

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5110104号
(P5110104)

(45) 発行日 平成24年12月26日 (2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月19日 (2012.10.19)

(51) Int.Cl.

F I

GO 2 B 13/24 (2006.01)

GO 2 B 13/18 (2006.01)

GO 2 B 13/24

GO 2 B 13/18

請求項の数 14 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2010-42006 (P2010-42006)	(73) 特許権者	000004112
(22) 出願日	平成22年2月26日 (2010.2.26)		株式会社ニコン
(65) 公開番号	特開2011-180225 (P2011-180225A)		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(43) 公開日	平成23年9月15日 (2011.9.15)	(74) 代理人	100140800
審査請求日	平成24年2月20日 (2012.2.20)		弁理士 保坂 丈世
		(72) 発明者	佐藤 治夫
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
			式会社ニコン内
		(72) 発明者	村谷 真美
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
			式会社ニコン内
		審査官	原田 英信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮影レンズ、この撮影レンズを有する光学機器、及び、撮影レンズの製造方法

(57) 【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レンズ群と、
正の屈折力を有する第2レンズ群と、
正の屈折力を有する第3レンズ群と、を有し、
無限遠から近距離物点に合焦する際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間の
空気間隔が変化するように、前記第1レンズ群または前記第2レンズ群の少なくとも一方が
移動し、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、無
限遠合焦時の全系の焦点距離を f_0 としたとき、下記の式

$$0.2 < (-f_1) / f_0 < 1.7$$

$$0.4 < f_2 / f_0 < 1.25$$

の条件を満足する撮影レンズ。

【請求項2】

無限遠から近距離物点に合焦する際に、前記第1レンズ群と第2レンズ群との間の空気
間隔が広がるように、前記第1レンズ群または前記第2レンズ群の少なくとも一方が移動
する請求項1に記載の撮影レンズ。

【請求項3】

無限遠から近距離物点に合焦する際に、前記第2レンズ群と第3レンズ群との間の空気

10

20

間隔が狭まるように、前記第 2 レンズ群または前記第 3 レンズ群の少なくとも一方が移動する請求項 1 または 2 に記載の撮影レンズ。

【請求項 4】

前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 としたとき、次式、

$$0.4 < f_3 / f_0 < 100.0$$

の条件を満足する請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の撮影レンズ。

【請求項 5】

像側から物体側に移動する場合の移動量を正の値として、無限遠合焦時から撮影倍率等倍（- 1.0 倍）時の前記第 1 レンズ群 G 1 の移動量を X_1 としたとき、次式

$$0.05 < X_1 / f_0 < 0.80$$

の条件式を満足する請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の撮影レンズ。

【請求項 6】

無限遠合焦時の前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間の空気間隔から、近距離物点合焦時の当該空気間隔を差し引いた値を D_{23} としたとき、次式、

$$0.5 < D_{23} / f_0 < 5.0$$

の条件式を満足する請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の撮影レンズ。

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群は、少なくとも 1 枚の正レンズと 1 枚の負レンズとを有する請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の撮影レンズ。

【請求項 8】

前記第 1 レンズ群は、少なくとも 1 枚の正レンズと 2 枚の負レンズとを有する請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の撮影レンズ。

【請求項 9】

前記第 2 レンズ群は、少なくとも 1 枚の非球面レンズを有する請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の撮影レンズ。

【請求項 10】

前記第 3 レンズ群は、少なくとも 2 枚の正レンズと 1 枚の負レンズとを有する請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の撮影レンズ。

【請求項 11】

前記第 2 レンズ群は、近距離物点合焦時に、物体側から像側に移動する請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の撮影レンズ。

【請求項 12】

前記第 2 レンズ群 G 2 は、近距離物点合焦時に、像側に対して固定されている請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の撮影レンズ。

【請求項 13】

請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載の撮影レンズを有する光学機器。

【請求項 14】

物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群とを有する撮影レンズの製造方法であって、

無限遠から近距離物点に合焦する際に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間の空気間隔が変化するように、前記第 1 レンズ群または前記第 2 レンズ群の少なくとも一方が移動するように配置し、

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とし、無限遠合焦時の全系の焦点距離を f_0 としたとき、下記の式

$$0.2 < (-f_1) / f_0 < 1.7$$

$$0.4 < f_2 / f_0 < 1.25$$

の条件を満足するように配置する撮影レンズの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、撮影レンズ、この撮影レンズを有する光学機器、及び、撮影レンズの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、無限遠物点から撮影倍率等倍（-1.0倍）までの合焦が可能なマクロ（マイクロ）レンズが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平7-181390号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に示すような従来技術では、各レンズ群、特に第1レンズ群の合焦の際の移動量が大きく、現在主流となっている、鏡筒内部に駆動モーターを備えた交換レンズに使用するには、この移動量のために使用できなかった。また、無限遠合焦時の鏡筒長を短く保ち、小型で、コンパクトな鏡筒を望む場合、大きな繰り出し量は鏡筒構造を構成することも困難であった。また、従来技術の延長線上で小型化を進めつつ、特に第1レンズ群の移動量を小さくした場合、合焦による球面収差の変動、像面湾曲の変動をコントロールするのが困難になり、更なる改良の余地があった。

20

【0005】

本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、小型で、光学性能が良好に補正された撮影レンズ、この撮影レンズを有する光学機器、及び、撮影レンズの製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

前記課題を解決するために、本発明に係る撮影レンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、を有し、無限遠から近距離物点に合焦する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間の空気間隔が変化するように、第1レンズ群または第2レンズ群の少なくとも一方が移動し、第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、無限遠合焦時の全系の焦点距離を f_0 としたとき、下記の式

30

$$0.2 < (-f_1) / f_0 < 1.7$$

$$0.4 < f_2 / f_0 < 1.25$$

の条件を満足する。

【0007】

また、この撮影レンズは、無限遠から近距離物点に合焦する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間の空気間隔が広がるように、第1レンズ群または第2レンズ群の少なくとも一方が移動することが好ましい。

【0008】

40

また、この撮影レンズは、無限遠から近距離物点に合焦する際に、第2レンズ群と第3レンズ群との間の空気間隔が狭まるように、第2レンズ群または第3レンズ群の少なくとも一方が移動することが好ましい。

【0010】

また、この撮影レンズは、第3レンズ群の焦点距離を f_3 としたとき、次式

$$0.4 < f_3 / f_0 < 100.0$$

の条件を満足することが好ましい。

【0011】

また、この撮影レンズは、像側から物体側に移動する場合の移動量を正の値として、無限遠合焦時から撮影倍率等倍（-1.0倍）時の第1レンズ群 G_1 の移動量を X_1 とした

50

とき、次式

$$0.05 < X1 / f0 < 0.80$$

の条件式を満足することが好ましい。

【0012】

また、この撮影レンズは、無限遠合焦時の第2レンズ群と第3レンズ群との間の空気間隔から、近距離物点合焦時の当該空気間隔を差し引いた値を $D23$ としたとき、次式、

$$0.5 < D23 / f0 < 5.0$$

の条件式を満足することが好ましい。

【0013】

また、この撮影レンズにおいて、第1レンズ群は、少なくとも1枚の正レンズと1枚の負レンズとを有することが好ましい。

10

【0014】

あるいは、第1レンズ群は、少なくとも1枚の正レンズと2枚の負レンズとを有することが好ましい。

【0015】

また、この撮影レンズにおいて、第2レンズ群は、少なくとも1枚の非球面レンズを有することが好ましい。

【0016】

また、この撮影レンズにおいて、第3レンズ群は、少なくとも2枚の正レンズと1枚の負レンズとを有することが好ましい。

20

【0017】

また、この撮影レンズにおいて、第2レンズ群は、近距離物点合焦時に、物体側から像側に移動することが好ましい。

【0018】

あるいは、第2レンズ群 $G2$ は、近距離物点合焦時に、像側に対して固定されていることが好ましい

【0019】

また、本発明に係る光学機器は、上述の撮影レンズのいずれかを備えて構成される。

【0020】

また、本発明に係る撮影レンズの製造方法は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とを有する撮影レンズの製造方法であって、無限遠から近距離物点に合焦する際に、第1レンズ群と第2レンズ群との間の空気間隔が変化するように、第1レンズ群または第2レンズ群の少なくとも一方が移動するように配置し、第1レンズ群の焦点距離を $f1$ とし、第2レンズ群の焦点距離を $f2$ とし、無限遠合焦時の全系の焦点距離を $f0$ としたとき、下記の式

30

$$0.2 < (-f1) / f0 < 1.7$$

$$0.4 < f2 / f0 < 1.25$$

の条件を満足するように配置する。

【発明の効果】

40

【0021】

本発明に係る撮影レンズ、この撮影レンズを有する光学機器、及び、撮影レンズの製造方法を以上のように構成すると、一眼レフ等の撮像装置に好適な、小型で、全長変化の少ない、鏡筒内モーター駆動に最適なものを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】第1実施例による撮影レンズの構成を示す断面図である。

【図2】第1実施例の諸収差図であり、(a)は無遠合焦状態における諸収差図であり、(b)は撮影倍率等倍(-1.0倍)状態における諸収差図である。

【図3】第2実施例による撮影レンズの構成を示す断面図である。

50

【図４】第２実施例の諸収差図であり、（ａ）は無限遠合焦状態における諸収差図であり、（ｂ）は撮影倍率等倍（－１．０倍）状態における諸収差図である。

【図５】第３実施例による撮影レンズの構成を示す断面図である。

【図６】第３実施例の諸収差図であり、（ａ）は無限遠合焦状態における諸収差図であり、（ｂ）は撮影倍率等倍（－１．０倍）状態における諸収差図である。

【図７】第４実施例による撮影レンズの構成を示す断面図である。

【図８】第４実施例の諸収差図であり、（ａ）は無限遠合焦状態における諸収差図であり、（ｂ）は撮影倍率等倍（－１．０倍）状態における諸収差図である。

【図９】第５実施例による撮影レンズの構成を示す断面図である。

【図１０】第５実施例の諸収差図であり、（ａ）は無限遠合焦状態における諸収差図であり、（ｂ）は撮影倍率等倍（－１．０倍）状態における諸収差図である。

10

【図１１】本実施形態に係る撮影レンズを搭載するデジタル一眼レフカメラの断面図を示す。

【図１２】本実施形態に係る撮影レンズの製造方法を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００２３】

以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。図１に示すように、本撮影レンズＳＬは、物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３とから構成される。そして、無限遠から近距離物点に合焦する際に、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間の空気間隔が変化するように、第１レンズ群Ｇ１または第２レンズ群Ｇ２の少なくとも一方が移動する。

20

【００２４】

また、この撮影レンズＳＬは、無限遠から近距離物点に合焦する際に、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間の空気間隔が広がって変化するように、第１レンズ群Ｇ１または第２レンズ群Ｇ２の少なくとも一方が移動することが望ましい。この構成により、第１レンズ群Ｇ１または第２レンズ群Ｇ２の少なくとも一方が移動する際の移動量を少なくすることができる。

【００２５】

30

また、この撮影レンズＳＬは、無限遠から近距離物点に合焦する際に、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との間の空気間隔が狭まって変化するように、第２レンズ群Ｇ２または第３レンズ群Ｇ３の少なくとも一方が移動することが望ましい。この構成により、第２レンズ群Ｇ２または第３レンズ群Ｇ３の少なくとも一方が移動する際の移動量を少なくできる。

【００２６】

一般に、撮影レンズ（マクロレンズ）は正レンズ群先行型レンズが主流である。しかしながら、小型で、十分な画角を保ち、また、十分なバックフォーカスを保ち、光学性能を満足する光学系を目指した結果、新たな負レンズ群先行型マクロレンズを提案することができた。特に、本実施形態の撮影レンズＳＬは、第１レンズ群Ｇ１を比較的強い屈折力で構成することに特徴がある。その効果は第１レンズ群Ｇ１の合焦による移動量を減少させ、かつ良好な光学性能を保つ効果がある。

40

【００２７】

このような撮影レンズＳＬを構成するための条件について説明する。本実施形態の撮影レンズＳＬは、第１レンズ群Ｇ１の焦点距離を f_1 とし、無限遠合焦時の全系の焦点距離を f_0 としたとき、以下の条件式（１）を満足することが望ましい。

次式

【００２８】

$$0.2 < (-f_1) / f_0 < 1.7 \quad (1)$$

【００２９】

50

条件式(1)は、負の屈折力を有する第1レンズ群G1の適切な焦点距離、すなわち屈折力を既定する条件式である。この条件式(1)の上限値を上回ると、負の屈折力を有する第1レンズ群G1の屈折力が弱まるため、撮影倍率等倍まで合焦した時の繰り出し量が大きくなり、鏡筒内モーター駆動の際に不利になり、この撮影レンズSLを構成することができなくなる。また、移動量を少なくなるように他のレンズ群の屈折力を強めれば、特に球面収差が悪化し好ましくない。ここで、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(1)の上限値を1.6にすることが好ましく、良好な収差補正が可能になる。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(1)の上限値を1.5にすることが更に好ましい。更に、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(1)の上限値を1.4にすることが更に好ましく、本実施形態の効果を最大限に発揮できる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(1)の上限値を1.3, 1.2にすることが更に好ましい。反対に、条件式(1)の下限値を下回ると、負の屈折力を有する第1レンズ群G1の屈折力が強まるため、合焦時の収差変動、特に像面湾曲、非点収差の変動が急増し、好ましくない。また、歪曲収差も大きくなり好ましくない。ここで、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(1)の下限値を0.3にすることが好ましく、良好な収差補正が可能になる。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(1)の下限値を0.4にすることが更に好ましい。更に、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(1)の下限値を0.5にすることが更に好ましく、本実施形態の効果を最大限に発揮できる。

10

【0030】

20

また、本実施形態の撮影レンズSLは、第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、無限遠合焦時の全系の焦点距離を f_0 としたとき、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

【0031】

$$0.40 < f_2 / f_0 < \underline{1.25} \quad (2)$$

【0032】

条件式(2)は、正の屈折力を有する第2レンズ群G2の適切な焦点距離、すなわち屈折力を既定する条件式である。この条件式(2)の上限値を上回ると、正の屈折力を有する第2レンズ群G2の屈折力が弱まるため、第2レンズ群G2が移動レンズ群の場合、撮影倍率等倍まで合焦した時の繰り出し量が大きくなり、鏡筒内モーター駆動の際に不利になり、この撮影レンズSLを構成することができなくなる。また、移動量が少なくなるように他のレンズ群の屈折力を強めれば、合焦時の収差変動、特に像面湾曲及び非点収差が悪化し、好ましくない。ここで、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(2)の上限値を1.50にすることが好ましく、前述の諸収差の補正がより有利になる。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(2)の上限値を1.24にすることが更に好ましく、本実施形態の効果を最大限に発揮できる。反対に、条件式(2)の下限値を下回ると、正の屈折力を有する第2レンズ群G2の屈折力が強まるため、合焦時の収差変動、特に球面収差の変動が急増し、好ましくない。ここで、本実施形態の効果を確実にするために条件式(2)の下限値を0.50にすることが好ましく、諸収差の補正に有利となる。更に、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(2)の下限値を0.60にすることが更に好ましい。更に、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(2)の下限値を0.72にすることが好ましく、本実施形態の効果を最大限に発揮できる。また、本実施形態の効果をより更に確実にするために、条件式(1)の上限値を0.75, 0.89にすることが更に好ましい。

30

40

【0033】

また、本実施形態の撮影レンズSLは、第3レンズ群G3の焦点距離を f_3 とし、無限遠合焦時の全系の焦点距離を f_0 としたとき、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

【0034】

$$0.4 < f_3 / f_0 < 100.0 \quad (3)$$

50

【 0 0 3 5 】

条件式(3)は、正の屈折力を有する第3レンズ群G3の適切な焦点距離、すなわち屈折力を既定する条件式である。この条件式(3)の上限値を上回ると、正の屈折力を有する第3レンズ群G3の屈折力が弱まるため、各レンズ群の繰り出し量が増し、また、全長変化が増し、鏡筒内モーター駆動の際に不利になり、この撮影レンズSLを構成することができなくなるので、好ましくない。また、第2レンズ群G2と当該第3レンズ群G3との間の空気間隔が減少し、結果的に大型化を招くので、好ましくない。また、各レンズ群の移動量を無理に抑えれば、合焦時の収差変動、特に像面湾曲及び非点収差が悪化し、好ましくない。ここで、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(3)の上限値を98.0にすることが好ましく、像面湾曲及び非点収差について、より好ましい結果が得られる。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(3)の上限値を95.0にすることが更に好ましい。更に、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(3)の上限値を93.0にすることが更に好ましく、本実施形態の効果を最大限に発揮できる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(3)の上限値を2.0にすることが更に好ましい。更に、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(3)の上限値を1.8, 1.5, 1.3にすることが更に好ましい。反対に、条件式(3)の下限値を下回ると、正の屈折力を有する第3レンズ群G3の屈折力が強まるため、バックフォーカスが減少し、射出瞳も近づき、オートフォーカスカメラ用光学系としては不向きになる。また、合焦時の収差変動、特に像面湾曲及び非点収差が悪化し、好ましくない。ここで、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(3)の下限値を0.5にすることが好ましく、諸収差の補正がより良好になる。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(3)の下限値を0.6にすることが更に好ましい。更に、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(3)の下限値を0.7にすることが好ましく、本実施形態の効果を最大限に発揮できる。

【 0 0 3 6 】

また、本実施形態の撮影レンズSLは、像側から物体側に移動する場合の移動量を正の値として、無限遠合焦時から撮影倍率等倍(-1.0倍)時までの第1レンズ群G1の移動量をX1とし、無限遠合焦時の全系の焦点距離をf0としたとき、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

【 0 0 3 7 】

$$0.05 < X1 / f0 < 0.80 \quad (4)$$

【 0 0 3 8 】

条件式(4)は、負の屈折力を有する第1レンズ群G1の最適な移動量を規定する条件式である。この条件式(4)の上限値を上回ると、負の屈折力を有する第1レンズ群G1の移動量が著しく大きくなり、また、撮影倍率等倍まで合焦した時の繰り出し量が大きくなり、鏡筒内モーター駆動の際に不利になり、この撮影レンズSLを構成することができなくなる。また、歪曲収差の変動が増すので好ましくない。ここで、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(4)の上限値を0.65にすることが好ましく、小型化と諸収差の補正とが有利になる。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(4)の上限値を0.50にすることが更に好ましい。更に、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(4)の上限値を0.42にすることが更に好ましく、本実施形態の効果を最大限に発揮できる。反対に、条件式(4)の下限値を下回ると、負の屈折力を有する第1レンズ群G1の移動量が著しく小さくなり、同様の撮影倍率を確保した場合、各レンズ群を強いパワーで構成する必要があり、結果的に球面収差が悪化し、像面湾曲の変動も増加するので好ましくない。また、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を0.10にすることが好ましく、諸収差の補正がより良好にできる。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(4)の下限値を0.15にすることが好ましい。更に、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(4)の下限値を0.20にすることが好ましく、本実施形態の効果を最大限に発揮できる。

【 0 0 3 9 】

また、本実施形態の撮影レンズSLは、無限遠合焦時の第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間の空気間隔から、近距離物点合焦時の当該空気間隔を差し引いた値をD23としたとき、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

【0040】

$$0.5 < D23 / f0 < 5.0 \quad (5)$$

【0041】

条件式(5)は、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔の合焦時の変化量について最適値を設定する条件式である。この条件式(5)の上限を上回ると、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔の合焦変化が大きくなることを意味する。この場合、全長変化が増し、大型化を招き、ひいては鏡筒内モーター駆動の際に不利になり、この撮影レンズSLを構成することができなくなる。また、無理に小型化をするために各レンズ群の動きを制限し、屈折力を強めた場合、像面湾曲及び非点収差の変動が悪化し好ましくない。ここで、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(5)の上限値を4.0にすることが好ましく、諸収差の補正がより良好にできる。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(5)の上限値を3.5にすることが好ましい。更に、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(5)の上限値を3.0にすることが好ましく、本実施形態の効果を最大限に発揮できる。反対に、条件式(5)の下限値を下回ると、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔の合焦変化が小さくなることを意味する。この場合、十分な倍率変化を得ようとした場合、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との屈折力を強める必要があり、球面収差の悪化、像面湾曲の変動の増加を招き好ましくない。ここで、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(5)の下限値を1.0にすることが好ましく、諸収差の補正がより良好にできる。また、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(5)の下限値を1.5にすることが好ましい。更に、本実施形態の効果を更に確実にするために、条件式(5)の下限値を1.2にすることが好ましく、本実施形態の効果を最大限に発揮できる。

【0042】

また、本実施形態の撮影レンズSLにおいて、第1レンズ群G1は、少なくとも1枚の正レンズと1枚の負レンズとを有することが望ましく、これにより色収差及び歪曲収差を良好に補正することができる。あるいは、第1レンズ群G1は、少なくとも1枚の正レンズと2枚の負レンズとを有していてもよく、この場合も色収差及び歪曲収差を良好に補正することができる。

【0043】

また、本実施形態の撮影レンズSLにおいて、第2レンズ群G2は、少なくとも1枚の非球面レンズを有することが望ましく、これにより球面収差を良好に補正することができる。あるいは、第1レンズ群G1は、少なくとも1枚の非球面レンズを有することが望ましく、これにより歪曲収差及び像面湾曲を良好に補正することができる。

【0044】

また、この撮影レンズにおいて、第3レンズ群G3は、少なくとも2枚の正レンズと1枚の負レンズとを有することが望ましく、これにより球面収差を良好に補正することができる。

【0045】

また、本実施形態の撮影レンズSLにおいて、第2レンズ群G2は、近距離物点合焦時に、物体側から像側に移動することが望ましく、像面湾曲の変動を抑える効果がある。あるいは、第2レンズ群G2は、近距離物点合焦時に、像側に対して固定されていてもよく、移動レンズ群が少なくなり、鏡筒設計的に構造が単純になり、モーターによる合焦駆動に対する負担も減らすことができる。

【0046】

図11に、上述の撮影レンズSLを備える光学機器として、デジタル一眼レフカメラ1(以後、単にカメラと記す)の略断面図を示す。このカメラ1において、不図示の物体(被写体)からの光は、撮影レンズ2(撮影レンズSL)で集光されて、クイックリターン

10

20

30

40

50

ミラー 3 を介して焦点板 4 に結像される。そして、焦点板 4 に結像された光は、ペンタプリズム 5 中で複数回反射されて接眼レンズ 6 へと導かれる。これにより、撮影者は、物体（被写体）像を接眼レンズ 6 を介して正立像として観察することができる。

【 0 0 4 7 】

また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、クイックリターンミラー 3 が光路外へ退避し、撮影レンズ 2 で集光された不図示の物体（被写体）の光は撮像素子 7 上に被写体像を形成する。これにより、物体（被写体）からの光は、当該撮像素子 7 により撮像され、物体（被写体）画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者は本カメラ 1 による物体（被写体）の撮影を行うことができる。なお、図 1 1 に記載のカメラ 1 は、撮影レンズ S L を着脱可能に保持するものでも良く、撮影レンズ S L と一体に成形されるものでも良い。また、カメラ 1 は、いわゆる一眼レフカメラでも良く、クイックリターンミラー等を有さないコンパクトカメラでも良い。

【 0 0 4 8 】

以下に記載の内容は、光学特性を損なわない範囲で適宜採用可能である。

【 0 0 4 9 】

上述の説明及び以降に示す実施形態においては、3 群構成を示したが、4 群等の他の群構成にも適用可能である。また、物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。また、レンズ群とは、変倍時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも 1 枚のレンズを有する部分を示す。

【 0 0 5 0 】

レンズ群または部分レンズ群を光軸と直交方向の成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手ぶれによって生じる像ぶれを補正する防振レンズ群としても良い。特に、第 2 レンズ群 G 2 または第 3 レンズ群 G 3 の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

【 0 0 5 1 】

また、レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を妨げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。また、レンズ面が非球面の場合、この非球面は、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（G R I N レンズ）あるいはプラスチックレンズとしても良い。

【 0 0 5 2 】

開口絞り S は、第 2 レンズ群 G 2 内または第 3 レンズ群 G 3 内、あるいはその近傍に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用しても良い。

【 0 0 5 3 】

さらに、各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し高コントラストの高い光学性能を達成するために、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施しても良い。

【 0 0 5 4 】

なお、本発明を分かり易く説明するために実施形態の構成要件を付して説明したが、本発明がこれに限定されるものではないことは言うまでもない。

【 0 0 5 5 】

以下、本実施形態の撮影レンズ S L の第 1 の製造方法の概略を、図 1 2 を参照して説明する。まず、各レンズを配置してレンズ群をそれぞれ準備する（ステップ S 1 0 0）。具体的に、本実施形態では、例えば、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 1、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2、及び、像側に非球面を有した両凹レンズ L 1 3 を配置して第 1 レンズ群 G 1 とし、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 1、及び、物体側に非球面を有した正メニスカスレン

ズ L 2 2 と両凹レンズ L 2 3 との接合によりなる接合正レンズを配置して第 2 レンズ群 G 2 とし、開口絞り S、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 1、両凸レンズ L 3 2、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 3、及び、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 4 を配置して第 3 レンズ群 G 3 とする。このようにして準備した各レンズ群を配置して撮影レンズ S L を製造する。

【 0 0 5 6 】

このとき、無限遠から近距離物点に合焦する際に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間の空気間隔が変化するように、第 1 レンズ群 G 1 または第 2 レンズ群 G 2 の少なくとも一方が移動するように配置する（ステップ S 2 0 0）。また、第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離を f_1 とし、無限遠合焦時の全系の焦点距離を f_0 としたとき、前述の条件式（1）

10

【実施例】

【 0 0 5 7 】

以下、本発明の各実施例を、添付図面に基づいて説明する。なお、図 1、図 3、図 5、図 7 及び図 9 は、撮影レンズ S L 1 ~ S L 5 の屈折力配分及び広角端状態（W）から望遠端状態（T）への焦点距離状態の変化における各レンズ群の移動の様子を示す。これらの図に示すように、各実施例の撮影レンズ S L 1 ~ S L 5 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 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 とから構成される。

【 0 0 5 8 】

20

各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さを y とし、高さ y における各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離（サグ量）を $S(y)$ とし、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を r とし、円錐定数を A_4, A_6, A_8, A_{10} とし、 n 次の非球面係数を A_n としたとき、以下の式（a）で表される。なお、以降の実施例において、「 $E - n$ 」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

【 0 0 5 9 】

$$S(y) = (y^2 / r) / \{ 1 + (1 - A_4 \times y^4 / r^2)^{1/2} \} + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} \quad (a)$$

【 0 0 6 0 】

なお、各実施例において、2 次の非球面係数 A_2 は 0 である。また、各実施例の表中において、非球面には面番号の左側に * 印を付している。

30

【 0 0 6 1 】

〔第 1 実施例〕

図 1 は、第 1 実施例に係る撮影レンズ S L 1 の構成を示す図である。この図 1 の撮影レンズ S L 1 において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 1、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2、及び、像側に非球面を有した両凹レンズ L 1 3 から構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 1、物体側に非球面を有した正メニスカスレンズ L 2 2 と両凹レンズ L 2 3 との接合によりなる接合正レンズから構成されている。さらに、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、開口絞り S、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 1、両凸レンズ L 3 2、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 3、及び、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 4 から構成されている。

40

【 0 0 6 2 】

以下の表 1 に、第 1 実施例に係る撮影レンズ S L 1 の諸元の値を掲げる。この表 1 において、 f は焦点距離を、F N O は F ナンバーを、 ω は半画角（単位：「度」）を、 Bf はバックフォーカスを、それぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、面間隔は各光学面から次の光学面までの光軸上の間隔を、屈折率及びアッペ数はそれぞれ d 線（ $d = 587.6 \text{ nm}$ ）に対する値を示している。全長は、無限遠合焦時のレンズ面の第 1 面から像面 I までの光軸上の距離を表している

50

。ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離、曲率半径、面間隔、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。なお、曲率半径0.0000は平面を示し、空気の屈折率1.00000は省略してある。また、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様である。

【 0 0 6 3 】

(表 1)

f = 40.00
F.NO = 2.88
= 19.50 °
像高 = 14.25
全長 = 110.96633
Bf = 39.000

10

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率
1	24.6812	6.0000	28.69	1.795040
2	50.7289	1.0000		
3	52.2884	2.0000	44.78	1.743997
4	13.4073	5.0000		
5	-2376.0313	1.5000	60.29	1.620411
*6	34.7824	(d6)		
7	28.2031	3.0000	58.22	1.622990
8	307.4304	5.9024		
*9	-149.4637	5.0000	49.61	1.772500
10	-12.4323	2.0000	35.91	1.664460
11	224.4871	(d11)		
12	0.0000	2.0000		(開口絞り S)
13	-54.2954	3.0000	64.12	1.516800
14	-26.6795	0.2717		
15	89.5597	4.0000	82.56	1.497820
16	-36.6907	9.1262		
17	32.7548	1.5000	31.59	1.756920
18	22.7451	2.5000		
19	-253.5488	3.5000	70.45	1.487490
20	-51.9404	(Bf)		

20

30

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第 1 レンズ群	1	-30.50978
第 2 レンズ群	7	48.91608
第 3 レンズ群	12	36.70758

40

【 0 0 6 4 】

この第 1 実施例において、第 6 面及び第 9 面のレンズ面は非球面形状に形成されている。次の表 2 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 及び各非球面定数 A4 ~ A10 の値を示す。

【 0 0 6 5 】

(表 2)

	A 4	A 6	A 8	A 10
第 6 面	3.6658	-3.28165E-05	-1.03604E-07	6.06737E-10
第 9 面	122.7220	-3.31295E-05	7.94669E-08	-2.33348E-09

50

【 0 0 6 6 】

この第 1 実施例において、物体と第 1 レンズ群 G 1 との軸上間隔 d 0、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 d 6、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 d 11、及び、バックフォーカス B f は、合焦に際して変化する。次の表 3 に、無限遠合焦状態、結像倍率 - 0.5 倍状態、及び、結像倍率 - 1.0 倍状態における可変間隔を示す。

【 0 0 6 7 】

(表 3)

	無限遠	-0.5倍	-1.0倍
d0		47.6489	5.9451
d6	1.00000	9.04786	16.11885
d11	13.66598	8.22807	4.50274
bf	39.00005	44.43796	48.16329

10

【 0 0 6 8 】

次の表 4 に、この第 1 実施例に係る撮影レンズ S L 1 の各条件式対応値を示す。なお、この表 4 における符号の説明を以下に示すが、この符号の説明は以降の実施例においても同様である。この表 4 において、f 0 は無限遠合焦時の全系の焦点距離を、f 1 は第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離を、f 2 は第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離を、f 3 は第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離を、X 1 は無限遠合焦時から撮影倍率等倍 (- 1.0 倍) 時までの第 1 レンズ群 G 1 の移動量を、D 2 3 は無限遠合焦時の第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との空気間隔から近距離物点合焦時の当該空気間隔を差し引いた値を、それぞれ表している。

20

【 0 0 6 9 】

(表 4)

$$(1) (-f_1) / f_0 = 0.763$$

$$(2) f_2 / f_0 = 1.223$$

$$(3) f_3 / f_0 = 0.918$$

$$(4) X_1 / f_0 = 0.378$$

$$(5) D_{23} / f_0 = 0.229$$

【 0 0 7 0 】

30

図 2 に、第 1 実施例の諸収差図を示す。すなわち、図 2 (a) は無限遠合焦状態の収差図であり、図 2 (b) は結像倍率 - 1.0 倍状態での諸収差である。各収差図において、F N O は F ナンバーを、Y は像高を、d は d 線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) に対する収差曲線を、g は g 線 ($\lambda = 435.8 \text{ nm}$) に対する収差曲線を、それぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。なお、この収差図の説明は以降の実施例においても同様である。各収差図から明らかなように、第 1 実施例では、球面収差、像面湾曲、非点収差、歪曲等の諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【 0 0 7 1 】

〔第 2 実施例〕

40

図 3 は、第 2 実施例に係る撮影レンズ S L 2 の構成を示す図である。この図 3 の撮影レンズ S L 2 において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 1、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2、及び、像側に非球面を有した両凹レンズ L 1 3 から構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、両凸レンズ L 2 1、及び、物体側に非球面を有した正メニスカスレンズ L 2 2 と両凹レンズ L 2 3 との接合によりなる接合負レンズから構成されている。さらに、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、開口絞り S、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 1、両凸レンズ L 3 2、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 3、及び、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 4 から構成されている。

【 0 0 7 2 】

50

以下の表 5 に、第 2 実施例の諸元の値を掲げる。

【 0 0 7 3 】

(表 5)

f = 40.00
F.NO = 2.88
= 19.49 °
像高 = 14.25
全長 = 110.9629
Bf = 39.000

10

面番号	曲率半径	面間隔	アッペ数	屈折率
1	21.8201	4.5000	28.69	1.795040
2	33.9496	1.0000		
3	30.3963	2.0000	44.78	1.743997
4	13.0095	6.0000		
5	-134.2675	1.5000	60.29	1.620411
*6	34.2828	(d6)		
7	30.0455	3.0000	58.22	1.622990
8	-831.3457	6.7884		
*9	-103.8283	5.0000	49.61	1.772500
10	-12.4216	1.0000	35.91	1.664460
11	290.6485	(d11)		
12	0.0000	2.0000		(開口絞り S)
13	-48.4187	3.0000	64.12	1.516800
14	-27.6028	0.2717		
15	77.0555	4.0000	82.56	1.497820
16	-38.4386	11.7370		
17	32.4189	1.5000	31.59	1.756920
18	22.4877	2.0000		
19	-119.4108	2.0000	70.45	1.487490
20	-36.8363	(Bf)		

20

30

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第 1 レンズ群	1	-30.46004
第 2 レンズ群	7	49.09581
第 3 レンズ群	12	36.92368

【 0 0 7 4 】

この第 2 実施例において、第 6 面及び第 9 面のレンズ面は非球面形状に形成されている。次の表 6 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 及び各非球面定数 A4 ~ A10 の値を示す。

40

【 0 0 7 5 】

(表 6)

	A 4	A 6	A 8	A 10
第 6 面	5.4028	-3.54778E-05	-1.19811E-07	6.25359E-10
第 9 面	62.7848	-2.80900E-05	7.02810E-08	-1.61839E-09

【 0 0 7 6 】

この第 2 実施例において、物体と第 1 レンズ群 G 1 との軸上間隔 d 0、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 d 6、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 d 1 1 は、及び、バックフォーカス B f は、合焦に際して変化する。次の表

50

7 に、無限遠合焦状態、結像倍率 - 0.5 倍状態、及び、結像倍率 - 1.0 倍状態における可変間隔を示す。

【0077】

(表7)

	無限遠	-0.5倍	-1.0倍
d0		47.5259	5.8590
d6	1.00000	9.05875	16.14621
d11	13.66598	8.22089	4.48480
bf	38.99972	44.44481	48.18090

【0078】

次の表8に、この第2実施例における各条件式対応値を示す。

【0079】

(表8)

(1) $(-f_1) / f_0 = 0.762$

(2) $f_2 / f_0 = 1.227$

(3) $f_3 / f_0 = 0.923$

(4) $X_1 / f_0 = 0.379$

(5) $D_{23} / f_0 = 0.230$

【0080】

図4に、第2実施例の諸収差図を示す。すなわち、図4(a)は無限遠合焦状態の収差図であり、図4(b)は結像倍率 - 1.0 倍状態での諸収差である。各収差図から明らかなように、第2実施例では、球面収差、像面湾曲、非点収差、歪曲等の諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0081】

〔第3実施例〕

図5は、第3実施例に係る撮影レンズSL3の構成を示す図である。この図5の撮影レンズSL3において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL11、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12、及び、像側に非球面を有した両凹レンズL13から構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL21、物体側に非球面を有した正メニスカスレンズL22と両凹レンズL23との接合によりなる接合負レンズから構成されている。さらに、第3レンズ群G3は、物体側から順に、開口絞りS、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31、両凸レンズL32、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL33から構成されている。

【0082】

以下の表9に、第3実施例の諸元の値を掲げる。

【0083】

(表9)

f = 40.00
F.NO = 2.88
= 19.50°
像高 = 14.25
全長 = 110.882
Bf = 46.008

面番号	曲率半径	面間隔	アッベ数	屈折率
1	24.1863	6.0000	28.69	1.795040
2	58.8750	1.0000		
3	68.1995	2.0000	44.78	1.743997
4	13.4885	5.0000		

10

20

30

40

50

5	-387.5970	1.5000	60.29	1.620411
*6	31.0506	(d6)		
7	24.5747	3.0000	58.22	1.622990
8	471.9307	6.9485		
*9	-112.8792	5.0000	49.61	1.772500
10	-11.0458	2.0000	35.91	1.664460
11	205.9194	(d11)		
12	0.0000	2.0000		(開口絞り S)
13	-248.9403	3.5000	64.12	1.516800
14	-27.1694	0.2717		
15	61.5115	3.5000	82.56	1.497820
16	-55.2687	3.9511		
17	23.7808	1.5000	31.59	1.756920
18	17.8693	(Bf)		

10

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-28.00000
第2レンズ群	7	42.33763
第3レンズ群	12	36.70758

20

【 0 0 8 4 】

この第3実施例において、第3面及び第9面のレンズ面は非球面形状に形成されている。次の表10に、非球面のデータ、すなわち円錐定数及び各非球面定数A4～A10の値を示す。

【 0 0 8 5 】

(表10)

	A 4		A 6		A 8		A 10	
第6面	3.6913	-4.44731E-05	1.55016E-08	-8.34543E-10	4.47883E-13			
第9面	71.6641	-4.22998E-05	1.07281E-07	-3.85959E-09	2.63986E-11			

30

【 0 0 8 6 】

この第3実施例において、物体と第1レンズ群G1との軸上間隔d0、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔d6、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔d11、及び、バックフォーカスBfは、合焦に際して変化する。次の表11に、無限遠合焦状態、結像倍率-0.5倍状態、及び、結像倍率-1.0倍状態における可変間隔を示す。

【 0 0 8 7 】

(表11)

	無限遠	-0.5倍	-1.0倍
d0		44.4385	2.9546
d6	1.18314	9.52138	17.27378
d11	16.51911	10.89505	6.76689
Bf	46.00839	48.68939	50.03265

40

【 0 0 8 8 】

次の表12に、この第3実施例における各条件式対応値を示す。

【 0 0 8 9 】

(表12)

- (1) $(-f_1) / f_0 = 0.700$
 (2) $f_2 / f_0 = 1.059$
 (3) $f_3 / f_0 = 0.918$
 (4) $X_1 / f_0 = 0.259$

50

(5) $D23 / f0 = 0.253$

【 0 0 9 0 】

図 6 に、第 3 実施例の諸収差図を示す。すなわち、図 6 (a) は無限遠合焦状態の収差図であり、図 6 (b) は結像倍率 - 1 . 0 倍状態での諸収差である。各収差図から明らかなように、第 3 実施例では、球面収差、像面湾曲、非点収差、歪曲等の諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【 0 0 9 1 】

〔 第 4 実施例 〕

図 7 は、第 4 実施例に係る撮影レンズ S L 4 の構成を示す図である。この図 7 の撮影レンズ S L 4 において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メ
10
ニスカスレンズ L 1 1、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 2 から構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、像側に非球面を有する両凸レンズ L 2 1、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2、開口絞り S、及び、両凹レンズ L 2 3 と両凸レンズ L 2 4 との接合によりなる接合正レンズから構成されている。さらに、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレン
ズ L 3 1、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 2 から構成されている。

【 0 0 9 2 】

以下の表 1 3 に、第 4 実施例の諸元の値を掲げる。

【 0 0 9 3 】

(表 1 3)

$f = 40.00$
F.NO = 3.74
= 20.12 °
像高 = 14.25
全長 = 85.011
Bf = 39.000

面番号	曲率半径	面間隔	アッペ数	屈折率
1	396.9772	0.9000	65.44	1.603001
2	15.2617	5.4721		
3	33.4435	1.6072	48.51	1.697002
4	113.4239	(d4)		
5	25.2480	4.9525	40.51	1.730770
*6	-94.5888	0.1000		
7	150.3433	1.3478	45.89	1.548144
8	23.0988	1.3367		
9	0.0000	1.6473		(開口絞り S)
10	-79.2718	0.9000	27.58	1.755201
11	33.0446	3.8964	66.22	1.526900
12	-17.8207	(d12)		
13	23.7631	3.0000	27.58	1.755201
14	21.2531	7.0818		
15	86.0327	4.0000	60.32	1.620410
16	146.2019	(Bf)		

〔 レンズ群焦点距離 〕

レンズ群	始面	焦点距離
第 1 レンズ群	1	-49.26954
第 2 レンズ群	5	34.70319
第 3 レンズ群	13	930.13656

10

20

30

40

50

【 0 0 9 4 】

この第 4 実施例において、第 6 面のレンズ面は非球面形状に形成されている。次の表 1 4 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 及び各非球面定数 A 4 ~ A 10 の値を示す。

【 0 0 9 5 】

(表 1 4)

		A 4	A 6	A 8	A 10
第6面	-42.1761	1.35000E-05	-8.60540E-09	1.95620E-10	-1.36120E-12

【 0 0 9 6 】

この第 4 実施例において、物体と第 1 レンズ群 G 1 との軸上間隔 d 0、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 d 4、及び、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 d 1 2 は、合焦に際して変化する。次の表 1 5 に、無限遠合焦状態、結像倍率 - 0 . 5 倍状態、及び、結像倍率 - 1 . 0 倍状態における可変間隔、並びに、B f を示す。

【 0 0 9 7 】

(表 1 5)

	無限遠	-0.5倍	-1.0倍
d0		96.9301	57.3148
d4	8.57623	8.50273	8.33020
d12	1.19345	25.76857	50.64488
Bf	39.00001	39.00001	39.00008

【 0 0 9 8 】

次の表 1 6 に、この第 4 実施例における各条件式対応値を示す。

【 0 0 9 9 】

(表 1 6)

- (1) $(- f 1) / f 0 = 1.232$
 (2) $f 2 / f 0 = 0.868$
 (3) $f 3 / f 0 = 23.253$
 (4) $X 1 / f 0 = 1.230$
 (5) $D 2 3 / f 0 = -1.236$

【 0 1 0 0 】

図 8 に、第 4 実施例の諸収差図を示す。すなわち、図 8 (a) は無限遠合焦状態の収差図であり、図 8 (b) は結像倍率 - 1 . 0 倍状態での諸収差である。各収差図から明らかなように、第 4 実施例では、球面収差、像面湾曲、非点収差、歪曲等の諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【 0 1 0 1 】

[第 5 実施例]

図 9 は、第 5 実施例に係る撮影レンズ S L 5 の構成を示す図である。この図 9 の撮影レンズ S L 5 において、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、像側に非球面を有した両凹レンズ L 1 1、及び、両凸レンズ L 1 2 から構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、像側に非球面を有する両凸レンズ L 2 1、両凹レンズ L 2 2、開口絞り S、及び、両凹レンズ L 2 3 と両凸レンズ L 2 4 との接合によりなる接合正レンズから構成されている。さらに、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 1、及び、両凸レンズ L 3 2 から構成されている。

【 0 1 0 2 】

以下の表 1 7 に、第 5 実施例の諸元の値を掲げる。

【 0 1 0 3 】

(表 1 7)

$$f = 40.00$$

$$F.NO = 3.29$$

$$= 20.90^{\circ}$$

10

20

30

40

50

像高 = 15.00
 全長 = 77.880
 Bf = 39.620

面番号	曲率半径	面間隔	アッペ数	屈折率	
1	-273.7305	0.9000	56.75	1.607380	
*2	15.6446	3.1901			
3	405.5452	2.6801	55.40	1.677900	
4	-43.7339	(d4)			
5	29.7252	2.9229	44.78	1.743997	10
*6	-54.6146	2.9655			
7	-377.6456	0.9000	45.79	1.548141	
8	22.4502	2.0000			
9	0.0000	2.0000		(開口絞り S)	
10	-195.5871	0.9000	29.52	1.717362	
11	30.8796	3.8786	69.98	1.518601	
12	-17.6789	(d12)			
13	22.8508	3.1301	27.51	1.755199	
14	20.2392	1.8699			
15	594.8761	1.5000	48.08	1.699998	20
16	-540.1329	(Bf)			

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第 1 レンズ群	1	-48.36594
第 2 レンズ群	5	32.84969
第 3 レンズ群	13	3674.38498

【 0 1 0 4 】

この第 5 実施例において、第 2 面及び第 6 面のレンズ面は非球面形状に形成されている。次の表 1 8 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 及び各非球面定数 A 4 ~ A 10 の値を示す。 30

【 0 1 0 5 】

(表 1 8)

	A 4	A 6	A 8	A 10	
第2面	1.8565	-1.37950E-05	-2.17140E-07	-3.20370E-10	-1.66960E-11
第6面	1.7046	8.64930E-07	2.14770E-11	2.89660E-11	-7.70210E-14

【 0 1 0 6 】

この第 5 実施例において、物体と第 1 レンズ群 G 1 との軸上間隔 d 0、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 d 4、及び、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 d 1 2 は、合焦に際して変化する。次の表 1 9 に、無限遠合焦状態、結像倍率 - 0 . 5 倍状態、及び、結像倍率 - 1 . 0 倍状態における可変間隔、並びに、B f を示す。 40

【 0 1 0 7 】

(表 1 9)

	無限遠	-0.5倍	-1.0倍
d0		98.5215	58.4851
d4	6.30494	6.15961	6.11646
d12	3.11840	26.20066	49.25650
Bf	39.61907	39.61901	39.61887

【 0 1 0 8 】

次の表 20 に、この第 5 実施例における各条件式対応値を示す。

【 0 1 0 9 】

(表 2 0)

$$(1) \quad (- f_1) / f_0 = 1.209$$

$$(2) \quad f_2 / f_0 = 0.821$$

$$(3) \quad f_3 / f_0 = 91.860$$

$$(4) \quad X_1 / f_0 = 1.149$$

$$(5) \quad D_{23} / f_0 = -1.153$$

【 0 1 1 0 】

図 10 に、第 5 実施例の諸収差図を示す。すなわち、図 11 (a) は無限遠合焦状態の収差図であり、図 11 (b) は結像倍率 - 1 . 0 倍状態での諸収差である。各収差図から明らかなように、第 5 実施例では、球面収差、像面湾曲、非点収差、歪曲等の諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【 0 1 1 1 】

以上の各実施例によれば、包括角 $2\theta = 39 \sim 40.2^\circ$ 、 $F2.8 \sim 3.7$ 程度の口径を有し、コンパクトで、合焦のための移動量が比較的少なく、球面収差、像面湾曲、非点収差が良好に補正された撮影レンズ SL が実現できる。

【 符号の説明 】

【 0 1 1 2 】

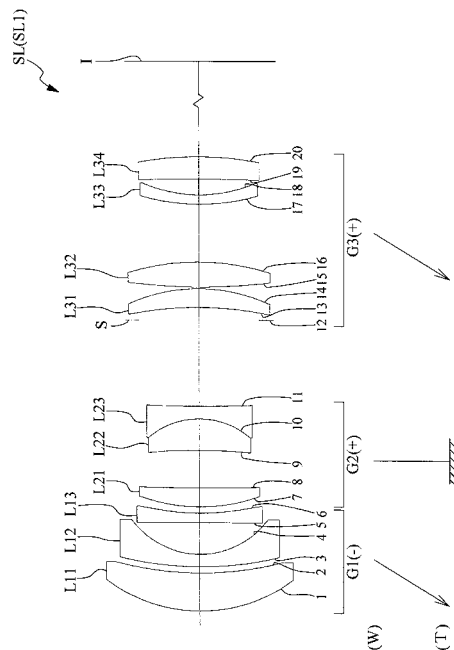
SL (SL1 ~ SL5) 撮影レンズ

G1 第 1 レンズ群 G2 第 2 レンズ群 G3 第 3 レンズ群

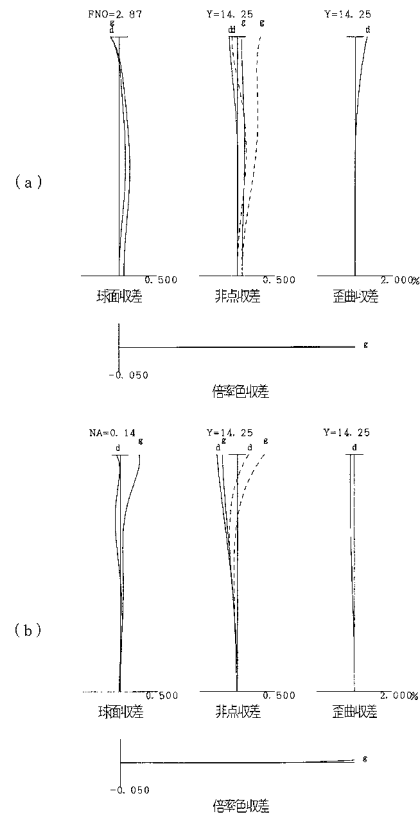
S 開口絞り

1 デジタル一眼レフカメラ (光学機器)

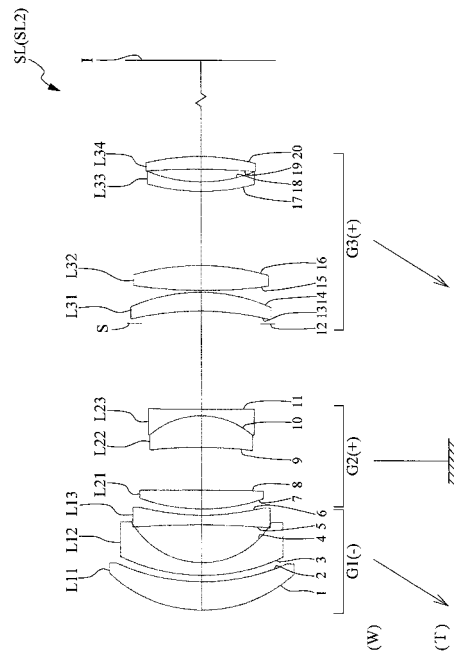
【 図 1 】



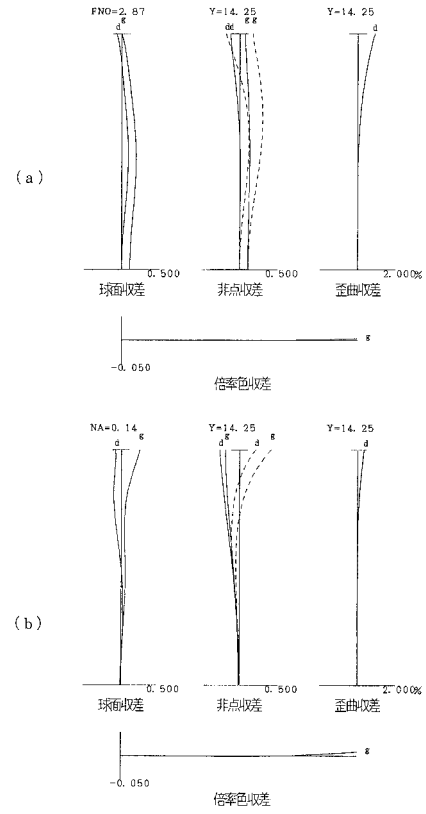
【 図 2 】



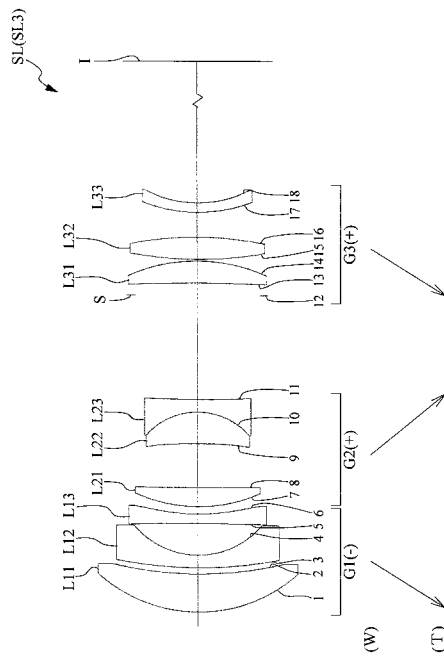
【図 3】



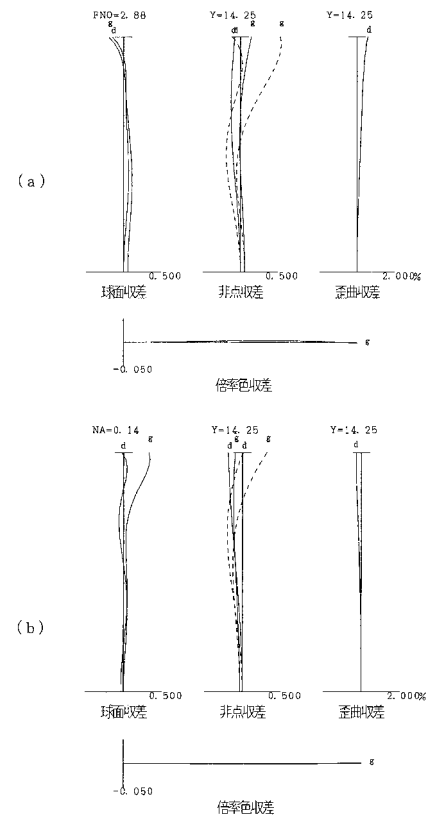
【図 4】



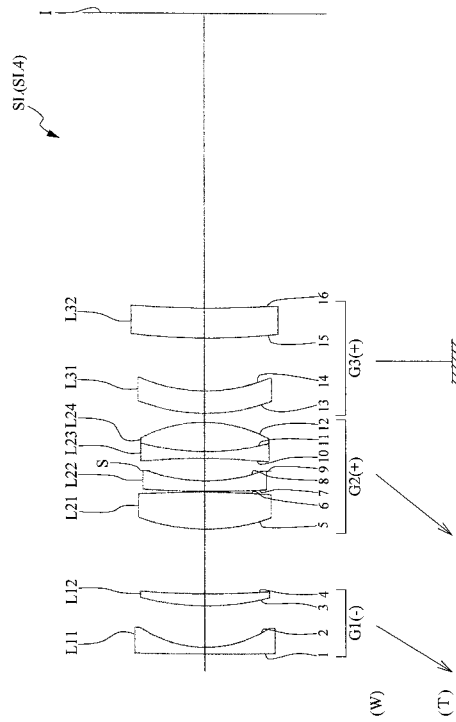
【図 5】



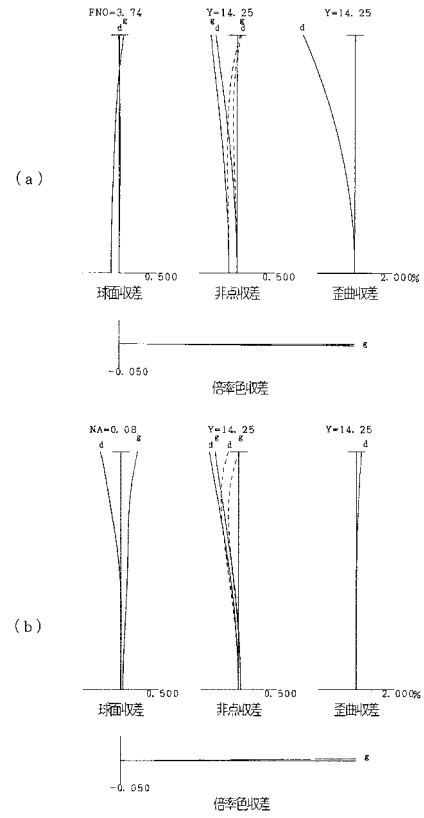
【図 6】



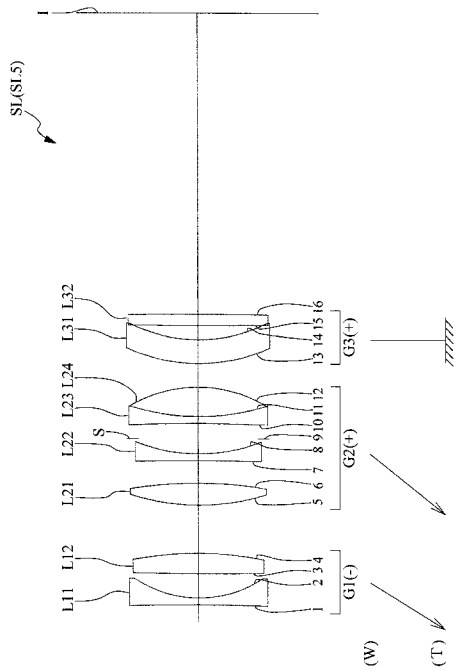
【図 7】



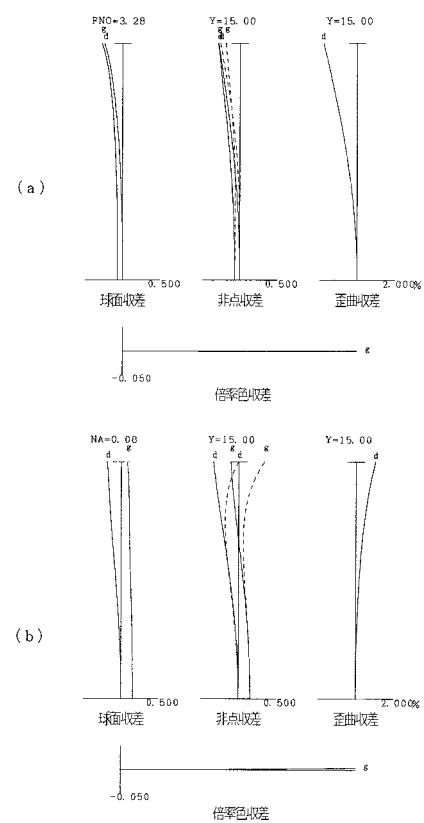
【図 8】



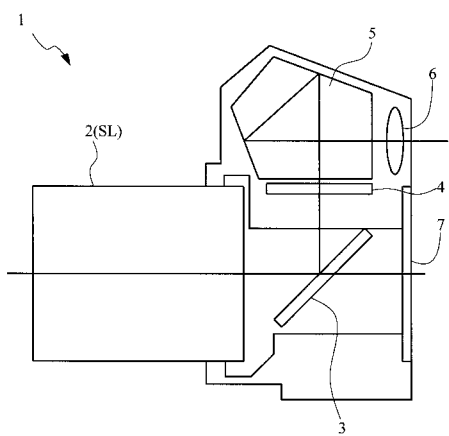
【図 9】



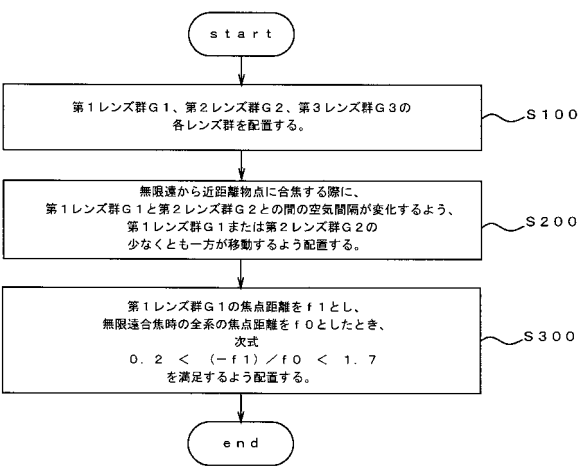
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 07 - 181390 (JP, A)
特開 2000 - 056217 (JP, A)
特開 2005 - 181852 (JP, A)
特開 2010 - 191077 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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