

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5035898号
(P5035898)

(45) 発行日 平成24年9月26日(2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日(2012.7.13)

(51) Int. Cl. F 1
GO 2 B 15/16 (2006.01) GO 2 B 15/16
GO 2 B 13/18 (2006.01) GO 2 B 13/18
HO 4 N 5/225 (2006.01) HO 4 N 5/225 D

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2007-263199 (P2007-263199)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成19年10月9日 (2007.10.9)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2009-92922 (P2009-92922A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成21年4月30日 (2009.4.30)	(74) 代理人	100073184
審査請求日	平成22年5月31日 (2010.5.31)		弁理士 柳田 征史
		(74) 代理人	100090468
			弁理士 佐久間 剛
		(72) 発明者	池田 伸吉
			埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
			番地 フジノン株式会社内
		審査官	殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リアフォーカス式ズームレンズおよび撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、固定の正の第1群と、広角端から望遠端への変倍時に光軸に沿って像面側に移動する負の第2群と、光軸方向に固定の負の第3群と、変倍に伴う像面変動を補正すると共にフォーカスを行うために光軸方向に移動する正の第4群とを備え、

前記第1群は物体側から順に、全体として負のパワーを持つ第11群と、全体として正のパワーを持つ第12群とで構成され、

前記第11群は物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズG11と、負レンズG12とで構成され、

前記第12群は物体側から順に、少なくとも1枚以上の正レンズからなる正レンズ群G13と、負レンズG14と、正レンズG15と、少なくとも1枚以上の正レンズからなる正レンズ群G16とで構成され、

以下の条件式を満足する

ことを特徴とするリアフォーカス式ズームレンズ。

$$7 < |f_{11} / f_w| < 12 \dots\dots (1)$$

$$0.6 < |f_{11} / Bf_w| < 2 \dots\dots (2)$$

ただし、

f_{11} : 第11群の焦点距離

f_w : 広角端における全系の焦点距離

Bf_w : 広角端におけるバックフォーカス(最終レンズ面から像面までの光軸距離(空

気換算値))

とする。

【請求項 2】

さらに以下の条件式を満足する

ことを特徴とする請求項 1 に記載のリアフォーカス式ズームレンズ。

$$n_{11} > 1.8 \dots\dots (3)$$

$$11 > 30 \dots\dots (4)$$

$$n_{12} > 1.8 \dots\dots (5)$$

$$12 > 30 \dots\dots (6)$$

ただし、

n_{11} : 負メニスカスレンズ G 1 1 の d 線に対する屈折率

11 : 負メニスカスレンズ G 1 1 の d 線に対するアッベ数

n_{12} : 負レンズ G 1 2 の d 線に対する屈折率

12 : 負レンズ G 1 2 の d 線に対するアッベ数

とする。

【請求項 3】

前記正レンズ群 G 1 3 は少なくとも 1 枚以上の両凸レンズからなる

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のリアフォーカス式ズームレンズ。

【請求項 4】

さらに以下の条件式を満足する

ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のリアフォーカス式ズームレンズ。

$$n_{14} > 1.8 \dots\dots (7)$$

$$n_{15} < 1.5 \dots\dots (8)$$

$$15 > 70 \dots\dots (9)$$

ただし、

n_{14} : 負レンズ G 1 4 の d 線に対する屈折率

n_{15} : 正レンズ G 1 5 の d 線に対する屈折率

15 : 正レンズ G 1 5 の d 線に対するアッベ数

とする。

【請求項 5】

前記負レンズ G 1 4 と前記正レンズ G 1 5 は互いに接合されている

ことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のリアフォーカス式ズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 4 群は、少なくとも 1 枚の非球面レンズを有する

ことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のリアフォーカス式ズームレンズ。

【請求項 7】

さらに、前記第 4 群よりも像面側に、正または負の第 5 群を備えた

ことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のリアフォーカス式ズームレンズ。

【請求項 8】

前記第 3 群は物体側から順に、第 3 1 群と、第 3 2 群と、第 3 3 群とを有し、

前記第 3 2 群は手振れ補正のために光軸に対して垂直方向に移動可能とされている

ことを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載のリアフォーカス式ズームレンズ。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載のリアフォーカス式ズームレンズと、

前記リアフォーカス式ズームレンズによって形成された光学像に応じた撮像信号を出力

10

20

30

40

50

する撮像素子と

を備えたことを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、HD画質対応のテレビカメラやビデオカメラ等に好適なズームレンズに関し、特に第1群よりも像側のレンズ群を移動させてフォーカスを行うようになされたリアフォーカス式ズームレンズ、およびそのリアフォーカス式ズームレンズを備えた撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、ズームレンズにおいて、第1群よりも像側のレンズ群を移動させてフォーカスを行うリアフォーカス式のズームレンズが知られている。リアフォーカス式では、第1群を移動させてフォーカスを行う方法と比べると、第1群の有効径を小さくできるほか、重量が軽い群を移動させてフォーカスを行うので、素早いフォーカスを行うことが可能になる。特許文献1および特許文献2には、物体側から順に、正の第1群と、負の第2群と、正の第3群と、負の第4群とを備え、変倍時に第2群および第4群を移動させると共にフォーカス時には第4群を移動させるようになされたリアフォーカス式のズームレンズが開示されている。

【特許文献1】特開平11-101941号公報

【特許文献2】特開平11-287952号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

一般に、高画質対応のカメラに搭載する場合、色分解プリズム等の光学部材を配置するために所定のバックフォーカスが必要とされる。一方で、広角かつ高変倍比のズームレンズに対する要求があるが、通常、焦点距離を短くすると高い光学性能を維持しつつ長いバックフォーカスを得るのは困難になる。従来では、十分に長いバックフォーカスを実現しつつ、85°以上の広角レンズを得ようとする、特に望遠端での像面湾曲が悪化し高倍率の実現が困難であった。例えば特許文献1および特許文献2に記載のズームレンズでは、いずれにおいても、高変倍比と広角化とを両立できていない。リアフォーカス式のズームレンズにおいて、広角化に伴う問題点としては、バックフォーカスが短くなること、倍率色収差や歪曲の悪化、変倍による収差変動が増大するため高倍率化が難しいこと、第1群の大口径化などがある。これらの問題点を解消して広角化と高倍率化とを両立したズームレンズの開発が望まれている。

【0004】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、十分に長いバックフォーカスを確保しつつ諸収差が良好に補正され、広角化と高倍率化とを両立することができるリアフォーカス式ズームレンズ、およびそのリアフォーカス式ズームレンズを搭載して広角で高画質の画像を得ることができる撮像装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明によるリアフォーカス式ズームレンズは、物体側から順に、固定の正の第1群と、広角端から望遠端への変倍時に光軸に沿って像面側に移動する負の第2群と、光軸方向に固定の負の第3群と、変倍に伴う像面変動を補正すると共にフォーカスを行うために光軸方向に移動する正の第4群とを備えている。第1群は物体側から順に、全体として負のパワーを持つ第11群と、全体として正のパワーを持つ第12群とで構成されている。第11群は物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズG11と、負レンズG12とで構成されている。第12群は物体側から順に、少なくとも1枚以上の正レンズからなる正レンズ群G13と、負レンズG14と、正レンズG15と、少なくとも1枚以

10

20

30

40

50

上の正レンズからなる正レンズ群G 1 6とで構成されている。

【0006】

本発明によるリアフォーカス式ズームレンズでは、第3群を負のパワーにすると共に、第1群を負の第11群と正の第12群とからなるレトロフォーカスタイプの構造を持つようにしたことで、広角化を図りつつ、十分に長いバックフォーカスが得られる。そして、第11群と第12群内のレンズ構成を最適化したことで、高倍率化ができるほどの望遠端で十分な収差補正がなされる。これにより、十分に長いバックフォーカスを確保しつつ諸収差が良好に補正され、広角化と高倍率化との両立が可能となる。

そしてさらに、次の好ましい条件を適宜採用して満足することで、広角化と高倍率化とをより実現しやすくなる。

【0007】

本発明によるリアフォーカス式ズームレンズにおいて、第11群に関して、以下の条件を満足することが好ましい。

$$7 < |f_{11} / f_w| < 12 \quad \dots\dots (1)$$

$$0.6 < |f_{11} / Bf_w| < 2 \quad \dots\dots (2)$$

ただし、

f_{11} : 第11群の焦点距離

f_w : 広角端における全系の焦点距離

Bf_w : 広角端におけるバックフォーカス(最終レンズ面から像面までの光軸距離(空気換算値))

とする。

【0008】

また、負メニスカスレンズG 1 1と負レンズG 1 2とに関して、以下の条件を満足することが好ましい。

$$n_{11} > 1.8 \quad \dots\dots (3)$$

$$11 > 30 \quad \dots\dots (4)$$

$$n_{12} > 1.8 \quad \dots\dots (5)$$

$$12 > 30 \quad \dots\dots (6)$$

ただし、

n_{11} : 負メニスカスレンズG 1 1のd線に対する屈折率

11 : 負メニスカスレンズG 1 1のd線に対するアッベ数

n_{12} : 負レンズG 1 2のd線に対する屈折率

12 : 負レンズG 1 2のd線に対するアッベ数

とする。

【0009】

また、正レンズ群G 1 3は少なくとも1枚以上の両凸レンズからなることが好ましい。また、負レンズG 1 4と正レンズG 1 5とに関して、以下の条件を満足することが好ましい。さらに、負レンズG 1 4と正レンズG 1 5は、互いに接合されていることが好ましい。負レンズG 1 4と正レンズG 1 5を接合することで、倍率色収差の補正に有利となる。

$$n_{14} > 1.8 \quad \dots\dots (7)$$

$$n_{15} < 1.5 \quad \dots\dots (8)$$

$$15 > 70 \quad \dots\dots (9)$$

ただし、

n_{14} : 負レンズG 1 4のd線に対する屈折率

n_{15} : 正レンズG 1 5のd線に対する屈折率

15 : 正レンズG 1 5のd線に対するアッベ数

とする。

【0010】

また、第4群は、少なくとも1枚の非球面レンズを有していることが好ましい。

【0011】

10

20

30

40

50

また、本発明によるリアフォーカス式ズームレンズにおいて、第4群よりも像面側に、正または負の第5群を備えていても良い。

【0012】

また、第3群を物体側から順に、第31群と、第32群と、第33群とを有した構成とし、第32群を手振れ補正のために光軸に対して垂直方向に移動可能に構成しても良い。

【0013】

本発明による撮像装置は、本発明のリアフォーカス式ズームレンズと、このリアフォーカス式ズームレンズによって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子とを備えたものである。

本発明による撮像装置では、本発明のリアフォーカス式ズームレンズによって得られた広角で高解像の光学像に基づいて高解像の撮像信号が得られ、その撮像信号に基づいて広角で高画質の撮影画像が得られる。

【発明の効果】

【0014】

本発明のリアフォーカス式ズームレンズによれば、全体として少なくとも4群を備えた構成において、第3群を負のパワーにすると共に第1群を負の第11群と正の第12群とからなるレトロフォーカスタイプの構造を持つようにして広角化とバックフォーカスの確保に有利な構成とし、かつ、それら第11群と第12群内のレンズ構成を最適化するようにしたので、十分に長いバックフォーカスを確保しつつ諸収差が良好に補正され、広角化と高倍率化とを両立することができる。

【0015】

また、本発明の撮像装置によれば、上記本発明のリアフォーカス式ズームレンズによって形成された光学像に応じた撮像信号を出力するようにしたので、広角で高画質の画像を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

図1は、本発明の一実施の形態に係るリアフォーカス式ズームレンズの第1の構成例を示している。この構成例は、後述の第1の数値実施例(図4、図5(A)~(C))のレンズ構成に対応している。図2は、第2の構成例を示しており、後述の第2の数値実施例(図6、図7(A)~(C))のレンズ構成に対応している。図3は、第3の構成例を示しており、後述の第3の数値実施例(図8、図9(A)~(C))のレンズ構成に対応している。なお、図1~図3には、広角端で無限遠物体にフォーカスしている状態でのレンズ配置を示す。図1~図3において、符号R1は、最も物体側のレンズ要素の面を1番目として、像側(結像側)に向かうに従い順次増加するようにして符号を付したi番目の面の曲率半径を示す。符号D_iは、i番目の面とi+1番目の面との光軸Z1上の面間隔を示す。なお符号D_iについては、変倍に伴って変化する部分の面間隔部分にのみ符号を付している。符号R1については、本実施の形態において特徴的な部分である第1群G1と第3群G3にのみ符号を付している。

【0017】

本実施の形態に係るリアフォーカス式ズームレンズは、HD画質対応のテレビカメラやビデオカメラ等に好適な広角(画角88°程度)かつ高変倍比(8倍程度)のズームレンズとなっている。このリアフォーカス式ズームレンズは、光軸Z1に沿って物体側から順に、固定の正の第1群G1と、広角端から望遠端への変倍時に光軸に沿って像面側に移動する負の第2群G2と、光軸方向に固定の負の第3群G3と、変倍に伴う像面変動を補正すると共にフォーカスを行うために光軸方向に移動する正の第4群G4とを備えている。絞りStは、光学的な開口絞りであり、第3群G3の物体側に配置されている。

【0018】

このリアフォーカス式ズームレンズはさらに、第4群G4よりも像面側に、正または負の第5群G5を備えている。図1の第1の構成例では、第5群G5が1枚の正レンズで構

10

20

30

40

50

成されている。図2および図3の第2および第3の構成例では、第5群G5が1枚の負レンズで構成されている。第5群G5を設けることは、色収差の補正に有効であるほか、レンズ鏡胴内にゴミが入るのを防ぐ効果もある。

【0019】

このリアフォーカス式ズームレンズの結像面（撮像面）には、CCD（Charge Coupled Device）やCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）等の撮像素子100が配置される。また、最終レンズ群（第5群G5）と撮像面との間には、色分解用のプリズムブロックGPが配置されている。撮像素子100は、このリアフォーカス式ズームレンズによって形成された被写体像に応じた電気信号（撮像信号）を出力する。本実施の形態に係る撮像装置は、少なくとも本実施の形態に係るリアフォーカス式ズームレンズと撮像素子100とを備えて構成される。

10

【0020】

このリアフォーカス式ズームレンズにおいて、第2群G2および第4群G4は、変倍に伴い、各図にその軌跡を示したように移動する。すなわち、第2群G2は、広角端（W）から望遠端（T）へと変倍させるに従い光軸Z1に沿って像面側に移動することで、第1群G1との間隔が広がるように移動する。第4群G4は、広角端から望遠端へと変倍させるに従い、光軸Z1上を物体側に移動した後、像側に移動して、変倍時に弧を描くように移動する。第4群G4はまた、各変倍域においてフォーカスする際に移動する。第4群G4は、近距離撮影時にフォーカスを行うために第3群G3と第4群G4との間隔が狭くなるように移動する。第1群G1は、変倍およびフォーカシングの際に常時固定となっている。また、第3群G3は、後述するように、防振のために一部のレンズが光軸Z1に対して垂直方向に移動可能とされている。

20

【0021】

第1群G1は、物体側から順に、全体として負のパワーを持つ第11群G1Aと、全体として正のパワーを持つ第12群G1Bとで構成されている。

【0022】

第11群G1Aは物体側から順に、物体側に凸面を向けた1枚の負メニスカスレンズG11と、1枚の負レンズG12とで構成されている。第11群G1Aに関しては、以下の条件を満足することが好ましい。

$$7 < |f_{11} / f_w| < 12 \quad \dots\dots (1)$$

30

$$0.6 < |f_{11} / Bf_w| < 2 \quad \dots\dots (2)$$

ただし、 f_{11} は第11群G1Aの焦点距離、 f_w は広角端における全系の焦点距離、 Bf_w は広角端におけるバックフォーカス（最終レンズ面から像面までの光軸距離（空気換算値））とする。

【0023】

また、負メニスカスレンズG11と負レンズG12とに関して、以下の条件を満足することが好ましい。

$$n_{11} > 1.8 \quad \dots\dots (3)$$

$$11 > 30 \quad \dots\dots (4)$$

$$n_{12} > 1.8 \quad \dots\dots (5)$$

$$12 > 30 \quad \dots\dots (6)$$

40

ただし、 n_{11} は負メニスカスレンズG11のd線に対する屈折率、 n_{12} は負メニスカスレンズG11のd線に対するアッペ数、 n_{12} は負レンズG12のd線に対する屈折率、 12 は負レンズG12のd線に対するアッペ数とする。

【0024】

第12群G1Bは物体側から順に、少なくとも1枚以上の正レンズからなる正レンズ群G13と、1枚の負レンズG14と、1枚の正レンズG15と、少なくとも1枚以上の正レンズからなる正レンズ群G16とで構成されている。図1の第1の構成例では、正レンズ群G13が2枚の両凸レンズで構成され、正レンズ群G16が1枚の正レンズで構成されている。図2の第2の構成例では、正レンズ群G13が1枚の両凸レンズで構成され、

50

正レンズ群 G 1 6 が 1 枚の正レンズで構成されている。図 3 の第 3 の構成例では、正レンズ群 G 1 3 が 1 枚の両凸レンズで構成され、正レンズ群 G 1 6 が 2 枚の正レンズで構成されている。

【 0 0 2 5 】

第 1 2 群 G 1 B において、負レンズ G 1 4 と正レンズ G 1 5 は、互いに接合されていることが好ましい。また、負レンズ G 1 4 と正レンズ G 1 5 とに関しては、以下の条件を満足することが好ましい。

$$n_{14} > 1.8 \quad \dots\dots (7)$$

$$n_{15} < 1.5 \quad \dots\dots (8)$$

$$1.5 > \gamma_0 \quad \dots\dots (9)$$

ただし、 n_{14} は負レンズ G 1 4 の d 線に対する屈折率、 n_{15} は正レンズ G 1 5 の d 線に対する屈折率、 γ_0 は正レンズ G 1 5 の d 線に対するアッペ数とする。

【 0 0 2 6 】

第 3 群 G 3 は物体側から順に、第 3 1 群 G 3 1 と、第 3 2 群 G 3 2 と、第 3 3 群 G 3 3 とを有している。第 3 2 群 G 3 2 は、手振れ補正のために光軸 Z 1 に対して垂直方向に移動可能に構成されている。これにより、防振機能付きのズームレンズを実現できる。

【 0 0 2 7 】

第 4 群 G 4 は、少なくとも 1 枚の非球面レンズを有していることが好ましい。また、第 4 群 G 4 は、接合レンズを有していることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

次に、以上のように構成されたリアフォーカス式ズームレンズの作用および効果を説明する。

【 0 0 2 9 】

このリアフォーカス式ズームレンズでは、第 3 群 G 3 を負のパワーにすると共に、第 1 群 G 1 を負の第 1 1 群 G 1 A と正の第 1 2 群 G 1 B とからなるレトロフォーカスタイプの構造を持つようにしたことで、広角化を図りつつ、十分に長いバックフォーカスが得られる。そして、第 1 1 群 G 1 A と第 1 2 群 G 1 B 内のレンズ構成を最適化したことで、高倍率化ができるほどの望遠端で十分な収差補正がなされる。

【 0 0 3 0 】

特に、第 1 1 群 G 1 A の構成を、物体側から順に、物体側に凸面を向けた 1 枚の負メニスカスレンズ G 1 1 と、1 枚の負レンズ G 1 2 とで構成して、負のパワーを複数に分散させたことで、望遠端での諸収差を抑えることができる。また、最も物体側のレンズ面を凸面にしたことで、歪曲収差や非点収差を良好に抑えることができる。

【 0 0 3 1 】

上記条件式 (1) , (2) は、第 1 1 群 G 1 A の適切なパワーを規定している。条件式 (1) , (2) の上限値を超えると第 1 1 群 G 1 A のパワーが弱くなり像面湾曲が悪化すると共に、第 1 1 群 G 1 A の有効径が増大する。また、下限値を超えると第 1 1 群 G 1 A のパワーが強くなり歪曲収差が悪化する。

より良好な性能を得るために、条件式 (1) , (2) の数値範囲は、

$$7 < |f_{11} / f_w| < 11 \quad \dots\dots (1A)$$

$$1 < |f_{11} / B f_w| < 2 \quad \dots\dots (2A)$$

であることが好ましい。

【 0 0 3 2 】

上記条件式 (3) ~ (6) は、第 1 1 群 G 1 A 内の各レンズの適切な屈折率およびアッペ数を規定している。第 1 1 群 G 1 A 内の各レンズに、屈折率が 1.8 より大きい硝材を用いることで像面湾曲や歪曲収差を抑えつつ、大口径化を抑えることができる。また、アッペ数を 30 より大きくすることで、倍率色収差を抑えることができる。

【 0 0 3 3 】

また、このリアフォーカス式ズームレンズでは、第 1 2 群 G 1 B に関して、第 1 1 群 G 1 A の直後に正レンズ群 G 1 3 を配置したことで、第 1 1 群 G 1 A の大口径化を抑えるこ

10

20

30

40

50

とができ、その後に負レンズG 1 4と正レンズG 1 5とを配置したことで良好に色補正を行うことができる。また、変倍時に移動する負のパワーの第2群G 2の前に正レンズ群G 1 6を配置したことで第1群G 1全体の大口径化を抑えることができる。

【0034】

特に、第12群G 1 Bにおいて、正レンズ群G 1 3を両凸レンズにすることで、望遠端での球面収差や像面湾曲を抑えることができる。また、上記条件式(7)~(9)は、第12群G 1 B内における負レンズG 1 4と正レンズG 1 5の適切な屈折率およびアッペ数を規定している。負レンズG 1 4と正レンズG 1 5とを接合レンズとし、上記条件式(7)~(9)を満足することで、色収差を良好に補正することができる。特に2次スペクトルを良好に除去することができる。

10

【0035】

また、このリアフォーカス式ズームレンズでは、変倍時とフォーカス時に動く第4群G 4中に非球面レンズを配置することで、変倍に伴う収差変動を防止することができる。特に、ズーム全域で球面収差を良好に補正することができる。

【0036】

以上説明したように、本実施の形態に係るリアフォーカス式ズームレンズによれば、第3群G 3を負のパワーにすると共に第1群G 1を負の第11群G 1 Aと正の第12群G 1 Bとからなるレトロフォーカスタイプの構造を持つようにして広角化とバックフォーカスの確保に有利な構成とし、かつ、それら第11群G 1 Aと第12群G 1 B内のレンズ構成を最適化するようにしたので、十分に長いバックフォーカスを確保しつつ諸収差が良好に補正され、広角化と高倍率化とを両立することができる。また、本実施の形態に係るリアフォーカス式ズームレンズを撮像装置に搭載することで、広角で高画質の画像を得ることができる。

20

【実施例】

【0037】

次に、本実施の形態に係るリアフォーカス式ズームレンズの具体的な数値実施例について説明する。以下では、第1ないし第3の数値実施例をまとめて説明する。

【0038】

図1に示したリアフォーカス式ズームレンズの構成に対応する具体的なレンズデータを実施例1として、図4および図5(A)~(C)に示す。特に図4にはその基本的なレンズデータを示す。図4に示したレンズデータにおける面番号 S_i の欄には、実施例1に係るリアフォーカス式ズームレンズについて、最も物体側の構成要素の面を1番目として、像側に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目の面の番号を示している。曲率半径 R_i の欄には、図1において付した符号 R_1 を1番目として物体側から i 番目の面の曲率半径の値(mm)を示す。面間隔 D_i の欄についても、同様に物体側から i 番目の面 S_i と $i+1$ 番目の面 S_{i+1} との光軸上の間隔(mm)を示す。 n_{dj} の欄には、物体側から j 番目の光学要素の d 線(波長 587.6nm)に対する屈折率の値を示す。 d_j の欄には、物体側から j 番目の光学要素の d 線に対するアッペ数の値を示す。

30

【0039】

この実施例1に係るリアフォーカス式ズームレンズは、第4群G 4内の最も像側のレンズが両面非球面形状の非球面レンズとなっている。図4の基本レンズデータには、この非球面の曲率半径として、光軸近傍の曲率半径(近軸曲率半径)の数値を示している。

40

【0040】

図5(A)には実施例1における非球面データを示す。非球面データとして示した数値において、記号“E”は、その次に続く数値が10を底とした“べき指数”であることを示し、その10を底とした指数関数で表される数値が“E”の前の数値に乗算されることを示す。例えば、「 $1.0E-0.2$ 」であれば、「 $1.0 \times 10^{-0.2}$ 」であることを示す。

【0041】

非球面データとしては、以下の式(A)によって表される非球面形状の式における各係数 A_i 、 K の値を記す。 Z は、より詳しくは、光軸から高さ h の位置にある非球面上の点

50

から、非球面の頂点の接平面（光軸に垂直な平面）に下ろした垂線の長さ（mm）を示す。実施例1の撮像レンズでは、各非球面が、非球面係数 A_i として、第4次、第6次、第8次、第10次の係数 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} を有効に用いて表されている。

【0042】

$$Z = C \cdot h^2 / \{ 1 + (1 - K \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2} \} + A_i \cdot h^i \dots\dots (A)$$

ただし、

Z：非球面の深さ（mm）

h：光軸からレンズ面までの距離（高さ）（mm）

K：離心率

C：近軸曲率 = $1/R$

（R：近軸曲率半径）

A_i ：第*i*次（*i*は3以上の整数）の非球面係数

10

【0043】

また、実施例1に係るリアフォーカス式ズームレンズは、変倍に伴って第2群G2および第4群G4が光軸上を移動するため、これらの各群の前後の面間隔 D_{13} 、 D_{20} 、 D_{29} 、 D_{34} の値は可変となっている。図5（B）には、これらの可変面間隔の変倍時のデータとして、広角端、中間焦点距離および望遠端における値を示す。図5（B）にはまたその他の諸データとして、広角端、中間焦点距離および望遠端における全系の近軸焦点距離 f （mm）、Fナンバー（FNO.）、半画角、像高、レンズ全長、およびバックフォーカス B_f の値についても示す。なお、実施例1に係るリアフォーカス式ズームレンズのズーム比は7.8となっている。

20

さらに、図5（C）には、第1群G1ないし第5群G5の各群の近軸焦点距離（mm）を示す。

【0044】

以上の実施例1と同様にして、図2に示したリアフォーカス式ズームレンズの構成に対応する具体的なレンズデータを実施例2として、図6および図7（A）～（C）に示す。この実施例2に係るリアフォーカス式ズームレンズも、実施例1と同様、第4群G4内の最も像側のレンズが両面非球面形状の非球面レンズとなっている。図7（A）にはその非球面データを示す。また、実施例1と同様、変倍に伴って第2群G2および第4群G4が光軸上を移動するため、これらの各群の前後の面間隔 D_{11} 、 D_{18} 、 D_{27} 、 D_{32} の値は可変となっている。図7（B）には、これらの可変面間隔の変倍時のデータとして、広角端、中間焦点距離および望遠端における値と、その他の諸データを示す。なお、実施例2に係るリアフォーカス式ズームレンズのズーム比は7.8となっている。

30

【0045】

また同様にして、図3に示したリアフォーカス式ズームレンズの構成に対応する具体的なレンズデータを実施例3として、図8および図9（A）～（C）に示す。この実施例3に係るリアフォーカス式ズームレンズも、実施例1と同様、第4群G4内の最も像側のレンズが両面非球面形状の非球面レンズとなっている。図9（A）にはその非球面データを示す。また、実施例1と同様、変倍に伴って第2群G2および第4群G4が光軸上を移動するため、これらの各群の前後の面間隔 D_{13} 、 D_{20} 、 D_{29} 、 D_{34} の値は可変となっている。図9（B）には、これらの可変面間隔の変倍時のデータとして、広角端、中間焦点距離および望遠端における値と、その他の諸データを示す。なお、実施例3に係るリアフォーカス式ズームレンズのズーム比は7.8となっている。

40

【0046】

図10には、上述の各条件式に関する値を、各実施例についてまとめたものを示す。図10に示したように、各実施例の値は、各条件式の数値範囲内となっている。

【0047】

図11（A）～図11（D）はそれぞれ、実施例1に係るリアフォーカス式ズームレンズにおいて広角端で無限遠物体にフォーカスしている状態での球面収差、非点収差、ディストーション（歪曲収差）、および倍率色収差を示している。各収差図には、d線を基準

50

波長とした収差を示す。倍率色収差図には、g線（波長435.8nm）、C線（波長656.3nm）についての収差を示す。非点収差図において、実線はサジタル方向、破線はタンジェンシャル方向の収差を示す。FNOはF値、 θ は半画角を示す。同様に、図12(A)～図12(D)には、望遠端で無限遠物体にフォーカスしている状態での球面収差、非点収差、ディストーション、および倍率色収差を示す。

【0048】

同様に、実施例2に係るリアフォーカス式ズームレンズにおいて広角端で無限遠物体にフォーカスしている状態での諸収差を図13(A)～図13(D)に示す。同様に、図14(A)～図14(D)には、望遠端で無限遠物体にフォーカスしている状態での球面収差、非点収差、ディストーション、および倍率色収差を示す。

10

【0049】

また同様に、実施例3に係るリアフォーカス式ズームレンズにおいて広角端で無限遠物体にフォーカスしている状態での諸収差を図15(A)～図15(D)に示す。同様に、図16(A)～図16(D)には、望遠端で無限遠物体にフォーカスしている状態での球面収差、非点収差、ディストーション、および倍率色収差を示す。

【0050】

以上の各数値データおよび各収差図から分かるように、各実施例について、十分に長いバックフォーカスを確保しつつ諸収差が良好に補正され、広角化と高倍率化とが両立されたリアフォーカス式ズームレンズが実現できている。

【0051】

なお、本発明は、上記実施の形態および各実施例に限定されず種々の変形実施が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔および屈折率の値などは、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得る。

20

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本発明の一実施の形態に係るリアフォーカス式ズームレンズの第1の構成例を示すものであり、実施例1に対応するレンズ断面図である。

【図2】本発明の一実施の形態に係るリアフォーカス式ズームレンズの第2の構成例を示すものであり、実施例2に対応するレンズ断面図である。

【図3】本発明の一実施の形態に係るリアフォーカス式ズームレンズの第3の構成例を示すものであり、実施例3に対応するレンズ断面図である。

30

【図4】実施例1に係るリアフォーカス式ズームレンズの基本的なレンズデータを示す図である。

【図5】実施例1に係るリアフォーカス式ズームレンズのその他のレンズデータを示す図であり、(A)は非球面データを示し、(B)は変倍に関する諸データを示し、(C)は各群の焦点距離のデータを示す。

【図6】実施例2に係るリアフォーカス式ズームレンズの基本的なレンズデータを示す図である。

【図7】実施例2に係るリアフォーカス式ズームレンズのその他のレンズデータを示す図であり、(A)は非球面データを示し、(B)は変倍に関する諸データを示し、(C)は各群の焦点距離のデータを示す。

40

【図8】実施例3に係るリアフォーカス式ズームレンズの基本的なレンズデータを示す図である。

【図9】実施例3に係るリアフォーカス式ズームレンズのその他のレンズデータを示す図であり、(A)は非球面データを示し、(B)は変倍に関する諸データを示し、(C)は各群の焦点距離のデータを示す。

【図10】条件式に関する値を各実施例についてまとめて示した図である。

【図11】実施例1に係るリアフォーカス式ズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

50

【図12】実施例1に係るリアフォーカス式ズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

【図13】実施例2に係るリアフォーカス式ズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

【図14】実施例2に係るリアフォーカス式ズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

【図15】実施例3に係るリアフォーカス式ズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

【図16】実施例3に係るリアフォーカス式ズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差、(C)はディストーション、(D)は倍率色収差を示す。

【符号の説明】

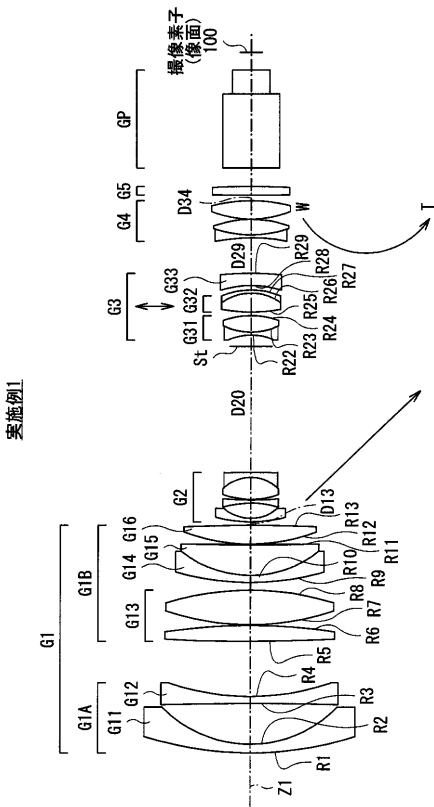
【0053】

GP...プリズムブロック、G1...第1群、G2...第2群、G3...第3群、G4...第4群、G5...第5群、G1A...第11群、G1B...第12群、St...絞り、Ri...物体側から第i番目のレンズ面の曲率半径、Di...物体側から第i番目と第i+1番目のレンズ面との面間隔、Z1...光軸。

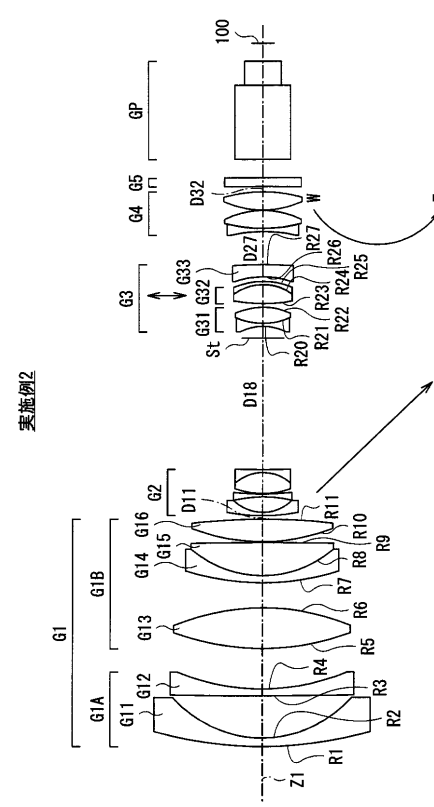
10

20

【図1】



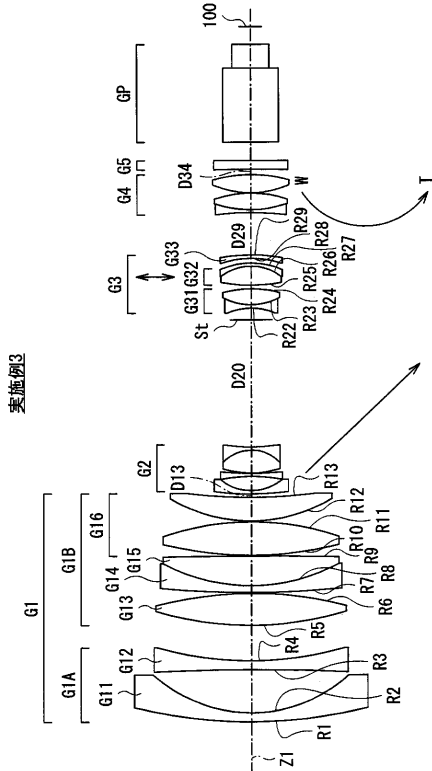
【図2】



実施例1

実施例2

【図3】



【図4】

実施例1・基本パラメータ

Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	ndj (屈折率)	νdj (アベ数)
物面	∞	∞		
1	96.700	2.40	1.83481	42.7
2	33.770	11.56		
3	-846.623	2.00	1.88300	40.8
4	69.053	15.55		
5	430.570	4.45	1.72825	28.5
6	-158.078	0.20		
7	71.945	9.76	1.53172	48.8
8	-78.024	2.15		
9	74.506	2.00	1.84661	23.9
10	30.693	8.55	1.49700	81.5
11	572.799	0.20		
12	51.120	5.37	1.77250	49.6
13	-415.521	D13(可変)		
14	38.290	0.95	1.88300	40.8
15	11.163	4.40		
16	-25.472	0.84	1.83481	42.7
17	94.611	0.22		
18	23.134	6.21	1.75520	27.5
19	-10.774	1.44	1.88300	40.8
20	-530.934	D20(可変)		
21(絞り)	∞	3.30		
22	-15.316	0.80	1.80400	46.6
23	17.377	4.64	1.84661	23.9
24	-23.429	1.00		
25	46.117	5.38	1.49700	81.5
26	-13.865	0.90	1.83400	37.2
27	-21.288	1.33		
28	-26.354	3.40	1.75520	27.5
29	-81.974	D29(可変)		
30	-49.996	0.80	1.84661	23.9
31	32.207	4.39	1.69350	53.2
32	-29.887	0.10		
*33	28.231	5.15	1.58809	60.4
*34	-41.089	D34(可変)		
35	2481.774	2.50	1.62299	58.2
36	-192.814	5.25		
37	∞	21.00	1.70154	41.2
38	∞	6.75	1.51633	64.1
39	∞	5.00		
像面	∞			

(*:非球面)

【図5】

実施例1・非球面データ

面番号	K	A4	A6	A8	A10
第33面	1.0000000	-6.6692757E-06	-3.3129075E-08	1.1409502E-10	-8.7917844E-14
第34面	1.0000000	7.7509533E-06	-3.1428658E-08	7.6508365E-11	1.1987696E-16

実施例1・諸データ
(x'-z比=7.8)

	広角端	中間	望遠端
焦点距離: f	3.37	13.48	26.29
Fナンバー	1.64	2.15	2.40
半画角: ω	44.06	12.57	6.57
像高	3.10	3.10	3.10
レンズ全長	187.00	187.00	187.00
バックフォーカス: Bf	27.01	27.01	27.01
D13	1.00	24.46	30.81
D20	35.50	12.04	4.69
D29	10.04	7.27	9.78
D34	1.50	4.27	1.76

実施例1・各群の焦点距離

群	始面	焦点距離
1	1	30.47
2	14	-12.53
3	21	-23521.72
4	30	25.55
5	35	286.12

【図6】

実施例2・基本パラメータ

Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	ndj (屈折率)	νdj (アベ数)
物面	∞	∞		
1	110.097	2.40	1.88300	40.8
2	32.962	11.95		
3	1283.627	2.00	1.83481	42.7
4	61.010	11.41		
5	70.589	11.51	1.60342	38.0
6	-63.314	6.95		
7	71.002	2.00	1.84661	23.9
8	30.503	9.39	1.49700	81.5
9	-773.456	0.20		
10	53.186	6.42	1.77250	49.6
11	-173.233	D11(可変)		
12	56.498	0.95	1.88300	40.8
13	11.878	4.35		
14	-35.365	0.80	1.83481	42.7
15	79.210	0.16		
16	23.065	5.88	1.75520	27.5
17	-11.885	0.90	1.88300	40.8
18	1795.360	D18(可変)		
19(絞り)	∞	3.30		
20	-14.200	0.83	1.80400	46.6
21	18.767	4.61	1.84661	23.9
22	-18.614	1.00		
23	46.117	5.38	1.49700	81.5
24	-13.865	0.90	1.83400	37.2
25	-21.288	1.33		
26	-23.615	3.40	1.80518	25.4
27	-148.728	D27(可変)		
28	-41.567	0.86	1.80809	22.8
29	41.567	5.07	1.63854	55.4
30	-23.855	0.10		
*31	25.153	5.15	1.58809	60.4
*32	-37.960	D32(可変)		
33	-472.631	2.50	1.83481	42.7
34	∞	4.48		
35	∞	21.00	1.70154	41.2
36	∞	6.75	1.51633	64.1
37	∞	5.00		
像面	∞			

(*:非球面)

【図7】

実施例2・非球面データ					
面番号	K	A4	A6	A8	A10
第31面	1.2721988	-1.2002393E-05	-2.5138669E-08	-4.8758879E-11	2.5753831E-13
第32面	0.7882985	7.2671646E-06	-3.1728927E-08	7.6334552E-11	0

実施例2・諸データ ($\lambda^* - \mu$ 比=7.80)			
	広角端	中間	望遠端
焦点距離 : f	3.37	13.48	26.29
Fナンバー	1.64	2.15	2.40
半面角 : ω	44.03	12.65	6.61
像高	3.10	3.10	3.10
レンズ全長	187.50	187.50	187.50
バックフォーカス : Bf	27.01	27.01	27.01
D11	1.00	25.75	33.32
D18	37.01	12.27	4.69
D27	9.29	7.33	9.28
D32	1.50	3.47	1.51

実施例2・各群の焦点距離		
群	始面	焦点距離
1	1	30.99
2	12	-13.26
3	19	-334.65
4	28	21.77
5	33	-563.02

【図8】

実施例3・基本レンズデータ					
Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	ndj (屈折率)	νdj (γ 値数)	
物面	∞	∞			
G1A	1: 135.415	2.50	1.83481	42.7	
	2: 40.629	12.24			
	3: -538.373	2.50	1.88300	40.8	
	4: 93.869	10.11			
G1B	5: 92.447	9.10	1.67270	32.1	
	6: -102.024	0.20			
	7: 254.084	2.00	1.84661	23.9	
	8: 51.987	8.43	1.49700	81.5	
	9: 1247.815	0.20			
	10: 100.783	9.47	1.49700	81.5	
	11: -75.422	0.20			
	12: 44.209	6.65	1.69680	55.5	
	13: 145.875	D13(可変)			
G2	14: 73.584	0.95	1.88300	40.8	
	15: 13.725	4.08			
	16: -42.989	0.80	1.88300	40.8	
	17: 85.978	0.10			
	18: 26.350	6.51	1.80518	25.4	
	19: -10.867	0.90	1.88300	40.8	
	20: 48.668	D20(可変)			
21(絞り)	∞	3.30			
G3	22: -16.793	0.98	1.77250	49.6	
	23: 16.793	4.46	1.80809	22.8	
	24: -29.955	1.00			
	25: 46.117	5.38	1.49700	81.5	
	26: -13.865	0.90	1.83400	37.2	
	27: -21.288	1.33			
	28: -25.676	1.00	1.80518	25.4	
	29: -50.162	D29(可変)			
G4	30: -76.815	0.80	1.84661	23.9	
	31: 30.951	4.76	1.64000	60.1	
	32: -30.951	0.10			
*33	25.153	5.15	1.58809	60.4	
*34	-37.960	D34(可変)			
G5	35: -472.631	2.50	1.83481	42.7	
	36: ∞	4.48			
GP	37: ∞	21.00	1.70154	41.2	
	38: ∞	6.75	1.51633	64.1	
	39: ∞	5.00			
像面	∞				

(*: 非球面)

【図9】

実施例3・非球面データ					
面番号	K	A4	A6	A8	A10
第33面	1.2721988	-1.2002393E-05	-2.5138669E-08	-4.8758879E-11	2.5753831E-13
第34面	0.7882985	7.2671646E-06	-3.1728927E-08	7.6334552E-11	0

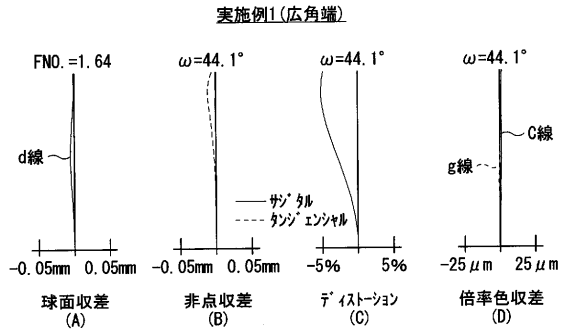
実施例3・諸データ ($\lambda^* - \mu$ 比=7.80)			
	広角端	中間	望遠端
焦点距離 : f	3.40	13.60	26.52
Fナンバー	1.64	2.15	2.40
半面角 : ω	44.05	12.74	6.67
像高	3.10	3.10	3.10
レンズ全長	186.26	186.26	186.26
バックフォーカス : Bf	27.01	27.01	27.01
D13	1.00	26.17	34.00
D20	36.09	10.92	3.09
D29	12.06	8.34	8.05
D34	1.50	5.22	5.51

実施例3・各群の焦点距離		
群	始面	焦点距離
1	1	37.66
2	14	-11.35
3	21	-2952.67
4	30	22.88
5	35	-563.02

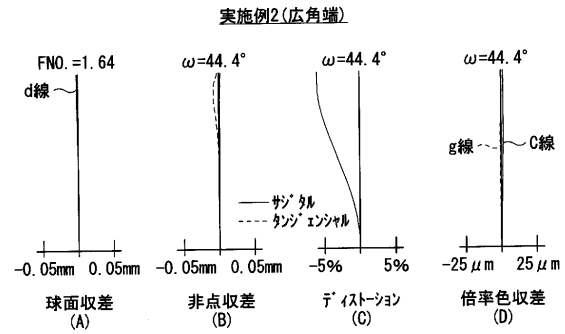
【図10】

条件式に関する値				
条件式	式の番号	実施例1	実施例2	実施例3
$7 < f11/fw < 12$	(1)	9.15	8.54	10.71
$0.6 < f11/Bfw < 2$	(2)	1.14	1.07	1.35
$n11 > 1.8$	(3)	1.83481	1.88300	1.83481
$\nu11 > 30$	(4)	42.7	40.8	42.7
$n12 > 1.8$	(5)	1.88300	1.83481	1.88300
$\nu12 > 30$	(6)	40.8	42.7	40.8
$n14 > 1.8$	(7)	1.84661	1.84661	1.84661
$n15 < 1.5$	(8)	1.49700	1.49700	1.49700
$\nu15 > 70$	(9)	81.5	81.5	81.5

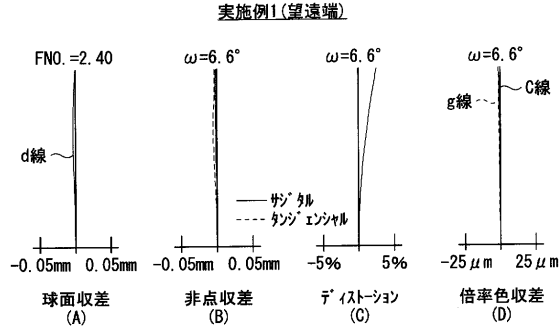
【 図 1 1 】



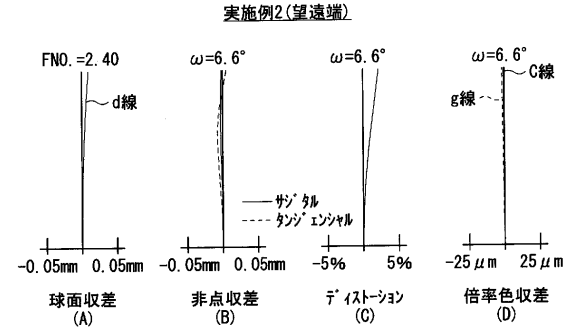
【 図 1 3 】



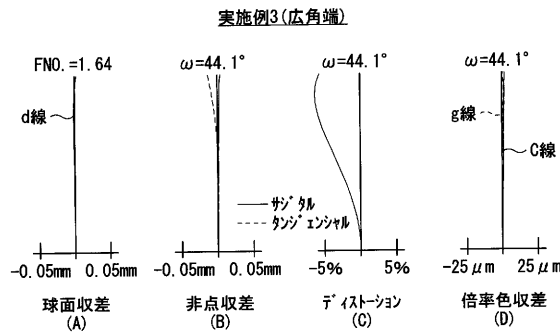
【 図 1 2 】



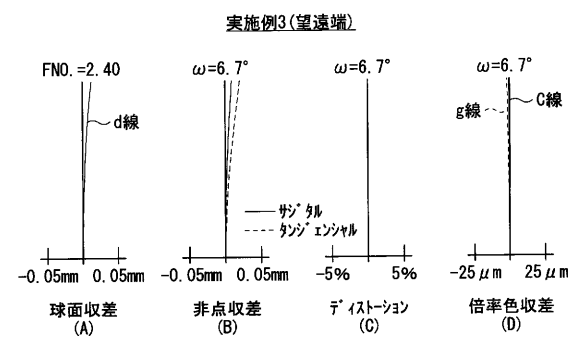
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 1 4 2 7 3 6 (J P , A)
特開平 0 1 - 1 2 6 6 1 4 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 2 7 9 7 2 6 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 1 4 8 4 3 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

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