

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-97207

(P2010-97207A)

(43) 公開日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 13/04 (2006.01)	G O 2 B 13/04 D	2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G O 2 B 13/18	
G 0 3 B 5/00 (2006.01)	G O 3 B 5/00 J	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2009-212243 (P2009-212243)	(71) 出願人	000004112
(22) 出願日	平成21年9月14日 (2009. 9. 14)		株式会社ニコン
(31) 優先権主張番号	特願2008-239920 (P2008-239920)		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(32) 優先日	平成20年9月18日 (2008. 9. 18)	(74) 代理人	100077919
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 井上 義雄
		(74) 代理人	100153899
			弁理士 相原 健一
		(72) 発明者	原田 壮基
			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
		F ターム (参考)	2H087 KA01 LA03 MA07 MA08 MA09
			PA09 PA19 PA20 PB11 PB12
			QA02 QA07 QA17 QA22 QA26
			QA32 QA41 QA45 RA05 RA12
			RA13 RA36 UA01

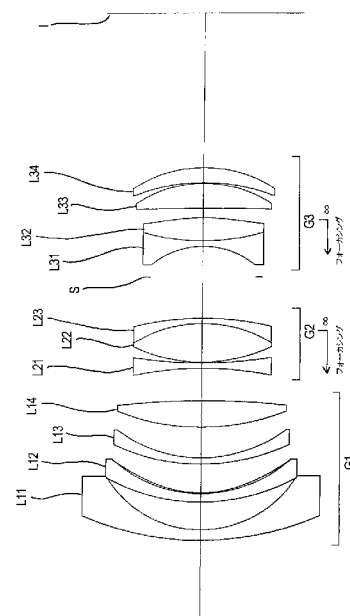
(54) 【発明の名称】 広角レンズ、光学装置、広角レンズのフォーカシング方法

(57) 【要約】

【課題】 より高性能な広角レンズとこれを有する光学装置、及び該広角レンズのフォーカシング方法を提供すること。

【解決手段】 物体側から順に、負屈折力の第1レンズ群G1と、正屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3とを有し、第1レンズ群G1を固定して第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とを物体側に移動させて物体へのフォーカシングを行い、第2レンズ群G2は最も物体側に負屈折力のレンズ成分L21を有し、所定の条件を満足する広角レンズ。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、負屈折力の第 1 レンズ群と、正屈折力の第 2 レンズ群と、正屈折力の第 3 レンズ群とを有し、

前記第 1 レンズ群を固定して前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とを物体側に移動させて物体へのフォーカシングを行い、

前記第 2 レンズ群は最も物体側に負屈折力のレンズ成分を有し、以下の条件を満足することを特徴とする広角レンズ。

$$0.000 < f_r / (-f_1) < 0.147$$

但し、

f_r ：前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群の無限遠合焦時の合成焦点距離

f_1 ：前記第 1 レンズ群の焦点距離

【請求項 2】

前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群の間に開口絞りを有することを特徴とする請求項 1 に記載の広角レンズ。

【請求項 3】

前記第 1 レンズ群は少なくとも 3 枚のレンズ成分を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の広角レンズ。

【請求項 4】

前記第 1 レンズ群の負屈折力のレンズ成分は非球面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 項に記載の広角レンズ。

【請求項 5】

前記第 1 レンズ群中に以下の条件をともに満足する正レンズを少なくとも 1 枚有することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の広角レンズ。

$$n_{1p} > 1.800$$

$$v_{1p} > 28.00$$

但し、

n_{1p} ：前記第 1 レンズ群に含まれる正レンズの d 線の屈折率の平均値

v_{1p} ：前記第 1 レンズ群に含まれる正レンズの d 線のアッペ数の平均値

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群の前記負屈折力のレンズ成分の最も物体側の面は、物体側に凹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 項に記載の広角レンズ。

【請求項 7】

前記フォーカシングに際して、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とが以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の広角レンズ。

$$1.00 \leq \Delta 3 / \Delta 2 < 1.50$$

但し、

$\Delta 3$ ：前記第 3 レンズ群の移動量

$\Delta 2$ ：前記第 2 レンズ群の移動量

【請求項 8】

前記フォーカシングに際して、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とが同じ移動量で物体側に移動することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の広角レンズ。

【請求項 9】

前記第 2 レンズ群中に以下の条件をともに満足する負レンズを少なくとも 1 枚有することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の広角レンズ。

$$n_{2n} > 1.800$$

$$v_{2n} > 28.00$$

但し、

n_{2n} ：前記第 2 レンズ群に含まれる負レンズの d 線の屈折率の平均値

v_{2n} ：前記第 2 レンズ群に含まれる負レンズの d 線のアッペ数の平均値

【請求項 10】

前記第 3 レンズ群は非球面を有することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の広角レンズ。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の広角レンズを有することを特徴とする光学装置。

【請求項 12】

物体側から順に、負屈折力の第 1 レンズ群と、正屈折力の第 2 レンズ群と、正屈折力の第 3 レンズ群とを有し、

前記第 2 レンズ群は最も物体側に負屈折力のレンズ成分を有し、以下の条件を満足する広角レンズのフォーカシング方法において、

前記第 1 レンズ群を固定して前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とを物体側に移動させて物体へのフォーカシングを行うことを特徴とするフォーカシング方法。

$$0.000 < f_r / (-f_1) < 0.147$$

但し、

f_r ：前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群の無限遠合焦時の合成焦点距離

f_1 ：前記第 1 レンズ群の焦点距離

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一眼レフレックスカメラやデジタルカメラ等に適した広角レンズとこれを有する光学装置、及び広角レンズのフォーカシング方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、短い焦点距離でも一眼レフレックスカメラやデジタルカメラ等に用いられるほどバックフォーカスを確保できる広角レンズとして、負屈折力を持つレンズ群が先行するレトロフォーカスレンズが知られている。このレンズタイプで $F1.4$ ほどの大口径化を行ったものが提案されている（例えば、特許文献 1 を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 11-30743 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の広角レンズは、諸収差の補正が十分ではなかった。

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、より高性能な広角レンズとこれを有する光学装置、及び該広角レンズのフォーカシング方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために、本発明は、物体側から順に、負屈折力の第 1 レンズ群と、正屈折力の第 2 レンズ群と、正屈折力の第 3 レンズ群とを有し、前記第 1 レンズ群を固定して前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とを物体側に移動させて物体へのフォーカシングを行い、前記第 2 レンズ群は最も物体側に負屈折力のレンズ成分を有し、以下の条件を満足することを特徴とする広角レンズを提供する。

$$0.000 < f_r / (-f_1) < 0.147$$

但し、 f_r は前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群の無限遠合焦時の合成焦点距離、 f_1 は前記第 1 レンズ群の焦点距離である。

【0006】

また、本発明は、前記広角レンズを有することを特徴とする光学装置を提供する。

【0007】

また、本発明は、物体側から順に、負屈折力の第1レンズ群と、正屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群とを有し、前記第2レンズ群は最も物体側に負屈折力のレンズ成分を有し、以下の条件を満足する広角レンズのフォーカシング方法において、前記第1レンズ群を固定して前記第2レンズ群と前記第3レンズ群とを物体側に移動させて物体へのフォーカシングを行うことを特徴とするフォーカシング方法を提供する。

$$0.000 < f_r / (-f_1) < 0.147$$

但し、 f_r は前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の無限遠合焦時の合成焦点距離、 f_1 は前記第1レンズ群の焦点距離である。

【発明の効果】

10

【0008】

本発明によれば、より高性能な広角レンズとこれを有する光学装置、及び該広角レンズのフォーカシング方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第1実施例に係る広角レンズの構成を示す。

【図2】第1実施例に係る広角レンズの諸収差図を示し、(a)は無遠合焦時 ($\beta = 0.00$)、(b)は中間距離合焦時 ($\beta = -0.0333$)、(c)は至近距離合焦時 ($\beta = -0.20$)の諸収差図をそれぞれ示す。

【図3】第2実施例に係る広角レンズの構成を示す。

20

【図4】第2実施例に係る広角レンズの諸収差図を示し、(a)は無遠合焦時 ($\beta = 0.00$)、(b)は中間距離合焦時 ($\beta = -0.0333$)、(c)は至近距離合焦時 ($\beta = -0.23$)の諸収差図をそれぞれ示す。

【図5】第3実施例に係る広角レンズの構成を示す。

【図6】第3実施例に係る広角レンズの諸収差図を示し、(a)は無遠合焦時 ($\beta = 0.00$)、(b)は中間距離合焦時 ($\beta = -0.0333$)、(c)は至近距離合焦時 ($\beta = -0.25$)の諸収差図をそれぞれ示す。

【図7】第1実施例に係る広角レンズを備えたカメラの構成を示す。

【発明を実施するための形態】

【0010】

30

以下、本発明の一実施形態に係る広角レンズについて説明する。

【0011】

本実施形態に係る広角レンズは、物体側から順に、負屈折力の第1レンズ群と、正屈折力の第2レンズ群と、正屈折力の第3レンズ群とを有し、第1レンズ群を固定して第2レンズ群と第3レンズ群とを物体側に移動させて物体へのフォーカシングを行い、第2レンズ群は最も物体側に負屈折力のレンズ成分を有し、以下の条件式(1)を満足する構成である。

$$(1) \quad 0.000 < f_r / (-f_1) < 0.147$$

但し、 f_r は第2レンズ群と第3レンズ群の無限遠合焦時の合成焦点距離、 f_1 は第1レンズ群の焦点距離である。

40

【0012】

レトロフォーカスレンズでは、物体側が負レンズ群、像面側が正レンズ群と非対称な屈折力配置になっているため、群どうしで互いに収差を打ち消しあうことが出来ず、負の歪曲収差やコマ収差の補正が特に難しくなっている。そのため、群単独で出来る限り収差を補正しておく必要がある。そのためには、負屈折力の第1レンズ群の屈折力を弱くすることが有効だが、そうすると一眼レフレックスカメラでの使用ではバックフォーカスが不足してしまう。そこで、本実施形態に係る広角レンズは、収差補正とバックフォーカスのバランスで最も有効な範囲を規定する上記条件式(1)を満足する構成とした。

【0013】

条件式(1)の上限値を上回ると、第1レンズ群の負のパワーが強すぎ、画面周辺の軸

50

外主光線には正の像面湾曲、負のディストーションともに十分な補正が困難となる。条件式（１）の下限値を下回ると、全体が大型化するとともに近距離合焦時の球面収差変動が大きくなる。

【００１４】

また、上記のように、本実施形態では第２レンズ群の最も物体側は負屈折力のレンズ成分となっていることが特徴である。これは、第２レンズ群、第３レンズ群の合成としても負レンズ成分が先頭に来ることでレトロフォーカスレンズの構成をとっている。これによって第２レンズ群、第３レンズ群の合成レンズ自体のバックフォーカスを長くすることが出来、第１レンズ群の負のパワーを弱くしても十分なバックフォーカスが確保できる。その結果条件式（１）の値を小さくすることが可能となった。

10

【００１５】

また、条件式（１）を満足する第１レンズ群を通過した画面周辺の軸外主光線は、第２レンズ群に対して大きな角度を持って入射している。そのため、第２レンズ群の最も物体側に負屈折力を有するレンズ成分を配置することで、その負レンズ成分より像面側のレンズに対してより光軸に平行な光線を導くこととなり、軸外のコマ収差補正に有利となる。

【００１６】

なお、実施形態の効果を確実にするために、条件式（１）の上限値を０．１３３にすることが好ましい。また、実施形態の効果を確実にするために、条件式（１）の下限値を０．０１０にすることが好ましい。

【００１７】

また、本実施形態に係る広角レンズは、第２レンズ群と第３レンズ群の間に開口絞りを有することが望ましい。

20

【００１８】

この構成により、球面収差、コマ収差を良好に補正できる。

【００１９】

また、本実施形態に係る広角レンズは、近距離物体に対してフォーカシングを行った際収差変動を少なくするために、第１レンズ群は少なくとも３枚のレンズ成分を有することが望ましい。

【００２０】

レトロフォーカスレンズでは、第１負レンズ群で発生した収差を前記第１負レンズ群以降のレンズ群でバランスよく補正することが困難である。そのため、各群で十分な収差補正を行っておく必要があり、そのような各群独自での収差補正が十分でない場合は近距離物体に対してフォーカシングを行った際に球面収差、コマ収差や像面湾曲が大きく発生する。

30

【００２１】

第１負レンズ群において、本実施形態に係る広角レンズの画角と大口径化を実現しつつ前記収差を十分良好に補正するためには、第１レンズ群は少なくとも３枚のレンズ成分を有することが望ましい。なお、第１レンズ群を３枚のレンズ成分で構成することも可能である。

【００２２】

また、本実施形態に係る広角レンズは、第１レンズ群の負屈折力のレンズ成分は非球面を有することが望ましい。

40

【００２３】

第１レンズ群の負レンズ成分に非球面を導入することで、さらに良好に像面湾曲、ディストーションを補正することができる。

【００２４】

また、本実施形態に係る広角レンズは、第１レンズ群中に以下の条件式（２）、（３）をともに満足する正レンズを少なくとも１枚有することが望ましい。

$$(2) \quad n_{1p} > 1.800$$

$$(3) \quad v_{1p} > 28.00$$

50

但し、 n_{1p} は第1レンズ群に含まれる正レンズのd線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）の屈折率の平均値、 v_{1p} は第1レンズ群に含まれる正レンズのd線のアッペ数の平均値である。

【0025】

条件式（2）と（3）は、第1レンズ群内の正レンズ硝材の特性を規定するものである。

【0026】

レトロフォーカスレンズの負レンズ群において発生する負の歪曲収差、正の像面湾曲、コマ収差は、負レンズ群内に高屈折率の正レンズを導入することで軽減できる。しかし、一般的に高屈折率の硝材は分散が大きい、つまりアッペ数が小さいため、像高の高さに応じて負レンズと正レンズの倍率色収差の発生量が異なり、中間像高では負の倍率色収差、高い像高では急激に正の倍率色収差が発生しやすくなる。

【0027】

条件式（2）の下限値を下回ると、一般にアッペ数の大きな硝材を選択することが容易になるため倍率色収差の補正は容易になりやすいが、負レンズによって発生する歪曲収差、像面湾曲、コマ収差を補正することが出来ない。

【0028】

なお、実施形態の効果を確実にするために、条件式（2）の下限値を1.840にすることが好ましい。また、実施形態の効果を更に確実にするために、条件式（2）の下限値を1.900にすることが更に好ましい。

【0029】

条件式（3）の下限値を下回ると、一般に高屈折率の硝材を選択することが容易になるため歪曲収差、像面湾曲やコマ収差の補正は容易になるが、アッペ数がこの下限値を下回ると硝材のいわゆる2次分散値が急激に大きくなるため、倍率色収差を十分に補正することが出来ないのが好ましくない。

【0030】

なお、実施形態の効果を確実にするために、条件式（3）の下限値を30.00にすることが好ましい。また、実施形態の効果を更に確実にするために、条件式（3）の下限値を31.00にすることが更に好ましい。

【0031】

また、本実施形態に係る広角レンズは、第2レンズ群の前記負屈折力のレンズ成分の最も物体側の面は、物体側に凹面であることが望ましい。

【0032】

第2レンズ群では、軸上光束の入射高さが第1レンズ群より高くなるので、球面収差への関与が強くなる。そのため、負屈折力の第1レンズ群で発散光となっている軸上光束に対しては、レンズ面での偏角が大きいと球面収差が大きく発生してしまい好ましくない。その点では、第2レンズ群の前記負屈折力のレンズ成分の最も物体側のレンズ面が、物体側に凹面を向けた形状をしていることで、偏角を小さく押さえることが出来、大口径レンズにて問題となる球面収差の過剰補正を防止している。その結果、第2レンズ群、第3レンズ群でのレンズ枚数を減らすことが出来、全長を短くできる。また、周辺光束に対しても、第2レンズ群の前記負屈折力のレンズ成分の最も物体側のレンズ面が、物体側に凹面を向けた形状をしていることで、コマ収差、特にサジタルコマ収差を効果的に補正できる。その結果、フィルター径を大きくすることなく良好な収差補正を実現できる。

【0033】

また、本実施形態に係る広角レンズは、前記フォーカシングに際して、第2レンズ群と第3レンズ群とが以下の条件式（4）を満足することが望ましい。

$$(4) \quad 1.00 \leq \Delta 3 / \Delta 2 < 1.50$$

但し、 $\Delta 3$ は第3レンズ群の移動量、 $\Delta 2$ は第2レンズ群の移動量である。

【0034】

条件式（4）は、第2レンズ群と第3レンズ群の移動速度比を規定することで、間隔の

減少度合いを規定する。

【0035】

第1レンズ群を固定して正屈折力の第2レンズ群と第3レンズ群とを物体側に移動させて近距離物体へのフォーカシングを行う際、増大する収差は、主に球面収差とコマ収差、非点収差である。これらは、第2レンズ群と開口絞り、第3レンズ群の間隔をフォーカシングに伴って減少させることで良好に補正できる。

【0036】

条件式(4)の下限値を下回ると、第2、第3レンズ群間隔がフォーカシングによって増大することになり、主に球面収差とコマ収差、非点収差を増大させてしまう。一方、条件式(4)の上限値を上回ると、第3レンズ群の移動が多くなりすぎ主に球面収差とコマ収差、非点収差を補正過剰としてしまい、かえって収差を悪化させる。

10

【0037】

なお、実施形態の効果を確実にするために、条件式(4)の上限値を1.30にすることが好ましい。また、実施形態の効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を1.05にすることが好ましい。

【0038】

また、本実施形態に係る広角レンズは、前記フォーカシングに際して、第2レンズ群と第3レンズ群とが同じ移動量で物体側に移動することが望ましい。

【0039】

この構成により、第2レンズ群と第3レンズ群の一体化が可能になり構成を簡略化できる。製造誤差に起因するフォーカシング時の収差変動を少なくすることができる。

20

【0040】

また、本実施形態に係る広角レンズは、第2レンズ群中に以下の条件式(5)、(6)をとともに満足する負レンズを少なくとも1枚有することが望ましい。

$$(5) \quad n_{2n} > 1.800$$

$$(6) \quad v_{2n} > 28.00$$

但し、 n_{2n} は第2レンズ群に含まれる負レンズのd線(波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$)の屈折率の平均値、 v_{2n} は第2レンズ群に含まれる負レンズのd線のアッペ数の平均値である。

【0041】

条件式(5)と(6)は、第2レンズ群内の負レンズ硝材の特性を規定するものである。

30

【0042】

第2レンズ群では、軸上光束の入射高さが第1レンズ群より高くなるので、球面収差、コマ収差への関与が強くなる。第2レンズ群は正の屈折力を有するため、発生する収差は負の球面収差が大きくなりがちである。それを良好に補正するには、第2レンズ群に含まれる負レンズの屈折率を高くすることが有効である。

【0043】

しかし、一般的に高屈折率の硝材は分散が大きい、つまりアッペ数が小さいため、軸上光束の入射高さに応じて入射光線の波長ごとの球面収差発生量が異なり、色ごとの球面収差、軸外光線の色ごとのコマ収差がそろわなくなりがちである。その結果、高解像度が実現できなくなる。

40

【0044】

条件式(5)の下限値を下回ると、一般にアッペ数の大きな硝材を選択することが容易になるため色ごとの球面収差、コマ収差の補正は容易になりやすいが、正レンズによって発生する負の球面収差、コマ収差を補正することが出来ない。

【0045】

なお、実施形態の効果を確実にするために、条件式(5)の下限値を1.840にすることが好ましい。また、実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(5)の下限値を1.900にすることが更に好ましい。

50

【0046】

条件式(6)の下限値を下回ると、一般に高屈折率の硝材を選択することが容易になるため球面収差、コマ収差の補正は容易になるが、アッペ数がこの下限値を超えると硝材のいわゆる2次分散値が急激に大きくなるため、色ごとの球面収差、コマ収差の差を十分に補正することが出来ないので好ましくない。

【0047】

なお、実施形態の効果を確実にするために、条件式(6)の下限値を30.00にすることが好ましい。また、実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(6)の下限値を31.00にすることが更に好ましい。

【0048】

また、本実施形態に係る広角レンズは、第3レンズ群は非球面を有することが望ましい。

【0049】

この構成により、球面収差、コマ収差を良好に補正することができる。

【0050】

(実施例)

以下、本実施形態に係る各実施例について図面を参照しつつ説明する。

【0051】

(第1実施例)

図1は、第1実施例に係る広角レンズの構成を示す図である。

【0052】

第1実施例に係る広角レンズは、光軸に沿って物体側から順に、負屈折力の第1レンズ群G1と、最も物体側に負屈折力のレンズ成分を有する正屈折力の第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正屈折力の第3レンズ群G3とから構成されている。

【0053】

無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際し、第1レンズ群G1は固定され、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3は共に物体方向へ移動する。その際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3を異なった速度で移動する。

【0054】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL13と、両凸形状の正レンズL14とから構成されており、負メニスカスレンズL12の像面I側のレンズ面が非球面で構成されている。

【0055】

第2レンズ群G2は、両凹形状の負レンズL21と、両凸形状の正レンズL22と像面I側に凸面を向けた負メニスカスレンズL23との接合レンズとから構成されている。

【0056】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL31と両凸形状の正レンズL32との接合レンズと、像面I側に凸面を向けた正メニスカスレンズL33と、像面I側に凸面を向けた正メニスカスレンズL34とから構成され、正レンズL32の像面I側のレンズ面が非球面で構成されている。

【0057】

また、第1レンズ群G1の正レンズL14は、屈折率1.800以上、アッペ数28.00以上の正レンズである。また、第2レンズ群G2の負レンズL21と負メニスカスレンズL23とは、屈折率1.800以上、アッペ数28.00以上の負レンズである。

【0058】

以下の表1に、第1実施例に係る広角レンズの諸元値を掲げる。

【0059】

表中の(面データ)において、物面は物体面、面番号は物体側からの面の番号、rは曲率半径、dは面間隔、ndはd線(波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$)における屈折率、vdはd

10

20

30

40

50

線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）におけるアッペ数、（可変）は合焦における可変面間隔、（絞り）は開口絞り S、像面は像面 I をそれぞれ表している。なお、空気の屈折率 $n_d = 1.000000$ は記載を省略している。また、曲率半径 r 欄の「 ∞ 」は平面を示している。

【0060】

（非球面データ）において、非球面は以下の式で表される。

$$X(y) = (y^2/r) / [1 + [1 - \kappa (y^2/r^2)]^{1/2}] + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} + A_{12} \times y^{12}$$

【0061】

ここで、光軸に垂直な方向の高さを y 、高さ y における光軸方向の変位量を $X(y)$ 、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を r 、円錐係数を κ 、 n 次の非球面係数を A_n とする。なお、「E- n 」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば「1.234E-05」は「 1.234×10^{-5} 」を示す。また、各非球面は、（面データ）において、面番号の右側に「*」を付して示している。

【0062】

（各種データ）において、 f は d 線の焦点距離、FNO は F ナンバー、 2ω は画角（単位：「 $^\circ$ 」）、 Y は像高、TL はレンズ全長、Bf は無限遠合焦時のバックフォーカスをそれぞれ表している。

【0063】

（可変間隔データ）において、 β は倍率、 d_i は面番号 i での可変面間隔値を表している。

【0064】

（条件式対応値）は、各条件式の対応値をそれぞれ示す。

【0065】

なお、以下の全ての諸元値において、掲載されている焦点距離 f 、曲率半径 r 、面間隔 d その他の長さ等は、特記の無い場合一般に「mm」が使われるが、光学系は比例拡大また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。また、単位は「mm」に限定されること無く他の適当な単位を用いることもできる。さらに、これらの記号の説明は、以降の他の実施例においても同様とし説明を省略する。

【0066】

（表 1）

（面データ）

面番号	r	d	nd	v_d
物面	∞	∞		
1	73.891	2.60	1.816000	46.62
2	27.700	6.76		
3	49.000	2.10	1.772499	49.60
4	33.000	0.20	1.553890	38.09
5*	27.934	7.00		
6	50.506	1.60	1.516798	64.19
7	34.995	7.50		
8	57.039	6.50	1.903660	31.31
9	-200.242	（可変）		
10	-83.075	1.30	1.804000	46.57
11	110.383	0.20		
12	39.738	9.50	1.816000	46.62
13	-32.602	1.30	1.903660	31.31
14	-71.556	（可変）		

10

20

30

40

50

15 (絞り)	∞	7.59		
16	-19.723	1.30	1.846660	23.78
17	52.544	5.75	1.796680	45.34
18*	-45.713	2.25		
19	-815.305	6.18	1.816000	46.62
20	-30.532	0.20		
21	-47.278	3.71	1.834807	42.71
22	-31.720	(Bf)		
像面	∞			

10

(非球面データ)

第5面

$\kappa = 0.000000E+00$
 $A4 = -6.40090E-07$
 $A6 = -8.80370E-09$
 $A8 = 2.60940E-11$
 $A10 = -5.27010E-14$
 $A12 = 3.43880E-17$

第18面

$\kappa = 9.53200E-01$
 $A4 = 1.74250E-05$
 $A6 = 2.11710E-08$
 $A8 = -4.58740E-11$
 $A10 = 0.000000E+00$
 $A12 = 0.000000E+00$

20

(各種データ)

$f = 24.70$
 $FNO = 1.44$
 $2\omega = 82.34$
 $Y = 21.60$
 $TL = 129.83$
 $Bf = 38.10$

30

(可変間隔データ)

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	至近距離合焦状態
β	0.00	-0.0333	-0.20
d9	8.02	7.32	3.86
d14	10.17	10.00	9.13

40

(条件式対応値)

(1) $f_r / (-f_1) = 0.131$
(2) $n_{1p} = 1.904$
(3) $v_{1p} = 31.31$
(4) $\Delta_3 / \Delta_2 = 1.25$
(5) $n_{2n} = 1.804$
(6) $v_{2n} = 46.57$
(5) $n_{2n} = 1.904$
(6) $v_{2n} = 31.31$

【0067】

50

図 2 は、第 1 実施例に係る広角レンズの諸収差図を示し、(a) は無限遠合焦時 ($\beta = 0.00$)、(b) は中間距離合焦時 ($\beta = -0.0333$)、(c) は至近距離合焦時 ($\beta = -0.20$) の諸収差図をそれぞれ示す。

【0068】

各収差図において、FNO は F ナンバー、Y は像高、NA は開口数をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応する F ナンバー又は開口数の値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各像高の値を示す。また D は d 線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、G は g 線 ($\lambda = 435.8 \text{ nm}$) をそれぞれ示す。そして非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。

10

【0069】

なお、以降の実施例においても同様の記号を使用し、以降の説明を省略する。

【0070】

各収差図より第 1 実施例に係る広角レンズは、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がわかる。

【0071】

(第 2 実施例)

図 3 は、第 2 実施例に係る広角レンズの構成を示す図である。

【0072】

第 2 実施例に係る広角レンズは、光軸に沿って物体側から順に、負屈折力の第 1 レンズ群 G 1 と、最も物体側に負屈折力のレンズ成分を有する正屈折力の第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3 とから構成されている。

20

【0073】

無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際し、第 1 レンズ群 G 1 は固定され、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 は共に物体方向へ移動する。その際、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 を同じ速度で移動する。

【0074】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 3 と、両凸形状の正レンズ L 1 4 とから構成されており、負メニスカスレンズ L 1 2 の像面 I 側のレンズ面が非球面で構成されている。

30

【0075】

第 2 レンズ群 G 2 は、両凹形状の負レンズ L 2 1 と、両凸形状の正レンズ L 2 2 と像面 I 側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 3 との接合レンズとから構成されている。

【0076】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凹形状の負レンズ L 3 1 と両凸形状の正レンズ L 3 2 との接合レンズと、像面 I 側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 3 と、像面 I 側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 4 とから構成され、正レンズ L 3 2 の像面 I 側のレンズ面が非球面で構成されている。

【0077】

また、第 1 レンズ群 G 1 の正レンズ L 1 4 は、屈折率 1.800 以上、アッペ数 28.00 以上の正レンズである。また、第 2 レンズ群 G 2 の負レンズ L 2 1 と負メニスカスレンズ L 2 3 とは、屈折率 1.800 以上、アッペ数 28.00 以上の負レンズである。

40

【0078】

以下の表 2 に、第 2 実施例に係る広角レンズの諸元値を掲げる。

【0079】

(表 2)

(面データ)

面番号	r	d	nd	v d
物面	∞	∞		

50

1	71.381	2.60	1.816000	46.62
2	27.700	6.50		
3	49.000	2.10	1.772499	49.60
4	33.091	0.20	1.553890	38.09
5*	28.266	7.50		
6	61.089	1.60	1.677900	55.34
7	40.806	7.54		
8	58.597	6.90	1.903660	31.31
9	-154.849	(可変)		
10	-84.613	1.30	1.804398	39.58
11	94.369	0.20		
12	38.563	10.00	1.834807	42.71
13	-30.025	1.30	1.903660	31.31
14	-76.967	9.73		
15 (絞り)	∞	7.51		
16	-19.831	1.53	1.846660	23.78
17	46.294	5.80	1.796680	45.34
18*	-48.289	2.10		
19	-786.528	5.35	1.834807	42.71
20	-35.668	0.20		
21	-56.904	4.53	1.816000	46.62
22	-30.249	(Bf)		
像面	∞			

10

20

(非球面データ)

第5面

$\kappa = 0.000000E+00$
 $A4 = -3.53870E-07$
 $A6 = -5.71790E-09$
 $A8 = 1.28080E-11$
 $A10 = -2.38080E-14$
 $A12 = 9.92360E-18$

30

第18面

$\kappa = 4.40450E+00$
 $A4 = 2.05870E-05$
 $A6 = 2.25240E-08$
 $A8 = -2.74850E-11$
 $A10 = 0.000000E+00$
 $A12 = 0.000000E+00$

40

(各種データ)

$f = 24.70$
 $FNO = 1.45$
 $2\omega = 82.34$
 $Y = 21.60$
 $TL = 130.54$
 $Bf = 38.10$

(可変間隔データ)

50

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	至近距離合焦状態
β	0.00	-0.0333	-0.23
d9	7.95	7.12	2.21

(条件式対応値)

$$(1) \quad f r / (-f 1) = 0.088$$

$$(2) \quad n 1 p = 1.904$$

$$(3) \quad v 1 p = 31.31$$

$$(4) \quad \Delta 3 / \Delta 2 = 1.00$$

$$(5) \quad n 2 n = 1.804$$

$$(6) \quad v 2 n = 39.58$$

$$(5) \quad n 2 n = 1.904$$

$$(6) \quad v 2 n = 31.31$$

【0080】

図4は、第2実施例に係る広角レンズの諸収差図を示し、(a)は無遠合焦時($\beta = 0.00$)、(b)は中間距離合焦時($\beta = -0.0333$)、(c)は至近距離合焦時($\beta = -0.23$)の諸収差図をそれぞれ示す。

【0081】

各収差図より第2実施例に係る広角レンズは、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がわかる。

【0082】

(第3実施例)

図5は、第3実施例に係る広角レンズの構成を示す図である。

【0083】

第3実施例に係る広角レンズは、光軸に沿って物体側から順に、負屈折力の第1レンズ群G1と、最も物体側に負屈折力のレンズ成分を有する正屈折力の第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正屈折力の第3レンズ群G3とから構成されている。

【0084】

無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際し、第1レンズ群G1は固定され、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3は共に物体方向へ移動する。その際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3を同じ速度で移動する。

【0085】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL13と、両凸形状の正レンズL14とから構成されており、負メニスカスレンズL12の像面I側のレンズ面が非球面で構成されている。

【0086】

第2レンズ群G2は、両凹形状の負レンズL21と、両凸形状の正レンズL22と像面I側に凸面を向けた負メニスカスレンズL23との接合レンズとから構成されている。

【0087】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL31と両凸形状の正レンズL32との接合レンズと、像面I側に凸面を向けた正メニスカスレンズL33と、像面I側に凸面を向けた正メニスカスレンズL34とから構成され、正レンズL32の像面I側のレンズ面が非球面で構成されている。

【0088】

また、第1レンズ群G1の正レンズL14は、屈折率1.800以上、アッペ数28.00以上の正レンズである。また、第2レンズ群G2の負レンズL21と負メニスカスレンズL23とは、屈折率1.800以上、アッペ数28.00以上の負レンズである。

【0089】

以下の表3に、第3実施例に係る広角レンズの諸元値を掲げる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 0 】

(表 3)

(面 データ)

面 番 号	r	d	nd	v d
物 面	∞	∞		
1	71.222	2.60	1.816000	46.62
2	27.700	6.50		
3	49.000	2.10	1.772499	49.60
4	33.205	0.20	1.553890	38.09
5*	28.445	7.50		
6	62.675	1.60	1.677900	55.34
7	39.843	7.01		
8	57.696	6.90	1.903660	31.31
9	-164.253	(可 変)		
10	-79.560	1.30	1.804398	39.58
11	115.572	0.20		
12	40.616	10.00	1.834807	42.71
13	-29.306	1.30	1.903660	31.31
14	-72.850	10.29		
15 (絞 り)	∞	7.66		
16	-19.582	1.31	1.846660	23.78
17	47.476	5.80	1.796680	45.34
18*	-47.276	2.00		
19	-654.437	5.65	1.834807	42.71
20	-33.306	0.20		
21	-53.124	4.32	1.816000	46.62
22	-30.424	(Bf)		
像 面	∞			

10

20

30

(非 球 面 データ)

第5面

$\kappa = 0.000000E+00$
 $A4 = -4.39380E-07$
 $A6 = -5.61730E-09$
 $A8 = 1.31910E-11$
 $A10 = -2.48980E-14$
 $A12 = 1.17720E-17$

第18面

$\kappa = 4.25050E+00$
 $A4 = 2.09310E-05$
 $A6 = 2.23590E-08$
 $A8 = -2.91150E-11$
 $A10 = 0.000000E+00$
 $A12 = 0.000000E+00$

40

(各 種 データ)

$f = 24.70$
 $FNO = 1.44$
 $2\omega = 82.34$

50

Y = 21.60
 TL = 130.36
 Bf = 38.10

(可変間隔データ)

	無限遠合焦状態	中間距離合焦状態	至近距離合焦状態
β	0.00	-0.0333	-0.25
d9	7.82	7.00	1.52

(条件式対応値)

10

(1) $f r / (-f 1) = 0.137$

(2) $n 1 p = 1.904$

(3) $v 1 p = 31.31$

(4) $\Delta 3 / \Delta 2 = 1.00$

(5) $n 2 n = 1.804$

(6) $v 2 n = 39.58$

(5) $n 2 n = 1.904$

(6) $v 2 n = 31.31$

【0091】

図6は、第3実施例に係る広角レンズの諸収差図を示し、(a)は無無限遠合焦時 ($\beta = 0.00$)、(b)は中間距離合焦時 ($\beta = -0.0333$)、(c)は至近距離合焦時 ($\beta = -0.25$) の諸収差図をそれぞれ示す。

20

【0092】

各収差図より第3実施例に係る広角レンズは、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がわかる。

【0093】

以上のように、本実施形態によれば、最大画角が80°以上の広画角かつ開放F値が1.4程度の大口徑を有し、より高性能かつ一眼レフレックスカメラやデジタルカメラ等に好適な広角レンズを提供することができる。

【0094】

30

次に、本実施形態に係る広角レンズを搭載したカメラについて説明する。なお、第1実施例に係る広角レンズを搭載した場合について説明するが、他の実施例でも同様である。

【0095】

図7は、第1実施例に係る広角レンズを備えたカメラの構成を示す図である。

【0096】

図7において、カメラ1は、撮影レンズ2として第1実施例に係る広角レンズを備えたデジタル一眼レフカメラである。カメラ1において、不図示の物体(被写体)からの光は、撮影レンズ2で集光されて、クイックリターンミラー3を介して焦点板4に結像される。そして焦点板4に結像されたこの光は、ペンタプリズム5中で複数回反射されて接眼レンズ6へ導かれる。これにより撮影者は、被写体像を接眼レンズ6を介して正立像として観察することができる。

40

【0097】

また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、クイックリターンミラー3が光路外へ退避し、不図示の被写体からの光は撮像素子7へ到達する。これにより被写体からの光は、撮像素子7によって撮像されて、被写体画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者はカメラ1による被写体の撮影を行うことができる。

【0098】

カメラ1に撮影レンズ2として第1実施例に係る広角レンズを搭載することにより、高い性能を有するカメラを実現することができる。

【0099】

50

なお、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

【0100】

実施例では、3群構成を示したが、4群、5群等の他の群構成にも適用可能である。具体的には、最も物体側に正または負のレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像側に正または負のレンズまたはレンズ群を追加した構成が挙げられる。

【0101】

また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としても良い。

【0102】

また、前記合焦レンズ群はオートフォーカスにも適用出来、オートフォーカス用の(超音波モーター等の)モーター駆動にも適している。特に第2、第3レンズ群を合焦レンズ群とするのが好ましい。

【0103】

また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に垂直な方向に振動させて、手ぶれによって生じる像ぶれを補正する防振レンズ群としても良い。特に第2又は第3レンズ群の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

【0104】

また、レンズ面を非球面としても構わない。また、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。

【0105】

また、開口絞りは第3レンズ群近傍に配置されるのが好ましいが、第2レンズ群近傍に配置することも可能であり、また開口絞りとしての部材は設けずにレンズ枠でその役割を代用しても良い。

【0106】

また、各レンズ面には、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜が施されれば、フレアやゴーストを軽減し高いコントラストの高い光学性能を達成できる。

【0107】

また、本実施形態の光学系は、第1レンズ群が正のレンズ成分を1つと負のレンズ成分を2つ有するのが好ましい。また、第1レンズ群は、物体側から順に、負負負正または負負正の順番にレンズ成分を、空気間隔を介在させて配置するのが好ましい。

【0108】

また、本実施形態の光学系は、第2レンズ群が正のレンズ成分を1つと負のレンズ成分を1つ有するのが好ましい。また、第2レンズ群は、物体側から順に、負正の順番にレンズ成分を、空気間隔を介在させて配置するのが好ましい。

【0109】

また、本実施形態の光学系は、第3レンズ群が正のレンズ成分を1つと負のレンズ成分を2つ有するのが好ましい。また、第3レンズ群は、物体側から順に、負正正の順番にレンズ成分を、空気間隔を介在させて配置するのが好ましい。

【0110】

また、本願において、「物体側から順に」とは、最も物体側から順にとは限らない。また、「レンズ群」とは、変倍時に変化する空気間隔で分離された少なくとも1枚のレンズで構成された部分を言う。

【0111】

なお、本発明を分かり易く説明するために実施形態の構成要件を付して説明したが、本発明はこれに限定されるものでない。

【符号の説明】

【0112】

G 1 第1レンズ群

G 2 第2レンズ群

10

20

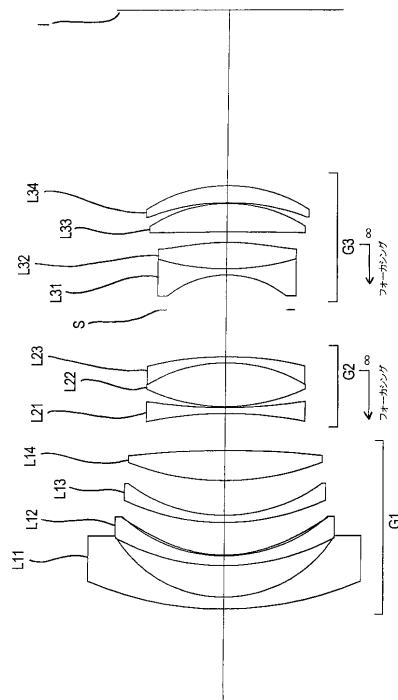
30

40

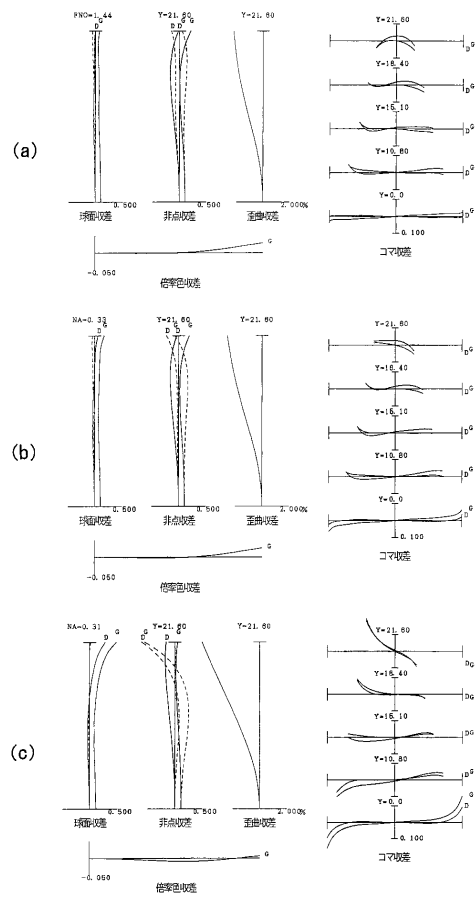
50

- G 3 第 3 レンズ 群
 L 1 1 負 メ ニ ス カ ス レ ン ズ
 L 1 2 負 メ ニ ス カ ス レ ン ズ
 L 1 3 負 メ ニ ス カ ス レ ン ズ
 L 1 4 正 レ ン ズ
 L 2 1 負 レ ン ズ
 L 2 3 負 メ ニ ス カ ス レ ン ズ
 S 開 口 絞 り
 I 像 面
 1 カ メ ラ

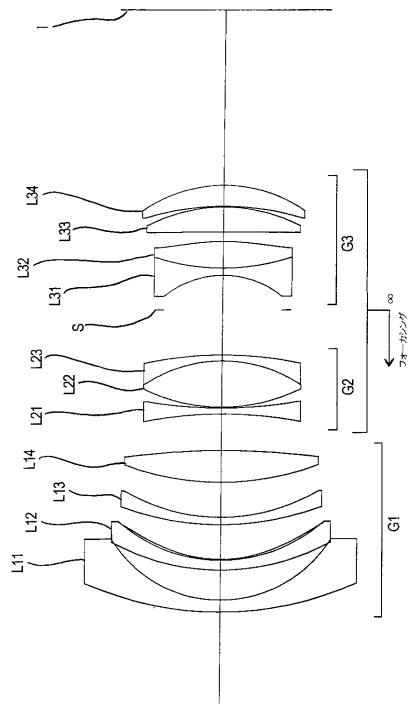
【 図 1 】



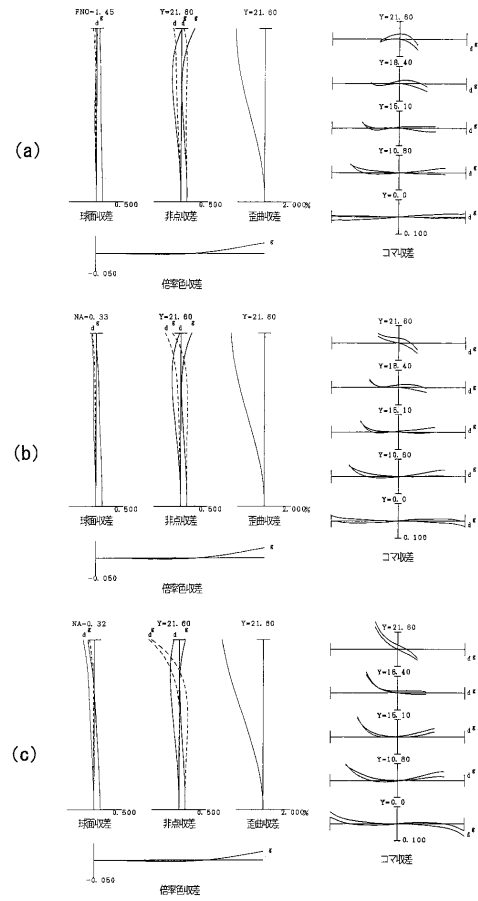
【 図 2 】



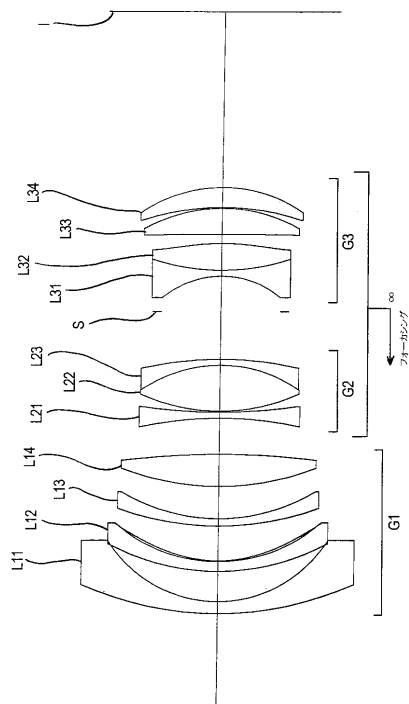
【図 3】



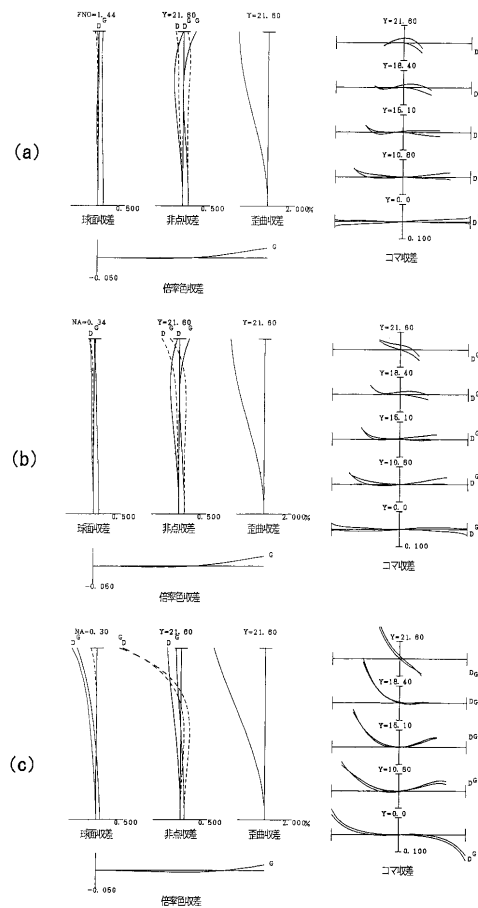
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

