

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5202022号
(P5202022)

(45) 発行日 平成25年6月5日 (2013.6.5)

(24) 登録日 平成25年2月22日 (2013.2.22)

(51) Int.Cl.

F I

GO 2 B 15/20 (2006.01)

GO 2 B 13/18 (2006.01)

HO 4 N 5/225 (2006.01)

GO 2 B 15/20

GO 2 B 13/18

HO 4 N 5/225 D

請求項の数 8 (全 23 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|-----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2008-37133 (P2008-37133) | (73) 特許権者 | 000001007 |
| (22) 出願日 | 平成20年2月19日 (2008.2.19) | | キヤノン株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2009-198552 (P2009-198552A) | | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| (43) 公開日 | 平成21年9月3日 (2009.9.3) | (74) 代理人 | 100086818 |
| 審査請求日 | 平成23年2月9日 (2011.2.9) | | 弁理士 高梨 幸雄 |
| | | (72) 発明者 | 横山 貴嘉 |
| | | | 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 | 原田 英信 |
| | | (56) 参考文献 | 特開平06-003592 (JP, A) |
| | | | 特開2007-093974 (JP, A) |
| | | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、1以上のレンズ群を含む後群を有し、各レンズ群の間隔を変化させることによりズームを行うズームレンズにおいて、開口絞りを有し、前記第2レンズ群を第1フォーカス群とし、前記後群の1つのレンズ群のうちの一部を構成するサブレンズ群を第2フォーカス群とするとき、前記第1フォーカス群と前記第2フォーカス群はどちらも正レンズと負レンズを有しており、前記第1フォーカス群を構成する正レンズと負レンズの材料の平均アッペ数を各々 V_{mp} 、 V_{mn} 、前記第2フォーカス群を構成する正レンズと負レンズの材料の平均アッペ数を各々 V_{sp} 、 V_{sn} 、無限遠から最至近撮影距離にフォーカシングしたときの

10

$X_m \times (V_{mn} - V_{mp}) \times X_s \times (V_{sn} - V_{sp}) > 0$

なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

前記後群の1つのレンズ群は前記後群の最も像側のレンズ群よりも物体側に位置するレンズ群であることを特徴とする請求項1のズームレンズ。

【請求項3】

前記第2フォーカス群の焦点距離を f_s 、無限遠物体にフォーカスしているときの前記第

20

2 フォーカス群を有するレンズ群の焦点距離を f_f とするとき、

$$0.01 < |f_f / f_s| < 0.40$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 1 フォーカス群のみで無限遠から最至近撮影距離へフォーカシングしたとき、 g 線の倍率色収差の差が正のとき $g = 1$ とし、負のとき $g = -1$ とし、無限遠から最至近撮影距離へフォーカシングするときの前記第 2 フォーカス群の移動量を X (但し、移動量 X の符号は像側へ移動するときを正、物体側へ移動するときを負とする) とするとき、

$$g \times (V_{sn} - V_{sp}) \times X > 0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項のズームレンズ。

10

【請求項 5】

物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、1 以上のレンズ群を含む後群を有し、各レンズ群の間隔を変化させることによりズームを行うズームレンズにおいて、前記第 2 レンズ群を第 1 フォーカス群、前記後群の 1 つのレンズ群のうちの一部を構成するサブレンズ群を第 2 フォーカス群とするとき、前記第 2 フォーカス群よりも物体側に開口絞りを有しており、前記第 2 フォーカス群は 1 以上の正レンズと 1 以上の負レンズを有しており、前記第 2 フォーカス群を構成する正レンズと負レンズの材料の平均アッペ数を各々 V_{sp} 、 V_{sn} 、前記第 1 フォーカス群のみで無限遠から最至近撮影距離へフォーカシングしたとき、 g 線の倍率色収差量の差が正のとき $g = 1$ とし、負のとき $g = -1$ とし、無限遠から最至近撮影距離へフォーカシングするときの前記第 2 フォーカス群の移動量を X (但し、移動量 X の符号は像側へ移動するときを正、物体側へ移動するときを負とする) とするとき、

20

$$g \times (V_{sn} - V_{sp}) \times X > 0$$

なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 6】

前記後群の 1 つのレンズ群は前記後群の最も像側のレンズ群よりも物体側に位置するレンズ群であることを特徴とする請求項 5 のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 2 フォーカス群の焦点距離を f_s 、無限遠物体にフォーカスしているときの前記第 2 フォーカス群を有するレンズ群の焦点距離を f_f とするとき、

30

$$0.01 < |f_f / f_s| < 0.40$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 5 又は 6 のズームレンズ。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成された像を受光する固体撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スチルカメラ、テレビカメラ、ビデオカメラ、写真用カメラ、そしてデジタルカメラ等に好適なズームレンズに関する。特に、無限遠から最至近撮影距離に至る物体距離全般にわたり良好なる収差補正を行うことのできるフォーカシング方式を用いたズームレンズに関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

従来より、ズームレンズのフォーカシング方式として、最も物体側に位置する第 1 レンズ群を光軸方向に移動させて行う所謂前玉フォーカス方式が知られている。

【0003】

この他、第 2 レンズ群以降のレンズ群を光軸方向に移動させてフォーカシングする所謂インナーフォーカス方式又はリアフォーカス方式が知られている。

【0004】

50

前玉フォーカシング方式を用いたズームレンズは、同一物体距離に対するフォーカスレンズ群（フォーカス群）の繰り出し量がズーム位置によらず一定である。このため、鏡筒構造を簡単にできるという利点がある。

【 0 0 0 5 】

しかしながら、この方式のズームレンズでは、至近距離物体の撮影時において画面周辺光量を十分多く確保するためには前玉の有効径を大きくする必要があり、この結果レンズ全系が大型化してくる傾向がある。

【 0 0 0 6 】

また、フォーカスレンズ群が高重量となるため、オートフォーカスを用いたカメラにおいては、フォーカススピードが低下してくるといった問題がある。

10

【 0 0 0 7 】

一方、インナーフォーカス方式や、リアフォーカス方式を用いたズームレンズでは、前玉フォーカス方式に比べ、第 1 レンズ群の光線有効径が小さくなるため、レンズ径全体の小型化が容易となる。

【 0 0 0 8 】

また、比較的小型軽量のレンズ群を移動させてフォーカシングを行うため、オートフォーカス方式を用いたカメラにおいては、迅速なフォーカシングが容易となる。しかしながら、この方式のズームレンズでは、フォーカシングの際収差変動が大きく、物体距離全域にわたり良好な光学性能を得ることが困難である。

20

【 0 0 0 9 】

前玉径の大型化や、フォーカシングの際の収差変動を改善する方法として、フォーカシングに際して複数のレンズ群を光軸方向に移動させるフローティング方法がある。

【 0 0 1 0 】

また、1つのレンズ群と他の1つのレンズ群の一部を構成するサブレンズ群とを光軸方向に移動させるフォーカス方法がある。フォーカシングに際して複数のレンズ群を移動させる方式では、フォーカシングレンズ群のフォーカスストロークを短くすることができ、レンズ系全体の小型化が図れるほか、収差変動の低減を図ることができる。

【 0 0 1 1 】

複数のレンズ群を光軸方向に移動させることによりフォーカシングを行うフローティング方式を用いたズームレンズが種々と提案されている（特許文献 1、2）。

30

【 0 0 1 2 】

また、1つのレンズ群と他の1つのレンズ群の一部を構成するサブレンズ群を光軸方向に移動させることによりフォーカシングを行うズームレンズが知られている（特許文献 3、4）。

【 0 0 1 3 】

特許文献 1 のズームレンズでは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、そして最終レンズ群に負の屈折力のレンズ群を有している。そして第 1 レンズ群および最終レンズ群を光軸方向に移動させることによりフォーカシングを行うズームレンズを開示している。

40

【 0 0 1 4 】

また、特許文献 2 のズームレンズでは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、負の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群を有している。そして第 1 レンズ群、第 2 レンズ群を光軸上に移動させることによりフォーカシングを行うズームレンズを開示している。

【 0 0 1 5 】

特許文献 3 のズームレンズでは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群を有している。そして、第 1 レンズ群および第 4 レンズ群の一部もしくは全部を光軸方向に移動させることによりフォーカシングを行うズームレンズを開示している。

50

【 0 0 1 6 】

特許文献4のズームレンズでは、最も物体側に正の屈折力のレンズ群を有し、最も像側に位置するレンズ群は2つのレンズ群より成っている。そして最も像側のレンズ群の2つのレンズ群の内いずれか一方のレンズ群と最も物体側のレンズ群を光軸方向に移動させることによりフォーカシングを行うズームレンズを開示している。

【特許文献1】特開平08-015608号公報

【特許文献2】特開平11-258506号公報

【特許文献3】特開平04-127111号公報

【特許文献4】特開平07-140389号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0017】

ズームレンズにおいて、全ズーム範囲および物体距離全般（全フォーカス範囲）で高い光学性能を得るためには、ズームレンズを構成する各レンズ群のパワーやレンズ構成等を最適に設定する必要がある。

【0018】

全ズーム領域で高い光学性能を得るには、例えば各レンズ群のパワーを小さくする方法、または、各レンズ群のレンズ枚数を増加し、各レンズ群で発生する収差を小さくする方法等がある。しかしながら、いずれの方法もレンズ系全体が大型化してくる。

【0019】

レンズ系全体の小型化を実現するためには、各レンズ群のパワーを強くする必要がある。しかしながら各レンズ群の屈折力を強くすると、フォーカシング時の収差変動、特に倍率色収差の変動が増大してくる。

20

【0020】

さらに、レンズ系全体の大口径、高ズーム比化、そして最至近撮影距離（最短撮影距離）を短くしようとすると、その傾向が顕著となってくる。

【0021】

ズームレンズを構成するレンズ群のうち、複数のレンズ群を移動させることにより、フォーカシングを行うと収差変動を低減することが容易となる。

【0022】

一般には複数のレンズ群を移動させてフォーカシングするとき、フォーカシングの際の倍率色収差の変動とズーミング時の倍率色収差の変動も同時に補正する必要がある。そのため、収差変動の補正の自由度が少なくなり、フォーカシング時の倍率色収差の変動を補正するのが難しくなる。

30

【0023】

ズームレンズを構成するレンズ群のうち、1つのレンズ群（第1フォーカス群）と、他の1つのレンズ群を構成する一部（第2フォーカス群）を移動させてフォーカシングを行う方法は、比較的収差変動を低減することが容易である。

【0024】

この方法では、第2フォーカス群を有するレンズ群全体でズーミング時の倍率色収差の変動を補正し、フォーカシング時の倍率色収差の変動のみを第2フォーカス群を移動させて行っている。

40

【0025】

これにより、ズーミング時とフォーカシング時で別々に補正を行っている。そのため、倍率色収差の変動の補正の自由度が高まり、物体距離全般において倍率色収差を良好に補正した高い光学性能を得るのが容易となる。

【0026】

但しこのフォーカス方式では、第1フォーカス群と第2フォーカス群が倍率色収差を打ち消しあう方向に移動していないと、フォーカシング時の倍率色収差の補正を良好に行うのが困難になる。

【0027】

50

又、第1フォーカス群が最も物体側のレンズ群で、第2フォーカス群が最終レンズ群という構成だと、フォーカシング時の画面周辺光量の低下が著しく大きくなる。このため画面周辺光量を十分確保しようとするするとレンズの有効径が大きくなり、レンズ全系が大型化してくるので良くない。

【0028】

このため、1つのレンズ群（第1フォーカス群）と、他の1つのレンズ群を構成する一部（第2フォーカス群）を移動させてフォーカシングを行うズームレンズでは、第1、第2フォーカス群のレンズ構成を適切に設定することが重要になってくる。

【0029】

特に第1、第2フォーカス群を構成する正レンズや負レンズの材料のアッペ数が不適切であると、フォーカシング及びズームングの際の倍率色収差の変動が大きくなり、高い光学性能を得るのが困難になってくる。

【0030】

本発明は、フォーカシング時の収差変動、特に倍率色収差の変動が小さく、物体距離全般にわたり高い光学性能を有するズームレンズおよび、それを有する撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0031】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、1以上のレンズ群を含む後群を有し、各レンズ群の間隔を変化させることによりズームングを行うズームレンズにおいて、開口絞りを有し、前記第2レンズ群を第1フォーカス群とし、前記後群の1つのレンズ群のうちの一部を構成するサブレンズ群を第2フォーカス群とすると、前記第1フォーカス群と前記第2フォーカス群はどちらも正レンズと負レンズを有しており、前記第1フォーカス群を構成する正レンズと負レンズの材料の平均アッペ数を各々 V_{mp} 、 V_{mn} 、前記第2フォーカス群を構成する正レンズと負レンズの材料の平均アッペ数を各々 V_{sp} 、 V_{sn} 、無限遠から最至近撮影距離にフォーカシングしたときの前記開口絞りから前記第1フォーカス群の最も物体側の面頂点までの距離の差を X_m 、無限遠から最至近撮影距離にフォーカシングしたときの前記開口絞りから前記第2フォーカス群の最も物体側の面頂点までの距離の差を X_s とすると、

$$X_m \times (V_{mn} - V_{mp}) \times X_s \times (V_{sn} - V_{sp}) > 0$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0032】

本発明によれば、フォーカシング時の収差変動、特に倍率色収差の変動が小さく、物体距離全般にわたり高い光学性能を有するズームレンズが得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下、図面を用いて本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。

【0034】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、1以上のレンズ群を含む後群より成っている。ズームングに際しては各レンズ群の間隔を変化させている。フォーカシング（フォーカス）に際しては第2レンズ群を第1フォーカス群（主合焦レンズ群）、後群中の1つのレンズ群のうちの一部を構成するサブレンズ群を第2フォーカス群としている。

【0035】

図1は実施例1のズームレンズの広角端（短焦点距離端）におけるレンズ断面図である。

【0036】

図 2、図 3、図 4 は順に本発明の実施例 1 の無限遠物体に合焦したときの収差図、最至近撮影距離 0.5 m (撮影倍率 = 0.15) の物体に合焦したときの収差図、第 1 フォーカス群のみで距離 0.5 m の物体に合焦したときの収差図である。

【0037】

図 5 は実施例 2 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図 6、図 7、図 8 は順に、本発明の実施例 2 の無限遠物体に合焦したときの収差図、最至近撮影距離 0.5 m (撮影倍率 = 0.15) の物体に合焦したときの収差図、第 1 フォーカス群のみで距離 0.5 m の物体に合焦した場合の収差図である。

【0038】

図 9 は実施例 3 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図 10、図 11、図 12 は順に、本発明の実施例 3 の無限遠物体に合焦したときの収差図、最至近撮影距離 0.5 m (撮影倍率 = 0.19) の物体に合焦したときの収差図、第 1 フォーカス群のみで距離 0.5 m の物体に合焦した場合の収差図である。

【0039】

図 13 は実施例 4 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図 14、図 15、図 16 は順に、本発明の実施例 4 の無限遠物体に合焦したときの収差図、最至近撮影距離 0.5 m (撮影倍率 = 0.20) の物体に合焦したときの収差図、第 1 フォーカス群のみで距離 0.5 m の物体に合焦した場合の収差図である。

【0040】

尚、収差図において、(a)、(b)、(c) は順に広角端、中間のズーム位置、望遠端 (長焦点距離端) を示している。

【0041】

又、距離 0.5 m は、各実施例の最至近撮影距離であって、像面からの距離である。なお、後述する数値実施例の数値は (mm) 単位で表わされている。

【0042】

図 17 は本発明のズームレンズを備える要部概略図である。

【0043】

尚、レンズ断面図において左方が物体側 (被写体側) で、右方が像側である。

【0044】

各レンズ断面図において、 i を物体側から数えたときの順番としたとき L_i は第 i レンズ群である。 L_R は 1 以上のレンズ群を含む後群である。 L_m は第 1 フォーカス群、 L_s は 1 つのレンズ群の一部を構成するサブレンズ群である第 2 フォーカス群である。また、 SP は開口絞りである。

【0045】

IP は像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際には CCD センサや CMOS センサ等の固体撮像素子 (光電変換素子) の撮像面が、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。

【0046】

矢印は広角端から望遠端のズーム位置へのズーミングにおける各レンズ群の移動軌跡を示している。

【0047】

各実施例のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群 L_1 、負の屈折力の第 2 レンズ群 L_2 、2 つ又は 3 つのレンズ群より成る後群 L_R より成り、各レンズ群を移動させてズーミングを行っている。尚、後群 L_R は 4 以上のレンズ群を有していても良い。

【0048】

又、各実施例においてフォーカスは第 1 フォーカス群 L_m と第 2 フォーカス群 L_s の 2 つのレンズ群を移動させて行っている。

【0049】

第 1 フォーカス群 L_m (第 2 レンズ群 L_2) はレンズ群の移動に対するピント面の移動

10

20

30

40

50

量が最も大きいレンズ群である。

【0050】

第2フォーカス群L_sは第2レンズ群L₂以降の複数のレンズ群より成る後群L_R中の1つのレンズ群の一部を構成するサブレンズ群である。

【0051】

第1フォーカス群L_m、第2フォーカス群L_sに関する矢印は、無限遠から最至近撮影距離へフォーカシングする際に移動する軌跡を示している。

【0052】

収差図において、d、gは各々d線、g線、S・Cは正弦条件である。M、Sはメリディオナル像面、サジタル像面である。倍率色収差はg線によって表している。f_{no}はFナンバー、 θ は半画角である。

10

【0053】

尚、以下の各実施例において広角端と望遠端とは変倍用レンズ群が機構上、光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

【0054】

各実施例では、第1フォーカス群L_mと第2フォーカス群L_sは、どちらも正レンズと負レンズを有している。

【0055】

そして第1フォーカス群L_mを構成する正レンズと負レンズの材料の平均アッベ数を各々V_{mp}、V_{mn}とする。

20

【0056】

第2フォーカス群L_sを構成する正レンズと負レンズの材料の平均アッベ数を各々V_{sp}、V_{sn}とする。

【0057】

無限遠から最至近撮影距離へフォーカシングしたときの開口絞りS_Pから第1フォーカス群L_mの最も物体側の面頂点までの距離の差をX_m(mm)とする。

【0058】

無限遠から最至近撮影距離へフォーカシングしたときの開口絞りS_Pから第2フォーカス群L_sの最も物体側の面頂点までの距離の差をX_s(mm)とする。

30

【0059】

第2フォーカス群L_sの焦点距離をf_s、無限遠物体にフォーカスしているときの第2フォーカス群L_sを有するレンズ群の焦点距離をf_fとする。

【0060】

第1フォーカス群L_mのみで無限遠から最至近撮影距離へのフォーカシングを行ったとき、g線の倍率色収差量の差が正のときg = 1とし、負のときg = -1とおく。

【0061】

そして無限遠から最至近撮影距離へフォーカシングするときの第2フォーカス群L_sの移動量をX_s(mm)(但し、移動量X_sの符号は像側へ移動するときを正、物体側へ移動するときを負とする)とする。

40

【0062】

このとき、以下の諸条件のうち1以上を満足している。

【0063】

$$X_m \times (V_{mn} - V_{mp}) \times X_s \times (V_{sn} - V_{sp}) > 0 \quad \dots\dots (1)$$

$$0.01 < |f_f / f_s| < 0.40 \quad \dots\dots (2)$$

$$g \times (V_{sn} - V_{sp}) \times X_s > 0 \quad \dots\dots (3)$$

次に各実施例のズームレンズにおいて、フォーカスにおける光学的作用について説明する。

【0064】

各実施例におけるズームレンズにおいては、フォーカシング時における倍率色収差の変

50

動を補正する為に、第1フォーカス群 L_m で発生する倍率色収差を打ち消すように第2フォーカス群 L_s を移動させている。

【0065】

一般に、ズームレンズにおいて、フォーカシングを行うレンズ群が正のパワー（屈折力＝焦点距離の逆数）を有する場合、全系の焦点距離の変化は次のとおりである。無限遠物体にフォーカスしているときの全系の焦点距離に対し至近距離物体にフォーカスしているときの方が全系の焦点距離は長くなる。

【0066】

そのため、無限遠物体にフォーカスしているときに対し、至近距離物体にフォーカスしているときは、 g 線の倍率色収差がアンダー側に発生する。

10

【0067】

一方、フォーカシングを行うレンズ群が負のパワーを有する場合、無限遠物体にフォーカスしているときの全系の焦点距離に対し至近距離物体にフォーカスしているときの方が全系の焦点距離は短くなる。そのため、無限遠物体にフォーカスしているときに対し、至近距離物体にフォーカスしているときは、 g 線の倍率色収差がオーバー側に発生する。

【0068】

第1フォーカス群が負のパワーを有し、第2フォーカス群が負の倍率色収差成分を有するとき、第2フォーカス群が開口絞りより物体側ならば開口絞りから遠ざかる方向に移動すれば倍率色収差の変動を補正することができる。又、開口絞りより像側ならば開口絞りに近づく方向に移動することで倍率色収差の変動を補正することができる。

20

【0069】

また、第1フォーカス群が負のパワーを有し、第2フォーカス群が正の倍率色収差成分を有するとき、第2フォーカス群が開口絞りより物体側ならば開口絞りに近づく方向に移動すれば、倍率色収差の変動を補正することができる。

【0070】

又、開口絞りより像側ならば開口絞りから遠ざかる方向に移動することで倍率色収差の変動を補正することができる。

【0071】

また、第1フォーカス群が正のパワーを有し、第2フォーカス群が正の倍率色収差成分を有するとき、第2フォーカス群が開口絞りより物体側ならば開口絞りから遠ざかる方向に移動すれば、倍率色収差の変動を補正することができる。

30

【0072】

開口絞りより像側ならば開口絞りに近づく方向に移動することで倍率色収差変動を補正することができる。

【0073】

また、第1フォーカス群が正のパワーを有し、第2フォーカス群が負の倍率色収差成分を有するとき、第2フォーカス群が開口絞りより物体側ならば開口絞りに近づく方向に移動すれば、倍率色収差の変動を補正することができる。

【0074】

開口絞りより像側ならば開口絞りから遠ざかる方向に移動することで倍率色収差変動を補正することができる。

40

【0075】

前述した条件式(1)、(3)は、いずれも第1フォーカス群 L_m により発生するフォーカシング時の倍率色収差の変動を第2フォーカス群 L_s で補正するための条件式である。

【0076】

条件式(1)の下限値を下回る場合、第1フォーカス群 L_m と第2フォーカス群 L_s が倍率色収差を打ち消しあう方向に移動しない。また、条件式(3)の下限値を下回る場合、第1フォーカス群 L_m と第2フォーカス群 L_s が倍率色収差を打ち消しあう方向に移動しない。

50

【 0 0 7 7 】

また、第2フォーカス群L sはフォーカシング時の倍率色収差変動の補正を目的としている。そのため、第2フォーカス群L sに比較的強いパワーを配置すると、フォーカシングの際、球面収差、像面湾曲等の収差が変動してしまうため、全ズーム領域にて良好な光学性能を得ることが困難となってしまう。

【 0 0 7 8 】

条件式(2)は、その第2フォーカス群L sのパワーを規定するものである。

【 0 0 7 9 】

条件式(2)の上限を超えて第2フォーカス群L sのパワーが強くなりすぎると、第2フォーカス群L sのフォーカシング時の移動により、球面収差・像面湾曲といった倍率色収差以外の収差が大きく変動してしまう。

10

【 0 0 8 0 】

そのため、全ズーム領域、全フォーカス域において良好な光学性能を得ることが困難となる。

【 0 0 8 1 】

また、下限値を超えて第2フォーカス群L sのパワーが弱くなると、第2フォーカス群L sを有するレンズ群のパワーを第2フォーカス群L s以外のレンズ群にて分担することになる。

【 0 0 8 2 】

そのため、第2フォーカス群L sを有するレンズ群の収差補正を十分に行うことが難しくなり、ズミング時の収差変動の補正が困難となる。

20

【 0 0 8 3 】

各実施例において、更に望ましくは上記条件式(2)の数値範囲を以下の数値範囲とするのが良い。

【 0 0 8 4 】

$$0.01 < |f_f / f_s| < 0.35 \quad \dots\dots (2a)$$

第2フォーカス群L sを含むレンズ群は後群L R中の最も像側のレンズ群よりも物体側に位置するレンズ群としている。

【 0 0 8 5 】

又、第1フォーカス群L mは最も物体側の第1レンズ群L 1とせず、第1レンズ群L 1よりも像側のレンズ群としている。

30

【 0 0 8 6 】

前述したように、最も物体側のレンズ群をフォーカス群とした場合、至近距離物体での画面周辺光量を十分確保するためにレンズ外径が大きくなる。

【 0 0 8 7 】

また、同様に、最も像面側のレンズ群をフォーカス群とした場合も、フォーカス群の移動領域を確保しなければならず、画面周辺光量を十分確保のためレンズ外径を大きくする必要はある。そのため、第1フォーカス群L mおよび第2フォーカス群L sを最も物体側のレンズ群および最も像面側のレンズ群に配置した場合、最も画面周辺光量が低下する。

【 0 0 8 8 】

このため、それを回避するにはレンズ外径を大きくする必要があり、レンズ有効径が大型化してしまう。

40

【 0 0 8 9 】

そこで本実施例では第1フォーカス群L m、第2フォーカス群L sを最も物体側のレンズ群と最も像面側以外のレンズ群とする方が良い。

【 0 0 9 0 】

また、第1フォーカス群L m、第2フォーカス群L sの一方のレンズ群を最も物体側のレンズ群または最も像面側のレンズ群とした場合は、他方のレンズ群は最も物体側のレンズ群や最も像面側のレンズ群以外のレンズ群とする方が良い。

【 0 0 9 1 】

50

以上のように各実施例によればフォーカシング時の収差変動、特に倍率色収差の変動が小さく、物体距離全般にわたり高い光学性能を有するズームレンズが得られる。

【0092】

次に各実施例のズームレンズのレンズ構成の特徴について説明する。

【0093】

図1の実施例1は物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5を有している。

【0094】

第4レンズ群L4は負の屈折力の第4aレンズ群L4aと負の屈折力の第4bレンズ群L4bを有している。

10

【0095】

広角端から望遠端へのズーミングの際、第1レンズ群L1は物体側へ移動する。

【0096】

第2レンズ群L2は第1レンズ群L1との間隔を増大しつつ像面側へ移動する。

【0097】

第3レンズ群L3は第2レンズ群L2との間隔を減少しつつ第5レンズ群L5と一体に物体側へ移動する。

【0098】

第4レンズ群L4は第3レンズ群L3との間隔を増大しつつ像側へ移動する。

20

【0099】

実施例1において第2レンズ群L2は第1フォーカス群Lmを構成し、無限遠から最至近撮影距離へのフォーカシングの際、物体側へ移動する。また、第4bレンズ群L4bは第2フォーカス群Lsを構成し、無限遠から最至近撮影距離へのフォーカシングの際、物体側へ移動する。

【0100】

第2フォーカス群Lsは1枚の負レンズG4bnと1枚の正レンズG4bpにより構成され、負レンズG4bnの材料に高分散ガラスを、正レンズG4bpの材料に低分散ガラスを使用している。

【0101】

30

第2フォーカス群Lsは全体として、負の倍率色収差成分を有している。無限遠から最至近撮影距離へのフォーカシングの際、第2フォーカス群Lsを物体側へ移動させている。これにより第1フォーカス群Lmのフォーカシングによって発生する倍率色収差の変動を補正し、全フォーカス域において倍率色収差が補正された良好な光学性能を得ている。

【0102】

図5の実施例2は物体側から像側へ順に正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5を有している。

【0103】

第4レンズ群L4は負の屈折力の第4aレンズ群L4aと負の屈折力の第4bレンズ群L4bを有している。広角端から望遠端へのズーミングの際、第1レンズ群L1は物体側へ移動する。

40

【0104】

第2レンズ群L2は第1レンズ群L1との間隔を増大しつつ像面側へ移動する。

【0105】

第3レンズ群L3は第2レンズ群L2との間隔を減少しつつ第5レンズ群L5と一体に物体側へ移動する。

【0106】

第4レンズ群L4は第3レンズ群L3との間隔を増大しつつ移動する。

【0107】

50

実施例 2 において第 2 レンズ群 L 2 は、第 1 フォーカス群 L m を構成し、無限遠から最至近撮影距離へのフォーカシングに際して物体側へ移動する。

【 0 1 0 8 】

また、第 4 b レンズ群 L 4 b は第 2 フォーカス群 L s を構成し、無限遠から最至近撮影距離へのフォーカシングに際して、像側へ移動する。第 2 フォーカス群 L s は 1 枚の負レンズ G 4 b n と 1 枚の正レンズ G 4 b p により構成され、負レンズ G 4 b n の材料に低分散ガラスを、正レンズ G 4 b p の材料に高分散ガラスを使用している。第 2 フォーカス群 L s は、全体として、正の倍率色収差成分を有している。

【 0 1 0 9 】

無限遠から最至近撮影距離へのフォーカシングに際して、第 2 フォーカス群 L s を像面側へ移動させている。これにより第 1 フォーカス群 L m のフォーカシングによって発生する倍率色収差の変動を補正し、全フォーカス域において倍率色収差を補正した良好な光学性能を得ている。

【 0 1 1 0 】

図 9 の実施例 3 は物体側から像側へ順に正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群を有している。第 3 レンズ群 L 3 は正の屈折力の第 3 a レンズ群 L 3 a と負の屈折力の第 3 b レンズ群 L 3 b を有している。

【 0 1 1 1 】

広角端から望遠端へのズーミングの際、第 1 レンズ群 L 1 は物体側へ移動する。

【 0 1 1 2 】

第 2 レンズ群 L 2 は第 1 レンズ群 L 1 との間隔を増大しつつ物体側へ移動する。

【 0 1 1 3 】

第 3 レンズ群 L 3 は第 2 レンズ群 L 2 との間隔を減少しつつ物体側へ移動する。

【 0 1 1 4 】

第 4 レンズ群 L 4 は第 3 レンズ群 L 3 との間隔を減少しつつ物体側へ移動する。

【 0 1 1 5 】

実施例 3 において第 2 レンズ群 L 2 は、第 1 フォーカス群 L m を構成し、無限遠から最至近撮影距離へのフォーカシングに際して物体側へ移動する。

【 0 1 1 6 】

また、第 3 b レンズ群 L 3 b は第 2 フォーカス群 L s を構成し、無限遠から最至近撮影距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する。

【 0 1 1 7 】

第 2 フォーカス群 L s は 1 枚の負レンズ G 3 b n と 1 枚の正レンズ G 3 b p により構成され、負レンズ G 3 b n の材料に高分散ガラスを、正レンズ G 3 b p の材料に低分散ガラスを使用している。

【 0 1 1 8 】

第 2 フォーカス群 L s は全体として、負の倍率色収差成分を有している。無限遠から最至近撮影距離へのフォーカシングに際して、第 2 フォーカス群 L s を物体側へ移動させている。これにより第 1 フォーカス群 L m のフォーカシングによって発生する倍率色収差の変動を補正し、全フォーカス域において倍率色収差を補正した良好な光学性能を得ている。

【 0 1 1 9 】

図 1 3 の実施例 4 は物体側から像側へ順に正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3、正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4 を有している。

【 0 1 2 0 】

第 3 レンズ群 L 3 は正の屈折力の第 3 a レンズ群 L 3 a と負の屈折力の第 3 b レンズ群 L 3 b を有している。広角端から望遠端へのズーミングの際、第 1 レンズ群 L 1 は物体側へ移動する。

【 0 1 2 1 】

第 2 レンズ群 L 2 は第 1 レンズ群 L 1 との間隔を増大しつつ移動する。

【 0 1 2 2 】

第 3 レンズ群 L 3 は第 2 レンズ群 L 2 との間隔を減少しつつ物体側へ移動する。

【 0 1 2 3 】

第 4 レンズ群 L 4 は第 3 レンズ群 L 3 との間隔を減少しつつ物体側へ移動する。

【 0 1 2 4 】

実施例 4 において第 2 レンズ群 L 2 は、第 1 フォーカス群 L m を構成し無限遠から最至近撮影距離へのフォーカシングに際して、物体側へ移動する。

【 0 1 2 5 】

また、第 3 b レンズ群 L 3 b は第 2 フォーカス群 L s を構成し、無限遠から最至近撮影距離へのフォーカシングに際して、像側へ移動する。

【 0 1 2 6 】

第 2 フォーカス群 L s は 1 枚の負レンズ G 3 b n と 1 枚の正レンズ G 3 b p により構成され、負レンズ G 3 b n の材料に低分散ガラスを、正レンズ G 3 b p の材料に高分散ガラスを使用している。

【 0 1 2 7 】

第 2 フォーカス群 L s は全体として、正の倍率色収差成分を有している。無限遠から最至近距離へのフォーカシングに際して、第 2 フォーカス群 L s を像面側へ移動させることにより第 1 フォーカス群 L m のフォーカシングによって発生する倍率色収差の変動を補正している。これにより、全フォーカス域において倍率色収差を補正した良好な光学性能を得ている。

【 0 1 2 8 】

尚、実施例 1 ~ 4 はいずれも第 2 フォーカス群の繰り出し量をレンズ全系の焦点距離に関わらず一定の量としているが、これに限らず、レンズ全系の焦点距離ごとに第 2 フォーカス群の繰り出し量を変化させても良い。

【 0 1 2 9 】

レンズ全系の焦点距離ごとに繰り出し量を変化させるとより倍率色収差の変動を補正するときの自由度が増し、より高性能なズームレンズを実現することが容易となる。

【 0 1 3 0 】

次に本発明の実施例 1 ~ 4 に対応する数値実施例 1 ~ 4 を示す。数値実施例において i は物体側からの面の順番を示す。R i は第 i 番目の面の曲率半径、D i は第 i 番目と第 i + 1 番目の面の間隔である。N i と i は各々レンズの材料の屈折率とアッペ数の d 線 (= 5 8 7 . 6 n m) に対する値である。

【 0 1 3 1 】

また、A、B、C、D、E は非球面係数であり、非球面の形状は、レンズ面と光軸との交点を原点、光の進行方向を正としたとき、光軸方向の位置 X、光軸と垂直方向の位置 Y より以下の式で表される。

【 0 1 3 2 】

【 数 1 】

$$X = \frac{(1/R) H^2}{1 + \sqrt{1 - (H/R)^2}} + AH^2 + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10}$$

【 0 1 3 3 】

但し、R は近軸曲率半径である。

【 0 1 3 4 】

また、「e - 0 X」は「x 1 0 - x」を意味している。f は焦点距離、F n o は F ナンバー、θ は半画角を示す。又表 - 1 に前述の条件式と数値実施例との関係を示す。

【 0 1 3 5 】

(数値実施例 1)

10

20

30

40

50

$f = 35.07 \sim 69.55$ $F n o = 2.88$ $2 = 63.3 \sim 34.6$

| | R | D | Nd | d | |
|-----|-------------|-------|---------|------|----|
| 1 | 490.28341 | 3.04 | 1.84666 | 23.9 | |
| 2 | 123.74070 | 8.29 | 1.60311 | 60.6 | |
| 3 | -954.21830 | 0.24 | | | |
| 4 | 63.10844 | 6.76 | 1.71300 | 53.9 | |
| 5 | 112.09599 | (可変) | | | |
| 6* | 95.51490 | 2.00 | 1.80400 | 46.6 | |
| 7 | 20.61594 | 9.12 | | | |
| 8 | -66.54321 | 1.60 | 1.83481 | 42.7 | 10 |
| 9 | 61.08195 | 0.24 | | | |
| 10 | 41.82334 | 7.57 | 1.83400 | 37.2 | |
| 11 | -44.46603 | 2.37 | | | |
| 12 | -28.14821 | 1.44 | 1.80400 | 46.6 | |
| 13 | -1279.86699 | 2.94 | 1.80518 | 25.4 | |
| 14 | -75.68364 | (可変) | | | |
| 15 | 47.40352 | 5.45 | 1.58913 | 61.1 | |
| 16 | -89.05641 | 1.50 | | | |
| 17 | (絞り) | 2.00 | | | |
| 18* | 52.34078 | 7.89 | 1.58313 | 59.4 | 20 |
| 19 | -29.56759 | 2.10 | 1.84666 | 23.9 | |
| 20 | -49.27751 | (可変) | | | |
| 21 | -77.94245 | 2.45 | 1.84666 | 23.9 | |
| 22 | -38.03050 | 1.28 | 1.69680 | 55.5 | |
| 23 | 37.52523 | (可変) | | | |
| 24 | -50.61456 | 1.92 | 1.84666 | 23.9 | |
| 25 | -106.45206 | 2.96 | 1.80400 | 46.6 | |
| 26 | -53.71499 | (可変) | | | |
| 27* | 910.35226 | 6.04 | 1.49700 | 81.5 | |
| 28 | -31.29675 | 0.25 | | | 30 |
| 29 | 37.25611 | 10.37 | 1.49700 | 81.5 | |
| 30 | -34.41206 | 2.00 | 1.65412 | 39.7 | |
| 31 | 50.17749 | | | | |

変倍時・フォーカシング時各レンズ群間隔

| f | 35.07 | | 51.07 | | 69.55 | |
|------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 物体距離 | 無限遠 | 0.5m | 無限遠 | 0.5m | 無限遠 | 0.5m |
| D5 | 6.07 | 2.30 | 25.38 | 20.63 | 42.07 | 36.06 |
| D14 | 19.79 | 23.56189 | 9.30 | 14.05 | 3.00 | 9.01 |
| D20 | 2.00 | 2.00 | 4.81 | 4.81 | 6.22 | 6.22 |
| D23 | 8.50 | 3.50 | 8.50 | 3.50 | 8.50 | 3.50 |
| D26 | 6.22 | 11.22 | 3.41 | 8.41 | 2.00 | 7.00 |

| | A | B | C | D | E |
|-----|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6面 | 0.00000E+00 | 3.62545E-06 | 1.38556E-09 | -4.84732E-12 | 1.28283E-14 |
| 18面 | 0.00000E+00 | -5.42597E-06 | -7.14927E-09 | 6.49543E-12 | -2.45408E-14 |
| 27面 | 0.00000E+00 | -4.10637E-06 | 9.14858E-09 | -3.78175E-11 | 7.62259E-14 |

【 0 1 3 6 】

(数値実施例 2)

$f = 35.07 \sim 69.54$ $F_n o = 2.88$ $2 = 63.3 \sim 34.6$

| | R | D | Nd | d | |
|-----|------------|------|---------|------|----|
| 1 | 438.34026 | 3.04 | 1.84666 | 23.9 | |
| 2 | 129.36146 | 7.11 | 1.60311 | 60.6 | |
| 3 | 5118.03005 | 0.24 | | | |
| 4 | 63.29385 | 7.29 | 1.71300 | 53.9 | |
| 5 | 121.60118 | (可変) | | | |
| 6* | 101.39759 | 2.00 | 1.80400 | 46.6 | |
| 7 | 20.34457 | 8.49 | | | |
| 8 | -73.11765 | 1.60 | 1.83481 | 42.7 | 10 |
| 9 | 63.24341 | 0.24 | | | |
| 10 | 40.44074 | 7.63 | 1.83400 | 37.2 | |
| 11 | -45.98531 | 2.38 | | | |
| 12 | -28.91585 | 1.44 | 1.80400 | 46.6 | |
| 13 | 303.21782 | 3.35 | 1.80518 | 25.4 | |
| 14 | -79.18958 | (可変) | | | |
| 15 | 46.68149 | 5.44 | 1.60311 | 60.6 | |
| 16 | -81.11188 | 1.50 | | | |
| 17 | (絞り) | 2.00 | | | |
| 18* | 57.36112 | 7.89 | 1.58913 | 61.1 | 20 |
| 19 | -29.10794 | 2.10 | 1.84666 | 23.9 | |
| 20 | -49.22506 | (可変) | | | |
| 21 | -82.59598 | 1.91 | 1.80400 | 46.6 | |
| 22 | -44.56176 | 1.28 | 1.65412 | 39.7 | |
| 23 | 37.00583 | (可変) | | | |
| 24 | -31.88183 | 1.92 | 1.48749 | 70.2 | |
| 25 | -71.92580 | 2.49 | 1.84666 | 23.9 | |
| 26 | -42.18896 | (可変) | | | |
| 27* | 190.44020 | 5.89 | 1.49700 | 81.5 | |
| 28 | -32.64803 | 0.25 | | | 30 |
| 29 | 55.16783 | 7.53 | 1.49700 | 81.5 | |
| 30 | -32.73903 | 2.00 | 1.65412 | 39.7 | |
| 31 | 56.79520 | | | | |

変倍時・フォーカシング時各レンズ群間隔

| f | 35.07 | | 51.16 | | 69.54 | |
|------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 物体距離 | 無限遠 | 0.5m | 無限遠 | 0.5m | 無限遠 | 0.5m |
| D5 | 6.42 | 2.31 | 26.11 | 20.87 | 42.66 | 36.03 |
| D14 | 20.65 | 24.76094 | 9.45 | 14.68 | 2.88 | 9.51 |
| D20 | 2.00 | 2.00 | 9.44 | 9.44 | 5.40 | 5.40 |
| D23 | 3.65 | 8.65 | 3.65 | 8.65 | 3.65 | 8.65 |
| D26 | 9.44 | 4.44 | 6.99 | 1.99 | 6.04 | 1.04 |

| | A | B | C | D | E |
|-----|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6面 | 0.00000E+00 | 3.01143E-06 | 2.10330E-09 | -5.60268E-12 | 1.20587E-14 |
| 18面 | 0.00000E+00 | -5.67052E-06 | -6.41421E-09 | -2.40698E-12 | -6.70496E-15 |
| 27面 | 0.00000E+00 | -4.96342E-06 | 7.47689E-09 | -4.02460E-11 | 9.54123E-14 |

【 0 1 3 7 】

(数値実施例 3)

$f = 29.27 \sim 130.86$ $F n o = 3.60 \sim 5.30$ $2 = 72.9 \sim 18.8$

| | R | D | Nd | d | |
|-----|------------|------|---------|------|----|
| 1 | 199.75599 | 2.00 | 1.84666 | 23.9 | |
| 2 | 70.36364 | 0.14 | | | |
| 3 | 68.69384 | 9.87 | 1.65160 | 58.6 | |
| 4 | -373.40976 | 0.12 | | | |
| 5 | 44.17854 | 6.48 | 1.72916 | 54.7 | |
| 6 | 91.61173 | (可変) | | | |
| 7* | 101.47360 | 1.20 | 1.77250 | 49.6 | |
| 8 | 13.76005 | 5.59 | | | 10 |
| 9 | -41.81808 | 1.10 | 1.80400 | 46.6 | |
| 10 | 39.64557 | 0.10 | | | |
| 11 | 27.01111 | 4.14 | 1.84666 | 23.9 | |
| 12 | -59.27088 | 0.83 | | | |
| 13 | -32.68367 | 1.10 | 1.83481 | 42.7 | |
| 14 | -91.55686 | (可変) | | | |
| 15 | (絞り) | 1.19 | | | |
| 16* | 46.88314 | 1.99 | 1.58313 | 59.4 | |
| 17 | 555.90407 | 0.12 | | | |
| 18 | 29.24479 | 4.78 | 1.67790 | 55.3 | 20 |
| 19 | -18.29035 | 1.15 | 1.83481 | 42.7 | |
| 20 | 276.67796 | (可変) | | | |
| 21 | -139.95915 | 1.10 | 1.84666 | 23.9 | |
| 22 | 193.44518 | 1.56 | 1.72916 | 54.7 | |
| 23 | -257.05734 | (可変) | | | |
| 24* | 100.67051 | 3.87 | 1.58313 | 59.4 | |
| 25 | -23.87112 | 0.17 | | | |
| 26 | 43.53859 | 5.12 | 1.57099 | 50.8 | |
| 27 | -27.73480 | 1.20 | 1.83481 | 42.7 | |
| 28 | 37.92924 | | | | 30 |

変倍時・フォーカシング時各レンズ群間隔

| f | 29.27 | | 48.24 | | 130.86 | |
|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 物体距離 | 無限遠 | 0.5m | 無限遠 | 0.5m | 無限遠 | 0.5m |
| D6 | 2.82 | 1.05 | 12.38 | 10.04 | 34.61 | 26.59 |
| D14 | 20.61 | 22.38 | 12.97 | 15.31 | 1.99 | 10.01 |
| D20 | 3.88 | 0.88 | 3.88 | 0.88 | 3.88 | 0.88 |
| D23 | 4.85 | 7.85 | 2.84 | 5.84 | 1.19 | 4.19 |

| | A | B | C | D | E | |
|-----|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| 7面 | 0.00000E+00 | 3.26776E-07 | -9.86408E-09 | 2.32468E-11 | -4.00883E-14 | |
| 16面 | 0.00000E+00 | 2.71079E-06 | -2.37262E-08 | 4.93992E-10 | -2.52239E-12 | |
| 24面 | 0.00000E+00 | -2.51556E-05 | 1.52195E-08 | -2.34928E-10 | 7.54562E-13 | 40 |

【 0 1 3 8 】

(数値実施例 4)

$f = 27.97 \sim 130.86$ $F n o = 3.60 \sim 5.30$ $2 = 72.9 \sim 18.8$

| | R | D | Nd | d | |
|---|-----------|------|---------|------|----|
| 1 | 206.20081 | 2.00 | 1.84666 | 23.9 | |
| 2 | 73.89428 | 0.11 | | | 50 |

| | | | | |
|-----|------------|------|---------|------|
| 3 | 71.51029 | 9.37 | 1.65160 | 58.6 |
| 4 | -444.45877 | 0.12 | | |
| 5 | 45.87723 | 6.38 | 1.72916 | 54.7 |
| 6 | 95.75310 | (可変) | | |
| 7* | 67.31264 | 1.20 | 1.77250 | 49.6 |
| 8 | 13.66586 | 6.02 | | |
| 9 | -39.47504 | 1.10 | 1.80400 | 46.6 |
| 10 | 46.49466 | 0.10 | | |
| 11 | 27.88114 | 4.10 | 1.84666 | 23.9 |
| 12 | -70.86825 | 0.97 | | |
| 13 | -33.90248 | 1.10 | 1.80400 | 46.6 |
| 14 | -101.29932 | (可変) | | |
| 15 | (絞り) | 1.72 | | |
| 16* | 46.49836 | 2.40 | 1.58313 | 59.4 |
| 17 | -288.62071 | 0.12 | | |
| 18 | 26.31790 | 4.52 | 1.57099 | 50.8 |
| 19 | -26.94514 | 1.15 | 1.84666 | 23.9 |
| 20 | 170.02527 | (可変) | | |
| 21 | -191.40703 | 1.10 | 1.65412 | 39.7 |
| 22 | 34.22697 | 2.32 | 1.80518 | 25.4 |
| 23 | 3814.41553 | (可変) | | |
| 24* | 70.77823 | 3.36 | 1.58313 | 59.4 |
| 25 | -24.93662 | 0.17 | | |
| 26 | 46.57030 | 5.76 | 1.57099 | 50.8 |
| 27 | -17.72145 | 1.20 | 1.83481 | 42.7 |
| 28 | 35.78303 | | | |

10

20

変倍時・フォーカシング時各レンズ群間隔

| | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| f | 29.27 | | 48.24 | | 130.86 | |
| 物体距離 | 無限遠 | 0.5m | 無限遠 | 0.5m | 無限遠 | 0.5m |
| D6 | 2.76 | 1.00 | 12.65 | 10.16 | 35.57 | 27.45 |
| D14 | 21.81 | 23.57 | 13.88 | 16.36 | 2.54 | 10.66 |
| D20 | 1.03 | 4.03 | 1.03 | 4.03 | 1.03 | 4.03 |
| D23 | 6.99 | 3.99 | 4.82 | 1.82 | 3.50 | 0.50 |

30

| | A | B | C | D | E |
|-----|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 7面 | 0.00000E+00 | -1.74121E-06 | -7.97434E-09 | 1.16338E-11 | -1.74335E-14 |
| 16面 | 0.00000E+00 | 7.66425E-07 | -2.12221E-08 | 2.56080E-10 | -2.29014E-12 |
| 24面 | 0.00000E+00 | -2.03889E-05 | 1.47083E-08 | -1.49094E-10 | 1.02903E-12 |

40

【 0 1 3 9 】

【 表 1 】

表-1

| 条件式 | 数値実施例 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------|-----------|----------|----------|
| (1) $\Delta X_m \times (V_{mn} - V_{mp}) \times \Delta X_s \times (V_{sn} - V_{sp})$ | | 5981.189 | 13317.338 | 3652.085 | 1783.172 |
| (2) $ ff/f_s $ | | 0.027 | 0.030 | 0.227 | 0.064 |
| (3) $g \times (V_{sn} - V_{sp}) \times \Delta X$ | | 113.350 | 231.500 | 92.250 | 42.840 |

【 0 1 4 0 】

50

次に、本発明のズームレンズを用いた一眼レフカメラシステム（撮像装置）の実施例を図17を用いて説明する。

【0141】

図17において、10は一眼レフカメラ本体、11は本発明によるズームレンズを搭載した交換レンズである。12は交換レンズ11を通して形成される被写体像を記録（受光）するフィルムや撮像素子などの記録手段である。

【0142】

13は交換レンズ11からの被写体像を観察するファインダー光学系、14は交換レンズ11からの被写体像を記録手段12とファインダー光学系13に切り替えて伝送するための回動するクイックリターンミラーである。

10

【0143】

ファインダーで被写体像を観察する場合は、クイックリターンミラー14を介してピント板15に結像した被写体像をペンタプリズム16で正立像としたのち、接眼光学系17で拡大して観察する。

【0144】

撮影時にはクイックリターンミラー14が矢印方向に回動して被写体像は記録手段12に結像して記録される。18はサブミラー、19は焦点検出装置である。

【0145】

このように本発明のズームレンズを一眼レフカメラ交換レンズ等の撮像装置に適用することにより、高い光学性能を有した撮像装置が実現できる。

20

【0146】

尚、本発明はクイックリターンミラーのないカメラにも同様に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0147】

【図1】本発明の実施例1のレンズ断面図

【図2】本発明の実施例1の無限遠物体に合焦したときの広角端（a）、中間焦点距離（b）、望遠端（c）の収差図

【図3】本発明の実施例1の最至近撮影距離0.5m（ $=0.15$ ）の物体に合焦したときの広角端（a）、中間焦点距離（b）、望遠端（c）の収差図

【図4】本発明の実施例1の主合焦レンズ群のみで距離0.5m（ $=0.15$ ）の物体に合焦したときの広角端（a）、中間焦点距離（b）、望遠端（c）の収差図

30

【図5】本発明の実施例2のレンズ断面図

【図6】本発明の実施例2の無限遠物体に合焦したときの広角端（a）、中間焦点距離（b）、望遠端（c）の収差図

【図7】本発明の実施例2の最至近撮影距離0.5m（ $=0.15$ ）の物体に合焦したときの広角端（a）、中間焦点距離（b）、望遠端（c）の収差図

【図8】本発明の実施例2の主合焦レンズ群のみで距離0.5m（ $=0.15$ ）の物体に合焦したときの広角端（a）、中間焦点距離（b）、望遠端（c）の収差図

【図9】本発明の実施例3のレンズ断面図

【図10】本発明の実施例3の無限遠物体に合焦したときの広角端（a）、中間焦点距離（b）、望遠端（c）の収差図

40

【図11】本発明の実施例3の最至近撮影距離0.5m（ $=0.19$ ）の物体に合焦したときの広角端（a）、中間焦点距離（b）、望遠端（c）の収差図

【図12】本発明の実施例3の主合焦レンズ群のみで距離0.5m（ $=0.19$ ）の物体に合焦したときの広角端（a）、中間焦点距離（b）、望遠端（c）の収差図

【図13】本発明の実施例4のレンズ断面図

【図14】本発明の実施例4の無限遠物体に合焦したときの広角端（a）、中間焦点距離（b）、望遠端（c）の収差図

【図15】本発明の実施例4の最至近撮影距離0.5m（ $=0.20$ ）の物体に合焦したときの広角端（a）、中間焦点距離（b）、望遠端（c）の収差図

50

【図 16】本発明の実施例 4 の主合焦レンズ群のみで距離 0.5 m ($\theta = 0.20$) の物体に合焦したときの広角端 (a)、中間焦点距離 (b)、望遠端 (c) の収差図

【図 17】本発明の撮像装置の要部概略図

【符号の説明】

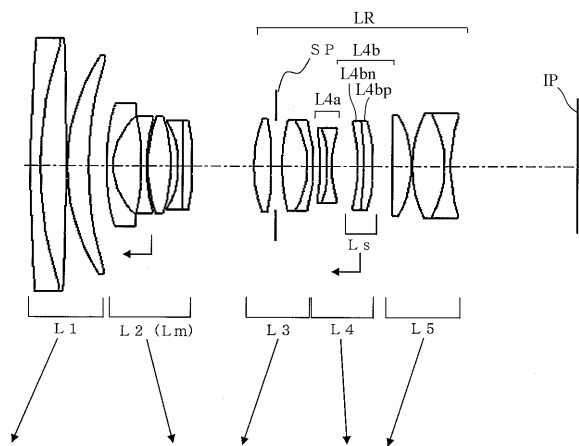
【 0 1 4 8 】

| | |
|-------|------------|
| L 1 | 第 1 レンズ群 |
| L 2 | 第 2 レンズ群 |
| L 3 | 第 3 レンズ群 |
| L 4 | 第 4 レンズ群 |
| L 5 | 第 5 レンズ群 |
| L m | 第 1 フォーカス群 |
| L s | 第 2 フォーカス群 |
| S | サジタル像面 |
| M | メリディオナル像面 |
| d | d 線 |
| g | g 線 |
| S P | 開口絞り |
| S . C | 正弦条件 |
| f n o | F ナンバー |
| | 半画角 |

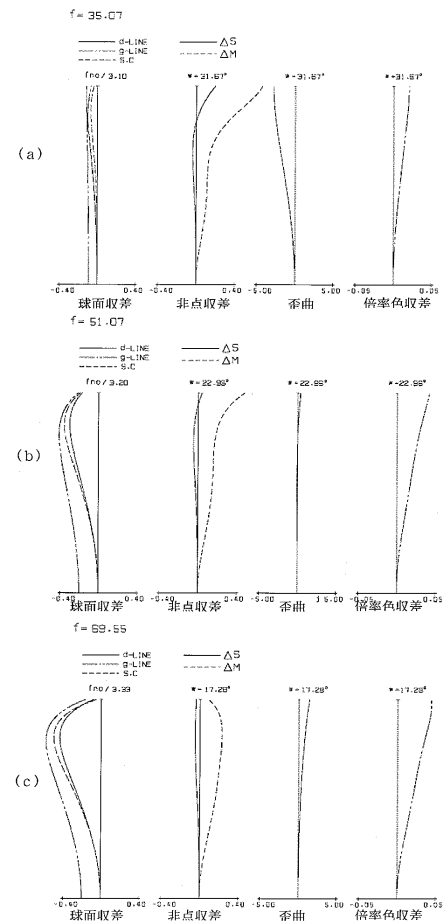
10

20

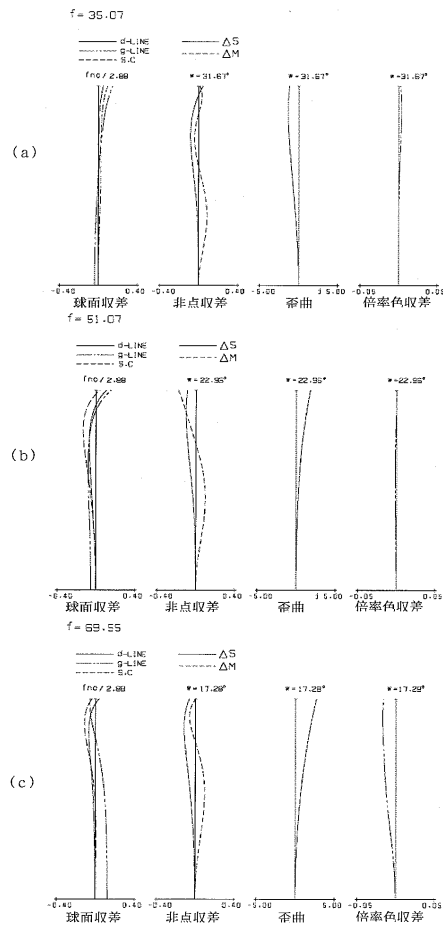
【図 1】



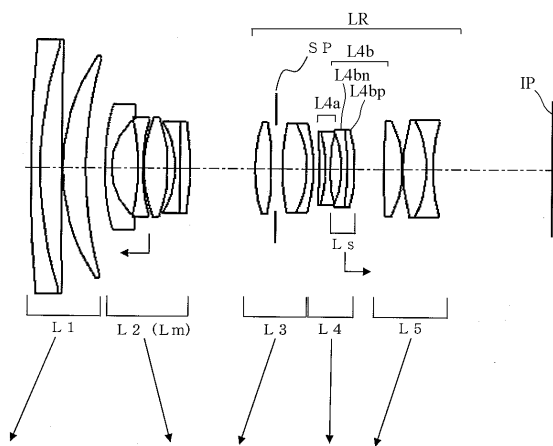
【図 2】



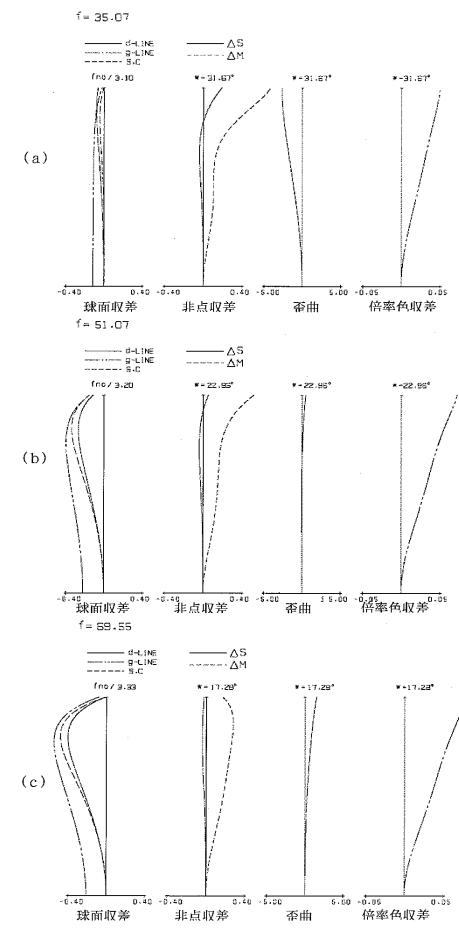
【図 3】



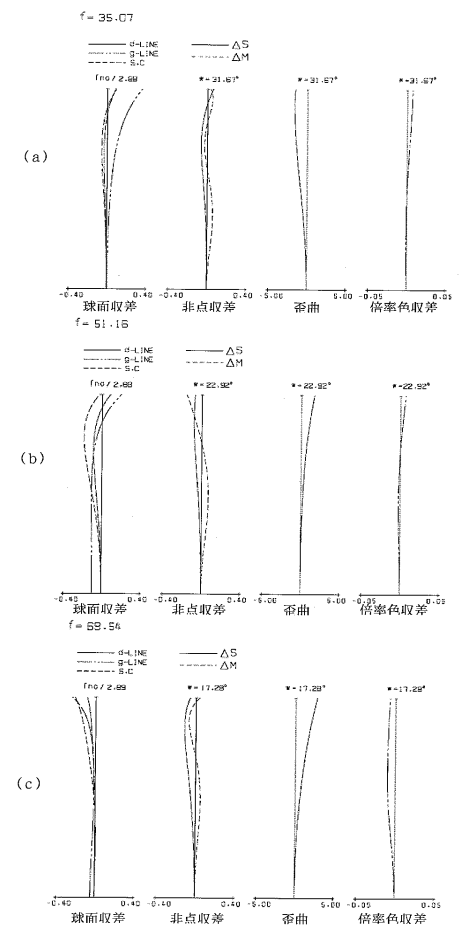
【図 5】



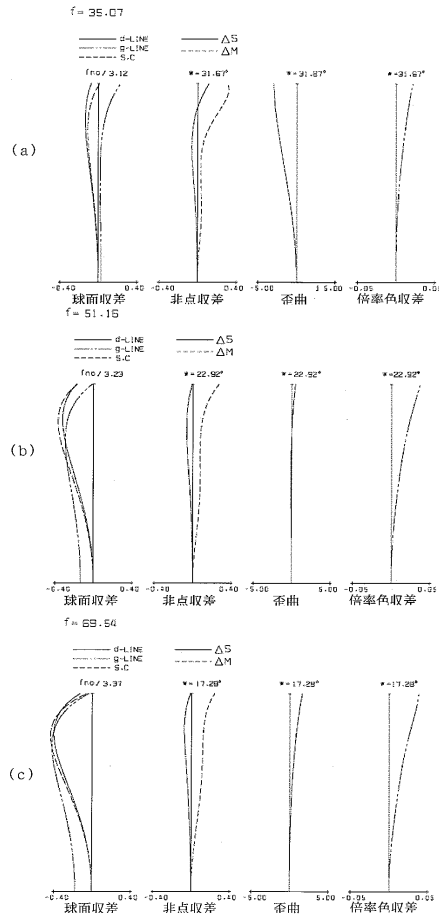
【図 4】



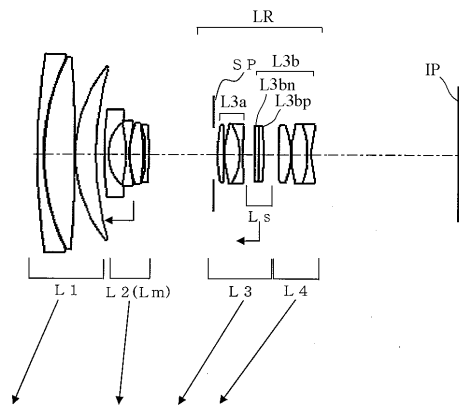
【図 6】



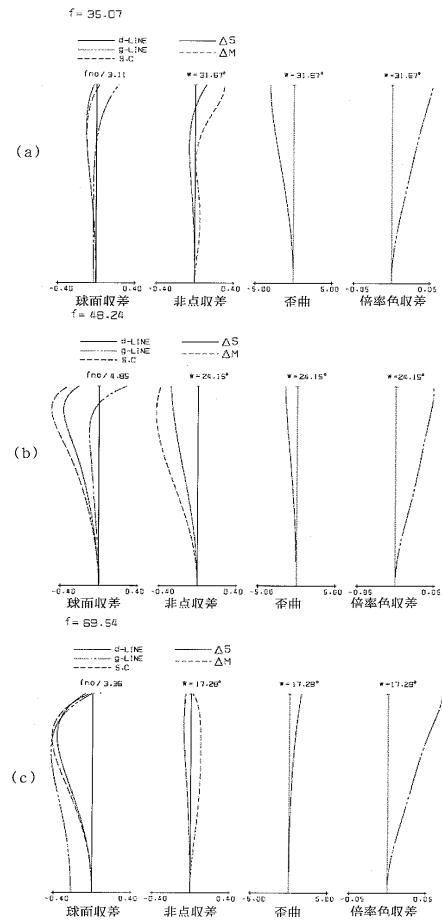
【図 7】



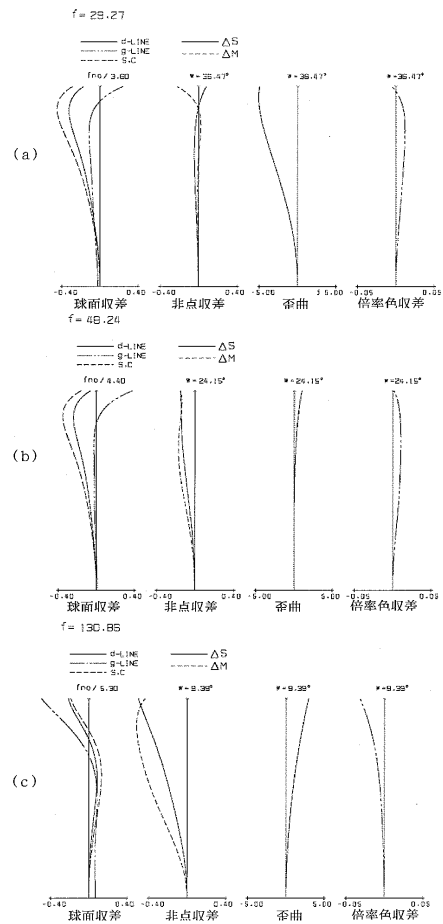
【図 9】



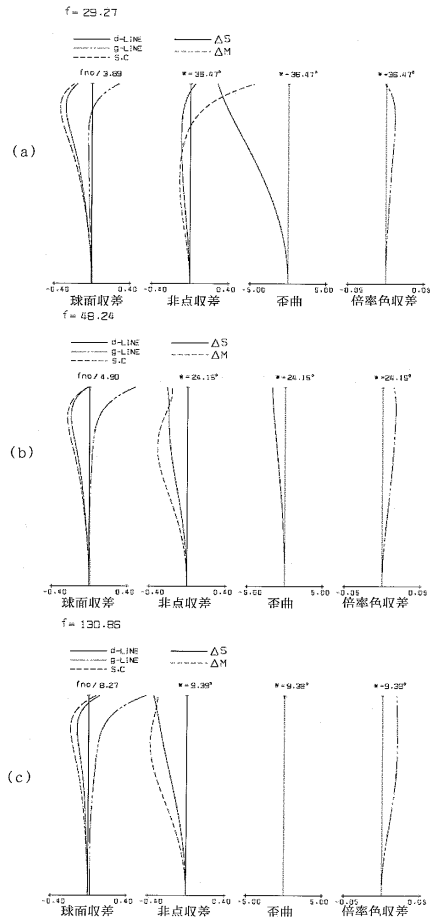
【図 8】



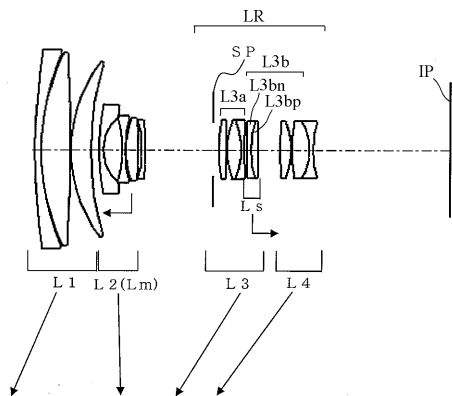
【図 10】



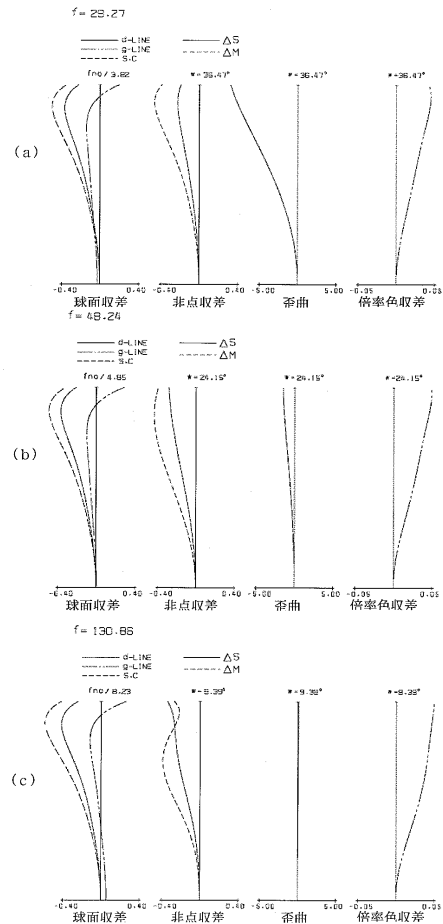
【図 1 1】



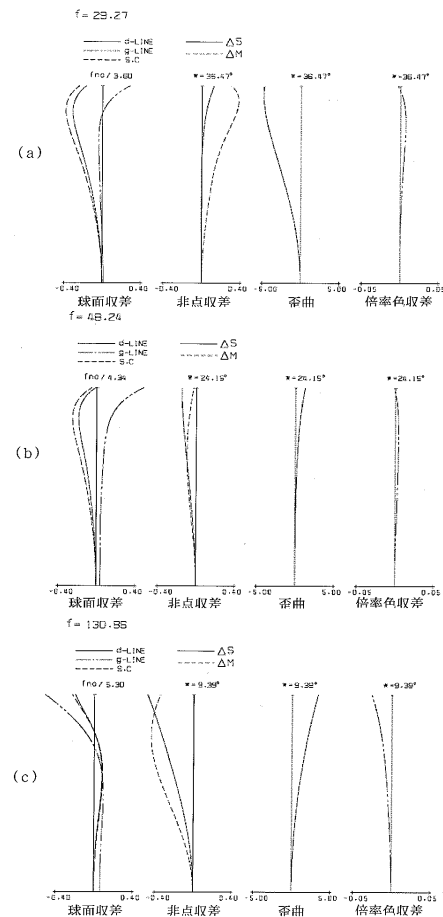
【図 1 3】



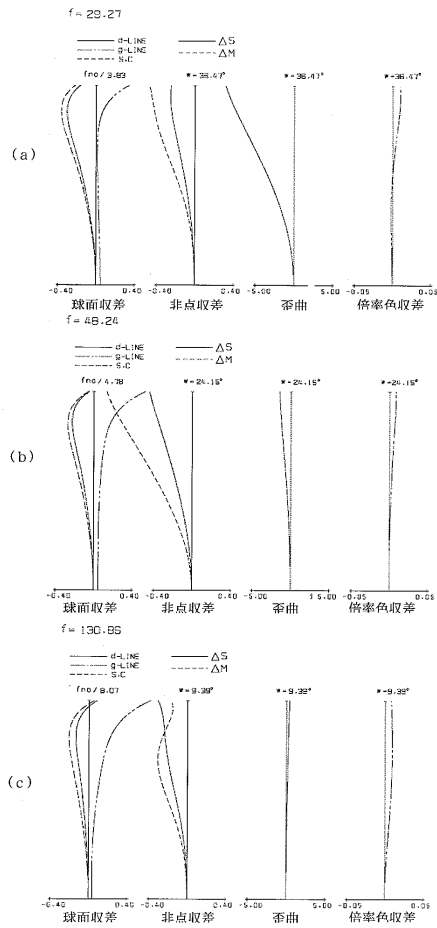
【図 1 2】



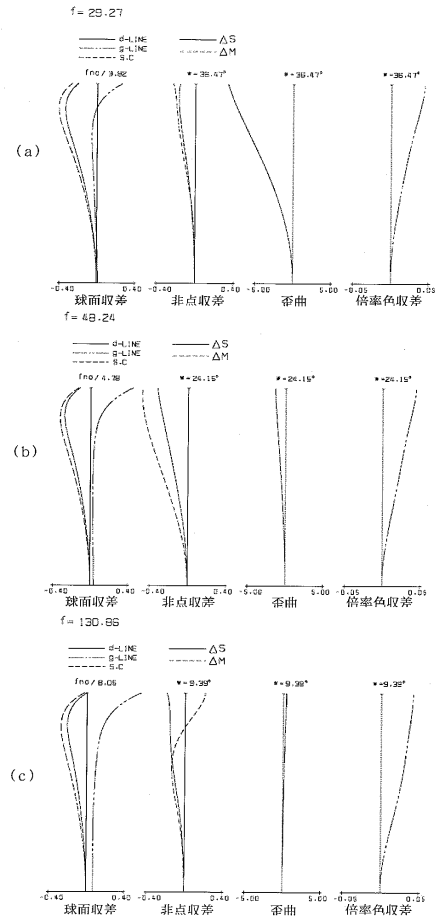
【図 1 4】



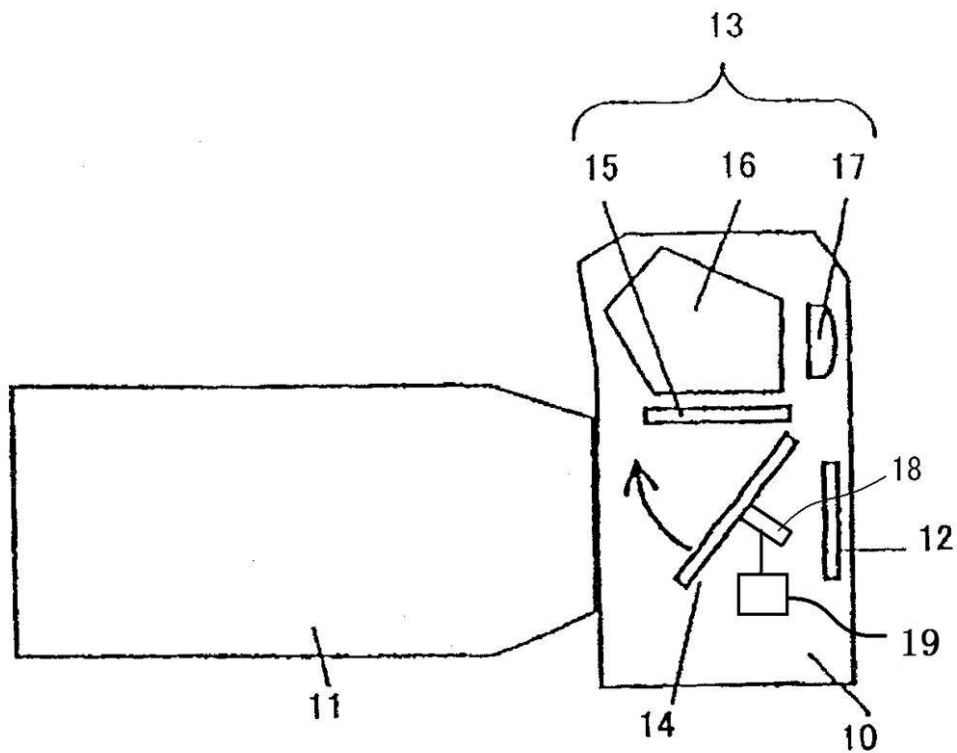
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

| | | | |
|---------|-----------|---|-----------|
| G 0 2 B | 9 / 0 0 | - | 1 7 / 0 8 |
| G 0 2 B | 2 1 / 0 2 | - | 2 1 / 0 4 |
| G 0 2 B | 2 5 / 0 0 | - | 2 5 / 0 4 |