

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4959236号
(P4959236)

(45) 発行日 平成24年6月20日(2012.6.20)

(24) 登録日 平成24年3月30日(2012.3.30)

(51) Int.Cl. F I
G O 2 B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18

請求項の数 8 (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-171066 (P2006-171066) (22) 出願日 平成18年6月21日 (2006.6.21) (65) 公開番号 特開2008-3195 (P2008-3195A) (43) 公開日 平成20年1月10日 (2008.1.10) 審査請求日 平成21年6月17日 (2009.6.17)</p>	<p>(73) 特許権者 000133227 株式会社タムロン 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼1385番地 (74) 代理人 100104190 弁理士 酒井 昭徳 (72) 発明者 村松 雄一 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼1385番地 株式会社タムロン内 (72) 発明者 荒川 明男 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼1385番地 株式会社タムロン内 審査官 森内 正明</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高変倍率ズームレンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に配置された、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群から構成され、

前記第3レンズ群は正レンズ3枚を含み、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が広がり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が狭まり、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が狭まるように、光軸に沿って前記第2レンズ群、前記第3レンズ群および前記第4レンズ群を移動させることによって広角端から望遠端への変倍を行い、

また、前記第2レンズ群を光軸に沿って前記物体側へ移動させることによってフォーカシングを行い、

以下の条件式を満足し、

$$\frac{0.35}{f_1} < \frac{f_1}{f_t} < \frac{0.45}{f_3}$$

$$\frac{0.5}{f_2} < \frac{|f_2|}{f_w} < \frac{0.8}{f_4}$$

$$\frac{0.15}{f_3} < \frac{f_3}{f_t} < \frac{0.3}{f_4}$$

ただし、 f_1 は前記第1レンズ群の焦点距離、 f_2 は前記第2レンズ群の焦点距離、 f_3 は前記第3レンズ群の焦点距離、 f_t はズームレンズ全系の望遠端における焦点距離、 f_w は前記ズームレンズ全系の広角端における焦点距離を示す。

また、前記第3レンズ群は、正レンズを少なくとも1枚以上含んでおり、以下の条件式

を満足し、

$$\frac{3}{80}$$

ただし、 $\frac{3}{80}$ は前記第3レンズ群に含まれるレンズのアップ数を示す。

また、前記第1レンズ群は、正レンズを少なくとも1枚以上含んでおり、以下の条件式を満足することを特徴とする高変倍率ズームレンズ。

$$n_1 > 1.55$$

ただし、 n_1 は前記第1レンズ群に含まれるレンズの屈折率を示す。

【請求項2】

前記第3レンズ群は、非球面が形成されたレンズを含む、少なくとも3枚の正レンズと1枚の負レンズとで構成されていることを特徴とする請求項1に記載の高変倍率ズームレンズ。

10

【請求項3】

前記第3レンズ群は、負レンズと接合された正レンズを含む、少なくとも3枚の正レンズと1枚の負レンズとで構成されていることを特徴とする請求項1に記載の高変倍率ズームレンズ。

【請求項4】

物体側から順に配置された、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、を含み構成され、

前記第3レンズ群は、少なくとも正レンズと像面側の曲率半径が大きい正メニスカスレンズとを含んでいることを特徴とする請求項1に記載の高変倍率ズームレンズ。

20

【請求項5】

前記第3レンズ群に含まれる正レンズには、非球面が形成されていることを特徴とする請求項1に記載の高変倍率ズームレンズ。

【請求項6】

前記第3レンズ群に含まれる正レンズは、負レンズと接合されていることを特徴とする請求項1に記載の高変倍率ズームレンズ。

【請求項7】

前記第3レンズ群は、凸レンズ3枚を含んでいることを特徴とする請求項1に記載の高変倍率ズームレンズ。

【請求項8】

前記第1レンズ群は、以下の条件式を満足する正レンズを少なくとも1枚以上含んでいることを特徴とする請求項1に記載の高変倍率ズームレンズ。

30

$$\frac{55}{1} > 95$$

ただし、 $\frac{55}{1}$ は前記第1レンズ群に含まれるレンズのアップ数を示す。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、デジタル一眼レフカメラ、ビデオカメラなどに搭載するのに最適な、広画角で、小型の高変倍率ズームレンズに関する。

【背景技術】

40

【0002】

近年、光学機器の設計技術、製造技術の進歩により、ズームレンズの小型化、高変倍率化が可能になったことから、多種、多様の高変倍率ズームレンズが提案されている（たとえば、特許文献1～5を参照。）。

【0003】

特許文献1～4に記載のズームレンズは、いずれも物体側から順に、正、負、正、正の屈折力を有する第1～第4の各レンズ群が配置されて構成され、高変倍率化が達成されている。

【0004】

特に、特許文献4に記載のズームレンズは、APS-Cサイズのイメージセンサーを搭

50

載したデジタル一眼レフカメラに用いた場合に、従来の35mmフィルム用の一眼レフカメラが通常備えているのと同等のバックフォーカスを確保できるという特徴がある。

【0005】

また、特許文献5に記載のズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と負の屈折力を有する第2レンズ群を含む6つのレンズ群が配置されて構成され、高変倍率化が達成されている。

【0006】

【特許文献1】特開2000-89117号公報

【特許文献2】特開2002-236255号公報

【特許文献3】特開2003-241097号公報

【特許文献4】特開2005-331697号公報

【特許文献5】特開平11-174327号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、従来のフィルム用一眼レフカメラとは異なり、デジタル一眼レフカメラでは、CCDなどの撮像素子にごみが付着した場合に撮像画像が著しく劣化するという問題がある。そこで、撮像素子にごみが付着するのを防ぐため、レンズの交換回数をできるだけ減少させることができるように、高変倍率のデジタル一眼レフカメラ用ズームレンズが開発されてきた。しかしながら、広角端における撮影画角が約75度、Fナンバーが3~4程度で、変倍比が1.3倍を超えるズームレンズはこれまで提案されてこなかった。

【0008】

また、ズームレンズでは、変倍比を大きくすると、各レンズ群の移動量が増加し、収差変動も増加するため、全変倍域での収差補正が困難になるという問題がある。この問題を解決するために、従来より、ズームレンズの各レンズ群の屈折力を弱くして収差補正を行ったり、ズームレンズを構成するレンズに非球面を形成して収差補正を行ったりする方法が採られている。ただ、各レンズ群の屈折力を弱くすると変倍時の各レンズ群の移動量が増えるため、ズームレンズをささえるカム機構の構成が複雑になり、レンズの外径方向の寸法が増大するという問題が新たに生じる。

【0009】

特許文献1~3に記載のズームレンズでは、非球面を導入し、第3レンズ群を3枚のレンズで構成し、レンズ枚数を増やすことなく収差補正を行っている。この構成では、変倍比が7~10倍程度までであれば、さほど問題がなく収差補正が行える。しかしながら、その構成で変倍比が1.3倍程度になるようにすると、望遠端において第1レンズ群と第2レンズ群で発生する球面収差を補正しきれなくなるという問題がある。

【0010】

また、特許文献4に記載のズームレンズは、変倍比が7倍程度であるため、第3レンズ群の屈折力を弱くしても変倍による第3レンズ群の倍率が-1倍近くになるようなことはない。しかし、この構成のまま、変倍比を1.3倍程度に広げると、倍率が-1倍になる焦点距離が含まれることになり、第3レンズ群における収差補正に限界をきたし、ズームレンズ全体の光学性能が劣化するという問題が発生する。

【0011】

また、特許文献5に記載のズームレンズにおいても、他の特許文献に記載されたズームレンズと同様な問題がある。

【0012】

いずれにしても、上記各特許文献に記載のズームレンズの構成で変倍比を1.3倍以上にするようにした場合には、望遠端において第1,第2レンズ群で発生する収差を十分に補正することができない。しかも、第3レンズ群の収差に対する敏感度が高まり、わずかな製造誤差も許されなくなるという問題が発生する。

【0013】

10

20

30

40

50

この発明は、上述した従来技術による問題点を解消するため、全変倍域にわたって効果的な収差補正が可能な高変倍率ズームレンズを提供することを目的とする。また、製造誤差に対する敏感度が低い高変倍率ズームレンズを提供することも、この発明の目的である。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上述した課題を解決し、目的を達成するため、請求項1に記載の発明にかかる高倍率ズームレンズは、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群から構成され、前記第3レンズ群は正レンズ3枚を含み、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が広がり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が狭まり、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が狭まるように、光軸に沿って前記第2レンズ群、前記第3レンズ群および前記第4レンズ群を移動させることによって広角端から望遠端への変倍を行い、また、前記第2レンズ群を光軸に沿って前記物体側へ移動させることによってフォーカシングを行い、以下の条件式を満足し、

$$\frac{0.35 \quad f_1 / f_t \quad 0.45}{0.5 \quad |f_2| / f_w \quad 0.8}$$

$$\frac{0.15 \quad f_3 / f_t \quad 0.3}{}$$

ただし、 f_1 は前記第1レンズ群の焦点距離、 f_2 は前記第2レンズ群の焦点距離、 f_3 は前記第3レンズ群の焦点距離、 f_t はズームレンズ全系の望遠端における焦点距離、 f_w は前記ズームレンズ全系の広角端における焦点距離を示す。

また、前記第3レンズ群は、正レンズを少なくとも1枚以上含んでおり、以下の条件式を満足し、

$$\frac{3}{80}$$

ただし、 3 は前記第3レンズ群に含まれるレンズのアップ数を示す。

また、前記第1レンズ群は、正レンズを少なくとも1枚以上含んでおり、以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$\frac{n_1 \quad 1.55}{}$$

ただし、 n_1 は前記第1レンズ群に含まれるレンズの屈折率を示す。

【0015】

この請求項1に記載の発明によれば、4群以上で構成されたズームレンズにおいて、第1、第2レンズ群で発生する諸収差（特に球面収差）の効果的な補正が可能になる。また、製造誤差に対する敏感度の抑制を図ることもできる。また、変倍時およびフォーカシング時における各レンズ群の移動方向および移動量の調整を図ることで、変倍およびフォーカシングの際の光学系の大型化を防ぐことができる。また、小型化、高変倍率化、広画角化に加え、全変倍域にわたって良好な収差補正が可能になる。また、製造誤差に対する敏感度の抑制を図ることもできる。また、第3レンズ群で発生する色収差の効果的な補正が可能になる。さらに、第1レンズ群の小型化を図ることができる。

【0016】

また、請求項2に記載の発明にかかる高変倍率ズームレンズは、請求項1に記載の発明において、前記第3レンズ群は、非球面が形成されたレンズを含む、少なくとも3枚の正レンズと1枚の負レンズとで構成されていることを特徴とする。

【0017】

この請求項2に記載の発明によれば、特に第1、第2レンズ群で発生する球面収差の効果的な補正が可能になる。

【0018】

また、請求項3に記載の発明にかかる高変倍率ズームレンズは、請求項1に記載の発明において、前記第3レンズ群は、負レンズと接合された正レンズを含む、少なくとも3枚の正レンズと1枚の負レンズとで構成されていることを特徴とする。

【0019】

10

20

30

40

50

この請求項 3 に記載の発明によれば、特に第 1 , 第 2 レンズ群で発生する球面収差の効果的な補正が可能になる。

【 0 0 2 0 】

また、請求項 4 に記載の発明にかかる高変倍率ズームレンズは、請求項 1 に記載の発明において、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、を含み構成され、前記第 3 レンズ群は、少なくとも正レンズと像面側の曲率半径が大きい正メニスカスレンズとを含んでいることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

この請求項 4 に記載の発明によれば、小型化、高変倍率化、広画角化に加え、全変倍域にわたって良好な収差補正が可能になる。特に第 1 , 第 2 レンズ群における球面収差の補正に有効である。また、製造誤差に対する敏感度の抑制を図ることもできる。

【 0 0 2 2 】

また、請求項 5 に記載の発明にかかる高変倍率ズームレンズは、請求項 1 に記載の発明において、前記第 3 レンズ群に含まれる正レンズには、非球面が形成されていることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

この請求項 5 に記載の発明によれば、特に第 1 , 第 2 レンズ群で発生する球面収差の効果的な補正が可能になる。

【 0 0 2 4 】

また、請求項 6 に記載の発明にかかる高変倍率ズームレンズは、請求項 1 に記載の発明において、前記第 3 レンズ群に含まれる正レンズは、負レンズと接合されていることを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

この請求項 6 に記載の発明によれば、特に第 1 , 第 2 レンズ群で発生する球面収差の効果的な補正が可能になる。

【 0 0 2 6 】

また、請求項 7 に記載の発明にかかる高変倍率ズームレンズは、請求項 1 に記載の発明において、前記第 3 レンズ群は、凸レンズ 3 枚を含んでいることを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

この請求項 7 に記載の発明によれば、特に第 1 , 第 2 レンズ群で発生する球面収差の効果的な補正が可能になる。

【 0 0 2 8 】

また、請求項 8 に記載の発明にかかる高変倍率ズームレンズは、請求項 1 に記載の発明において、前記第 1 レンズ群は、以下の条件式を満足する正レンズを少なくとも 1 枚以上含んでいることを特徴とする。

$$\frac{5.5}{1} < \frac{9.5}{1}$$

ただし、 $\frac{1}{1}$ は前記第 1 レンズ群に含まれるレンズのアップ数を示す。

【 0 0 2 9 】

この請求項 8 に記載の発明によれば、特に第 1 レンズ群で発生する色収差の効果的な補正が可能になる。

【発明の効果】

【 0 0 4 2 】

この発明によれば、全変倍域にわたって諸収差の効果的な補正が可能な高変倍率ズームレンズを提供することができるという効果を奏する。また、製造誤差に対する敏感度が低い高変倍率ズームレンズを提供することができるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 4 3 】

以下、この発明にかかる高変倍率ズームレンズの好適な実施の形態を詳細に説明する。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

この実施の形態にかかる高変倍率ズームレンズは、物体側から順に配置された、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群と、を含み構成される。

【0045】

この実施の形態の高変倍率ズームレンズは、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が広がり、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が狭まり、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が狭まるように、光軸に沿って第2レンズ群、第3レンズ群および第4レンズ群を移動させることによって、広角端から望遠端への変倍を行う。また、第2レンズ群を光軸に沿って物体側へ移動させることによって、フォーカシングを行う。

【0046】

この発明は、全変倍域にわたって高い光学性能が維持され、小型、広画角で、1.3倍程度の変倍が可能なズームレンズを提供することを目的としている。そこで、かかる目的を達成するため、以下に示すような各種条件を設定している。

【0047】

まず、高変倍時に発生する収差が顕著になるため、高変倍時に発生する収差を補正することが要求される。しかも、光学系の大型化を防ぐため、小型のレンズで収差補正が実現できるようにしなければならない。また、光学系全長の短縮化を図るため、変倍時のレンズ移動量をできる限り少なくすることも必要である。

【0048】

そこで、かかる要求を満足するため、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、ズームレンズ全系の望遠端における焦点距離を f_t とするとき、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(1) \quad 0.35 < f_1 / f_t < 0.45$$

【0049】

この条件式(1)は、この実施の形態にかかる高変倍率ズームレンズの望遠端における焦点距離に対する第1レンズ群の焦点距離の比率を規定する式である。この条件式(1)においてその下限を下回ると、第1レンズ群の焦点距離が短くなるため、光学系全長の短縮化には有利になるが、望遠端における収差補正、特に球面収差およびコマ収差の補正が困難になる。一方、この条件式(1)においてその上限を越えると、第1レンズ群の焦点距離が長くなり、望遠端における焦点距離を確保するための第1レンズ群の移動量が増えるため、光学系全長の短縮化に支障をきたす。また、第1レンズ群の移動量が増加すると、第1レンズ群の移動を制御するためのカム構造が複雑になるため、レンズの径方向の大型化を招く。また、望遠端における第1レンズ群と絞りとの距離が大きくなるため、光線が第1レンズ群の周辺を通過するようになり、コマ収差の発生が顕著になる。

【0050】

また、この実施の形態の高変倍率ズームレンズは、フォーカシングの際、第2レンズ群を物体側に移動させるインナーフォーカス方式を採用している。このため、光学系内部にフォーカシングを行うためのスペースの確保が必要になり、光学系全長が長くなりやすい傾向にある。そこで、全長の短縮化を図るため、第2レンズ群の焦点距離を適切な長さにして、フォーカシングの際の第2レンズ群の移動量を抑制するとともに、最適なバックフォーカスの確保が要求される。加えて、第2レンズ群を構成する各種レンズの小型化と、良好な収差補正も要求される。

【0051】

そこで、かかる要求を満足するため、第2レンズ群の焦点距離を f_2 、ズームレンズ全系の広角端における焦点距離を f_w とするとき、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(2) \quad 0.5 < |f_2| / f_w < 0.8$$

【0052】

この条件式(2)は、この実施の形態にかかる高変倍率ズームレンズの広角端における焦点距離に対する第2レンズ群の焦点距離の比率を規定する式である。この条件式(2)においてその下限を下回ると、第2レンズ群の焦点距離が短くなるため、35mmフィルムカメラと同等のバックフォーカスを確保しやすくなるが、諸収差の補正、特に像面湾曲

10

20

30

40

50

の補正が困難になる。一方、この条件式(2)においてその上限を越えると、第2レンズ群の焦点距離が長くなるため、変倍時における第2レンズ群の移動量が増え、光学系全長の短縮化に支障をきたす。また、フォーカシングの際の第2レンズ群の物体側への移動量も増えるため、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔を広げる必要が生じ、光学系全長が長くなる。また、第2レンズ群を構成するレンズの径も大きくなり、光学系の小型化に支障をきたす。レンズ径が大きくなると、光学系中に配置するフィルターも口径が大きいものを用いなければならず、これも光学系の小型化を阻む原因になる。

【0053】

この実施の形態にかかる高変倍率ズームレンズは、1.3倍程度の高変倍が可能であるため、特に高変倍時に球面収差が発生しやすくなる。このため、高変倍時に発生する球面収差をより効果的に補正することが要求される。また、収差補正を重視するあまり、製造誤差に対する敏感度が高くなることも防止しなければならない。加えて、光学系の大型化も避けなければならない。

10

【0054】

そこで、かかる要求を満足するため、第3レンズ群の焦点距離を f_3 、ズームレンズ全系の望遠端における焦点距離を f_t とすると、次の条件式を満足することが好ましい。

$$(3) \quad 0.15 < f_3 / f_t < 0.3$$

【0055】

この条件式(3)は、この実施の形態にかかる高変倍率ズームレンズの望遠端における焦点距離に対する第3レンズ群の焦点距離の比率を規定する式である。この条件式(3)においてその下限を下回ると、第3レンズ群の焦点距離が短くなるため、光学系全長の短縮化には有利になるが、球面収差の補正が困難になるとともに、光学系の製造誤差に対する敏感度が高くなって、光学性能の劣化が著しくなる。一方、この条件式(3)においてその上限を越えると、第3レンズ群の焦点距離が長くなるため、第3レンズ群の変倍時における移動量が増え、光学系全長の短縮化に支障をきたす。また、第3レンズ群から第4レンズ群に向かう光束はほぼアフォーカルになるが、広角端における第3レンズ群の結像倍率が小さくなるため、広角端における周辺光量が少なくなるという問題が発生する。

20

【0056】

ところで、 f_3 / f_t の値が条件式(3)の上限値である0.3に近づくと、周辺光量の低下を招く傾向がある。もちろん、 f_3 / f_t の値が0.3を超えない限りは、実使用上問題はない。しかしながら、十分な周辺光量の確保のため、理想として f_3 / f_t は次の条件を満足することが好ましい。

30

$$(3)' \quad 0.15 < f_3 / f_t < 0.25$$

【0057】

このように、条件式(3)、(3)'を満足することで、第3レンズ群の屈折力を適切に設定して、球面収差の補正を行うことができる。しかしながら、変倍比が1.3倍を超えると、望遠端での第1レンズ群および第2レンズ群で発生する球面収差を十分に補正しきれない場合がある。そこで、第1レンズ群および第2レンズ群で発生する球面収差を良好に補正するためには、第3レンズ群を、物体側から順に、正レンズ、正レンズ、像面側の曲率半径が大きい正メニスカスレンズ、および負レンズの4枚のレンズを配置して構成するとよい。さらに、いずれかの正レンズの1面に非球面を形成すれば、より球面収差の補正に効果的である。また、第3レンズ群を、物体側から順に、負レンズと正レンズとを接合させた接合レンズ、像面側の曲率半径が大きい正メニスカスレンズ、正レンズ、および負レンズの5枚のレンズを配置して構成してもよい。いずれにしても凸レンズが3枚含まれていることが好ましい。以上のように第3レンズ群を構成すれば、高変倍時に第1レンズ群および第2レンズ群において生じる球面収差を良好に補正することができる。また、さらに変倍比を大きくする場合には、第3レンズ群中にもう1枚の正レンズを追加すると、球面収差の補正により優れた効果を発揮する。

40

【0058】

また、高変倍時に第3レンズ群において発生する色収差も気になるところである。そこ

50

で、かかる色収差を良好に補正するために、第3レンズ群に含まれるレンズのアッペ数を γ_3 とすると、第3レンズ群は次の条件式を満足する正レンズを少なくとも1枚以上含んでいることが好ましい。

$$(4) \quad \gamma_3 > 8.0$$

【0059】

また、この実施の形態の高変倍率ズームレンズは、変倍比が1.3倍程度と大きいため、高変倍時に第1レンズ群で発生する色収差も気になる。

【0060】

そこで、この実施の形態の高変倍率ズームレンズでは、望遠端において第1レンズ群で発生する色収差を補正するため、第1レンズ群に含まれるレンズのアッペ数を γ_1 とすると、第1レンズ群は次の条件式を満足する正レンズを少なくとも1枚以上含んでいることが好ましい。

$$(5) \quad \gamma_1 > 9.5$$

【0061】

ここで、第1レンズ群が条件式(5)を満足する正レンズを含まずに構成されていると、望遠端において第1レンズ群で発生する色収差(倍率の色収差)を補正しきれなくなる。

【0062】

さらに、第1レンズ群がアッペ数が8.0以上(9.5以下)の正レンズを2枚有していれば、倍率の色収差の補正にきわめて優れた効果を発揮する。しかしながら、アッペ数が8.0以上になる材質(ガラス、プラスチックなど)は、一般に屈折率が1.5より小さくなるため、その材質で形成されたレンズの曲率半径は小さくなる。このため、レンズ中心を厚くしなければならず、レンズ径も大きくなってしまいう問題が生じる。

【0063】

そこで、この実施の形態の高変倍率ズームレンズでは、第1レンズ群の小型化を図るため、第1レンズ群に含まれるレンズの屈折率を n_1 とすると、第1レンズ群は次の条件式を満足する正レンズを少なくとも1枚以上含んでいることが好ましい。

$$(6) \quad n_1 > 1.55$$

【0064】

ここで、第1レンズ群が条件式(6)を満足する正レンズを含まずに構成されていると、第1レンズ群を構成する各レンズの口径や肉厚が増し、ズームレンズ全体の小型化に支障をきたす。

【0065】

以上から、条件式(5)、(6)を踏まえて、第1レンズ群の構成としては、たとえば、第1レンズ群を3枚の正レンズで構成し、第1レンズ群の第2レンズのアッペ数を5.5以上8.0以下、第3レンズのアッペ数を8.0以上9.5以下に設定し、さらに3枚の正レンズのうちいずれか1枚の屈折率が1.55以上になるようにすればよい。

【0066】

この実施の形態にかかる高変倍率ズームレンズは、上記条件式(1)~(6)をすべて満足すれば、全変倍域にわたって諸収差の効果的な補正が可能な高い光学性能を維持した、広画角で小型の高変倍率ズームレンズになる。また、上記条件式(1)~(6)をすべて満足しなくても、そのうちいずれかを満足すれば、各条件式に特有の効果奏する、高い光学性能を備えた高変倍率ズームレンズを実現できる。

【0067】

また、この実施の形態にかかる高変倍率ズームレンズは、必ずしも前述したような4つのレンズ群で構成される必要はない。すなわち、上記条件式(1)~(6)を満足する第1~第3レンズ群を含んでさえすれば、3群構成であっても、5群構成であっても、全変倍域にわたって諸収差の効果的な補正が可能なズームレンズを提供することができる。

【0068】

なお、上記条件式(1)~(6)で示された各数値の範囲は、当該数値の近傍値であれ

10

20

30

40

50

ば、この発明で期待される効果は得られる。

【実施例】

【0069】

以下、この発明にかかる高変倍率ズームレンズの実施例を示す。

【0070】

(実施例1)

図1は、実施例1にかかる高変倍率ズームレンズの広角端における構成を示す光軸に沿う断面図である。この高変倍率ズームレンズは、図示しない物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群110、負の屈折力を有する第2レンズ群120、正の屈折力を有する第3レンズ群130、および正の屈折力を有する第4レンズ群140が配置されて構成される。また、第2レンズ群120と第3レンズ群130との間には、絞り150が配置されている。

10

【0071】

特に、第3レンズ群130は、前記物体側から順に、正メニスカスレンズ131、正メニスカスレンズ132、正レンズ133、および負レンズ134が配置されて構成される。なお、正メニスカスレンズ132の前記物体側面には、非球面が形成されている。

【0072】

この高変倍率ズームレンズは、第1レンズ群110と第2レンズ群120との間隔が広がり、第2レンズ群120と第3レンズ群130との間隔が狭まり、第3レンズ群130と第4レンズ群140との間隔が狭まるように、光軸に沿って第2レンズ群120、第3レンズ群130および第4レンズ群140を移動させることによって、広角端から望遠端への変倍を行う。また、第2レンズ群120を光軸に沿って前記物体側へ移動させることによって、フォーカシングを行う。

20

【0073】

以下、実施例1にかかる高変倍率ズームレンズに関する各種数値データを示す。

【0074】

ズームレンズ全系の広角端における焦点距離 (f_w) = 18.43

ズームレンズ全系の中間端における焦点距離 = 57.80

ズームレンズ全系の望遠端における焦点距離 (f_t) = 241.85

$Fno.$ = 3.38 (広角端) ~ 4.90 (中間端) ~ 6.31 (望遠端)

画角 (2θ) = 76.4° (広角端) ~ 28.2° (中間端) ~ 6.9° (望遠端)

30

【0075】

(条件式(1)に関する数値)

第1レンズ群110の焦点距離 (f_1) = 95.50

$f_1 / f_t = 0.3949$

【0076】

(条件式(2)に関する数値)

第2レンズ群120の焦点距離 (f_2) = -12.70

$|f_2| / f_w = 0.6889$

【0077】

(条件式(3)に関する数値)

第3レンズ群130の焦点距離 (f_3) = 44.09

$f_3 / f_t = 0.1823$

【0078】

$r_1 = 97.4112$

$d_1 = 1.50$ $nd_1 = 1.84666$ $d_1 = 23.78$

$r_2 = 63.6698$

$d_2 = 6.70$ $nd_2 = 1.49700$ $d_2 = 81.61$

$r_3 = -585.4553$

$d_3 = 0.20$

40

50

$r_4 = 59.7644$				
$d_4 = 4.50$	$n d_3 = 1.58913$	$d_3 = 61.18$		
$r_5 = 170.9592$				
$d_5 = 1.172$ (広角端)	~ 29.729 (中間端)	~ 59.021 (望遠端)		
$r_6 = 103.0415$ (非球面)				
$d_6 = 0.20$	$n d_4 = 1.51460$	$d_4 = 49.96$		
$r_7 = 76.4574$				
$d_7 = 1.20$	$n d_5 = 1.80400$	$d_5 = 46.58$		
$r_8 = 14.0386$				
$d_8 = 5.25$				10
$r_9 = -35.2494$				
$d_9 = 0.90$	$n d_6 = 1.83481$	$d_6 = 42.72$		
$r_{10} = 41.0177$				
$d_{10} = 1.05$				
$r_{11} = 30.1271$				
$d_{11} = 4.10$	$n d_7 = 1.84666$	$d_7 = 23.78$		
$r_{12} = -24.8687$				
$d_{12} = 0.55$				
$r_{13} = -20.2000$				
$d_{13} = 1.00$	$n d_8 = 1.88300$	$d_8 = 40.78$		20
$r_{14} = -1371.7220$				
$d_{14} = 23.843$ (広角端)	~ 11.100 (中間端)	~ 0.777 (望遠端)		
$r_{15} =$ (絞り)				
$d_{15} = 1.00$				
$r_{16} = 34.2588$				
$d_{16} = 2.20$	$n d_9 = 1.49700$	$d_9 = 81.61$		
$r_{17} = 164.1275$				
$d_{17} = 0.40$				
$r_{18} = 25.3134$ (非球面)				
$d_{18} = 0.20$	$n d_{10} = 1.51460$	$d_{10} = 49.96$		30
$r_{19} = 25.3134$				
$d_{19} = 2.70$	$n d_{11} = 1.48749$	$d_{11} = 70.21$		
$r_{20} = 192.2800$				
$d_{20} = 0.40$				
$r_{21} = 29.8687$				
$d_{21} = 2.60$	$n d_{12} = 1.49700$	$d_{12} = 81.61$		
$r_{22} = -87.1832$				
$d_{22} = 1.50$				
$r_{23} = -50.1458$				
$d_{23} = 0.90$	$n d_{13} = 1.83400$	$d_{13} = 37.17$		40
$r_{24} = 49.4943$				
$d_{24} = 8.422$ (広角端)	~ 4.619 (中間端)	~ 2.678 (望遠端)		
$r_{25} = 59.4969$ (非球面)				
$d_{25} = 0.20$	$n d_{14} = 1.51460$	$d_{14} = 49.96$		
$r_{26} = 59.4969$				
$d_{26} = 3.30$	$n d_{15} = 1.51680$	$d_{15} = 64.20$		
$r_{27} = -37.0270$				
$d_{27} = 0.20$				
$r_{28} = 71.5226$				
$d_{28} = 3.80$	$n d_{16} = 1.51680$	$d_{16} = 64.20$		50

$r_{29} = -24.3419$
 $d_{29} = 0.20$
 $r_{30} = -202.1990$
 $d_{30} = 0.90$ $n d_{17} = 1.80400$ $d_{17} = 46.58$
 $r_{31} = 20.0493$
 $d_{31} = 2.60$ $n d_{18} = 1.51823$ $d_{18} = 58.96$
 $r_{32} = 40.0640$
 $d_{32} = 39.184$ (広角端) ~ 65.989 (中間端) ~ 88.929 (望遠端)

【 0 0 7 9 】

円錐係数 (A) および非球面係数 (A_4 , A_6 , A_8 , A_{10})

10

(第 6 面)

$A = 1.0$

$A_4 = 9.08092 \times 10^{-6}$, $A_6 = -1.51031 \times 10^{-8}$,
 $A_8 = 1.14419 \times 10^{-10}$, $A_{10} = -8.20498 \times 10^{-14}$

(第 1 8 面)

$A = 1.0$

$A_4 = -4.43167 \times 10^{-6}$, $A_6 = 5.46600 \times 10^{-9}$,
 $A_8 = -1.88908 \times 10^{-10}$, $A_{10} = 1.14556 \times 10^{-12}$

(第 2 5 面)

$A = 1.0$

20

$A_4 = -5.88226 \times 10^{-5}$, $A_6 = -3.44654 \times 10^{-8}$,
 $A_8 = 3.63080 \times 10^{-10}$, $A_{10} = -2.99578 \times 10^{-12}$

【 0 0 8 0 】

また、図 2 は、実施例 1 にかかる高変倍率ズームレンズの広角端における収差図である。図 3 は、実施例 1 にかかる高変倍率ズームレンズの中間端における収差図である。図 4 は、実施例 1 にかかる高変倍率ズームレンズの望遠端における収差図である。

【 0 0 8 1 】

(実施例 2)

図 5 は、実施例 2 にかかる高変倍率ズームレンズの広角端における構成を示す光軸に沿う断面図である。この高変倍率ズームレンズは、図示しない物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 2 1 0、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 2 2 0、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 2 3 0、および正の屈折力を有する第 4 レンズ群 2 4 0 が配置されて構成される。また、第 2 レンズ群 2 2 0 と第 3 レンズ群 2 3 0 との間には、絞り 2 5 0 が配置されている。

30

【 0 0 8 2 】

特に、第 3 レンズ群 2 3 0 は、前記物体側から順に、負レンズ 2 3 1、正レンズ 2 3 2、像面側の曲率半径が大きい正メニスカスレンズ 2 3 3、正レンズ 2 3 4、および負レンズ 2 3 5 が配置されて構成される。なお、負レンズ 2 3 1 と正レンズ 2 3 2 とは接合されている。

【 0 0 8 3 】

40

この高変倍率ズームレンズは、第 1 レンズ群 2 1 0 と第 2 レンズ群 2 2 0 との間隔が広がり、第 2 レンズ群 2 2 0 と第 3 レンズ群 2 3 0 との間隔が狭まり、第 3 レンズ群 2 3 0 と第 4 レンズ群 2 4 0 との間隔が狭まるように、光軸に沿って第 2 レンズ群 2 2 0、第 3 レンズ群 2 3 0 および第 4 レンズ群 2 4 0 を移動させることによって、広角端から望遠端への変倍を行う。また、第 2 レンズ群 2 2 0 を光軸に沿って前記物体側へ移動させることによって、フォーカシングを行う。

【 0 0 8 4 】

以下、実施例 2 にかかる高変倍率ズームレンズに関する各種数値データを示す。

【 0 0 8 5 】

ズームレンズ全系の広角端における焦点距離 (f_w) = 18.43

50

ズームレンズ全系の中間端における焦点距離 = 57.80

ズームレンズ全系の望遠端における焦点距離 (f_t) = 241.83

F n o . = 3.47 (広角端) ~ 5.01 (中間端) ~ 6.35 (望遠端)

画角 (2) = 76.4° (広角端) ~ 28.2° (中間端) ~ 6.9° (望遠端)

【 0 0 8 6 】

(条件式 (1) に関する数値)

第 1 レンズ群 2 1 0 の焦点距離 (f_1) = 95.47

$$f_1 / f_t = 0.3948$$

【 0 0 8 7 】

(条件式 (2) に関する数値)

第 2 レンズ群 2 2 0 の焦点距離 (f_2) = -12.71

$$| f_2 | / f_w = 0.6897$$

【 0 0 8 8 】

(条件式 (3) に関する数値)

第 3 レンズ群 2 3 0 の焦点距離 (f_3) = 43.77

$$f_3 / f_t = 0.1810$$

【 0 0 8 9 】

$$r_1 = 100.0000$$

$$d_1 = 1.50 \quad n d_1 = 1.84666 \quad d_1 = 23.78$$

$$r_2 = 63.5173$$

$$d_2 = 7.00 \quad n d_2 = 1.49700 \quad d_2 = 81.61$$

$$r_3 = -1072.5164$$

$$d_3 = 0.20$$

$$r_4 = 63.0346$$

$$d_4 = 4.50 \quad n d_3 = 1.62299 \quad d_3 = 58.15$$

$$r_5 = 221.5870$$

$$d_5 = 1.766 (\text{広角端}) \sim 30.152 (\text{中間端}) \sim 59.613 (\text{望遠端})$$

$$r_6 = 110.0000 (\text{非球面})$$

$$d_6 = 0.20 \quad n d_4 = 1.51460 \quad d_4 = 49.96$$

$$r_7 = 70.0000$$

$$d_7 = 1.20 \quad n d_5 = 1.80400 \quad d_5 = 46.58$$

$$r_8 = 13.5502$$

$$d_8 = 5.40$$

$$r_9 = -34.6450$$

$$d_9 = 1.00 \quad n d_6 = 1.83481 \quad d_6 = 42.72$$

$$r_{10} = 53.7020$$

$$d_{10} = 0.80$$

$$r_{11} = 29.1029$$

$$d_{11} = 4.50 \quad n d_7 = 1.84666 \quad d_7 = 23.78$$

$$r_{12} = -25.6353$$

$$d_{12} = 0.42$$

$$r_{13} = -21.2556$$

$$d_{13} = 1.00 \quad n d_8 = 1.88300 \quad d_8 = 40.78$$

$$r_{14} = 286.1917$$

$$d_{14} = 25.227 (\text{広角端}) \sim 11.984 (\text{中間端}) \sim 1.411 (\text{望遠端})$$

$$r_{15} = (\text{絞り})$$

$$d_{15} = 1.00$$

$$r_{16} = 38.3469$$

$$d_{16} = 1.00 \quad n d_9 = 1.80400 \quad d_9 = 46.58$$

$$r_{17} = 25.0994$$

10

20

30

40

50

$d_{17} = 3.00$	$n d_{10} = 1.58913$	$d_{10} = 61.18$	
$r_{18} = -210.0000$			
$d_{18} = 1.00$			
$r_{19} = 24.5206$			
$d_{19} = 3.00$	$n d_{11} = 1.48749$	$d_{11} = 70.21$	
$r_{20} = 95.0000$			
$d_{20} = 0.50$			
$r_{21} = 23.9504$			
$d_{21} = 3.50$	$n d_{12} = 1.49700$	$d_{12} = 81.61$	
$r_{22} = 746.0130$			10
$d_{22} = 0.65$			
$r_{23} = -79.3108$			
$d_{23} = 1.00$	$n d_{13} = 1.83400$	$d_{13} = 37.17$	
$r_{24} = 35.3648$			
$d_{24} = 7.782$ (広角端) ~ 3.768 (中間端) ~ 1.982 (望遠端)			
$r_{25} = 48.5260$ (非球面)			
$d_{25} = 0.20$	$n d_{14} = 1.51460$	$d_{14} = 49.96$	
$r_{26} = 48.5260$			
$d_{26} = 3.50$	$n d_{15} = 1.48749$	$d_{15} = 70.21$	20
$r_{27} = -35.9079$			
$d_{27} = 0.20$			
$r_{28} = 8369.5957$			
$d_{28} = 3.50$	$n d_{16} = 1.48749$	$d_{16} = 70.21$	
$r_{29} = -26.5082$			
$d_{29} = 0.20$			
$r_{30} = -533.7180$			
$d_{30} = 1.00$	$n d_{17} = 1.80400$	$d_{17} = 46.58$	
$r_{31} = 18.7073$			
$d_{31} = 3.50$	$n d_{18} = 1.54072$	$d_{18} = 47.23$	30
$r_{32} = 95.0000$			
$d_{32} = 39.583$ (広角端) ~ 67.213 (中間端) ~ 89.384 (望遠端)			

【 0 0 9 0 】

円錐係数 (A) および非球面係数 (A_4 , A_6 , A_8 , A_{10})

(第 6 面)

$A = 1.0$

$A_4 = 6.08226 \times 10^{-6}$, $A_6 = 3.27658 \times 10^{-9}$,

$A_8 = -8.68205 \times 10^{-11}$, $A_{10} = 4.65488 \times 10^{-13}$

(第 2 5 面)

$A = 1.0$

$A_4 = -4.66282 \times 10^{-5}$, $A_6 = 6.30079 \times 10^{-9}$,

$A_8 = -1.16447 \times 10^{-11}$, $A_{10} = -4.36431 \times 10^{-14}$

【 0 0 9 1 】

また、図 6 は、実施例 2 にかかる高変倍率ズームレンズの広角端における収差図である。図 7 は、実施例 2 にかかる高変倍率ズームレンズの中間端における収差図である。図 8 は、実施例 2 にかかる高変倍率ズームレンズの望遠端における収差図である。

【 0 0 9 2 】

なお、上記数値データにおいて、 r_1 , r_2 , \dots は各レンズ、絞り面の曲率半径、 d_1 , d_2 , \dots は各レンズ、絞りの肉厚またはそれらの面間隔、 $n d_1$, $n d_2$, \dots は各レンズの d 線における屈折率、 d_1 , d_2 , \dots は各レンズの d 線におけるアッペ数を示している。

【 0 0 9 3 】

また、上記各非球面形状は、光軸方向を x 、光軸と垂直な高さを H とし、光の進行方向を正とすると、以下に示す式により表される。

【 0 0 9 4 】

【 数 1 】

$$x = \frac{H^2/r}{1 + \sqrt{1 - A(H/r)^2}} + A_4 H^4 + A_6 H^6 + A_8 H^8 + A_{10} H^{10} \quad \dots(7)$$

【 0 0 9 5 】

ただし、 r は近軸曲率半径、 A は円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} はそれぞれ 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数である。

【 0 0 9 6 】

以上説明したように、この発明によれば、全変倍域にわたって諸収差の効果的な補正が可能で、かつ、製造誤差に対する敏感度が低い高変倍率ズームレンズを提供することができる。具体的には、この発明にかかる高変倍率ズームレンズは、上記条件式を満足することで、小型化、高変倍率化（1.3 倍程度）、広画角化（76°程度）を達成するとともに、全変倍域にわたって良好な収差補正が可能になる。また、製造誤差に対する敏感度を低く抑えることもできる。

【 0 0 9 7 】

また、この発明にかかる高変倍率ズームレンズは、非球面が形成されたレンズを含んで構成されているため、少ないレンズ枚数で、諸収差を良好に補正することができる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 9 8 】

以上のように、この発明の高変倍率ズームレンズは、小型化、高変倍率化、広画角化が求められる、デジタル一眼レフカメラ、ビデオカメラなどに有用であり、特に、高い光学性能が要求される場合に最適である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 9 9 】

【 図 1 】 実施例 1 にかかる高変倍率ズームレンズの広角端における構成を示す光軸に沿う断面図である。

【 図 2 】 実施例 1 にかかる高変倍率ズームレンズの広角端における収差図である。

【 図 3 】 実施例 1 にかかる高変倍率ズームレンズの中間端における収差図である。

【 図 4 】 実施例 1 にかかる高変倍率ズームレンズの望遠端における収差図である。

【 図 5 】 実施例 2 にかかる高変倍率ズームレンズの広角端における構成を示す光軸に沿う断面図である。

【 図 6 】 実施例 2 にかかる高変倍率ズームレンズの広角端における収差図である。

【 図 7 】 実施例 2 にかかる高変倍率ズームレンズの中間端における収差図である。

【 図 8 】 実施例 2 にかかる高変倍率ズームレンズの望遠端における収差図である。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 0 】

- 1 1 0 , 2 1 0 第 1 レンズ群
- 1 2 0 , 2 2 0 第 2 レンズ群
- 1 3 0 , 2 3 0 第 3 レンズ群
- 1 3 1 , 1 3 2 , 2 3 2 , 2 3 4 正レンズ
- 1 3 3 , 2 3 3 正メニスカスレンズ
- 1 3 4 , 2 3 1 , 2 3 5 負レンズ
- 1 4 0 , 2 4 0 第 4 レンズ群
- 1 5 0 , 2 5 0 絞り

10

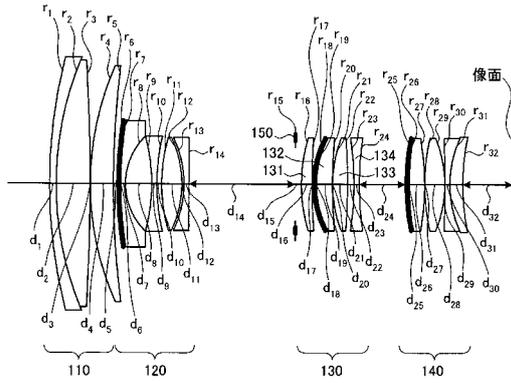
20

30

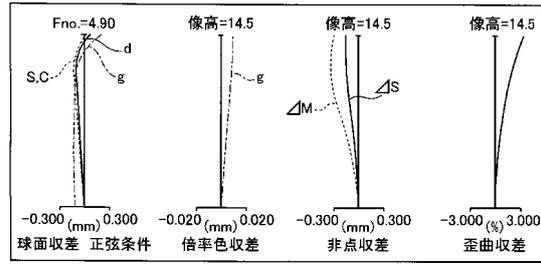
40

50

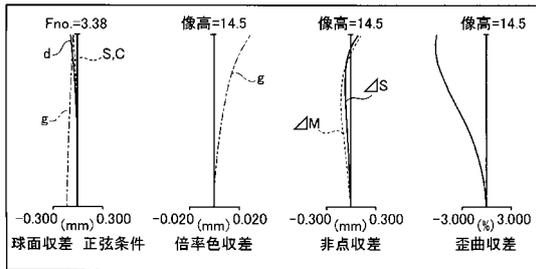
【 図 1 】



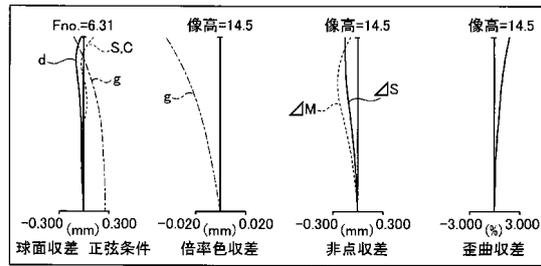
【 図 3 】



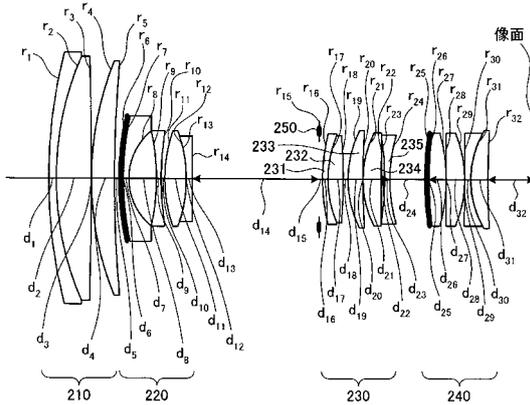
【 図 2 】



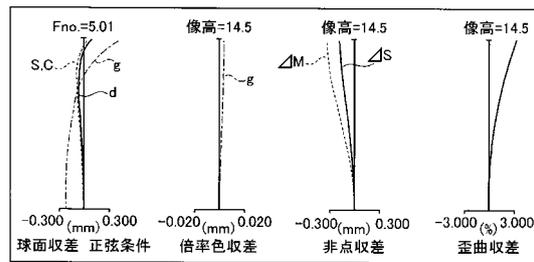
【 図 4 】



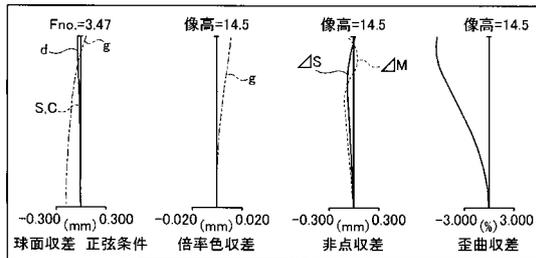
【 図 5 】



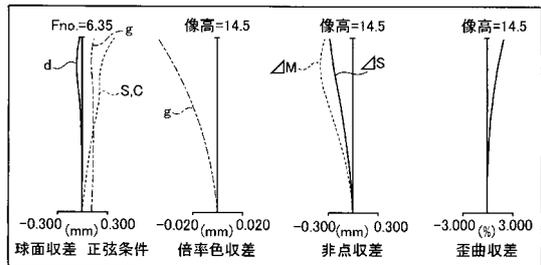
【 図 7 】



【 図 6 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-106191(JP,A)
特開2005-107280(JP,A)
特開2003-295060(JP,A)
特開平8-86963(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	9/00	-	17/08
G02B	21/02	-	21/04
G02B	25/00	-	25/04