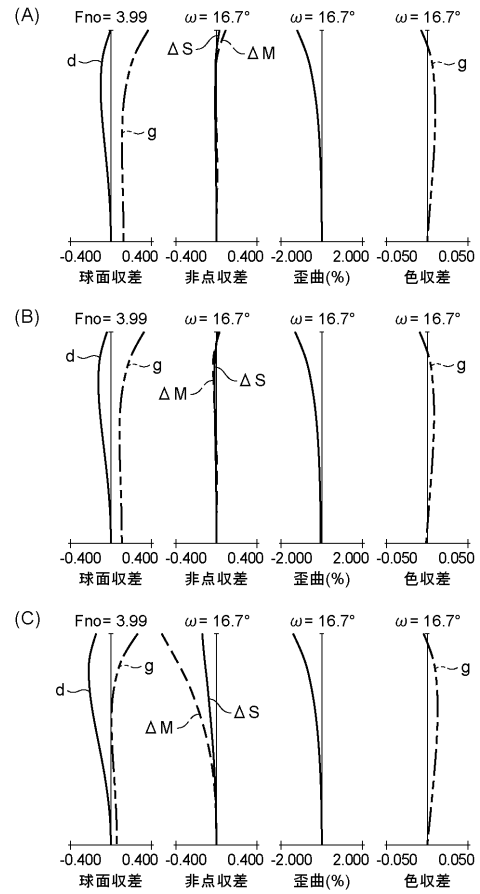
【 図 10 】



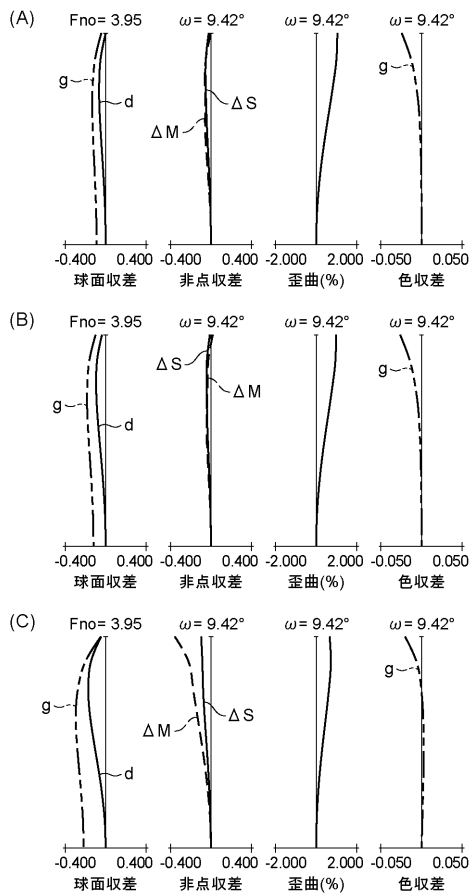
【図 1 1】



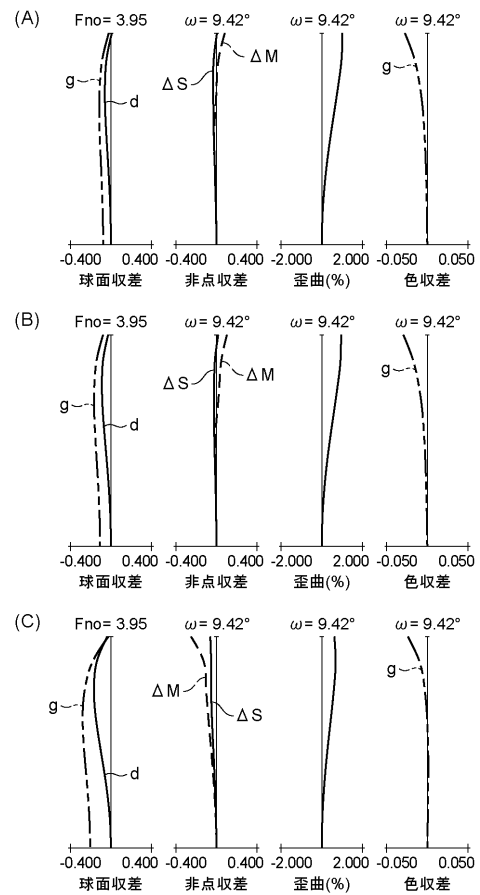
【図 1 2】



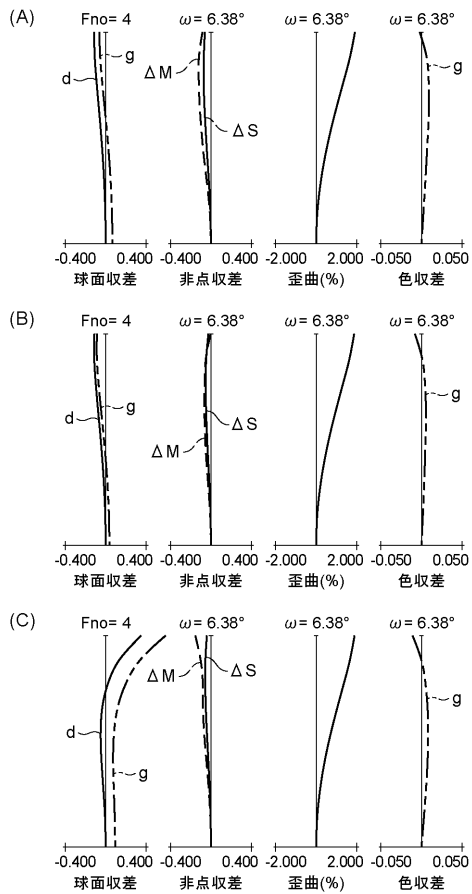
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



【図 16】

