

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-193140

(P2007-193140A)

(43) 公開日 平成19年8月2日(2007.8.2)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 15/163 (2006.01)	GO2B 15/163	2H087
GO2B 15/16 (2006.01)	GO2B 15/16	5C122
GO2B 13/18 (2006.01)	GO2B 13/18	
HO4N 5/225 (2006.01)	HO4N 5/225	D

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2006-11659 (P2006-11659)
 (22) 出願日 平成18年1月19日 (2006.1.19)

(71) 出願人 000005430
 フジノン株式会社
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地
 (74) 代理人 100097984
 弁理士 川野 宏
 (74) 代理人 100098372
 弁理士 緒方 保人
 (72) 発明者 野田 隆行
 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

最終頁に続く

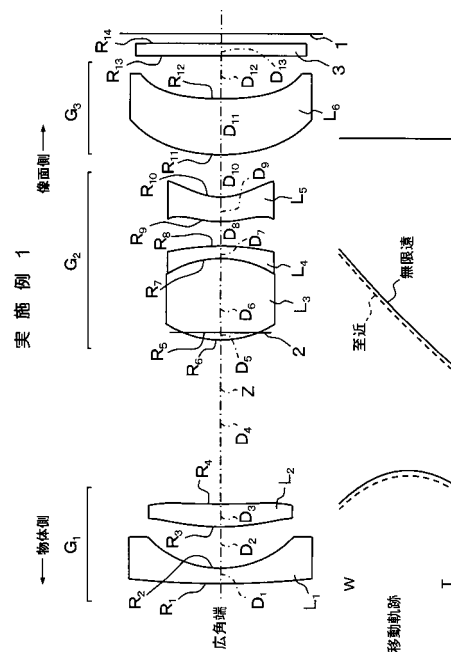
(54) 【発明の名称】 結像変倍光学系およびこれを用いた撮像装置

(57) 【要約】

【目的】 結像変倍光学系および撮像装置において、レンズ構成の簡易化、ズーミング駆動部の簡易化、諸収差の良化を図り、さらにフォーカス時のレンズ繰り出し量を抑制する。

【構成】 負、正、正の3群構成とされ、第1群G₁は負レンズL₁、正レンズL₂により構成され、第2群G₂は正レンズL₃、負レンズL₄、および収差補正用レンズL₅により構成され、第3群G₃は収差補正用レンズL₆から構成される。ズーミング時は第1群G₁と第2群G₂が互いに独立に、フォーカス時は第1群G₁と第2群G₂が一体的に、移動する。また、次式1~3を満たす。Ng2>1.6(1)、g2<29(2)、TL/YIM<1.1.0(3)(ただし、Ng2:第2レンズL₂の屈折率、g2:第2レンズL₂のアッペ数、TL:最大レンズ系全長、YIM:像高(対角線の半分の長さ))

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群、正の屈折力を有する第 2 レンズ群、および収差補正用の第 3 レンズ群を配列してなり、

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に、負レンズよりなる第 1 レンズ L_1 と、正レンズよりなる第 2 レンズ L_2 により構成され、

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、正レンズよりなる第 3 レンズ L_3 と、負レンズよりなる第 4 レンズ L_4 と、非球面を有する収差補正用の第 5 レンズ L_5 により構成され、

前記第 3 レンズ群は、収差補正用の第 6 レンズ L_6 から構成され、

ズームングは、少なくとも、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群が互いに独立に光軸上を移動することによりなされ、

さらに下記の条件式 1、2、および 3 を満足することを特徴とする結像変倍光学系。

$$(式 1) \quad N g 2 > 1.6$$

$N g 2$: 前記第 2 レンズ L_2 の屈折率

$$(式 2) \quad g 2 < 2.9$$

$g 2$: 前記第 2 レンズ L_2 のアッベ数

$$(式 3) \quad T L / Y I M < 11.0$$

$T L$: 最大レンズ系全長

$Y I M$: 像高 (対角線の半分の長さ)

【請求項 2】

フォーカシングは、前記第 1 レンズ群および前記第 2 レンズ群が一体的に光軸上を移動することによりなされることを特徴とする請求項 1 記載の結像変倍光学系。

【請求項 3】

前記第 1 レンズ L_1 は、物体側に凸面を向け、両面が球面とされたメニスカス形状のガラスレンズからなり、前記第 2 レンズ L_2 は、物体側に非球面よりなる凸面を向けたプラスチックレンズからなることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の結像変倍光学系。

【請求項 4】

前記第 3 レンズ L_3 と前記第 4 レンズ L_4 とは、各々両面が球面とされたガラスレンズであって、互いに接合されるように構成されてなることを特徴とする請求項 1 から 3 のうちいずれか 1 項記載の結像変倍光学系。

【請求項 5】

前記第 3 レンズ L_3 は両凸レンズにより構成されてなることを特徴とする請求項 4 記載の結像変倍光学系。

【請求項 6】

前記第 6 レンズ L_6 は、非球面を有する正のプラスチックレンズにより構成され、さらに下記の条件式 4 を満足することを特徴とする請求項 1 から 5 のうちいずれか 1 項記載の結像変倍光学系。

$$(式 4) \quad |f p s / f t| > 0.6$$

$f p s$: プラスチックレンズの焦点距離のうち最小のもの

$f t$: 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【請求項 7】

下記の条件式 5 を満足することを特徴とする請求項 1 から 6 のうちいずれか 1 項記載の結像変倍光学系。

$$(式 5) \quad |P p_{1,2} \times f t| < 1.0$$

$P p_{1,2}$: 前記第 1 レンズ群および前記第 2 レンズ群に含まれるプラスチックレンズ各々の焦点距離の逆数の和 ($P p_{1,2} \times f t = f t / f p i$;

$f p i$ は第 i レンズ群の焦点距離)

$f t$: 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【請求項 8】

10

20

30

40

50

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、および収差補正用の第3レンズ群を配列してなり、

前記第1レンズ群は、物体側から順に、負レンズよりなる第1レンズ L_1 と、正レンズよりなる第2レンズ L_2 により構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、正レンズよりなる第3レンズ L_3 と、負レンズよりなる第4レンズ L_4 と、非球面を有する収差補正用の第5レンズ L_5 により構成され、

前記第3レンズ群は、収差補正用の第6レンズ L_6 から構成され、

前記第1レンズ L_1 はガラスレンズからなり、前記第2レンズ L_2 は、物体側に非球面よりなる凸面を向けたプラスチックレンズからなり、前記第3レンズ L_3 は、両面が球面とされた両凸のガラスレンズからなり、前記第5レンズ L_5 は、少なくともいづれか1面が非球面とされたメニスカス形状のプラスチックレンズからなり、前記第6レンズ L_6 は、正レンズからなり、

10

ズーミングは、少なくとも、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群が互いに独立に光軸上を移動することによりなされ、

さらに下記の条件式6および7を満足することを特徴とする結像変倍光学系。

$$(式6) \quad |f_{g2} / f_{1g}| > 1.8$$

f_{g2} : 前記第2レンズ L_2 の焦点距離

f_{1g} : 前記第1レンズ群全体の合成焦点距離

$$(式7) \quad X_p < 73.0$$

X_p : 前記第2レンズ L_2 のプラスチック材料の、屈折率を N_{p2} 、アッベ数を p_2 としたときの $N_{p2} \times N_{p2} \times p_2$ の値

20

【請求項9】

前記第1レンズ L_1 は両面が球面とされ、前記第2レンズ L_2 は下記の条件式8を満足することを特徴とする請求項8記載の結像変倍光学系。

$$(式8) \quad f_w > 3.8$$

f_w : 広角端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【請求項10】

前記第4レンズ L_4 は両面を球面とされてなり、さらに下記の条件式9を満足することを特徴とする請求項8または9記載の結像変倍光学系。

30

$$(式9) \quad |f_{2gp} / f_{2g}| > 1.2$$

f_{2gp} : 前記第2レンズ群中のプラスチックレンズの焦点距離

f_{2g} : 前記第2レンズ群の合成焦点距離

【請求項11】

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、および収差補正用の第3レンズ群を配列してなり、

前記第1レンズ群は、物体側から順に、負レンズよりなる第1レンズ L_1 と、正レンズよりなる第2レンズ L_2 により構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、正レンズよりなる第3レンズ L_3 と、負レンズよりなる第4レンズ L_4 と、非球面を有する収差補正用の第5レンズ L_5 により構成され、

40

前記第3レンズ群は、収差補正用の第6レンズ L_6 から構成され、

前記3つのレンズ群の各々に、プラスチックレンズが配されており、

ズーミングは、少なくとも、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群が、互いに独立して光軸上を移動することによりなされ、

フォーカシングは、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群が一体的に光軸上を移動することによりなされ、

さらに下記の条件式10、11および12を満足することを特徴とする結像変倍光学系。

$$(式10) \quad |f_{2gp} / f_{2g}| > 1.2$$

50

f_{2g} : 前記第2レンズ群中のプラスチックレンズの焦点距離

f_{2g} : 前記第2レンズ群の合成焦点距離

$$(式11) \quad |P_{p12} \times f_t| < 1.0$$

P_{p12} : 前記第1レンズ群および前記第2レンズ群に含まれるプラスチックレンズ各々の焦点距離の逆数の和 ($P_{p12} \times f_t = f_t / f_{pi}$; f_{pi} は第*i*レンズ群の焦点距離)

f_t : 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

$$(式12) \quad X_p < 73.0$$

X_p : 前記第1レンズ群中のプラスチックレンズの材料の、屈折率を N_{p2} 、アッペ数を p_2 としたときの $N_{p2} \times N_{p2} \times p_2$ の値

10

【請求項12】

前記第2レンズ群中のプラスチックレンズが第5レンズ L_5 であることを特徴とする請求項11記載の結像変倍光学系。

【請求項13】

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、および収差補正用の第3レンズ群を配列してなり、

前記第1レンズ群は、物体側から順に、負レンズよりなる第1レンズ L_1 と、正レンズよりなる第2レンズ L_2 により構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、正レンズよりなる第3レンズ L_3 と、負レンズよりなる第4レンズ L_4 と、非球面を有する収差補正用の第5レンズ L_5 により構成され

20

、前記第3レンズ群は、収差補正用の第6レンズ L_6 から構成され、

前記第1レンズ L_1 は物体側に凸面を向けてなり、前記第2レンズ L_2 は物体側に非球面よりなる凸面を向けてなり、前記第3レンズ L_3 は、両面が球面とされた両凸レンズからなり、

ズーミングは、少なくとも、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群が互いに独立に光軸上を移動することによりなされ、

さらに下記の条件式13、14および15を満足することを特徴とする結像変倍光学系

$$(式13) \quad N_{g2} > 1.6$$

N_{g2} : 前記第2レンズ L_2 の屈折率

30

$$(式14) \quad g_2 < 2.9$$

g_2 : 前記第2レンズ L_2 のアッペ数

$$(式15) \quad 0.23 < D_s / D < 0.5$$

D_s : 前記第4レンズ L_4 と前記第5レンズ L_5 の間隔

D : 前記第2レンズ群中の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離。

【請求項14】

前記第1レンズ L_1 は、両面が球面とされた負のメニスカス形状のガラスレンズからなり、前記第2レンズ L_2 はプラスチックレンズからなり、前記第3レンズ L_3 および前記第4レンズ L_4 は、共に両面が球面とされ、互いに接合されたガラスレンズからなり、前記第5レンズ L_5 はプラスチックレンズからなることを特徴とする請求項13記載の結像変倍光学系。

40

【請求項15】

前記第6レンズ L_6 は、正のプラスチックレンズからなり、フォーカシングは、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群が一体的に移動することによりなされ、

さらに下記の条件式16を満足することを特徴とする請求項13または14記載の結像変倍光学系。

$$(式16) \quad |f_{ps} / f_t| > 0.6$$

f_{ps} : プラスチックレンズの焦点距離のうち最小のもの

50

f_t : 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【請求項 16】

下記の条件式 17 を満足することを特徴とする請求項 13 から 15 のうちいずれか 1 項記載の結像変倍光学系。

$$(式 17) \quad |P p_{1,2} \times f_t| < 1.0$$

$P p_{1,2}$: 前記第 1 レンズ群および前記第 2 レンズ群に含まれるプラスチックレンズ各々の焦点距離の逆数の和 ($P p_{1,2} \times f_t = f_t / f_{pi}$; f_{pi} は第 i レンズ群の焦点距離)

f_t : 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【請求項 17】

請求項 1 ~ 16 のうちいずれか 1 項記載の結像変倍光学系と、この結像変倍光学系によって結像された被写体の像を撮像する固体撮像素子を備えたことを特徴とする撮像装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、CCD や CMOS 等の撮像素子上に結像した画像を読み取るための 3 群構成のズームレンズに関し、詳しくは、デジタルカメラやビデオカメラに好適に用いられる、簡易な構成の結像変倍光学系およびこれを用いた撮像装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

近年、急速に普及しつつあるデジタルカメラでは、コンパクト化を図るとともに収差補正を良好とするために 3 群ズームレンズが用いられており、特にフォーカシング時に最終群を繰り出すリアフォーカス式の 3 群ズームレンズが頻繁に用いられている（例えば、特許文献 1、2、3 参照）。

【0003】

特許文献 1 記載の 3 群ズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群、正の屈折力を有するとともに明るさ絞りを有する第 2 レンズ群、および正の屈折力を有する第 3 レンズ群を配設してなり、広角端から望遠端に向かってズーミングする際に、第 1 レンズ群は、像側へ移動させた後に反転して物体側へ向かって移動させることにより移動軌跡が像側に凸弧状となるように移動させ、第 2 レンズ群は、物体側へ単調に移動させ、第 3 レンズ群は、物体側へ移動させた後に反転して像側へ向かって移動させることにより移動軌跡が物体側に凸弧状となるように移動させるように構成されている。

30

【0004】

特許文献 2 記載の 3 群ズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群、正の屈折力を有する第 2 レンズ群、および正の屈折力を有する第 3 レンズ群を配設してなり、広角端から望遠端に向かってズーミングする際に無限遠物体に合焦させた状態で、第 3 レンズ群は、像面側に単調あるいは像面側に凸状の軌跡を描いて移動するように構成されている。

【0005】

40

一方、特許文献 3 記載の 3 群ズームレンズは、上記特許文献 1、2 記載のものに対し、さらなる小型化、高変倍化、および高解像力化が可能となるように構成されたものであって、ズーミングに際して第 3 レンズ群を物体側に凸弧状を描くように移動させることにより、高変倍比における像面湾曲の補正が難しい中間倍率においても、像面湾曲を良好に補正するように構成されている。

【0006】

【特許文献 1】特開平 10 - 133115 号公報

【特許文献 2】特開平 2001 - 296476 号公報

【特許文献 3】特開平 2005 - 84597 号公報

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上述した従来技術においては、3つのレンズ群の各々を移動させることによりズームを行っており、そのため駆動部の機構や操作が複雑になる。

また、近年では、例えば、上述した特許文献3に記載されたもののように、低コスト化や軽量化を図るために多くのプラスチックレンズが用いられているが、その一方、プラスチックレンズを用いたことにより、温度や湿度等の環境の変化に伴う球面収差や色収差の変動等の収差の劣化も問題となっている。

【0008】

さらに、上記従来技術においては、フォーカシングにおけるレンズ繰出し量が大きくなるため、フォーカシングレンズ群の移動量を小さくしてレンズ全長をより小さくし、装置の薄型化を図りうる3群ズームレンズが望まれていた。

【0009】

本発明は、上述した事情に鑑み提案されたもので、3群6枚とレンズ構成が簡易で、ズームの駆動操作を容易なものとしてでき、諸収差を良好に補正しうる結像変倍光学系およびこれを用いた撮像装置を提供することを目的とするものである。

【0010】

また、フォーカシングにおけるレンズ移動量を小さくしてレンズ全長をより小さくしうる結像変倍光学系およびこれを用いた撮像装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の第1の結像変倍光学系は、

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、および収差補正用の第3レンズ群を配列してなり、

前記第1レンズ群は、物体側から順に、負レンズよりなる第1レンズ L_1 と、正レンズよりなる第2レンズ L_2 により構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、正レンズよりなる第3レンズ L_3 と、負レンズよりなる第4レンズ L_4 と、非球面を有する収差補正用の第5レンズ L_5 により構成され、

前記第3レンズ群は、収差補正用の第6レンズ L_6 から構成され、

ズームは、少なくとも、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群が互いに独立に光軸上を移動することによりなされ、

さらに下記の条件式1、2、および3を満足することを特徴とするものである。

【0012】

$$(式1) \quad Ng2 > 1.6$$

$Ng2$: 前記第2レンズ L_2 の屈折率

$$(式2) \quad g2 < 2.9$$

$g2$: 前記第2レンズ L_2 のアッベ数

$$(式3) \quad TL/YIM < 11.0$$

TL : 最大レンズ系全長

YIM : 像高(対角線の半分の長さ)

【0013】

また、このような第1の結像変倍光学系において、フォーカシングは、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群が一体的に光軸上を移動することによりなされることが好ましい。

【0014】

また、このような第1の結像変倍光学系において、前記第1レンズ L_1 は、物体側に凸面を向け、両面が球面とされたメニスカス形状のガラスレンズからなり、前記第2レンズ L_2 は、物体側に非球面よりなる凸面を向けたプラスチックレンズからなることが好ましい。

10

20

30

40

50

【0015】

また、このような第1の結像変倍光学系において、前記第3レンズ L_3 と前記第4レンズ L_4 とは、各々両面が球面とされたガラスレンズであって、互いに接合されるように構成されてなることが好ましい。

【0016】

また、このような第1の結像変倍光学系において、前記第3レンズ L_3 は両凸レンズにより構成されてなることが好ましい。

【0017】

また、このような第1の結像変倍光学系において、前記第6レンズ L_6 は、非球面を有する正のプラスチックレンズにより構成され、さらに下記の条件式4を満足することが好ましい。

10

$$(式4) \quad |f_{ps} / f_t| > 0.6$$

f_{ps} : プラスチックレンズの焦点距離のうち最小のもの

f_t : 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【0018】

さらに、下記の条件式5を満足することが好ましい。

$$(式5) \quad |P_{p12} \times f_t| < 1.0$$

P_{p12} : 前記第1レンズ群および前記第2レンズ群に含まれるプラスチックレンズ各々の焦点距離の逆数の和 ($P_{p12} \times f_t = f_t / f_{pi}$;
 f_{pi} は第*i*レンズ群の焦点距離)

20

f_t : 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【0019】

次に、本発明の第2の結像変倍光学系は、

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、および収差補正用の第3レンズ群を配列してなり、

前記第1レンズ群は、物体側から順に、負レンズよりなる第1レンズ L_1 と、正レンズよりなる第2レンズ L_2 により構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、正レンズよりなる第3レンズ L_3 と、負レンズよりなる第4レンズ L_4 と、非球面を有する収差補正用の第5レンズ L_5 により構成され

30

、前記第3レンズ群は、収差補正用の第6レンズ L_6 から構成され、

前記第1レンズ L_1 はガラスレンズからなり、前記第2レンズ L_2 は、物体側に非球面よりなる凸面を向けたプラスチックレンズからなり、前記第3レンズ L_3 は、両面が球面とされた両凸のガラスレンズからなり、前記第5レンズ L_5 は、少なくともいずれか1面が非球面とされたメニスカス形状のプラスチックレンズからなり、前記第6レンズ L_6 は、正レンズからなり、

ズームングは、少なくとも、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群が互いに独立に光軸上を移動することによりなされ、

さらに下記の条件式6および7を満足することを特徴とするものである。

【0020】

40

$$(式6) \quad |f_{g2} / f_{1g}| > 1.8$$

f_{g2} : 前記第2レンズ L_2 の焦点距離

f_{1g} : 前記第1レンズ群全体の合成焦点距離

$$(式7) \quad X_p < 73.0$$

X_p : 前記第2レンズ L_2 のプラスチック材料の、屈折率を N_{p2} 、アッベ数を p_2 としたときの $N_{p2} \times N_{p2} \times p_2$ の値

【0021】

また、このような第2の結像変倍光学系において、前記第1レンズ L_1 は両面が球面とされ、前記第2レンズ L_2 は下記の条件式8を満足することが好ましい。

$$(式8) \quad f_{g2} / f_w > 3.8$$

50

f_w : 広角端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【0022】

また、このような第2の結像変倍光学系において、前記第4レンズ L_4 は両面を球面とされてなり、さらに下記の条件式9を満足することが好ましい。

$$(式9) \quad |f_{2gp} / f_{2g}| > 1.2$$

f_{2gp} : 前記第2レンズ群中のプラスチックレンズの焦点距離

f_{2g} : 前記第2レンズ群の合成焦点距離

【0023】

次に、本発明の第3の結像変倍光学系は、

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、および収差補正用の第3レンズ群を配列してなり、 10

前記第1レンズ群は、物体側から順に、負レンズよりなる第1レンズ L_1 と、正レンズよりなる第2レンズ L_2 により構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、正レンズよりなる第3レンズ L_3 と、負レンズよりなる第4レンズ L_4 と、非球面を有する収差補正用の第5レンズ L_5 により構成され、

前記第3レンズ群は、収差補正用の第6レンズ L_6 から構成され、

前記3つのレンズ群の各々に、プラスチックレンズが配されており、

ズーミングは、少なくとも、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群が、互いに独立して光軸上を移動することによりなされ、 20

フォーカシングは、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群が一体的に光軸上を移動することによりなされ、

さらに下記の条件式10、11および12を満足することを特徴とするものである。

【0024】

$$(式10) \quad |f_{2gp} / f_{2g}| > 1.2$$

f_{2gp} : 前記第2レンズ群中のプラスチックレンズの焦点距離

f_{2g} : 前記第2レンズ群の合成焦点距離

$$(式11) \quad |P_{p12} \times f_t| < 1.0$$

P_{p12} : 前記第1レンズ群および前記第2レンズ群に含まれるプラスチックレンズ各々の焦点距離の逆数の和 ($P_{p12} \times f_t = f_t / f_{pi}$; f_{pi} は第*i*レンズ群の焦点距離) 30

f_t : 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

$$(式12) \quad X_p < 73.0$$

X_p : 前記第1レンズ群中のプラスチックレンズの材料の、屈折率を N_{p2} 、アッベ数を p_2 としたときの $N_{p2} \times N_{p2} \times p_2$ の値

【0025】

また、このような第3の結像変倍光学系において、前記第2レンズ群中のプラスチックレンズが第5レンズ L_5 であることが好ましい。

【0026】

次に、本発明の第4の結像変倍光学系は、 40

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群、正の屈折力を有する第2レンズ群、および収差補正用の第3レンズ群を配列してなり、

前記第1レンズ群は、物体側から順に、負レンズよりなる第1レンズ L_1 と、正レンズよりなる第2レンズ L_2 により構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、正レンズよりなる第3レンズ L_3 と、負レンズよりなる第4レンズ L_4 と、非球面を有する収差補正用の第5レンズ L_5 により構成され、

前記第3レンズ群は、収差補正用の第6レンズ L_6 から構成され、

前記第1レンズ L_1 は物体側に凸面を向けてなり、前記第2レンズ L_2 は物体側に非球面よりなる凸面を向けてなり、前記第3レンズ L_3 は、両面が球面とされた両凸レンズか 50

らなり、

ズーミングは、少なくとも、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群が互いに独立に光軸上を移動することによりなされ、

さらに下記の条件式13、14および15を満足することを特徴とするものである。

$$(式13) \quad N g 2 > 1.6$$

$N g 2$: 前記第2レンズ L_2 の屈折率

$$(式14) \quad g 2 < 2.9$$

$g 2$: 前記第2レンズ L_2 のアップ数

$$(式15) \quad 0.23 < D s / D < 0.5$$

$D s$: 前記第4レンズ L_4 と前記第5レンズ L_5 の間隔

D : 前記第2レンズ群中の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離。

10

【0027】

また、このような第4の結像変倍光学系において、前記第1レンズ L_1 は、両面が球面とされた負のメニスカス形状のガラスレンズからなり、前記第2レンズ L_2 はプラスチックレンズからなり、前記第3レンズ L_3 および前記第4レンズ L_4 は、共に両面が球面とされ、互いに接合されたガラスレンズからなり、前記第5レンズ L_5 はプラスチックレンズからなることが好ましい。

【0028】

また、このような第4の結像変倍光学系において、前記第6レンズ L_6 は、正のプラスチックレンズからなり、フォーカシングは、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群が一体的に移動することによりなされ、

20

【0029】

さらに下記の条件式16を満足することが好ましい。

$$(式16) \quad |f p s / f t| > 0.6$$

$f p s$: プラスチックレンズの焦点距離のうち最小のもの

$f t$: 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【0030】

また、このような第4の結像変倍光学系において、下記の条件式17を満足することが好ましい。

30

$$(式17) \quad |P p_{1,2} \times f t| < 1.0$$

$P p_{1,2}$: 前記第1レンズ群および前記第2レンズ群に含まれるプラスチックレンズ各々の焦点距離の逆数の和 ($P p_{1,2} \times f t = f t / f p i$; $f p i$ は第*i*レンズ群の焦点距離)

$f t$: 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【0031】

また、本発明の撮像装置は、

上述したいずれかの結像変倍光学系と、この結像変倍光学系によって結像された被写体の像を撮像する固体撮像素子を備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

40

【0032】

本発明の結像変倍光学系およびこれを用いた撮像装置によれば、3群6枚で各レンズが所定形状に構成され、ズーミングは、少なくとも、第1レンズ群と第2レンズ群が互いに独立に光軸上を移動することによりなされ、さらに、所定の条件式を満足するように構成されている。

これにより、レンズ構成が簡易で、ズーミングの駆動部を簡易なものとすることができ、諸収差を良好に補正することが可能となる。

【0033】

また、フォーカシングは、第1レンズ群と第2レンズ群が一体的に光軸上を移動することによりなされるよう構成することにより、フォーカシング時におけるレンズ繰り出し量

50

を小さくしてレンズ全長をより小さくすることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0034】

以下、本発明の結像変倍光学系およびこれを用いた撮像装置の実施形態について、図1を代表図面に用いて説明する。

なお図1は、本発明の実施例1に係る結像変倍光学系のレンズ構成を示すもので、上段は広角端におけるレンズ構成図、下段は広角端(W)から望遠端(T)に至る各レンズ群の移動軌跡を示してある。

【0035】

本発明の第1の実施形態に係る結像変倍光学系は、図1に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群 G_1 、正の屈折力を有するとともに光量調節用の絞り2を有する第2レンズ群 G_2 、および収差補正用の第3レンズ群 G_3 を配設してなる。 10

【0036】

また、広角端から望遠端に向かってズーミングする際に、各レンズ群を次のように移動させる。すなわち、第1レンズ群 G_1 は像側へ移動させた後に反転して物体側へ向かって移動させることにより像側に凸弧状を描くように移動させ、第2レンズ群 G_2 は、単調に物体側へ移動させ、第3レンズ群 G_3 は、固定とする。

また、無限遠から至近に向かってフォーカシングする際に、第1レンズ群 G_1 および第2レンズ群 G_2 を一体的に物体側へ向かって移動させる。

【0037】

このように、2つのレンズ群 G_1 、 G_2 のみを用い、光軸Zに沿って移動せしめることでズーミングおよびフォーカシングを効率よく行うことができる。 20

【0038】

また、上述したように、絞り2を、レンズ群の内部に配設した場合には、レンズ群とレンズ群の間に配設した場合よりも、絞り2の前側と後側の双方において球面収差を補正することができるため、球面収差の補正が容易となる。また、軸上性能および画面中心付近の性能に、比較的余裕をもたせることができる。

【0039】

また、フォーカシングは、第1レンズ群 G_1 および第2レンズ群 G_2 を一体的に、同一距離だけ移動するように構成されているので、フォーカシングにおける駆動制御が簡単となる。また、各ズームポジション毎の、所定の物体距離におけるフォーカス量が一定となるように構成されているので、広角端での無限遠状態からの最大繰り出し量および望遠端での無限遠状態からの最大繰り出し量の和を最小にすることができるため、レンズ全長の短縮化に有利となる。 30

【0040】

すなわち、図1の下段に示すように、実施例1の結像変倍光学系について、無限遠フォーカス状態におけるズーミングは、広角端(W)から望遠端(T)に至る各レンズ群の移動軌跡が実線で描かれ、その一方、至近フォーカス状態におけるズーミングは、広角端(W)から望遠端(T)に至る第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 の移動軌跡が破線で描かれている(実施例2~4について各々示す図2~4においても同じ)。このように、ズームポジションに拘らず、基準位置(無限遠)から所定の物体位置までのフォーカス用レンズ繰り出し量が一定となっており、これによりレンズ全長の短縮化が可能となる。 40

【0041】

また、第3レンズ群 G_3 と結像面(CCD撮像面)1の間にはローパスフィルタや赤外線カットフィルタを含むフィルタ部3が配されている。

【0042】

前記第1レンズ群 G_1 は、物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズよりなる第1レンズ L_1 と、少なくとも1面が非球面とされた収差補正用の正レンズよりなる第2レンズ L_2 により構成されている。

第1レンズ群 G_1 をこのような構成とすることにより、像面湾曲、歪曲収差等を良好に 50

補正することができ、高解像化を図りつつレンズ全系の厚みと沈胴時の厚みを小さくしてコンパクト化を図ることができる。

【0043】

また、第2レンズ群 G_2 は、物体側から順に、光量調節用の絞り2がレンズ内に配された、両凸の第3レンズ L_3 、物体側に凹面を向けた負レンズよりなる第4レンズ L_4 、および少なくとも1面が非球面とされた収差補正用の第5レンズ L_5 からなり、第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 は互いにレンズ面が接合された接合レンズとされている（ただし、実施例2は第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 が互いに独立）。第3レンズ L_3 は、非球面を有することが好ましく、この場合にはガラスモールドにより成型することができる。また、この非球面は、複合非球面により形成することが可能である。

10

【0044】

第2レンズ群 G_2 をこのような構成とすることにより、球面収差を良好に補正することができ、高解像化を図りつつレンズ全系の厚みと沈胴時の厚みを小さくしてコンパクト化を図ることができる。

【0045】

また、前記第3レンズ群 G_3 は、少なくとも1面が非球面とされた収差補正用の第6レンズ L_6 から構成されている。

第3レンズ群 G_3 をこのような構成とすることにより、ズームング時における収差変動を抑えつつコンパクト化を図ることができる。

【0046】

さらに下記の条件式1、2、および3を満足するように構成されている。

20

$$(式1) \quad N g_2 > 1.6$$

$N g_2$: 第2レンズ L_2 の屈折率

$$(式2) \quad g_2 < 2.9$$

g_2 : 第2レンズ L_2 のアッペ数

$$(式3) \quad TL / YIM < 11.0$$

TL : 最大レンズ系全長（最大繰り出し時のレンズ系の全長）

YIM : 像高（対角線の半分の長さ）

【0047】

上記条件式1および条件式2は、第2レンズ L_2 の材料の屈折率およびアッペ数の範囲（分散の範囲）を示すものであり、これら2つの条件式を満足することにより、比較的屈折率が高い周りのレンズとの整合性が良好となり、諸収差および解像性能を良好なものとする事ができる。

30

さらに、上記条件式3は、レンズ系の全長が最大繰り出し時においても十分なコンパクト性が得られるようにするための範囲を規定するものである。

【0048】

すなわち、これらの3つの条件式を同時に満足することにより、レンズ系のコンパクト化を図りつつ、諸収差および解像性能を良好なものとする事ができる。

【0049】

なお、第1レンズ群 G_1 中の色収差を良好とするためには、下記条件式19を満足することがより好ましい。

40

$$(式19) \quad g_1 - g_2 > 2.2$$

g_1 : 第1レンズ L_1 のアッペ数

g_2 : 第2レンズ L_2 のアッペ数

【0050】

ここで、第1レンズ L_1 は、物体側に凸面を向けた両面が球面とされたメニスカス形状のガラスレンズから構成し、前記第2レンズ L_2 は、物体側に非球面よりなる凸面を向けたプラスチックレンズから構成することが好ましい。

【0051】

上述したように第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 を移動させてズームングを行うよ

50

うにした場合、これら第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 のパワーが大きくなるように設定される。したがって、プラスチックレンズを用いつつレンズ全長を小さくするためには、温度等変化時のピント移動量を小さく抑え、かつ、フォーカスレンズ群は、移動量が小さくても像面上のピント移動量を大きく補正できるように設定する必要がある。この場合、第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 に含まれるプラスチックレンズが温度等の変化によるピント位置の変動に大きく影響するため、そのプラスチックレンズがそのレンズ群中で最もパワーが小さいレンズとなるように設定することが望ましい。

【0052】

そこで、第1レンズ群 G_1 は、物体側から順に、ガラス製の負レンズからなる第1レンズ L_1 、少なくともいずれかの面に非球面を有するプラスチック製の正レンズからなる第2レンズ L_2 により構成している。これにより、第1レンズ L_1 をプラスチックレンズとした場合に比して、プラスチックレンズが担うパワーを小さくすることができ、第1レンズ群 G_1 全体のパワーの温度等による変化を小さくすることで、ピント移動量および第1レンズ群 G_1 の有効径の変化量が小さく、全長が小さく、さらには第1レンズ群 G_1 の外径が小さなレンズを構成することが可能になる。また、プラスチックレンズを第2レンズ L_2 とすることで、広角端と望遠端における有効径の変化を小さくすることができ、温度等の変化に伴う球面収差の変動を小さくすることが可能になる。

10

【0053】

また、前記第3レンズ L_3 と前記第4レンズ L_4 とは、各々両面が球面とされたガラスレンズから構成することが好ましい。

20

また、前記第3レンズ L_3 は両凸レンズにより構成してもよい。

【0054】

さらに、前記第6レンズ L_6 は、非球面を有する正のプラスチックレンズにより構成し、さらに以下の条件式4を満足することが好ましい。

$$(式4) \quad |f_{ps} / f_t| > 0.6$$

f_{ps} : プラスチックレンズの焦点距離のうち最小のもの

f_t : 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【0055】

上記条件式4は、レンズ全系の望遠端における焦点距離、に対するプラスチックレンズの焦点距離のうち最小の焦点距離、の比を規定するものである。

30

プラスチックレンズはガラスレンズに比べて、温度や湿度等の環境の変化に応じたパワーの変化が大きい。一方、ズームレンズは、ズミング時に各レンズ群の相対位置が変化するため、温度や湿度等の環境の変化に伴って像面湾曲量が変化し、周辺の解像性も大きく変化する。

【0056】

したがって、上記条件式4を満足することで、いずれのレンズ群においてもプラスチックレンズの焦点距離が所定値以上となるように、すなわち、いずれのレンズ群においてもプラスチックレンズのパワーが所定値以下となるように設定し、温度や湿度等の環境の変化に伴う像面湾曲量の変化を抑制し、周辺の解像性の変化を抑制する。

【0057】

さらに、以下の条件式5を満足することが好ましい(実施例1、3、4、5のみ満足している)。

40

$$(式5) \quad |P_{p_{1,2}} \times f_t| < 1.0$$

$P_{p_{1,2}}$: 第1レンズ群 G_1 および第2レンズ群 G_2 に含まれるプラスチックレンズ各々の焦点距離の逆数の和 ($P_{p_{1,2}} \times f_t = f_t / f_{pi}$;
 f_{pi} は第*i*レンズ群の焦点距離)

f_t : 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【0058】

上記条件式5は、第1レンズ群 G_1 および第2レンズ群 G_2 に含まれるプラスチックレンズ各々の焦点距離の逆数の和と、レンズ全系の望遠端における焦点距離との積の範囲を

50

規定するものである。

【0059】

本実施形態の結像変倍光学系においては、ズーミング時において第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 が移動するように構成されており、第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 のパワーが大きくなるように設定されている。したがって、第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 に含まれるプラスチックレンズのパワーの大小が、温度や湿度等の環境の変化に伴うピント位置の変動に大きく影響する。そこで、上記条件式5を満足することにより、温度や湿度等の環境の変化に伴うピントズレ量を抑制し、フォーカシング時におけるレンズ群の移動量が小さくなるようにしている。

【0060】

このような観点から、上記条件式5に替えて下記条件式5'を満足することがより好ましい(実施例3のみ満足している)。

$$(式5') \quad |Pp_{12} \times f_t| < 0.1$$

【0061】

次に、本発明の第2の実施形態に係る結像変倍光学系について説明する。

第2の実施形態に係る結像変倍光学系は、上記第1の実施形態に係る結像変倍光学系と重複する構成を多く有しているため、特徴的な部分のみを以下に列挙する。

【0062】

すなわち、第2の実施形態に係る結像変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群 G_1 、正の屈折力を有する第2レンズ群 G_2 、および収差補正用の第3レンズ群 G_3 を配列してなり、第1レンズ群 G_1 は、物体側から順に、負レンズよりなる第1レンズ L_1 と、正レンズよりなる第2レンズ L_2 により構成され、第2レンズ群 G_2 は、物体側から順に、正レンズよりなる第3レンズ L_3 と、負レンズよりなる第4レンズ L_4 と、非球面を有する収差補正用の第5レンズ L_5 により構成され、第3レンズ群 G_3 は、収差補正用の第6レンズ L_6 から構成され、

さらに、第1レンズ L_1 はガラスレンズからなり、第2レンズ L_2 は、物体側に非球面よりなる凸面を向けたプラスチックレンズからなり、第3レンズ L_3 は、両面が球面とされた両凸のガラスレンズからなり、第5レンズ L_5 は、少なくともいずれか1面が非球面とされたメニスカス形状のプラスチックレンズからなり、第6レンズ L_6 は、正レンズからなり、

ズーミングは、第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 が互いに独立して光軸上を移動することによりなされ、

さらに下記の条件式6および7を満足するように構成されている。

【0063】

$$(式6) \quad |fg_2 / f_1g| > 1.8$$

fg_2 : 第2レンズ L_2 の焦点距離

f_1g : 第1レンズ群 G_1 全体の合成焦点距離

$$(式7) \quad Xp < 73.0$$

Xp : 第2レンズ L_2 のプラスチック材料の、屈折率を Np_2 、アッペ数を p_2 としたときの $Np_2 \times Np_2 \times p_2$ の値

【0064】

プラスチックレンズはガラスレンズに比べて、温度や湿度等の環境の変化に応じたパワーの変化が大きい。そこで、第1レンズ群 G_1 は、物体側から順に、ガラス製の負レンズからなる第1レンズ L_1 、少なくともいずれかの面に非球面を有するプラスチック製の正レンズからなる第2レンズ L_2 により構成する。

【0065】

また、上記条件式6を満足することで、第1レンズ L_1 をプラスチックレンズとした場合に比して、プラスチックレンズが担うパワーを小さくするとともに、第1レンズ群 G_1 全体の温度等によるパワーの変化を小さくすることで、ピント移動量および第1レンズ群 G_1 の有効径の変化量が小さく、全長が小さく、さらには第1レンズ群 G_1 の外径が小さ

10

20

30

40

50

なレンズを構成することが可能になる。また、プラスチックレンズを第2レンズ L_2 とすることで、広角端と望遠端における有効径の変化を小さくすることができ、温度等の変化に伴う球面収差の変動を小さくすることが可能になる。

【0066】

また、上記条件式7は、第1レンズ群 G_1 の色収差の補正を良好にし得る範囲を特定するための条件を規定したものである。これは、第1レンズ群 G_1 中の第2レンズ L_2 に、プラスチックレンズを用いたことで発生する色収差を補正するために有効となるものである。

【0067】

従来より存在している屈折率が1.6以下のプラスチック材料のものでは、実際にレンズとして利用する上では内部歪みが大き過ぎ、大きな複屈折が発生し、高解像度を達成することが困難であった。しかし、近年、屈折率が1.6以上のプラスチック材料のものでも内部歪みが小さいものが開発されたため、本願発明者は第1レンズ群 G_1 中の凸レンズである第2レンズ L_2 に、このような内部歪みの小さいプラスチック材料を使用することを想起するに到ったものである。そして、このような内部歪みが小さいプラスチック材料の範囲は条件式7により特定できることから、この条件式7を満足するように構成することで色収差を良好なものとするができる。

【0068】

なお、このような観点から、上記条件式7に替えて下記条件式7'を満足することがより好ましい(実施例1、3、4、5のみ満足している)。

$$(式7') \quad X_p < 70.0$$

また、下記条件式7''を満足することがさらに好ましい(実施例5のみ満足している)。

$$(式7'') \quad X_p < 69.0$$

【0069】

なお、上記条件式7または7'を満足する材料を、他のレンズ(例えば、第4レンズ L_4 、第5レンズ L_5 または第6レンズ L_6 等)に適用することも可能である。

【0070】

また、第1レンズ L_1 は両面が球面とされ、第2レンズ L_2 は下記の条件式8を満足することが好ましい(実施例1、2、3、4のみ満足している)。

$$(式8) \quad f_{g2} / f_w > 3.8$$

f_{g2} : 第2レンズ L_2 の焦点距離

f_w : 広角端におけるレンズ全系の合成焦点距離

【0071】

上記条件式8は、第2レンズ L_2 の焦点距離に対する広角端におけるレンズ全系の合成焦点距離を規定するものであり、この条件式の下限を下回ると、高温になったときに、広角端側での球面収差がアンダーになり過ぎて結像領域全体の性能が低下してしまう。

【0072】

さらに、第4レンズ L_4 は、両面を球面とされてなり、さらに下記の条件式9を満足することが好ましい。

$$(式9) \quad |f_{2gp} / f_{2g}| > 1.2$$

f_{2gp} : 第2レンズ群 G_2 中のプラスチックレンズの焦点距離

f_{2g} : 第2レンズ群 G_2 の合成焦点距離

【0073】

ズームレンズは、ズミング時に各レンズ群の相対位置が変化するため、温度や湿度等の環境の変化に伴って像面湾曲量が変化し、周辺の解像性も大きく変化する。したがって、それぞれの位置で温度や湿度等の環境の変化に伴う像面湾曲の変化をできるだけ小さくするためには、最も移動量が大きな第2レンズ群 G_2 の合成焦点距離に対する、第2レンズ群 G_2 中のプラスチックレンズの焦点距離の比を大きくすることが有効である。このため、上記条件式9を満足することで、温度や湿度等の環境の変化に伴う像面湾曲の変化を

10

20

30

40

50

小さくするようにしている。すなわち、上記条件式 9 の下限を下回ると温度や湿度等の環境の変化に伴う像面湾曲が大きくなり過ぎてしまう。

【0074】

なお、このような観点から、上記条件式 9 に替えて下記条件式 9' を満足することがより好ましい（実施例 1、3、4 のみ満足している）。

$$(式 9') \quad |f_2 g p / f_2 g| > 2.0$$

さらに、下記条件式 18 を満足することがより好ましい。

$$(式 18) \quad f_3 G / f_w > 1.8$$

$f_3 G$: 第 3 レンズ群 G_3 の焦点距離

f_w : 広角端におけるレンズ全系の合成焦点距離

10

【0075】

上記条件式 18 は、第 3 レンズ群 G_3 を構成する第 6 レンズ L_6 のパワーを規定するもので、この下限を下回ると広角端での射出角度が大きくなり過ぎてしまう。

【0076】

次に、本発明の第 3 の実施形態に係る結像変倍光学系について説明する。

第 3 の実施形態に係る結像変倍光学系においても、上記第 1 の実施形態に係る結像変倍光学系と重複する構成を多く有しているので、特徴的な部分のみを以下に列挙する。なお、本実施形態には、下記実施例 3 の構成のものは含まれない。

【0077】

すなわち、第 3 の実施形態に係る結像変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G_1 、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G_2 、および収差補正用の第 3 レンズ群 G_3 を配列してなり、第 1 レンズ群 G_1 は、物体側から順に、負レンズよりなる第 1 レンズ L_1 と、正レンズよりなる第 2 レンズ L_2 により構成され、第 2 レンズ群 G_2 は、物体側から順に、正レンズよりなる第 3 レンズ L_3 と、負レンズよりなる第 4 レンズ L_4 と、非球面を有する収差補正用の第 5 レンズ L_5 により構成され、第 3 レンズ群 G_3 は、収差補正用の第 6 レンズ L_6 から構成され、

20

前記 3 つのレンズ群の各々に、プラスチックレンズが配されており、

ズーミングは、第 1 レンズ群 G_1 と第 2 レンズ群 G_2 が、各々独立して光軸上を移動することによりなされ、

フォーカシングは、第 1 レンズ群 G_1 と第 2 レンズ群 G_2 が一体的に光軸上を移動することによりなされ、

30

さらに下記の条件式 10、11（実施例 1、3、4、5 のみ満足している）および 12 を満足するように構成されている。

【0078】

$$(式 10) \quad |f_2 g p / f_2 g| > 1.2$$

$f_2 g p$: 第 2 レンズ群 G_2 のプラスチックレンズの焦点距離

$f_2 g$: 第 2 レンズ群 G_2 の合成焦点距離

$$(式 11) \quad |P p_{12} \times f_t| < 1.0$$

$P p_{12}$: 第 1 レンズ群 G_1 および第 2 レンズ群 G_2 に含まれるプラスチックレンズ各々の焦点距離の逆数の和 ($P p_{12} \times f_t = f_t / f_{pi}$; f_{pi} は第 i レンズ群の焦点距離)

40

f_t : 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

$$(式 12) \quad X p < 73.0$$

$X p$: 第 1 レンズ群 G_1 中のプラスチックレンズの材料の、屈折率を $N p_2$ 、アッペ数を p_2 としたときの $N p_2 \times N p_2 \times p_2$ の値

【0079】

なお、条件式 10 は、上記条件式 9 と同様の意義を有し、条件式 11 は、上記条件式 5 と同様の意義を有し、条件式 12 は、上記条件式 7 と同様の意義を有する。

【0080】

なお、上記条件式 10 に替えて下記条件式 10' を満足することがより好ましい（実施

50

例 1、3、4 のみ満足している)。

$$(式 10') \quad |f_2 g p / f_2 g| > 2.0$$

また、上記条件式 11 に替えて下記条件式 11' を満足することがより好ましい(実施例 3 のみ満足している)。

$$(式 11') \quad |P p_{12} \times f t| < 0.1$$

【0081】

なお、上記条件式 12 に替えて下記条件式 12' を満足することがより好ましい(実施例 1、3、4、5 のみ満足している)。

$$(式 12') \quad X p < 70.0$$

また、下記条件式 12'' を満足することがさらに好ましい(実施例 5 のみ満足している)。

$$(式 12'') \quad X p < 69.0$$

【0082】

また、第 1 レンズ群 G_1 中のプラスチックレンズが第 2 レンズ L_2 であり、第 2 レンズ群 G_2 中のプラスチックレンズが第 5 レンズ L_5 であることが好ましい。

【0083】

次に、本発明の第 4 の実施形態に係る結像変倍光学系について説明する。

第 4 の実施形態に係る結像変倍光学系においても、上記第 1 の実施形態に係る結像変倍光学系と重複する構成を多く有しているので、特徴的な部分のみを以下に列挙する。

【0084】

すなわち、第 4 の実施形態に係る結像変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G_1 、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G_2 、および収差補正用の第 3 レンズ群 G_3 を配列してなり、第 1 レンズ群 G_1 は、物体側から順に、負レンズよりなる第 1 レンズ L_1 と、正レンズよりなる第 2 レンズ L_2 により構成され、第 2 レンズ群 G_2 は、物体側から順に、正レンズよりなる第 3 レンズ L_3 と、負レンズよりなる第 4 レンズ L_4 と、非球面を有する収差補正用の第 5 レンズ L_5 により構成され、第 3 レンズ群 G_3 は、収差補正用の第 6 レンズ L_6 から構成され、

第 1 レンズ L_1 は物体側に凸面を向けてなり、第 2 レンズ L_2 は物体側に非球面よりなる凸面を向けてなり、第 3 レンズ L_3 は、両面が球面とされた両凸レンズからなり、

ズームングは、第 1 レンズ群 G_1 と第 2 レンズ群 G_2 が互いに独立に光軸上を移動することによりなされ、

さらに下記の条件式 13、14 および 15 を満足するように構成されている。なお、条件式 15 については、実施例 3、4、5 のみ満足している。

【0085】

$$(式 13) \quad N g_2 > 1.6$$

$N g_2$: 第 2 レンズ L_2 の屈折率

$$(式 14) \quad g_2 < 2.9$$

g_2 : 第 2 レンズ L_2 のアッペ数

$$(式 15) \quad 0.23 < D_s / D < 0.5$$

D_s : 第 4 レンズ L_4 と第 5 レンズ L_5 の間隔

D : 第 2 レンズ群 G_2 の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離

【0086】

なお、条件式 13 は、上記条件式 1 と同様の意義を有し、条件式 14 は、上記条件式 2 と同様の意義を有する。また、上記条件式 15 は、第 2 レンズ群 G_2 の全長に対する第 4 レンズ L_4 と第 5 レンズ L_5 の間隔を規定するものであり、この上限を上回ると、第 2 レンズ群 G_2 の厚さが、間隔が小さい場合に比べて明らかに大きくなりすぎて、第 2 レンズ群 G_2 の移動量(ストローク)に影響を与えてしまう。ストロークが小さくなり過ぎると収差的な性能が劣化するし、ストロークを維持しようとするとき全長が大きくなり過ぎてしまう。一方、下限を下回ると、十分な機能を有するシャッタを挿入することが困難となる

10

20

30

40

50

。なお、例えば、レンズ群とレンズ群の間にシャッタを挿入しようとする、ズーム比が小さくなり過ぎたり、全長が大きくなり過ぎてしまう。

【0087】

なお、第1レンズ群 G_1 中の色収差を良好とするためには、下記条件式20を満足することがより好ましい。

$$(式20) \quad g_1 - g_2 > 2.2$$

g_1 : 第1レンズ L_1 のアッベ数
 g_2 : 第2レンズ L_2 のアッベ数

【0088】

また、第1レンズ L_1 は、両面が球面とされた負のメニスカス形状のガラスレンズであり、第2レンズ L_2 はプラスチックレンズよりなり、第3レンズ L_3 および第4レンズ L_4 は、両面が球面とされたガラスレンズからなり、第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 とは互いに接合されてなり、第5レンズ L_5 はプラスチックレンズからなることが好ましい。

【0089】

また、第6レンズ L_6 は、正のプラスチックレンズよりなり、フォーカシングは、第1レンズ群 G_1 および第2レンズ群 G_2 が一体的に移動することによりなされ、さらに以下の条件式16を満足することが好ましい。

$$(式16) \quad |f_{ps} / f_t| > 0.6$$

f_{ps} : プラスチックレンズの焦点距離のうち最小のもの
 f_t : 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

なお、条件式16は、上記条件式4と同様の意義を有する。

【0090】

さらに、以下の条件式17を満足することが好ましい(実施例1、3、4、5のみ満足している)。

$$(式17) \quad |P_{p_{1,2}} \times f_t| < 1.0$$

$P_{p_{1,2}}$: 第1レンズ群 G_1 および第2レンズ群 G_2 に含まれるプラスチックレンズ各々の焦点距離の逆数の和 ($P_{p_{1,2}} \times f_t = f_t / f_{pi}$;
 f_{pi} は第 i レンズ群の焦点距離)
 f_t : 望遠端におけるレンズ全系の合成焦点距離

なお、条件式17は、上記条件式5と同様の意義を有する。

【0091】

さらに、上記条件式17に替えて下記条件式17'を満足することがより好ましい(実施例3のみ満足している)。

$$(式17') \quad |P_{p_{1,2}} \times f_t| < 0.1$$

【0092】

なお、上記各非球面は、下記非球面式により表される。

【0093】

【数1】

$$Z(r) = \frac{r^2/R}{1 + \sqrt{1 - K \times r^2/R^2}} + \sum_{i=2}^5 A_{2i} r^{2i}$$

ただし、

$Z(r)$: 光軸から距離 r ($r^2 = x^2 + y^2$) の非球面上の点より
 非球面頂点の接平面(光軸に垂直な平面)に下ろした垂線の長さ

R : 非球面の光軸近傍の曲率半径

K : 離心率

A_{2i} : 非球面係数 ($i = 2 \sim 5$)

【0094】

10

20

30

40

50

また、上述した結像変倍光学系は、この結像変倍光学系によって結像された被写体の像を撮像する固体撮像素子とともに、例えばデジタルカメラや携帯電話等のモバイル機器等の、各種撮像装置に搭載される。このような撮像装置は、コンパクト性に優れ、種々の状況において、高解像な画像を得ることができる。

【0095】

<実施例1>

以下、本発明の実施例1に係る結像変倍光学系の具体的構成について説明する。

【0096】

実施例1に係る結像変倍光学系を、具体的に説明すると、第1レンズ群 G_1 は、物体側から順に、像側に曲率の大きい凹面を向けた負のメニスカス形状を有するガラス製の第1レンズ L_1 、および物体側に曲率の大きい凸面を向けた、光軸付近において正のメニスカス形状を有するプラスチック製の第2レンズ L_2 からなる。また、第2レンズ L_2 の両面は、上記非球面式で表される非球面とされている。

10

【0097】

第2レンズ群 G_2 は、物体側から順に、両面が凸状の球面とされたガラス製の第3レンズ L_3 、物体側に凹面を向け、両面が球面とされた負のメニスカス形状を有するガラス製の第4レンズ L_4 、および物体側に凸面を向けた、光軸付近において負のメニスカス形状を有するプラスチック製の第5レンズ L_5 からなり、第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 は互いにレンズ面が接合された接合レンズとされている。また、第5レンズ L_5 の両面は、上記非球面式で表される非球面とされている。なお、絞り2が第3レンズ L_3 中に配されている。

20

【0098】

第3レンズ群 G_3 は、像側に凹面を向けた正のメニスカス形状を有するプラスチック製の第6レンズ L_6 からなり、両面が上記非球面式で表される非球面とされている。

【0099】

また、ズームングは、第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 が、各々独立して光軸上を移動することによりなされる一方第3レンズ群 G_3 は固定とされ、フォーカシングは、第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 が一体的に光軸上を移動することによりなされる一方第3レンズ群 G_3 は固定とされるように構成されている。

【0100】

図1の下段には、実施例1の結像変倍光学系について、ズームング時における、広角端から望遠端にいたる各レンズ群の移動軌跡（第3レンズ群 G_3 は固定）が実線で描かれている。

30

また、上述した実線で描かれたレンズ移動軌跡は、無限遠フォーカス時における移動軌跡であり、第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 について破線で描かれたレンズ移動軌跡は、至近フォーカス時における移動軌跡である。

【0101】

実施例1に係る結像変倍光学系に関する各数値を下記表1に示す。

表1の上段に、各レンズ面の曲率半径 R (mm)、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔（以下、これらを総称して軸上面間隔という） D (mm)、各レンズの d 線における、屈折率 N_d およびアッベ数 v_d の値を示す。

40

なお、表中の数字は物体側からの順番を表すものである（表2、3、4において同じ）。

【0102】

また、表1の中段に、上述した軸上面間隔 D の欄における広角端（WIDE：1.0倍）、中間位置（MIDDLE：1.6倍）および望遠端（TELE：2.11倍）の D_4 および D_{10} の可変範囲を示す。

【0103】

さらに、本実施例においては、表6に示すように、前述した条件式(1)～(14)、(16)～(20)、(7′)、(9′)、(10′)および(12′)は全て満足されて

50

いる（ただし、式（１）と式（１３）、式（２）と式（１４）、式（４）と式（１６）、式（５）と式（１１）と式（１７）、式（７）と式（１２）、式（９）と式（１０）、式（１９）と式（２０）、式（５′）と式（１１′）と式（１７′）、式（７′）と式（１２′）、式（９′）と式（１０′）、式（７′′）と式（１２′′）は各々互いに同一の式とされている：（本願明細書中の他の説明においても同様））。

【 0 1 0 4 】

また、表 1 の下段に、上記非球面式に示される非球面の各定数 K 、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} の値を示す。

【 0 1 0 5 】

【表 1】

面	R	D	Nd	νd
1	636.617	12.03	1.71300	53.9
2	75.001	32.07		
* 3	170.614	17.75	1.60398	27.2
* 4	599.737	D_4		
STO 5	∞	-5.73		
6	74.026	63.26	1.57250	57.7
7	-74.026	9.56	1.84666	23.8
8	-183.297	18.97		
* 9	70.749	19.09	1.50842	56.4
* 10	42.164	D_{10}		
* 11	131.859	43.13	1.50842	56.4
* 12	226.193	20.04		
13	∞	9.54	1.51680	64.2
14	∞	20.96		

* 非球面

群間隔

	WIDE (1.0倍)	MIDDLE (1.6倍)	TELE (2.11倍)
D_4	132.39	55.72	24.89
D_{10}	33.07	83.95	127.21

非球面係数

	K	A_4	A_6	A_8	A_{10}
3	2.445	-2.073×10^{-7}	8.107×10^{-11}	-4.654×10^{-14}	1.626×10^{-18}
4	117.983	-3.236×10^{-7}	3.388×10^{-12}	-1.814×10^{-14}	-4.713×10^{-18}
9	-11.095	1.113×10^{-6}	-3.448×10^{-9}	1.779×10^{-12}	-5.325×10^{-16}
10	-1.010	-6.919×10^{-7}	-8.149×10^{-10}	3.703×10^{-13}	-6.788×10^{-17}
11	2.651	2.681×10^{-7}	-6.890×10^{-11}	1.726×10^{-14}	-1.565×10^{-18}
12	7.632	5.680×10^{-7}	-4.806×10^{-11}	4.249×10^{-15}	4.854×10^{-18}

【 0 1 0 6 】

図6は上記実施例1に係る結像変倍光学系の広角端(1.0倍)および望遠端(2.11倍)における諸収差(球面収差、非点収差およびディストーション)を示す収差図である。また、図11は、実施例1に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における倍率色収差を示す収差図である。

【0107】

なお、各球面収差図には、656nm、546nm、435nmにおける収差が示されており、各非点収差図には、サジタル像面およびタンジェンシャル像面に対する収差が示されている(図7、図8、図9、図10についても同じ)。これら図6、図11から明らかのように、実施例1に係る結像変倍光学系によればズーム領域の全体に亘って良好な収差補正がなされる。

【0108】

<実施例2>

次に、本発明の実施例2に係る結像変倍光学系の具体的構成について説明する。

【0109】

実施例2に係る結像変倍光学系は、図2に示すように、上述した実施例1とほぼ同様のレンズ構成を備えているが、主として、第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 が共に単レンズとして構成され、第4レンズ L_4 がプラスチックレンズで構成され、その両面は上記非球面式で表される非球面とされ、さらに、第6レンズ L_6 は、概略両凸形状とされている点において相違している。

【0110】

なお、他の実施例においては、第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 が互いに接合されているため、両者ともにガラス製とされているが、本実施例においては、第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 が互いに近接してはいるものの各々単独のレンズとされているので、前者はガラス製、後者はプラスチック製とすることが可能である。また、第4レンズ L_4 としては、屈折率が比較的高い材料を用いることが色収差補正の観点から好ましいので、プラスチック材料としては屈折率が1.6以上と比較的高く、かつ内部歪が低い材料のものを用いるようにしている。

【0111】

実施例2に係る結像変倍光学系に関する各数値を下記表2に示す。

表2の上段に、各レンズ面の曲率半径 R (mm)、各レンズの軸上面間隔 D (mm)、各レンズの d 線における、屈折率 N_d およびアッペ数 d の値を示す。

また、表2の中段に、上述した軸上面間隔 D の欄における広角端(WIDE:1.0倍)、中間位置(MIDDLE:1.5倍)および望遠端(TELE:2.11倍)の D_4 および D_{11} の可変範囲を示す。

【0112】

さらに、本実施例においては、表6に示すように、前述した条件式(1)~(4)、(6)~(10)、(12)~(14)、(16)、(18)~(20)が満足されている。

【0113】

また、表2の下段に、上記非球面式に示される非球面の各定数 K 、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} の値を示す。

【0114】

10

20

30

40

【表 2】

面	R	D	Nd	νd	
1	400.688	12.37	1.71300	53.9	
2	70.209	38.49			
* 3	200.133	21.02	1.60398	28.0	
* 4	550.665	D ₄			
STO 5	∞	-4.91			
6	69.421	60.05	1.58313	59.4	
7	-69.421	1.57			10
* 8	-67.924	9.82	1.60398	27.2	
* 9	-282.329	15.02			
* 10	135.592	18.20	1.51006	55.9	
* 11	52.107	D ₁₁			
* 12	682.799	33.17	1.51006	55.9	
* 13	-154.165	10.00			
14	∞	10.00	1.51680	64.2	
15	∞	19.17			20

* 非球面

群間隔

	WIDE (1.0倍)	MIDDLE (1.5倍)	TELE (2.11倍)
D ₄	118.77	59.18	24.73
D ₁₁	59.72	102.20	154.03

非球面係数

	K	A ₄	A ₆	A ₈	A ₁₀	
3	8.013	-2.082×10^{-11}	1.412×10^{-17}	-3.233×10^{-23}	9.427×10^{-30}	
4	75.032	-3.046×10^{-11}	9.330×10^{-19}	-2.099×10^{-23}	5.043×10^{-30}	
8	1.778	-5.000×10^{-7}	-5.385×10^{-11}	1.256×10^{-13}	2.770×10^{-17}	
9	-123.491	-2.109×10^{-7}	-4.170×10^{-10}	-8.912×10^{-14}	4.623×10^{-17}	
10	-39.924	2.562×10^{-10}	-1.197×10^{-15}	1.136×10^{-21}	-1.424×10^{-27}	
11	-0.452	3.143×10^{-11}	-3.435×10^{-16}	-1.741×10^{-23}	2.210×10^{-28}	40
12	6.139	1.343×10^{-7}	1.493×10^{-11}	-6.641×10^{-15}	9.588×10^{-19}	
13	0.822	6.492×10^{-7}	-1.106×10^{-10}	1.087×10^{-14}	2.632×10^{-20}	

【0 1 1 5】

図 7 は上記実施例 2 に係る結像変倍光学系の広角端 (1.0 倍) および望遠端 (2.11 倍) における諸収差 (球面収差、非点収差およびディストーション) を示す収差図である。また、図 12 は、実施例 2 に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における倍率色収差を示す収差図である。これら図 7、図 12 から明らかなように、実施例 2 に係る結像変倍光学系によればズーム領域の全体に亘って良好な収差補正がなされる。

【0116】

<実施例3>

次に、本発明の実施例3に係る結像変倍光学系の具体的構成について説明する。

【0117】

実施例3に係る結像変倍光学系は、図3に示すように、上述した実施例1とほぼ同様のレンズ構成を備えているが、主として、第6レンズ L_6 が、屈曲したレンズ形状とされ、光軸上において物体側に凹面を向けた正のメニスカス形状とされている点において相違している。

【0118】

実施例3に係る結像変倍光学系に関する各数値を下記表3に示す。

10

表3の上段に、各レンズ面の曲率半径 R (mm)、各レンズの軸上面間隔 D (mm)、各レンズの d 線における、屈折率 N_d およびアッペ数 d の値を示す。

また、表3の中段に、上述した軸上面間隔 D の欄における広角端(WIDE: 1.0倍)、中間位置(MIDDLE: 1.4倍)および望遠端(TELE: 2.85倍)の D_4 および D_{10} の可変範囲を示す。

【0119】

さらに、本実施例においては、表6に示すように、前述した条件式(1)~(20)、(5')、(7')、(9')~(11')、(12')および(17')は全て満足されている。

【0120】

20

また、表3の下段に、上記非球面式に示される非球面の各定数 K 、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} の値を示す。

【0121】

【表 3】

面	R	D	Nd	νd
1	639.649	12.39	1.75500	52.3
2	72.504	27.07		
* 3	121.348	18.28	1.60398	27.2
* 4	206.789	D_4		
STO 5	∞	-5.90		
6	80.180	38.20	1.75500	52.3
7	-218.887	9.61	1.92286	18.9
8	-2702.050	24.58		
* 9	117.808	19.66	1.50842	56.4
* 10	73.251	D_{10}		
* 11	-168.607	28.92	1.50842	56.4
* 12	-64.461	5.90		
13	∞	9.83	1.51680	64.2
14	∞	14.64		

* 非球面

群間隔

	WIDE (1.0倍)	MIDDLE (1.4倍)	TELE (2.85倍)
D_4	112.66	67.76	10.64
D_{10}	81.13	114.59	235.89

非球面係数

	K	A_4	A_6	A_8	A_{10}
3	2.424	-6.827×10^{-11}	2.534×10^{-17}	-2.400×10^{-23}	-2.315×10^{-29}
4	14.706	-9.667×10^{-11}	1.910×10^{-17}	-2.583×10^{-23}	-4.132×10^{-29}
9	-28.951	6.388×10^{-7}	-2.647×10^{-9}	1.805×10^{-12}	-7.383×10^{-16}
10	-4.164	7.889×10^{-7}	-6.068×10^{-10}	1.402×10^{-13}	3.452×10^{-18}
11	-2.974	8.745×10^{-11}	1.801×10^{-17}	-2.263×10^{-23}	4.258×10^{-30}
12	-3.422	1.414×10^{-10}	9.217×10^{-18}	-2.348×10^{-23}	3.468×10^{-30}

【0 1 2 2】

図 8 は上記実施例 3 に係る結像変倍光学系の広角端 (1.0 倍) および望遠端 (2.85 倍) における諸収差 (球面収差、非点収差およびディストーション) を示す収差図である。また、図 13 は、実施例 3 に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における倍率色収差を示す収差図である。これら図 8、図 13 から明らかなように、実施例 3 に係る結像変倍光学系によればズーム領域の全体に亘って良好な収差補正がなされる。

【0 1 2 3】

< 実施例 4 >

次に、本発明の実施例 4 に係る結像変倍光学系の具体的構成について説明する。

【0 1 2 4】

10

20

30

40

50

実施例 4 に係る結像変倍光学系は、図 4 に示すように、上述した実施例 1 とほぼ同様のレンズ構成を備えているが、主として、第 6 レンズ L_6 が、屈曲したレンズ形状とされ、光軸上において物体側に凹面を向けた正のメニスカス形状とされている点において相違している。

【 0 1 2 5 】

また、本実施例においては、絞り 2 が第 4 レンズ L_4 の像側の面の近傍に配されている。このように、絞り 2 がレンズ群内に配されるとともに、開口 S が、比較的絞り 2 に近接した位置に配される場合には、シェーディングを減少させることが可能となる。

【 0 1 2 6 】

実施例 4 に係る結像変倍光学系に関する各数値を下記表 4 に示す。

10

表 4 の上段に、各レンズ面の曲率半径 R (mm)、各レンズの軸上面間隔 D (mm)、各レンズの d 線における、屈折率 N_d およびアッペ数 d の値を示す。

また、表 4 の中段に、上述した軸上面間隔 D の欄における広角端 (WIDE: 1.0 倍)、中間位置 (MIDDLE: 1.4 倍) および望遠端 (TELE: 2.85 倍) の D_4 および D_{10} の可変範囲を示す。

【 0 1 2 7 】

さらに、本実施例においては、表 6 に示すように、前述した条件式 (1) ~ (20)、(7')、(9')、(10') および (12') は全て満足されている。

【 0 1 2 8 】

また、表 4 の下段に、上記非球面式に示される非球面の各定数 K 、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} の値を示す。

20

【 0 1 2 9 】

【表 4】

	面	R	D	Nd	νd
	1	523.551	12.89	1.75908	51.9
	2	84.646	28.65		
	* 3	125.636	34.03	1.60398	27.2
	* 4	228.219	D_4		
	S 5	∞	-6.14		
	6	81.526	41.14	1.75350	52.4
	7	-296.334	10.00	2.24257	17.3
(STO)	8	-1789.626	25.59		
	* 9	111.029	20.46	1.50867	56.4
	* 10	61.078	D_{10}		
	* 11	-383.579	39.97	1.50842	56.4
	* 12	-157.519	21.49		
	13	∞	10.23	1.51680	64.2
	14	∞	14.40		

10

* 非球面

20

群間隔

	WIDE (1.0倍)	MIDDLE (1.4倍)	TELE (2.85倍)
D_4	174.61	103.20	12.36
D_{10}	47.57	74.38	171.58

30

非球面係数

	K	A_4	A_6	A_8	A_{10}
3	2.408	-3.165×10^{-7}	9.527×10^{-11}	-2.262×10^{-14}	2.199×10^{-18}
4	10.202	-3.939×10^{-7}	1.100×10^{-10}	-2.935×10^{-14}	2.921×10^{-18}
9	-27.854	4.877×10^{-3}	-7.671×10^{-3}	1.707×10^{-3}	-2.278×10^{-4}
10	-2.776	6.609×10^{-3}	-1.821×10^{-3}	1.973×10^{-4}	1.049×10^{-7}
11	31.365	3.662×10^{-7}	-7.335×10^{-12}	-1.692×10^{-15}	2.262×10^{-18}
12	-0.703	2.090×10^{-7}	5.187×10^{-11}	-1.708×10^{-14}	2.666×10^{-18}

40

【0 1 3 0】

図 9 は上記実施例 4 に係る結像変倍光学系の広角端 (1.0 倍) および望遠端 (2.85 倍) における諸収差 (球面収差、非点収差およびディストーション) を示す収差図である。また、図 14 は、実施例 4 に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における倍率色収差を示す収差図である。これら図 9、図 14 から明らかなように、実施例 4 に係る結像変倍光学系によればズーム領域の全体に亘って良好な収差補正がなされる。

【0 1 3 1】

< 実施例 5 >

次に、本発明の実施例 5 に係る結像変倍光学系の具体的構成について説明する。

【0 1 3 2】

50

実施例 5 に係る結像変倍光学系は、図 5 に示すように、上述した実施例 4 とほぼ同様のレンズ構成を備えているが、主として、第 3 レンズ L_3 が、非球面（ガラスモールドによる）を備えている点において相違している。

【0133】

実施例 5 に係る結像変倍光学系に関する各数値を下記表 5 に示す。

表 5 の上段に、各レンズ面の曲率半径 R (mm)、各レンズの軸上面間隔 D (mm)、各レンズの d 線における、屈折率 N_d およびアッペ数 d の値を示す。

また、表 5 の中段に、上述した軸上面間隔 D の欄における広角端 (WIDE: 1.0 倍)、中間位置 (MIDDLE: 1.6 倍) および望遠端 (TELE: 2.99 倍) の D_4 および D_{11} の可変範囲を示す。

10

【0134】

さらに、本実施例においては、表 6 に示すように、前述した条件式 (1) ~ (7)、(9) ~ (20)、(7')、(7'')、(12') および (12'') は全て満足されている。

【0135】

また、表 5 の下段に、上記非球面式に示される非球面の各定数 K 、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} の値を示す。

【0136】

【表 5】

面	R	D	Nd	νd
1	836.904	12.57	1.75500	52.3
2	84.372	27.92		
* 3	124.633	26.42	1.63000	23.0
* 4	236.782	D ₄		
STO 5	∞	-5.98		
* 6	80.480	39.89	1.71638	54.4
7	-186.619	0.20	1.71638	17.3
8	-186.619	9.75	2.24257	17.3
9	-394.611	44.08		
* 10	128.728	19.94	1.51825	55.0
* 11	53.911	D ₁₁		
* 12	-426.222	30.30	1.51059	56.1
* 13	-132.806	20.94		
14	∞	9.97	1.51680	64.2
15	∞	13.52		

10

* 非球面

20

群間隔

	WIDE (1.0倍)	MIDDLE (1.6倍)	TELE (2.99倍)
D ₄	149.42	89.26	9.28
D ₁₁	30.62	57.61	164.89

30

非球面係数

	K	A ₄	A ₆	A ₈	A ₁₀
3	2.009	-2.176×10^{-7}	3.192×10^{-11}	-1.048×10^{-14}	1.319×10^{-18}
4	8.150	-2.517×10^{-7}	1.682×10^{-11}	-6.448×10^{-15}	9.245×10^{-19}
6	0.353	9.048×10^{-8}	-5.036×10^{-11}	7.478×10^{-14}	-3.188×10^{-17}
10	-28.080	-1.732×10^{-6}	-3.672×10^{-10}	-2.665×10^{-13}	1.071×10^{-16}
11	-5.136	1.057×10^{-6}	-1.140×10^{-9}	4.389×10^{-13}	-4.435×10^{-17}
12	27.665	4.569×10^{-7}	1.498×10^{-11}	-1.782×10^{-15}	3.267×10^{-19}
13	2.776	5.717×10^{-7}	9.119×10^{-11}	-2.303×10^{-14}	2.647×10^{-18}

40

【0137】

図10は上記実施例5に係る結像変倍光学系の広角端(1.0倍)および望遠端(2.99倍)における諸収差(球面収差、非点収差およびディストーション)を示す収差図である。また、図15は、実施例5に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における倍率色収差を示す収差図である。これら図10、図15から明らかなように、実施例5に係る結像変倍光学系によればズーム領域の全体に亘って良好な収差補正がなされる。

【0138】

【表 6】

		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	
	fw	99.800	99.597	99.257	99.760	100.000	
	ft	210.579	210.150	282.882	284.316	299.000	
	ft/fw	2.110	2.110	2.850	2.850	2.990	
	TL	426.136	422.752	449.709	474.915	429.557	
	YIM	71.430	71.384	71.822	74.770	72.863	
	fg2	385.361	504.602	445.950	407.595	378.733	
	f1g	-193.322	-172.018	-148.947	-203.009	-193.871	10
	f2gp	-263.992	-149.403	-445.866	-308.499	-196.100	
	f2g	131.652	123.239	114.666	129.446	119.194	
			1.448				
	D	110.880	104.670	92.041	97.189	113.857	
	Ds	18.966	15.019	24.579	25.588	44.080	
	f3g	536.420	248.868	186.877	494.026	363.511	
	ν_{g1}	53.9	53.9	52.3	51.9	52.3	
式 1,13	Ng2	1.604	1.604	1.604	1.604	1.630	20
式 2,14	ν_{g2}	27.2	28.0	27.2	27.2	23.0	
式 3	TL/YIM	5.966	5.922	6.261	6.352	5.895	
式 4,16	fps/ft						
	(fpsが第1群のプラスチックレンズの場合)	1.830	2.401	1.576	1.434	1.267	
	(fpsが第2群のプラスチックレンズの場合)	1.254	0.711	1.576	1.085	0.656	
			0.849				
	(fpsが第3群のプラスチックレンズの場合)	2.547	1.184	0.661	1.738	1.216	
式 5,11,17, 5',11',17'	Pp ₁₂ × ft	0.251	2.168	0.000	0.224	0.735	
式 6	fg2/f1g	1.993	2.933	2.994	2.008	1.954	30
式 7,12, 7',12', 7'',12''	Xp	69.97885	72.03705	69.97885	69.97885	61.10870	
式 8	(fg2/fw)	3.861	5.066	4.493	4.086	3.787	
式 9,10, 9',10'	f2gp/f2g	2.005	1.212	3.888	2.383	1.645	
式 15	Ds/D	0.171	0.143	0.267	0.263	0.387	
式 18	f3G/fw	5.375	2.499	1.883	4.952	3.635	
式 19,20	$\nu_{g1} - \nu_{g2}$	26.7	25.9	25.1	24.7	29.3	40

【0139】

なお、上記実施形態のものにおいては、ズームング時に、第1レンズ群G₁と第2レンズ群G₂のみが、互いに独立して移動する例を示しているが、第1レンズ群G₁と第2レンズ群G₂の移動とともに、第3レンズ群G₃が独立して、例えば収差補正用に若干移動するような場合も、本発明の概念に含まれるものとする。

【図面の簡単な説明】

【0140】

【図1】本発明の実施例1に係る結像変倍光学系のレンズ構成図

【図2】本発明の実施例2に係る結像変倍光学系のレンズ構成図

【図3】本発明の実施例3に係る結像変倍光学系のレンズ構成図

【図4】本発明の実施例4に係る結像変倍光学系のレンズ構成図

【図5】本発明の実施例5に係る結像変倍光学系のレンズ構成図

【図6】本発明の実施例1に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における諸収差（球面収差、非点収差およびディストーション）を示す収差図

【図7】本発明の実施例2に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における諸収差（球面収差、非点収差およびディストーション）を示す収差図

【図8】本発明の実施例3に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における諸収差（球面収差、非点収差およびディストーション）を示す収差図

【図9】本発明の実施例4に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における諸収差（球面収差、非点収差およびディストーション）を示す収差図

10

【図10】本発明の実施例5に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における諸収差（球面収差、非点収差およびディストーション）を示す収差図

【図11】本発明の実施例1に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における倍率色収差を示す収差図

【図12】本発明の実施例2に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における倍率色収差を示す収差図

【図13】本発明の実施例3に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における倍率色収差を示す収差図

【図14】本発明の実施例4に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における倍率色収差を示す収差図

20

【図15】本発明の実施例5に係る結像変倍光学系の広角端および望遠端における倍率色収差を示す収差図

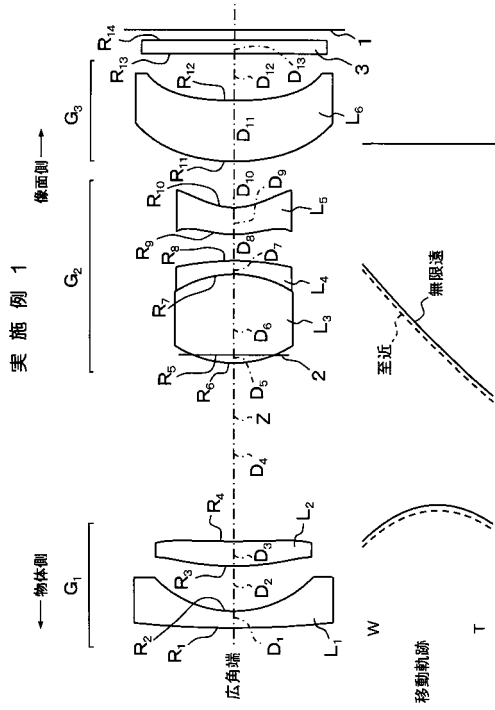
【符号の説明】

【0141】

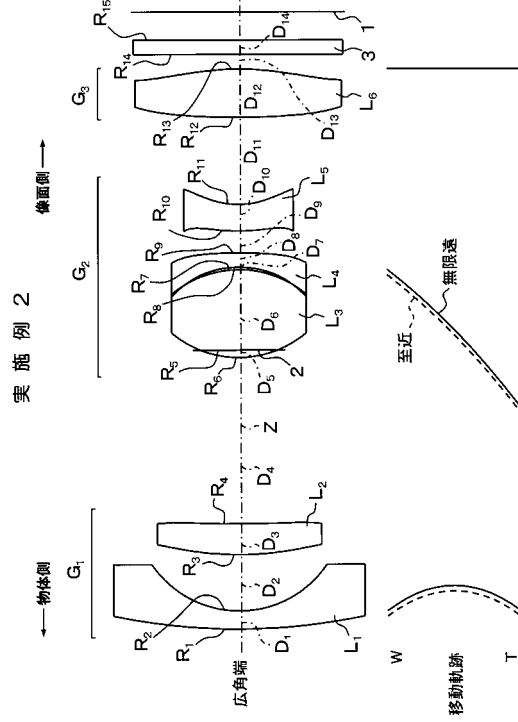
1	結像面
2	絞り
3	フィルタ部
$G_1 \sim G_3$	レンズ群
$L_1 \sim L_6$	レンズ
$R_1 \sim R_{15}$	レンズ面等
$D_1 \sim D_{14}$	軸上面間隔
Z	光軸
S	開口

30

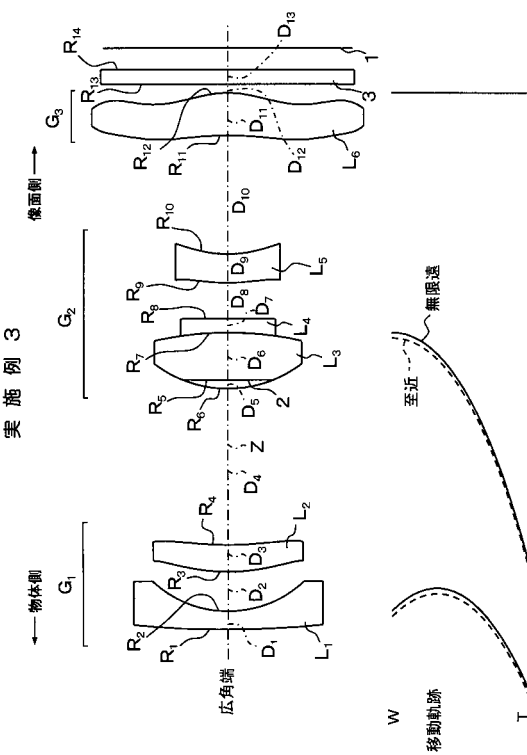
【 図 1 】



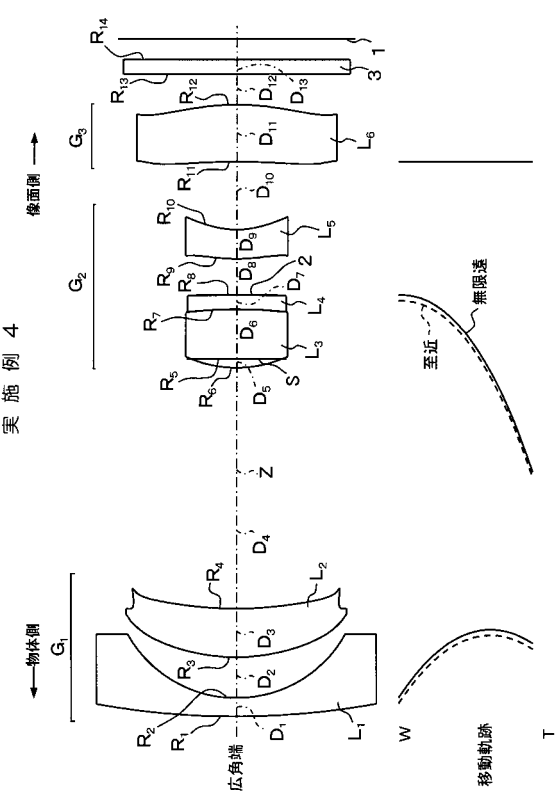
【 図 2 】



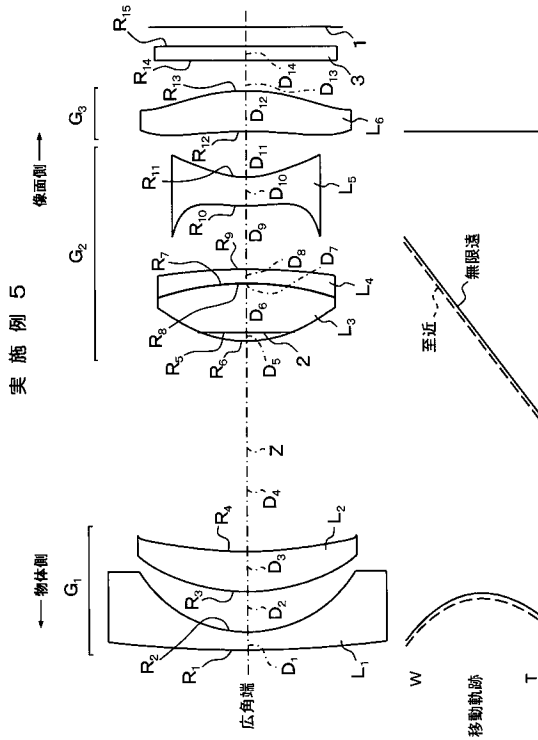
【 図 3 】



【 図 4 】

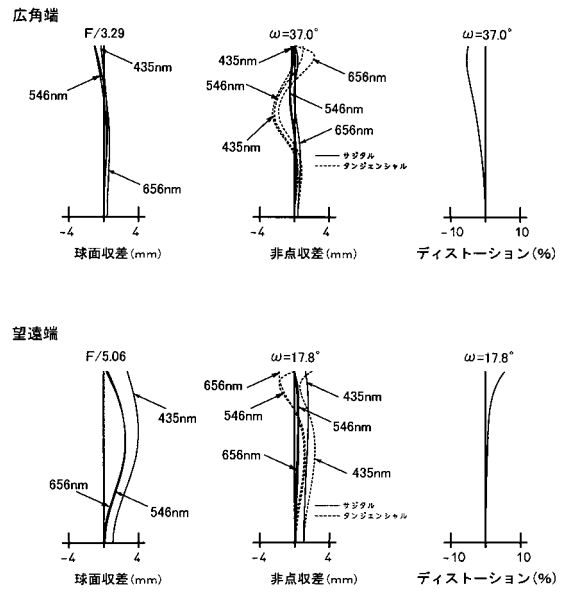


【 図 5 】



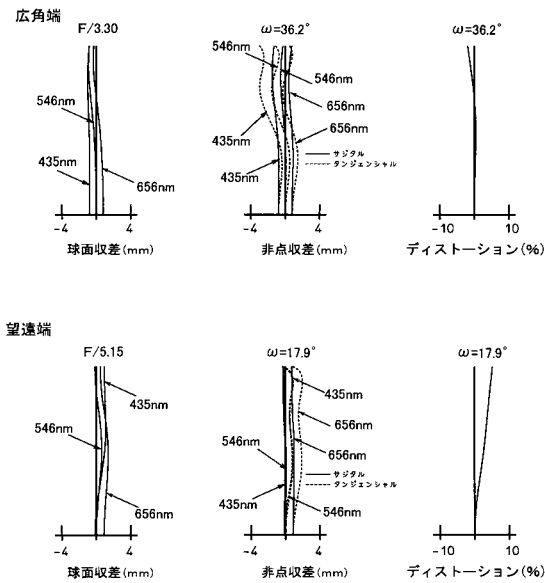
【 図 6 】

実施例 1



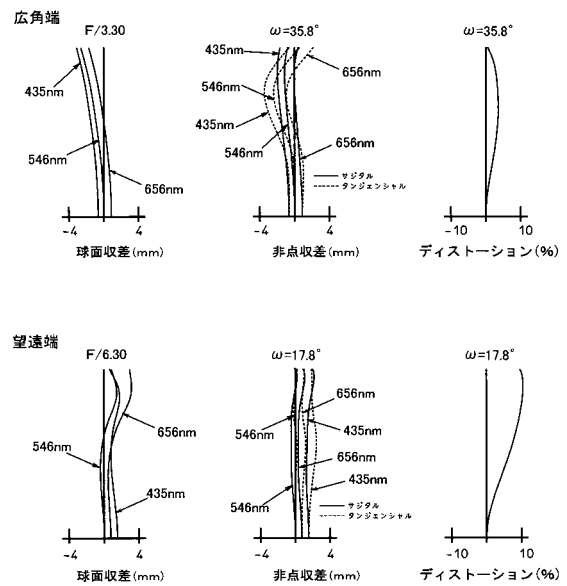
【 図 7 】

実施例 2



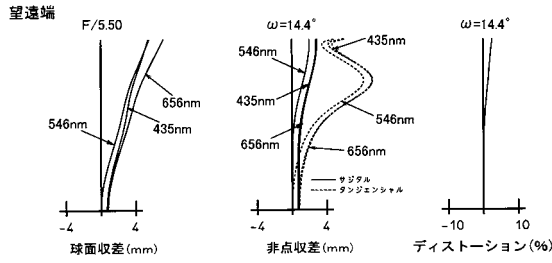
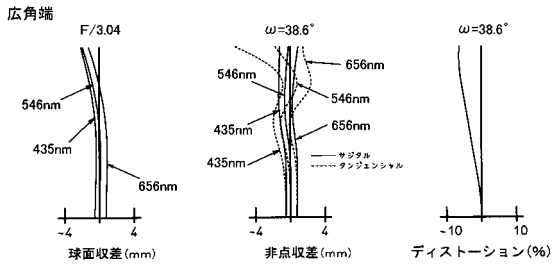
【 図 8 】

実施例 3



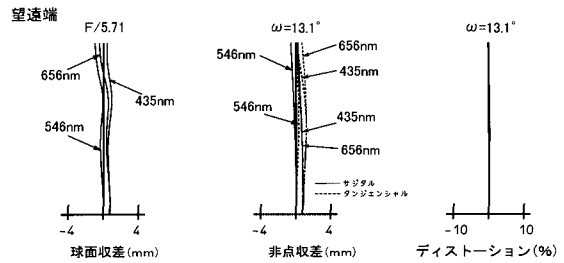
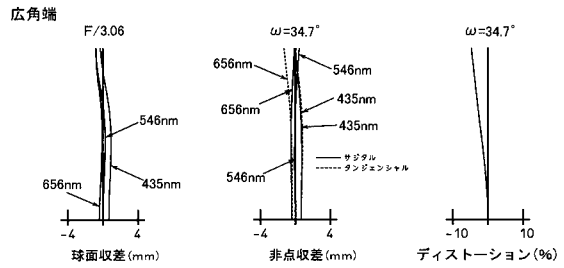
【 図 9 】

実施例 4



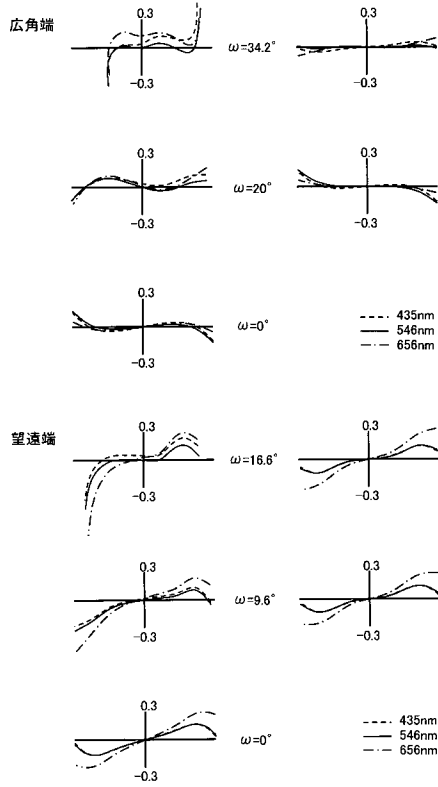
【 図 10 】

実施例 5



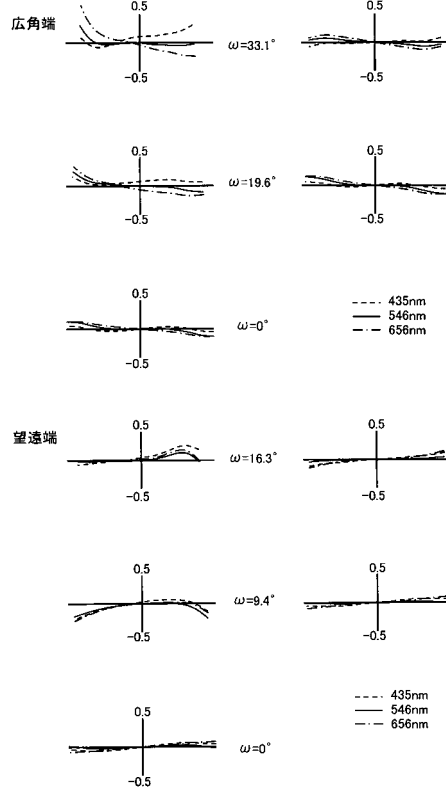
【 図 11 】

実施例 1



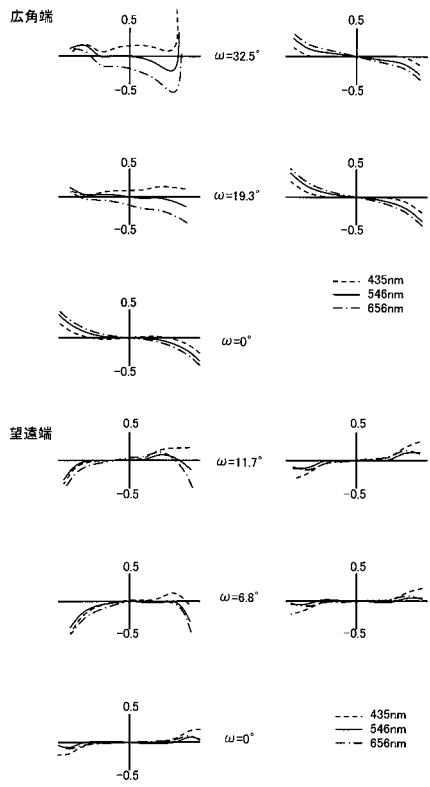
【 図 12 】

実施例 2



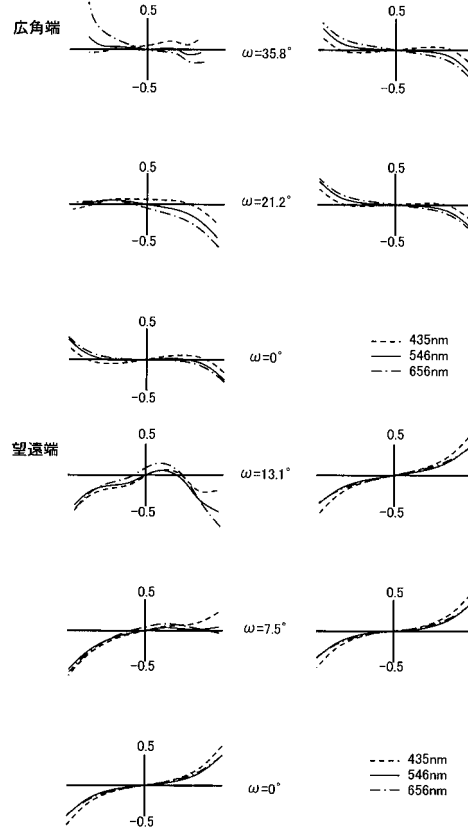
【图 1 3】

实施例 3



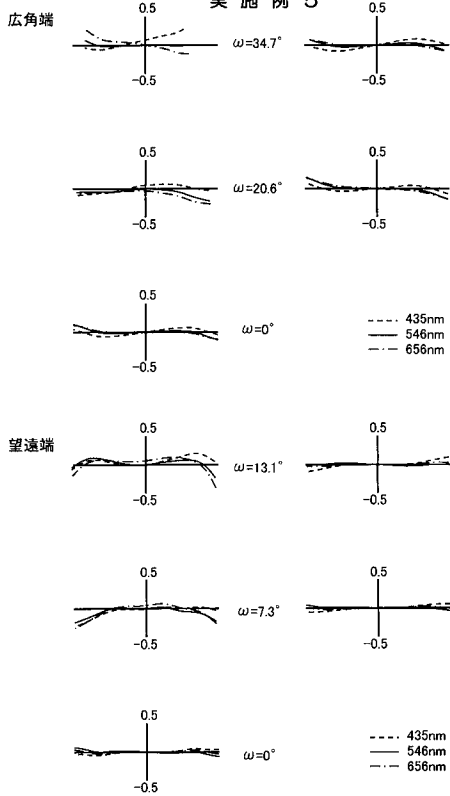
【图 1 4】

实施例 4



【图 1 5】

实施例 5



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA01 LA01 MA12 MA13 MA19 PA05 PA18 PB06 QA02 QA06
QA17 QA21 QA25 QA32 QA34 QA42 QA45 QA46 RA05 RA12
RA13 RA43 SA14 SA16 SA18 SA62 SA63 SA74 SB03 SB14
SB22 UA01
5C122 DA03 DA04 EA54 EA56 FB02 FB03 FE02 HB06 HB09 HB10