

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4686835号
(P4686835)

(45) 発行日 平成23年5月25日(2011.5.25)

(24) 登録日 平成23年2月25日(2011.2.25)

(51) Int.Cl.

F 1

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 25 頁)

(21) 出願番号 特願2000-296970 (P2000-296970)
 (22) 出願日 平成12年9月28日(2000.9.28)
 (65) 公開番号 特開2002-107628 (P2002-107628A)
 (43) 公開日 平成14年4月10日(2002.4.10)
 審査請求日 平成19年9月26日(2007.9.26)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 100077919
 弁理士 井上 義雄
 (72) 発明者 大竹 基之
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
 式会社ニコン内

審査官 森内 正明

(56) 参考文献 特開平6-289298(JP, A)
 特開平8-86963(JP, A)
 特開平9-184983(JP, A)
 特開平9-5629(JP, A)
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より順に、正屈折力の第1レンズ群、負屈折力の第2レンズ群、正屈折力の第3レンズ群、正屈折力の第4レンズ群を配置して、

広角端状態より望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少し、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔が減少するように、すべてのレンズ群が物体側へ移動して、

前記第3レンズ群の近傍に開口絞りが配置され、前記第4レンズ群が物体側より順に、第1の正レンズ、第1の負レンズ、第2の正レンズ、第2の負レンズの4つのレンズで構成され、

以下の条件式(4)を満足することを特徴とするズームレンズ。

(4) $0.857 \leq d2/d1 < 2$

但し、

$d2$: 前記第4レンズ群中の物体側から数えて2番目の前記第1の負レンズとその像側に配置される前記第2の正レンズとの空気間隔

$d1$: 前記第4レンズ群中の最も物体側に配置される前記第1の正レンズとその像側に配置される前記第1の負レンズとの空気間隔

【請求項2】

前記第1の正レンズは両凸形状であり、前記第1の負レンズは物体側に凸面を向けたメ

10

20

ニスカス形状であることを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

以下の条件式 (1) を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のズームレンズ。

$$(1) \quad 0.12 < (r_{41} - r_{42}) / (r_{41} + r_{42}) < 0.45$$

但し、

r_{41} ：前記第 4 レンズ群中の最も物体側に配置される前記第 1 の正レンズの物体側レンズ面の曲率半径、

r_{42} ：前記第 4 レンズ群中の物体側から数えて 2 番目の前記第 1 の負レンズの像側レンズ面の曲率半径。

10

【請求項 4】

前記第 2 の正レンズと前記第 2 の負レンズとは接合レンズであり、前記接合レンズは合成で正屈折力を有することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

以下の条件式 (2) 及び (3) のうち、少なくともいずれか一方を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$(2) \quad 0.15 < D1 / f_t < 0.25$$

$$(3) \quad 0.15 < f_2 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 0.25$$

但し、

$D1$ ：望遠端状態における前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との光軸上距離、

f_t ：望遠端状態における前記ズームレンズ系全体での焦点距離、

f_2 ：前記第 2 レンズ群の焦点距離、

f_w ：広角端状態における前記ズームレンズ系全体での焦点距離。

20

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群のレンズのうち少なくとも 1 つのレンズ面は、非球面であることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 4 レンズ群のレンズのうち少なくとも 1 つのレンズ面は、非球面であることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

30

【請求項 8】

近距離合焦時に前記第 2 レンズ群を光軸方向に移動させることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はズームレンズに関し、特に高変倍比ズームレンズに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、非球面レンズの加工技術の進歩やレンズ鏡筒の加工技術の進歩に伴って、光学設計上の自由度が増え、従来知られる正負正正 4 群タイプを使って高変倍化を図ったレンズ系が提案されてきた。この正負正正 4 群タイプは、物体側より順に、正屈折力を有する第 1 レンズ群、負屈折力を有する第 2 レンズ群、正屈折力を有する第 3 レンズ群、正屈折力を有する第 4 レンズ群の 4 つのレンズ群で構成される。

40

【0003】

具体的には、特開平 8 - 9 4 9 3 3 号公報に開示されたレンズ系や、あるいは特開平 1 1 - 3 0 7 5 0 号が知られている。

【0004】

特開平 8 - 8 4 9 3 3 号公報によるレンズ系は第 2 レンズ群に非球面を配置することで、広角端状態での画角を広げながら、変倍比 5 倍程度の変倍比を実現している。あるいは、

50

特開平 1 1 - 3 0 7 5 0 号公報では非球面を多用することで、変倍比を高めたレンズ系が提案されている。また、特開平 1 1 - 8 4 2 0 2 号公報では変倍比が 1 0 倍に対応するズームレンズに適合するレンズ鏡筒が提案されている。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の正負正正 4 群タイプでは、各レンズ群の屈折力を強めることで、高変倍化や小型化を図っていたため、製造時に発生する組込み精度による性能劣化が大きい。また、レンズ位置状態が変化する際に発生する軸外収差の変動を良好に補正するのが困難である。

【 0 0 0 6 】

本発明の目的は上記問題点を解決し、変倍比が 7 倍を超えながら、小型化に適し、かつレンズ構成枚数を減らして安定した光学品質が得られる高変倍比ズームレンズを提供することである。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 の発明は、物体側より順に、正屈折力の第 1 レンズ群、負屈折力の第 2 レンズ群、正屈折力の第 3 レンズ群、正屈折力の第 4 レンズ群を配置して、広角端状態より望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が増大し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が減少し、前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔が減少するように、すべてのレンズ群が物体側へ移動して、前記第 3 レンズ群の近傍に開口絞りが配置され、前記第 4 レンズ群が物体側より順に、第 1 の正レンズ L_1 、第 1 の負レンズ L_2 、第 2 の正レンズ L_3 、第 2 の負レンズ L_4 の 4 つのレンズで構成され、

以下の条件式 (4) を満足することを特徴とするズームレンズである。

$$(4) \quad 0.857 \leq d_2 / d_1 < 2$$

但し、

d_2 : 前記第 4 レンズ群中の物体側から数えて 2 番目の前記第 1 の負レンズとその像側に配置される前記第 2 の正レンズとの空気間隔

d_1 : 前記第 4 レンズ群中の最も物体側に配置される前記第 1 の正レンズとその像側に配置される前記第 1 の負レンズとの空気間隔

【 0 0 0 8 】

【発明の実施の形態】

従来、ズームレンズとして上記正負正正 4 群タイプが知られ、このレンズタイプは、物体側から順に、正屈折力を有する第 1 レンズ群、負屈折力を有する第 2 レンズ群、正屈折力を有する第 3 レンズ群、正屈折力を有する第 4 レンズ群で構成される。

【 0 0 0 9 】

広角端状態から望遠端状態へ向かってレンズ位置状態が変化する際に、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間隔が増大し、第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間隔が減少し、第 3 レンズ群と第 4 レンズ群との間隔が減少する。そして、レンズ位置状態が変化する際に発生する軸外収差の変動を補正するように各レンズ群が移動する。

【 0 0 1 0 】

一般的に各レンズ群の屈折力を強めるのが高変倍化への近道であり、例えば、図 1 (b) に示されるように、屈折力 ϕ_1 のレンズ群 G_1 と屈折力 ϕ_2 のレンズ群 G_2 が空気間隔 d だけ隔てた時の合成屈折力 ϕ は

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 - \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot d$$

で表され、空気間隔が $d + \Delta d$ に変化すると合成屈折力 ϕ' は

$$\phi' = \phi_1 + \phi_2 - \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot (d + \Delta d)$$

となり、屈折力の変化量 $\Delta \phi$ は

$$\Delta \phi = \phi' - \phi$$

$$= - \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot \Delta d$$

10

20

30

40

50

で示される。

【0011】

このため、レンズ群G1、G2の屈折力を強めると屈折力の変化量が大きくなる、つまりレンズ系を構成するレンズ群の屈折力を強めると空気間隔の変化を大きくせず屈折力変化が大きくなるので、レンズ径の大型化をせずに変倍比を高めることができる。

【0012】

また、各レンズ群の屈折力を強める際に発生する性能劣化を補正するにはレンズ群のレンズ要素に非球面を導入するのが性能向上への近道であり、特に積極的に変倍に寄与する第2レンズ群の屈折力を強めるのが効果的である。このため、従来提案されるレンズ系のほとんどが、各レンズ群の屈折力を強め、非球面を多く用いる傾向であった。

10

【0013】

一方、一般的に焦点距離を変化させるには、屈折力を強めるほかに、空気間隔を積極的に変化させる方法がある。つまり、上述の $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{d}$ において、間隔変化量 d を大きくする方法である。

【0014】

従来、空気間隔の変化量を大きくすると、特に広角端状態で絞りから離れた第1レンズ群や第4レンズ群を通過する軸外光束が光軸から離れてしまうため、レンズ径が大型化してしまう。

【0015】

そこで、本発明ではレンズ群の厚みを薄くすることにより、空気間隔の変化量を増やしてもレンズ径が大きくなり、屈折力を強めることなく所定の変倍比が実現できる。

20

【0016】

特に、上述のように各レンズ群の屈折力を強めると、製造時に発生する偏心による性能劣化が大きくなることや、レンズ停止精度が高くなるといった問題があるために、本発明ではこれらの問題も緩和することができる。

【0017】

具体的に、本発明では特に第4レンズ群G4のレンズ構成を簡素化している。

【0018】

本発明では正部分群を1枚の正レンズL1、負部分群を1枚の負レンズL2、そして正部分群を1枚の正レンズL3と1枚の負レンズL4で構成する。

30

【0019】

従来の4群タイプでは第4レンズ群が大きく分けて正負正の3つの部分群で構成され、各部分群が複数のレンズ枚数で構成されている。第4レンズ群は軸上光束が広がって通過し、軸外光束がレンズ位置状態によって高さにあまり変化がない状態で通過するので、第4レンズ群単体で発生する諸収差を良好に補正するために、構成するレンズ枚数が多くなる傾向があった。

【0020】

従来は収差を良好に補正するためにレンズ枚数を増やし、その結果、レンズが厚くなり、より設計が困難になっていた。これに対して、本発明では、簡単な構成として厚みを減らす効果により所定の光学性能が得られた。

40

【0021】

本発明では、第4レンズ群の厚みを減らすことにより広角端状態で十分なバックフォーカスが確保でき、第2レンズ群の屈折力を弱められる効果を利用している。

【0022】

広角端状態では第1レンズ群と第2レンズ群とが隣接して配置され、該第1レンズ群と第2レンズ群との合成で負屈折力を形成し、広い空気間隔を隔てて第3レンズ群と第4レンズ群とが配置され、該第3レンズ群と第4レンズ群との合成で正屈折力を形成して、全体での屈折力配置が負正となっていた。このため、第4レンズ群のレンズ厚が大きいと広角端状態で第2レンズ群の屈折力を強めなければ十分なバックフォーカスが確保できない。

【0023】

50

本発明では上述の通り、第４レンズ群の薄肉化を図れるので、第２レンズ群の屈折力を弱めることができる。

【００２４】

第２レンズ群の屈折力を弱めると、第１レンズ群の屈折力も弱められ、広角端状態で第２レンズ群を通過する軸外光束が光軸から離れる。このため、第１レンズ群を通過する軸外光束が光軸に近づく。従来は入射角度が大きな広角端状態で第１レンズ群を通過する軸外光束が光軸から大きく離れるため、発生する軸外収差を抑えるのが困難であった。これに対して、本発明では光軸に近づくことにより軸外収差の発生が抑えられる。同時に、第２レンズ群を通過する軸外光束が広角端状態では光軸から離れ、レンズ位置状態が望遠端状態に向かうに従って光軸に近づくため、広角端状態で発生する軸外収差を積極的に補正できる。

10

【００２５】

以上のように、本発明では第４レンズ群の薄肉化によって所定の変倍比を得つつ、製造時に安定した性能が確保できる光学系を達成できる。

【００２６】

以上の構成の下で、本発明では特に第４レンズ群を以下のように構成することで高性能化を達成している。

【００２７】

本発明では第４レンズ群において単独で発生する軸外光束を良好に補正するために、正レンズL１を両凸形状として、負レンズL２を物体側に凸面を向けたメニスカス形状とするのが好ましい。

20

【００２８】

正レンズL１を両凸形状とすることで屈折力を両側の面に分散させて負の球面収差の発生を抑えることができる。更に負レンズL２を物体側に凸面を向けたメニスカス形状とすることで軸外光束が収差の発生が少ない状態で入射するので高性能化を図れる。

【００２９】

また、正レンズL１と負レンズL２が次の条件式（１）を満足するように構成することで、より高性能化を図れる。

【００３０】

以下、各条件式について説明する。

30

$$(1) \quad 0.12 < (r_{41} - r_{42}) / (r_{41} + r_{42}) < 0.45$$

条件式（１）は正レンズL１の物体側レンズ面と負レンズL２の像側レンズ面との曲率半径比を規定する条件式である。

【００３１】

条件式（１）の上限値を上回った場合、広角端状態で第４レンズ群を通過する軸外光束が光軸から離れるので画面周辺部で発生するコマ収差を十分に補正できない。逆に条件式（１）の下限値を下回った場合、正レンズL１の物体側レンズ面に入射する軸外光束の入射角が大きくなるので、画角によるコマ収差の変動が大きくなってしまう。

【００３２】

本発明においては、第４レンズ群を簡易構成化することにより、製造時に第４レンズ群で発生する性能劣化を極力抑えることができ、製造時に安定した光学品質が実現できる。特に第４レンズ群中に配置される第２の正レンズL３と第２の負レンズL４とを貼合せて接合レンズL４３とすることでより安定した光学品質が実現できる。

40

【００３３】

ここで、本発明では上述の通り、第４レンズ群のレンズ構成を簡素化することにより第２レンズ群の屈折力が弱められている。

【００３４】

この時、以下の条件式（２）及び（３）を満足するように第１レンズ群と第２レンズ群を構成することが望ましい。

$$(2) \quad 0.15 < D1 / f_t < 0.25$$

50

$$(3) 0.15 < f_2 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 0.25$$

条件式(2)は望遠端状態における第1レンズ群と第2レンズ群との空気間隔を規定する条件式である。

【0035】

条件式(2)の上限値を上回った場合、望遠端状態で第1レンズ群を通過する軸外光束が光軸から離れ過ぎてしまうので、レンズ径が大型化してしまう。また、条件式(2)の下限値を下回った場合、望遠端状態でのレンズ全長が大型化してしまい、いずれの場合も携帯性を損なってしまう。

【0036】

条件式(3)は第2レンズ群の焦点距離を規定する条件式である。

10

【0037】

条件式(3)の下限値を下回った場合、広角端状態で第2レンズ群を通過する軸外光束が光軸に近づき、レンズ位置状態の変化による軸外収差の変動をより良く補正できなくなってしまう。逆に、条件式(3)の上限値を上回った場合、望遠端状態での第2レンズ群の横倍率が等倍に近くなるため、製造時に第2レンズ群の焦点距離のばらつきやカム精度によってはズーム軌道の解が存在しない場合が生じる可能性がある。このため、各部品精度を高める必要が生じてしまう。

【0038】

また、本発明において、更なる光学性能向上を図るには、次の条件式(4)を満足することが望ましい。

20

$$(4) 0.5 < d_2 / d_1 < 2$$

条件式(4)は第4レンズ群中に配置される正レンズ、負レンズ、正レンズの空気間隔を規定する条件式である。

【0039】

条件式(4)の上限値を上回った場合、最も物体側に配置される正レンズの屈折力が正に強まってしまうので、広角端状態において画面周縁部で発生するコマ収差をより良好には補正できない。逆に、条件式(4)の下限値を下回った場合、広角端状態で十分なバックフォーカスを確保するために、レンズ全長が全体的に大きくなってしまう。

【0040】

また、本発明においては、第3レンズ群の物体側に開口絞りを配置し、レンズ位置状態が変化する際に、第3レンズ群と開口絞りとが一体的に移動することが望ましい。

30

【0041】

レンズ位置状態の変化に伴う軸外収差の変動を良好に補正するには、軸外光束の通過する高さが大きく変化するレンズ群を増やすことが肝要であり、レンズ群と開口絞りとの間隔を積極的に変化させることが重要である。

【0042】

レンズ系の中央付近に開口絞りを配置することが、各レンズ群のレンズ径を小型化するために、有効である。

【0043】

本発明では、レンズ系の中央付近である第2レンズ群と第3レンズ群との間に開口絞りを配置するのが小型化に最適である。そして、開口絞りよりも物体側に配置される第1レンズ群と第2レンズ群との空気間隔、及び第2レンズ群と開口絞りとの空気間隔を積極的に変化させることにより、レンズ位置状態の変化に伴う軸外収差の変動がより良く補正できる。この際に開口絞りが他のレンズ群と独立に移動しても良いが、第3レンズ群と一体的に移動させることで、機構の簡略化が図れる。

40

【0044】

また、本発明においては、第2レンズ群の最も物体側のレンズ面を非球面形状とすることが望ましい。

【0045】

本発明では第2レンズ群の屈折力が弱められるため、第2レンズ群に入射する軸外光束が

50

光軸から離れる傾向がある。このため、軸上収差と軸外収差とを独立して補正するのに適しているが、広角端状態でより良好な性能を実現するには、第2レンズ群の最も物体側のレンズ面を非球面形状とすることが適切である。更に、第4レンズ群の最も物体側の正レンズを非球面レンズとすることが望ましい。

【0046】

本発明では広角端状態で第4レンズ群に入射する軸外光束が光軸から離れる。このため、正レンズの周縁部を通過する光束は過剰に収斂され、画面周辺部でコマ収差の補正が不足する傾向がある。広角端状態での画面周辺部での性能向上を図るには第4レンズ群の最も物体側の正レンズを非球面レンズとするのが好ましい。

【0047】

なお、本発明においては近距離合焦時に第2レンズ群を光軸方向に移動させるのが諸収差の変動を抑えるのに適している。

【0048】

本発明においては、別の観点によれば、撮影を行う際に、高変倍ズームレンズで発生しがちな手ブレ等が原因の像ブレによる失敗を防ぐために、ブレを検出するブレ検出系と駆動手段とをレンズ系に組み合わせ、レンズ系を構成するレンズ群のうち、1つのレンズ群を全体か、あるいはその一部を偏心レンズ群として偏心させることにより、ブレをブレ検出系により検出し、検出されたブレを補正するように駆動手段により偏心レンズ群を偏心させ像をシフトさせて、像ブレを補正することで防振光学系とすることが可能である。

【0049】

また、本発明による変倍光学系は、ズームレンズだけでなく、焦点距離状態が連続的に存在しないバリフォーカルズームレンズにも適用できる。

【0050】

【実施例】

以下、添付図面に基づいて数値実施例について説明する。

【0051】

各実施例において、非球面は以下の式で表される。

【0052】

【数1】

$$x = cy^2 / \{ 1 + (1 - c^2 y^2)^{1/2} \} + C_4 y^4 + C_6 y^6 + \dots$$

ここで、 y は光軸からの高さ、 x はサグ量、 c は曲率、 \quad は円錐定数、 C_4, C_6, \dots は非球面係数である。

【0053】

図1(a)は、本発明の各実施例による可変焦点距離レンズ系の屈折力配分を示しており、物体側より順に、正屈折力の第1レンズ群G1，負屈折力の第2レンズ群G2，正屈折力の第3レンズ群G3，正屈折力の第4レンズ群G4により構成される。そして、広角端状態より望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔は増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔は減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔は減少するように、少なくとも第1レンズ群G1と第4レンズ群G4が物体側に移動している。

(第1実施例)

図2は、本発明の第1実施例に係るレンズ構成を示す図である。第1レンズ群G1は物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズと物体側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズL11と物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL12とで構成され、第2レンズ群G2は像側に凹面を向けた負レンズL21，物体側に凹面を向けた負レンズL22，物体側に凸面を向けた正レンズL23，物体側に凹面を向けた負レンズL24で構成され、第3レンズ群G3は両凸レンズL31，両凸レンズL32，物体側に凹面を向けた負レンズL33で構成され、第4レンズ群G4は両凸レンズL41(=L1)，物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42(=L2)，像側に凸面を向けた正レンズL3と物体側に凹面を向けた負レンズL4との接合レンズL43で構成される。

【 0 0 5 4 】

第 1 実施例では、開口絞り S が第 3 レンズ群 G 3 の物体側に配置され、レンズ位置状態が変化する際に第 3 レンズ群 G 3 と一緒に移動する。また、負レンズ L 2 1 は物体側のレンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層がついている。

【 0 0 5 5 】

以下の表 1 に、第 1 実施例の諸元の値を掲げる。実施例の諸元表中の f は焦点距離、F NO は F ナンバー、 2θ は画角を表し、屈折率は d 線 ($\lambda = 587.6\text{nm}$) に対する値である。また、表 1 中で曲率半径 0 とは平面を示す。

【 0 0 5 6 】

なお、以下の全ての実施例の諸元値において、本実施例と同一の符号を用いる。

10

【 0 0 5 7 】

また、諸元表の焦点距離、曲率半径、面間隔その他の長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。

【 0 0 5 8 】

【表 1】

(全体諸元)

f	28.80	～	77.04	～	194.00
FN0	3.58	～	5.02	～	5.80
2 ω	76.17	～	30.50	～	12.36°

(レンズデータ)

面	曲率半径	間 隔	屈折率	アッペ数	
1	0.0000	3.000	1.51680	64.20	10
2	0.0000	3.870	1.0		
3	101.3524	2.000	1.84666	23.83	
4	55.1234	7.950	1.60300	65.47	
5	514.0711	0.150	1.0		
6	53.8816	5.550	1.71300	53.85	
7	188.8507	(D7)	1.0		20
8	179.2215	0.120	1.52020	52.02	
9	96.4600	1.000	1.80420	46.51	
10	16.1199	6.900	1.0		
11	-39.5311	0.900	1.78800	47.38	
12	66.0766	0.200	1.0		
13	36.0220	4.350	1.84666	23.78	
14	-42.4032	1.300	1.0		30
15	-24.4705	0.900	1.75500	52.32	
16	-265.9233	(D16)	1.0		
17	0.0000	1.000	1.0	(開口絞り)	
18	32.3451	2.850	1.62299	58.17	
19	-274.7066	0.100	1.0		
20	26.3218	4.750	1.49700	81.61	
21	-34.1071	0.400	1.0		40
22	-29.4561	0.900	1.83400	37.17	

23	100.0000	(D23)	1.0	
24	41.6895	4.100	1.56384	60.69
25	-30.6077	2.350	1.0	
26	44.5284	2.000	1.76182	26.52
27	24.4366	3.150	1.0	
28	42887.6240	6.050	1.59551	39.23
29	-12.0534	1.100	1.83481	42.72
30	-60.8453	(Bf)	1.0	

10

(非球面係数)

第8面，第24面の各レンズ面は非球面であり、非球面係数は以下に示す通りである。

[第8面]

$$\begin{aligned} \kappa &= +3.8712 & C_4 &= +8.6815 \times 10^{-6} & C_6 &= -9.5216 \times 10^{-9} \\ & & C_8 &= +1.9337 \times 10^{-12} & C_{10} &= +9.5983 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

[第24面]

$$\begin{aligned} \kappa &= -1.4917 & C_4 &= -1.3756 \times 10^{-5} & C_6 &= +2.3631 \times 10^{-8} \\ & & C_8 &= +2.8851 \times 10^{-11} & C_{10} &= +5.3872 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

20

(可変間隔データ)

f	28.8000	77.0421	193.9990
D7	2.0586	22.0892	40.2460
D16	22.2480	11.0145	2.0470
D23	7.7369	4.4472	3.2920
BF	40.8865	66.2820	79.3436

30

(フォーカシング時の第2レンズ群の移動量 $\Delta 2$)

ただし撮影倍率-1/30倍状態に合焦する場合

f	28.8000	77.0421	193.9990
$\Delta 2$	0.6120	0.6310	2.4257

40

なお、物体側への移動を正とする。

(条件式対応値)

$$f_2 = -15.0153$$

$$(1) (r_{41} - r_{42}) / (r_{41} + r_{42}) = 0.261$$

$$(2) D1 / f_t = 0.207$$

$$(3) f_2 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} = 0.201$$

$$(4) d_2 / d_1 = 1.340$$

図3(a)～図3(c)は本発明の第1実施例の無限遠合焦状態での諸収差図を示し、それぞれ広角端状態($f = 28.80$)、中間焦点距離状態($f = 77.04$)、望遠端状態($f = 193.9990$)

50

4.00)における諸収差図を示す。

【0059】

図4(a)～図4(c)は本発明の第1実施例の近距離合焦状態(撮影倍率-1/30倍)での諸収差図を示し、それぞれ広角端状態($f = 28.80$)、中間焦点距離状態($f = 77.04$)、望遠端状態($f = 194.00$)における諸収差図を示す。

【0060】

図3(a)～図4(c)の各収差図において、球面収差図中の実線は球面収差、点線はサイン・コンディション、Yは像高をそれぞれ示している。また、非点収差図中の実線はデジタル像面、破線はメリディオナル像面を示す。コマ収差図は、像高 $Y = 0, 10.8, 15.12, 18.34, 21.6$ でのコマ収差を表し、Aは画角、Hは物体高をそれぞれ示す。なお、以下の全ての実施例の諸収差図において、本実施例と同様の符号を用いる。

10

【0061】

各収差図から、本実施例は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることは明らかである。

(第2実施例)

図5は、本発明の第2実施例に係るレンズ構成を示す図である。第1レンズ群G1は物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズと物体側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズL11と物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL12で構成され、第2レンズ群G2は像側に凹面を向けた負レンズL21、物体側に凹面を向けた負レンズL22、物体側に凸面を向けた正レンズL23、物体側に凹面を向けた負レンズL24で構成され、第3レンズ群G3は両凸レンズL31、両凸レンズL32、物体側に凹面を向けた負レンズL33で構成され、第4レンズ群G4は両凸レンズL41(=L1)、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42(=L2)、像側に凸面を向けた正レンズL3と物体側に凹面を向けた負レンズL4との接合レンズL43で構成される。

20

【0062】

第2実施例では、開口絞りSが第3レンズ群G3の物体側に配置され、レンズ位置状態が変化する際に第3レンズ群G3と一緒に移動する。また、負レンズL21は物体側のレンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層がついている。

【0063】

以下の表2に、第2実施例の諸元の値を掲げる。

30

【0064】

【表2】

(全体諸元)

f	28.80	～	77.04	～	194.00
FN0	3.61	～	5.04	～	5.80
2 ω	76.17	～	30.67	～	12.36°

(レンズデータ)

面	曲率半径	間 隔	屈折率	アッベ数	
1	0.0000	3.000	1.51680	64.20	
2	0.0000	3.870	1.0		
3	104.6936	2.000	1.84666	23.78	
4	56.1801	8.000	1.60300	65.47	
5	638.1309	0.150	1.0		
6	53.4848	5.600	1.71300	53.85	
7	182.9089	(D7)	1.0		20
8	165.3460	0.120	1.52020	52.02	
9	92.4609	1.000	1.80420	46.51	
10	16.0243	6.900	1.0		
11	-38.4504	0.900	1.77250	49.61	
12	69.2949	0.200	1.0		
13	36.1887	4.250	1.84666	23.78	
14	-44.0866	1.300	1.0		30
15	-24.7174	0.900	1.75500	52.32	
16	-333.4697	(D16)	1.0		
17	0.0000	1.000	1.0	(開口絞り)	
18	34.0807	2.800	1.65160	58.54	
19	-234.4250	0.100	1.0		
20	26.7167	4.600	1.49700	81.61	
21	-35.8958	0.400	1.0		40
22	-30.7520	0.900	1.83400	37.17	

23	100.0000	(D23)	1.0	
24	36.8654	4.100	1.56384	60.69
25	-33.6307	2.100	1.0	
26	40.3424	1.500	1.76182	26.52
27	22.6704	3.900	1.0	
28	-1268.6439	5.450	1.59551	39.23
29	-11.9507	1.100	1.83481	42.72
30	-54.4637	(Bf)	1.0	

10

(非球面係数)

第8面，第24面の各レンズ面は非球面であり、非球面係数は以下に示す通りである。

[第8面]

$$\begin{aligned} \kappa &= +4.6571 & C_4 &= +8.7915 \times 10^{-6} & C_6 &= -1.0601 \times 10^{-8} \\ & & C_8 &= +4.3226 \times 10^{-12} & C_{10} &= +9.7295 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

[第24面]

$$\begin{aligned} \kappa &= -0.4900 & C_4 &= -1.2005 \times 10^{-5} & C_6 &= +2.5279 \times 10^{-8} \\ & & C_8 &= +5.3759 \times 10^{-12} & C_{10} &= +2.5849 \times 10^{-13} \end{aligned}$$

20

(可変間隔データ)

f	28.8000	76.6109	193.9963
D7	2.0274	22.0944	40.3311
D16	21.9978	10.9580	2.0470
D23	8.0239	4.5198	3.2920
BF	41.6802	67.0595	80.0571

30

(フォーカシング時の第2レンズ群の移動量 $\Delta 2$)

ただし撮影倍率-1/30倍状態に合焦する場合

f	28.8000	76.6109	193.9963
$\Delta 2$	0.5962	0.6190	2.4044

40

なお、物体側への移動を正とする。

(条件式対応値)

$$f_2 = -14.8502$$

$$(1) (r_{41} - r_{42}) / (r_{41} + r_{42}) = 0.238$$

$$(2) D1 / f_t = 0.208$$

$$(3) f_2 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} = 0.199$$

$$(4) d_2 / d_1 = 1.857$$

図6(a)～図6(c)は本発明の第2実施例の無限遠合焦状態での諸収差図を示し、それぞれ広角端状態($f = 28.80$)、中間焦点距離状態($f = 76.61$)、望遠端状態($f = 193.9963$)

50

4.00)における諸収差図を示す。

【0065】

図7(a)～図7(c)は本発明の第2実施例の近距離合焦状態(撮影倍率-1/30倍)での諸収差図を示し、それぞれ広角端状態($f = 28.80$)、中間焦点距離状態($f = 76.61$)、望遠端状態($f = 194.00$)における諸収差図を示す。

【0066】

各収差図から、本実施例は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることは明らかである。

(第3実施例)

図8は、本発明の第3実施例に係るレンズ構成を示す図である。第1レンズ群G1は物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズと物体側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズL11と物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL12で構成され、第2レンズ群G2は像側に凹面を向けた負レンズL21，物体側に凹面を向けた負レンズL22，物体側に凸面を向けた正レンズL23，物体側に凹面を向けた負レンズL24で構成され、第3レンズ群G3は両凸レンズL31，両凸レンズL32，物体側に凹面を向けた負レンズL33で構成され、第4レンズ群G4は両凸レンズL41(=L1)、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42(=L2)、像側に凸面を向けた正レンズL3と物体側に凹面を向けた負レンズL4との接合レンズL43で構成される。

【0067】

第3実施例では、開口絞りSが第3レンズ群G3の物体側に配置され、レンズ位置状態が変化する際に第3レンズ群G3と一緒に移動する。また、負レンズL21は物体側のレンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層がついている。

【0068】

以下の表3に、第3実施例の諸元の値を掲げる。

【0069】

【表3】

10

20

(全体諸元)

f	28.80	～	75.59	～	194.00
FN0	3.47	～	4.93	～	5.80
2ω	76.16	～	31.16	～	12.36°

(レンズデータ)

面	曲率半径	間 隔	屈折率	アッペ数
1	0.0000	3.000	1.51680	64.20
2	0.0000	3.870	1.0	
3	100.6126	2.000	1.84666	23.78
4	54.9492	7.850	1.60300	65.47
5	438.4086	0.150	1.0	
6	54.3867	5.550	1.71300	53.85
7	195.1841	(D7)	1.0	
8	123.6677	0.120	1.52020	52.02
9	80.1698	1.000	1.81600	46.64
10	15.9654	6.850	1.0	
11	-38.9534	0.900	1.80400	46.58
12	84.4171	0.200	1.0	
13	35.3698	4.250	1.84666	23.78
14	-43.4656	1.150	1.0	
15	-24.9145	0.900	1.75500	52.32
16	0.0000	(D16)	1.0	
17	0.0000	1.000	1.0	(開口絞り)
18	29.7076	2.950	1.65160	58.54
19	-557.5170	0.100	1.0	
20	26.6061	4.700	1.49700	81.61
21	-32.2561	0.400	1.0	
22	-27.8761	0.900	1.83400	37.17

10

20

30

40

23	100.0000	(D23)	1.0	
24	48.0246	4.050	1.56384	60.69
25	-26.9960	2.450	1.0	
26	39.9652	2.000	1.76182	26.52
27	24.1428	2.100	1.0	
28	-290.5654	5.600	1.64980	34.47
29	-11.4435	1.100	1.83400	37.17
30	-79.3446	(Bf)	1.0	

10

(非球面係数)

第8面，第24面の各レンズ面は非球面であり、非球面係数は以下に示す通りである。

[第8面]

$$\begin{aligned} \kappa &= +0.1599 & C_4 &= +7.1048 \times 10^{-6} & C_6 &= -4.5159 \times 10^{-9} \\ & & C_8 &= -1.8628 \times 10^{-11} & C_{10} &= +1.6804 \times 10^{-13} \end{aligned}$$

[第24面]

$$\begin{aligned} \kappa &= -4.1307 & C_4 &= -1.7339 \times 10^{-5} & C_6 &= +2.3805 \times 10^{-9} \\ & & C_8 &= +6.2072 \times 10^{-11} & C_{10} &= +1.2363 \times 10^{-13} \end{aligned}$$

20

(可変間隔データ)

f	28.7995	75.5855	193.9921
D7	2.0374	21.2465	40.1667
D16	21.6663	10.7649	2.0470
D23	7.4245	4.3856	3.2920
BF	40.6565	75.5855	193.9921

30

(フォーカシング時の第2レンズ群の移動量 $\Delta 2$)

ただし撮影倍率-1/30倍状態に合焦する場合

f	28.7995	75.5855	193.9921
$\Delta 2$	0.6058	0.5883	1.9624

40

なお、物体側への移動を正とする。

(条件式対応値)

$$f_2 = -15.0073$$

$$(1) (r_{41} - r_{42}) / (r_{41} + r_{42}) = 0.331$$

$$(2) D1 / f_t = 0.207$$

$$(3) f_2 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} = 0.201$$

$$(4) d_2 / d_1 = 0.857$$

図9(a)～図9(c)は本発明の第3実施例の無限遠合焦状態での諸収差図を示し、それぞれ広角端状態($f = 28.80$)、中間焦点距離状態($f = 75.59$)、望遠端状態($f = 19$

50

4.00)における諸収差図を示す。

【0070】

図10(a)～図10(c)は本発明の第3実施例の近距離合焦状態(撮影倍率-1/30倍)での諸収差図を示し、それぞれ広角端状態($f = 28.80$)、中間焦点距離状態($f = 75.59$)、望遠端状態($f = 194.00$)における諸収差図を示す。

【0071】

各収差図から、本実施例は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることは明らかである。

(第4実施例)

図11は、本発明の第4実施例に係るレンズ構成を示す図である。第1レンズ群G1は物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズと物体側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズL11と物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL12で構成され、第2レンズ群G2は像側に凹面を向けた負レンズL21、物体側に凹面を向けた負レンズL22、物体側に凸面を向けた正レンズL23、物体側に凹面を向けた負レンズL24で構成され、第3レンズ群G3は両凸レンズL31、両凸レンズL32、物体側に凹面を向けた負レンズL33で構成され、第4レンズ群G4は両凸レンズL41(=L1)、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42(=L2)、像側に凸面を向けた正レンズL3と物体側に凹面を向けた負レンズL4との接合レンズL43で構成される。

【0072】

第4実施例では、開口絞りSが第3レンズ群G3の物体側に配置され、レンズ位置状態が変化する際に第3レンズ群G3と一緒に移動する。また、負レンズL21は物体側のレンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層がついている。

【0073】

以下の表4に、第4実施例の諸元の値を掲げる。

【0074】

【表4】

10

20

(全体諸元)

f	28.80	～	84.59	～	291.00
FN0	3.70	～	4.98	～	5.80
2 ω	76.03	～	27.72	～	8.27°

(レンズデータ)

面	曲率半径	間 隔	屈折率	アッペ数	
1	0.0000	3.000	1.51680	64.20	10
2	0.0000	3.870	1.0		
3	88.1069	2.100	1.84666	23.78	
4	60.2091	8.650	1.60300	65.47	
5	-7599.3615	0.100	1.0		
6	70.5877	3.650	1.71300	53.85	
7	152.8294	(D7)	1.0		20
8	128.8767	0.300	1.55281	37.63	
9	117.8333	1.600	1.83481	42.72	
10	17.9048	6.200	1.0		
11	-39.5006	1.000	1.80400	46.58	
12	98.1734	0.100	1.0		
13	39.7284	4.500	1.84666	23.78	
14	-42.0261	1.050	1.0		30
15	-25.4767	1.000	1.75500	52.32	
16	-287.9484	(D16)	1.0		
17	0.0000	1.000	1.0	(開口絞り)	
18	32.3616	4.200	1.60300	65.47	
19	-331.8602	0.100	1.0		
20	31.0120	5.450	1.49700	81.61	
21	-66.6030	1.000	1.0		40
22	-38.6691	1.000	1.80610	33.27	

23	100.0000	(D23)	1.0	
24	32.1961	5.800	1.58913	61.18
25	-40.6126	2.850	1.0	
26	56.0104	2.050	1.83481	42.72
27	21.8451	3.550	1.0	
28	59.6688	7.200	1.58144	40.75
29	-13.3333	1.000	1.83481	42.72
30	-83.1316	(Bf)	1.0	

10

(非球面係数)

第8面，第24面の各レンズ面は非球面であり、非球面係数は以下に示す通りである。

[第8面]

$$\begin{aligned} \kappa &= +11.0000 & C_4 &= +3.4170 \times 10^{-6} & C_6 &= +2.4418 \times 10^{-9} \\ & & C_8 &= -3.5111 \times 10^{-11} & C_{10} &= +1.7907 \times 10^{-13} \end{aligned}$$

[第24面]

$$\begin{aligned} \kappa &= -5.7212 & C_4 &= +1.0672 \times 10^{-5} & C_6 &= -4.7687 \times 10^{-8} \\ & & C_8 &= +1.6611 \times 10^{-10} & C_{10} &= -2.3360 \times 10^{-13} \end{aligned}$$

20

(可変間隔データ)

f	28.8002	84.5854	291.0114
D7	3.1536	29.5383	58.1569
D16	29.1283	14.9051	2.4000
D23	6.3125	2.3106	1.0000
BF	39.2561	71.0977	97.9981

30

(フォーカシング時の第2レンズ群の移動量 $\Delta 2$)

ただし撮影倍率-1/30倍状態に合焦する場合

f	28.8002	84.5854	291.0114
$\Delta 2$	0.7222	0.6321	2.5507

40

なお、物体側への移動を正とする。

(条件式対応値)

$$f_2 = -17.2290$$

$$(1) (r_{41} - r_{42}) / (r_{41} + r_{42}) = 0.192$$

$$(2) D1 / f_t = 0.207$$

$$(3) f_2 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} = 0.188$$

$$(4) d_2 / d_1 = 1.246$$

図12(a)～図12(c)は本発明の第4実施例の無限遠合焦状態での諸収差図を示し、それぞれ広角端状態($f = 28.80$)、中間焦点距離状態($f = 85.59$)、望遠端状態(f

50

= 291.00) における諸収差図を示す。

【0075】

図13(a)～図13(c)は本発明の第4実施例の近距離合焦状態(撮影倍率-1/30倍)での諸収差図を示し、それぞれ広角端状態($f = 28.80$)、中間焦点距離状態($f = 85.59$)、望遠端状態($f = 291.00$)における諸収差図を示す。

【0076】

各収差図から、本実施例は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることは明らかである。

なお、第4実施例は参考例とする。

【0077】

10

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、変倍比が7倍を超えながら、小型化に適し、且つ、レンズ構成枚数を減らして安定した光学品質が得られるズームレンズを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明に係る可変焦点距離レンズ系の屈折力配置図、(b)は合成焦点距離を説明する図である。

【図2】第1実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図である。

【図3】(a)、(b)、(c)はそれぞれ第1実施例の無限遠合焦状態での、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における収差図を示す。

【図4】(a)、(b)、(c)はそれぞれ第1実施例の近距離合焦状態での、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における収差図を示す。

20

【図5】第2実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図である。

【図6】(a)、(b)、(c)はそれぞれ第2実施例の無限遠合焦状態での、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における収差図を示す。

【図7】(a)、(b)、(c)はそれぞれ第2実施例の近距離合焦状態での、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における収差図を示す。

【図8】第3実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図である。

【図9】(a)、(b)、(c)はそれぞれ第3実施例の無限遠合焦状態での、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における収差図を示す。

【図10】(a)、(b)、(c)はそれぞれ第3実施例の近距離合焦状態での、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における収差図を示す。

30

【図11】第4実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図である。

【図12】(a)、(b)、(c)はそれぞれ第4実施例の無限遠合焦状態での、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における収差図を示す。

【図13】(a)、(b)、(c)はそれぞれ第4実施例の近距離合焦状態での、広角端状態、中間焦点距離状態、望遠端状態における収差図を示す。

【符号の説明】

G1：第1レンズ群

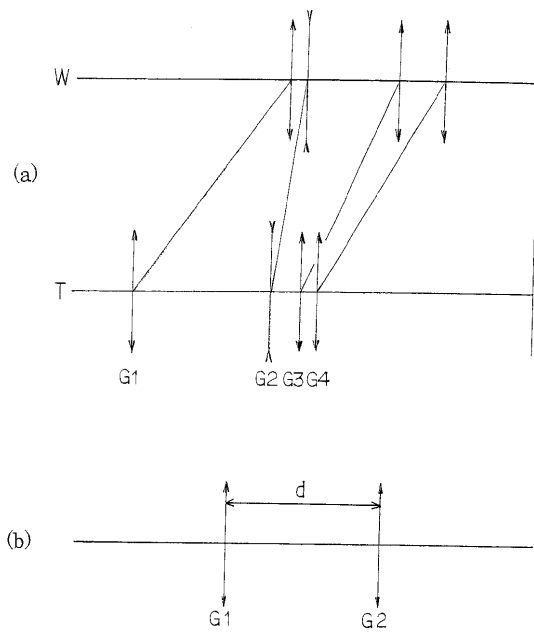
G2：第2レンズ群

G3：第3レンズ群

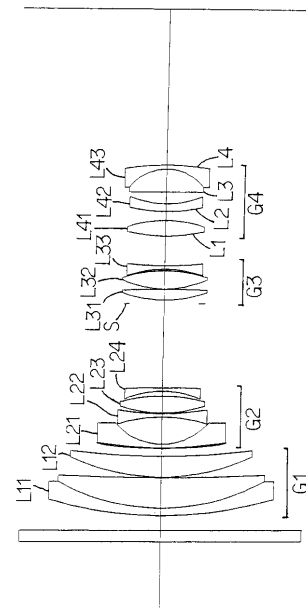
S：開口絞り

40

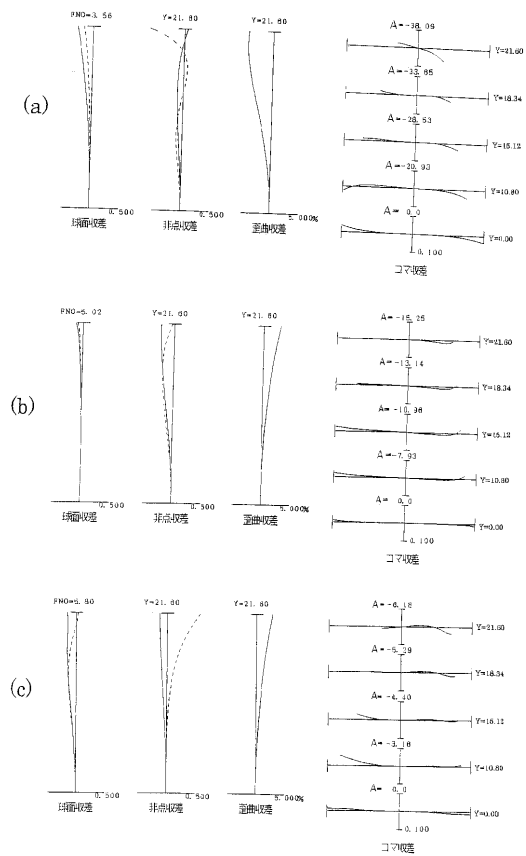
【図 1】



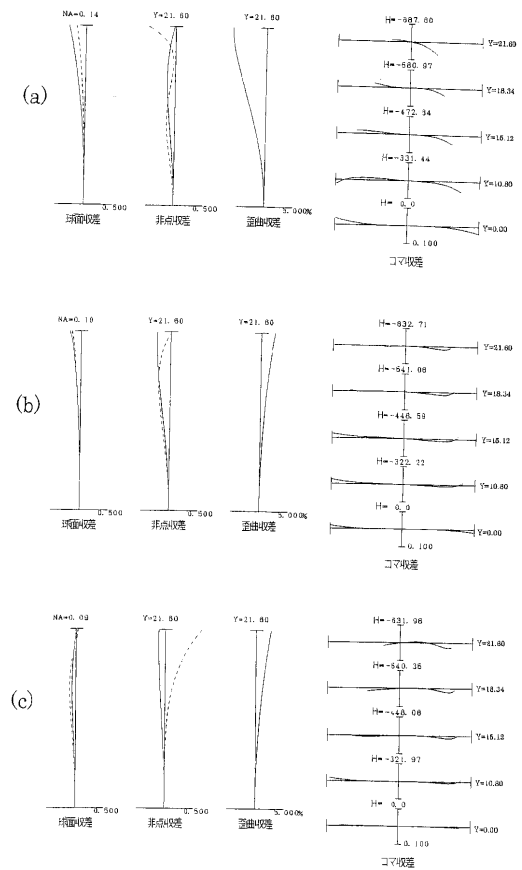
【図 2】



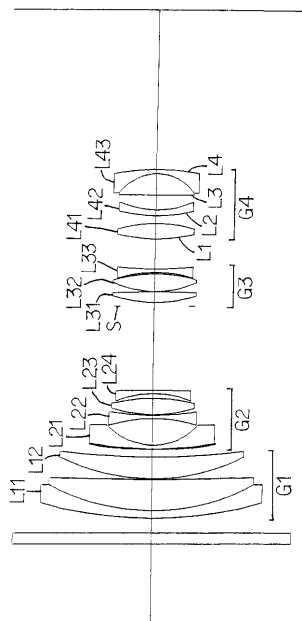
【図 3】



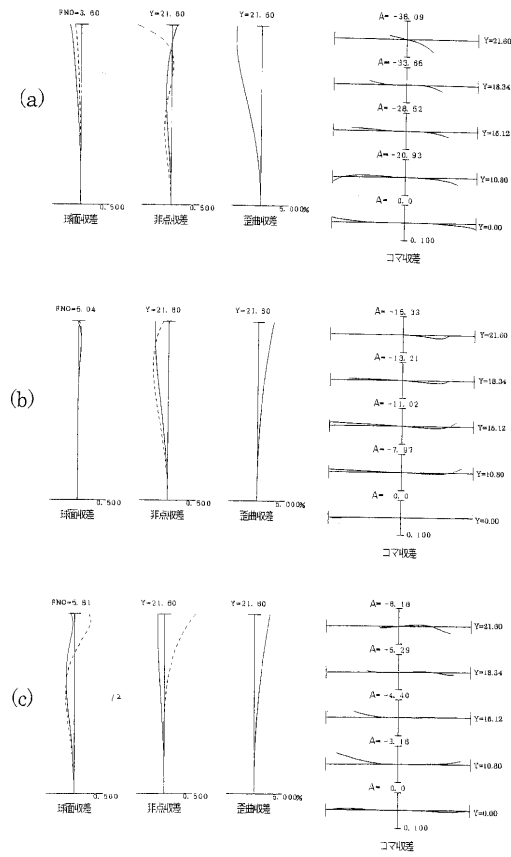
【図 4】



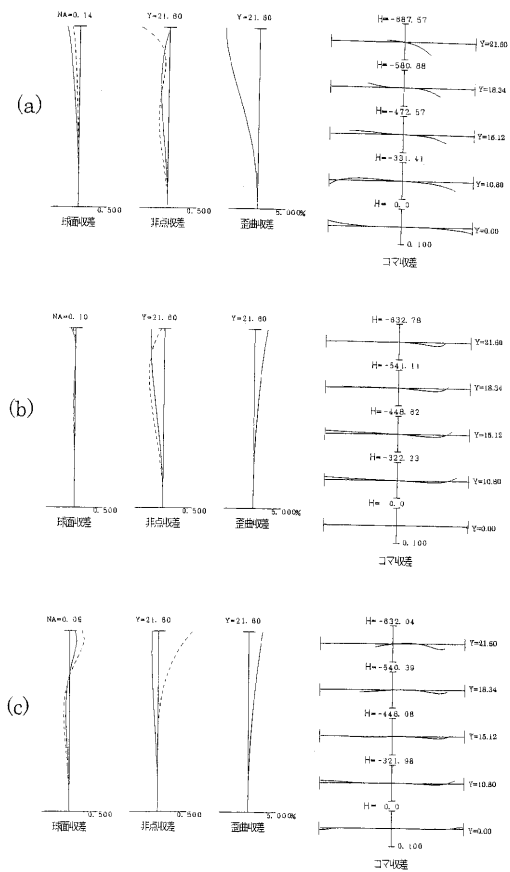
【図 5】



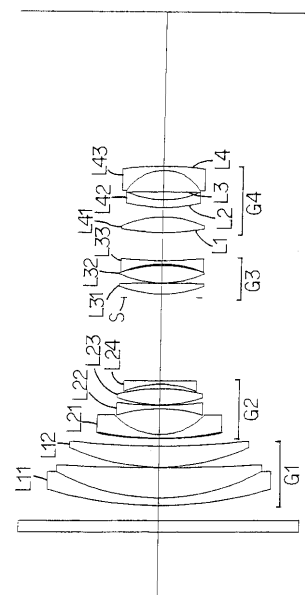
【図 6】



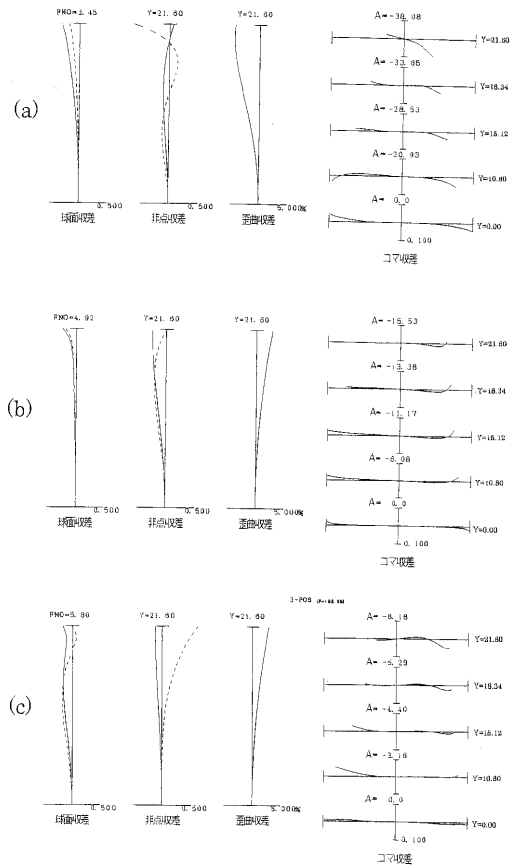
【図 7】



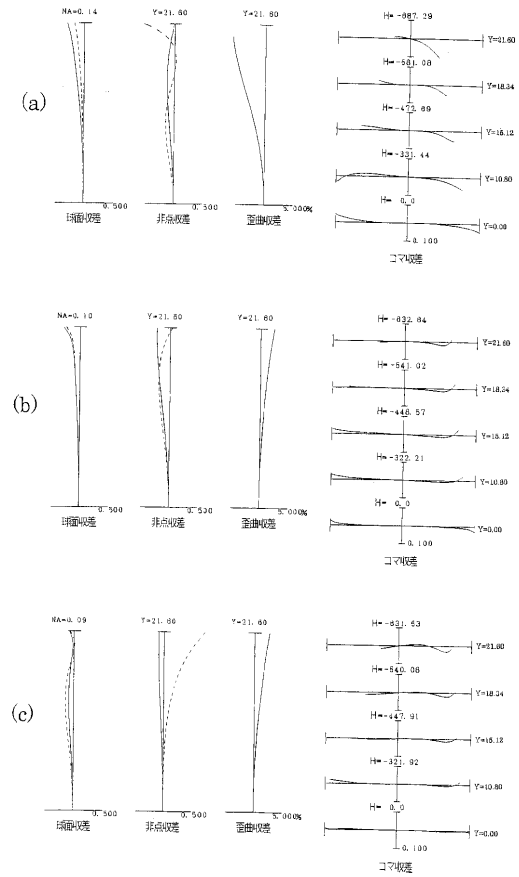
【図 8】



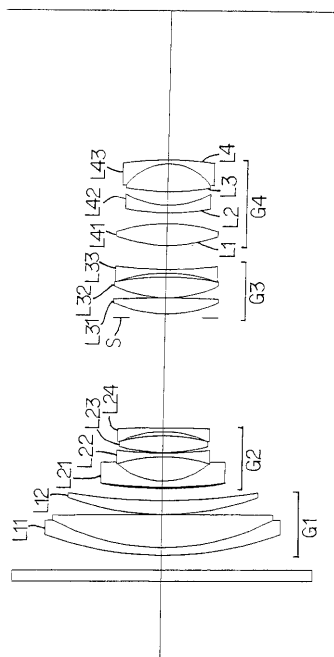
【図 9】



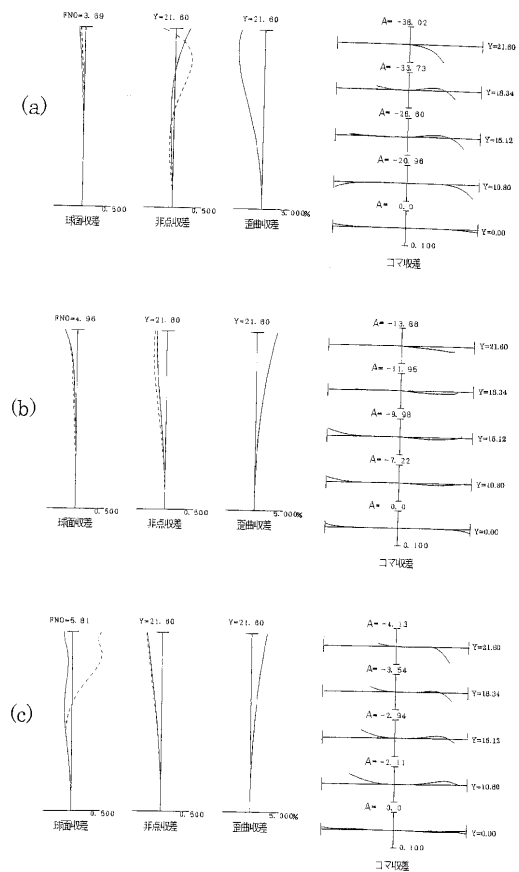
【図 10】



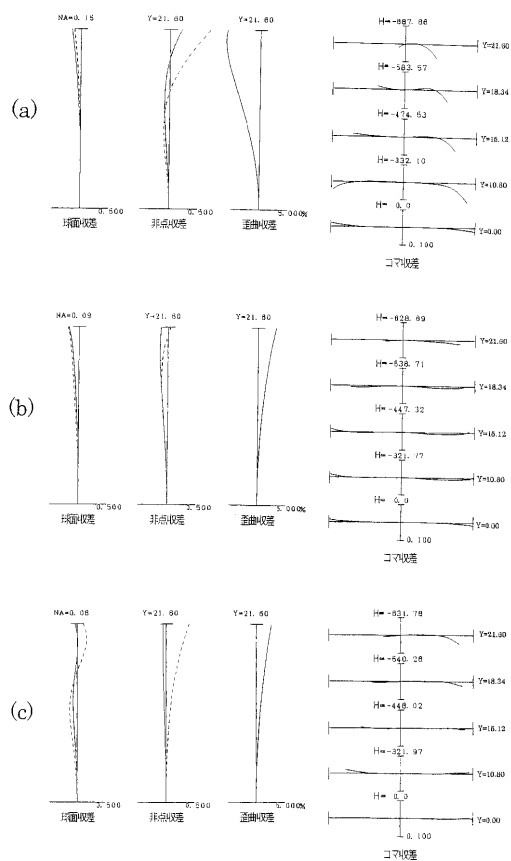
【図 11】



【図 12】



【 图 1 3 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

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