

(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2011-28260

(P2011-28260A)

(43) 公開日 平成23年2月10日(2011.2.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 15/20 (2006.01)	G02B 15/20	2H087
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	
G03B 5/00 (2006.01)	G03B 5/00	J

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2010-152391 (P2010-152391)	(71) 出願人	000005821 パナソニック株式会社
(22) 出願日	平成22年7月2日 (2010.7.2)		大阪府門真市大字門真1006番地
(31) 優先権主張番号	特願2009-158778 (P2009-158778)	(74) 代理人	100098291 弁理士 小笠原 史朗
(32) 優先日	平成21年7月3日 (2009.7.3)		100142251 弁理士 桑原 薫
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		100151541 弁理士 高田 猛二
		(72) 発明者	松村 善夫 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		(72) 発明者	安達 宣幸 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

最終頁に続く

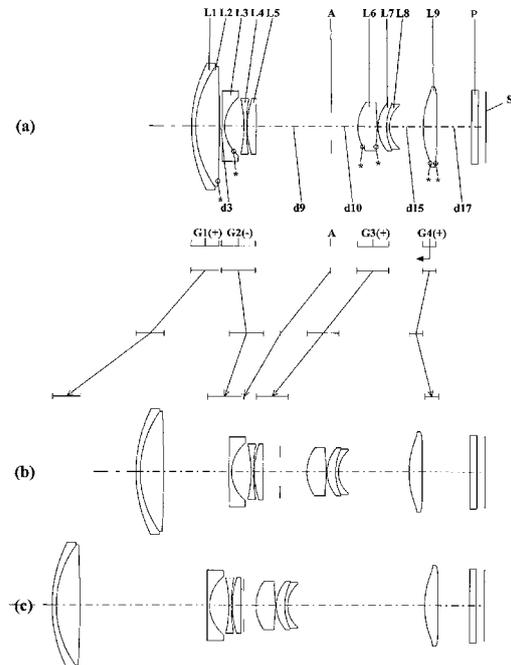
(54) 【発明の名称】ズームレンズ系、撮像装置及びカメラ

(57) 【要約】

【課題】レンズ全長が非常に短く小型で、広角端での広い画角と高いズーム比とをバランスよく備えた高性能なズームレンズ系、撮像装置及びカメラを提供する。

【解決手段】正パワーの第1レンズ群と、負パワーの第2レンズ群と、正パワーの第3レンズ群と、正パワーの第4レンズ群とからなり、ズームング時に第1～第4レンズ群を各レンズ群間の空気間隔が変化するように移動させて変倍を行い、条件： $5.3 < (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{G1} < 9.00$ 、 $w > 3.0$ 及び $f_T / f_W > 4.5$ (f_{G1} ：第1レンズ群の合成焦点距離、 t_{G1} ：第1レンズ群の厚み、 w ：広角端での半画角、 f_T 、 f_W ：望遠端、広角端での全系の焦点距離) を満足するズームレンズ系、撮像装置及びカメラ。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像側へと順に、正のパワーを有する第 1 レンズ群と、負のパワーを有する第 2 レンズ群と、正のパワーを有する第 3 レンズ群と、正のパワーを有する第 4 レンズ群とからなり、

撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、前記第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群及び第 4 レンズ群を、各レンズ群とレンズ群との間の空気間隔が変化するように光軸に沿ってそれぞれ移動させて変倍を行い、

以下の条件 (1 - 3)、(a) 及び (b) を満足する、ズームレンズ系：

$$5.3 < (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{G1} < 9.00 \quad \dots (1-3)$$

$$w < 3.0 \quad \dots (a)$$

$$f_T / f_W < 4.5 \quad \dots (b)$$

ここで、

f_{G1} ：第 1 レンズ群の合成焦点距離、

t_{G1} ：第 1 レンズ群の厚み（最物体側レンズ素子の物体側面から最像側レンズ素子の像側面までの光軸上の距離）、

w ：広角端での半画角（°）、

f_T ：望遠端での全系の焦点距離、

f_W ：広角端での全系の焦点距離

である。

【請求項 2】

以下の条件 (2) を満足する、請求項 1 に記載のズームレンズ系：

$$1.15 < M_3 / f_{G3} < 1.80 \quad \dots (2)$$

ここで、

M_3 ：広角端から望遠端へのズームング時の、第 3 レンズ群の光軸方向の移動量（広角端を基準とし、像側から物体側への移動を正とする）、

f_{G3} ：第 3 レンズ群の合成焦点距離

である。

【請求項 3】

以下の条件 (3) を満足する、請求項 1 に記載のズームレンズ系：

$$0.050 < (4_T / 4_W) / (f_T / f_W) < 0.155 \quad \dots (3)$$

ここで、

4_T ：第 4 レンズ群の望遠端での横倍率、

4_W ：第 4 レンズ群の広角端での横倍率、

f_T ：望遠端での全系の焦点距離、

f_W ：広角端での全系の焦点距離

である。

【請求項 4】

以下の条件 (4) を満足する、請求項 1 に記載のズームレンズ系：

$$5.3 < \{ f_{G3} \times (f_T / f_W) \} / (f_W \times f_T) < 7.5 \quad \dots (4)$$

ここで、

f_{G3} ：第 3 レンズ群の合成焦点距離、

f_T ：望遠端での全系の焦点距離、

f_W ：広角端での全系の焦点距離

である。

【請求項 5】

以下の条件 (5) を満足する、請求項 1 に記載のズームレンズ系：

$$10.6 < \{ f_{G4} \times (f_T / f_W) \} / (f_W \times f_T) < 35.0 \quad \dots (5)$$

ここで、

f_{G4} ：第 4 レンズ群の合成焦点距離、

10

20

30

40

50

f_T : 望遠端での全系の焦点距離、
 f_W : 広角端での全系の焦点距離
 である。

【請求項 6】

以下の条件 (6) を満足する、請求項 1 に記載のズームレンズ系 :

$$4.0 < f_{G4} / f_W < 8.0 \quad \dots (6)$$

ここで、

f_{G4} : 第 4 レンズ群の合成焦点距離、
 f_T : 望遠端での全系の焦点距離、
 f_W : 広角端での全系の焦点距離

10

である。

【請求項 7】

以下の条件 (7) を満足する、請求項 1 に記載のズームレンズ系 :

$$0.47 < M_1 / f_{G1} < 0.70 \quad \dots (7)$$

ここで、

M_1 : 広角端から望遠端へのズーミング時の、第 1 レンズ群の光軸方向の移動量 (広角端を基準とし、像側から物体側への移動を正とする)、

f_{G1} : 第 1 レンズ群の合成焦点距離

である。

【請求項 8】

20

第 3 レンズ群が少なくとも 1 組の接合レンズ素子を含み、以下の条件 (8) を満足する、請求項 1 に記載のズームレンズ系 :

$$0.15 < t_{G3ce} / t_{G3} < 0.39 \quad \dots (8)$$

ここで、

t_{G3ce} : 第 3 レンズ群の接合レンズ素子の中心厚み、

t_{G3} : 第 3 レンズ群の厚み (最物体側レンズ素子の物体側面から最像側レンズ素子の像側面までの光軸上の距離)

である。

【請求項 9】

以下の条件 (9) を満足する、請求項 1 に記載のズームレンズ系 :

30

$$-0.30 < f_{G2} / f_{AIR} < -0.12 \quad \dots (9)$$

ここで、

f_{G2} : 第 2 レンズ群の合成焦点距離、

f_{AIR} : 第 2 レンズ群の、最像側レンズ素子の物体側面と該最像側レンズ素子と隣り合うレンズ素子の像側面との間の空気レンズの焦点距離

である。

【請求項 10】

以下の条件 (10) を満足する、請求項 1 に記載のズームレンズ系 :

$$-9000 < (f_T / f_W) \times f_{L11} / t_{L11} < -526 \quad \dots (10)$$

40

ここで、

f_{L11} : 第 1 レンズ群の最物体側レンズ素子の焦点距離、

t_{L11} : 第 1 レンズ群の最物体側レンズ素子の中心厚み、

f_T : 望遠端での全系の焦点距離、

f_W : 広角端での全系の焦点距離

である。

【請求項 11】

以下の条件 (11) を満足する、請求項 1 に記載のズームレンズ系 :

$$65 < (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{L12} < 900 \quad \dots (11)$$

ここで、

f_{G1} : 第 1 レンズ群の合成焦点距離、

50

t_{L12} : 第 1 レンズ群の、物体側から 2 番目に位置するレンズ素子の中心厚み、
 f_T : 望遠端での全系の焦点距離、
 f_W : 広角端での全系の焦点距離

である。

【請求項 1 2】

以下の条件 (1 2) を満足する、請求項 1 に記載のズームレンズ系 :

$$- 2.50 < f_{G2} / t_{L21} < - 1.5 \quad \dots (1 2)$$

ここで、

f_{G2} : 第 2 レンズ群の合成焦点距離、

t_{L21} : 第 2 レンズ群の最物体側レンズ素子の中心厚み

10

である。

【請求項 1 3】

以下の条件 (1 3) を満足する、請求項 1 に記載のズームレンズ系 :

$$- 2.50 < f_{G2} / t_{L22n} < - 1.6 \quad \dots (1 3)$$

ここで、

f_{G2} : 第 2 レンズ群の合成焦点距離、

t_{L22n} : 第 2 レンズ群の、最像側に位置する負レンズ素子の中心厚み

である。

【請求項 1 4】

第 1 レンズ群が 2 枚のレンズ素子で構成される、請求項 1 に記載のズームレンズ系。

20

【請求項 1 5】

第 4 レンズ群が 1 枚のレンズ素子で構成される、請求項 1 に記載のズームレンズ系。

【請求項 1 6】

物体の光学的な像を電気的な画像信号として出力可能な撮像装置であって、
 物体の光学的な像を形成するズームレンズ系と、
 該ズームレンズ系により形成された光学的な像を電気的な画像信号に変換する撮像素子と
 を備え、

前記ズームレンズ系が、

物体側から像側へと順に、正のパワーを有する第 1 レンズ群と、負のパワーを有する第 2
 レンズ群と、正のパワーを有する第 3 レンズ群と、正のパワーを有する第 4 レンズ群と
 かなり、

30

撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、前記第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第
 3 レンズ群及び第 4 レンズ群を、各レンズ群とレンズ群との間の空気間隔が変化するよう
 に光軸に沿ってそれぞれ移動させて変倍を行い、

以下の条件 (1 - 3)、(a) 及び (b) :

$$5.3 < (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{G1} < 9.00 \quad \dots (1 - 3)$$

$$w > 3.0 \quad \dots (a)$$

$$f_T / f_W > 4.5 \quad \dots (b)$$

(ここで、

f_{G1} : 第 1 レンズ群の合成焦点距離、

40

t_{G1} : 第 1 レンズ群の厚み (最物体側レンズ素子の物体側面から最像側レンズ素子の像
 側面までの光軸上の距離)、

w : 広角端での半画角 (°)、

f_T : 望遠端での全系の焦点距離、

f_W : 広角端での全系の焦点距離

である)

を満足するズームレンズ系である、撮像装置。

【請求項 1 7】

物体の光学的な像を電気的な画像信号に変換し、変換された画像信号の表示及び記憶の
 少なくとも一方を行うカメラであって、

50

物体の光学的な像を形成するズームレンズ系と、該ズームレンズ系により形成された光学的な像を電氣的な画像信号に変換する撮像素子とを含む撮像装置を備え、前記ズームレンズ系が、

物体側から像側へと順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、負のパワーを有する第2レンズ群と、正のパワーを有する第3レンズ群と、正のパワーを有する第4レンズ群とからなり、

撮像時の広角端から望遠端へのズーミングの際に、前記第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群及び第4レンズ群を、各レンズ群とレンズ群との間の空気間隔が変化するように光軸に沿ってそれぞれ移動させて変倍を行い、

以下の条件(1-3)、(a)及び(b)：

$$53 < (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{G1} < 900 \quad \dots (1-3)$$

$$w > 30 \quad \dots (a)$$

$$f_T / f_W > 4.5 \quad \dots (b)$$

(ここで、

f_{G1} ：第1レンズ群の合成焦点距離、

t_{G1} ：第1レンズ群の厚み(最物体側レンズ素子の物体側面から最像側レンズ素子の像側面までの光軸上の距離)、

w ：広角端での半画角(°)、

f_T ：望遠端での全系の焦点距離、

f_W ：広角端での全系の焦点距離

である)

を満足するズームレンズ系である、カメラ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ズームレンズ系、撮像装置及びカメラに関する。特に本発明は、レンズ全長(最物体側に位置するレンズ素子の物体側面から像面までの光軸上の距離)が非常に短く小型でありながら、広角端での広い画角と高いズーミング比とをバランスよく備えた高性能なズームレンズ系、該ズームレンズ系を含む撮像装置、及び該撮像装置を備えた薄型でコンパクトなカメラに関する。

【背景技術】

【0002】

デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ等の、光電変換を行う撮像素子を持つカメラ(以下、単にデジタルカメラという)に対するコンパクト化及び高性能化の要求は極めて強い。特に、1台のデジタルカメラで、広角域から高望遠域までの広い焦点距離範囲をカバーすることができる、ズーミング比が高いズームレンズ系を搭載したカメラが、その利便性から強く要望されている。一方、近年では、撮影範囲が広い広角域を持つズームレンズ系も求められている。

【0003】

前記のごとくズーミング比が高いズームレンズ系や、広角域を持つズームレンズ系として、従来より、物体側から像側へと順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、負のパワーを有する第2レンズ群と、正のパワーを有する第3レンズ群と、正のパワーを有する第4レンズ群とが配置された、正負正正の4群構成を有するズームレンズが種々提案されている。

【0004】

特許文献1は、前記正負正正の4群構成を有し、第2レンズ群と第3レンズ群との間に開口絞りを有し、広角端から望遠端への変倍に際し、第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が大きく、かつ第2レンズ群と第3レンズ群の間隔が小さくなり、広角端における全系の焦点距離と最大像高との比を規定しており、第2レンズ群に、物体側から像側へ向かって、像側に曲率の大きな面を向けた負レンズ、像側に曲率の大きな凸面を向けた正レンズ、

10

20

30

40

50

物体側に曲率の大きな凹面を向けた負レンズの3枚を配したズームレンズを開示している。

【0005】

特許文献2は、前記正負正正の4群構成を有し、広角端から望遠端への変倍に際し、第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が大きく、かつ第2レンズ群と第3レンズ群の間隔が小さくなり、広角端における全系の焦点距離と最大像高との比を規定しており、第2レンズ群に、物体側から順に互いに空気間隔を設けて、像側に曲率の大きな面を向けた負レンズ、像側に曲率の大きな面を向けた正レンズ、物体側に曲率の大きな面を向けた負レンズの3枚を配したズームレンズを開示している。

【0006】

特許文献3は、前記正負正正の4群構成を有し、広角端から望遠端への変倍に際し、第1レンズ群及び第3レンズ群が物体側へ移動し、開口絞りが隣接するレンズ群とは独立に移動し、広角端から望遠端への変倍時の第1レンズ群の総移動量と望遠端における全系の焦点距離との比を既定したズームレンズを開示している。

【0007】

特許文献4は、前記正負正正の4群構成を有し、第2レンズ群と第3レンズ群との間に明るさ絞りを有し、広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群は広角端よりも望遠端で物体側に位置するように、第2レンズ群は広角端よりも望遠端で像側に位置するように、明るさ絞りは広角端よりも望遠端で物体側に位置するように、第3レンズ群は広角端よりも望遠端で物体側に位置するように移動し、広角端、望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離の比を規定したズームレンズを開示している。

【0008】

特許文献5は、前記正負正正の4群構成を有し、第2レンズ群と第3レンズ群との間に明るさ絞りを有し、広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔を広げ、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔を狭めるように、第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群が移動し、かつ明るさ絞りが第2レンズ群との距離が小さくなるように移動し、第2レンズ群が、物体側から順に、第1負レンズ、正レンズ、第2負レンズの3枚からなり、第2レンズ群の焦点距離と望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離との比及び第2負レンズの焦点距離と望遠端でのズームレンズ全系の焦点距離との比を規定したズームレンズを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2005-326743号公報

【特許文献2】特開2006-078979号公報

【特許文献3】特開2006-235062号公報

【特許文献4】特開2008-209773号公報

【特許文献5】特開2008-225328号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、前記特許文献1～5に開示のズームレンズはいずれも、薄型でコンパクトなデジタルカメラに適用し得る程度に小型化されたものではあるが、広角端での画角がある程度広いものの、ズーム比が4倍程度と低かったり、逆に6倍程度のズーム比を有するものの、広角端での画角が不十分であり、広角端での画角とズーム比とのバランスという点で、近年のデジタルカメラに対する要求を満足し得るものではない。

【0011】

本発明の目的は、レンズ全長が非常に短く小型でありながら、広角端での広い画角と高いズーム比とをバランスよく備えた高性能なズームレンズ系、該ズームレンズ系を含む撮像装置、及び該撮像装置を備えた薄型でコンパクトなカメラを提供することである。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的の1つは、以下のズームレンズ系により達成される。すなわち本発明は、物体側から像側へと順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、負のパワーを有する第2レンズ群と、正のパワーを有する第3レンズ群と、正のパワーを有する第4レンズ群とからなり、

撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、前記第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群及び第4レンズ群を、各レンズ群とレンズ群との間の空気間隔が変化するように光軸に沿ってそれぞれ移動させて変倍を行い、

以下の条件(1-3)、(a)及び(b)：

$$5.3 < (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{G1} < 9.00 \quad \dots (1-3)$$

$$w < 3.0 \quad \dots (a)$$

$$f_T / f_W < 4.5 \quad \dots (b)$$

(ここで、

f_{G1} ：第1レンズ群の合成焦点距離、

t_{G1} ：第1レンズ群の厚み(最物体側レンズ素子の物体側面から最像側レンズ素子の像側面までの光軸上の距離)、

w ：広角端での半画角(°)、

f_T ：望遠端での全系の焦点距離、

f_W ：広角端での全系の焦点距離

である)

を満足するズームレンズ系

に関する。

【0013】

上記目的の1つは、以下の撮像装置により達成される。すなわち本発明は、

物体の光学的な像を電気的な画像信号として出力可能な撮像装置であって、

物体の光学的な像を形成するズームレンズ系と、

該ズームレンズ系により形成された光学的な像を電気的な画像信号に変換する撮像素子とを備え、

前記ズームレンズ系が、

物体側から像側へと順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、負のパワーを有する第2レンズ群と、正のパワーを有する第3レンズ群と、正のパワーを有する第4レンズ群とからなり、

撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、前記第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群及び第4レンズ群を、各レンズ群とレンズ群との間の空気間隔が変化するように光軸に沿ってそれぞれ移動させて変倍を行い、

以下の条件(1-3)、(a)及び(b)：

$$5.3 < (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{G1} < 9.00 \quad \dots (1-3)$$

$$w < 3.0 \quad \dots (a)$$

$$f_T / f_W < 4.5 \quad \dots (b)$$

(ここで、

f_{G1} ：第1レンズ群の合成焦点距離、

t_{G1} ：第1レンズ群の厚み(最物体側レンズ素子の物体側面から最像側レンズ素子の像側面までの光軸上の距離)、

w ：広角端での半画角(°)、

f_T ：望遠端での全系の焦点距離、

f_W ：広角端での全系の焦点距離

である)

を満足するズームレンズ系である、撮像装置

に関する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

上記目的の1つは、以下のカメラにより達成される。すなわち本発明は、
物体の光学的な像を電氣的な画像信号に変換し、変換された画像信号の表示及び記憶の少
なくとも一方を行うカメラであって、

物体の光学的な像を形成するズームレンズ系と、該ズームレンズ系により形成された光学
的像を電氣的な画像信号に変換する撮像素子とを含む撮像装置を備え、

前記ズームレンズ系が、

物体側から像側へと順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、負のパワーを有する第2
レンズ群と、正のパワーを有する第3レンズ群と、正のパワーを有する第4レンズ群とから
なり、

撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、前記第1レンズ群、第2レンズ群、第
3レンズ群及び第4レンズ群を、各レンズ群とレンズ群との間の空気間隔が変化するよう
に光軸に沿ってそれぞれ移動させて変倍を行い、

以下の条件(1-3)、(a)及び(b)：

$$5.3 < (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{G1} < 9.00 \quad \dots (1-3)$$

$$w > 3.0 \quad \dots (a)$$

$$f_T / f_W > 4.5 \quad \dots (b)$$

(ここで、

f_{G1} ：第1レンズ群の合成焦点距離、

t_{G1} ：第1レンズ群の厚み(最物体側レンズ素子の物体側面から最像側レンズ素子の像
側面までの光軸上の距離)、

w ：広角端での半画角(°)、

f_T ：望遠端での全系の焦点距離、

f_W ：広角端での全系の焦点距離

である)

を満足するズームレンズ系である、カメラ
に関する。

【発明の効果】

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、レンズ全長が非常に短く小型でありながら、広角端での広い画角と高
いズームング比とをバランスよく備えた高性能なズームレンズ系、該ズームレンズ系を含
む撮像装置、及び該撮像装置を備えた薄型でコンパクトなカメラを提供することができる
。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 6 】

【図1】実施の形態1(実施例1)に係るズームレンズ系の無限遠合焦状態を示すレンズ
配置図

【図2】実施例1に係るズームレンズ系の無限遠合焦状態の縦収差図

【図3】実施例1に係るズームレンズ系の望遠端における、像ぶれ補正を行っていない基
本状態及び像ぶれ補正状態での横収差図

【図4】実施の形態2(実施例2)に係るズームレンズ系の無限遠合焦状態を示すレンズ
配置図

【図5】実施例2に係るズームレンズ系の無限遠合焦状態の縦収差図

【図6】実施例2に係るズームレンズ系の望遠端における、像ぶれ補正を行っていない基
本状態及び像ぶれ補正状態での横収差図

【図7】実施の形態3(実施例3)に係るズームレンズ系の無限遠合焦状態を示すレンズ
配置図

【図8】実施例3に係るズームレンズ系の無限遠合焦状態の縦収差図

【図9】実施例3に係るズームレンズ系の望遠端における、像ぶれ補正を行っていない基
本状態及び像ぶれ補正状態での横収差図

10

20

30

40

50

【図10】実施の形態4（実施例4）に係るズームレンズ系の無限遠合焦状態を示すレンズ配置図

【図11】実施例4に係るズームレンズ系の無限遠合焦状態の縦収差図

【図12】実施例4に係るズームレンズ系の望遠端における、像ぶれ補正を行っていない基本状態及び像ぶれ補正状態での横収差図

【図13】実施の形態5（実施例5）に係るズームレンズ系の無限遠合焦状態を示すレンズ配置図

【図14】実施例5に係るズームレンズ系の無限遠合焦状態の縦収差図

【図15】実施例5に係るズームレンズ系の望遠端における、像ぶれ補正を行っていない基本状態及び像ぶれ補正状態での横収差図

10

【図16】実施の形態6（実施例6）に係るズームレンズ系の無限遠合焦状態を示すレンズ配置図

【図17】実施例6に係るズームレンズ系の無限遠合焦状態の縦収差図

【図18】実施例6に係るズームレンズ系の望遠端における、像ぶれ補正を行っていない基本状態及び像ぶれ補正状態での横収差図

【図19】実施の形態7に係るデジタルスチルカメラの概略構成図

【発明を実施するための形態】

【0017】

（実施の形態1～6）

図1、4、7、10、13及び16は、各々実施の形態1～6に係るズームレンズ系のレンズ配置図である。

20

【0018】

図1、4、7、10、13及び16は、いずれも無限遠合焦状態にあるズームレンズ系を表している。各図において、(a)図は広角端（最短焦点距離状態：焦点距離 f_W ）のレンズ構成、(b)図は中間位置（中間焦点距離状態：焦点距離 $f_M = (f_W * f_T)$ ）のレンズ構成、(c)図は望遠端（最長焦点距離状態：焦点距離 f_T ）のレンズ構成をそれぞれ表している。また各図において、(a)図と(b)図との間に設けられた折れ線の矢印は、上から順に、広角端、中間位置、望遠端の各状態におけるレンズ群の位置を結んで得られる直線である。したがって、広角端と中間位置との間、中間位置と望遠端との間は、単純に直線で接続されているだけであり、実際の各レンズ群の動きとは異なる。さらに各図において、レンズ群に付された矢印は、無限遠合焦状態から近接物体合焦状態へのフォーカシングを表す。すなわち、無限遠合焦状態から近接物体合焦状態へのフォーカシングの際の移動方向を示している。

30

【0019】

各実施の形態に係るズームレンズ系は、物体側から像側へと順に、正のパワーを有する第1レンズ群G1と、負のパワーを有する第2レンズ群G2と、正のパワーを有する第3レンズ群G3と、正のパワーを有する第4レンズ群G4とを備え、ズミングに際して、各レンズ群の間隔、すなわち、前記第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔、及び第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔がいずれも変化するように、各レンズ群が光軸に沿った方向にそれぞれ移動する。

40

各実施の形態に係るズームレンズ系は、これら各レンズ群を所望のパワー配置にすることにより、高い光学性能を保持しつつ、レンズ系全体の小型化を可能にしている。

【0020】

なお図1、4、7、10、13及び16において、特定の面に付されたアスタリスク*は、該面が非球面であることを示している。また各図において、各レンズ群の符号に付された記号(+)及び記号(-)は、各レンズ群のパワーの符号に対応する。また各図において、最も右側に記載された直線は、像面Sの位置を表し、該像面Sの物体側（像面Sと第4レンズ群G4の最像側レンズ面との間）には、光学的ローパスフィルタや撮像素子のフェースプレート等と等価な平行平板Pが設けられている。

【0021】

50

さらに図 1、4、7、10、13 及び 16 において、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に開口絞り A が設けられている。該開口絞り A は、撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、図 1 に示す実施の形態 1 では、各レンズ群と独立して光軸上を移動し、図 4、7、10、13 及び 16 に示す実施の形態 2 ~ 6 では、第 3 レンズ群 G 3 と一体的に光軸上を移動する。

【0022】

図 1 に示すように、実施の形態 1 に係るズームレンズ系において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から像側へと順に、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 1 レンズ素子 L 1 と、両凸形状の第 2 レンズ素子 L 2 とからなり、これら第 1 レンズ素子 L 1 と第 2 レンズ素子 L 2 とは接合されている。また、第 2 レンズ素子 L 2 は、その像側面が非球面である。

10

【0023】

実施の形態 1 に係るズームレンズ系において、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から像側へと順に、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 3 レンズ素子 L 3 と、両凹形状の第 4 レンズ素子 L 4 と、両凸形状の第 5 レンズ素子 L 5 とからなる。これらのうち、第 3 レンズ素子 L 3 は、その像側面が非球面である。

【0024】

また実施の形態 1 に係るズームレンズ系において、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から像側へと順に、両凸形状の第 6 レンズ素子 L 6 と、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状の第 7 レンズ素子 L 7 と、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 8 レンズ素子 L 8 とからなる。これらのうち、第 7 レンズ素子 L 7 と第 8 レンズ素子 L 8 とは接合されている。また、第 6 レンズ素子 L 6 は、その両面が非球面である。

20

【0025】

また実施の形態 1 に係るズームレンズ系において、第 4 レンズ群 G 4 は、両凸形状の第 9 レンズ素子 L 9 のみからなる。この第 9 レンズ素子 L 9 は、その両面が非球面である。

【0026】

なお、実施の形態 1 に係るズームレンズ系において、像面 S の物体側（像面 S と第 9 レンズ素子 L 9 との間）には、平行平板 P が設けられている。

【0027】

実施の形態 1 に係るズームレンズ系において、撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、第 1 レンズ群 G 1 及び第 3 レンズ群 G 3 は、単調に物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は、像側に僅かに凸の軌跡を描いて物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に僅かに凸の軌跡を描いて像側へ移動する。すなわち、ズームングに際して、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が増大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔が減少し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔が増大するように、各レンズ群が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

30

【0028】

また、実施の形態 1 に係るズームレンズ系において、撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に設けられた開口絞り A は、単調に物体側に移動する。すなわち、ズームングに際して、第 2 レンズ群 G 2 と開口絞り A との間隔は減少する。

40

【0029】

図 4 に示すように、実施の形態 2 に係るズームレンズ系において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から像側へと順に、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 1 レンズ素子 L 1 と、両凸形状の第 2 レンズ素子 L 2 とからなり、これら第 1 レンズ素子 L 1 と第 2 レンズ素子 L 2 とは接合されている。また、第 2 レンズ素子 L 2 は、その像側面が非球面である。

【0030】

実施の形態 2 に係るズームレンズ系において、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から像側へと順に、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 3 レンズ素子 L 3 と、両凹形状の第

50

4 レンズ素子 L 4 と、両凸形状の第 5 レンズ素子 L 5 とからなる。これらのうち、第 5 レンズ素子 L 5 は、その像側面が非球面である。

【 0 0 3 1 】

また実施の形態 2 に係るズームレンズ系において、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から像側へと順に、両凸形状の第 6 レンズ素子 L 6 と、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状の第 7 レンズ素子 L 7 と、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 8 レンズ素子 L 8 とからなる。これらのうち、第 7 レンズ素子 L 7 と第 8 レンズ素子 L 8 とは接合されている。また、第 7 レンズ素子 L 7 は、その物体側面が非球面である。

【 0 0 3 2 】

また実施の形態 2 に係るズームレンズ系において、第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状の第 9 レンズ素子 L 9 のみからなる。この第 9 レンズ素子 L 9 は、その物体側面が非球面である。

10

【 0 0 3 3 】

なお、実施の形態 2 に係るズームレンズ系において、像面 S の物体側（像面 S と第 9 レンズ素子 L 9 との間）には、平行平板 P が設けられている。

【 0 0 3 4 】

実施の形態 2 に係るズームレンズ系において、撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は、像側に凸の軌跡を描いて物体側へ移動し、第 3 レンズ群 G 3 は、単調に物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に凸の軌跡を描きながら望遠端での位置が広角端での位置よりも物体側となるように移動する。すなわち、ズームングに際して、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が増大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔が減少し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔が増大するように、各レンズ群が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

20

【 0 0 3 5 】

図 7 に示すように、実施の形態 3 に係るズームレンズ系において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から像側へと順に、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 1 レンズ素子 L 1 と、両凸形状の第 2 レンズ素子 L 2 とからなり、これら第 1 レンズ素子 L 1 と第 2 レンズ素子 L 2 とは接合されている。また、第 2 レンズ素子 L 2 は、その像側面が非球面である。

30

【 0 0 3 6 】

実施の形態 3 に係るズームレンズ系において、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から像側へと順に、両凹形状の第 3 レンズ素子 L 3 と、両凹形状の第 4 レンズ素子 L 4 と、物体側に凸面を有する平凸形状の第 5 レンズ素子 L 5 とからなる。これらのうち、第 3 レンズ素子 L 3 は、その像側面が非球面である。

【 0 0 3 7 】

また実施の形態 3 に係るズームレンズ系において、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から像側へと順に、両凸形状の第 6 レンズ素子 L 6 と、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状の第 7 レンズ素子 L 7 と、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 8 レンズ素子 L 8 とからなる。これらのうち、第 7 レンズ素子 L 7 と第 8 レンズ素子 L 8 とは接合されている。また、第 6 レンズ素子 L 6 は、その両面が非球面である。

40

【 0 0 3 8 】

また実施の形態 3 に係るズームレンズ系において、第 4 レンズ群 G 4 は、両凸形状の第 9 レンズ素子 L 9 のみからなる。この第 9 レンズ素子 L 9 は、その両面が非球面である。

【 0 0 3 9 】

なお、実施の形態 3 に係るズームレンズ系において、像面 S の物体側（像面 S と第 9 レンズ素子 L 9 との間）には、平行平板 P が設けられている。

【 0 0 4 0 】

実施の形態 3 に係るズームレンズ系において、撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、第 1 レンズ群 G 1 及び第 3 レンズ群 G 3 は、単調に物体側へ移動し、第 2 レン

50

ズ群 G 2 は、単調に僅かに物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は、像側へ移動する。すなわち、ズームングに際して、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が増大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔が減少し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔が増大するように、各レンズ群が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

【 0 0 4 1 】

図 1 0 に示すように、実施の形態 4 に係るズームレンズ系において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から像側へと順に、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 1 レンズ素子 L 1 と、両凸形状の第 2 レンズ素子 L 2 とからなり、これら第 1 レンズ素子 L 1 と第 2 レンズ素子 L 2 とは接合されている。また、第 2 レンズ素子 L 2 は、その像側面が非球面である。

10

【 0 0 4 2 】

実施の形態 4 に係るズームレンズ系において、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から像側へと順に、両凹形状の第 3 レンズ素子 L 3 と、両凹形状の第 4 レンズ素子 L 4 と、両凸形状の第 5 レンズ素子 L 5 とからなる。これらのうち、第 3 レンズ素子 L 3 は、その像側面が非球面である。

【 0 0 4 3 】

また実施の形態 4 に係るズームレンズ系において、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から像側へと順に、両凸形状の第 6 レンズ素子 L 6 と、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状の第 7 レンズ素子 L 7 と、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 8 レンズ素子 L 8 とからなる。これらのうち、第 7 レンズ素子 L 7 と第 8 レンズ素子 L 8 とは接合されている。また、第 6 レンズ素子 L 6 は、その両面が非球面である。

20

【 0 0 4 4 】

また実施の形態 4 に係るズームレンズ系において、第 4 レンズ群 G 4 は、両凸形状の第 9 レンズ素子 L 9 のみからなる。この第 9 レンズ素子 L 9 は、その両面が非球面である。

【 0 0 4 5 】

なお、実施の形態 4 に係るズームレンズ系において、像面 S の物体側（像面 S と第 9 レンズ素子 L 9 との間）には、平行平板 P が設けられている。

【 0 0 4 6 】

実施の形態 4 に係るズームレンズ系において、撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、第 1 レンズ群 G 1 及び第 3 レンズ群 G 3 は、略単調に物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は、単調に僅かに物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は、単調に僅かに像側へ移動する。すなわち、ズームングに際して、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が増大し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔が減少し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との間隔が増大するように、各レンズ群が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

30

【 0 0 4 7 】

図 1 3 に示すように、実施の形態 5 に係るズームレンズ系において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から像側へと順に、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 1 レンズ素子 L 1 と、両凸形状の第 2 レンズ素子 L 2 とからなり、これら第 1 レンズ素子 L 1 と第 2 レンズ素子 L 2 とは接合されている。また、第 2 レンズ素子 L 2 は、その像側面が非球面である。

40

【 0 0 4 8 】

実施の形態 5 に係るズームレンズ系において、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から像側へと順に、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 3 レンズ素子 L 3 と、両凹形状の第 4 レンズ素子 L 4 と、両凸形状の第 5 レンズ素子 L 5 とからなる。これらのうち、第 3 レンズ素子 L 3 は、その像側面が非球面である。

【 0 0 4 9 】

また実施の形態 5 に係るズームレンズ系において、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から像側へと順に、両凸形状の第 6 レンズ素子 L 6 と、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状の第 7 レンズ素子 L 7 と、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第 8 レンズ素子 L 8

50

とからなる。これらのうち、第7レンズ素子L7と第8レンズ素子L8とは接合されている。また、第6レンズ素子L6は、その両面が非球面である。

【0050】

また実施の形態5に係るズームレンズ系において、第4レンズ群G4は、両凸形状の第9レンズ素子L9のみからなる。この第9レンズ素子L9は、その両面が非球面である。

【0051】

なお、実施の形態5に係るズームレンズ系において、像面Sの物体側（像面Sと第9レンズ素子L9との間）には、平行平板Pが設けられている。

【0052】

実施の形態5に係るズームレンズ系において、撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、第1レンズ群G1及び第3レンズ群G3は、略単調に物体側へ移動し、第2レンズ群G2は、像側に僅かに凸の軌跡を描いて物体側へ移動し、第4レンズ群G4は、物体側に凸の軌跡を描いて像側へ移動する。すなわち、ズームングに際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が増大するように、各レンズ群が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

10

【0053】

図16に示すように、実施の形態6に係るズームレンズ系において、第1レンズ群G1は、物体側から像側へと順に、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第1レンズ素子L1と、両凸形状の第2レンズ素子L2とからなり、これら第1レンズ素子L1と第2レンズ素子L2とは接合されている。また、第2レンズ素子L2は、その像側面が非球面である。

20

【0054】

実施の形態6に係るズームレンズ系において、第2レンズ群G2は、物体側から像側へと順に、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第3レンズ素子L3と、両凹形状の第4レンズ素子L4と、両凸形状の第5レンズ素子L5とからなる。これらのうち、第5レンズ素子L5は、その像側面が非球面である。

【0055】

また実施の形態6に係るズームレンズ系において、第3レンズ群G3は、物体側から像側へと順に、両凸形状の第6レンズ素子L6と、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状の第7レンズ素子L7と、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第8レンズ素子L8とからなる。これらのうち、第7レンズ素子L7と第8レンズ素子L8とは接合されている。また、第7レンズ素子L7は、その物体側面が非球面である。

30

【0056】

また実施の形態6に係るズームレンズ系において、第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状の第9レンズ素子L9のみからなる。この第9レンズ素子L9は、その物体側面が非球面である。

【0057】

なお、実施の形態6に係るズームレンズ系において、像面Sの物体側（像面Sと第9レンズ素子L9との間）には、平行平板Pが設けられている。

40

【0058】

実施の形態6に係るズームレンズ系において、撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、第1レンズ群G1は、物体側へ移動し、第2レンズ群G2は、像側に凸の軌跡を描いて物体側へ移動し、第3レンズ群G3は、単調に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は、物体側に凸の軌跡を描きながら望遠端での位置が広角端での位置よりも物体側となるように移動する。すなわち、ズームングに際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が増大し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間隔が減少し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間隔が増大するように、各レンズ群が光軸に沿ってそれぞれ移動する。

【0059】

50

実施の形態 1 ~ 6 に係るズームレンズ系では、第 1 レンズ群 G 1 が 2 枚のレンズ素子、第 4 レンズ群 G 4 が 1 枚のレンズ素子からなるので、レンズ全長が非常に短いレンズ系となっている。

【 0 0 6 0 】

実施の形態 1 ~ 6 に係るズームレンズ系では、第 1 レンズ群 G 1 が、物体側から像側へと順に、負のパワーを有する第 1 レンズ素子 L 1 と正のパワーを有する第 2 レンズ素子 L 2 とで構成され、かつこれらが接合して接合レンズ素子を形成しているので、よりコンパクトなレンズ系となっている。また第 2 レンズ素子 L 2 の像側面が非球面であるので、広角化及び高変倍化による歪曲収差や非点収差の増大を良好に抑制することができる。

【 0 0 6 1 】

実施の形態 1 ~ 6 に係るズームレンズ系では、第 3 レンズ群 G 3 を構成する 3 枚のレンズ素子のうち、正のパワーを有する第 7 レンズ素子 L 7 と負のパワーを有する第 8 レンズ素子 L 8 とが接合して接合レンズ素子を形成しているので、よりコンパクトなレンズ系となっている。

【 0 0 6 2 】

実施の形態 1 ~ 6 に係るズームレンズ系では、第 4 レンズ群 G 4 を構成する 1 枚のレンズ素子が正のパワーを有するので、無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合には、各図に示すように第 4 レンズ群 G 4 を物体側に繰り出すことで迅速なフォーカスを容易にしている。また、第 4 レンズ群 G 4 を構成する 1 枚のレンズ素子は、非球面を有するので、広角端から望遠端における軸外の像面湾曲を良好に補正することができる。

【 0 0 6 3 】

また実施の形態 1 ~ 6 に係るズームレンズ系では、撮像時の広角端から望遠端へのズームングの際に、第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3 及び第 4 レンズ群 G 4 を光軸に沿ってそれぞれ移動させてズームングを行うが、これら第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3 及び第 4 レンズ群 G 4 のうちのいずれかのレンズ群、あるいは、各レンズ群の一部のサブレンズ群を光軸に直交する方向に移動させることによって、全系の振動による像点移動を補正する、すなわち、手ぶれ、振動等による像のぶれを光学的に補正することができる。

【 0 0 6 4 】

全系の振動による像点移動を補正する際に、例えば第 3 レンズ群 G 3 が光軸に直交する方向に移動することにより、ズームレンズ系全体の大型化を抑制してコンパクトに構成しながら、偏心コマ収差や偏心非点収差が小さい優れた結像特性を維持して像ぶれの補正を行うことができる。

【 0 0 6 5 】

なお、前記各レンズ群の一部のサブレンズ群とは、1つのレンズ群が複数のレンズ素子で構成される場合、該複数のレンズ素子のうち、いずれか 1 枚のレンズ素子又は隣り合った複数のレンズ素子をいう。

【 0 0 6 6 】

以下、例えば実施の形態 1 ~ 6 に係るズームレンズ系のごときズームレンズ系が満足することが好ましい条件を説明する。なお、各実施の形態に係るズームレンズ系に対して、複数の好ましい条件が規定されるが、これら複数の条件すべてを満足するズームレンズ系の構成が最も望ましい。しかしながら、個別の条件を満足することにより、それぞれ対応する効果を奏するズームレンズ系を得ることも可能である。

【 0 0 6 7 】

例えば実施の形態 1 ~ 6 に係るズームレンズ系のように、物体側から像側へと順に、正のパワーを有する第 1 レンズ群と、負のパワーを有する第 2 レンズ群と、正のパワーを有する第 3 レンズ群と、正のパワーを有する第 4 レンズ群とを備えた（以下、このレンズ構成を、実施の形態の基本構成という）ズームレンズ系は、以下の条件（1 - 3）、（a）及び（b）を満足する。

$$5.3 < (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{G1} < 900 \quad \dots (1 - 3)$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned} & \omega \quad 3.0 \quad \dots (a) \\ & f_T / f_W \quad 4.5 \quad \dots (b) \end{aligned}$$

ここで、

f_{G1} : 第1レンズ群の合成焦点距離、

t_{G1} : 第1レンズ群の厚み（最物体側レンズ素子の物体側面から最像側レンズ素子の像側面までの光軸上の距離）、

ω : 広角端での半画角（°）、

f_T : 望遠端での全系の焦点距離、

f_W : 広角端での全系の焦点距離

である。

10

【0068】

前記条件（1-3）は、第1レンズ群の焦点距離と光軸上の厚みとの比を規定している。条件（1-3）の下限を下回ると、第1レンズ群の焦点距離が小さくなり過ぎ、ズームに伴う像面湾曲及び非点収差の変動の制御が困難になる。逆に条件（1-3）の上限を上回ると、第1レンズ群の移動量を大きくする必要が生じ、コンパクト化の達成が困難になる。

【0069】

なお、さらに以下の条件（1-3）'及び（1-3）''の少なくとも1つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

$$\begin{aligned} & 5.5 < (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{G1} \quad \dots (1-3)' \\ & (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{G1} < 5.00 \quad \dots (1-3)'' \end{aligned}$$

20

【0070】

また、前記条件（1-3）、（1-3）'及び（1-3）''は、以下の条件（a）'及び（b）'の少なくとも1つにおいて満足することがより望ましい。

$$\begin{aligned} & \omega \quad 3.5 \quad \dots (a)' \\ & f_T / f_W \quad 6.5 \quad \dots (b)' \end{aligned}$$

【0071】

例えば実施の形態1～6に係るズームレンズ系のように、基本構成を有するズームレンズ系は、以下の条件（2）を満足することが好ましい。

$$1.15 < M_3 / f_{G3} < 1.80 \quad \dots (2)$$

30

ここで、

M_3 : 広角端から望遠端へのズーム時の、第3レンズ群の光軸方向の移動量（広角端を基準とし、像側から物体側への移動を正とする）、

f_{G3} : 第3レンズ群の合成焦点距離

である。

【0072】

前記条件（2）は、広角端から望遠端へのズームにおいて、第3レンズ群が光軸方向の移動する際の移動量を規定している。条件（2）の下限を下回ると、ズームに伴う球面収差の変動の制御が困難になる恐れがある。逆に条件（2）の上限を上回ると、望遠端におけるFナンバーが大きくなってしまふ恐れがある。

40

【0073】

なお、さらに以下の条件（2）'及び（2）''の少なくとも1つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

$$\begin{aligned} & 1.20 < M_3 / f_{G3} \quad \dots (2)' \\ & M_3 / f_{G3} < 1.60 \quad \dots (2)'' \end{aligned}$$

【0074】

また、前記条件（2）、（2）'及び（2）''は、以下の条件（a）'及び（b）'の少なくとも1つにおいて満足することがより望ましい。

$$\begin{aligned} & \omega \quad 3.5 \quad \dots (a)' \\ & f_T / f_W \quad 6.5 \quad \dots (b)' \end{aligned}$$

50

【0075】

例えば実施の形態1～6に係るズームレンズ系のように、基本構成を有するズームレンズ系は、以下の条件(3)を満足することが好ましい。

$$0.050 < (4T / 4W) / (f_T / f_W) < 0.155 \quad \dots (3)$$

ここで、

$4T$ ：第4レンズ群の望遠端での横倍率、

$4W$ ：第4レンズ群の広角端での横倍率、

f_T ：望遠端での全系の焦点距離、

f_W ：広角端での全系の焦点距離

である。

10

【0076】

前記条件(3)は、第4レンズ群の横倍率変化とズーム比との比を規定している。条件(3)の下限を下回ると、第4レンズ群の変倍寄与が小さくなり過ぎ、コンパクト化の達成が困難になる恐れがある。逆に条件(3)の上限を上回ると、近距離物体撮影時の像面湾曲発生が許容できなくなる恐れがある。

【0077】

なお、さらに以下の条件(3)'及び(3)''の少なくとも1つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

$$0.070 < (4T / 4W) / (f_T / f_W) \quad \dots (3)'$$

$$(4T / 4W) / (f_T / f_W) < 0.145 \quad \dots (3)''$$

20

【0078】

また、前記条件(3)、(3)'及び(3)''は、以下の条件(a)'及び(b)''の少なくとも1つにおいて満足することがより望ましい。

$$W_{35} \quad \dots (a)'$$

$$f_T / f_W \geq 6.5 \quad \dots (b)''$$

【0079】

例えば実施の形態1～6に係るズームレンズ系のように、基本構成を有するズームレンズ系は、以下の条件(4)を満足することが好ましい。

$$5.3 < \{ f_{G3} \times (f_T / f_W) \} / (f_W \times f_T) < 7.5 \quad \dots (4)$$

ここで、

f_{G3} ：第3レンズ群の合成焦点距離、

f_T ：望遠端での全系の焦点距離、

f_W ：広角端での全系の焦点距離

である。

30

【0080】

前記条件(4)は、第3レンズ群の適切な焦点距離を規定している。条件(4)の下限を下回ると、第3レンズ群の焦点距離が小さくなり過ぎ、ズームに伴う球面収差の変動の制御が困難になる恐れがある。逆に条件(4)の上限を上回ると、第3レンズ群の移動量を大きくする必要が生じ、コンパクト化の達成が困難になる恐れがある。

【0081】

なお、さらに以下の条件(4)'及び(4)''の少なくとも1つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

$$5.4 < \{ f_{G3} \times (f_T / f_W) \} / (f_W \times f_T) \quad \dots (4)'$$

$$\{ f_{G3} \times (f_T / f_W) \} / (f_W \times f_T) < 6.5 \quad \dots (4)''$$

40

【0082】

また、前記条件(4)、(4)'及び(4)''は、以下の条件(a)'及び(b)''の少なくとも1つにおいて満足することがより望ましい。

$$W_{35} \quad \dots (a)'$$

$$f_T / f_W \geq 6.5 \quad \dots (b)''$$

【0083】

50

例えば実施の形態 1 ~ 6 に係るズームレンズ系のように、基本構成を有するズームレンズ系は、以下の条件 (5) を満足することが好ましい。

$$10.6 < \{ f_{G4} \times (f_T / f_W) \} / (f_W \times f_T) < 35.0 \quad \dots (5)$$

ここで、

f_{G4} : 第 4 レンズ群の合成焦点距離、

f_T : 望遠端での全系の焦点距離、

f_W : 広角端での全系の焦点距離

である。

【0084】

前記条件 (5) は、第 4 レンズ群の適切な焦点距離を規定している。条件 (5) の下限を下回ると、近距離物体撮影時の像面湾曲発生が許容できなくなる恐れがある。逆に条件 (5) の上限を上回ると、第 4 レンズ群の移動量を大きくする必要が生じ、コンパクト化の達成が困難になる恐れがある。

10

【0085】

なお、さらに以下の条件 (5)' 及び (5)'' の少なくとも 1 つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

$$12.0 < \{ f_{G4} \times (f_T / f_W) \} / (f_W \times f_T) \quad \dots (5)'$$

$$\{ f_{G4} \times (f_T / f_W) \} / (f_W \times f_T) < 15.0 \quad \dots (5)''$$

【0086】

また、前記条件 (5)、(5)' 及び (5)'' は、以下の条件 (a)' 及び (b)' の少なくとも 1 つにおいて満足することがより望ましい。

20

$$f_W / f_T < 3.5 \quad \dots (a)'$$

$$f_T / f_W < 6.5 \quad \dots (b)'$$

【0087】

例えば実施の形態 1 ~ 6 に係るズームレンズ系のように、基本構成を有するズームレンズ系は、以下の条件 (6) を満足することが好ましい。

$$4.0 < f_{G4} / f_W < 8.0 \quad \dots (6)$$

ここで、

f_{G4} : 第 4 レンズ群の合成焦点距離、

f_T : 望遠端での全系の焦点距離、

f_W : 広角端での全系の焦点距離

である。

30

【0088】

前記条件 (6) も、第 4 レンズ群の適切な焦点距離を規定している。条件 (6) の下限を下回ると、近距離物体撮影時の像面湾曲発生が許容できなくなる恐れがある。逆に条件 (6) の上限を上回ると、第 4 レンズ群の移動量を大きくする必要が生じ、コンパクト化の達成が困難になる恐れがある。

【0089】

なお、さらに以下の条件 (6)' 及び (6)'' の少なくとも 1 つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

40

$$4.5 < f_{G4} / f_W \quad \dots (6)'$$

$$f_{G4} / f_W < 6.0 \quad \dots (6)''$$

【0090】

また、前記条件 (6)、(6)' 及び (6)'' は、以下の条件 (a)' 及び (b)' の少なくとも 1 つにおいて満足することがより望ましい。

$$f_W / f_T < 3.5 \quad \dots (a)'$$

$$f_T / f_W < 6.5 \quad \dots (b)'$$

【0091】

例えば実施の形態 1 ~ 6 に係るズームレンズ系のように、基本構成を有するズームレンズ系は、以下の条件 (7) を満足することが好ましい。

50

$$0.47 < M_1 / f_{G1} < 0.70 \quad \dots (7)$$

ここで、

M_1 : 広角端から望遠端へのズーム時の、第1レンズ群の光軸方向の移動量 (広角端を基準とし、像側から物体側への移動を正とする)、

f_{G1} : 第1レンズ群の合成焦点距離

である。

【0092】

前記条件(7)は、広角端から望遠端へのズームにおいて、第1レンズ群が光軸方向の移動する際の移動量を規定している。条件(7)の下限を下回ると、広角端の歪曲収差の制御、並びに望遠端の像面湾曲及び非点収差の制御が困難になる恐れがある。逆に条件(7)の上限を上回ると、ズームに伴う像面湾曲の変動の制御が困難になる恐れがある。

10

【0093】

なお、さらに以下の条件(7)'及び(7)''の少なくとも1つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

$$0.50 < M_1 / f_{G1} \quad \dots (7)'$$

$$M_1 / f_{G1} < 0.60 \quad \dots (7)''$$

【0094】

また、前記条件(7)、(7)'及び(7)''は、以下の条件(a)'及び(b)'の少なくとも1つにおいて満足することがより望ましい。

20

$$f_T / f_W > 6.5 \quad \dots (a)'$$

$$f_T / f_W > 6.5 \quad \dots (b)'$$

【0095】

例えば実施の形態1~6に係るズームレンズ系のように、基本構成を有し、かつ第3レンズ群が少なくとも1組の接合レンズ素子を含むズームレンズ系は、以下の条件(8)を満足することが好ましい。

$$0.15 < t_{G3ce} / t_{G3} < 0.39 \quad \dots (8)$$

ここで、

t_{G3ce} : 第3レンズ群の接合レンズ素子の中心厚み、

t_{G3} : 第3レンズ群の厚み (最物体側レンズ素子の物体側面から最像側レンズ素子の像側面までの光軸上の距離)

30

である。

【0096】

前記条件(8)は、第3レンズ群に含まれる接合レンズ素子の光軸上の厚みを規定している。条件(8)の下限を下回ると、ズームに伴う軸上色収差の変動の補正が困難になる恐れがある。逆に条件(8)の上限を上回ると、広角端における倍率色収差、球面収差の補正が困難になる恐れがある。

【0097】

なお、さらに以下の条件(8)'及び(8)''の少なくとも1つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

40

$$0.30 < t_{G3ce} / t_{G3} \quad \dots (8)'$$

$$t_{G3ce} / t_{G3} < 0.36 \quad \dots (8)''$$

【0098】

また、前記条件(8)、(8)'及び(8)''は、以下の条件(a)'及び(b)'の少なくとも1つにおいて満足することがより望ましい。

$$f_T / f_W > 6.5 \quad \dots (a)'$$

$$f_T / f_W > 6.5 \quad \dots (b)'$$

【0099】

例えば実施の形態1~6に係るズームレンズ系のように、基本構成を有するズームレンズ系は、以下の条件(9)を満足することが好ましい。

50

$$-0.30 < f_{G2} / f_{AIR} < -0.12 \quad \dots (9)$$

ここで、

f_{G2} : 第2レンズ群の合成焦点距離、

f_{AIR} : 第2レンズ群の、最像側レンズ素子の物体側面と該最像側レンズ素子と隣り合うレンズ素子の像側面との間の空気レンズの焦点距離である。

【0100】

前記条件(9)は、第2レンズ群において、最像側に配置されたレンズ素子と、該最像側に配置されたレンズ素子と隣り合うレンズ素子との間の、空気レンズの焦点距離を規定している。条件(9)の下限を下回ると、ズームに伴う像面湾曲の変動の補正が困難になる恐れがある。逆に条件(9)の上限を上回ると、広角端における歪曲収差の補正が困難になる恐れがある。

10

【0101】

なお、さらに以下の条件(9)'及び(9)''の少なくとも1つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

$$-0.25 < f_{G2} / f_{AIR} \quad \dots (9)'$$

$$f_{G2} / f_{AIR} < -0.15 \quad \dots (9)''$$

【0102】

また、前記条件(9)、(9)'及び(9)''は、以下の条件(a)'及び(b)'の少なくとも1つにおいて満足することがより望ましい。

20

$$w_{35} \quad \dots (a)'$$

$$f_T / f_W \quad 6.5 \quad \dots (b)'$$

【0103】

例えば実施の形態1~6に係るズームレンズ系のように、基本構成を有するズームレンズ系は、以下の条件(10)を満足することが好ましい。

$$-9000 < (f_T / f_W) \times f_{L11} / t_{L11} < -526 \quad \dots (10)$$

ここで、

f_{L11} : 第1レンズ群の最物体側レンズ素子の焦点距離、

t_{L11} : 第1レンズ群の最物体側レンズ素子の中心厚み、

f_T : 望遠端での全系の焦点距離、

f_W : 広角端での全系の焦点距離

30

である。

【0104】

前記条件(10)は、第1レンズ群において、最物体側に配置されたレンズ素子の焦点距離と光軸上の厚みとの関係を規定している。条件(10)の下限を下回ると、望遠端での軸上色収差の制御が困難になる恐れや、レンズ素子が薄くなりすぎて製造が困難になる恐れがある。逆に条件(10)の上限を上回ると、望遠端での像面湾曲及び非点収差の制御が困難になる恐れがある。

【0105】

なお、さらに以下の条件(10)'及び(10)''の少なくとも1つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

40

$$-3000 < (f_T / f_W) \times f_{L11} / t_{L11} \quad \dots (10)'$$

$$(f_T / f_W) \times f_{L11} / t_{L11} < -550 \quad \dots (10)''$$

【0106】

また、前記条件(10)、(10)'及び(10)''は、以下の条件(a)'及び(b)'の少なくとも1つにおいて満足することがより望ましい。

$$w_{35} \quad \dots (a)'$$

$$f_T / f_W \quad 6.5 \quad \dots (b)'$$

【0107】

例えば実施の形態1~6に係るズームレンズ系のように、基本構成を有するズームレン

50

ズ系は、以下の条件 (1 1) を満足することが好ましい。

$$6.5 < (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{L12} < 9.00 \quad \dots (11)$$

ここで、

f_{G1} : 第 1 レンズ群の合成焦点距離、

t_{L12} : 第 1 レンズ群の、物体側から 2 番目に位置するレンズ素子の中心厚み、

f_T : 望遠端での全系の焦点距離、

f_W : 広角端での全系の焦点距離

である。

【 0 1 0 8 】

前記条件 (1 1) は、第 1 レンズ群において、物体側から 2 番目の位置に配置されたレンズ素子の光軸上の厚みを規定している。条件 (1 1) の下限を下回ると、ズームに伴う球面収差及び像面湾曲の変動の制御が困難になる恐れがある。逆に条件 (1 1) の上限を上回ると、望遠端での像面湾曲及び非点収差の制御が困難になる恐れや、レンズ素子が薄くなりすぎて製造が困難になる恐れがある。

10

【 0 1 0 9 】

なお、さらに以下の条件 (1 1) ' 及び (1 1) ' ' の少なくとも 1 つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

$$7.0 < (f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{L12} \quad \dots (11) '$$

$$(f_T / f_W) \times f_{G1} / t_{L12} < 2.00 \quad \dots (11) ' '$$

【 0 1 1 0 】

また、前記条件 (1 1) 、 (1 1) ' 及び (1 1) ' ' は、以下の条件 (a) ' 及び (b) ' の少なくとも 1 つにおいて満足することがより望ましい。

20

$$w \quad 3.5 \quad \dots (a) '$$

$$f_T / f_W \quad 6.5 \quad \dots (b) '$$

【 0 1 1 1 】

例えば実施の形態 1 ~ 6 に係るズームレンズ系のように、基本構成を有するズームレンズ系は、以下の条件 (1 2) を満足することが好ましい。

$$-2.50 < f_{G2} / t_{L21} < -1.5 \quad \dots (12)$$

ここで、

f_{G2} : 第 2 レンズ群の合成焦点距離、

t_{L21} : 第 2 レンズ群の最物体側レンズ素子の中心厚み

である。

30

【 0 1 1 2 】

前記条件 (1 2) は、第 2 レンズ群において、最物体側に配置されたレンズ素子の光軸上の厚みを規定している。条件 (1 2) の下限を下回ると、広角化の達成が困難になる恐れや、レンズ素子が薄くなりすぎて製造が困難になる恐れがある。逆に条件 (1 2) の上限を上回ると、広角端での歪曲収差の制御が困難になる恐れがある。

【 0 1 1 3 】

なお、さらに以下の条件 (1 2) ' 及び (1 2) ' ' の少なくとも 1 つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

40

$$-1.00 < f_{G2} / t_{L21} \quad \dots (12) '$$

$$f_{G2} / t_{L21} < -1.8 \quad \dots (12) ' '$$

【 0 1 1 4 】

また、前記条件 (1 2) 、 (1 2) ' 及び (1 2) ' ' は、以下の条件 (a) ' 及び (b) ' の少なくとも 1 つにおいて満足することがより望ましい。

$$w \quad 3.5 \quad \dots (a) '$$

$$f_T / f_W \quad 6.5 \quad \dots (b) '$$

【 0 1 1 5 】

例えば実施の形態 1 ~ 6 に係るズームレンズ系のように、基本構成を有するズームレンズ系は、以下の条件 (1 3) を満足することが好ましい。

50

$$-2.50 < f_{G2} / t_{L22n} < -1.6 \quad \dots (13)$$

ここで、

f_{G2} : 第2レンズ群の合成焦点距離、

t_{L22n} : 第2レンズ群の、最像側に位置する負レンズ素子の中心厚みである。

【0116】

前記条件(13)は、第2レンズ群において、最像側に配置された負のパワーを有するレンズ素子の光軸上の厚みを規定している。条件(13)の下限を下回ると、広角化の達成が困難になる恐れや、レンズ素子が薄くなりすぎて製造が困難になる恐れがある。逆に条件(13)の上限を上回ると、広角端での歪曲収差の制御が困難になる恐れがある。

10

【0117】

なお、さらに以下の条件(13)'及び(13)''の少なくとも1つを満足することにより、前記効果をさらに奏功させることができる。

$$-1.00 < f_{G2} / t_{L22n} \quad \dots (13)'$$

$$f_{G2} / t_{L22n} < -1.8 \quad \dots (13)''$$

【0118】

また、前記条件(13)、(13)'及び(13)''は、以下の条件(a)'及び(b)'の少なくとも1つにおいて満足することがより望ましい。

$$w_{35} \quad \dots (a)'$$

$$f_T / f_W \quad 6.5 \quad \dots (b)'$$

20

【0119】

実施の形態1~6に係るズームレンズ系を構成している各レンズ群は、入射光線を屈折により偏向させる屈折型レンズ素子(すなわち、異なる屈折率を有する媒質同士の界面で偏向が行われるタイプのレンズ素子)のみで構成されているが、これに限定されるものではない。例えば、回折により入射光線を偏向させる回折型レンズ素子、回折作用と屈折作用との組み合わせで入射光線を偏向させる屈折・回折ハイブリッド型レンズ素子、入射光線を媒質内の屈折率分布により偏向させる屈折率分布型レンズ素子等で、各レンズ群を構成してもよい。特に、屈折・回折ハイブリッド型レンズ素子において、屈折率の異なる媒質の界面に回折構造を形成すると、回折効率の波長依存性が改善されるので、好ましい。

【0120】

30

さらに各実施の形態では、像面Sの物体側(像面Sと第4レンズ群G4の最像側レンズ面との間)には、光学的ローパスフィルタや撮像素子のフェースプレート等と等価な平行平板Pを配置する構成を示したが、このローパスフィルタとしては、所定の結晶軸方向が調整された水晶等を材料とする複屈折型ローパスフィルタや、必要とされる光学的な遮断周波数の特性を回折効果により達成する位相型ローパスフィルタ等が適用可能である。

【0121】

(実施の形態7)

図19は、実施の形態7に係るデジタルスチルカメラの概略構成図である。図19において、デジタルスチルカメラは、ズームレンズ系1とCCDである撮像素子2を含む撮像装置と、液晶モニター3と、筐体4とから構成される。ズームレンズ系1として、実施の形態1に係るズームレンズ系が用いられている。図19において、ズームレンズ系1は、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りAと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とから構成されている。筐体4は、前側にズームレンズ系1が配置され、ズームレンズ系1の後側には、撮像素子2が配置されている。筐体4の後側に液晶モニター3が配置され、ズームレンズ系1による被写体の光学的な像が像面Sに形成される。

40

【0122】

鏡筒は、主鏡筒5と、移動鏡筒6と、円筒カム7とで構成されている。円筒カム7を回転させると、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、開口絞りA、第3レンズ群G3及び第4レンズ群G4が撮像素子2を基準にした所定の位置に移動し、広角端から望遠端までのズーミングを行うことができる。第4レンズ群G4はフォーカス調整用モータにより光

50

軸方向に移動可能である。

【0123】

こうして、デジタルスチルカメラに実施の形態1に係るズームレンズ系を用いることにより、解像度及び像面湾曲を補正する能力が高く、非使用時のレンズ全長が短い小型のデジタルスチルカメラを提供することができる。なお、図19に示したデジタルスチルカメラには、実施の形態1に係るズームレンズ系の代わりに実施の形態2～6に係るズームレンズ系のいずれかを用いてもよい。また、図19に示したデジタルスチルカメラの光学系は、動画像を対象とするデジタルビデオカメラに用いることもできる。この場合、静止画像だけでなく、解像度の高い動画像を撮影することができる。

【0124】

なお、本実施の形態7に係るデジタルスチルカメラでは、ズームレンズ系1として実施の形態1～6に係るズームレンズ系を示したが、これらのズームレンズ系は、全てのズームリング域を使用する必要はない。すなわち、所望のズームリング域に応じて、光学性能が確保されている範囲を切り出し、実施の形態1～6で説明したズームレンズ系よりも低倍率のズームレンズ系として使用してもよい。

【0125】

さらに、実施の形態7では、いわゆる沈胴構成の鏡筒にズームレンズ系を適用した例を示したが、これに限られない。例えば、第1レンズ群G1内等の任意の位置に、内部反射面を持つプリズムや、表面反射ミラーを配置し、いわゆる屈曲構成の鏡筒にズームレンズ系を適用してもよい。さらに、実施の形態7において、第2レンズ群G2全体、第3レンズ群G3全体、第2レンズ群G2あるいは第3レンズ群G3の一部等のズームレンズ系を構成している一部のレンズ群を、沈胴時に光軸上から退避させる、いわゆるスライディング鏡筒にズームレンズ系を適用してもよい。

【0126】

また、以上説明した実施の形態1～6に係るズームレンズ系と、CCDやCMOS等の撮像素子とから構成される撮像装置を、携帯電話機器、PDA(Personal Digital Assistance)、監視システムにおける監視カメラ、Webカメラ、車載カメラ等に適用することもできる。

【0127】

以下、実施の形態1～6に係るズームレンズ系を具体的に実施した数値実施例を説明する。なお、各数値実施例において、表中の長さの単位はすべて「mm」であり、画角の単位はすべて「°」である。また、各数値実施例において、rは曲率半径、dは面間隔、ndはd線に対する屈折率、vdはd線に対するアッペ数である。また、各数値実施例において、*印を付した面は非球面であり、非球面形状は次式で定義している。

【数1】

$$Z = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)(h/r)^2}} + A4h^4 + A6h^6 + A8h^8 + A10h^{10} + A12h^{12} + A14h^{14}$$

ここで、 κ は円錐定数、A4、A6、A8、A10、A12及びA14は、それぞれ4次、6次、8次、10次、12次及び14次の非球面係数である。

【0128】

図2、5、8、11、14及び17は、各々実施の形態1～6に係るズームレンズ系の縦収差図である。

【0129】

各縦収差図において、(a)図は広角端、(b)図は中間位置、(c)図は望遠端における各収差を表す。各縦収差図は、左側から順に、球面収差(SA(mm))、非点収差(AST(mm))、歪曲収差(DIS(%))を示す。球面収差図において、縦軸はFナンバー(図中、Fで示す)を表し、実線はd線(d-line)、短破線はF線(F-line)、長破線はC線(C-line)の特性である。非点収差図において、縦軸は

10

20

30

40

50

像高（図中、Hで示す）を表し、実線はサジタル平面（図中、sで示す）、破線はメリディオナル平面（図中、mで示す）の特性である。歪曲収差図において、縦軸は像高（図中、Hで示す）を表す。

【0130】

また図3、6、9、12、15及び18は、各々実施の形態1～6に係るズームレンズ系の望遠端における横収差図である。

【0131】

各横収差図において、上段3つの収差図は、望遠端における像ぶれ補正を行っていない基本状態、下段3つの収差図は、第3レンズ群G3全体を光軸と垂直な方向に所定量移動させた望遠端における像ぶれ補正状態に、それぞれ対応する。基本状態の各横収差図のうち、上段は最大像高の70%の像点における横収差、中段は軸上像点における横収差、下段は最大像高の-70%の像点における横収差に、それぞれ対応する。像ぶれ補正状態の各横収差図のうち、上段は最大像高の70%の像点における横収差、中段は軸上像点における横収差、下段は最大像高の-70%の像点における横収差に、それぞれ対応する。また各横収差図において、横軸は瞳面上での主光線からの距離を表し、実線はd線(d-line)、短破線はF線(F-line)、長破線はC線(C-line)の特性である。なお各横収差図において、メリディオナル平面を、第1レンズ群G1の光軸と第3レンズ群G3の光軸とを含む平面としている。

10

【0132】

なお、各実施例のズームレンズ系について、望遠端における、像ぶれ補正状態での第3レンズ群G3の光軸と垂直な方向への移動量は、以下に示すとおりである。

20

- 実施例1 0.085mm
- 実施例2 0.100mm
- 実施例3 0.090mm
- 実施例4 0.085mm
- 実施例5 0.085mm
- 実施例6 0.085mm

【0133】

撮影距離がで望遠端において、ズームレンズ系が0.3°だけ傾いた場合の像偏心量は、第3レンズ群G3全体が光軸と垂直な方向に上記の各値だけ平行移動するときの像偏心量に等しい。

30

【0134】

各横収差図から明らかなように、軸上像点における横収差の対称性は良好であることがわかる。また、+70%像点における横収差と-70%像点における横収差とを基本状態で比較すると、いずれも湾曲度が小さく、収差曲線の傾斜がほぼ等しいことから、偏心コマ収差、偏心非点収差が小さいことがわかる。このことは、像ぶれ補正状態であっても十分な結像性能が得られていることを意味している。また、ズームレンズ系の像ぶれ補正角が同じ場合には、ズームレンズ系全体の焦点距離が短くなるにつれて、像ぶれ補正に必要な平行移動量が減少する。したがって、いずれのズーム位置であっても、0.3°までの像ぶれ補正角に対して、結像特性を低下させることなく十分な像ぶれ補正を行うことが可能である。

40

【0135】

(数値実施例1)

数値実施例1のズームレンズ系は、図1に示した実施の形態1に対応する。数値実施例1のズームレンズ系の面データを表1に、非球面データを表2に、各種データを表3に示す。

【0136】

表 1 (面データ)

面番号	r	d	nd	vd
-----	---	---	----	----

50

物面					
1	17.47110	0.50000	1.84666	23.8	
2	12.77780	2.78310	1.58332	59.1	
3*	-121.25860	可変			
4	1074.67770	0.30000	1.80470	41.0	
5*	4.48390	2.28830			
6	-14.86000	0.30000	1.74993	45.4	
7	22.02310	0.10110			
8	11.09670	1.01730	1.99537	20.7	
9	-582.95810	可変			10
10(絞り)		可変			
11*	5.09560	2.29220	1.51835	70.3	
12*	-14.41540	0.10000			
13	4.41120	0.99510	1.61293	37.0	
14	6.48110	0.33550	1.99537	20.7	
15	3.45250	可変			
16*	12.08860	1.57190	1.51835	70.3	
17*	-86.86680	可変			
18		0.78000	1.51680	64.2	
19		(BF)			20

像面

【 0 1 3 7 】

表 2 (非球面データ)

第3面

K= 0.00000E+00, A4= 8.11150E-06, A6= 2.84868E-07, A8=-7.06629E-09
A10=-1.13294E-11, A12= 2.98224E-12, A14=-3.38291E-14

第5面

K= 0.00000E+00, A4=-3.87772E-04, A6= 1.65802E-05, A8=-8.20777E-07
A10=-5.66424E-08, A12= 8.68245E-14, A14=-9.37322E-14

第11面

K= 0.00000E+00, A4=-4.72136E-04, A6= 1.05944E-04, A8=-1.77011E-05
A10= 1.67716E-06, A12= 2.85858E-11, A14=-5.33065E-16

第12面

K= 0.00000E+00, A4= 1.14793E-03, A6= 1.03858E-04, A8=-1.21012E-05
A10= 1.63381E-06, A12= 8.68837E-14, A14=-5.37360E-16

第16面

K= 0.00000E+00, A4= 5.38048E-04, A6=-1.94053E-05, A8= 7.05384E-07
A10=-4.75530E-08, A12= 0.00000E+00, A14= 0.00000E+00

第17面

K= 0.00000E+00, A4= 7.12718E-04, A6=-2.24898E-05, A8=-1.43207E-07
A10=-2.28220E-08, A12= 0.00000E+00, A14= 0.00000E+00

【 0 1 3 8 】

表 3 (各種データ)

ズーム比	7.48644		
	広角	中間	望遠
焦点距離	4.6192	12.6485	34.5812
F ナンバー	3.23511	4.16381	6.09975
画角	40.2244	16.5154	6.2061

像高	3.4000	3.8300	3.8300
レンズ全長	34.7276	41.1726	51.0292
B F	0.91665	0.94762	1.00596
d3	0.3000	7.7109	15.0000
d9	8.8683	2.0155	0.3026
d10	3.1500	3.1500	1.4700
d15	4.0014	8.3370	16.1836
d17	4.1268	5.6471	3.7025

ズームレンズ群データ

10

群	始面	焦点距離
1	1	30.64534
2	4	-6.11163
3	11	9.44099
4	16	20.58395

【 0 1 3 9 】

(数値実施例 2)

数値実施例 2 のズームレンズ系は、図 4 に示した実施の形態 2 に対応する。数値実施例 2 のズームレンズ系の面データを表 4 に、非球面データを表 5 に、各種データを表 6 に示す。

20

【 0 1 4 0 】

表 4 (面データ)

面番号	r	d	nd	vd
物面				
1	17.17720	0.50000	1.84666	23.8
2	12.82040	3.39800	1.58332	59.1
3*	-1040.03530	可変		
4	49.05790	0.30000	1.80470	41.0
5	4.70330	2.76380		30
6	-12.77140	0.30000	1.74993	45.4
7	20.36460	0.14240		
8	12.67710	1.13160	1.99537	20.7
9*	-161.40510	可変		
10(絞リ)		0.40000		
11	4.38810	1.95800	1.51742	52.1
12	-21.71750	0.52920		
13*	6.67340	0.98750	1.68400	31.3
14	27.43090	0.40980	1.99537	20.7
15	4.93690	可変		40
16*	10.44690	1.66470	1.51610	63.4
17	41.12910	可変		
18		0.78000	1.51680	64.2
19		(BF)		
像面				

【 0 1 4 1 】

表 5 (非球面データ)

第3面

K= 0.00000E+00, A4= 7.60331E-06, A6=-1.40064E-08, A8= 5.18064E-12

50

第9面

K= 0.00000E+00, A4=-7.53498E-05, A6= 5.33523E-06, A8=-1.30091E-07

第13面

K= 0.00000E+00, A4=-2.27244E-03, A6=-1.03594E-04, A8=-1.57293E-05

第16面

K= 0.00000E+00, A4=-6.83863E-05, A6= 1.60080E-06, A8=-1.50130E-08

【 0 1 4 2 】

表 6 (各種データ)

ズーム比	9.33668			10
	広角	中間	望遠	
焦点距離	4.6175	14.1211	43.1119	
F ナンバー	3.60832	5.11154	6.10735	
画角	40.2454	15.2624	4.9880	
像高	3.4000	3.8300	3.8300	
レンズ全長	39.3423	43.6574	57.1167	
B F	0.91458	0.94559	1.00687	
d3	0.3000	7.2677	17.0255	
d9	14.2762	4.5263	1.3000	
d15	6.0866	8.0162	17.9879	20
d17	2.4999	7.6366	4.5314	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	33.85062
2	4	-6.11220
3	10	9.64373
4	16	26.64214

【 0 1 4 3 】

(数値実施例3)

数値実施例3のズームレンズ系は、図7に示した実施の形態3に対応する。数値実施例3のズームレンズ系の面データを表7に、非球面データを表8に、各種データを表9に示す。

【 0 1 4 4 】

表 7 (面データ)

面番号	r	d	nd	vd	
物面					
1	15.57450	0.50000	1.84666	23.8	
2	11.61700	3.12000	1.58332	59.1	40
3*	-123.69100	可変			
4	-130.31500	0.30000	1.80470	41.0	
5*	4.46700	2.52000			
6	-15.05300	0.30000	1.81600	46.6	
7	80.65800	0.17000			
8	13.14000	0.98000	1.94595	18.0	
9		可変			
10(絞り)		0.30000			
11*	4.45200	2.41000	1.51845	70.0	
12*	-12.78700	0.15000			50

13	5.78700	0.94000	1.65128	38.3
14	14.22600	0.40000	1.84666	23.8
15	3.65500	可変		
16*	15.88120	1.48080	1.58332	59.1
17*	-41.56400	可変		
18		0.78000	1.51680	64.2
19		(BF)		

像面

【 0 1 4 5 】

表 8 (非球面データ)

10

第3面

K= 0.00000E+00, A4= 7.11781E-06, A6= 1.29957E-06, A8=-6.71076E-08
A10= 1.83321E-09, A12=-2.64889E-11, A14= 1.58897E-13

第5面

K= 0.00000E+00, A4=-5.41893E-04, A6=-2.74186E-05, A8= 6.68199E-06
A10=-1.14304E-06, A12= 7.39873E-08, A14=-2.04786E-09

第11面

K= 0.00000E+00, A4=-7.23575E-04, A6= 1.26368E-04, A8=-3.86130E-05
A10= 7.68227E-06, A12= 1.54012E-07, A14=-9.57976E-08

20

第12面

K= 0.00000E+00, A4= 1.78219E-03, A6= 2.08679E-04, A8=-6.97604E-05
A10= 1.87950E-05, A12=-1.02863E-06, A14=-5.57732E-08

第16面

K= 0.00000E+00, A4= 1.30949E-03, A6=-1.04056E-04, A8= 5.71297E-06
A10=-1.30572E-07, A12= 0.00000E+00, A14= 0.00000E+00

第17面

K= 0.00000E+00, A4= 1.62164E-03, A6=-1.33226E-04, A8= 6.62129E-06
A10=-1.45371E-07, A12= 0.00000E+00, A14= 0.00000E+00

30

【 0 1 4 6 】

表 9 (各種データ)

ズーム比	7.49874		
	広角	中間	望遠
焦点距離	4.6532	12.7463	34.8928
F ナンバー	3.39062	4.90571	6.12988
画角	41.3389	16.7103	6.2911
像高	3.6000	3.9020	3.9020
レンズ全長	34.2593	40.6906	48.2454
B F	0.84760	0.82135	0.85243
d3	0.3300	6.2145	13.0000
d9	11.0250	4.7950	0.8900
d15	3.2861	9.9694	15.6596
d17	4.4198	4.5396	3.4926

40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	27.49072
2	4	-5.91501
3	10	9.25782

50

4 16 19.88768

【 0 1 4 7 】

(数値実施例 4)

数値実施例 4 のズームレンズ系は、図 1 0 に示した実施の形態 4 に対応する。数値実施例 4 のズームレンズ系の面データを表 1 0 に、非球面データを表 1 1 に、各種データを表 1 2 に示す。

【 0 1 4 8 】

表 1 0 (面データ)

面番号 物面	r	d	nd	vd	
1	17.80690	0.65000	1.84666	23.8	
2	12.02340	2.89720	1.68863	52.8	
3*	-490.58770	可変			
4	-568.88980	0.30000	1.80470	41.0	
5*	4.57670	2.72240			
6	-14.00980	0.30000	1.81600	46.6	
7	57.28280	0.23580			
8	14.16310	0.95940	1.94595	18.0	
9	-238.76930	可変			20
10(絞リ)		0.30000			
11*	4.54050	2.50870	1.51845	70.0	
12*	-12.42410	0.09640			
13	5.25880	0.79150	1.61720	54.1	
14	7.91350	0.40000	1.84666	23.8	
15	3.45140	可変			
16*	19.39100	1.44050	1.51845	70.0	
17*	-25.14690	可変			
18		0.78000	1.51680	64.2	
19		(BF)			30
像面					

【 0 1 4 9 】

表 1 1 (非球面データ)

第3面

K= 0.00000E+00, A4=-1.66197E-06, A6= 1.18447E-06, A8=-5.02553E-08
A10= 1.07772E-09, A12=-1.09341E-11, A14= 3.78052E-14

第5面

K= 0.00000E+00, A4=-4.17600E-04, A6=-2.66984E-05, A8= 6.86983E-06
A10=-1.12718E-06, A12= 7.40629E-08, A14=-2.01494E-09

第11面

K= 0.00000E+00, A4=-8.97952E-04, A6= 3.92079E-05, A8=-1.95984E-05
A10= 5.00932E-06, A12=-1.50902E-08, A14=-6.09931E-08

第12面

K= 0.00000E+00, A4= 1.25409E-03, A6= 1.63953E-04, A8=-6.69710E-05
A10= 1.81836E-05, A12=-1.60412E-06, A14= 1.17236E-08

第16面

K= 0.00000E+00, A4= 3.11792E-04, A6=-3.13905E-05, A8= 3.12763E-06
A10=-8.84964E-08, A12= 0.00000E+00, A14= 0.00000E+00

第17面

50

K= 0.00000E+00, A4= 4.61277E-04, A6=-5.47272E-05, A8= 4.10270E-06
A10=-1.06668E-07, A12= 0.00000E+00, A14= 0.00000E+00

【 0 1 5 0 】

表 1 2 (各種データ)

ズーム比	7.49976			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	4.6580	12.7581	34.9342	
F ナンバー	3.39823	5.03777	6.09979	
画角	41.2990	16.7820	6.3118	10
像高	3.6000	3.9020	3.9020	
レンズ全長	35.4288	41.1847	49.0736	
B F	0.51608	0.56196	0.60174	
d3	0.3300	5.6409	13.0000	
d9	11.4190	4.8450	0.8900	
d15	4.7279	11.9031	16.5706	
d17	4.0539	3.8518	3.6294	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	
1	1	27.83974	20
2	4	-5.80424	
3	10	9.20549	
4	16	21.35358	

【 0 1 5 1 】

(数値実施例 5)

数値実施例 5 のズームレンズ系は、図 1 3 に示した実施の形態 5 に対応する。数値実施例 5 のズームレンズ系の面データを表 1 3 に、非球面データを表 1 4 に、各種データを表 1 5 に示す。

【 0 1 5 2 】

表 1 3 (面データ)

面番号	r	d	nd	vd	
物面					
1	17.59030	0.10000	1.84666	23.8	
2	12.05100	2.90370	1.68863	52.8	
3*	-330.72000	可変			
4	271.74070	0.10000	1.80470	41.0	
5*	4.47730	2.73660			
6	-13.34660	0.10000	1.81600	46.6	40
7	50.69290	0.24470			
8	13.73350	0.78200	1.94595	18.0	
9	-155.68150	可変			
10(絞り)		0.30000			
11*	4.51360	2.85320	1.51835	70.3	
12*	-14.44820	0.11290			
13	5.08620	0.80600	1.61720	54.1	
14	8.18890	0.10000	1.84666	23.8	
15	3.65980	可変			
16*	12.82370	1.22100	1.51835	70.3	50

17* -96.30810 可変
 18 0.78000 1.51680 64.2
 19 (BF)

像面

【 0 1 5 3 】

表 1 4 (非球面データ)

第3面

K= 0.00000E+00, A4= 2.28372E-07, A6= 1.08244E-06, A8=-4.68071E-08
 A10= 1.08013E-09, A12=-1.30881E-11, A14= 6.55908E-14

10

第5面

K= 0.00000E+00, A4=-4.71832E-04, A6=-6.58602E-06, A8= 2.20339E-06
 A10=-5.35942E-07, A12= 3.89081E-08, A14=-1.21974E-09

第11面

K= 0.00000E+00, A4=-7.78498E-04, A6= 1.25451E-04, A8=-3.94153E-05
 A10= 6.86397E-06, A12= 1.88044E-07, A14=-1.05854E-07

第12面

K= 0.00000E+00, A4= 1.54352E-03, A6= 2.14554E-04, A8=-6.81651E-05
 A10= 1.82498E-05, A12=-1.58009E-06, A14= 5.81997E-09

第16面

K= 0.00000E+00, A4= 2.30584E-04, A6=-3.36495E-05, A8= 3.01234E-06
 A10=-6.81404E-08, A12= 0.00000E+00, A14= 0.00000E+00

20

第17面

K= 0.00000E+00, A4= 4.61443E-04, A6=-7.27211E-05, A8= 4.89642E-06
 A10=-1.04313E-07, A12= 0.00000E+00, A14= 0.00000E+00

【 0 1 5 4 】

表 1 5 (各種データ)

ズーム比	7.50139		
	広角	中間	望遠
焦点距離	4.6572	12.7592	34.9357
F ナンバー	3.48399	4.88905	6.10072
画角	41.1832	16.7027	6.2968
像高	3.6000	3.9020	3.9020
レンズ全長	34.8066	40.7640	48.3093
B F	0.51553	0.55177	0.59663
d3	0.3300	6.4457	13.0000
d9	11.4357	4.9402	0.8900
d15	5.4425	11.4817	17.0872
d17	3.9428	4.2045	3.5954

30

40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	27.02401
2	4	-5.76501
3	10	9.33388
4	16	21.91612

【 0 1 5 5 】

(数値実施例 6)

数値実施例 6 のズームレンズ系は、図 1 6 に示した実施の形態 6 に対応する。数値実施

50

例 6 のズームレンズ系の面データを表 1 6 に、非球面データを表 1 7 に、各種データを表 1 8 に示す。

【 0 1 5 6 】

表 1 6 (面データ)

面番号 物面	r	d	nd	vd
1	17.10190	0.10000	1.84666	23.8
2	13.09290	3.62540	1.58332	59.1
3*	-1065.78530	可変		
4	39.97580	0.10000	1.80470	41.0
5	4.65370	2.80340		
6	-12.23240	0.10000	1.74993	45.4
7	19.13300	0.13110		
8	12.12160	0.92740	1.99537	20.7
9*	-138.86710	可変		
10(絞り)		0.40000		
11	4.45740	2.05640	1.51742	52.1
12	-18.97810	0.43600		
13*	6.90660	0.97290	1.68400	31.3
14	36.26920	0.10000	1.99537	20.7
15	5.31850	可変		
16*	8.99580	1.40660	1.51610	63.4
17	32.28760	可変		
18		0.78000	1.51680	64.2
19		(BF)		
像面				

10

20

【 0 1 5 7 】

表 1 7 (非球面データ)

第3面

K= 0.00000E+00, A4= 8.25308E-06, A6=-1.22493E-08, A8= 5.15824E-12

第9面

K= 0.00000E+00, A4=-6.10967E-05, A6= 3.19013E-06, A8= 1.35922E-08

第13面

K= 0.00000E+00, A4=-2.14168E-03, A6=-1.10355E-04, A8=-1.28631E-05

第16面

K= 0.00000E+00, A4=-9.54847E-05, A6= 6.90485E-07, A8= 1.09447E-08

【 0 1 5 8 】

表 1 8 (各種データ)

ズーム比	9.33315		
	広角	中間	望遠
焦点距離	4.6153	14.1102	43.0756
F ナンバー	3.60552	5.07671	6.10243
画角	40.1883	15.4550	5.0077
像高	3.4000	3.8300	3.8300
レンズ全長	38.9420	44.0812	56.8186
B F	0.91359	0.94299	0.99154
d3	0.3093	7.1620	17.3053

30

40

50

d9	14.1863	4.4186	1.1242
d15	7.0504	10.3714	18.6596
d17	2.5432	7.2470	4.7988

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	33.38187
2	4	-6.10281
3	10	9.87390
4	16	23.67565

10

【 0 1 5 9 】

以下の表 1 9 に、各数値実施例のズームレンズ系における各条件の対応値を示す。

【 0 1 6 0 】

表 1 9 (条件の対応値)

【表 1】

条件	実施例					
	1	2	3	4	5	6
(1-3)	69.84	80.98	56.87	58.83	67.40	83.55
(a)	40.37	40.37	41.43	41.40	41.40	40.37
(b)	7.50	9.35	7.51	7.52	7.52	9.35
(2)	1.25	1.45	1.24	1.24	1.21	1.41
(3)	0.14	0.10	0.14	0.14	0.14	0.09
(4)	5.59	6.38	5.45	5.41	5.49	6.53
(5)	12.23	17.67	11.73	12.59	12.92	15.70
(6)	4.47	5.78	4.28	4.59	4.71	5.14
(7)	0.53	0.52	0.51	0.49	0.50	0.53
(8)	0.36	0.36	0.35	0.32	0.24	0.30
(9)	-0.17	-0.13	-0.19	-0.16	-0.16	-0.13
(10)	-886.55	-1178.24	-860.83	-533.04	-3425.54	-6238.73
(11)	82.64	93.13	66.17	72.23	69.95	86.08
(12)	-20.37	-20.37	-19.72	-19.35	-57.65	-61.03
(13)	-20.37	-20.37	-19.72	-19.35	-57.65	-61.03

10

20

30

40

【産業上の利用可能性】

【0161】

本発明に係るズームレンズ系は、デジタルカメラ、携帯電話機器、PDA (Personal Digital Assistance)、監視システムにおける監視カメラ、Webカメラ、車載カメラ等のデジタル入力装置に適用可能であり、特にデジタルカメラ等の高画質が要求される撮影光学系に好適である。

50

【符号の説明】

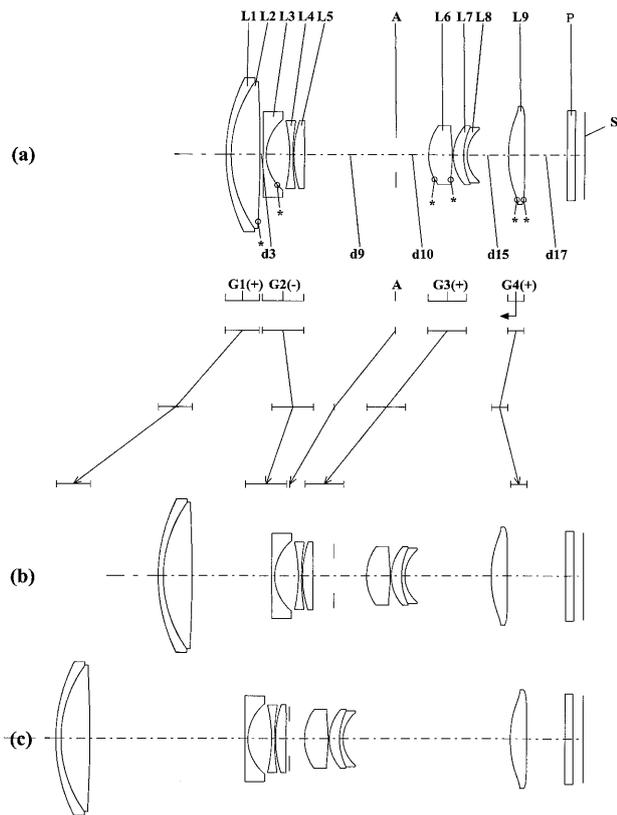
【 0 1 6 2 】

- G 1 第 1 レンズ群
- G 2 第 2 レンズ群
- G 3 第 3 レンズ群
- G 4 第 4 レンズ群
- L 1 第 1 レンズ素子
- L 2 第 2 レンズ素子
- L 3 第 3 レンズ素子
- L 4 第 4 レンズ素子
- L 5 第 5 レンズ素子
- L 6 第 6 レンズ素子
- L 7 第 7 レンズ素子
- L 8 第 8 レンズ素子
- L 9 第 9 レンズ素子
- A 開口絞り
- P 平行平板
- S 像面
- 1 ズームレンズ系
- 2 撮像素子
- 3 液晶モニタ
- 4 筐体
- 5 主鏡筒
- 6 移動鏡筒
- 7 円筒カム

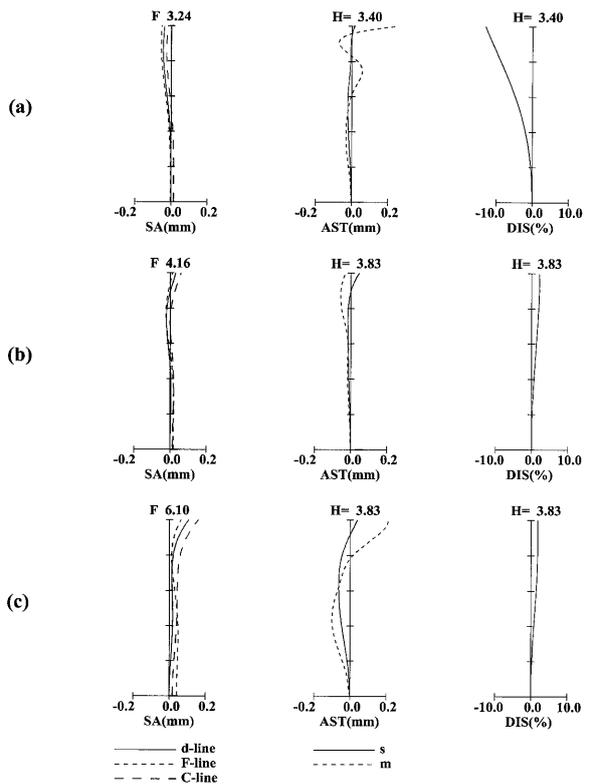
10

20

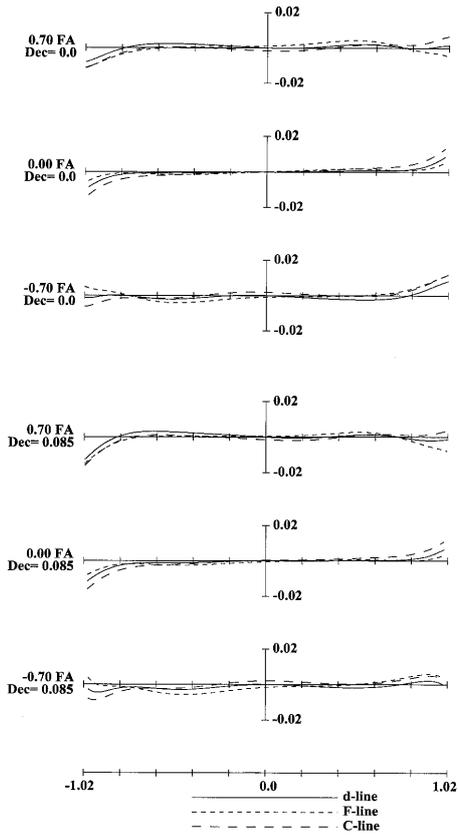
【 図 1 】



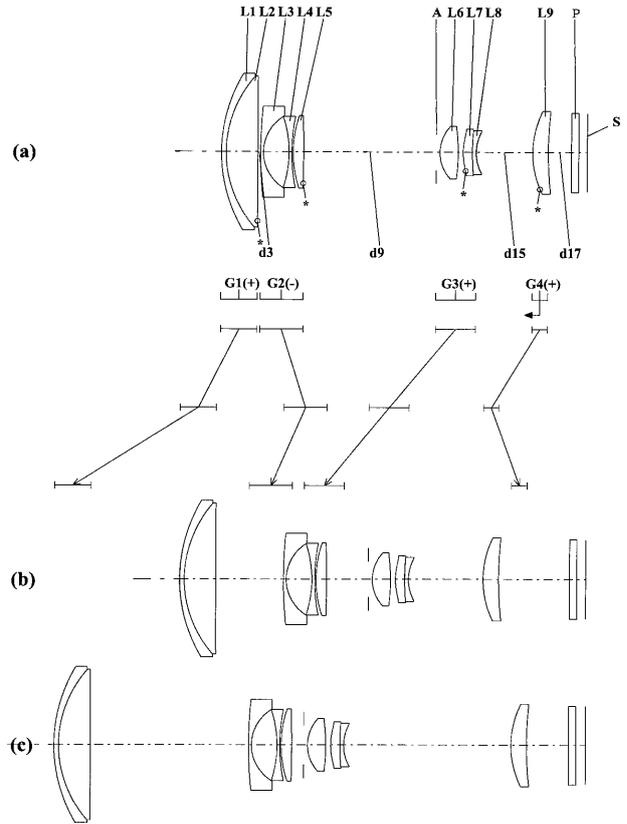
【 図 2 】



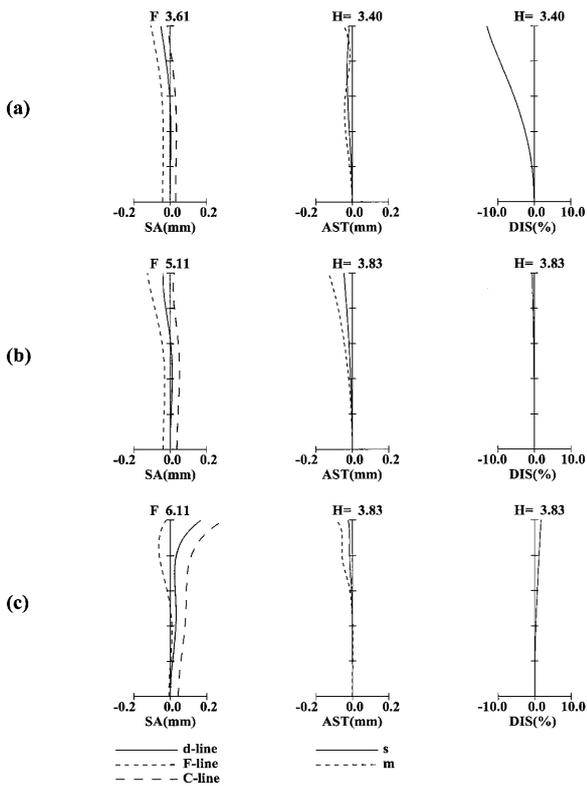
【 図 3 】



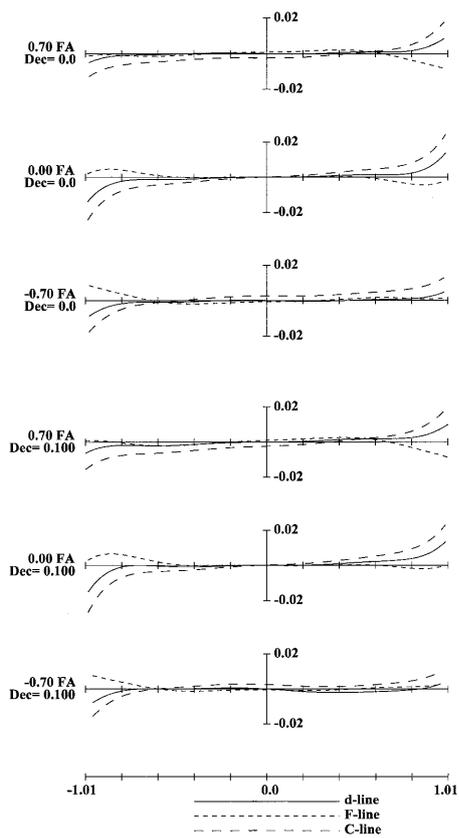
【 図 4 】



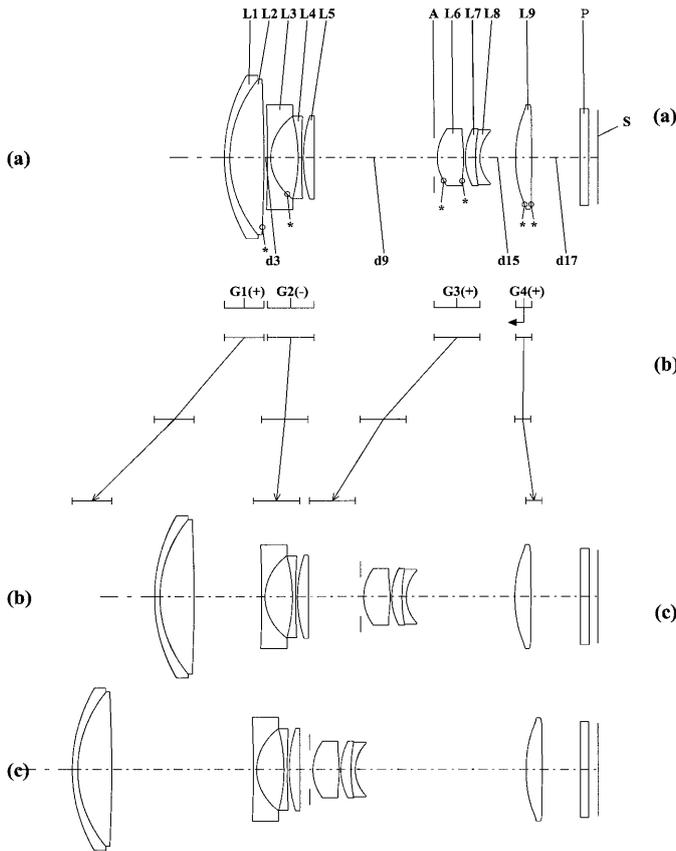
【 図 5 】



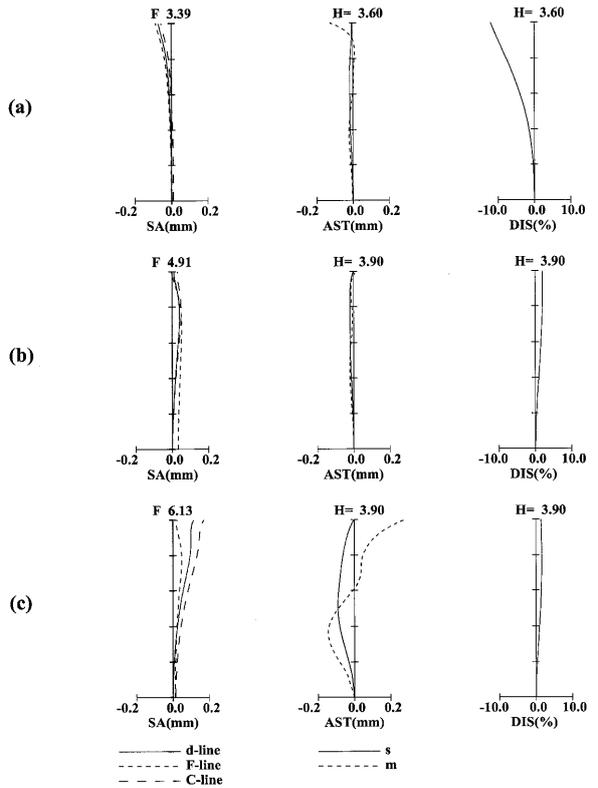
【 図 6 】



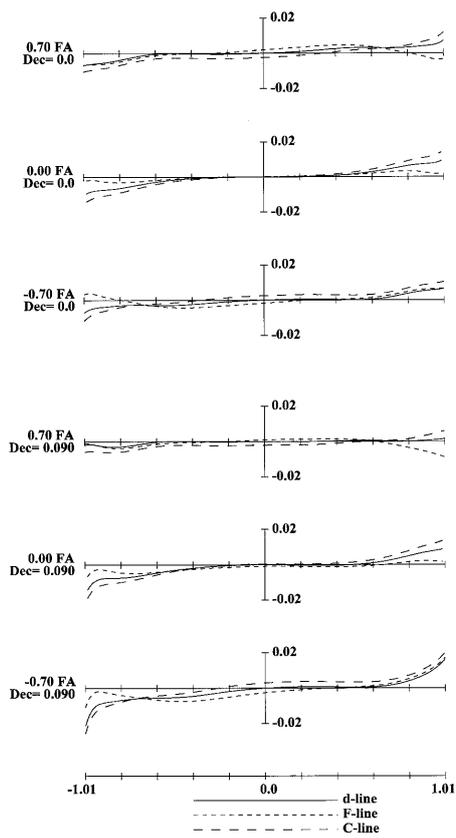
【 図 7 】



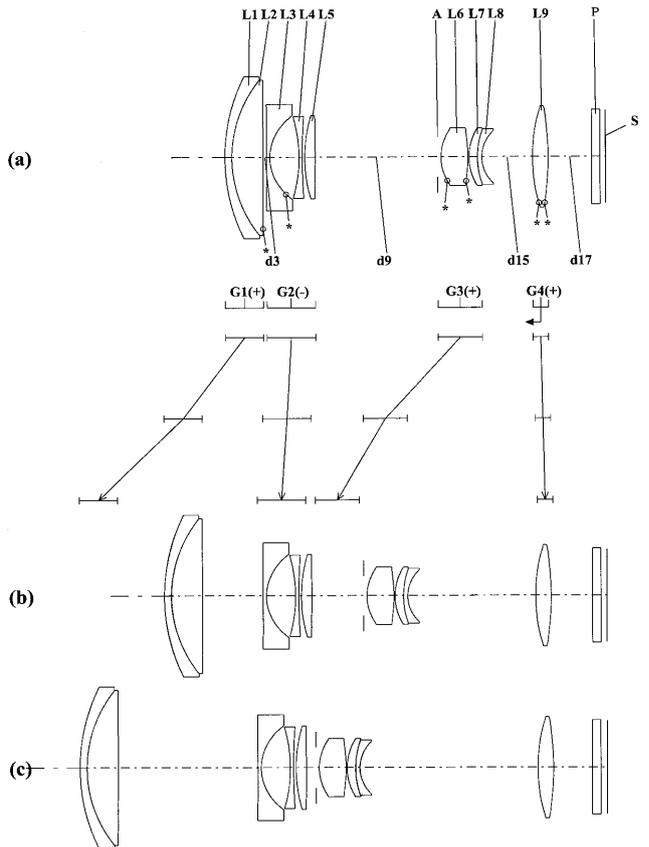
【 図 8 】



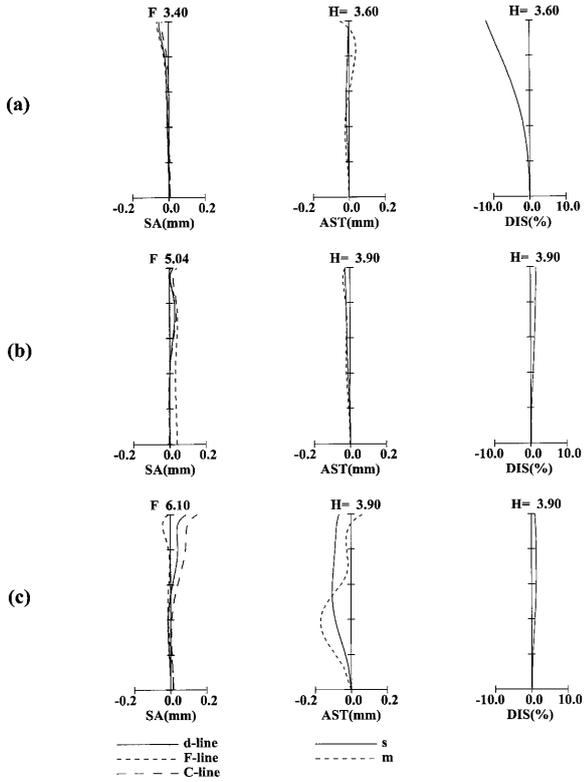
【 図 9 】



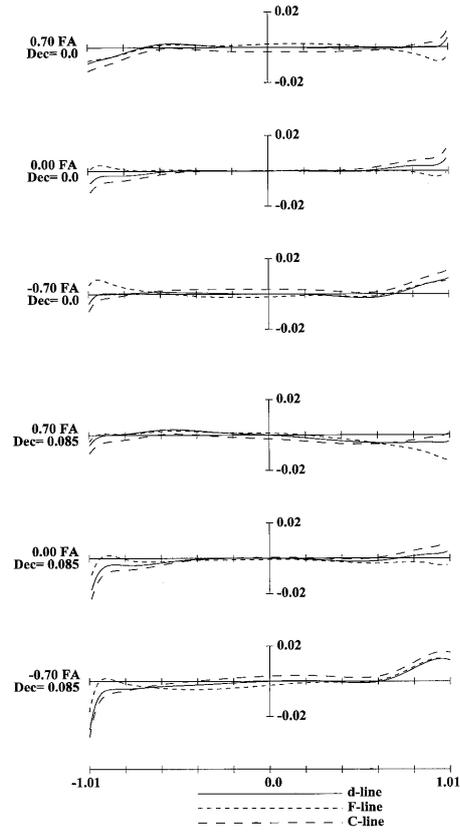
【 図 10 】



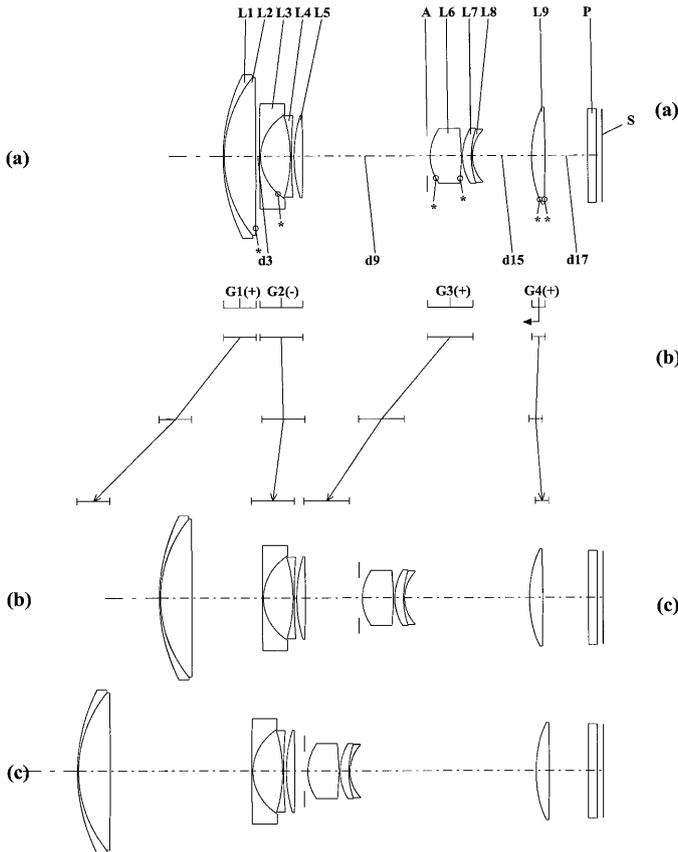
【 図 1 1 】



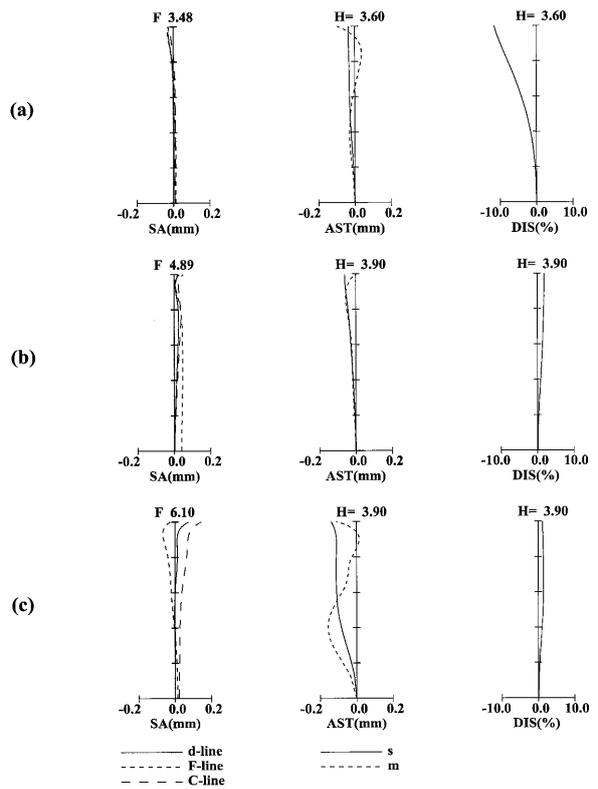
【 図 1 2 】



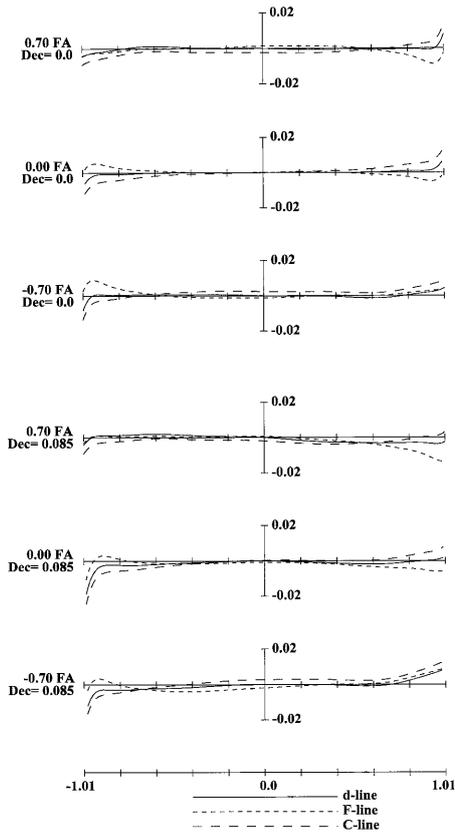
【 図 1 3 】



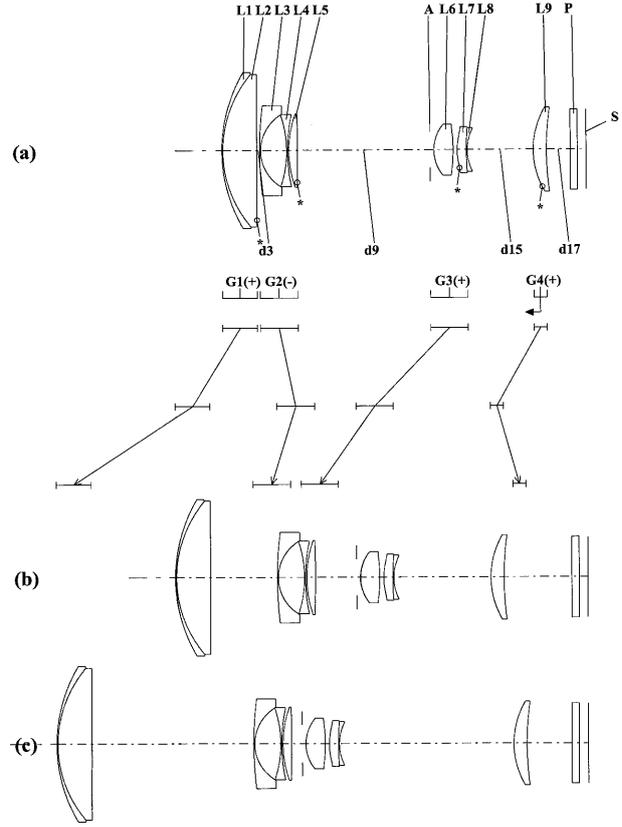
【 図 1 4 】



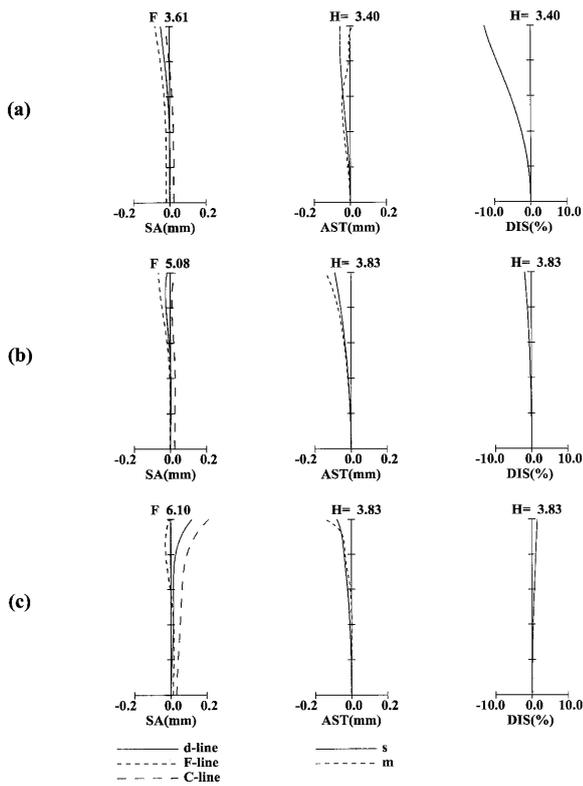
【 図 1 5 】



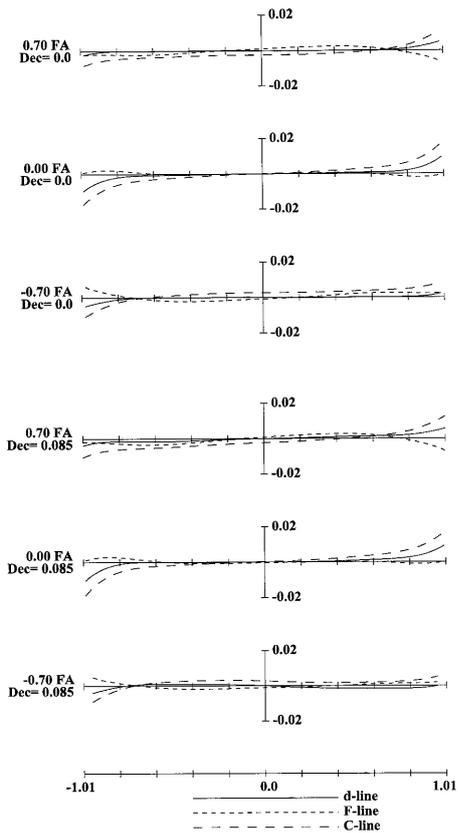
【 図 1 6 】



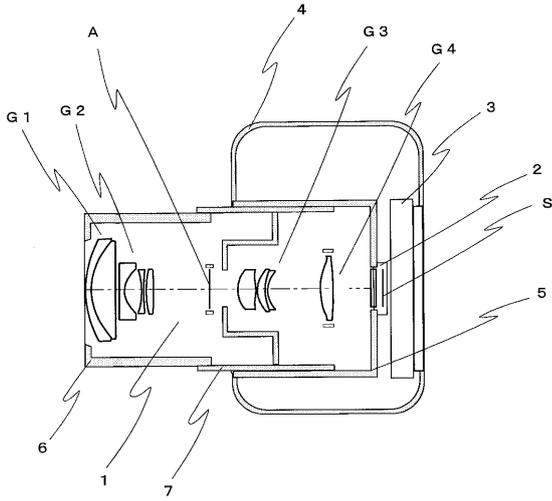
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【図 19】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 KA02 KA03 MA15 NA07 PA07 PA19 PB09 QA02 QA06
QA07 QA17 QA21 QA26 QA32 QA34 QA42 QA45 RA05 RA12
RA13 RA36 RA42 RA43 RA44 SA23 SA27 SA29 SA32 SA62
SA63 SA64 SA65 SB03 SB14 SB24 SB32