

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4101992号
(P4101992)

(45) 発行日 平成20年6月18日 (2008.6.18)

(24) 登録日 平成20年3月28日 (2008.3.28)

(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 22 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願平11-332460
 (22) 出願日 平成11年11月24日 (1999.11.24)
 (65) 公開番号 特開2001-154093 (P2001-154093A)
 (43) 公開日 平成13年6月8日 (2001.6.8)
 審査請求日 平成16年8月18日 (2004.8.18)

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
 (74) 代理人 100075867
 弁理士 向 寛二
 (72) 発明者 河村 一輝
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
 オリ
 ンパス光学工業株式会社内

審査官 瀬川 勝久

(56) 参考文献 特開平10-148758 (JP, A)
 特開平04-181910 (JP, A)
 特開昭62-270910 (JP, A)
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 小型高変倍広角ズームレンズ

(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群と、負の屈折力を有する第2群と、正の屈折力を有する第3群と、正の屈折力を有する第4群とよりなり、広角端から望遠端への変倍時、前記第1群を物体側へ移動し、前記第2群を前記第1群との間隔が増大するように移動し、前記第3群を前記第2群との間隔が狭くなるように移動し、前記第4群を前記第3群との間隔が広角端よりテレ端の方が狭くなるように移動し、開口絞りが前記第2群よりも像側でかつ前記第4群よりも物体側に配置され、前記第4群が正の屈折力を有する前群と負の屈折力を有する後群とよりなり、前記第2群が物体側より順にそれぞれ空気間隔を挟んで配置された負レンズと負レンズと正レンズよりなり、下記条件(1)、(2)、(3)を満足するズームレンズ。

$$(1) \quad 4.1 < f_1 / |f_2| < 5.0$$

$$(2) \quad \frac{0.11}{|f_2|} / f_T < 0.16$$

$$(3) \quad 0.1 < D_4 / h < 0.7$$

ただし、 f_1 、 f_2 はそれぞれ第1群および第2群の焦点距離、 f_T は望遠端における全系の焦点距離、 D_4 は第4群の前群と後群の空気間隔、 h は最大の撮影像高である。

【請求項 2】

物体側から順に、正の屈折力を有する第1群と、負の屈折力を有する第2群と、正の屈折力を有する第3群と、正の屈折力を有する第4群とよりなり、広角端から望遠端への変倍時、前記第1群を物体側へ移動し、前記第2群を前記第1群との間隔が増大するように移

10

20

動し、前記第 3 群を前記第 2 群との間隔が狭くなるように移動し、前記第 4 群を前記第 3 群との間隔が広角端よりテレ端の方が狭くなるように移動し、開口絞りが前記第 2 群よりも像側でかつ前記第 4 群よりも物体側に配置され、前記第 4 群が正の屈折力を有する前群と負の屈折力を有する後群とよりなり、前記第 1 群が物体側から順に負レンズと正レンズと物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズとからなり、前記第 3 群の最も像側に物体側が空気間隔である負の単レンズを配置し、下記条件 (1)、(2)、(3) を満足するズームレンズ。

$$(1) \quad 4.1 < f_1 / |f_2| < 5.0$$

$$(2) \quad \frac{0.11}{|f_2|} / f_T < 0.16$$

$$(3) \quad 0.1 < D_4 / h < 0.7$$

10

ただし、 f_1 、 f_2 はそれぞれ第 1 群および第 2 群の焦点距離、 f_T は望遠端における全系の焦点距離、 D_4 は第 4 群の前群と後群の空気間隔、 h は最大の撮影像高である。

【請求項 3】

物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 群と、負の屈折力を有する第 2 群と、正の屈折力を有する第 3 群と、正の屈折力を有する第 4 群とよりなり、広角端から望遠端への変倍時に、第 1 群が物体側へ移動し第 2 群が第 1 群との間隔が増大するように移動し、第 3 群が第 2 群との間隔が狭くなるように移動し、第 4 群が第 3 群との間隔が広角端よりテレ端の方が狭くなるように移動し、前記第 1 群が物体側から順に負のレンズと正のレンズと物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状のレンズとからなり、前記第 2 群が物体側から順に、いずれも空気間隔をおいて配置された負のレンズ成分と負のレンズ成分と正のレンズ成分と負のレンズ成分とからなり、前記第 3 群が物体側から順に正の屈折力を有するレンズ成分とこのレンズ成分と空気間隔をおいて配置された負のレンズ成分とからなり、前記第 4 群が正の屈折力の前群と負の屈折力の後群とからなり、下記条件 (1)、(3)、(4) を満足するズームレンズ。

20

$$(1) \quad 4.1 < f_1 / |f_2| < 5.0$$

$$(3) \quad 0.1 < D_4 / h < 0.7$$

$$(4) \quad 0.2 < f_3 / f_4 < 1.1$$

ただし、 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 はそれぞれ第 1 群、第 2 群、第 3 群および第 4 群の焦点距離、 D_4 は第 4 群の前群と後群の空気間隔、 h は最大の撮影像高である。

【請求項 4】

30

変倍比が 4.5 以上である請求項 1 又は 2 のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 3 群の最も物体側に正レンズを配置したことを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 3 群が物体側より順に正レンズと正レンズと物体側に凹面を向けた負レンズよりなることを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 3 群の最も物体側の正レンズが単レンズであることを特徴とする請求項 5 又は 6 のズームレンズ。

40

【請求項 8】

前記第 3 群の前記負レンズの物体側の面よりもこの面と空気間隔を挟んで対向する面のほうが弱い曲率であることを特徴とする請求項 6 のズームレンズ。

【請求項 9】

前記第 4 群の前記前群が正レンズよりなり前記後群が負レンズよりなることを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 のズームレンズ。

【請求項 10】

前記第 4 群の前記後群の負レンズが光軸から離れるにしたがって負の屈折力が強くなる形状の非球面を有することを特徴とする請求項 9 のズームレンズ。

【請求項 11】

50

前記第 4 群の前記負レンズの非球面がガラスレンズに樹脂を設けることにより形成することを特徴とする請求項 10 のズームレンズ。

【請求項 12】

前記第 2 群の最も物体側の負レンズが非球面を有することを特徴とする請求項 1 のズームレンズ。

【請求項 13】

前記第 2 群のレンズがいずれも単レンズであることを特徴とする請求項 12 のズームレンズ。

【請求項 14】

前記第 1 群が物体側から順に負レンズと正レンズと物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズとからなることを特徴とする請求項 1 のズームレンズ。

10

【請求項 15】

前記第 1 群の前記負レンズと前記正レンズが下記条件 (6) を満足することを特徴とする請求項 3 又は 14 のズームレンズ。

$$(6) \quad 0 < D_2 / h < 0.035$$

ただし、 D_2 は第 1 群の第 1 レンズである負レンズと第 2 レンズである正レンズの空気間隔、 h は最大の撮映像高である。

【請求項 16】

前記第 1 群の前記負レンズと前記正レンズとを接合して接合レンズとしたことを特徴とする請求項 15 のズームレンズ。

20

【請求項 17】

前記第 2 群が下記条件 (2) を満足することを特徴とする請求項 3 のズームレンズ。

$$(2) \quad 0.07 < |f_2| / f_T < 0.16$$

ただし、 f_2 は第 2 群の焦点距離、 f_T は望遠端における全系の焦点距離である。

【請求項 18】

前記条件 (3) の代りに下記条件 (3-2) を満足することを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 のズームレンズ。

$$(3-2) \quad 0.14 < D_4 / h < 0.5$$

【請求項 19】

前記条件 (1) の代りに下記条件 (1-1) を満足することを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 のズームレンズ。

30

$$(1-1) \quad 4.3 < f_1 / |f_2| < 4.9$$

【請求項 20】

下記条件 (4) 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。

$$(4) \quad 0.2 < f_3 / f_4 < 1.1$$

ただし、 f_3 、 f_4 はそれぞれ第 3 群および第 4 群の焦点距離である。

【請求項 21】

広角端における画角が 65° を超えることを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19 又は 20 のズームレンズ。

40

【請求項 22】

請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20 又は 21 のズームレンズを備えた撮像装置で、前記ズームレンズの像側に光路を分割する光路分割手段を配置し、この光路分割手段により分割された光路内の一方を撮像用の光路にし他方を観察用のファインダーを配置したファインダー用の光路としたことを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は小型で変倍比が高い広角ズームレンズに関するものである。

50

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

ズームレンズで、高変倍で小型化が可能なレンズ系は、物体側より順に、正の第 1 群と、負の第 2 群と、正の第 3 群と、正の第 4 群とにて構成し、各群を移動させて変倍を行なうズームレンズが有効である。

【 0 0 0 3 】

このような構成の従来例として、特開昭 5 7 - 1 6 8 2 0 9 号の第 1 ~ 第 6 実施例のレンズ系、特開昭 6 3 - 6 6 5 2 2 号の第 1 ~ 第 4 実施例のレンズ系、特開昭 6 3 - 2 9 4 5 0 6 号の第 1 ~ 第 1 1 実施例のレンズ系、特開平 1 - 2 2 9 2 1 7 号の第 1 ~ 第 3 実施例のレンズ系、特開平 2 - 1 5 3 3 1 1 号の第 1 ~ 第 3 実施例、特開平 9 - 1 0 1 4 5 9 号の第 1 ~ 第 4 実施例のレンズ系、特開平 9 - 1 0 1 4 5 8 号の第 1 実施例のレンズ系、特開平 6 - 7 5 1 6 7 号の第 2、第 4 実施例のレンズ系、特開平 8 - 2 2 0 4 3 9 号の第 1、第 2、第 4 実施例のレンズ系、特開平 8 - 2 4 8 3 1 9 号の第 1、第 2 実施例のレンズ系がある。

10

【 0 0 0 4 】

上記の従来のズームレンズは、レンズ枚数が 1 2 ~ 1 3 枚程度と少ないが変倍比が 4 . 5 に達せず、変倍比があまり高くない。

【 0 0 0 5 】

また、他の従来例として特開平 8 - 2 4 8 3 1 9 号の第 3 ~ 第 6 の実施例は、レンズ枚数が 1 2 ~ 1 3 枚程で変倍比が 4 . 5 を超える高変倍比であるが、ワイド端からテレ端への変倍の際の球面収差の変動や非点収差の変動が大である。

20

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、正の第 1 群と負の第 2 群と正の第 3 群と正の第 4 群とよりなり、変倍比が 4 . 5 を超える高変倍でありながら小型でレンズ枚数が少なく、画角が 6 5 ° を超えるワイド端からテレ端までの変倍域全域で性能が良好なズームレンズを提供するものである。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

本発明のズームレンズの第 1 の構成は、物体側より順に、正の第 1 群と負の第 2 群と正の第 3 群と正の第 4 群とよりなりワイド端からテレ端への変倍のために、第 1 群が物体側へ移動し、第 2 群が第 1 群との間隔を増大させるように移動し、第 3 群が第 2 群との間隔が狭くなるように移動し、第 4 群が第 3 群との間隔がワイド端におけるよりもテレ端における方が狭くなるように移動し、開口絞りが第 2 群よりも像側でかつ第 4 群よりも物体側に配置されていて、第 4 群が正の屈折力を有する前群と負の屈折率を有する後群とよりなり、次の条件 (1)、(2)、(3) を満足することを特徴とする。

30

$$(1) \quad 4 . 1 < f_1 / | f_2 | < 5 . 0$$

$$(2) \quad 0 . 0 7 < | f_2 | / f_T < 0 . 1 6$$

$$(3) \quad 0 . 1 < D_4 / h < 0 . 7$$

ただし、 f_1 、 f_2 はそれぞれ第 1 群および第 2 群の焦点距離、 f_T はテレ端における全系の焦点距離、 D_4 は第 4 群の前群と後群の空気間隔、 h は最大の撮影像高である。

40

【 0 0 0 8 】

広角ズームレンズにおいて、広角から変倍比を高くしていくにしたがって、ワイド端やテレ端はもとより中間の焦点距離の領域でも変倍の際の像面の変動や倍率の色収差の変動が大きく性能を良好に保つことが困難になる。

【 0 0 0 9 】

そのため、ズームレンズは、各レンズ群の移動とパワーを適切に選ぶことがレンズ系を高変倍にするために重要である。

【 0 0 1 0 】

本発明は、前述のように各群を正、負、正、正のパワー配置にし、広角端から望遠端への変倍のための各群の移動を、第 1 群を物体側へ移動させ、第 2 群を第 1 群との間隔が増大

50

するように移動させ、第3群を第2群との間隔が狭くなるように移動させ、第4群を第3群との間隔がワイド端におけるよりもテレ端における方が狭くなるように移動させるようにした。

【0011】

これによって、本発明では広角側で主として発生する軸外収差を、開口絞りの物体側にある第1群の正の屈折力と第2群の負の屈折力によって良好に補正することができる。

【0012】

また、望遠側では、第1群の正の屈折力により望遠端でのズームレンズの全長を短く保つことが出来、更に第2群の負の屈折力と第3群と第4群の正の屈折力を近接させることによって主として球面収差、コマ収差を良好に補正するようにした。

10

【0013】

また、広角端から望遠端への変倍時に第3群と第4群とを物体側へ移動させることにより球面収差やコマ収差を一層良好に補正できる。

【0014】

本発明のズームレンズは、以上のような理由により、前述の各群のパワーの選定と各群の移動を定めたもので、更に前記条件(1)、(2)、(3)を満足することを特徴とする。

【0015】

この条件(1)は、中間焦点距離域でのレンズ系の性能を良好に保ちつつ小型で高変倍にするために必要な各群の適切な動きを可能に適切なパワー配置を行ない得るための条件である。

20

【0016】

条件(1)の下限の4.1を超えると望遠端付近でのレンズ系の全長を小さくできるが、第1群のレンズ径が大になり、カメラの小型化と、変倍比を高くすることができなくなる。また条件(1)の上限の5.0を超えると、第2群のパワーが強くなり先玉径を小さくできるが中間焦点距離域を含めて収差変動を抑えることが困難になる。

【0017】

条件(2)は、レンズ系の性能を良好に保ちながら望遠端での全長を短くし高い変倍比を確保するために設けたもので、条件(2)の下限の0.07を超えると望遠端での全長が短くなり高変倍比には有利であるが、第2群のパワーが強くなり第2群で発生する収差を補正することが困難になる。また条件(2)の上限の0.16を超えると望遠端の全長を短く保ちながら高変倍比を得ることが困難になる。

30

【0018】

条件(3)は、第4群の前群から射出する光線の広がりを抑えて第4群のレンズ径を小さくし、更に変倍域全域にわたって良好な光学性能を得るために設けた条件である。

【0019】

この条件(3)の上限の0.7を超えると歪曲収差や非点収差、コマ収差等の軸外収差の変倍域全域での変動を抑えることができるが第4群の径およびレンズ系の全長が大になりレンズ系を小型化できない。

【0020】

また、条件(3)の下限の0.1を超えると、球面収差が良好になり第4レンズ群の外径と全長を小にできるが、軸外収差が変倍域全域で大きく変動する。

40

【0021】

特に高変倍比として変倍域を広くした場合、軸外収差の変動が極めて大になる。例えば変倍比が4.5を超えかつ条件(3)の下限を超えると他の収差を良好に補正した状態で、歪曲収差は広角端で負の値の収差が発生しまた望遠端では正の値の収差が発生する。つまり、広角端から望遠端へ変倍させた時歪曲収差は負の値から正の値へ大きく変化する。

【0022】

前記第1の構成のズームレンズにおいて、条件(1)、(3)の代りに下記条件(1-1)、(3-1)を満足すればより望ましい。

50

$$(1-1) \quad 4.1 < f_1 / |f_2| < 5.3$$

$$(3-1) \quad 0.15 < D_4 / h < 0.7$$

【0023】

上記条件を満足するようにすれば、条件(1)、(3)にて述べた作用効果を得る上でより有効であり、光学性能の一層すぐれたズームレンズが得られる。

【0024】

また本発明の第2の構成は、前記の各群のパワー配置でまた変倍時前記の通り各群が移動するレンズ系で、第1群が物体側より順に、負のレンズ成分と正のレンズ成分と物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状のレンズ成分からなり、第2群が物体側より順にそれぞれが空気間隔を挟んで配置された負のレンズ成分と負のレンズ成分と正のレンズ成分と負のレンズ成分とからなり、第3群が物体側より順に、正の屈折力を有する正の群とこの正の群と空気間隔を設けて配置された負のレンズ成分とからなり、第4群が正の屈折力を有する前群と負の屈折力を有する後群とからなり、次の条件(1)、(3)、(4)を満足することを特徴とする。

$$(1) \quad 4.1 < f_1 / |f_2| < 5.0$$

$$(3) \quad 0.1 < D_4 / h < 0.7$$

$$(4) \quad 0.2 < f_3 / f_4 < 1.1$$

ただし f_3 、 f_4 は夫々第3群および第4群の焦点距離である。

【0025】

また、第3群の正のレンズ成分、負のレンズ成分とはいずれも1枚のレンズ(単レンズ)又は複数枚を接合した接合レンズで夫々正の屈折力および負の屈折力を有するものおよび比較的近接して配置された複数のレンズよりなり実質上一つのレンズと等価な作用をもち全体として正の屈折力および負の屈折力を有するものをいう。また第4群の前群、後群は夫々1枚または複数枚のレンズよりなる。

【0026】

上記第2の構成の本発明のズームレンズは、第1の構成のズームレンズと同様の理由から、正の第1群と負の第2群と正の第3群と正の第4群とにて構成し、広角端から望遠端への変倍のために、正の第1群を物体側へ移動させ、負の第2群を第1群との間隔が増大するように移動させ、正の第3群を第2群との間隔が狭くなるように移動させ、正の第4群を第3群との間隔がワイド端におけるよりもテレ端における方が狭くなるように移動させるようにした。

【0027】

更にこの第2の構成のズームレンズは、第1群を物体側より順に、負のレンズ成分と正のレンズ成分と物体側に凸の面を向けた正のメニスカス形状のレンズ成分とにて構成することによって倍率の色収差を良好に補正し、歪曲収差、非点収差等の軸外収差の変動を抑えるようにした。

【0028】

つまり、第1群の物体側に負のレンズ成分と正のレンズ成分を配置して倍率の色収差を良好に補正するようにした。この場合前記負のレンズ成分と正のレンズ成分は近接させ配置することが効果的である。

【0029】

また、これら負のレンズ成分と正のレンズ成分の像側に物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状のレンズ成分を配置することにより第2群で発生する主として歪曲収差や非点収差等の軸外収差の変倍時における変動を抑えることができる。

【0030】

また、前記第2の構成においては、第2群を物体側から順に、いずれも空気間隔をおいて配置した負のレンズ成分と負のレンズ成分と正のレンズ成分と負のレンズ成分とにて構成して、広角端での歪曲収差の悪化と変倍時の像面の変動や倍率の色収差の変動を抑えて光学性能を良好に保ちながらこの第2群のパワーを強くして変倍比を大にし得るようにした。つまり、第2群の最も物体側のレンズをパワーの強い負のレンズ成分にすれば第1群に

10

20

30

40

50

て発生する正の歪曲収差を補正できるが、この負のレンズ成分のパワーが強くなりすぎると主としてコマ収差や倍率の色収差の変倍時の変動が大きくなるため好ましくない。そのためこの第2群の最も物体側の負のパワーを二つの負のレンズ成分に分担させることにより、前記の収差変動を抑えることができる。

【0031】

また、この第2群の物体側の二つの負のレンズ成分で発生する主として軸上色収差と望遠側での球面収差をこれら負のレンズ成分の像側に配置した正のレンズ成分にて補正するようにした。

【0032】

またこの正のレンズ成分によって、これに続く第2群の像側の負のレンズ成分により残存する球面収差とコマ収差をバランス良く補正するようにしている。

10

【0033】

尚第2群の四つのレンズ成分は、それぞれが空気間隔をおいて独立して配置することが前記の収差補正等のためには有効である。また、これらレンズ成分は、単レンズに限ることではないが、すべてを単レンズにて構成しても前記収差補正作用等が得られ、これにより第2群を少ない枚数にて構成でき軽量、小型で低コストになし得る。

【0034】

また、この第2の構成のレンズ系において、条件(1)、(3)を満足するようにしたのは、第1の構成にて述べたと同様の理由にもとづくものである。

【0035】

20

更に本発明のこの第2の構成のズームレンズにおいて、条件(4)を満足するようにしたのは、次の理由による。

【0036】

この条件(4)は、レンズの径を小にし、しかも収差を良好に保つために設けたものである。

【0037】

この条件(4)の下限の0.2を超えると望遠端近傍で主として球面収差の補正が第3群に集中しレンズ系の良好な性能が得られなくなる。また条件(4)において上限の1.1を超えると第4群のパワーが強くなりすぎて第4群の径が大きくなり、カメラの小型化にとって好ましくない。

30

【0038】

以上述べたように本発明の第1、第2の構成のズームレンズは、小型で高変倍で良好な光学性能のズームレンズを実現でき、後に示す実施例の通り特に変倍比が4.5以上のズームレンズを実現し得る。

【0039】

前記第1、第2の構成のズームレンズにおいて、第3群の最も物体側に正のレンズ成分を配置することが望ましい。

【0040】

また第1、第2の構成のズームレンズの第3群の最も像側にその物体側が空気と接する(物体側が空気間隔である)負のレンズ成分を配置することが望ましい。

40

【0041】

また、第1、第2の構成のズームレンズにおいて、第3群が正のレンズ成分と正のレンズ成分と物体側に凹面を向けた負のレンズ成分にて構成されることが望ましい。

【0042】

また前記第1、第2の構成のズームレンズの第3群の最も物体側が正の単レンズであることが望ましい。また最も像側が負の単レンズであることが望ましい。

【0043】

また、第3群が少なくとも最も像側の負のレンズ成分とその前に空気間隔をおいて正のレンズ成分が配置されており、最も像側の負のレンズ成分の物体側の面の曲率よりもその物体側の正のレンズ成分の像側の面の曲率が弱いように構成することが望ましい。

50

【 0 0 4 4 】

本発明のズームレンズにおいて、第 2 群と第 3 群との変倍作用を強めることによってレンズ系を一層小型で高変倍にすることが可能である。そのために、前述のように第 3 群の最も物体側に正のレンズ成分を配置したこの正のレンズ成分とは空気間隔において最も像面側に負のレンズ成分を配置するようにすれば、主点を第 2 群に近づけることができ変倍作用を強くすることができる。

【 0 0 4 5 】

次に前記第 1、第 2 の構成のズームレンズにおいて、前記前群を 1 枚の正のレンズ成分にて構成し、この前群より空気間隔において配置した前記後群を 1 枚の負のレンズ成分にて構成すれば、第 4 群を少ない枚数で小型に形成し得る。

10

【 0 0 4 6 】

また前記後群中に中心より周辺へ行くにしたがって負の屈折力が強くなる形状の非球面を設けることが望ましい。このような非球面を設けることにより、第 4 群の前群と後群をそれぞれ 1 枚のレンズにて構成して第 4 群全体の軸上の長さを小にして第 4 群を小型にしても光学性能を良好に保ち得る。

【 0 0 4 7 】

前記第 4 群に用いる非球面レンズはガラスレンズの表面に樹脂を設けて非球面としたハイブリッドレンズとしてもよい。

【 0 0 4 8 】

本発明の第 1 の構成のズームレンズにおいて、第 2 群をいずれも空気間隔において配置した負のレンズ成分と負のレンズ成分と正のレンズ成分にて構成することが好ましい。

20

【 0 0 4 9 】

第 2 群と第 3 群の間隔の変化により変倍作用を大にして変倍比を高くすることができるが、そのためには第 2 群の負のパワーを強くする必要がある。このように第 2 群の負のパワーを強くすると、主として広角端での歪曲収差が悪化しまた変倍時の像面変動や倍率の色収差の変動を招く。そのため、この第 2 群を夫々独立した負のレンズ成分と負のレンズ成分と正のレンズ成分とにて構成した。これによって上記収差を良好に保ったまま第 2 群の負のパワーを強くすることができる。つまり第 2 群を上記構成にすることにより、高変倍にするために第 2 群の負のパワーを強くししかも上記各収差を良好に保つことが可能である。

30

【 0 0 5 0 】

また、第 2 群の最も物体側のレンズに非球面を設けることにより主として歪曲収差とコマ収差を一層良好に補正し得る。

【 0 0 5 1 】

また、第 2 群の第 1、第 2、第 3 の三つのレンズ成分はいずれも単レンズにて構成することが可能であり、第 2 群を負のレンズ成分、負のレンズ成分、正のレンズ成分にすることが可能であり、これにより光学性能を良好に保ったまま軽量、小型で低コストになし得る。

【 0 0 5 2 】

また本発明の第 1 の構成において、第 2 群を第 2 の構成のようにいずれも空気間隔において配置した負レンズと負のレンズ成分と正のレンズ成分と負のレンズ成分とにて構成すればより望ましい。

40

【 0 0 5 3 】

このように第 2 レンズ群を負、負、正、負の構成にすれば、負、負、正の構成にしたときと同様に広角端における歪曲収差の悪化と変倍時の像面変動や倍率の色収差の変動を抑えて、光学性能を良好に保ったまま第 2 群の負のパワーを強くすることができる。

【 0 0 5 4 】

第 2 群の最も物体側の第 1 レンズ成分をパワーの強い負のレンズ成分にすれば、第 1 群で発生する正の歪曲収差を効果的に補正できる。しかし、この第 1 レンズ成分の負のパワーが強くなりすぎると、主として非点収差、コマ収差、倍率の色収差が、変倍時に変動が大

50

になる。この負のパワーを第2レンズ成分に分担させることにより、この収差変動を小さくすることができる。また、第1レンズ成分、第2レンズ成分にて発生する主として軸上色収差や望遠側での球面収差やコマ収差を正の第3レンズ成分にて補正できる。また第3レンズ成分に続く負の第4レンズ成分により残存する色収差と球面収差、コマ収差をこの第3レンズ成分によりバランス良く補正することが可能である。

【0055】

これら第1、第2、第3、第4レンズ成分の四つのレンズ成分は、夫々空気間隔において独立して配置することが望ましく、それによって収差を良好に保つことができる。

【0056】

また、各レンズ成分をいずれも1枚のレンズにて構成することも可能であり、それによって少ないレンズ枚数の軽量で小型で、低コストになし得る。

10

【0057】

以上のように、第1の構成のレンズ系で、第2群を負の第1レンズ成分、負の第2レンズ成分、正の第3レンズ成分、正の第4レンズ成分にて構成したレンズ系で、下記条件(5)を満足することが望ましい。

$$(5) \quad -0.07 < h/R_{2G} < 0.35$$

ただし、 R_{2G} は第2群の最も物体側の面の曲率半径である。

【0058】

第2群の最も物体側の面の曲率半径 R_{2G} を上記条件(5)に示す範囲内にすれば、第2群全体の曲率半径をゆるく設定でき、それにより第2群の全体のパワーを強くしながら収差の発生および変倍時の収差の変動を抑えることができる。上限0.35を超えるとワイド端において第1群で発生する歪曲収差の補正が困難になる。下限-0.07を超えると第2群の最も物体側の面で発生する歪曲収差が大きくなり、主に変倍時の歪曲収差の変動を抑えられなくなる。

20

【0059】

また、本発明の第1の構成のズームレンズにおいて、第1群を物体側から順に、負レンズと正レンズと物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズにて構成することが望ましい。

【0060】

本発明のズームレンズにおいて、第1群の倍率の色収差を補正する作用を強めるために第1レンズの負レンズと第2レンズの正レンズを近接配置することが効果的である。また正レンズである第2レンズの像側に物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズを配置することにより主として歪曲収差や非点収差等の軸外収差の変倍時の変動を抑えることができる。

30

【0061】

また、第1群の第1レンズと第2レンズつまり負レンズと正レンズを接合して接合レンズ成分にすることにより最も物体側の光線高の高い光線がレンズ面にて複数回反射されることにより生ずるゴーストを軽減することができる。

【0062】

第1群の第1レンズ(負レンズ)と第2レンズ(正レンズ)の空気間隔 D_2 が次の条件(6)を満足することが望ましい。

40

$$(6) \quad 0 < D_2/h < 0.035$$

ただし h は最大の撮影像高である。

上限0.035を超えると、非点収差、歪曲収差の高次収差の発生と変倍時のそれら収差の変動が大きくなり好ましくない。下限を超える値は存在しない。

【0063】

また本発明の第2の構成のズームレンズで、前記条件(2)を満足することが望ましい。

【0064】

また、本発明の第1、第2の構成のズームレンズにおいて、条件(3)の代りに下記条件(3-2)を満足することが望ましい。

$$(3-2) \quad 0.14 < D_4/h < 0.5$$

50

【 0 0 6 5 】

また、本発明の第 1、第 2 の構成のズームレンズにおいて条件 (1) の代りに下記条件 (1 - 2) を満足することが望ましい。

$$(1-2) \quad 4.3 < f_1 / |f_2| < 4.9$$

【 0 0 6 6 】

また、本発明の第 1 の構成のズームレンズにおいて、下記条件 (4) を満足することが望ましい。

$$(4) \quad 0.2 < f_3 / f_4 < 1.1$$

ただし、 f_3 、 f_4 はそれぞれ第 3 群および第 4 群の焦点距離である。

【 0 0 6 7 】

10

【発明の実施の形態】

本発明のズームレンズの実施の形態を次に示す実施例をもとに述べる。

実施例 1

$$f = 28.978 \sim 62.352 \sim 135.263, \quad F \text{ ナンバー} = 4.545 \sim 5.936 \sim 7.145$$

$$2\omega = 76.5^\circ \sim 36.9^\circ \sim 17.4^\circ$$

$$r_1 = 139.096 \quad d_1 = 2.700 \quad n_1 = 1.80518 \quad \omega_1 = 25.42$$

$$r_2 = 59.508 \quad d_2 = 6.650 \quad n_2 = 1.48749 \quad \omega_2 = 70.23$$

$$r_3 = -5528.039 \quad d_3 = 0.200$$

$$r_4 = 53.461 \quad d_4 = 5.000 \quad n_3 = 1.65844 \quad \omega_3 = 50.88$$

$$r_5 = 287.987 \quad d_5 = D_1 \text{ (可変)}$$

20

$$r_6 = -2652.243 \quad d_6 = 1.750 \quad n_4 = 1.77250 \quad \omega_4 = 49.60$$

$$r_7 = 17.393 \quad d_7 = 4.811$$

$$r_8 = -40.390 \quad d_8 = 1.600 \quad n_5 = 1.72916 \quad \omega_5 = 54.68$$

$$r_9 = 49.193 \quad d_9 = 0.200$$

$$r_{10} = 32.862 \quad d_{10} = 2.900 \quad n_6 = 1.80809 \quad \omega_6 = 22.76$$

$$r_{11} = -251.048 \quad d_{11} = D_2 \text{ (可変)}$$

$$r_{12} = \text{(絞リ)} \quad d_{12} = 1.000$$

$$r_{13} = 38.941 \quad d_{13} = 2.800 \quad n_7 = 1.48749 \quad \omega_7 = 70.23$$

$$r_{14} = -93.001 \quad d_{14} = 0.200$$

$$r_{15} = 30.801 \quad d_{15} = 2.800 \quad n_8 = 1.48749 \quad \omega_8 = 70.23$$

30

$$r_{16} = -244.386 \quad d_{16} = 2.150$$

$$r_{17} = -46.901 \quad d_{17} = 1.540 \quad n_9 = 1.84666 \quad \omega_9 = 23.78$$

$$r_{18} = -8081.791 \quad d_{18} = D_3 \text{ (可変)}$$

$$r_{19} = 22.664 \quad d_{19} = 5.000 \quad n_{10} = 1.51633 \quad \omega_{10} = 64.14$$

$$r_{20} = -50.473 \quad d_{20} = 4.658$$

$$r_{21} = 89.793 \text{ (非球面)} \quad d_{21} = 1.700 \quad n_{11} = 1.75512 \quad \omega_{11} = 45.60$$

$$r_{22} = 24.412$$

非球面係数

$$(\text{第 2 1 面}) \quad k = 0.0000, \quad A_4 = -3.7818 \times 10^{-5}, \quad A_6 = -1.1667 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -4.0236 \times 10^{-10}, \quad A_{10} = -1.6813 \times 10^{-12} \quad f \text{ B}$$

40

$$39.453 \quad 57.917 \quad 72.144$$

$$D_1 \quad 0.899 \quad 17.786 \quad 37.727$$

$$D_2 \quad 23.410 \quad 10.383 \quad 1.242$$

$$D_3 \quad 11.197 \quad 4.680 \quad 1.324$$

$$f_1 / |f_2| = 4.66, \quad |f_2| / f_T = 0.15, \quad D_4 / h = 0.22$$

$$f_3 / f_4 = 0.80, \quad h / R_{2G} = -0.008, \quad D_2 / h = 0$$

【 0 0 6 8 】

実施例 2

$$f = 28.962 \sim 62.333 \sim 135.278, \quad F \text{ ナンバー} = 4.349 \sim 5.888 \sim 7.169$$

$$2\omega = 76.6^\circ \sim 37.1^\circ \sim 17.5^\circ$$

50

$r_1 = 258.674$	$d_1 = 2.700$	$n_1 = 1.80518$	$_1 = 25.42$
$r_2 = 85.414$	$d_2 = 6.800$	$n_2 = 1.48749$	$_2 = 70.23$
$r_3 = -202.153$	$d_3 = 0.250$		
$r_4 = 56.462$	$d_4 = 4.800$	$n_3 = 1.74100$	$_3 = 52.64$
$r_5 = 136.342$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = 137.910$	$d_6 = 1.750$	$n_4 = 1.77250$	$_4 = 49.60$
$r_7 = 17.001$	$d_7 = 5.350$		
$r_8 = -30.223$	$d_8 = 1.700$	$n_5 = 1.72916$	$_5 = 54.68$
$r_9 = 38.674$ (非球面)	$d_9 = 0.350$		
$r_{10} = 35.083$	$d_{10} = 3.250$	$n_6 = 1.84666$	$_6 = 23.78$
$r_{11} = -92.849$	$d_{11} = D_2$ (可変)		
$r_{12} =$ (絞り)	$d_{12} = 1.000$		
$r_{13} = 36.018$	$d_{13} = 2.800$	$n_7 = 1.48749$	$_7 = 70.23$
$r_{14} = -89.051$	$d_{14} = 0.250$		
$r_{15} = 31.126$	$d_{15} = 2.800$	$n_8 = 1.48749$	$_8 = 70.23$
$r_{16} = 530.196$	$d_{16} = 1.000$		
$r_{17} = -40.014$	$d_{17} = 1.540$	$n_9 = 1.84666$	$_9 = 23.78$
$r_{18} = 438.423$	$d_{18} = D_3$ (可変)		
$r_{19} = 31.221$	$d_{19} = 4.200$	$n_{10} = 1.56384$	$_{10} = 60.67$
$r_{20} = -48.822$	$d_{20} = 11.500$		
$r_{21} = -42.255$	$d_{21} = 1.700$	$n_{11} = 1.79952$	$_{11} = 42.22$
$r_{22} = -87.963$ (非球面)			

10

非球面係数

(第9面) $k = 0.0000$, $A_4 = -2.8425 \times 10^{-6}$, $A_6 = 6.9470 \times 10^{-9}$ $A_8 = 1.0087 \times 10^{-10}$, $A_{10} = -7.6780 \times 10^{-13}$ (第22面) $k = 0.0000$, $A_4 = 2.5343 \times 10^{-5}$, $A_6 = 1.0044 \times 10^{-7}$ $A_8 = -4.7840 \times 10^{-10}$, $A_{10} = 2.0039 \times 10^{-12}$

f B	40.790	61.333	76.463
D_1	0.969	17.678	40.936
D_2	21.519	9.027	1.075
D_3	8.877	3.958	1.053

30

 $f_1 / |f_2| = 4.97$, $|f_2| / f_T = 0.15$, $D_4 / h = 0.53$ $f_3 / f_4 = (1.74)$, $h / R_{2G} = 0.157$, $D_2 / h = 0$

【0069】

実施例3

 $f = 28.974 \sim 62.300 \sim 135.273$, Fナンバー = $4.777 \sim 6.203 \sim 7.238$ $2 = 76.4^\circ \sim 37.0^\circ \sim 17.5^\circ$

$r_1 = 171.235$	$d_1 = 2.700$	$n_1 = 1.80518$	$_1 = 25.42$
$r_2 = 65.318$	$d_2 = 7.000$	$n_2 = 1.48749$	$_2 = 70.23$
$r_3 = -233.902$	$d_3 = 0.250$		
$r_4 = 47.467$	$d_4 = 5.000$	$n_3 = 1.74100$	$_3 = 52.64$
$r_5 = 126.603$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = 147.095$	$d_6 = 1.750$	$n_4 = 1.77250$	$_4 = 49.60$
$r_7 = 15.149$ (非球面)	$d_7 = 5.440$		
$r_8 = -30.189$	$d_8 = 1.700$	$n_5 = 1.72916$	$_5 = 54.68$
$r_9 = 34.694$	$d_9 = 0.200$		
$r_{10} = 28.963$	$d_{10} = 3.250$	$n_6 = 1.84666$	$_6 = 23.78$
$r_{11} = -144.835$	$d_{11} = D_2$ (可変)		
$r_{12} =$ (絞り)	$d_{12} = 1.000$		
$r_{13} = 30.030$	$d_{13} = 2.800$	$n_7 = 1.48749$	$_7 = 70.23$

40

50

$r_{14} = -88.234$	$d_{14} = 0.250$		
$r_{15} = 28.578$	$d_{15} = 2.800$	$n_8 = 1.48749$	$\theta_8 = 70.23$
$r_{16} = -368.468$	$d_{16} = 1.000$		
$r_{17} = -38.957$	$d_{17} = 1.540$	$n_9 = 1.84666$	$\theta_9 = 23.78$
$r_{18} = 735.609$	$d_{18} = D_3$ (可変)		
$r_{19} = 41.204$	$d_{19} = 5.600$	$n_{10} = 1.56384$	$\theta_{10} = 60.67$
$r_{20} = -39.891$	$d_{20} = 9.871$		
$r_{21} = -29.119$	$d_{21} = 1.700$	$n_{11} = 1.79952$	$\theta_{11} = 42.22$
$r_{22} = -55.173$ (非球面)			

非球面係数

10

(第7面) $k = 0.0000$, $A_4 = -4.8739 \times 10^{-7}$, $A_6 = -4.2944 \times 10^{-9}$ $A_8 = 2.9606 \times 10^{-10}$, $A_{10} = 4.1414 \times 10^{-14}$ (第22面) $k = 0.0000$, $A_4 = 2.5331 \times 10^{-5}$, $A_6 = 1.0300 \times 10^{-7}$ $A_8 = -6.3982 \times 10^{-10}$, $A_{10} = 3.3047 \times 10^{-12}$

f B	38.979	57.084	69.031
D_1	0.941	16.799	34.904
D_2	20.678	9.584	1.136
D_3	7.247	3.371	0.981

 $f_1 / |f_2| = 4.66$, $|f_2| / f_T = 0.13$, $D_4 / h = 0.46$ $f_3 / f_4 = 0.94$, $h / R_{2G} = 0.147$, $D_2 / h = 0$

20

【0 0 7 0】

実施例4

 $f = 28.973 \sim 62.282 \sim 135.305$, F ナンバー = $4.726 \sim 6.038 \sim 7.104$ $2\theta = 76.5^\circ \sim 37.0^\circ \sim 17.5^\circ$

$r_1 = 168.068$	$d_1 = 2.700$	$n_1 = 1.80518$	$\theta_1 = 25.42$
$r_2 = 65.291$	$d_2 = 6.900$	$n_2 = 1.48749$	$\theta_2 = 70.23$
$r_3 = -184.746$	$d_3 = 0.200$		
$r_4 = 43.593$	$d_4 = 4.780$	$n_3 = 1.71300$	$\theta_3 = 53.87$
$r_5 = 105.776$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = 131.052$	$d_6 = 1.750$	$n_4 = 1.77250$	$\theta_4 = 49.60$
$r_7 = 15.268$ (非球面)	$d_7 = 5.650$		
$r_8 = -25.195$	$d_8 = 1.500$	$n_5 = 1.72916$	$\theta_5 = 54.68$
$r_9 = 52.349$	$d_9 = 0.200$		
$r_{10} = 35.965$	$d_{10} = 2.900$	$n_6 = 1.80809$	$\theta_6 = 22.76$
$r_{11} = -103.144$	$d_{11} = D_2$ (可変)		
$r_{12} =$ (絞り)	$d_{12} = 1.000$		
$r_{13} = 43.288$	$d_{13} = 2.800$	$n_7 = 1.48749$	$\theta_7 = 70.23$
$r_{14} = -54.349$	$d_{14} = 0.200$		
$r_{15} = 31.339$	$d_{15} = 2.800$	$n_8 = 1.48749$	$\theta_8 = 70.23$
$r_{16} = -202.719$	$d_{16} = 2.634$		
$r_{17} = -39.405$	$d_{17} = 1.540$	$n_9 = 1.84666$	$\theta_9 = 23.78$
$r_{18} = -312.358$	$d_{18} = D_3$ (可変)		
$r_{19} = 24.576$	$d_{19} = 5.900$	$n_{10} = 1.51633$	$\theta_{10} = 64.14$
$r_{20} = -33.149$	$d_{20} = 2.594$		
$r_{21} = 315.704$ (非球面)	$d_{21} = 1.700$	$n_{11} = 1.75512$	$\theta_{11} = 45.60$
$r_{22} = 27.892$			

非球面係数

40

(第7面) $k = 0.0000$, $A_4 = -3.0861 \times 10^{-7}$, $A_6 = 1.5585 \times 10^{-8}$ $A_8 = -3.2655 \times 10^{-11}$, $A_{10} = 2.6660 \times 10^{-12}$ (第21面) $k = 0.0000$, $A_4 = -3.7356 \times 10^{-5}$, $A_6 = -5.9313 \times 10^{-8}$

50

$$A_8 = -1.3911 \times 10^{-10}, A_{10} = 8.6456 \times 10^{-13}$$

f B 42.479 60.445 73.393
 D₁ 0.900 16.536 32.970
 D₂ 20.730 9.705 1.137
 D₃ 11.191 5.179 2.199
 $f_1 / |f_2| = 4.60$, $|f_2| / f_T = 0.13$, $D_4 / h = 0.12$
 $f_3 / f_4 = 0.72$, $h / R_{2G} = 0.165$, $D_2 / h = 0$

【 0 0 7 1 】

実施例 5

f = 28.978 ~ 62.250 ~ 135.270 , F ナンバー = 4.679 ~ 6.004 ~ 7.184

10

2 = 76.5° ~ 37.0° ~ 17.5°

r ₁ = 142.216	d ₁ = 2.700	n ₁ = 1.80518	₁ = 25.42
r ₂ = 60.186	d ₂ = 6.500	n ₂ = 1.48749	₂ = 70.23
r ₃ = -337.896	d ₃ = 0.200		
r ₄ = 46.151	d ₄ = 4.650	n ₃ = 1.71300	₃ = 53.87
r ₅ = 138.514	d ₅ = D ₁ (可変)		
r ₆ = 101.250	d ₆ = 1.600	n ₄ = 1.77250	₄ = 49.60
r ₇ = 14.925	d ₇ = 0.080	n ₅ = 1.52540	₅ = 51.81
r ₈ = 15.139 (非球面)	d ₈ = 6.136		
r ₉ = -26.169	d ₉ = 1.600	n ₆ = 1.72916	₆ = 54.68
r ₁₀ = 42.175	d ₁₀ = 0.500		
r ₁₁ = 32.650	d ₁₁ = 2.900	n ₇ = 1.80809	₇ = 22.76
r ₁₂ = -126.198	d ₁₂ = D ₂ (可変)		
r ₁₃ = (絞り)	d ₁₃ = 1.000		
r ₁₄ = 39.506	d ₁₄ = 2.800	n ₈ = 1.48749	₈ = 70.23
r ₁₅ = -65.213	d ₁₅ = 0.200		
r ₁₆ = 32.094	d ₁₆ = 2.800	n ₉ = 1.48749	₉ = 70.23
r ₁₇ = -120.620	d ₁₇ = 3.038		
r ₁₈ = -34.953	d ₁₈ = 1.540	n ₁₀ = 1.84666	₁₀ = 23.78
r ₁₉ = -234.122	d ₁₉ = D ₃ (可変)		
r ₂₀ = 27.111	d ₂₀ = 5.200	n ₁₁ = 1.51633	₁₁ = 64.14
r ₂₁ = -33.298	d ₂₁ = 4.677		
r ₂₂ = -156.822 (非球面)	d ₂₂ = 1.700	n ₁₂ = 1.75512	₁₂ = 45.60
r ₂₃ = 46.336			

20

30

非球面係数

(第 8 面) k = 0.0000 , A₄ = -1.8371 × 10⁻⁷ , A₆ = -1.6169 × 10⁻⁸

$$A_8 = 6.8133 \times 10^{-10}, A_{10} = -5.7550 \times 10^{-13}$$

(第 2 2 面) k = 0.0000 , A₄ = -3.6801 × 10⁻⁵ , A₆ = -9.3799 × 10⁻⁸

$$A_8 = 4.3307 \times 10^{-10}, A_{10} = -2.3714 \times 10^{-12}$$

f B 41.133 58.997 73.225
 D₁ 0.913 17.004 33.880
 D₂ 19.409 9.096 1.088
 D₃ 10.889 5.778 2.912
 $f_1 / |f_2| = 4.77$, $|f_2| / f_T = 0.13$, $D_4 / h = 0.22$
 $f_3 / f_4 = 0.81$, $h / R_{2G} = 0.213$, $D_2 / h = 0$

【 0 0 7 2 】

実施例 6

f = 28.973 ~ 62.246 ~ 135.270 , F ナンバー = 5.045 ~ 6.289 ~ 7.088

2 = 76.5° ~ 37.0° ~ 17.4°

r₁ = 124.526 d₁ = 2.550 n₁ = 1.80518 ₁ = 25.42

50

40

$r_2 = 52.919$	$d_2 = 7.150$	$n_2 = 1.48749$	$2 = 70.23$
$r_3 = -199.548$	$d_3 = 0.200$		
$r_4 = 38.385$	$d_4 = 4.780$	$n_3 = 1.71300$	$3 = 53.87$
$r_5 = 105.494$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = 186.556$	$d_6 = 1.700$	$n_4 = 1.77250$	$4 = 49.60$
$r_7 = 14.288$ (非球面)	$d_7 = 5.520$		
$r_8 = -24.210$	$d_8 = 1.350$	$n_5 = 1.72916$	$5 = 54.68$
$r_9 = 34.078$	$d_9 = 0.200$		
$r_{10} = 28.420$	$d_{10} = 2.800$	$n_6 = 1.80809$	$6 = 22.76$
$r_{11} = -117.525$	$d_{11} = D_2$ (可変)		
$r_{12} =$ (絞り)	$d_{12} = 1.000$		
$r_{13} = 23.427$	$d_{13} = 2.800$	$n_7 = 1.48749$	$7 = 70.23$
$r_{14} = -51.616$	$d_{14} = 0.200$		
$r_{15} = 29.917$	$d_{15} = 2.800$	$n_8 = 1.48749$	$8 = 70.23$
$r_{16} = -745.547$	$d_{16} = 0.700$		
$r_{17} = -29.394$	$d_{17} = 1.540$	$n_9 = 1.84666$	$9 = 23.78$
$r_{18} = -98.889$	$d_{18} = D_3$ (可変)		
$r_{19} = 34.016$	$d_{19} = 5.000$	$n_{10} = 1.51633$	$10 = 64.14$
$r_{20} = -26.263$	$d_{20} = 3.190$		
$r_{21} = -60.284$ (非球面)	$d_{21} = 1.700$	$n_{11} = 1.78590$	$11 = 44.20$
$r_{22} = 54.165$			

10

20

非球面係数

(第7面) $k = 0.0000$, $A_4 = -1.1271 \times 10^{-6}$, $A_6 = -5.6169 \times 10^{-8}$ $A_8 = 8.0716 \times 10^{-10}$, $A_{10} = -3.5824 \times 10^{-12}$ (第21面) $k = 0.0000$, $A_4 = -4.9730 \times 10^{-5}$, $A_6 = -1.5483 \times 10^{-7}$ $A_8 = 8.2867 \times 10^{-10}$, $A_{10} = -9.0402 \times 10^{-12}$

f B	40.418	56.153	65.684
D_1	0.900	15.348	28.764
D_2	17.765	9.137	0.984
D_3	8.502	4.404	1.992

30

 $f_1 / |f_2| = 4.51$, $|f_2| / f_T = 0.11$, $D_4 / h = 0.15$ $f_3 / f_4 = 0.38$, $h / R_{2G} = 0.116$, $D_2 / h = 0$

【0073】

実施例7

 $f = 28.985 \sim 62.270 \sim 135.274$, Fナンバー = 4.523 ~ 5.806 ~ 7.088 $2 = 76.5^\circ \sim 37.0^\circ \sim 17.5^\circ$

$r_1 = 151.997$	$d_1 = 2.700$	$n_1 = 1.80518$	$1 = 25.42$
$r_2 = 54.705$	$d_2 = 6.650$	$n_2 = 1.48749$	$2 = 70.23$
$r_3 = -284.130$	$d_3 = 0.200$		
$r_4 = 43.317$	$d_4 = 5.000$	$n_3 = 1.65844$	$3 = 50.88$
$r_5 = 177.308$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = 251.244$	$d_6 = 1.600$	$n_4 = 1.77250$	$4 = 49.60$
$r_7 = 15.857$	$d_7 = 4.477$		
$r_8 = -70.608$	$d_8 = 1.600$	$n_5 = 1.72916$	$5 = 54.68$
$r_9 = 28.141$	$d_9 = 0.200$		
$r_{10} = 23.641$	$d_{10} = 3.450$	$n_6 = 1.84666$	$6 = 23.78$
$r_{11} = -171.788$	$d_{11} = 0.900$		
$r_{12} = -36.722$	$d_{12} = 1.450$	$n_7 = 1.77250$	$7 = 49.60$
$r_{13} = -138.879$	$d_{13} = D_2$ (可変)		
$r_{14} =$ (絞り)	$d_{14} = 1.000$		

50

$r_{15} = 40.925$	$d_{15} = 2.800$	$n_8 = 1.48749$	$\theta_8 = 70.23$
$r_{16} = -51.775$	$d_{16} = 0.200$		
$r_{17} = 27.338$	$d_{17} = 2.800$	$n_9 = 1.48749$	$\theta_9 = 70.23$
$r_{18} = 15871.000$	$d_{18} = 2.798$		
$r_{19} = -39.168$	$d_{19} = 1.540$	$n_{10} = 1.80809$	$\theta_{10} = 22.76$
$r_{20} = -2700.401$	$d_{20} = D_3$ (可変)		
$r_{21} = 35.233$	$d_{21} = 5.000$	$n_{11} = 1.51633$	$\theta_{11} = 64.14$
$r_{22} = -39.501$	$d_{22} = 6.779$		
$r_{23} = -400.000$ (非球面)	$d_{23} = 1.700$	$n_{12} = 1.75512$	$\theta_{12} = 45.60$
$r_{24} = 67.142$			

10

非球面係数

(第23面) $k = 0.0000$, $A_4 = -2.8040 \times 10^{-5}$, $A_6 = -4.9662 \times 10^{-8}$
 $A_8 = -3.6171 \times 10^{-12}$, $A_{10} = -4.7800 \times 10^{-13}$ f B

	39.910	58.023	74.321
D_1	0.900	15.972	30.772
D_2	19.662	9.225	1.114
D_3	9.973	4.719	1.879
$f_1 / f_2 = 4.62$, $ f_2 / f_T = 0.12$, $D_4 / h = 0.31$			
$f_3 / f_4 = 0.78$, $h / R_{2G} = 0.086$, $D_2 / h = 0$			
【0074】			

20

実施例8

$f = 28.977 \sim 62.311 \sim 135.255$, Fナンバー = 4.752 ~ 5.991 ~ 7.150
 $2\theta = 76.5^\circ \sim 36.9^\circ \sim 17.4^\circ$

$r_1 = 107.238$	$d_1 = 2.700$	$n_1 = 1.80518$	$\theta_1 = 25.42$
$r_2 = 45.584$	$d_2 = 7.000$	$n_2 = 1.48749$	$\theta_2 = 70.23$
$r_3 = -375.873$	$d_3 = 0.200$		
$r_4 = 38.916$	$d_4 = 4.800$	$n_3 = 1.65844$	$\theta_3 = 50.88$
$r_5 = 179.245$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = 384.333$	$d_6 = 1.600$	$n_4 = 1.77250$	$\theta_4 = 49.60$
$r_7 = 14.647$	$d_7 = 4.300$		
$r_8 = -85.111$	$d_8 = 1.550$	$n_5 = 1.72916$	$\theta_5 = 54.68$
$r_9 = 25.952$	$d_9 = 0.150$		
$r_{10} = 21.031$	$d_{10} = 3.450$	$n_6 = 1.84666$	$\theta_6 = 23.78$
$r_{11} = -390.555$	$d_{11} = 0.900$		
$r_{12} = -41.249$	$d_{12} = 1.300$	$n_7 = 1.77250$	$\theta_7 = 49.60$
$r_{13} = -1572.096$	$d_{13} = D_2$ (可変)		
$r_{14} =$ (絞り)	$d_{14} = 1.000$		
$r_{15} = 22.662$	$d_{15} = 2.800$	$n_8 = 1.48749$	$\theta_8 = 70.23$
$r_{16} = -68.646$	$d_{16} = 0.200$		
$r_{17} = 32.666$	$d_{17} = 2.800$	$n_9 = 1.48749$	$\theta_9 = 70.23$
$r_{18} = -1735.260$	$d_{18} = 0.800$		
$r_{19} = -28.112$	$d_{19} = 1.540$	$n_{10} = 1.80809$	$\theta_{10} = 22.76$
$r_{20} = -83.490$	$d_{20} = D_3$ (可変)		
$r_{21} = 35.586$	$d_{21} = 5.000$	$n_{11} = 1.51633$	$\theta_{11} = 64.14$
$r_{22} = -29.673$	$d_{22} = 4.045$		
$r_{23} = -103.668$ (非球面)	$d_{23} = 1.700$	$n_{12} = 1.78590$	$\theta_{12} = 44.20$
$r_{24} = 60.309$			

30

40

非球面係数

(第23面) $k = 0.0000$, $A_4 = -4.5761 \times 10^{-5}$, $A_6 = -9.7111 \times 10^{-8}$
 $A_8 = -4.8450 \times 10^{-10}$, $A_{10} = 1.7769 \times 10^{-12}$

50

f_B 41.289 57.278 71.177
 D_1 0.900 14.473 26.496
 D_2 17.369 8.602 0.752
 D_3 6.776 3.232 0.982
 $f_1 / |f_2| = 4.47$, $|f_2| / f_T = 0.11$, $D_4 / h = 0.19$
 $f_3 / f_4 = 0.54$, $h / R_{2G} = 0.056$, $D_2 / h = 0$

【 0 0 7 5 】

実施例 9

$f = 28.972 \sim 62.227 \sim 135.210$, F ナンバー = 4.752 ~ 5.991 ~ 7.150

$2 = 76.5^\circ \sim 36.9^\circ \sim 17.5^\circ$

10

$r_1 = 102.286$	$d_1 = 2.700$	$n_1 = 1.80518$	$_1 = 25.42$
$r_2 = 44.313$	$d_2 = 7.000$	$n_2 = 1.48749$	$_2 = 70.23$
$r_3 = -486.799$	$d_3 = 0.200$		
$r_4 = 38.783$	$d_4 = 4.800$	$n_3 = 1.65844$	$_3 = 50.88$
$r_5 = 189.121$	$d_5 = D_1$ (可変)		
$r_6 = 346.854$	$d_6 = 1.600$	$n_4 = 1.77250$	$_4 = 49.60$
$r_7 = 14.581$	$d_7 = 4.300$		
$r_8 = -83.457$	$d_8 = 1.550$	$n_5 = 1.72916$	$_5 = 54.68$
$r_9 = 25.335$	$d_9 = 0.150$		
$r_{10} = 20.816$	$d_{10} = 3.450$	$n_6 = 1.84666$	$_6 = 23.78$
$r_{11} = -331.085$	$d_{11} = 0.900$		
$r_{12} = -39.770$	$d_{12} = 1.300$	$n_7 = 1.77250$	$_7 = 49.60$
$r_{13} = -966.613$	$d_{13} = D_2$ (可変)		
$r_{14} =$ (絞り)	$d_{14} = 1.000$		
$r_{15} = 21.806$	$d_{15} = 2.800$	$n_8 = 1.48749$	$_8 = 70.23$
$r_{16} = -64.815$	$d_{16} = 0.200$		
$r_{17} = 38.125$	$d_{17} = 2.800$	$n_9 = 1.48749$	$_9 = 70.23$
$r_{18} = -237.613$	$d_{18} = 0.800$		
$r_{19} = -26.123$	$d_{19} = 1.540$	$n_{10} = 1.80809$	$_{10} = 22.76$
$r_{20} = -70.981$	$d_{20} = D_3$ (可変)		
$r_{21} = 36.677$	$d_{21} = 5.000$	$n_{11} = 1.51633$	$_{11} = 64.14$
$r_{22} = -29.757$	$d_{22} = 3.913$		
$r_{23} = -169.606$ (非球面)	$d_{23} = 0.050$	$n_{12} = 1.52288$	$_{12} = 52.50$
$r_{24} = -100.000$	$d_{24} = 1.650$	$n_{13} = 1.78590$	$_{13} = 44.20$
$r_{25} = 54.197$			

20

30

非球面係数

(第 2 3 面) $k = 0.0000$, $A_4 = -6.8360 \times 10^{-5}$, $A_6 = -6.8001 \times 10^{-8}$
 $A_8 = -2.5352 \times 10^{-9}$, $A_{10} = 1.6368 \times 10^{-11}$

f_B 41.519 57.411 71.684
 D_1 0.900 14.434 26.247
 D_2 17.288 8.570 0.761
 D_3 6.642 2.995 0.819
 $f_1 / |f_2| = 4.48$, $|f_2| / f_T = 0.11$, $D_4 / h = 0.18$
 $f_3 / f_4 = 0.52$, $h / R_{2G} = 0.062$, $D_2 / h = 0$

【 0 0 7 6 】

実施例 10

$f = 28.980 \sim 64.745 \sim 145.260$, F ナンバー = 4.305 ~ 5.665 ~ 7.078

$2 = 76.4^\circ \sim 35.8^\circ \sim 16.4^\circ$

40

$r_1 = 148.634$	$d_1 = 2.700$	$n_1 = 1.80518$	$_1 = 25.42$
$r_2 = 54.752$	$d_2 = 6.650$	$n_2 = 1.48749$	$_2 = 70.23$

50

$r_3 = -261.516$	$d_3 = 0.200$			
$r_4 = 40.877$	$d_4 = 5.000$	$n_3 = 1.65844$	$_3 = 50.88$	
$r_5 = 141.604$	$d_5 = D_1$ (可変)			
$r_6 = 107.490$	$d_6 = 1.500$	$n_4 = 1.77250$	$_4 = 49.60$	
$r_7 = 14.845$	$d_7 = 4.500$			
$r_8 = -43.168$	$d_8 = 1.400$	$n_5 = 1.72916$	$_5 = 54.68$	
$r_9 = 39.431$	$d_9 = 0.200$			
$r_{10} = 27.458$	$d_{10} = 3.450$	$n_6 = 1.84666$	$_6 = 23.78$	
$r_{11} = -82.928$	$d_{11} = 0.900$			
$r_{12} = -29.851$	$d_{12} = 1.450$	$n_7 = 1.77250$	$_7 = 49.60$	10
$r_{13} = -126.325$	$d_{13} = D_2$ (可変)			
$r_{14} =$ (絞り)	$d_{14} = 1.000$			
$r_{15} = 37.913$	$d_{15} = 2.800$	$n_8 = 1.48749$	$_8 = 70.23$	
$r_{16} = -49.810$	$d_{16} = 0.200$			
$r_{17} = 27.987$	$d_{17} = 2.800$	$n_9 = 1.48749$	$_9 = 70.23$	
$r_{18} = -339.010$	$d_{18} = 1.728$			
$r_{19} = -36.890$	$d_{19} = 1.540$	$n_{10} = 1.80809$	$_{10} = 22.76$	
$r_{20} = -325.148$	$d_{20} = D_3$ (可変)			
$r_{21} = 36.670$	$d_{21} = 5.000$	$n_{11} = 1.51633$	$_{11} = 64.14$	20
$r_{22} = -37.908$	$d_{22} = 6.622$			
$r_{23} = -222.149$ (非球面)	$d_{23} = 1.700$	$n_{12} = 1.75512$	$_{12} = 45.60$	
$r_{24} = 59.830$				

非球面係数

(第23面) $k = 0.0000$, $A_4 = -3.1468 \times 10^{-5}$, $A_6 = -5.8852 \times 10^{-8}$ $A_8 = -4.4515 \times 10^{-11}$, $A_{10} = -2.0747 \times 10^{-13}$ f B

38.918 58.656 77.304

 D_1 0.900 15.936 30.326 D_2 18.887 8.656 0.737 D_3 9.645 4.176 1.516 $f_1 / |f_2| = 4.72$, $|f_2| / f_T = 0.11$, $D_4 / h = 0.31$ $f_3 / f_4 = 0.61$, $h / R_{2G} = 0.201$, $D_2 / h = 0$

【0077】

実施例11

 $f = 28.967 \sim 62.272 \sim 135.280$, Fナンバー = 4.928 ~ 6.174 ~ 7.177 $2 = 76.2^\circ \sim 87.1^\circ \sim 17.5^\circ$

$r_1 = 213.992$	$d_1 = 2.700$	$n_1 = 1.80518$	$_1 = 25.42$	
$r_2 = 52.239$	$d_2 = 6.750$	$n_2 = 1.56884$	$_2 = 60.67$	
$r_3 = -274.542$	$d_3 = 0.200$			
$r_4 = 43.295$	$d_4 = 4.600$	$n_3 = 1.60562$	$_3 = 43.70$	
$r_5 = 194.822$	$d_5 = D_1$ (可変)			40
$r_6 = 228.798$	$d_6 = 1.600$	$n_4 = 1.77250$	$_4 = 49.60$	
$r_7 = 15.510$	$d_7 = 4.358$			
$r_8 = -53.699$	$d_8 = 1.500$	$n_5 = 1.71800$	$_5 = 53.87$	
$r_9 = 37.564$	$d_9 = 0.200$			
$r_{10} = 26.272$	$d_{10} = 3.450$	$n_6 = 1.84666$	$_6 = 23.78$	
$r_{11} = -104.639$	$d_{11} = 0.850$			
$r_{12} = -38.725$	$d_{12} = 1.350$	$n_7 = 1.77250$	$_7 = 49.60$	
$r_{13} = -6672.969$	$d_{13} = D_2$ (可変)			
$r_{14} =$ (絞り)	$d_{14} = 1.000$			
$r_{15} = 44.199$	$d_{15} = 2.800$	$n_8 = 1.48749$	$_8 = 70.23$	50

$r_{16} = -46.651$ $d_{16} = 0.200$
 $r_{17} = 28.178$ $d_{17} = 2.800$ $n_9 = 1.48749$ $_9 = 70.23$
 $r_{18} = -602.831$ $d_{18} = 4.212$
 $r_{19} = -33.980$ $d_{19} = 1.540$ $n_{10} = 1.80809$ $_{10} = 22.76$
 $r_{20} = -215.450$ $d_{20} = D_3$ (可変)
 $r_{21} = 36.879$ $d_{21} = 4.900$ $n_{11} = 1.51633$ $_{11} = 64.14$
 $r_{22} = -42.083$ $d_{22} = 8.329$
 $r_{23} = -251.989$ (非球面) $d_{23} = 1.700$ $n_{12} = 1.76200$ $_{12} = 40.10$
 $r_{24} = 104.273$

非球面係数

10

(第 2 3 面) $k = 0.0000$, $A_4 = -2.5660 \times 10^{-5}$, $A_6 = -4.9630 \times 10^{-8}$
 $A_8 = -3.0611 \times 10^{-11}$, $A_{10} = -8.3544 \times 10^{-14}$ f B

38.288 58.500 76.361

D_1 0.900 16.214 92.970

D_2 17.536 8.141 1.386

D_3 10.138 3.951 0.855

$f_1 / |f_2| = 5.04$, $|f_2| / f_T = 0.12$, $D_4 / h = 0.39$

$f_3 / f_4 = 0.76$, $h / R_{2G} = 0.094$, $D_2 / h = 0$

【 0 0 7 8 】

実施例 1 2

20

$f = 28.970 \sim 62.250 \sim 135.291$, F ナンバー = $4.924 \sim 6.283 \sim 7.009$

$2 = 76.3^\circ \sim 37.1^\circ \sim 17.4^\circ$

$r_1 = 214.871$ $d_1 = 2.700$ $n_1 = 1.80518$ $_1 = 25.42$

$r_2 = 65.661$ $d_2 = 6.550$ $n_2 = 1.48749$ $_2 = 70.23$

$r_3 = -195.522$ $d_3 = 0.200$

$r_4 = 47.433$ $d_4 = 4.750$ $n_3 = 1.65844$ $_3 = 50.88$

$r_5 = 160.735$ $d_5 = D_1$ (可変)

$r_6 = 348.794$ $d_6 = 1.600$ $n_4 = 1.77250$ $_4 = 49.60$

$r_7 = 16.320$ $d_7 = 4.176$

$r_8 = -64.926$ $d_8 = 1.550$ $n_5 = 1.72916$ $_5 = 54.68$

$r_9 = 32.049$ $d_9 = 0.200$

$r_{10} = 25.457$ $d_{10} = 3.450$ $n_6 = 1.84666$ $_6 = 23.78$

$r_{11} = -157.386$ $d_{11} = 0.900$

$r_{12} = -36.496$ $d_{12} = 1.350$ $n_7 = 1.77250$ $_7 = 49.60$

$r_{13} = -124.528$ $d_{13} = D_2$ (可変)

$r_{14} =$ (絞り) $d_{14} = 1.000$

$r_{15} = 41.115$ $d_{15} = 2.800$ $n_8 = 1.48749$ $_8 = 70.23$

$r_{16} = -48.637$ $d_{16} = 0.200$

$r_{17} = 27.280$ $d_{17} = 2.800$ $n_9 = 1.48749$ $_9 = 70.23$

$r_{18} = -2484.952$ $d_{18} = 3.452$

$r_{19} = -37.485$ $d_{19} = 1.540$ $n_{10} = 1.80809$ $_{10} = 22.76$

$r_{20} = -619.074$ $d_{20} = D_3$ (可変)

$r_{21} = 32.893$ $d_{21} = 4.900$ $n_{11} = 1.51633$ $_{11} = 64.14$

$r_{22} = -44.370$ $d_{22} = 7.113$

$r_{23} = 2810.285$ (非球面) $d_{23} = 1.700$ $n_{12} = 1.75512$ $_{12} = 45.60$

$r_{24} = 56.573$

非球面係数

40

(第 2 3 面) $k = 0.0000$, $A_4 = -2.8223 \times 10^{-5}$, $A_6 = -1.0444 \times 10^{-7}$
 $A_8 = 7.2762 \times 10^{-10}$, $A_{10} = -4.0745 \times 10^{-12}$

f B 37.852 59.181 74.286

50

D_1 0.900 15.825 35.410
 D_2 18.314 8.014 1.069
 D_3 10.870 4.353 1.439
 $f_1 / |f_2| = 5.08$, $|f_2| / f_T = 0.13$, $D_4 / h = 0.33$
 $f_3 / f_4 = 0.72$, $h / R_{2G} = 0.062$, $D_2 / h = 0$

ただし r_1 , r_2 , \dots はレンズ各面の曲率半径、 d_1 , d_2 , \dots は各レンズの肉厚および空気間隔、 n_1 , n_2 , \dots は各レンズの屈折率、 ν_1 , ν_2 , \dots は各レンズのアッベ数である。

【0079】

実施例 1 ~ 6 は、それぞれ図 1 ~ 図 6 に示す通りの構成のズームレンズで、第 1 群が負レンズと正レンズとを接合した接合レンズと正のメニスカスレンズよりなり、第 2 群が第 1 レンズ成分の負レンズと第 2 レンズ成分の負レンズと第 3 レンズ成分の正レンズとよりなり、明るさ絞りを挟んで第 3 群が正レンズと正レンズと負レンズとよりなり、第 4 群が正レンズよりなる前群と負レンズよりなる後群とよりなる。

10

【0080】

これら実施例のうち、実施例 1 は、第 4 群の後群の負レンズの物体側の面 (r_{21}) が非球面である。

【0081】

また、実施例 2 は、第 2 群の第 2 レンズ成分である 2 枚目の負レンズの像側の面 (r_9) と最終面つまり第 4 群の後群である負レンズの像側の面 (r_{22}) が非球面である。

20

【0082】

実施例 3 は第 2 群の第 1 レンズである最も物体側のレンズの像側の面 (r_7) と第 4 群の後群の負レンズの像側の面 (r_{22}) が非球面である。

【0083】

実施例 4 は、第 2 群の第 1 レンズの負レンズの像側の面 (r_7) と第 4 群の後群の負レンズの物体側の面 (r_{21}) が非球面である。

【0084】

実施例 5 は、第 2 群の第 1 レンズ成分である最も物体側の負レンズがガラスレンズ ($r_6 \sim r_7$) の像側に樹脂層を設けたハイブリットレンズで、このハイブリットレンズの樹脂層 ($r_7 \sim r_8$) の像側の面 (r_8) が非球面である。また第 4 群の後群の負レンズの物体側の面が非球面である。

30

【0085】

実施例 6 は、第 2 群の第 1 レンズ成分である第 2 群の最も物体側の負レンズの像側の面 (r_7) と第 4 群の後群の負レンズの物体側の面 (r_{21}) が非球面である。

【0086】

次に実施例 7 ~ 12 は夫々図 7 ~ 図 12 に示す構成で、第 1 群が負レンズと正レンズの接合レンズと正のメニスカスレンズとよりなり、第 2 群が第 1 レンズ成分の負レンズと第 2 レンズ成分の負レンズと第 3 レンズ成分の正レンズと第 4 レンズ成分の負レンズとよりなり、第 2 群の像側に明るさ絞りを挟んで配置された第 3 群が正レンズと正レンズと負レンズとよりなり、第 4 群が正レンズよりなる前群と負レンズよりなる後群とよりなるレンズ系である。

40

【0087】

即ち、これら実施例 7 ~ 12 のズームレンズは、第 2 群が負の第 1 レンズ成分と負の第 2 レンズ成分と正の第 3 レンズ成分と負の第 4 レンズ成分とよりなる四つのレンズ成分からなる点で負、負、正の三つのレンズ成分よりなる実施例 1 ~ 6 と相違する。

【0088】

また、実施例 7、8 は第 4 群の後群の負レンズの物体側のレンズ面 (r_{23}) が非球面である。実施例 9 は第 4 群の後群の負レンズがガラスレンズ ($r_{24} \sim r_{25}$) の前に樹脂 ($r_{23} \sim r_{24}$) を設けたハイブリッドレンズで、樹脂の物体側の面 (r_{23}) が非球面である。実施例 10、11、12 はいずれも実施例 7、8 と同様に第 4 群の後群の負レンズの物体側

50

の面 (r_{23}) が非球面である。

【0089】

上記実施例に用いられている非球面の形状は、光軸方向に z 軸を、光軸と直角な方向に y 軸をとった時、次の式にて表わされる。

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (k + 1)(y / r)^2\}^{1/2}] + A_2 y^2 + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10} + \dots$$

ただし、 r は基準球面の曲率半径、 k は円錐係数、 A_2 、 A_4 、 \dots は 2 次、4 次、 \dots の非球面係数である。

【0090】

各実施例の構成を示す図 1 ~ 図 12 において、上段が広角端、中段が中間焦点距離、下段が望遠端である。また、実施例 1 ~ 12 の収差状況は夫々図 13 ~ 図 24 に示す通りである。尚これら図 13 ~ 図 24 において (A)、(B)、(C) は夫々広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。

10

【0091】

以上述べた本発明のズームレンズは、例えば、図 25、図 26 に示すようなコンパクトカメラの撮影レンズとして用いられる。図 25、図 26 において、1 はカメラボディー、2 は撮影レンズ、3 は撮影用光路、4 はファインダー用光学系、5 はファインダー用光学系の光路、6 は撮影レンズの結像面におかれたフィルム、7 はファインダーの像正立プリズム、8 は絞り、9 はファインダーの接眼レンズである。このカメラにおいて、撮影レンズによりフィルム 6 の上に結像され、また撮影レンズ 2 の光路 3 とその光路が平行におかれたファインダーに入射した光は像正立プリズム 7 および接眼レンズ 9 を通って観察者により観察される。

20

【0092】

このカメラに用いる撮影レンズ 2 に本発明のズームレンズが用いられる。

【0093】

又、図 27 は本発明のズームレンズを用いた一眼レフレックスカメラを示す。この図 27 において、10 は一眼レフレックスカメラで、2 は撮影レンズ、6 はフィルム、11 は撮影レンズ 2 の光路 3 上レンズ系 2 とフィルム 6 との間に配置されたクイックリターンミラー、12 はクイックリターンミラーより反射された光路に配置されたファインダースクリーン、13 はペンタプリズム、14 はファインダー、15 は観察者の眼 (アイポイント) である。

30

【0094】

この一眼レフレックスカメラ 10 の撮影レンズ 2 として本発明のズームレンズが用いられている。

【0095】

特許請求の範囲に記載するズームレンズのほか次の各項に示すズームレンズも目的を達成し得る。

【0096】

(1) 特許請求の範囲の請求項 1、2、3 又は 4 に記載するレンズ系で、前記第 3 群の最も物体側に正レンズを配置したことを特徴とするズームレンズ。

40

【0097】

(2) 特許請求の範囲の請求項 1 又は 2 あるいは前記の (1) の項に記載するレンズ系で、第 3 群の最も像側に物体側が空気間隔である負レンズを配置したことを特徴とするズームレンズ。

【0098】

(3) 特許請求の範囲の請求項 1、2、3 又は 4 に記載するレンズ系で、第 3 群が物体側より順に正レンズと正レンズと物体側に凹面を向けた負レンズよりなることを特徴とするズームレンズ。

【0099】

(4) 前記の (1) 又は (3) の項に記載するレンズ系で、第 3 群の最も物体側の正レ

50

レンズが単レンズであることを特徴とするズームレンズ。

【0100】

(5) 前記の(2)又は(3)の項に記載するレンズ系で、第3群の最も像側の負レンズが単レンズであることを特徴とするズームレンズ。

【0101】

(6) 前記の(3)の項に記載するレンズ系で、第3群の負レンズの物体側の面よりもこの面と空気間隔を挟んで対向する面のほうが弱い曲率であることを特徴とするズームレンズ。

【0102】

(7) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4に記載するレンズ系で、第4群の前群が正レンズよりなり後群が負レンズよりなることを特徴とするズームレンズ。

10

【0103】

(8) 前記の(7)の項に記載するレンズ系で、第4群の後群の負レンズが光軸から離れるにしたがって負の屈折力が強くなる形状の非球面を有することを特徴とするズームレンズ。

【0104】

(9) 前記の(8)の項に記載するレンズ系で、第4群の負レンズの非球面がレンズに樹脂を設けることにより形成することを特徴とするズームレンズ。

【0105】

(10) 特許請求の範囲の請求項1又は2に記載するレンズ系で、第2群が物体側より順にそれぞれ空気間隔を挟んで配置された負レンズと負レンズと正レンズよりなることを特徴とするズームレンズ。

20

【0106】

(11) 前記の(10)の項に記載するレンズ系で、第2群の最も物体側の負レンズが非球面を有することを特徴とするズームレンズ。

【0107】

(12) 前記の(10)又は(11)の項に記載するレンズ系で、第2群のレンズがいずれも単レンズであることを特徴とするズームレンズ。

【0108】

(13) 特許請求の範囲の請求項1又は2に記載するレンズ系で、第2群が物体側より順にそれぞれ空気間隔を挟んで配置された負レンズと負レンズと正レンズと負レンズとよりなることを特徴とするズームレンズ。

30

【0109】

(14) 前記の(13)の項に記載するレンズ系で、第2群のレンズがいずれも単レンズであることを特徴とするズームレンズ。

【0110】

(15) 前記の(13)又は(14)の項に記載するレンズ系で、下記条件(5)を満足することを特徴とするズームレンズ。

(5) $-0.07 < h/R_{2G} < 0.35$

【0111】

(16) 特許請求の範囲の請求項1に記載するレンズ系で、第1群が物体側から順に正レンズと負レンズと物体側に凸面を向けた正のメニスカスレンズとからなることを特徴とするズームレンズ。

40

【0112】

(17) 特許請求の範囲の請求項3あるいは前記の(16)の項に記載するレンズ系で、負レンズと正レンズが下記条件(6)を満足することを特徴とするズームレンズ。

(6) $0 < D_2/h < 0.035$

【0113】

(18) 前記の(17)の項に記載するレンズ系で、第1群の負レンズと正レンズとを接合して接合レンズとしたことを特徴とするズームレンズ。

50

【0114】

(19) 特許請求の範囲の請求項3に記載するレンズ系で、第2群が下記条件(2)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(2) \quad 0.07 < |f_2| / f_T < 0.16$$

【0115】

(20) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4に記載するレンズ系で、条件(3)の代りに下記条件(3-1)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(3-1) \quad 0.14 < D_4 / h < 0.5$$

【0116】

(21) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4に記載するレンズ系で、条件(1)の代りに下記条件(1-1)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(1-1) \quad 4.3 < f_1 / |f_2| < 4.9$$

【0117】

(22) 特許請求の範囲の請求項1又は2に記載するレンズ系で、下記条件(4)を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(4) \quad 0.2 < f_3 / f_4 < 1.1$$

【0118】

(23) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記の(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)、(15)、(16)、(17)、(18)、(19)、(20)、(21)又は(22)の項に記載するレンズ系で、広角端における画角が65°を超えるズームレンズ。

【0119】

(24) 特許請求の範囲の請求項1、2、3又は4あるいは前記の(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)、(15)、(16)、(17)、(18)、(19)、(20)、(21)、(22)又は(23)の項に記載するズームレンズを備えた撮像装置で、前記ズームレンズの像側に光路を分割する光路分割手段を配置し、この光路分割手段により分割された光路内の一方を撮像用の光路にし他方を観察用のファインダーを配置したファインダー用の光路としたことを特徴とする撮像装置。

【0120】

【発明の効果】

本発明によれば、高変倍で、小型で、レンズ枚数が少なく、画角が65°を超えるワイド端からテレ端までの広い変倍域にわたって良好な光学性能のズームレンズを実現し得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の断面図

【図2】本発明の実施例2の断面図

【図3】本発明の実施例3の断面図

【図4】本発明の実施例4の断面図

【図5】本発明の実施例5の断面図

【図6】本発明の実施例6の断面図

【図7】本発明の実施例7の断面図

【図8】本発明の実施例8の断面図

【図9】本発明の実施例9の断面図

【図10】本発明の実施例10の断面図

【図11】本発明の実施例11の断面図

【図12】本発明の実施例12の断面図

【図13】本発明の実施例1の収差曲線図

【図14】本発明の実施例2の収差曲線図

【図15】本発明の実施例3の収差曲線図

10

20

30

40

50

【図 16】本発明の実施例 4 の収差曲線図

【図 17】本発明の実施例 5 の収差曲線図

【図 18】本発明の実施例 6 の収差曲線図

【図 19】本発明の実施例 7 の収差曲線図

【図 20】本発明の実施例 8 の収差曲線図

【図 21】本発明の実施例 9 の収差曲線図

【図 22】本発明の実施例 10 の収差曲線図

【図 23】本発明の実施例 11 の収差曲線図

【図 24】本発明の実施例 12 の収差曲線図

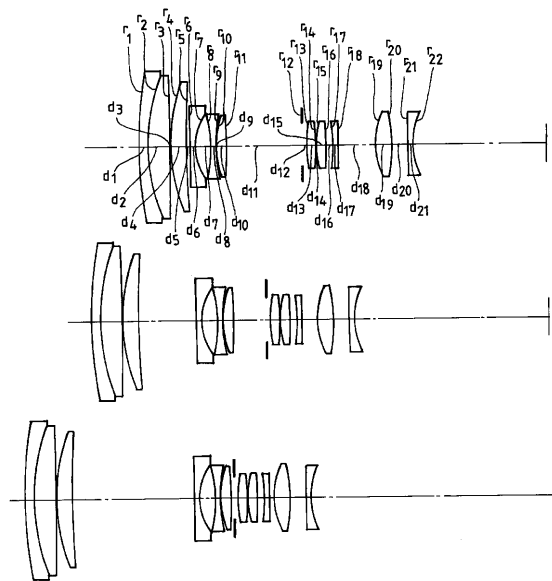
【図 25】本発明のズームレンズを撮影レンズとして用いたコンパクトカメラの斜視図

10

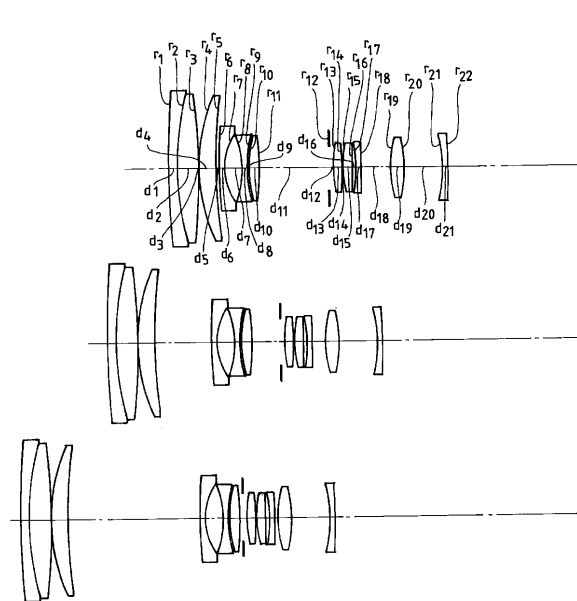
【図 26】図 25 に示すカメラの断面図

【図 27】本発明のズームレンズを用いた一眼レフレックスカメラの断面図

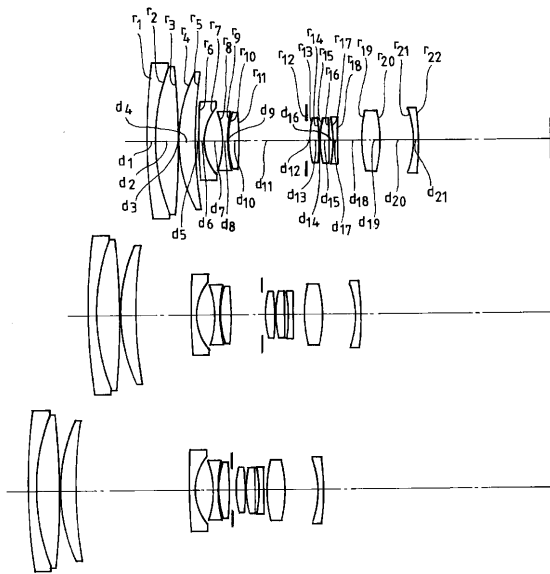
【図 1】



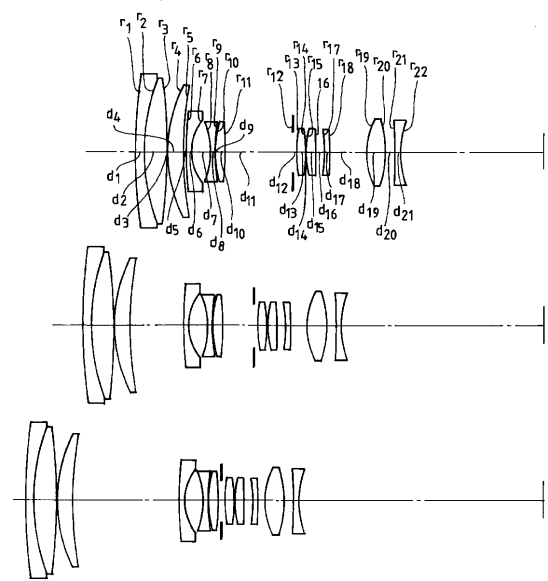
【図 2】



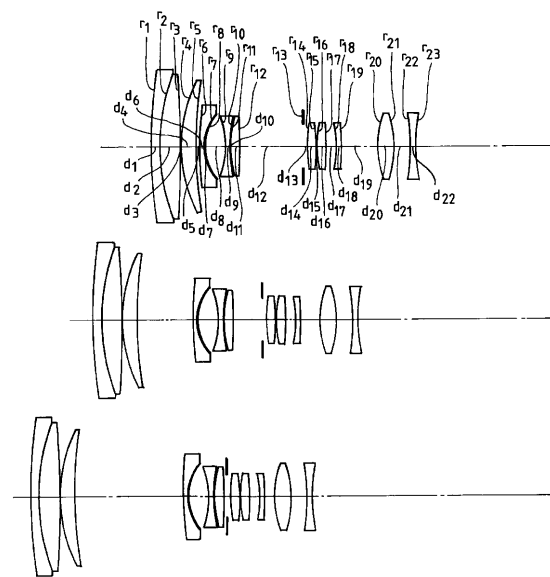
【図 3】



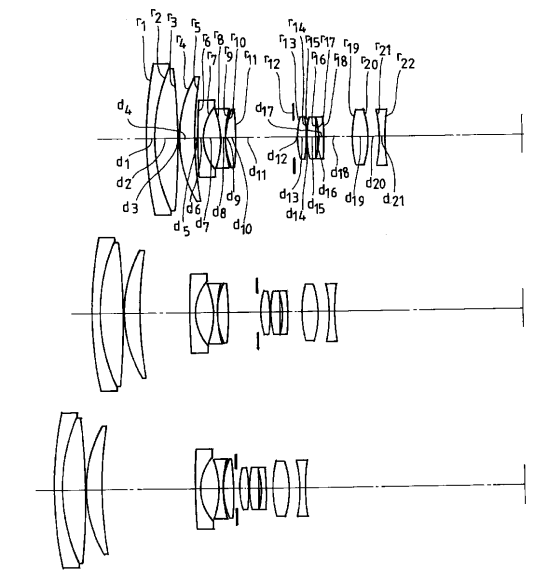
【図 4】



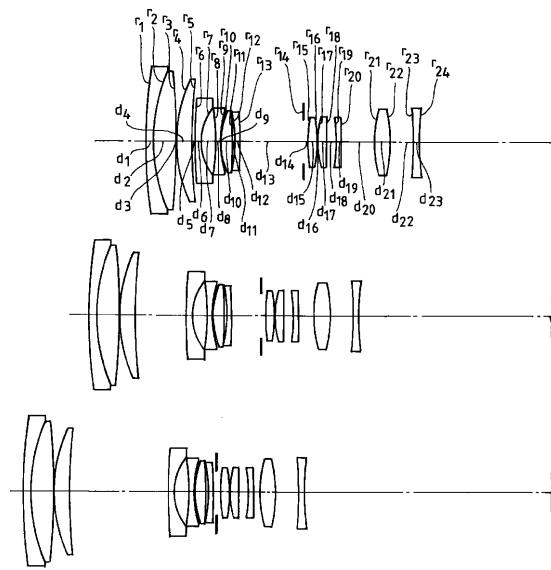
【図 5】



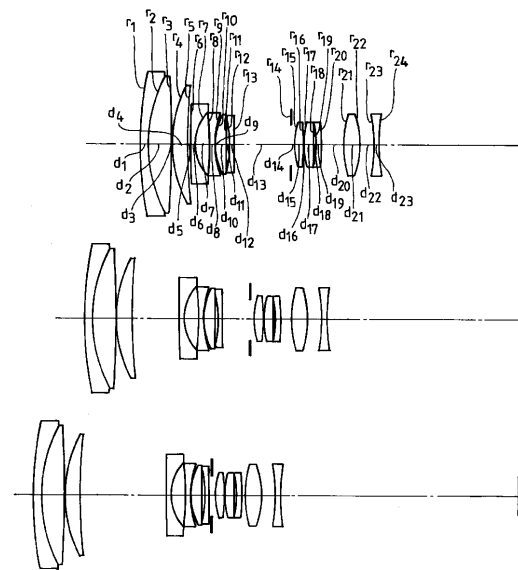
【図 6】



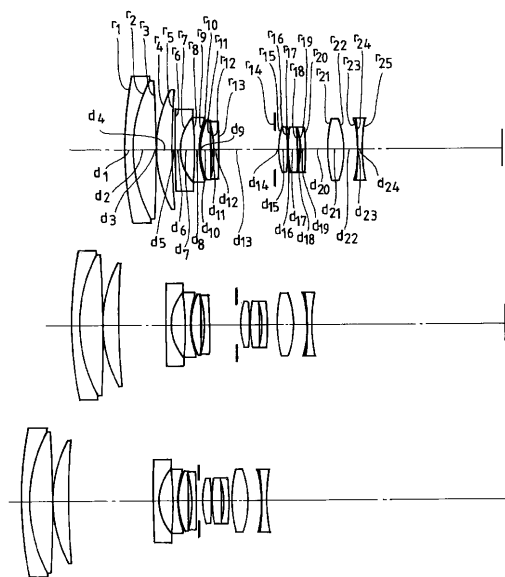
【図 7】



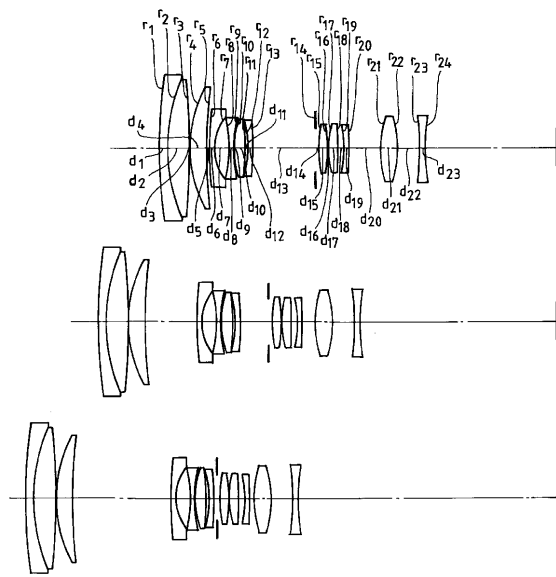
【図 8】



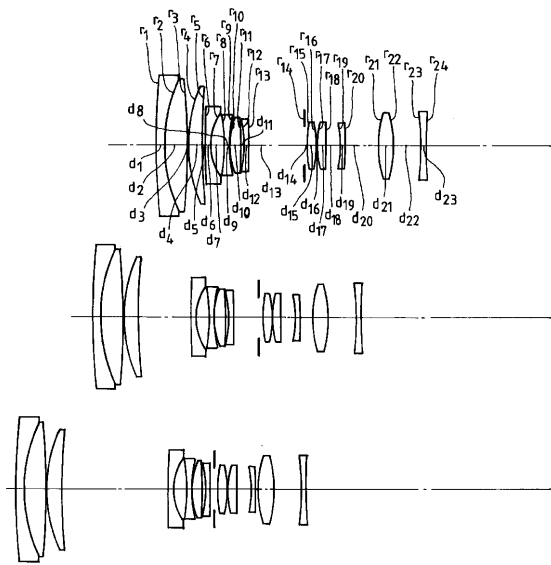
【図 9】



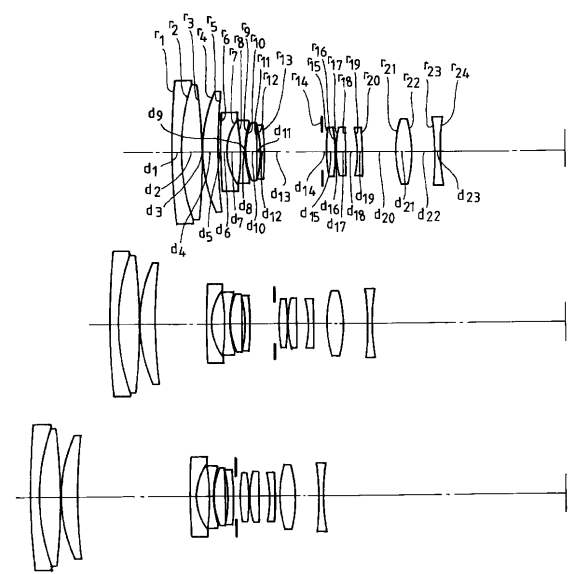
【図 10】



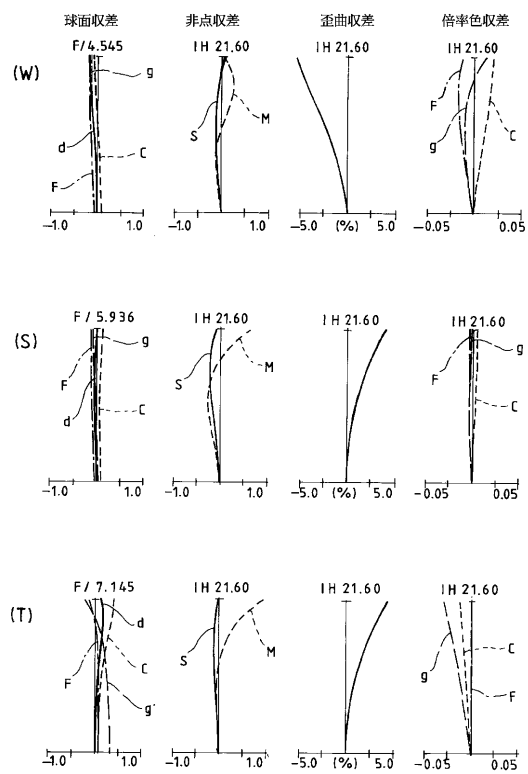
【図 1 1】



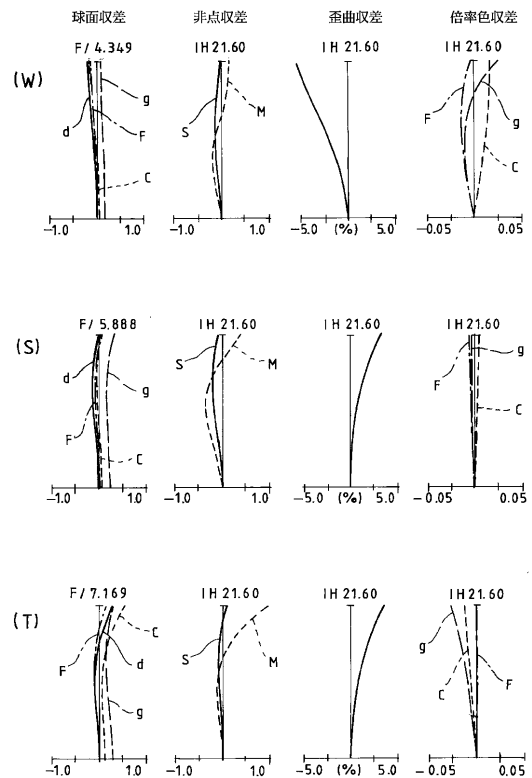
【図 1 2】



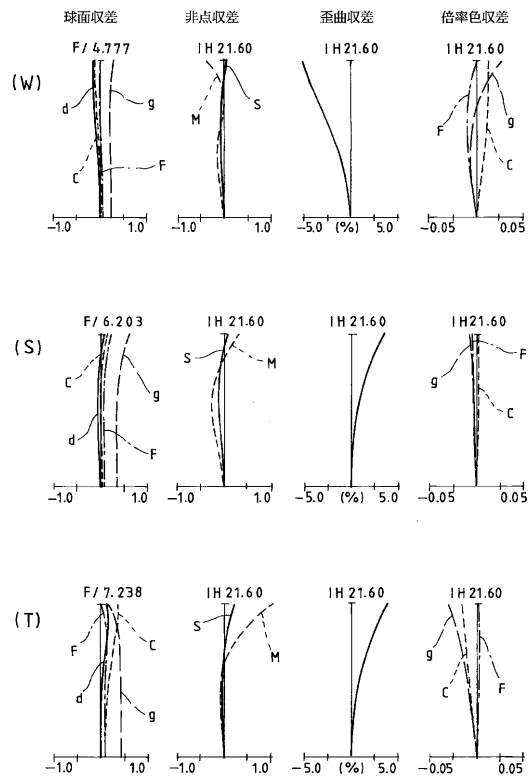
【図 1 3】



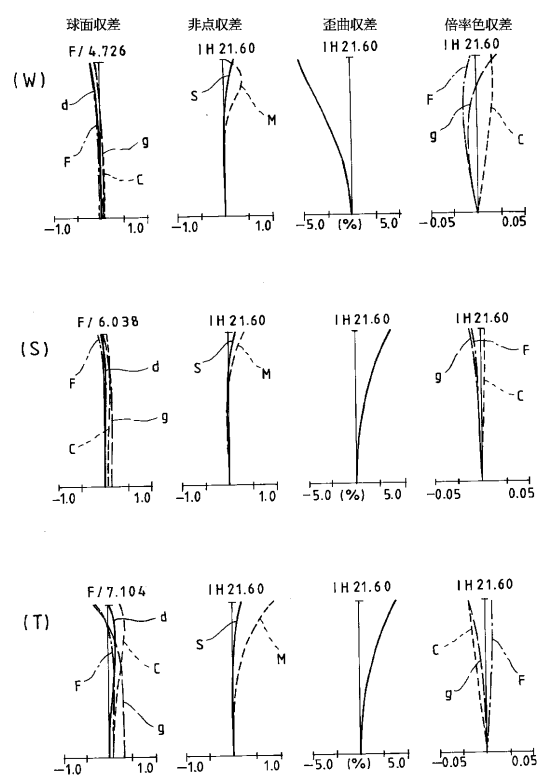
【図 1 4】



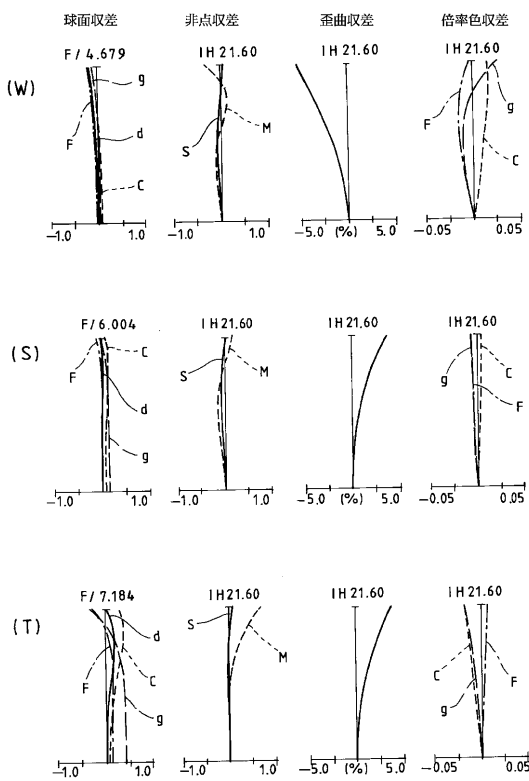
【図 15】



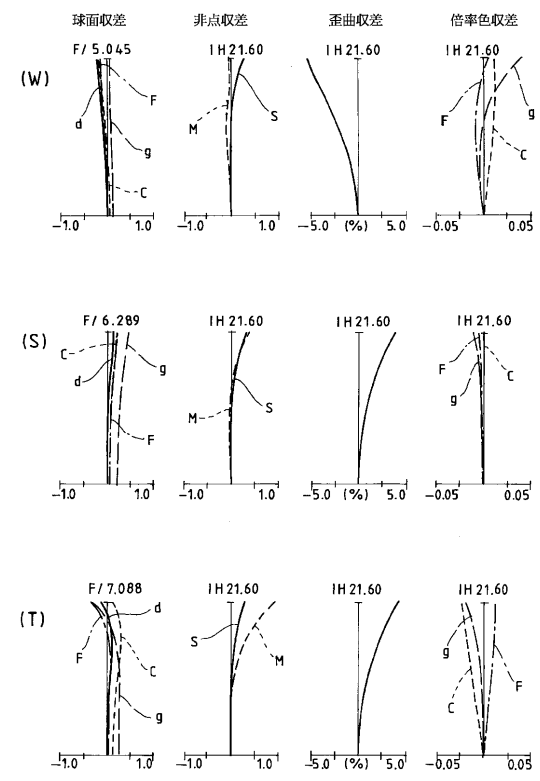
【図 16】



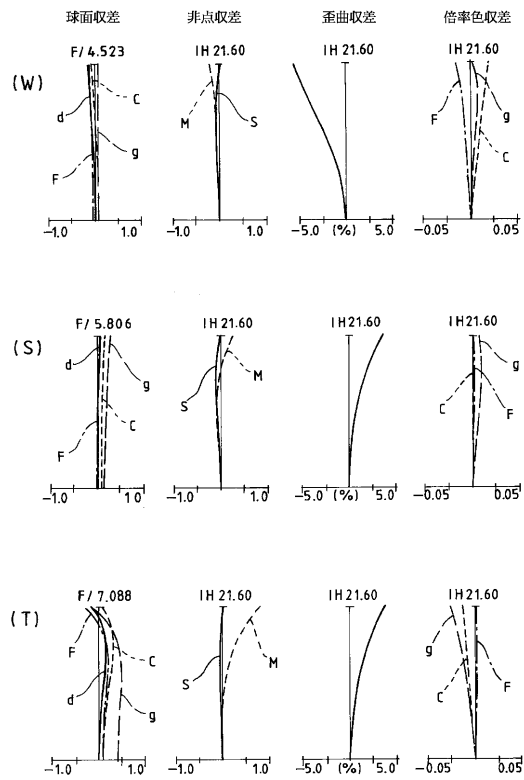
【図 17】



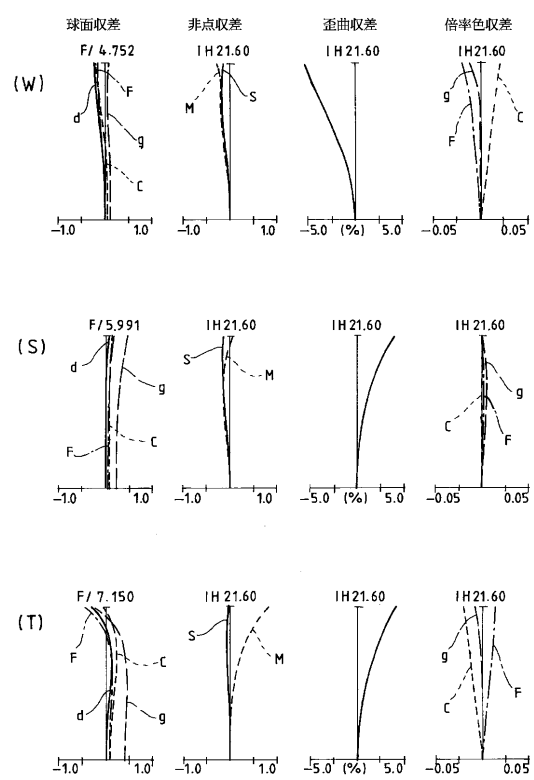
【図 18】



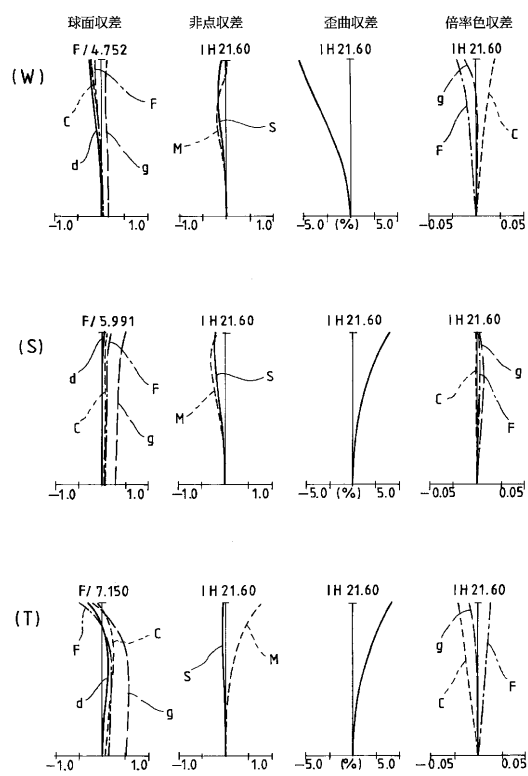
【図 19】



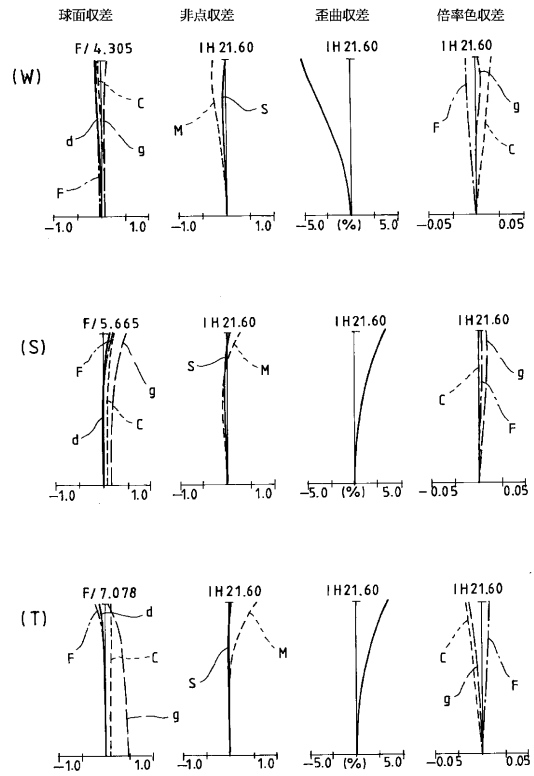
【図 20】



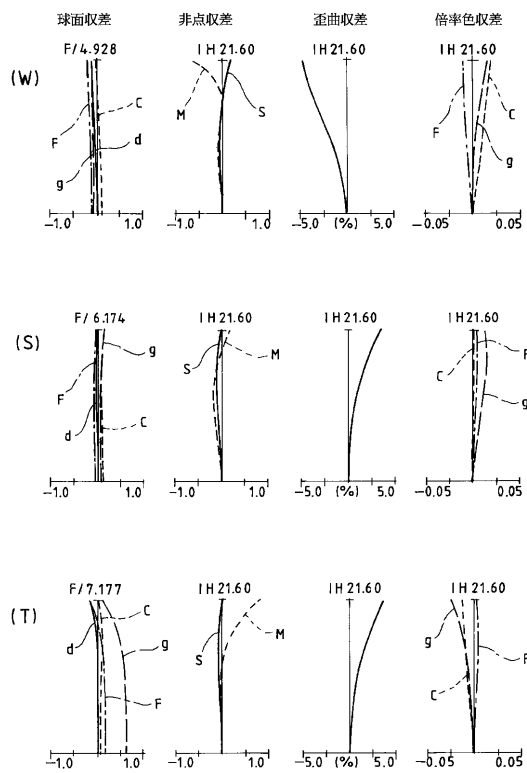
【図 21】



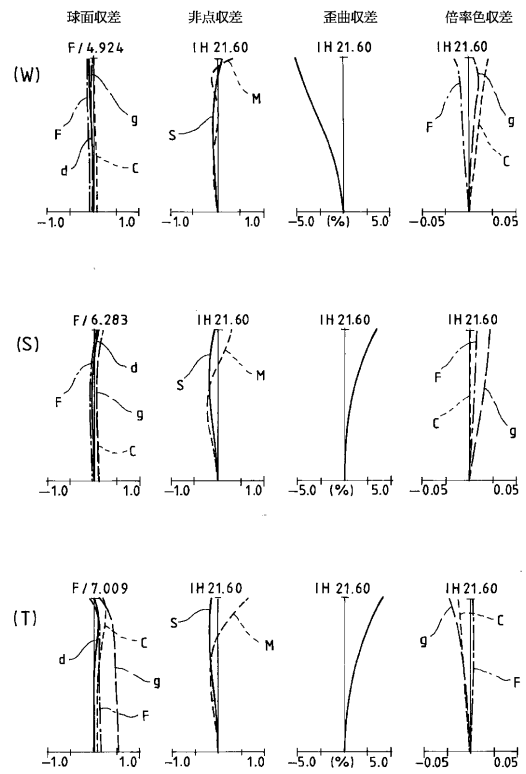
【図 22】



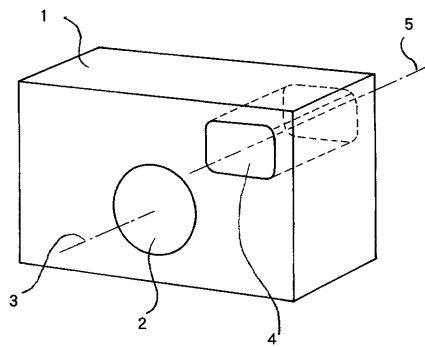
【図 23】



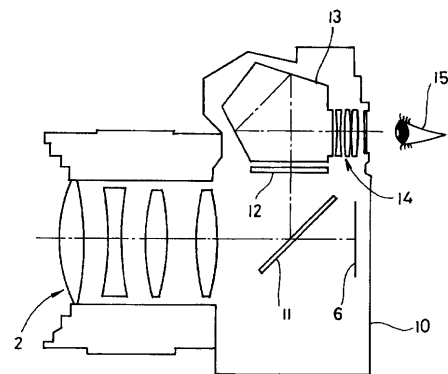
【図 24】



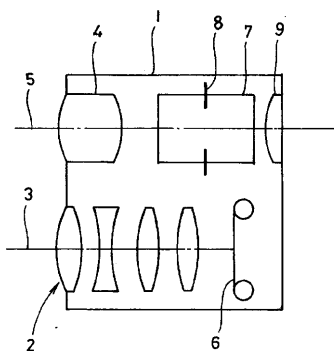
【図 25】



【図 27】



【図 26】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G02B15/00-15/28