

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4096399号
(P4096399)

(45) 発行日 平成20年6月4日(2008.6.4)

(24) 登録日 平成20年3月21日(2008.3.21)

(51) Int. Cl. F 1
G 0 2 B 15/20 (2006.01) G 0 2 B 15/20
G 0 2 B 13/18 (2006.01) G 0 2 B 13/18

請求項の数 13 (全 22 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平10-97972 (22) 出願日 平成10年4月9日(1998.4.9) (65) 公開番号 特開平11-295597 (43) 公開日 平成11年10月29日(1999.10.29) 審査請求日 平成17年4月11日(2005.4.11)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 (72) 発明者 佐藤 治夫 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 瀬川 勝久</p> <p>(56) 参考文献 特開平09-230237 (JP, A) 特開平10-031156 (JP, A) 特開平08-146294 (JP, A) 特開平07-270685 (JP, A) 特開昭64-007013 (JP, A) 特開昭64-007012 (JP, A) 最終頁に続く</p>
---	---

(54) 【発明の名称】 大口径ズームレンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、その像側に第3レンズ群G3を含む1つまたは複数のレンズ群を有し、前記第1レンズ群G1と前記第2レンズ群G2との空気間隔を変化させることによって変倍するズームレンズにおいて、前記第2レンズ群G2は、物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズを含む負レンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた負レンズ成分L2、正レンズ成分L3、負レンズ成分L4、正レンズ成分L5とからなり、無限遠方から近距離物点への合焦に際し、前記第2レンズ群G2を物体方向に移動することにより合焦するか、または前記第3レンズ群G3を像面方向に移動することにより合焦するか、またはその両方を組み合わせて前記第2レンズ群G2を物体方向に移動し、同時に前記第3レンズ群G3を像面方向に移動することにより合焦し、以下の条件式(1)および条件式(2)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(1) 0 < n_4 - n_5 < 0.4$$

$$(2) 0.06 < \frac{5}{|l|} < 0.5$$

但し、

n_4 : 前記負レンズ成分L4中の負レンズのd線に対する屈折率

n_5 : 前記正レンズ成分L5中の正レンズのd線に対する屈折率

l : 前記第2レンズ群G2の全体の屈折力

5 : 前記第2レンズ群G2中の正レンズ成分L5の屈折力

【請求項 2】

請求項 1 に記載のズームレンズにおいて、前記第 2 レンズ群 G 2 中の負レンズ成分 L 4 が、像側に凸面を向けた負メニスカス形状を有していることを特徴とするズームレンズ。

【請求項 3】

物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、その像側に第 3 レンズ群 G 3 を含む 1 つまたは複数のレンズ群を有し、前記第 1 レンズ群 G 1 と前記第 2 レンズ群 G 2 との空気間隔を変化させることによって変倍するズームレンズにおいて、前記第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズを含む負レンズ成分 L 1 と、物体側に凹面を向けた負レンズ成分 L 2、正レンズ成分 L 3、負レンズ成分 L 4、正レンズ成分 L 5 とからなり、前記負レンズ成分 L 4 が、像側に凸面を向けた負メニスカス形状を有し、以下の条件式 (1) および条件式 (2) を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(1) 0 < n 4 - n 5 < 0 . 4$$

$$(2) 0 . 0 6 < 5 / | \quad | | < 0 . 5$$

但し、

n 4 : 前記負レンズ成分 L 4 中の負レンズの d 線に対する屈折率

n 5 : 前記正レンズ成分 L 5 中の正レンズの d 線に対する屈折率

| | : 前記第 2 レンズ群 G 2 の全体の屈折力

5 : 前記第 2 レンズ群 G 2 中の正レンズ成分 L 5 の屈折力

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式 (3) を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(3) - 5 < (r b + r a) / (r b - r a) < 0 . 5$$

但し、

r a : 前記第 2 レンズ群 G 2 中の正レンズ成分 L 5 の物体側の面の曲率半径

r b : 前記正レンズ成分 L 5 の像側の面の曲率半径

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 に記載のズームレンズにおいて、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。

$$(4) 0 . 0 5 < 3 - 4 / \quad | | < 0 . 5$$

但し、

3-4 : 前記第 2 レンズ群 G 2 中の正レンズ成分 L 3 と、前記第 2 レンズ群中の負レンズ成分 L 4 との間の空気間隔に形成される空気レンズ L 3-4 の屈折力

| | : 前記第 2 レンズ群 G 2 の全体の屈折力

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 に記載のズームレンズにおいて、前記第 2 レンズ群 G 2 中の正レンズ成分 L 3 と、前記第 2 レンズ群中の負レンズ成分 L 4 との間の空気間隔に形成される空気レンズ L 3 - 4 が、像側に凸面を向けた正メニスカス形状を有していることを特徴とするズームレンズ。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 に記載のズームレンズにおいて、以下の条件式 (5) を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(5) 1 . 5 < (n 3 + n 5) / 2 < 1 . 8$$

但し、

n 3 : 前記第 2 レンズ群 G 2 中の正レンズ成分 L 3 中の正レンズの d 線に対する屈折率

n 5 : 前記第 2 レンズ群 G 2 の正レンズ成分 L 5 中の正レンズの d 線に対する屈折率

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 に記載のズームレンズにおいて、前記第 2 レンズ群 G 2 中の負レンズ成分 L 2 が、少なくとも 1 つの、正レンズ L P と負レンズ L N の接合からなる接合負レンズを有し、以下の条件式 (6) を満足することを特徴とするズームレンズ。

10

20

30

40

50

(6) $0.05 < n_N - n_P < 0.3$

但し、

n_P : 前記接合負レンズ中の正レンズL Pのd線に対する屈折率

n_N : 前記接合負レンズ中の負レンズL Nのd線に対する屈折率

【請求項9】

請求項1乃至請求項8に記載のズームレンズにおいて、前記第2レンズ群G2中の負レンズ成分L4中の負レンズは、物体側に凹面を向けた形状であり、さらに、前記物体側の凹面が、中心部から周辺に向かって曲率が弱くなる形状の非球面であることを特徴とするズームレンズ。

【請求項10】

請求項1乃至請求項9に記載のズームレンズにおいて、前記第2レンズ群G2中に非球面レンズを有することを特徴とするズームレンズ。

【請求項11】

請求項1乃至請求項10に記載のズームレンズにおいて、前記第2レンズ群G2中の負レンズ成分L4は非球面を有することを特徴とするズームレンズ。

【請求項12】

請求項1乃至請求項11に記載のズームレンズにおいて、前記第2レンズ群G2と前記第3レンズ群G3との間に開口絞りを有することを特徴とするズームレンズ。

【請求項13】

請求項1乃至請求項12に記載のズームレンズにおいて、物体側から順に、前記第1レンズ群G1と、前記第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを有することを特徴とするズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は大画角を有する大口径高倍率ズームレンズに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、正・負群から始まる所謂標準ズームレンズは多数提案されており、例えば特開昭57-168209号公報等がある。また、大口径を有する高倍率ズームレンズも幾つか提案されており、本発明と同一の出願人が以前提案した特開平4-208911号公報及び特平4-208912号公報がある。この特許公開公報に開示されたズームレンズにおいては、画角 $2\theta = 62^\circ$ をカバーし、約3倍の変倍比を有し、かつ全域F2.8のFナンバーと、標準ズームレンズとしては大口径を有していた。また、特開平6-281862号公報においては、正負正正正構成の5群構成の大口径ズームレンズが提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開昭57-168209号公報に開示されたズームレンズは、口径はF3.5~4.5と小さく、画角も 62° 程度までしかカバーしていなかった。また、収差的に見ても球面収差や非点収差の変倍による変動が補正しきれておらず、コマ収差の変動も残留しており、該光学系の構成、屈折力配置のままでは、画角 $2\theta = 75^\circ$ を越えた大口径・広角ズームレンズを実現する事は困難である。また、特開平4-208911号公報及び特開平4-208912号公報、特開平6-281862号公報に開示されている大口径ズームレンズは、収差補正上は良好なレベルにあり、口径はF2.8と大きいのが、広角端の画角が 62° 程度までしかカバーされておらず、変倍比も2.5~3倍程度であり、さらなる大画角化、高変倍率化が望まれていた。

【0004】

そこで本発明は、上記の諸問題を解決し、大画角をカバーし、変倍比が3.5倍を越え、FナンバーがF2.8程度の口径を有する高性能なズームレンズを提供することを目的としている。

10

20

30

40

50

【0005】

上記目的を達成するために本発明は、

物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、その像側に第3レンズ群G3を含む1つまたは複数のレンズ群を有し、前記第1レンズ群G1と前記第2レンズ群G2との空気間隔を変化させることによって変倍するズームレンズにおいて、前記第2レンズ群G2は、物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズを含む負レンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた負レンズ成分L2、正レンズ成分L3、負レンズ成分L4、正レンズ成分L5とからなり、無限遠方から近距離物点への合焦に際し、前記第2レンズ群G2を物体方向に移動することにより合焦するか、または前記第3レンズ群G3を像面方向に移動することにより合焦するか、またはその両方を組み合わせて前記第2レンズ群G2を物体方向に移動し、同時に前記第3レンズ群G3を像面方向に移動することにより合焦し、以下の条件式(1)および条件式(2)

$$(1) 0 < n_4 - n_5 < 0.4$$

$$(2) 0.06 < \frac{5}{|l|} < 0.5$$

但し、

n_4 : 前記負レンズ成分L4中の負レンズのd線に対する屈折率

n_5 : 前記正レンズ成分L5中の正レンズのd線に対する屈折率

l : 前記第2レンズ群G2の全体の屈折力

5 : 前記第2レンズ群G2中の正レンズ成分L5の屈折力

を満足するような構成を採用するか、または、

物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、その像側に第3レンズ群G3を含む1つまたは複数のレンズ群を有し、前記第1レンズ群G1と前記第2レンズ群G2との空気間隔を変化させることによって変倍するズームレンズにおいて、前記第2レンズ群G2は、物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズを含む負レンズ成分L1と、物体側に凹面を向けた負レンズ成分L2、正レンズ成分L3、負レンズ成分L4、正レンズ成分L5とからなり、前記負レンズ成分L4が、像側に凸面を向けた負メニスカス形状を有し、以下の条件式(1)および条件式(2)

$$(1) 0 < n_4 - n_5 < 0.4$$

$$(2) 0.06 < \frac{5}{|l|} < 0.5$$

但し、

n_4 : 前記負レンズ成分L4中の負レンズのd線に対する屈折率

n_5 : 前記正レンズ成分L5中の正レンズのd線に対する屈折率

l : 前記第2レンズ群G2の全体の屈折力

5 : 前記第2レンズ群G2中の正レンズ成分L5の屈折力

を満足するような構成を採用することにより、問題の解決を図るものである。

【0006】

【発明の実施の形態】

まず、本発明の基本的な構造から説明する。

従来は、変倍比の高倍率化、広角端の大画角化、大口径化を図るためには、第2レンズ群G2全体の屈折力を弱く使用する事によって特に望遠端の球面収差、コマ収差を良好に補正し、広角端の下方コマ収差、非点収差、歪曲を良好に補正する方法が採られてきた。

【0007】

これに対し、本発明では第2レンズ群G2の屈折力を比較的強くすることで、その仕様に比較して小型で、大口径および高変倍比、大画角を同時に満足することが可能な、従来までの凸先行型のズームレンズには無い構成及び各レンズ成分の屈折力配置の新たなレンズタイプを見出したものである。

本発明の第2レンズ群G2は、物体側から順に、負負正負正の5つのレンズ成分から成っており、特に3番目から5番目の、正負正の3つのレンズ成分が、大口径化、高変倍率化、大画角化を同時に満たすための重要な要素になっている。

【 0 0 0 8 】

まず、第2レンズ群G2中の負レンズ成分L1及び負レンズ成分L2は、主に広角側の歪曲、像面湾曲、下方コマ収差等の軸外収差の補正に重点をおき、望遠側の下方コマ収差および球面収差は、正レンズ成分L3、負レンズ成分L4、正レンズ成分L5の組み合わせにより補正される。

また、本発明の第2レンズ群G2は、その周囲に変倍に必要な十分な空気間隔を確保し、さらに諸収差を良好に補正するために、レトロフォーカスタイプの構成および屈折力配置を有している。従って、第2レンズ群G2の3番目から5番目までレンズ成分による構成は、レトロフォーカスタイプのマスターレンズ部分を正負正の構成にしたものと考えることができ、正レンズ成分L3と負レンズ成分L4およびその間の空気レンズによって、主に広角側から望遠端までの球面収差、下方コマ収差を補正し、さらに正レンズ成分L5を適切な屈折力と形状にする事によって、主に望遠側の球面収差をはじめとする軸上収差を良好に補正することができる。

10

【 0 0 0 9 】

また第2レンズ群G2の屈折力を強くし、なおかつ像面湾曲を良好に補正するためには、全系のペッツパール和を適切な正の値に保つ必要があるため、第2レンズ群G2の負レンズは高屈折率の硝子を使用し、第2レンズ群G2の正レンズには、前記第2レンズ群G2中の負レンズより低い屈折率を有する硝子を使用することが、従来のズームレンズ以上に重要かつ必要な条件になる。

【 0 0 1 0 】

ここで重要な点は、正レンズ成分L5と負レンズ成分L4の屈折率の大小関係である。より球面収差を良好に補正するためには、負レンズ成分L4中の負レンズの屈折率 n_4 は、正レンズ成分L5中の正レンズの屈折率 n_5 よりも大きいことが必要になる。この時、 n_4 と n_5 は、条件式(1)を満足していることが望ましい。この条件式(1)は、像面湾曲と、球面収差の補正を両立するための条件であり、条件式1の値がその上限を上回る場合、全系のペッツパール和が著しく大きくなり、負の像面湾曲が増加するため好ましくない。また、結果的に正レンズ成分L5中にある正レンズの屈折率が著しく小さくなるため、各レンズ面の曲率が強くなり、高次の球面収差が発生し、特に望遠側の球面収差の補正が困難になり好ましくない。なお、条件式(1)の上限値を0.35以下に設定すると、より良好な像面湾曲と球面収差の補正が実現できる。さらに条件式(1)の上限値を0.3以下に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮できる。

20

30

【 0 0 1 1 】

また、条件式(1)の値がその下限を下回る場合、全系のペッツパール和が著しく小さくなり、正の像面湾曲が増加し好ましくない。なお、条件式(1)の下限値を0.005以上に設定すると、より良好な像面湾曲の補正が実現できる。また、条件式(1)の下限値を0.01以上に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮できる。

【 0 0 1 2 】

次に本発明においては、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$(2) \quad 0.06 < 5 / | \quad | | < 0.5$$

但し、

|| : 前記第2レンズ群G2の全体の屈折力

5 : 前記第2レンズ群G2中の正レンズ成分L5の屈折力

この条件式(2)は、球面収差をはじめとする各収差の補正と、容易な製造条件を両立するための条件式である。

【 0 0 1 3 】

条件式(2)の値がその上限を上回る場合、正レンズ成分L5の屈折力が著しく大きくなり、高次の球面収差が発生し、結果的に負レンズL4の屈折力も著しく大きくなり、コマ収差及び球面収差の良好な補正が困難になる。また、もし各収差の補正状況が許容範囲になっても、各レンズエレメントの屈折力が非常に強くなり、偏心許容量が著しく小さくなるため、製造困難になり好ましくない。なお、条件式(2)の上限値を0.4以下に設定

40

50

すると、より良好な収差補正と、容易な製造条件が実現できる。また、条件式 2 の上限値を 0.3 以下に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮できる。

【0014】

また、条件式 (2) 値がその下限を下回る場合、正レンズ成分 L5 の屈折力が著しく小さくなり、球面収差を初めとする諸収差に対する補正効果が著しく減少する上に、全系のペッツバル和を適切に設定できなくなり好ましくない。なお、条件式 (2) の下限値を 0.09 以上に設定すると、より適切なペッツバル和の設定と良好な球面収差の補正が実現できる。また、条件式 (2) の下限値を 0.1 以上に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮できる。

【0015】

次に本発明においては、以下の条件式 (3) を満足することが望ましい。

$$(3) -5 < (r_b + r_a) / (r_b - r_a) < 0.5$$

但し、

r_a : 前記第 2 レンズ群 G2 中の正レンズ成分 L5 の物体側の面の曲率半径

r_b : 前記正レンズ成分 L5 の像側の面の曲率半径

この条件式 (3) は、大口径化のため、球面収差をより良く補正するために、L5 の形状因子 (q ファクター) を適切に設定するための条件である。

【0016】

条件式 (3) の値がその上限を上回る場合、正レンズ成分 L5 のベンディング形状は両凸形状をこえ、物体側に凸面を向けた平凸形状へと近づく。このため、F ナンバーを決定する軸上光線に対する物体側の面の屈折角が著しく大きくなり、高次の球面収差が発生し、球面収差の良好な補正が困難になる。また、もし各収差の補正状況が許容範囲になっても、各レンズエレメントの屈折力が非常に強くなり、偏心許容量が著しく小さくなり、製造困難になり好ましくない。なお、条件式 (3) の上限値を 0 以下に設定すると、より良好な球面収差補正と、容易な製造条件が実現できる。また、条件式 (3) の上限値を -0.15 以下、さらに -0.3 以下に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮できる。

【0017】

また、条件式 (3) の値がその下限を下回る場合、正レンズ成分 L5 のベンディング形状は像側に凸面を向けた強い正メニスカス形状に変位するために、F ナンバーを決定する軸上光線に対する像側の面の屈折角が著しく大きくなり、高次の球面収差が発生し好ましくない。また、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間のデッドスペースの確保が困難になるため好ましくない。なお、条件式 (3) の下限値を -2 以上に設定すると、より良好な球面収差の補正が実現できる。また条件式 2 の下限値を -1 以上に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮できる。

【0018】

次に本発明においては、以下の条件式 (4) を満足することが望ましい。

$$(4) 0.05 < 3-4 / \text{II} < 0.5$$

但し、

3-4 : 前記第 2 レンズ群 G2 中の正レンズ成分 L3 と、前記第 2 レンズ群中の負レンズ成分 L4 との間の空気間隔に形成される空気レンズ L3-4 の屈折力

II : 前記第 2 レンズ群 G2 の全体の屈折力

このとき、空気レンズの屈折力 3-4 とは、前記第 2 レンズ群 G2 中の正レンズ成分 L3 の最も像側の面の屈折力と、空気間隔を隔てて存在する前記第 2 レンズ群中の負レンズ成分 L4 の最も物体側の面の屈折力の、合成屈折力を表わす。

【0019】

この条件式 (4) は、各収差、特に広角側の下方コマ収差の補正と、容易な製造条件とを両立させるために、前記第 2 レンズ群 G2 中の正レンズ成分 L3 と、第 2 レンズ群中の負レンズ成分 L4 との間の空気間隔に形成される、空気レンズ L3-4 の屈折力 3-4 を適切に設定する条件である。すなわち、本発明において、第 2 レンズ群 G2 中の正レンズ成分 L3 の最も像側の面から負レンズ成分 L4 の最も物体側の面までの空気より形成された凸

10

20

30

40

50

形状の空間を、空気レンズ L3-4 と見た時、この空気レンズ L3-4 には、特に望遠側の球面収差、広角側の下方コマ収差、非点収差等に対して大きな補正効果が有ると考えられる。

【 0 0 2 0 】

したがって、条件式 (4) の値がその上限を上回る場合、空気レンズ L3-4 の屈折力が著しく大きくなり、高次の球面収差が発生し、結果的に負レンズ L 4 及び正レンズ成分 L 5 の屈折力も著しく大きくなって、特に広角側の下方コマ収差及び非点収差の良好な補正が困難になる。また、もし各収差の補正状況が許容範囲になっても、各レンズエレメントの屈折力が非常に強くなり、偏心許容量が著しく小さくなるため、製造困難になり好ましくない。なお、条件式 (4) の上限値を 0 . 4 以下に設定すると、より良好な収差補正と、容易な製造条件が実現できる。また、条件式 (4) の上限値を 0 . 3 以下に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮できる。

10

【 0 0 2 1 】

また、条件式 (4) の値がその下限を下回る場合、正レンズ成分 L 3 の像側の面の曲率半径、および負レンズ L 4 の物体側の面の曲率半径、すなわち空気レンズ L3-4 の両面の曲率半径が比較的に近くなることを意味する。そして、曲率半径の絶対値が大きいときは、球面収差を初めとする諸収差に対する補正効果が著しく減少してしまい好ましくない。また曲率半径の絶対値が小さい時は、特に望遠側の球面収差および、広角側の下方コマ収差の高次収差成分が著しく発生してしまい、良好な収差補正が困難になるので好ましくない。なお、条件式 (4) の下限値を 0 . 1 以上に設定すると、より良好な球面収差の補正が実現できる。また、条件式 (4) の下限値を 0 . 2 以上に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮できる。

20

【 0 0 2 2 】

次に本発明においては、さらに良好に球面収差、下方コマ収差の補正を行なうために、前記空気レンズ L3-4 は、像側に凸面を向けた正メニスカス形状であることが望ましい。

次に本発明においては、F ナンバーを決定する軸上光線に対する各面の屈折角を著しく大きくせず、結果的に、高次を含む球面収差の補正を良好に保ちつつ軸外の収差補正を良好に行なうために、前記負レンズ成分 L 4 は像側に凸面を向けた負メニスカス形状をしていることが望ましい。

【 0 0 2 3 】

次に本発明においては、以下の条件式 (5) を満足することが望ましい。

$$(5) \quad 1 . 5 < (n 3 + n 5) / 2 < 1 . 8$$

但し、

n 3 : 前記第 2 レンズ群 G 2 中の正レンズ成分 L 3 中の正レンズの d 線に対する屈折率

n 5 : 前記第 2 レンズ群 G 2 の正レンズ成分 L 5 中の正レンズの d 線に対する屈折率

この条件式 (5) は、像面湾曲を適切に補正するために、第 2 レンズ群 G 2 中の正レンズ成分 L 3 及び正レンズ成分 L 5 の d 線に対する屈折率の平均値、すなわち第 2 レンズ群 G 2 中の主な凸レンズ成分の屈折率の適切な設定をする条件である。前記したとおり、本発明においては比較的 2 レンズ群を強い負の屈折力を使用するため、全系のペッツバール和を十分大きな正の値に保つことが必要となる。そのため、第 2 レンズ群 G 2 中の正レンズには、比較的低い屈折率を有する硝子を使用することが、従来のズームレンズ以上に必要になる。

40

【 0 0 2 4 】

条件式 (5) の値がその上限を上回る場合、前記したとおり最適な全系のペッツバール和を確保することが困難になり、結果的に像面湾曲及び非点収差が悪化し好ましくない。なお、条件式 (5) の上限値を 1 . 7 7 以下に設定すると、全系のペッツバール和をより適切に設定することが可能になり、また条件式 (5) の上限値を 1 . 7 6 以下に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮できる。

【 0 0 2 5 】

また、条件式 (5) の値がその下限を下回る場合、各正レンズ成分の屈折率が著しく小さ

50

くなるため、結果的に各面の曲率半径が小さい値をとるようになり、高次の球面収差が発生し好ましくない。なお、条件式(5)の下限値を1.55以上に設定すると、より良好な収差補正が実現できる。また条件式(5)の下限値を1.6以上に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮できる。

【0026】

次に本発明においては、球面収差および下方コマ収差をより良く補正し、また全系のペッツバル和を適切な値に設定するために、第2レンズ群G2中の負レンズ成分L2が、正レンズLPと負レンズLNとの接合よりなる接合負レンズを有することが望ましい。そしてそのうえで、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

【0027】

$$(6) \quad 0.05 < n_N - n_P < 0.3$$

但し、

n_P : 前記接合負レンズ中の正レンズLPのd線に対する屈折率

n_N : 前記接合負レンズ中の負レンズLNのd線に対する屈折率

この条件式(6)は、像面湾曲の補正と、各収差の波長ごとの補正状況の差を抑制することを両立させるための条件である。

【0028】

条件式(6)の値がその上限を上回る場合、正レンズLPと負レンズLNの屈折率差が著しく大きくなるために、全系のペッツバル和を適切な正の値に保つことは可能になる。しかしその結果、接合面の曲率半径が小さくなりすぎ、コマ収差の色(光の波長)による差、倍率色収差、球面収差の色(光の波長)による補正状況の差が発生し好ましくない。なお、条件式(6)の上限値を0.25以下に設定すると、前記した諸収差のより良好な収差補正が可能になり、また条件式(6)の上限値を0.2以下に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮できる。

【0029】

また、条件式(6)値がその下限を下回る場合、正レンズLPと負レンズLNの屈折率差が著しく小さくなるために、全系のペッツバル和を適切な正の値に保つことが困難になり、像面湾曲及び非点収差が悪化し好ましくない。また、球面収差、コマ収差をはじめとする諸収差が悪化し好ましくない。なお、条件式(6)の下限値を0.1以上に設定すると、より適切な全系のペッツバル和の設定が可能になり、また条件式(6)の下限値を0.12以上に設定すると、本発明の効果を最大限に発揮できる。

【0030】

また、前記負レンズLNの形状を両凹レンズとすれば、全系のペッツバル和を適切な正の値に保ったままで、正レンズLPと負レンズLNとの接合面の曲率半径をよりゆるやかにすることができるため、各収差の波長の違いによる補正状況の差をより抑制することが可能となり、本発明の効果を最大限に発揮できる。

次に本発明においては、特に下方コマ収差およびコマ収差の変倍による変動、非点収差を良好に補正するために、第2レンズ群G2中の負レンズ成分L4中の負レンズは、物体側に凹面を向け、その物体側の凹面が中心部から周辺に向かって、曲率が弱くなる形状の非球面を有することが望ましい。

【0031】

次に本発明においては、無限遠方から近距離物点への合焦に際し、球面収差、コマ収差、非点収差の近距離変動を最小にするために、第2レンズ群G2を物体方向に移動することにより合焦するか、または第3レンズ群G3を像面方向に移動することにより合焦するか、さらにまたはその両方を組み合わせて第2レンズ群G2を物体方向に、同時に第3レンズ群G3を像面方向に移動することにより合焦することが望ましい。さらに、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3をそれぞれ異なる移動比で移動させて合焦することにより、本発明の効果を最大限に発揮できる。

【0032】

【実施例】

10

20

30

40

50

以下、本発明の実施例について説明する。

図1は実施例1の構成及び、移動軌跡を示している。

実施例1は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4の四群構成である。

【0033】

第1レンズ群G1は、物体側から、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと正メニスカスレンズとの接合による接合正レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズより構成される。

第2レンズ群G2は物体側から、物体側に凸面を向け物体側に非球面を有する負メニスカス非球面レンズL1、物体側に凹面を向けた両凹レンズLNと両凸レンズLPとの接合によりなり物体側に凹面を向けた負メニスカス接合レンズL2、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3、物体側に非球面を有し、物体側に凹面を向けた負メニスカス非球面レンズL4、両凸レンズL5より構成される。

10

【0034】

そして第3レンズ群G3の直前に開口絞りSを設置し、第3レンズ群G3は3枚の両凸レンズと像側に凸面を向けた負メニスカスレンズより構成される。

第4レンズ群G4は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、両凹レンズと両凸レンズとの接合からなる接合正レンズ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ、両凹レンズ、物体側に非球面を有する両凸非球面レンズから構成される。

20

【0035】

変倍は、広角端から望遠端に向かって、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間の空気間隔が拡大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間の空気間隔が縮小し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間の空気間隔が、一旦縮小したのちに若干拡大するように、各群が物体方向にそれぞれ移動することによって行なう。

【0036】

また、近距離合焦は第3レンズ群G3を像方向に移動して行なう。さらに、近距離合焦時に第3レンズ群G3を像方向に移動すると同時に、第2レンズ群G2により像面湾曲の変動を補正できるだけの移動量を各焦点距離毎に求めて、第2レンズ群G2を物体方向に移動させつつ合焦すれば、近距離収差変動をほとんど解消することが可能である。

30

【0037】

以下に実施例1の諸元値を示す。ただし、fは焦点距離、FNOはFナンバー、 2θ は画角、Bfはバックフォーカスを示す。また、諸元表に示す非球面は、光軸から垂直方向の高さyにおける各非球面の頂点の接平面から光軸方向に沿った距離をS(y)とし、基準の曲率半径をR、円錐係数を κ 、n次の非球面係数をCnとするとき、以下の非球面式で与えられる。

$$S(y) = (y^2/R) / [1 + (1 - \kappa \cdot y^2/R^2)^{0.5}] \\ + C2 \cdot y^2 + C3 \cdot |y^3| + C4 \cdot y^4 \\ + C5 \cdot |y^5| + C6 \cdot y^6 + C7 \cdot |y^7| \\ + C8 \cdot y^8 + C10 \cdot y^{10} + C12 \cdot y^{12}$$

40

(但し、 a^*b の表記は、以下全て、aのb乗を表わすものとする。)

非球面の近軸曲率半径rは以下の式によって定義される。

$$r = 1 / (2 \cdot C2 + 1/R)$$

諸元表中の非球面には@印を付けており、r欄には近軸曲率半径を記載している。

【0038】

さらに、可変間隔表中のd0は、レンズ系の最も物体側の面から物体までの距離を表わす。

〔実施例1の諸元〕

f	29.0	~102.0			
FNO	2.9				
2 ω	76.2°	~23.3°			
面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数	
1	179.4636	2.5	1.860741	23.01	
2	100.4072	8	1.612720	58.54	10
3	667.1932	0.1			
4	66.1632	9.2	1.603001	65.42	
5	239.6919	d 5(可変)			
@ 6	178.2769	1.7	1.796681	45.37	
7	23.6895	8			
8	-64.1741	1.6	1.840421	43.35	
9	20.7275	8	1.688930	31.08	20
10	-70.0706	2			
11	-93.6222	3.5	1.740000	28.19	
12	-38.6957	4			
@13	-21.9206	1.8	1.772789	49.45	
14	-572.4789	0.1			
15	207.713	4	1.756920	31.62	
16	-76.0615	d16(可変)			30
17	∞	0.8		(開口絞り)	
18	89.1386	6.5	1.497820	82.52	
19	-69.8525	0.1			
20	522.1863	4.2	1.497820	82.52	
21	-88.2673	0.1			
22	172.0845	4.6	1.497820	82.52	
23	-98.2821	3.3			40
24	-39.3269	1.8	1.860741	23.01	

25	-59.0789	d25(可変)		
26	45.0337	6	1.651599	58.5
27	819.5046	0.8		
28	-382.3683	1.8	1.796681	45.37
29	32.579	12	1.516800	64.1
30	-48.4227	0.1		
31	-215.8507	5.35	1.603001	65.42
32	-59.8844	5.55		
33	-36.326	1.8	1.840421	43.35
34	44.7735	2		
@35	51.7855	7	1.796681	45.37
36	-66.6587	Bf		

10

第6面と第13面と第35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6面] $\kappa = -92.3715$ $C2 = 0$ $C3 = -1.2926 \times 10^{-5}$
 $C4 = 7.2674 \times 10^{-6}$ $C5 = 1.2339 \times 10^{-8}$
 $C6 = -6.0988 \times 10^{-9}$ $C7 = -9.7342 \times 10^{-11}$
 $C8 = 4.8570 \times 10^{-12}$ $C10 = 2.6005 \times 10^{-14}$
 $C12 = -3.6977 \times 10^{-17}$

[第13面] $\kappa = 1.0941$ $C2 = 0$
 $C4 = 5.2556 \times 10^{-6}$
 $C6 = 4.4703 \times 10^{-9}$
 $C8 = 4.4116 \times 10^{-11}$
 $C10 = 3.9015 \times 10^{-14}$

10

[第35面] $\kappa = 2.4379$ $C2 = 0$ $C3 = -2.7011 \times 10^{-7}$
 $C4 = -3.9029 \times 10^{-6}$ $C5 = 7.9464 \times 10^{-10}$
 $C6 = -2.4342 \times 10^{-9}$ $C7 = 1.6713 \times 10^{-11}$
 $C8 = 1.5773 \times 10^{-11}$ $C10 = -2.4836 \times 10^{-14}$
 $C12 = -1.2752 \times 10^{-17}$

20

〈可變間隔表:無限遠合焦狀態〉

焦点距離:	29.0	50.0	102.0
d0:	∞	∞	∞
d5:	0.71263	14.85796	45.49712
d16:	21.68347	8.58054	0.94922
d25:	11.62345	4.14840	5.62527
Bf:	38.39966	61.08405	74.95217

30

〈可變間隔表:中間距離合焦狀態〉

倍率:	-0.03333	-0.03333	-0.03333
d0:	814.6933	1416.4771	2839.5528
d5:	0.76123	14.85796	45.49712
d16:	22.60829	9.23510	1.83805
d25:	10.69863	3.49384	4.73644
Bf:	38.39966	61.08405	74.95217

40

〈可変間隔表:近距離合焦状態〉

倍率:	-0.07954	-0.10492	-0.14066
d0:	309.2301	393.027	504.6742
d5:	0.76123	14.85796	45.49712
d16:	23.91591	10.64842	4.70864
d25:	9.39101	2.08052	1.86585
Bf:	38.39966	61.08404	74.95219

10

〈開口絞り径〉

焦点距離:	29.0	50.0	102.0
開口絞り径:	25.2	30.4	34.7

〈条件対応値〉

- (1) $n_4 - n_5 = 0.01587$
- (2) $\Phi_5 / |\Phi_{II}| = 0.2567$
- (3) $(r_b + r_a) / (r_b - r_a) = -0.4639$
- (4) $\Phi_{3-4} / \Phi_{II} = 0.2552$
- (5) $(n_3 + n_5) / 2 = 1.748$
- (6) $n_N - n_P = 0.1515$

20

図2に示す収差図は、実施例1の広角端で無限遠合焦時の収差図である。これによれば、実施例1が、 76.2° という大画角まで、良好に収差補正が成されていることがわかる。

【0039】

また、図3に示す収差図は実施例1の中間焦点距離で無限遠合焦時の収差図である。これによれば、実施例1の中間焦点距離においても、広角端同様、良好な収差補正が成されていることがわかる。

30

さらに、図4に示す収差図は、実施例1の望遠端の無限遠合焦時の収差図である。これによれば、実施例1の望遠端においても、広角端同様、良好に収差補正が成されていることがわかる。

【0040】

但し各収差図においては、FNOはFナンバー、Aは半画角、d、gはそれぞれd線、g線の収差曲線であることを示している。また非点収差図において、実線はサジタル像面、点線はメリジオナル像面を示している。

次に、図5は、実施例2の構成及び、移動軌跡を示している。

40

実施例2は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4の四群構成である。

【0041】

第1レンズ群G1は物体側から、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと正メニスカスレンズとの接合による接合正レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズより構成される。

第2レンズ群G2は物体側から、物体側に凸面を向けた、物体側に非球面を有する負メニスカス非球面レンズL1、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズLPと両凹レンズLNとの接合よりなり、物体側に凹面を向けた負接合レンズL2、両凸レンズL3と、物体

50

側に凹面を向けた負メニスカスレンズL4、両凸レンズL5より構成される。

【0042】

そして第3レンズ群G3の直前に開口絞りSを設置し、第3レンズ群G3は物体側に非球面を有する両凸レンズ、両凸レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズより構成される。

第4レンズ群G4は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、両凹レンズと両凸レンズとの接合からなる接合正レンズ、両凸レンズ、両凹レンズ、物体側に非球面を有する両凸非球面レンズから構成される。

【0043】

変倍は、広角端から望遠端に向かって、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間の空気間隔が拡大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間の空気間隔が縮小し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間の空気間隔が、一旦縮小したのちに若干拡大するように、各群が物体方向にそれぞれ移動することによって行なう。

10

【0044】

また、近距離合焦は、第2レンズ群G2を物体方向に移動して行なう。さらに、近距離合焦時に第2レンズ群G2を像方向に移動すると同時に、第3レンズ群G3により像面湾曲の変動を補正できるだけの移動量を各焦点距離毎に求めて、第3レンズ群G3を像方向に移動させつつ合焦すれば、近距離収差変動をほとんど解消することが可能である。

【0045】

以下に実施例2の諸元値を示す。諸元表中の各記号は、全て実施例1の諸元表と同じである。

20

〔実施例2の諸元〕

f	29.0	~102.0			
FNO	2.9				
2 ω	76.2°	~23.3°			
面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数	
1	138.0338	2.5	1.860741	23.01	
2	86.2829	8	1.603001	65.42	10
3	310.5821	0.1			
4	62.6388	9	1.603001	65.42	
5	204.3354	d 5(可変)			
@ 6	-3985.3887	1.7	1.796681	45.37	
7	20.5519	8			
8	-60.718	5	1.648311	33.75	
9	-21.3495	1.6	1.840421	43.35	20
10	118.2802	2			
11	128.4049	5.5	1.730378	25.48	
12	-36.6183	2.7			
13	-21.7271	1.8	1.772789	49.45	
14	-56.8882	0.1			
15	509.6681	3.8	1.603420	38.03	
16	-81.5241	d16(可変)			30
17	∞	1.5		(開口絞り)	
@18	75.1277	9	1.497820	82.52	
19	-51.5709	0.1			
20	100.4141	6	1.497820	82.52	
21	-116.7426	0.1			
22	89.3601	4.5	1.487490	70.41	
23	1946.9335	4			40
24	-52.3935	1.8	1.846660	23.82	

25	-295.4965	d25(可変)		
26	53.3123	4	1.516800	64.1
27	149.8967	2		
28	-408.5247	1.8	1.796681	45.37
29	42.1073	11	1.617200	54.01
30	-44.0017	0.1		
31	93.5211	5.5	1.575010	41.42
32	-73.0627	3.76		
33	-39.4609	1.8	1.840421	43.35
34	39.4398	1.56		
@35	37.6363	7	1.516800	64.1
36	-78.0973	Bf		

10

第6面と第18面と第35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6面] $\kappa = 1000$ $C2 = 0$ $C3 = -4.7493 \times 10^{-6}$
 $C4 = 1.1274 \times 10^{-5}$ $C5 = -9.0459 \times 10^{-8}$
 $C6 = -7.5539 \times 10^{-9}$ $C7 = -1.5099 \times 10^{-11}$
 $C8 = 1.0870 \times 10^{-11}$ $C10 = 1.4277 \times 10^{-14}$
 $C12 = -1.6698 \times 10^{-17}$

[第13面] $\kappa = -2.0877$ $C2 = 0$
 $C4 = -3.5033 \times 10^{-7}$
 $C6 = -5.9962 \times 10^{-10}$
 $C8 = 5.6262 \times 10^{-13}$
 $C10 = -2.0998 \times 10^{-15}$

10

[第35面] $\kappa = 4.2672$ $C2 = 0$
 $C4 = -1.1752 \times 10^{-5}$
 $C6 = -2.5755 \times 10^{-8}$
 $C8 = 6.7913 \times 10^{-11}$
 $C10 = -3.5993 \times 10^{-13}$

20

〈可變間隔表:無限遠合焦狀態〉

焦点距離:	29.0	50.0	102.0
d0:	∞	∞	∞
d5:	2.73032	17.82507	47.26391
d16:	21.66578	8.84055	0.86957
d25:	11.66079	4.35968	5.30237
Bf:	37.99569	59.79923	74.92599

30

〈可變間隔表:中間距離合焦狀態〉

倍率:	-0.03333	-0.03333	-0.03333
d0:	815.5074	1405.3798	2783.5489
d5:	1.91335	17.12666	46.22722
d16:	22.48275	9.53896	1.90626
d25:	11.66079	4.35968	5.30237
Bf:	37.99569	59.79922	74.926

40

〈可変間隔表:近距離合焦状態〉

倍率:	-0.08036	-0.13138	-0.20951
d0:	308.6274	291.8555	254.3182
d5:	0.78592	15.14723	41.46521
d16:	23.61018	11.51839	6.66827
d25:	11.66079	4.35968	5.30237
Bf:	37.9957	59.79924	74.926

10

〈開口絞り径〉

焦点距離:	29.0	50.0	102.0
開口絞り径:	26.8	32.8	37.9

〈条件対応値〉

- (1) $n_4 - n_5 = 0.1694$
- (2) $\Phi_5 / |\Phi_{II}| = 0.1627$
- (3) $(r_b + r_a) / (r_b - r_a) = -0.7242$
- (4) $\Phi_{3-4} / \Phi_{II} = 0.2604$
- (5) $(n_3 + n_5) / 2 = 1.667$
- (6) $n_N - n_P = 0.1921$

20

図6に示す収差図は、実施例2の広角端で無限遠合焦時の収差図である。これによれば、実施例2が、 76.2° という大画角まで、良好な収差補正が成されていることがわかる。

【0046】

また、図7に示す収差図は、実施例2の中間焦点距離で無限遠合焦時の収差図である。これによれば、実施例2の中間焦点距離においても、広角端同様、良好な収差補正が成されていることがわかる。

30

さらに、図8に示す収差図は、実施例2の望遠端の無限遠合焦時の収差図である。これによれば、実施例2の望遠端においても、広角端同様、良好な収差補正が成されていることがわかる。

【0047】

但し各収差図においては、FNOはFナンバー、Aは半画角、d、gはそれぞれd線、g線の収差曲線であることを示している。また非点収差図において、実線はサジタル像面、点線はメリジオナル像面を示している。

【0048】

【発明の効果】

以上の如く本発明によれば、 $2 = 76^\circ$ 程度の大画角を有し、かつ、F2.8程度の大きな口径を有し、3.5倍を越える変倍比を有する比較的小型の大口径・広角ズームレンズを達成することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の構成及び移動軌跡を示した図

【図2】実施例1の広角端の無限遠合焦時の収差図

【図3】実施例1の中間焦点距離の無限遠合焦時の収差図

【図4】実施例1の望遠端の無限遠合焦時の収差図

【図5】実施例2の構成及び移動軌跡を示した図

50

【図6】実施例2の広角端の無限遠合焦時の収差図

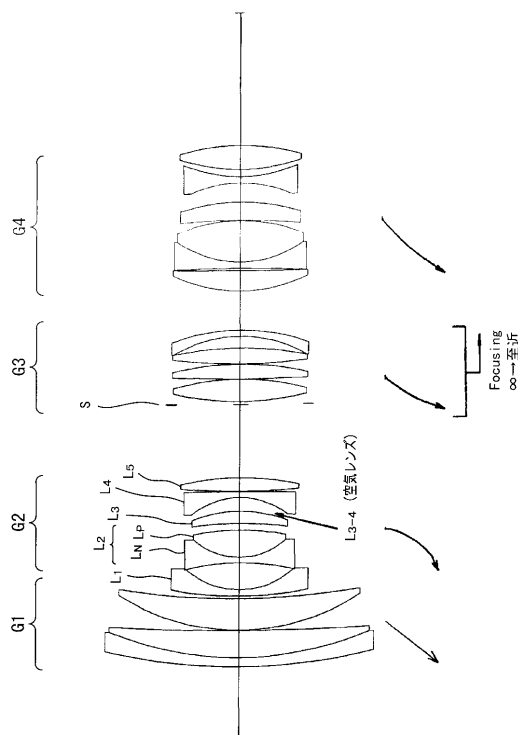
【図7】実施例2の中間焦点距離の無限遠合焦時の収差図

【図8】実施例2の望遠端の無限遠合焦時の収差図

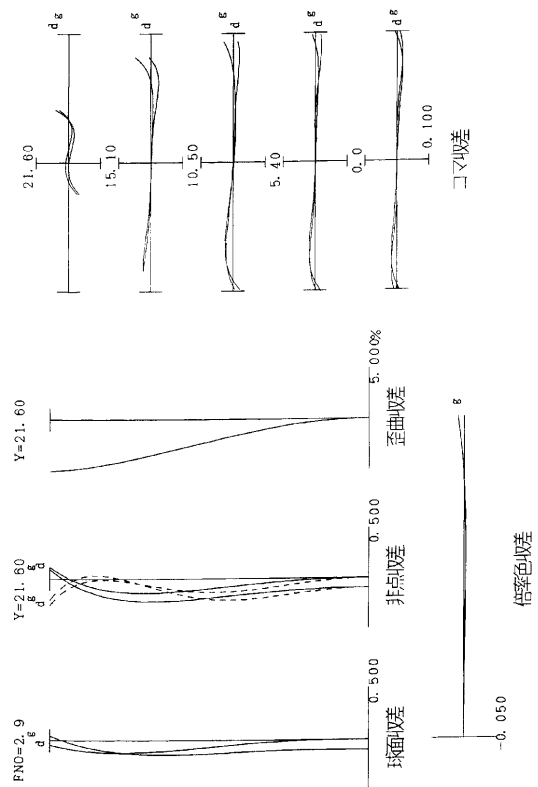
【符号の説明】

- G 1 第1レンズ群
- G 2 第2レンズ群
- G 3 第3レンズ群
- G 4 第4レンズ群
- L 1 第2レンズ群内第一負レンズ成分
- L 2 第2レンズ群内第二負レンズ成分
- L 3 第2レンズ群内第一正レンズ成分
- L 4 第2レンズ群内第三負レンズ成分
- L 5 第2レンズ群内第二正レンズ成分
- L P 第二負レンズ成分内正レンズ成分
- L N 第二負レンズ成分内負レンズ成分
- S 開口絞り

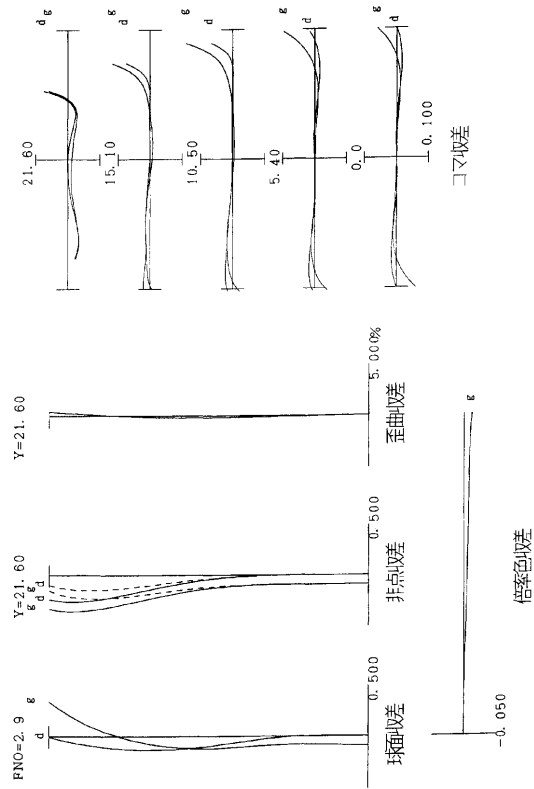
【図1】



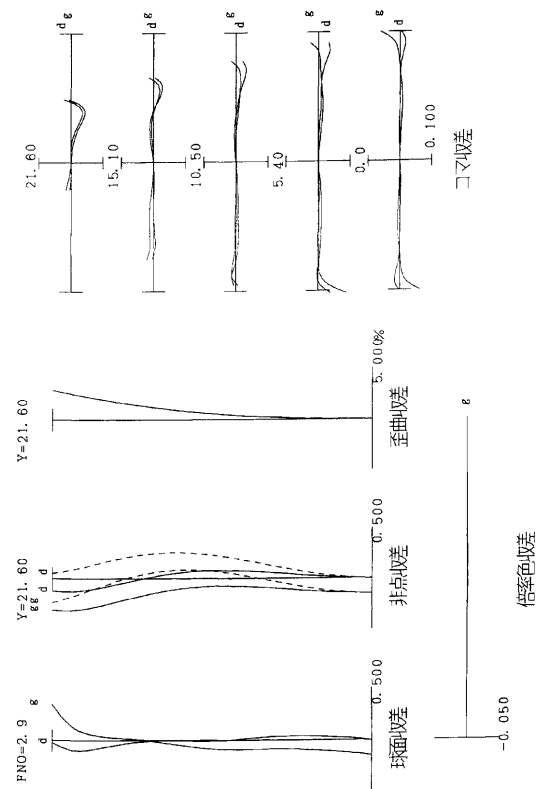
【図2】



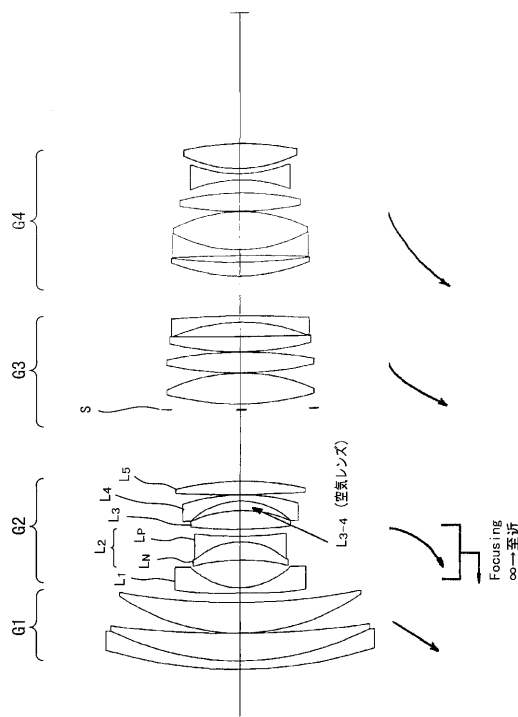
【 図 3 】



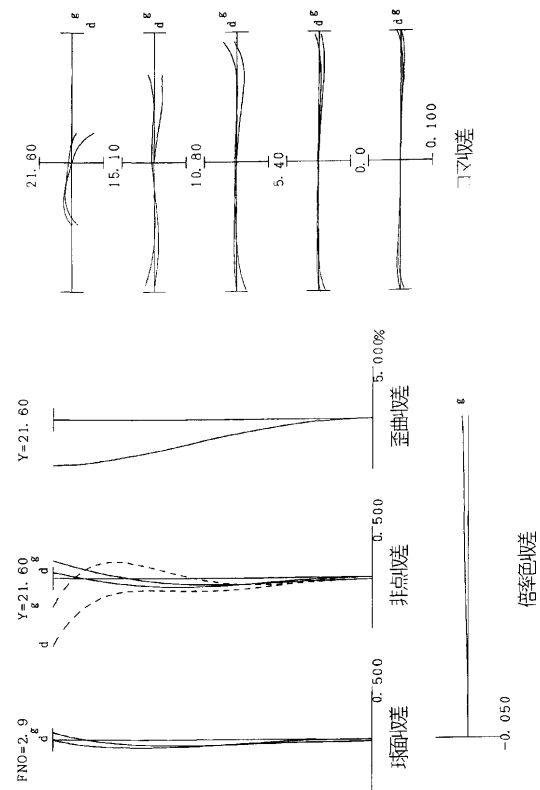
【 図 4 】



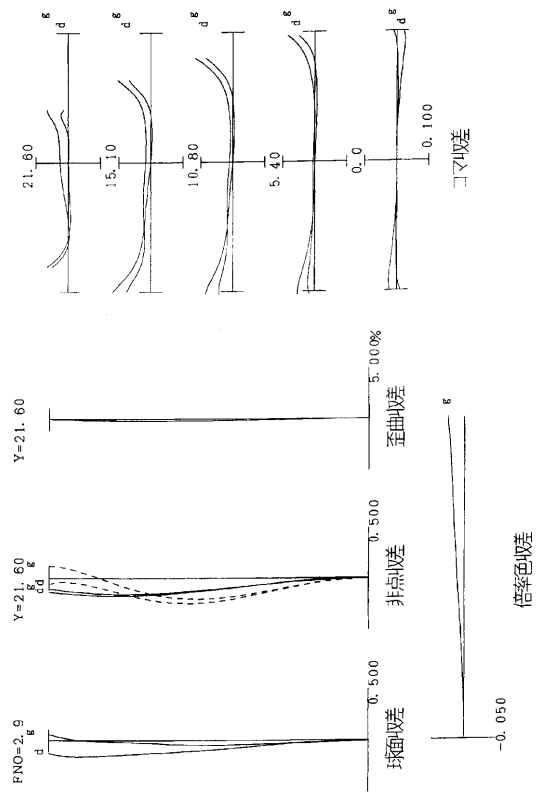
【 図 5 】



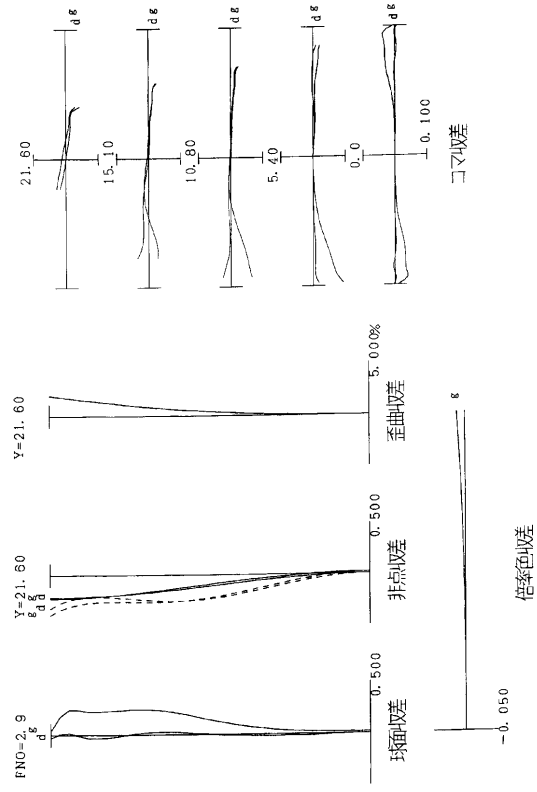
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



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