

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5167724号
(P5167724)

(45) 発行日 平成25年3月21日 (2013.3.21)

(24) 登録日 平成25年1月11日 (2013.1.11)

(51) Int. Cl.	F 1
G02B 15/16 (2006.01)	G02B 15/16
G02B 15/20 (2006.01)	G02B 15/20
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18

請求項の数 11 (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2007-215116 (P2007-215116)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(22) 出願日	平成19年8月21日 (2007.8.21)	(74) 代理人	100077919 弁理士 井上 義雄
(65) 公開番号	特開2009-48012 (P2009-48012A)	(72) 発明者	早川 聡 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
(43) 公開日	平成21年3月5日 (2009.3.5)	(72) 発明者	柴田 悟 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
審査請求日	平成22年8月10日 (2010.8.10)	審査官	森内 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のレンズ群を有し、

前記複数のレンズ群は、最も物体側から順に、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レンズ群とを有し、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の少なくとも1つは、以下の条件式の少なくとも1つを満足するAレンズを有し、

$$0 < n d - 0 . 0 0 2 5 0 \quad d - 1 . 8 8 9 0 0$$

$$0 < n d - 0 . 3 3 7 5 0 \quad d + 4 . 2 7 5 0 0$$

但し、

$n d$: 前記Aレンズの媒質のd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率

d : 前記Aレンズの媒質のd線(波長 = 587.6nm)に対するアッペ数

前記複数のレンズ群どうしの空気間隔を変化させることにより、広角端状態から望遠端状態までの変倍を行い、

前記Aレンズは、以下の条件式の少なくとも1つを満足し、

$$3 . 6 7 < (r 2 + r 1) / (r 2 - r 1)$$

$$(r 2 + r 1) / (r 2 - r 1) < - 2 . 0 8$$

但し、

$r 1$: 前記Aレンズの物体側レンズ面の曲率半径

$r 2$: 前記Aレンズの像面側レンズ面の曲率半径

前記 A レンズは、以下の条件式を満足することを特徴とする光学系。

$$-4.50 < f_A / f_G < -2.04$$

但し、

f_A : 前記 A レンズの焦点距離

f_G : 前記 A レンズを有するレンズ群の焦点距離

【請求項 2】

複数のレンズ群を有し、

前記複数のレンズ群は、最も物体側から順に、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、負の屈折力を有する第 3 レンズ群とを有し、

前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群の少なくとも 1 つは、以下の条件式の少なくとも 1 つを満足する A レンズを有し、

$$0 < n_d - 0.00250 \quad d - 1.88900$$

$$0 < n_d - 0.33750 \quad d + 4.27500$$

但し、

n_d : 前記 A レンズの媒質の d 線 (波長 = 587.6 nm) に対する屈折率

d : 前記 A レンズの媒質の d 線 (波長 = 587.6 nm) に対するアッペ数

前記複数のレンズ群どうしの空気間隔を変化させることにより、広角端状態から望遠端状態までの変倍を行い、

前記 A レンズは、以下の条件式の少なくとも 1 つを満足することを特徴とする光学系。

$$5.07 < (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1)$$

$$(r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) < -2.08$$

但し、

r_1 : 前記 A レンズの物体側レンズ面の曲率半径

r_2 : 前記 A レンズの像面側レンズ面の曲率半径

【請求項 3】

前記複数のレンズ群は、最も物体側から順に、負の屈折力を有する前記第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する前記第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群とを有していることを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記 A レンズは、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 2 に記載の光学系。

$$-4.50 < f_A / f_G < -0.10$$

但し、

f_A : 前記 A レンズの焦点距離

f_G : 前記 A レンズを有するレンズ群の焦点距離

【請求項 5】

前記 A レンズは、正の屈折力を有することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 6】

開口絞りを有し、

前記 A レンズは、前記開口絞りよりも物体側に位置し、物体側に凸面を向けていることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 7】

開口絞りを有し、

前記 A レンズは、前記開口絞りよりも像側に位置し、物体側に凹面を向けていることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 8】

前記複数のレンズ群のうち前記 A レンズを有するレンズ群は、負の屈折力を有することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 9】

前記複数のレンズ群のうち最も物体側のレンズ群は、非球面レンズを有することを特

10

20

30

40

50

徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 1 0】

請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の光学系を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項 1 1】

複数のレンズ群を有する光学系の結像方法であって、

前記複数のレンズ群は、最も物体側から順に、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 レンズ群とを有し、

前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群の少なくとも 1 つは、以下の条件式の少なくとも 1 つを満足する A レンズを有し、

$$0 < n d - 0 . 0 0 2 5 0 \quad d - 1 . 8 8 9 0 0$$

$$0 < n d - 0 . 3 3 7 5 0 \quad d + 4 . 2 7 5 0 0$$

但し、

$n d$: 前記 A レンズの媒質の d 線 (波長 = 587.6 nm) に対する屈折率

d : 前記 A レンズの媒質の d 線 (波長 = 587.6 nm) に対するアッペ数

前記複数のレンズ群どうしの空気間隔を変化させることにより、広角端状態から望遠端状態までの変倍を行い、

前記 A レンズは、以下の条件式の少なくとも 1 つを満足し、

$$3 . 6 7 < (r 2 + r 1) / (r 2 - r 1)$$

$$(r 2 + r 1) / (r 2 - r 1) < - 2 . 0 8$$

但し、

$r 1$: 前記 A レンズの物体側レンズ面の曲率半径

$r 2$: 前記 A レンズの像面側レンズ面の曲率半径

前記 A レンズは、以下の条件式を満足することを特徴とする光学系の結像方法。

$$- 4 . 5 0 < f A / f G \quad - 2 . 0 4$$

但し、

$f A$: 前記 A レンズの焦点距離

$f G$: 前記 A レンズを有するレンズ群の焦点距離

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学系、撮像装置、光学系の結像方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、高屈折率の媒質からなるレンズを有する光学系が知られている。斯かる光学系として例えば、物体側から順に負の屈折力を有するレンズ群と正の屈折力を有するレンズ群とからなる 2 群構成のものが提案されている (例えば、特許文献 1 を参照。)。

【特許文献 1】特開 2005-134887 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、従来の光学系は、高屈折率の媒質からなるレンズを有しているものの、球面収差や像面湾曲を十分に補正することができないという問題があった。

そこで本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、球面収差や像面湾曲が十分に補正され、良好な光学性能を備えた光学系、撮像装置、光学系の結像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】

【0004】

上記課題を解決するために本発明は、

複数のレンズ群を有し、

10

20

30

40

50

前記複数のレンズ群は、最も物体側から順に、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レンズ群とを有し、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の少なくとも1つは、以下の条件式の少なくとも1つを満足するAレンズを有し、

$$\frac{0 < n d - 0.00250}{0 < n d - 0.33750} \quad d - 1.88900$$

$$\frac{0 < n d - 0.33750}{d + 4.27500}$$

但し、

$n d$: 前記Aレンズの媒質のd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率

d : 前記Aレンズの媒質のd線(波長 = 587.6nm)に対するアッペ数

前記複数のレンズ群どうしの空気間隔を変化させることにより、広角端状態から望遠端状態までの変倍を行い、

前記Aレンズは、以下の条件式の少なくとも1つを満足し、

$$3.67 < (r2 + r1) / (r2 - r1)$$

$$(r2 + r1) / (r2 - r1) < -2.08$$

但し、

$r1$: 前記Aレンズの物体側レンズ面の曲率半径

$r2$: 前記Aレンズの像面側レンズ面の曲率半径

前記Aレンズは、以下の条件式を満足することを特徴とする光学系を提供する。

$$-4.50 < fA / fG \quad -2.04$$

但し、

fA : 前記Aレンズの焦点距離

fG : 前記Aレンズを有するレンズ群の焦点距離

また本発明は、

複数のレンズ群を有し、

前記複数のレンズ群は、最も物体側から順に、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、負の屈折力を有する第3レンズ群とを有し、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の少なくとも1つは、以下の条件式の少なくとも1つを満足するAレンズを有し、

$$\frac{0 < n d - 0.00250}{0 < n d - 0.33750} \quad d - 1.88900$$

$$\frac{0 < n d - 0.33750}{d + 4.27500}$$

但し、

$n d$: 前記Aレンズの媒質のd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率

d : 前記Aレンズの媒質のd線(波長 = 587.6nm)に対するアッペ数

前記複数のレンズ群どうしの空気間隔を変化させることにより、広角端状態から望遠端状態までの変倍を行い、

前記Aレンズは、以下の条件式の少なくとも1つを満足することを特徴とする光学系を提供する。

$$5.07 < (r2 + r1) / (r2 - r1)$$

$$(r2 + r1) / (r2 - r1) < -2.08$$

但し、

$r1$: 前記Aレンズの物体側レンズ面の曲率半径

$r2$: 前記Aレンズの像面側レンズ面の曲率半径

【0005】

また、本発明の光学系を備えたことを特徴とする撮像装置を提供する。

また本発明は、

複数のレンズ群を有する光学系の結像方法であって、

前記複数のレンズ群は、最も物体側から順に、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レンズ群とを有し、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の少なくとも1つは、以下の条件式の少なくとも1つを満足するAレンズを有し、

10

20

30

40

50

$$0 < n d - 0 . 0 0 2 5 0 \quad d - 1 . 8 8 9 0 0$$

$$0 < n d - 0 . 3 3 7 5 0 \quad d + 4 . 2 7 5 0 0$$

但し、

$n d$: 前記 A レンズの媒質の d 線 (波長 = 587.6 nm) に対する屈折率

d : 前記 A レンズの媒質の d 線 (波長 = 587.6 nm) に対するアッペ数

前記複数のレンズ群どうしの空気間隔を変化させることにより、広角端状態から望遠端状態までの変倍を行い、

前記 A レンズは、以下の条件式の少なくとも 1 つを満足し、

$$3 . 6 7 < (r 2 + r 1) / (r 2 - r 1)$$

$$(r 2 + r 1) / (r 2 - r 1) < - 2 . 0 8$$

10

但し、

$r 1$: 前記 A レンズの物体側レンズ面の曲率半径

$r 2$: 前記 A レンズの像面側レンズ面の曲率半径

前記 A レンズは、以下の条件式を満足することを特徴とする光学系の結像方法を提供する。

$$- 4 . 5 0 < f A / f G \quad - 2 . 0 4$$

但し、

$f A$: 前記 A レンズの焦点距離

$f G$: 前記 A レンズを有するレンズ群の焦点距離

【発明の効果】

20

【0006】

本発明によれば、球面収差や像面湾曲が十分に補正され、良好な光学性能を備えた光学系、撮像装置、光学系の結像方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

以下、本願の光学系、撮像装置、光学系の結像方法について説明する。

本願の光学系は、複数のレンズ群を有し、前記複数のレンズ群の少なくとも 1 つは、以下の条件式 (1)、(2) の少なくとも 1 つを満足する A レンズを有するように構成されている。

$$(1) \quad 0 < n d - 0 . 0 0 2 5 0 \quad d - 1 . 8 8 9 0 0$$

$$(2) \quad 0 < n d - 0 . 3 3 7 5 0 \quad d + 4 . 2 7 5 0 0$$

30

但し、

$n d$: 前記 A レンズの媒質の d 線 (波長 = 587.6 nm) に対する屈折率

d : 前記 A レンズの媒質の d 線 (波長 = 587.6 nm) に対するアッペ数

【0008】

本願の光学系は、高屈折率の媒質からなる A レンズを有している。高屈折率の媒質を適切に用いることで A レンズの曲率半径を大きくすることができるため、これによって各収差を良好に補正することが可能となる。

条件式 (1) は、A レンズの媒質の屈折率の適切な範囲を規定するものである。

条件式 (1) の下限値を下回ると、A レンズの媒質の屈折力が小さくなり、球面収差や像面湾曲を十分に補正することが困難になってしまう。

40

【0009】

本願の光学系は、条件式 (1) を満足することで、球面収差や像面湾曲等の収差の補正が容易となり、良好な結像性能を確保することができる。

なお、本願の光学系が、 $0 < n d - 0 . 0 0 2 5 0 \quad d - 1 . 8 9 4 0 0$ を満足すれば、A レンズの屈折力がさらに大きくなり曲率半径を大きくすることができるため、収差補正がより容易となり、さらに良好な結像性能を確保することができる。

【0010】

条件式 (2) は、A レンズの媒質のアッペ数の適切な範囲を規定するものである。

条件式 (2) の下限値を下回ると、A レンズの媒質のアッペ数が大きくなり、倍率色収

50

差を十分に補正することが困難になってしまう。

本願の光学系は、条件式(2)を満足することで、球面収差や像面湾曲等の収差の補正が容易となり、良好な結像性能を確保することができる。

なお、本願の光学系が、 $0 < nd - 0.33750 \quad d + 4.28000$ を満足すれば、Aレンズのアップ数がさらに小さくなるため、倍率色収差の補正が容易となり、さらに良好な結像性能を確保することができる。

【0011】

また本願の光学系は、前記複数のレンズ群が、最も物体側から順に、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レンズ群とを有していることが望ましい。

この構成によって本願の光学系は、広画角を実現することができ、像面湾曲を補正することが容易となる。

10

【0012】

また本願の光学系は、前記複数のレンズ群が、最も物体側から順に、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、負の屈折力を有する第3レンズ群とを有していることが望ましい。

この構成によって本願の光学系は、開口絞りの前後が対称な屈折力配置となり、歪曲収差を補正することが容易となる。

【0013】

また本願の光学系は、より良好な結像性能を確保するために、前記Aレンズが、以下の条件式(3)、(4)の少なくとも1つを満足することが望ましい。

20

$$(3) \quad 3.67 < (r2 + r1) / (r2 - r1)$$

$$(4) \quad (r2 + r1) / (r2 - r1) < -2.08$$

但し、

$r1$: 前記Aレンズの物体側レンズ面の曲率半径

$r2$: 前記Aレンズの像面側レンズ面の曲率半径

【0014】

条件式(3)及び条件式(4)は、本願の光学系におけるAレンズのシェイプファクターを表す式であり、該Aレンズのレンズ形状について適切な範囲を規定するものである。

本願の光学系において条件式(3)の下限値を下回ると、Aレンズの像面側レンズ面の曲率半径が大きくなり平面に近づく。Aレンズの像面側レンズ面が平面に近づくとき、光軸と平行でない斜めの光線がAレンズの像面側レンズ面に入射する角度が垂直から離れるため、発生する収差が大きくなり、像面湾曲を十分に補正することができなくなってしま

30

。本願の光学系は、条件式(3)を満足することで、球面収差や像面湾曲等の収差の補正が容易となり、より良好な結像性能を確保することができる。

なお、条件式(3)の下限値を3.70に設定すれば、像面湾曲の補正が容易になり、さらに良好な結像性能を確保することができる。

【0015】

本願の光学系において条件式(4)の上限値を上回ると、Aレンズの像面側レンズ面の曲率半径が相対的に小さくなる。Aレンズの像面側レンズ面の曲率半径が相対的に小さくなると、Aレンズの物体側レンズ面の曲率半径との差が大きくなるため、Aレンズの物体側レンズ面で発生した収差をAレンズの像面側レンズ面で補正することが困難となり、像面湾曲を十分に補正することができなくなってしま

40

。本願の光学系は、条件式(4)を満足することで、球面収差や像面湾曲等の収差の補正が容易となり、より良好な結像性能を確保することができる。

なお、条件式(4)の上限値を-2.15に設定すれば、像面湾曲の補正が容易になり、さらに良好な結像性能を確保することができる。

【0016】

また本願の光学系は、より良好な結像性能を確保するために、前記Aレンズが、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

50

(5) $-4.50 < f_A / f_G < -0.10$

但し、

f_A : 前記 A レンズの焦点距離

f_G : 前記 A レンズを有するレンズ群の焦点距離

【0017】

条件式(5)は、A レンズの焦点距離と、該 A レンズを有するレンズ群全体の焦点距離との比の適切な範囲を規定するものである。

条件式(5)の下限値を下回ると、 f_A の絶対値が相対的に大きくなり、A レンズの屈折力が小さくなるため、球面収差を十分に補正することができなくなってしまう。

なお、条件式(5)の下限値を -4.30 に設定すれば、球面収差の補正が容易になり、さらに良好な結像性能を確保することができる。

10

【0018】

一方、条件式(5)の上限値を上回ると、 f_G の絶対値が相対的に大きくなり、A レンズを有するレンズ群の屈折力が小さくなるため、像面湾曲を十分に補正することができなくなってしまう。

なお、条件式(5)の上限値を -0.30 に設定すれば、像面湾曲の補正が容易になり、さらに良好な結像性能を確保することができる。

本願の光学系は、条件式(5)を満足することで、球面収差や像面湾曲等の収差の補正が容易となり、より良好な結像性能を確保することができる。

【0019】

20

また本願の光学系は、前記 A レンズが、正の屈折力を有することが望ましい。

この構成によって本願の光学系は、正レンズの屈折力が高くなり、正レンズで発生する収差、例えば球面収差を良好に補正することができる。

【0020】

また本願の光学系は、開口絞りを有し、前記 A レンズが、前記開口絞りよりも物体側に位置し、物体側に凸面を向けていることが望ましい。

この構成によって本願の光学系は、前記凸面に入射する光線の偏角を小さくすることができ、像面湾曲を補正することが容易となる。

【0021】

また本願の光学系は、開口絞りを有し、前記 A レンズが、前記開口絞りよりも像側に位置し、物体側に凹面を向けていることが望ましい。

30

この構成によって本願の光学系は、前記凹面に入射する光線の偏角を小さくすることができ、像面湾曲を補正することが容易となる。

【0022】

また本願の光学系は、前記複数のレンズ群のうちで前記 A レンズを有するレンズ群は、負の屈折力を有することが望ましい。

この構成によって本願の光学系は、前記 A レンズを有するレンズ群が開口絞りに近い場合は球面収差を、開口絞りから遠い場合はコマ収差を良好に補正することができる。

【0023】

また本願の光学系は、前記複数のレンズ群のうちで最も物体側のレンズ群は、非球面レンズを有することが望ましい。

40

この構成によって本願の光学系は、広画角を実現することができ、像面湾曲を補正することが容易となる。

【0024】

また本願の光学系は、前記複数のレンズ群どうしの空気間隔を変化させることにより、広角端状態から望遠端状態までの変倍を行うことが望ましい。

この構成によって本願の光学系は、変倍が容易になり、広角端状態から望遠端状態まで像面湾曲及び球面収差を良好に補正することができる。

【0025】

また本願の撮像装置は、上述した構成の光学系を備えている。

50

これにより、球面収差や像面湾曲が十分に補正され、良好な光学性能を備えた撮像装置を実現することができる。

【0026】

また本願の光学系の結像方法は、複数のレンズ群を有する光学系の結像方法であって、前記複数のレンズ群の少なくとも1つは、以下の条件式(1)、(2)の少なくとも1つを満足するAレンズを有する。

$$(1) \quad 0 < n_d - 0.00250 \quad d - 1.88900$$

$$(2) \quad 0 < n_d - 0.33750 \quad d + 4.27500$$

但し、

n_d : 前記Aレンズの媒質のd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率

d : 前記Aレンズの媒質のd線(波長 = 587.6nm)に対するアッペ数

この構成により、球面収差や像面湾曲が十分に補正され、良好な光学性能を備えた光学系を実現することができる。

【0027】

以下、本願の数値実施例に係る光学系を添付図面に基づいて説明する。なお、第1~第9実施例は本願の実施例であり、第10実施例は本願の参考例である。

(第1実施例)

図1は、本願の第1実施例に係る光学系の断面図である。

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とからなる。

【0028】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12とからなる。そして、負メニスカスレンズL11は、像側レンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層を備えた非球面レンズである。

第2レンズ群G2は、両凸形状の正レンズL21と、両凸形状の正レンズL22と両凹形状の負レンズL23との接合レンズと、両凹形状の負レンズL24と両凸形状の正レンズL25との接合レンズとからなる。

【0029】

斯かる構成の下、本実施例に係る光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔が変化するように構成されている。

また、本実施例に係る光学系において、開口絞りSは、第2レンズ群G2内に配置されており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第2レンズ群G2とともに移動する。

さらに、本実施例に係る光学系では、第1レンズ群G1を移動させることで無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【0030】

また、本実施例に係る光学系において、第1レンズ群G1中の正メニスカスレンズL12がAレンズである。このAレンズは、開口絞りSよりも物体側に位置するため、物体側に凸面を向けたメニスカス形状となっており、光軸と平行でない斜めの光線がAレンズに入射する角度が垂直に近くなっている。

【0031】

以下の表1に、本願の第1実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

表1において、fは焦点距離、BFはバックフォーカスを示す。

[面データ]において、面番号は物体側から数えたレンズ面の順番、rはレンズ面の曲率半径、dはレンズ面の間隔、 n_d はd線(波長 = 587.6nm)に対する屈折率、 d はd線(波長 = 587.6nm)に対するアッペ数をそれぞれ示している。また、物面は物体面、可変は可変の面間隔、(絞りS)は開口絞りS、(絞りFS)はフレアカット絞りFS、像面は像面Iをそれぞれ示している。なお、曲率半径rの「 ∞ 」は平面を示し、空気の屈折率 $n_d = 1.00000$ の記載は省略している。また、レンズ面が非球面である場合

10

20

30

40

50

には面番号に*印を付して曲率半径 r の欄には近軸曲率半径を示している。

【 0 0 3 2 】

[非球面データ] には、[面データ] に示した非球面について、その形状を次式で表した場合の非球面係数を示す。

$$x = c y^2 / \{ 1 + (1 - K c^2 y^2)^{1/2} \} + A3 h^3 + A4 h^4 + A6 h^6 + A8 h^8 + A10 h^{10} + A12 h^{12}$$

ここで、 y は光軸からの高さ、 x はサグ量、 c は基準球面の曲率（近軸曲率半径）、 K は円錐定数、 $A3, A4, A6, A8, A10, A12$ を非球面係数とする。

【 0 0 3 3 】

[各種データ] において、 FNO は F ナンバー、 2θ は画角、 Y は像高、 TL は光学系全長、 d_i (i : 整数) は第 i 面の可変の面間隔をそれぞれ示す。なお、 W は広角端状態、 M は中間焦点距離状態、 T は望遠端状態をそれぞれ示す。

ここで、表 1 に掲載されている焦点距離 f や曲率半径 r 、及びその他長さの単位は一般に「mm」が使われる。しかしながら光学系は、比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるため、これに限られるものではない。

なお、以上に述べた表 1 の符号は、後述する各実施例の表においても同様に用いる。

【 0 0 3 4 】

(表 1) 第 1 実施例

[面データ]

面番号	r	d	n_d	d	
物面					
1	82.7116	2.00	1.88300	40.8	
2	17.5800	0.20	1.55389	38.1	
3*	12.6532	11.55	1.00000		
4	33.2422	2.80	2.14352	17.8	
5	51.5817	可変	1.00000		
6	29.8617	2.50	1.49782	82.6	
7	-64.4330	2.00	1.00000		
8(絞りS)		1.80	1.00000		30
9	73.9122	4.10	1.65160	58.5	
10	-15.5658	1.00	1.77250	49.6	
11	210.7172	11.20	1.00000		
12	-522.2353	0.90	1.83400	37.2	
13	16.9886	4.50	1.62041	60.3	
14	-27.1583	B F	1.00000		
像面					

[非球面データ]

第 3 面

$$\begin{aligned} K &= +0.0841 \\ A3 &= -7.4262 \times 10^{-6} \\ A4 &= +6.0257 \times 10^{-6} \\ A6 &= -2.7752 \times 10^{-8} \\ A8 &= +4.1500 \times 10^{-11} \\ A10 &= -1.5448 \times 10^{-13} \\ A12 &= +0.0000 \end{aligned}$$

[各種データ]

ズーム比 2.89

10

20

30

40

50

	W	M	T
f	18.5	35.0	53.5
F N O	3.5	4.5	5.8
2	77.0	44.5	29.9 °
Y	14.25	14.25	14.25
T L	129.08	118.47	128.93
B F	40.38	60.25	82.53
d 5	44.15	13.67	1.86

10

[ズームレンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-31.51
2	6	37.95

[条件式対応値(正メニスカスレンズL12)]

$$(1) \quad n_d - 0.00250 \quad d - 1.88900 = 0.21010$$

$$(2) \quad n_d - 0.33750 \quad d + 4.27500 = 0.42115$$

$$(3) \quad (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 4.63$$

$$(4) \quad (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 4.63$$

$$(5) \quad f_A / f_G = -2.40$$

20

【0035】

図2(a)、図2(b)、図2(c)はそれぞれ、第1実施例に係る光学系の広角端状態($f = 18.5$)、中間焦点距離状態($f = 35.0$)、望遠端状態($f = 53.5$)における無限遠合焦時の諸収差図である。

各収差図において、FNOはFナンバー、Aは半画角をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーの値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では半画角の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各半画角の値を示す。またdはd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、gはg線($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)をそれぞれ示す。そして非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。

30

なお、以下に示す各実施例の諸収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。

各諸収差図より本実施例に係る光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【0036】

(第2実施例)

図3は、本願の第2実施例に係る光学系の断面図である。

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とからなる。

【0037】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12とからなる。そして、負メニスカスレンズL11は、像側レンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層を備えた非球面レンズである。

40

第2レンズ群G2は、両凸形状の正レンズL21と、両凸形状の正レンズL22と両凹形状の負レンズL23との接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL24と両凸形状の正レンズL25との接合レンズとからなる。

【0038】

斯かる構成の下、本実施例に係る光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔が変化するように構成されている。

また、本実施例に係る光学系において、開口絞りSは、第2レンズ群G2内に配置され

50

ており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第2レンズ群G2とともに移動する。

さらに、本実施例に係る光学系では、第1レンズ群G1を移動させることで無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【0039】

また、本実施例に係る光学系において、第1レンズ群G1中の正メニスカスレンズL12がAレンズである。このAレンズは、開口絞りSよりも物体側に位置するため、物体側に凸面を向けたメニスカス形状となっており、光軸と平行でない斜めの光線がAレンズに入射する角度が垂直に近くなっている。

以下の表2に、本願の第2実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

10

【0040】

(表2) 第2実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	97.9612	2.00	1.81600	46.6
2	17.5800	0.20	1.55389	38.1
3*	12.6532	11.55	1.00000	
4	33.3981	2.80	1.94595	18.0
5	56.7142	可変	1.00000	
6	25.0493	2.50	1.49782	82.6
7	-75.9580	2.00	1.00000	
8(絞りS)		1.80	1.00000	
9	160.3175	4.10	1.65160	58.5
10	-14.4571	1.00	1.77250	49.6
11	366.8344	11.20	1.00000	
12	123.6295	0.90	1.83400	37.2
13	16.2628	4.50	1.60311	60.7
14	-32.9952	B F	1.00000	
像面				

20

30

[非球面データ]

第3面

$$K = +0.0856$$

$$A3 = -7.2738 \times 10^{-6}$$

$$A4 = +5.9947 \times 10^{-6}$$

$$A6 = -2.6718 \times 10^{-8}$$

$$A8 = +1.3725 \times 10^{-11}$$

$$A10 = -2.5203 \times 10^{-14}$$

$$A12 = +0.0000$$

40

[各種データ]

ズーム比	2.89		
	W	M	T
f	18.5	35.0	53.5
FNO	3.5	4.5	5.8
2	76.7	44.5	29.9°
Y	14.25	14.25	14.25
TL	129.13	118.52	128.98

50

B F 40.43 60.30 82.58

d 5 44.15 13.67 1.86

[ズームレンズ群デ - タ]

群	始面	f
1	1	-31.51
2	6	37.95

[条件式対応値 (正メニスカスレンズ L 1 2)]

(1) $nd - 0.00250 \quad d - 1.88900 = 0.01200$

(2) $nd - 0.33750 \quad d + 4.27500 = 0.15270$

(3) $(r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 3.86$

(4) $(r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 3.86$

(5) $f_A / f_G = -2.57$

【 0 0 4 1 】

図 4 (a)、図 4 (b)、図 4 (c) はそれぞれ、第 2 実施例に係る光学系の広角端状態 ($f = 18.5$)、中間焦点距離状態 ($f = 35.0$)、望遠端状態 ($f = 53.5$) における無限遠合焦時の諸収差図である。

各諸収差図より本実施例に係る光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 4 2 】

(第 3 実施例)

図 5 は、本願の第 3 実施例に係る光学系の断面図である。

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 とからなる。

【 0 0 4 3 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 とからなる。そして、負メニスカスレンズ L 1 2 は、像側レンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層を備えた非球面レンズである。

第 2 レンズ群 G 2 は、両凸形状の正レンズ L 2 1 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2 との接合レンズと、両凸形状の正レンズ L 2 3 と両凹形状の負レンズ L 2 4 との接合レンズと、両凸形状の正レンズ L 2 5 とからなる。

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 3 1 からなる。

【 0 0 4 4 】

斯かる構成の下、本実施例に係る光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との空気間隔が変化し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との空気間隔が増大するように構成されている。

また、本実施例に係る光学系において、開口絞り S は、第 2 レンズ群 G 2 内に配置されており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第 2 レンズ群 G 2 とともに移動する。

さらに、本実施例に係る光学系では、第 1 レンズ群 G 1 を移動させることで無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【 0 0 4 5 】

また、本実施例に係る光学系において、第 1 レンズ群 G 1 中の正メニスカスレンズ L 1 3 が A レンズである。この A レンズは、開口絞り S よりも物体側に位置するため、物体側に凸面を向けたメニスカス形状となっており、光軸と平行でない斜めの光線が A レンズに入射する角度が垂直に近くなっている。

10

20

30

40

50

以下の表 3 に、本願の第 3 実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 4 6 】

(表 3) 第 3 実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1	44.7484	1.80	1.88300	40.8	
2	19.0070	8.50	1.00000		
3	81.8610	1.60	1.77250	49.6	
4	52.8000	0.20	1.55389	38.1	10
5*	43.1816	2.75	1.00000		
6	29.7977	3.50	1.94595	18.0	
7	41.6291	可変	1.00000		
8	27.9527	5.70	1.62041	60.3	
9	-57.7149	1.00	1.80100	35.0	
10	-526.6817	1.50	1.00000		
11(絞り S)		1.00	1.00000		
12	20.9370	6.75	1.65160	58.5	
13	-36.7727	5.00	1.83400	37.2	20
14	14.8195	1.50	1.00000		
15	27.4570	4.00	1.58144	40.8	
16	-68.0982	可変	1.00000		
17	-83.5171	1.00	1.51680	64.1	
18	-237.5589	B F	1.00000		
像面					

[非球面データ]

第 5 面

K	=	-2.4420
A 3	=	+0.0000
A 4	=	-4.0180×10^{-7}
A 6	=	$+7.7512 \times 10^{-9}$
A 8	=	-2.3967×10^{-10}
A 10	=	$+1.0250 \times 10^{-12}$
A 12	=	-1.9550×10^{-15}

[各種データ]

ズーム比	3.16			40
	W	M	T	
f	29.0	50.0	91.7	
F N O	4.1	4.5	5.8	
2	76.6	46.8	26.3°	
Y	21.6	21.6	21.6	
T L	129.10	121.85	138.77	
B F	38.91	51.29	75.04	
d 7	42.02	18.05	2.89	
d 16	2.37	6.72	15.04	50

[ズームレンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-43.42
2	8	35.05
3	17	-249.77

[条件式対応値(正メニスカスレンズL13)]

$$(1) \quad n_d - 0.00250 \quad d - 1.88900 = 0.01200$$

$$(2) \quad n_d - 0.33750 \quad d + 4.27500 = 0.15270$$

$$(3) \quad (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 6.04$$

$$(4) \quad (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 6.04$$

$$(5) \quad f_A / f_G = -2.23$$

【0047】

図6(a)、図6(b)、図6(c)はそれぞれ、第3実施例に係る光学系の広角端状態($f = 29.0$)、中間焦点距離状態($f = 50.0$)、望遠端状態($f = 91.7$)における無限遠合焦時の諸収差図である。

各諸収差図より本実施例に係る光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【0048】

(第4実施例)

図7は、本願の第4実施例に係る光学系の断面図である。

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とからなる。

【0049】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とからなる。そして、負メニスカスレンズL12は、像側レンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層を備えた非球面レンズである。

第2レンズ群G2は、両凸形状の正レンズL21と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22との接合レンズと、両凸形状の正レンズL23と両凹形状の負レンズL24との接合レンズと、両凸形状の正レンズL25とからなる。

第3レンズ群G3は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL31からなる。

【0050】

斯かる構成の下、本実施例に係る光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔が変化し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が増大するように構成されている。

また、本実施例に係る光学系において、開口絞りSは、第2レンズ群G2内に配置されており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第2レンズ群G2とともに移動する。

さらに、本実施例に係る光学系では、第1レンズ群G1を移動させることで無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【0051】

また、本実施例に係る光学系において、第1レンズ群G1中の正メニスカスレンズL13がAレンズである。このAレンズは、開口絞りSよりも物体側に位置するため、物体側に凸面を向けたメニスカス形状となっており、光軸と平行でない斜めの光線がAレンズに入射する角度が垂直に近くなっている。

以下の表4に、本願の第4実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【0052】

10

20

30

40

50

(表4) 第4実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1	44.2009	1.80	1.90265	35.7	
2	19.0358	8.50	1.00000		
3	88.6772	1.60	1.77250	49.6	
4	52.8000	0.20	1.55389	38.1	
5*	43.1816	2.75	1.00000		
6	30.8314	3.50	2.14352	17.8	10
7	41.6237	可変	1.00000		
8	27.2269	5.70	1.62041	60.3	
9	-59.8727	1.00	1.80100	35.0	
10	-561.2797	1.50	1.00000		
11(絞りS)		1.00	1.00000		
12	21.3881	6.75	1.65160	58.5	
13	-34.0769	5.00	1.83400	37.2	
14	14.8949	1.50	1.00000		
15	27.4070	4.00	1.58144	40.8	20
16	-67.0190	可変	1.00000		
17	-78.9307	1.00	1.51680	64.1	
18	-204.0294	B F	1.00000		
像面					

[非球面データ]

第5面

K	=	-2.2368			
A3	=	+0.0000			30
A4	=	-6.1562×10^{-7}			
A6	=	$+5.4178 \times 10^{-9}$			
A8	=	-2.1299×10^{-10}			
A10	=	$+9.1017 \times 10^{-13}$			
A12	=	-1.7805×10^{-15}			

[各種データ]

ズーム比	3.16				
	W	M	T		
f	29.0	50.0	91.7		40
FNO	4.1	4.5	5.8		
2	76.6	46.8	26.3°		
Y	21.6	21.6	21.6		
TL	129.23	121.98	138.90		
BF	38.85	51.23	74.98		
d7	42.24	18.27	3.11		
d16	2.34	6.68	15.01		

[ズームレンズ群データ]

50

群	始面	f
1	1	-43.42
2	8	35.05
3	17	-249.77

[条件式対応値 (正メニスカスレンズ L 1 3)]

$$(1) \quad n d - 0 . 0 0 2 5 0 \quad d - 1 . 8 8 9 0 0 = 0.21010$$

$$(2) \quad n d - 0 . 3 3 7 5 0 \quad d + 4 . 2 7 5 0 0 = 0.42115$$

$$(3) \quad (r 2 + r 1) / (r 2 - r 1) = 6.71$$

$$(4) \quad (r 2 + r 1) / (r 2 - r 1) = 6.71$$

$$(5) \quad f A / f G = -2.04$$

10

【 0 0 5 3 】

図 8 (a)、図 8 (b)、図 8 (c) はそれぞれ、第 4 実施例に係る光学系の広角端状態 ($f = 29.0$)、中間焦点距離状態 ($f = 50.0$)、望遠端状態 ($f = 91.7$) における無限遠合焦時の諸収差図である。

各諸収差図より本実施例に係る光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 5 4 】

(第 5 実施例)

図 9 は、本願の第 5 実施例に係る光学系の断面図である。

20

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とからなる。

【 0 0 5 5 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と、両凹形状の負レンズ L 1 2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 とからなる。そして、負メニスカスレンズ L 1 1 は、像側レンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層を備えた非球面レンズである。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1 と両凸形状の正レンズ L 2 2 との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 3 とからなる。

30

【 0 0 5 6 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 3 1 と両凹形状の負レンズ L 3 2 との接合レンズからなる。

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズ L 4 1 と、両凸形状の正レンズ L 4 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 3 との接合レンズとからなる。

【 0 0 5 7 】

斯かる構成の下、本実施例に係る光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との空気間隔が変化し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との空気間隔が増大し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との空気間隔が減少するように構成されている。

40

また、本実施例に係る光学系において、開口絞り S は、第 3 レンズ群 G 3 の物体側に配置されており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第 3 レンズ群 G 3 とともに移動する。

さらに、本実施例に係る光学系では、第 1 レンズ群 G 1 を移動させることで無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【 0 0 5 8 】

また、本実施例に係る光学系において、第 3 レンズ群 G 3 中の正メニスカスレンズ L 3 1 が A レンズである。この A レンズは、開口絞り S よりも像面側に位置するため、物体側

50

に凹面を向けたメニスカス形状となっており、光軸と平行でない斜めの光線がAレンズに入射する角度が垂直に近くなっている。

以下の表5に、本願の第5実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【0059】

(表5) 第5実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1	115.5513	1.90	1.51680	64.1	
2	15.6014	0.17	1.55389	38.1	10
3*	13.3000	10.00	1.00000		
4	-203.6563	1.50	1.62299	58.2	
5	35.4686	1.10	1.00000		
6	29.5562	3.10	1.78472	25.7	
7	74.7181	可変	1.00000		
8	59.7272	0.90	1.84666	23.8	
9	23.3566	4.30	1.51823	58.9	
10	-28.6402	0.10	1.00000		
11	19.3966	1.80	1.51823	58.9	20
12	52.8204	可変	1.00000		
13(絞りS)		2.90	1.00000		
14	-43.5025	2.75	1.94595	18.0	
15	-17.9969	0.80	1.85000	32.4	
16	111.8314	可変	1.00000		
17		3.20	1.51742	52.3	
18	-23.6843	0.10	1.00000		
19	100.1845	5.70	1.49700	81.6	30
20	-16.5860	1.30	1.85026	32.4	
21	-55.6622	B F	1.00000		
像面					

[非球面データ]

第3面

$$K = 0.0000$$

$$A3 = +0.0000$$

$$A4 = +2.6205 \times 10^{-5}$$

$$A6 = +5.9408 \times 10^{-8}$$

$$A8 = -4.8810 \times 10^{-11}$$

$$A10 = +7.6103 \times 10^{-13}$$

$$A12 = +0.0000$$

40

[各種データ]

ズーム比 2.89

	W	M	T	
f	18.5	35.3	53.4	
FNO	3.8	5.3	6.2	
2	78.5	44.2	29.8°	50

Y	14.25	14.25	14.25
T L	131.31	125.64	136.79
B F	38.14	55.12	73.74
d 7	32.30	9.65	2.18
d 12	2.71	8.06	12.30
d 16	16.54	11.19	6.96

[ズームレンズ群データ]

群	始面	f	
1	1	-24.96	
2	8	28.22	
3	14	-41.43	
4	17	46.91	

[条件式対応値(正メニスカスレンズL31)]

- (1) $nd - 0.00250 \quad d - 1.88900 = 0.12000$
- (2) $nd - 0.33750 \quad d + 4.27500 = 0.15270$
- (3) $(r2 + r1) / (r2 - r1) = -2.41$
- (4) $(r2 + r1) / (r2 - r1) = -2.41$
- (5) $fA / fG = -0.74$

【0060】

図10(a)、図10(b)、図10(c)はそれぞれ、第5実施例に係る光学系の広角端状態($f = 18.5$)、中間焦点距離状態($f = 35.3$)、望遠端状態($f = 53.4$)における無限遠合焦時の諸収差図である。

各諸収差図より本実施例に係る光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【0061】

(第6実施例)

図11は、本願の第6実施例に係る光学系の断面図である。

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

【0062】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹形状の負レンズL12と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とからなる。そして、負メニスカスレンズL11は、像側レンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層を備えた非球面レンズである。

第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と両凸形状の正レンズL22との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23とからなる。

【0063】

第3レンズ群G3は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL31と両凹形状の負レンズL32との接合レンズからなる。

第4レンズ群G4は、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズとからなる。

【0064】

斯かる構成の下、本実施例に係る光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔が変化し、第2レンズ群G2と

10

20

30

40

50

第3レンズ群G3との空気間隔が増大し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔が減少するように構成されている。

また、本実施例に係る光学系において、開口絞りSは、第3レンズ群G3の物体側に配置されており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第3レンズ群G3とともに移動する。

さらに、本実施例に係る光学系では、第1レンズ群G1を移動させることで無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【0065】

また、本実施例に係る光学系において、第3レンズ群G3中の正メニスカスレンズL31がAレンズである。このAレンズは、開口絞りSよりも像面側に位置するため、物体側に凹面を向けたメニスカス形状となっており、光軸と平行でない斜めの光線がAレンズに入射する角度が垂直に近くなっている。

10

以下の表6に、本願の第6実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【0066】

(表6) 第6実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	115.5513	1.90	1.51680	64.1
2	15.6014	0.17	1.55389	38.1
3*	13.3000	10.00	1.00000	
4	-180.3836	1.50	1.62299	58.2
5	36.7979	1.10	1.00000	
6	29.8103	3.10	1.78472	25.7
7	74.7181	可変	1.00000	
8	50.5666	0.90	1.84666	23.8
9	21.7186	4.30	1.51823	58.9
10	-29.0198	0.10	1.00000	
11	19.2917	1.80	1.51823	58.9
12	46.5501	可変	1.00000	
13(絞りS)		2.90	1.00000	
14	-40.1312	2.75	2.00170	20.7
15	-15.5486	0.80	1.89800	34.0
16	152.9489	可変	1.00000	
17		3.20	1.51742	52.3
18	-23.8646	0.10	1.00000	
19	101.1522	5.70	1.49700	81.6
20	-16.5227	1.30	1.85026	32.4
21	-54.1237	B F	1.00000	

20

30

40

像面

[非球面データ]

第3面

K = 0.0000

A3 = +0.0000

A4 = +2.6205 × 10⁻⁵

A6 = +5.9408 × 10⁻⁸

50

$$\begin{aligned} A 8 &= -4.8810 \times 10^{-11} \\ A 10 &= +7.6103 \times 10^{-13} \\ A 12 &= +0.0000 \end{aligned}$$

[各種データ]

ズーム比	2.89			
	W	M	T	
f	18.5	35.3	53.4	
F N O	3.6	5.2	6.0	
2	78.4	44.2	29.8 °	10
Y	14.25	14.25	14.25	
T L	131.31	125.69	136.93	
B F	38.14	55.17	73.88	
d 7	32.30	9.65	2.18	
d 12	2.71	8.06	12.30	
d 16	16.54	11.19	6.96	

[ズームレンズ群データ]

群	始面	f	
1	1	-24.97	20
2	8	28.20	
3	14	-41.36	
4	17	46.69	

[条件式対応値 (正メニスカスレンズ L 3 1)]

$$\begin{aligned} (1) \quad n d - 0.00250 \quad d - 1.88900 &= 0.06120 \\ (2) \quad n d - 0.33750 \quad d + 4.27500 &= -0.67580 \\ (3) \quad (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) &= -2.27 \\ (4) \quad (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) &= -2.27 \\ (5) \quad f_A / f_G &= -0.58 \end{aligned}$$

30

【 0 0 6 7 】

図 1 2 (a)、図 1 2 (b)、図 1 2 (c) はそれぞれ、第 6 実施例に係る光学系の広角端状態 ($f = 18.5$)、中間焦点距離状態 ($f = 35.3$)、望遠端状態 ($f = 53.4$) における無限遠合焦時の諸収差図である。

各諸収差図より本実施例に係る光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 6 8 】

(第 7 実施例)

図 1 3 は、本願の第 7 実施例に係る光学系の断面図である。

40

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とからなる。

【 0 0 6 9 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と、両凹形状の負レンズ L 1 2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 とからなる。そして、負メニスカスレンズ L 1 1 は、像側レンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層を備えた非球面レンズである。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1 と両凸形状の正レンズ L 2 2 との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 3 とから

50

なる。

【 0 0 7 0 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 3 1 と両凹形状の負レンズ L 3 2 との接合レンズからなる。

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズ L 4 1 と、両凸形状の正レンズ L 4 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 3 との接合レンズとからなる。

【 0 0 7 1 】

斯かる構成の下、本実施例に係る光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との空気間隔が変化し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との空気間隔が増大し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との空気間隔が減少するように構成されている。

また、本実施例に係る光学系において、開口絞り S は、第 3 レンズ群 G 3 の物体側に配置されており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第 3 レンズ群 G 3 とともに移動する。

さらに、本実施例に係る光学系では、第 1 レンズ群 G 1 を移動させることで無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【 0 0 7 2 】

また、本実施例に係る光学系において、第 3 レンズ群 G 3 中の正メニスカスレンズ L 3 1 が A レンズである。この A レンズは、開口絞り S よりも像面側に位置するため、物体側に凹面を向けたメニスカス形状となっており、光軸と平行でない斜めの光線が A レンズに入射する角度が垂直に近くなっている。

以下の表 7 に、本願の第 7 実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 7 3 】

(表 7) 第 7 実施例

[面 データ]

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1	115.5513	1.90	1.51680	64.1	
2	15.6014	0.17	1.55389	38.1	30
3*	13.3000	10.00	1.00000		
4	-248.6179	1.50	1.62299	58.2	
5	34.6127	1.10	1.00000		
6	29.6569	3.10	1.78472	25.7	
7	74.7181	可変	1.00000		
8	53.9942	0.90	1.84666	23.8	
9	22.5667	4.30	1.51823	58.9	
10	-29.5940	0.10	1.00000		
11	19.0339	1.80	1.51823	58.9	40
12	47.2870	可変	1.00000		
13(絞り S)		2.90	1.00000		
14	-43.2107	2.75	2.14352	17.8	
15	-17.4145	0.80	2.00330	28.3	
16	198.6809	可変	1.00000		
17		3.20	1.51742	52.3	
18	-24.5210	0.10	1.00000		
19	90.7179	5.70	1.49700	81.6	50

20 -16.6300 1.30 1.85026 32.4
 21 -55.9527 B F 1.00000
 像面

[非球面データ]

第 3 面

K = 0.0000

A 3 = +0.0000

A 4 = +2.5968 × 10⁻⁵A 6 = +5.3443 × 10⁻⁸A 8 = -7.4059 × 10⁻¹¹A 10 = +7.6103 × 10⁻¹³

A 12 = +0.0000

10

[各種データ]

ズーム比 2.89

	W	M	T
f	18.5	35.3	53.4
F N O	3.7	5.3	6.1
2	78.1	44.2	29.9 °
Y	14.25	14.25	14.25
T L	131.31	125.87	137.23
B F	38.14	55.35	74.18
d 7	32.30	9.65	2.18
d 12	2.71	8.06	12.30
d 16	16.54	11.19	6.96

20

[ズームレンズ群データ]

群	始面	f
1	1	-24.97
2	8	28.41
3	14	-42.74
4	17	47.47

30

[条件式対応値 (正メニスカスレンズ L 3 1)]

(1) n d - 0 . 0 0 2 5 0 d - 1 . 8 8 9 0 0 = 0.21010

(2) n d - 0 . 3 3 7 5 0 d + 4 . 2 7 5 0 0 = 0.42115

(3) (r 2 + r 1) / (r 2 - r 1) = -2.35

(4) (r 2 + r 1) / (r 2 - r 1) = -2.35

(5) f A / f G = -0.56

40

【 0 0 7 4 】

図 1 4 (a)、図 1 4 (b)、図 1 4 (c) はそれぞれ、第 7 実施例に係る光学系の広角端状態 (f = 1 8 . 5)、中間焦点距離状態 (f = 3 5 . 3)、望遠端状態 (f = 5 3 . 4) における無限遠合焦時の諸収差図である。

各諸収差図より本実施例に係る光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 7 5 】

(第 8 実施例)

図 1 5 は、本願の第 8 実施例に係る光学系の断面図である。

50

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

【0076】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹形状の負レンズL12と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とからなる。そして、負メニスカスレンズL11は、像側レンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層を備えた非球面レンズである。

第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と両凸形状の正レンズL22との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23とからなる。

10

【0077】

第3レンズ群G3は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL31と両凹形状の負レンズL32との接合レンズからなる。

第4レンズ群G4は、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズとからなる。

【0078】

斯かる構成の下、本実施例に係る光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔が変化し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が増大し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との空気間隔が減少するように構成されている。

20

また、本実施例に係る光学系において、開口絞りSは、第3レンズ群G3の物体側に配置されており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第3レンズ群G3とともに移動する。

さらに、本実施例に係る光学系では、第1レンズ群G1を移動させることで無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【0079】

また、本実施例に係る光学系において、第1レンズ群G1中の正メニスカスレンズL13がAレンズである。このAレンズは、開口絞りSよりも物体側に位置するため、物体側に凸面を向けたメニスカス形状となっており、光軸と平行でない斜めの光線がAレンズに入射する角度が垂直に近くなっている。

30

以下の表8に、本願の第8実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【0080】

(表8) 第8実施例

[面データ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	123.1562	1.90	1.51680	64.1
2	15.5000	0.17	1.55389	38.1
3*	13.3000	10.00	1.00000	
4	-183.9004	1.50	1.62299	58.2
5	53.4327	1.10	1.00000	
6	29.8607	3.10	2.00170	20.7
7	44.5512	可変	1.00000	
8	34.0508	0.90	1.84666	23.8
9	18.0131	4.20	1.51823	58.9
10	-30.6255	0.10	1.00000	
11	19.8978	1.90	1.51823	58.9

40

50

12	40.4509	可変	1.00000		
13(絞りS)		2.90	1.00000		
14	-36.2369	2.75	1.85026	32.4	
15	-10.7239	0.80	1.80400	46.6	
16	96.3187	可変	1.00000		
17		3.20	1.51823	58.9	
18	-24.2955	0.10	1.00000		
19	138.8999	5.20	1.48749	70.5	10
20	-16.5664	1.30	1.85026	32.4	
21	-42.2488	B F	1.00000		

像面

[非球面データ]

第3面

K = 0.0000

A3 = +0.0000

A4 = +2.4776 × 10⁻⁵

A6 = +7.6999 × 10⁻⁸

A8 = -1.4364 × 10⁻¹⁰

A10 = +9.0560 × 10⁻¹³

A12 = +0.0000

20

[各種データ]

ズーム比 2.89

	W	M	T
f	18.5	35.2	53.4
FNO	3.7	5.0	5.9
2	78.0	44.2	29.7°
Y	14.25	14.25	14.25
TL	131.37	124.82	135.43
BF	38.35	54.44	72.52

30

d7 = 32.95, 10.30, 2.83

d12 = 2.50, 7.85, 12.08

d16 = 16.46, 11.10, 6.87

[ズームレンズ群データ]

群 始面 f

1 1 -25.15

2 8 27.16

3 14 -36.09

4 17 43.20

40

[条件式対応値 (正メニスカスレンズ L13)]

(1) nd - 0.00250 d - 1.88900 = 0.06120

(2) nd - 0.33750 d + 4.27500 = -0.67580

(3) (r2 + r1) / (r2 - r1) = 5.07

(4) (r2 + r1) / (r2 - r1) = 5.07

50

(5) $f_A / f_G = -3.25$

【 0 0 8 1 】

図 1 6 (a)、図 1 6 (b)、図 1 6 (c) はそれぞれ、第 8 実施例に係る光学系の広角端状態 ($f = 18.5$)、中間焦点距離状態 ($f = 35.2$)、望遠端状態 ($f = 53.4$) における無限遠合焦時の諸収差図である。

各諸収差図より本実施例に係る光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 8 2 】

(第 9 実施例)

図 1 7 は、本願の第 9 実施例に係る光学系の断面図である。

10

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とからなる。

【 0 0 8 3 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と、両凹形状の負レンズ L 1 2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 3 とからなる。そして、負メニスカスレンズ L 1 1 は、像側レンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層を備えた非球面レンズである。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1 と両凸形状の正レンズ L 2 2 との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 3 とからなる。

20

【 0 0 8 4 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 3 1 と両凹形状の負レンズ L 3 2 との接合レンズからなる。

第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズ L 4 1 と、両凸形状の正レンズ L 4 2 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 4 3 との接合レンズとからなる。

【 0 0 8 5 】

斯かる構成の下、本実施例に係る光学系では、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との空気間隔が変化し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との空気間隔が増大し、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との空気間隔が減少するように構成されている。

30

また、本実施例に係る光学系において、開口絞り S は、第 3 レンズ群 G 3 の物体側に配置されており、広角端状態から望遠端状態への変倍に際して、第 3 レンズ群 G 3 とともに移動する。

さらに、本実施例に係る光学系では、第 1 レンズ群 G 1 を移動させることで無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【 0 0 8 6 】

また、本実施例に係る光学系において、第 1 レンズ群 G 1 中の正メニスカスレンズ L 1 3 が A レンズである。この A レンズは、開口絞り S よりも物体側に位置するため、物体側に凸面を向けたメニスカス形状となっており、光軸と平行でない斜めの光線が A レンズに入射する角度が垂直に近くなっている。

40

以下の表 9 に、本願の第 9 実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 0 8 7 】

(表 9) 第 9 実施例

[面 データ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	120.5277	1.90	1.51680	64.1
2	15.4284	0.17	1.55389	38.1

50

3*	13.3450	10.00	1.00000		
4	-203.2133	1.50	1.62299	58.2	
5	70.4202	1.10	1.00000		
6	27.2078	3.10	2.14352	17.8	
7	33.0380	可変	1.00000		
8	34.2985	0.90	1.84666	23.8	
9	17.9810	4.20	1.51823	58.9	
10	-30.6254	0.10	1.00000		
11	19.4154	1.90	1.51823	58.9	10
12	38.9724	可変	1.00000		
13(絞りS)		2.90	1.00000		
14	-37.8261	2.75	1.85026	32.4	
15	-10.7739	0.80	1.80400	46.6	
16	86.6088	可変	1.00000		
17		3.20	1.51823	58.9	
18	-25.3312	0.10	1.00000		
19	140.4429	5.20	1.48749	70.5	20
20	-16.6752	1.30	1.85026	32.4	
21	-40.5396	B F	1.00000		

像面

[非球面データ]

第3面

K	=	0.0000		
A3	=	+0.0000		
A4	=	$+2.4722 \times 10^{-5}$		
A6	=	$+7.9219 \times 10^{-8}$		30
A8	=	-1.4112×10^{-10}		
A10	=	$+8.5922 \times 10^{-13}$		
A12	=	+0.0000		

[各種データ]

ズーム比	2.89			
	W	M	T	
f	18.5	35.2	53.4	
FNO	3.7	5.0	5.9	
2	78.0	44.2	29.8°	40
Y	14.25	14.25	14.25	
TL	132.19	125.64	136.24	
BF	38.51	54.61	72.69	
d7	33.78	11.13	3.66	
d12	2.43	7.79	12.02	
d16	16.35	10.99	6.76	

[ズームレンズ群データ]

群	始面	f		50
---	----	---	--	----

1	1	-25.15
2	8	27.16
3	14	-36.09
4	17	43.20

[条件式対応値(正メニスカスレンズL13)]

$$(1) \quad n d - 0.00250 \quad d - 1.88900 = 0.21010$$

$$(2) \quad n d - 0.33750 \quad d + 4.27500 = 0.42115$$

$$(3) \quad (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 10.33$$

$$(4) \quad (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 10.33$$

$$(5) \quad f_A / f_G = -4.18$$

10

【0088】

図18(a)、図18(b)、図18(c)はそれぞれ、第9実施例に係る光学系の広角端状態($f = 18.5$)、中間焦点距離状態($f = 35.2$)、望遠端状態($f = 53.4$)における無限遠合焦時の諸収差図である。

各諸収差図より本実施例に係る光学系は、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【0089】

(第10実施例)

図19は、本願の第10実施例に係る光学系の断面図である。

20

本実施例に係る光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とからなる。

【0090】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凹形状の負レンズL12と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とからなる。そして、負メニスカスレンズL11は、像側レンズ面に非球面形状の薄いプラスチック樹脂層を備えた非球面レンズである。

第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と両凸形状の正レンズL22との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23とからなる。

30

【0091】

第3レンズ群G3は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL31と両凹形状の負レンズL32との接合レンズからなる。

第4レンズ群G4は、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズL41と、両凸形状の正レンズL42と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL43との接合レンズとからなる。

【0092】

斯かる構成の本実施例に係る光学系において、開口絞りSは、第3レンズ群G3の物体側に配置されている。

40

さらに、本実施例に係る光学系では、第1レンズ群G1を移動させることで無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

また、本実施例に係る光学系において、第1レンズ群G1中の正メニスカスレンズL13がAレンズである。このAレンズは、開口絞りSよりも物体側に位置するため、物体側に凸面を向けたメニスカス形状となっており、光軸と平行でない斜めの光線がAレンズに入射する角度が垂直に近くなっている。

以下の表10に、本願の第10実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

【0093】

(表10) 第10実施例

[面データ]

50

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1	123.1562	1.90	1.51680	64.1	
2	15.5000	0.17	1.55389	38.1	
3*	13.3000	10.00	1.00000		
4	-183.9004	1.50	1.62299	58.2	
5	53.4327	1.10	1.00000		
6	29.8607	3.10	2.00170	20.7	
7	44.5512	32.95	1.00000		10
8	34.0508	0.90	1.84666	23.8	
9	18.0131	4.20	1.51823	58.9	
10	-30.6255	0.10	1.00000		
11	19.8978	1.90	1.51823	58.9	
12	40.4509	2.50	1.00000		
13(絞りS)		2.90	1.00000		
14	-36.2369	2.75	1.85026	32.4	
15	-10.7239	0.80	1.80400	46.6	
16	96.3187	16.46	1.00000		20
17		3.20	1.51823	58.9	
18	-24.2955	0.10	1.00000		
19	138.8999	5.20	1.48749	70.5	
20	-16.5664	1.30	1.85026	32.4	
21	-42.2488	B F	1.00000		
像面					

[非球面データ]

第3面					30
K	=	0.0000			
A3	=	+0.0000			
A4	=	$+2.4776 \times 10^{-5}$			
A6	=	$+7.6999 \times 10^{-8}$			
A8	=	-1.4364×10^{-10}			
A10	=	$+9.0560 \times 10^{-13}$			
A12	=	+0.0000			

[各種データ]

f	18.5				40
FNO	3.7				
2	78.0°				
Y	14.25				
TL	131.37				
BF	38.35				

[条件式対応値 (正メニスカスレンズ L13)]

- (1) $nd - 0.00250 \quad d - 1.88900 = 0.06120$
(2) $nd - 0.33750 \quad d + 4.27500 = -0.67580$
(3) $(r2 + r1) / (r2 - r1) = 5.07$

$$(4) (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) = 5.07$$

$$(5) f_A / f_G = -3.25$$

【0094】

図20は、第10実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図 ($f = 18.5$) である。

各諸収差図より本実施例に係る光学系は、諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有していることがわかる。

【0095】

以上の各実施例によれば、高屈折率媒質の屈折率及び分散を適切な範囲に設定することで、球面収差や像面湾曲が十分に補正され、良好な光学性能を備えた光学系を実現することができる。

10

【0096】

なお、本願の光学系の数値実施例として2, 3, 4群構成のものを示したが、本光学系の群構成はこれに限られず、5群等の他の群構成の光学系を構成することもできる。

また、本光学系において、無限遠物体から近距離物体への合焦を行うために、レンズ群の一部、1つのレンズ群、又は複数のレンズ群を合焦レンズ群として光軸方向へ移動させる構成としてもよい。また、この合焦レンズ群は、オートフォーカスに適用することも可能であり、オートフォーカス用のモータ、例えば超音波モータ等の駆動にも適している。特に、本光学系では第1レンズ群全体又はその一部を合焦レンズ群とすることが好ましい。

20

【0097】

また、本光学系において、いずれかのレンズ群全体又はその一部を防振レンズ群として光軸に垂直な方向へシフトさせて、手ブレによって生じる像ブレを補正する構成とすることもできる。特に、本光学系では第2レンズ群G2の一部又は第3レンズ群G3の一部を防振レンズ群とすることが好ましい。

本光学系においては、第1レンズ群に非球面レンズを用いることで、収差の補正、特に像面湾曲や歪曲収差の補正を効果的に行っているが、非球面レンズは第1レンズ群以外に用いることも容易である。また、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成型したガラスモールド非球面、又はガラス表面に設けた樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでもよい。

30

【0098】

また、本光学系を構成するレンズのレンズ面に、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よい。これにより、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストで高い光学性能を達成することができる。

また、本光学系においては、回折光学素子を用いることも容易である。これにより、特に色収差を良好に補正することが可能となる。

なお、上記各実施例は本発明の一具体例を示しているものであり、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0099】

次に、本願の光学系を備えたカメラを図21に基づいて説明する。

40

図21は、本願の光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

本カメラ1は、図21に示すように撮影レンズ2として上記第1実施例に係る光学系を備えたデジタル一眼レフカメラである。

【0100】

本カメラ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で集光されて、クイックリターンミラー3を介して焦点板4に結像される。そして焦点板4に結像されたこの光は、ペンタプリズム5中で複数回反射されて接眼レンズ6へ導かれる。これにより撮影者は、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。

【0101】

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

50

3が光路外へ退避し、不図示の被写体からの光は撮像素子7へ到達する。これにより被写体からの光は、当該撮像素子7によって撮像されて、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による被写体の撮影を行うことができる。

【0102】

ここで、本カメラ1に撮影レンズ2として搭載した上記第1実施例に係る光学系は、上記第1実施例において説明したようにその特徴的なレンズ構成によって、球面収差や像面湾曲を十分に補正し、良好な光学性能を実現している。これにより本カメラ1は、球面収差や像面湾曲を十分に補正し、良好な光学性能を実現することができる。

なお、上記第2～第5実施例に係る光学系を撮影レンズ2として搭載したカメラを構成しても上記カメラ1と同様の効果を勿論奏することができる。

【0103】

以上より、球面収差や像面湾曲が十分に補正され、良好な光学性能を備えた光学系、撮像装置、光学系の結像方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0104】

【図1】本願の第1実施例に係る光学系の断面図である。

【図2】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、第1実施例に係る光学系の広角端状態($f = 18.5$)、中間焦点距離状態($f = 35.0$)、望遠端状態($f = 53.5$)における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図3】本願の第2実施例に係る光学系の断面図である。

【図4】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、第2実施例に係る光学系の広角端状態($f = 18.5$)、中間焦点距離状態($f = 35.0$)、望遠端状態($f = 53.5$)における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図5】本願の第3実施例に係る光学系の断面図である。

【図6】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、第3実施例に係る光学系の広角端状態($f = 29.0$)、中間焦点距離状態($f = 50.0$)、望遠端状態($f = 91.7$)における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図7】本願の第4実施例に係る光学系の断面図である。

【図8】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、第4実施例に係る光学系の広角端状態($f = 29.0$)、中間焦点距離状態($f = 50.0$)、望遠端状態($f = 91.7$)における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図9】本願の第5実施例に係る光学系の断面図である。

【図10】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、第5実施例に係る光学系の広角端状態($f = 18.5$)、中間焦点距離状態($f = 35.3$)、望遠端状態($f = 53.4$)における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図11】本願の第6実施例に係る光学系の断面図である。

【図12】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、第6実施例に係る光学系の広角端状態($f = 18.5$)、中間焦点距離状態($f = 35.3$)、望遠端状態($f = 53.4$)における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図13】本願の第7実施例に係る光学系の断面図である。

【図14】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、第7実施例に係る光学系の広角端状態($f = 18.5$)、中間焦点距離状態($f = 35.3$)、望遠端状態($f = 53.4$)における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図15】本願の第8実施例に係る光学系の断面図である。

【図16】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、第8実施例に係る光学系の広角端状態($f = 18.5$)、中間焦点距離状態($f = 35.2$)、望遠端状態($f = 53.4$)における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図17】本願の第9実施例に係る光学系の断面図である。

【図18】(a)、(b)、(c)はそれぞれ、第9実施例に係る光学系の広角端状態(

10

20

30

40

50

f = 18.5)、中間焦点距離状態 (f = 35.2)、望遠端状態 (f = 53.4) における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図19】本願の第10実施例に係る光学系の断面図である。

【図20】第10実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図 (f = 18.5) である。

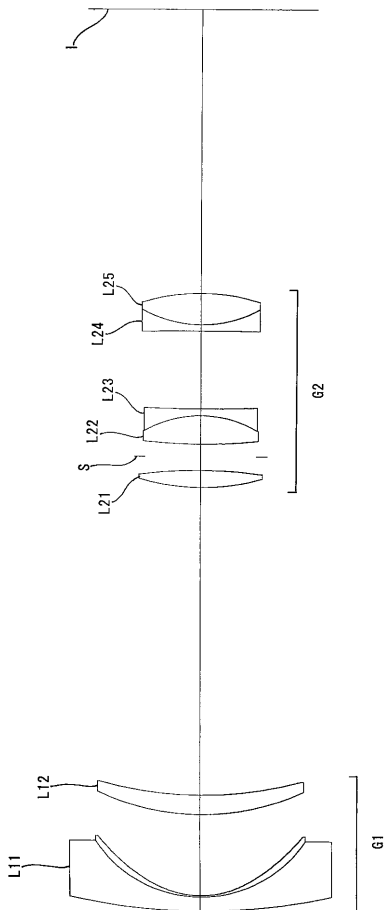
【図21】本願の光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

【符号の説明】

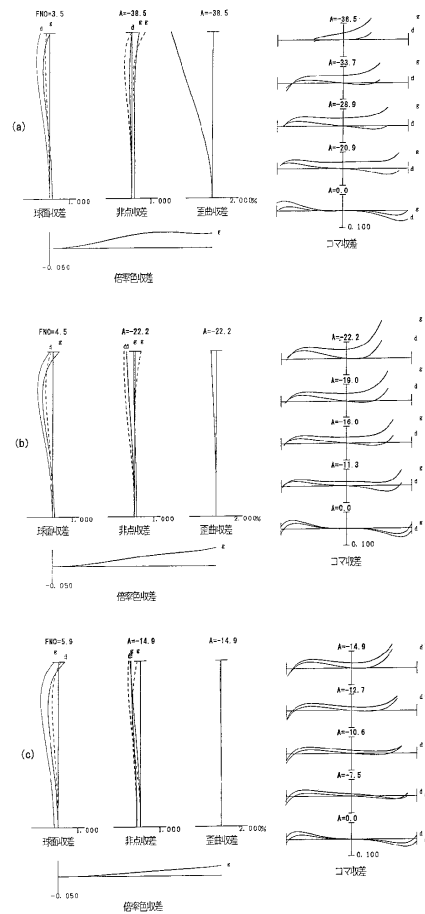
【0105】

- 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
- S 開口絞り
- I 像面
- W 広角端状態
- T 望遠端状態

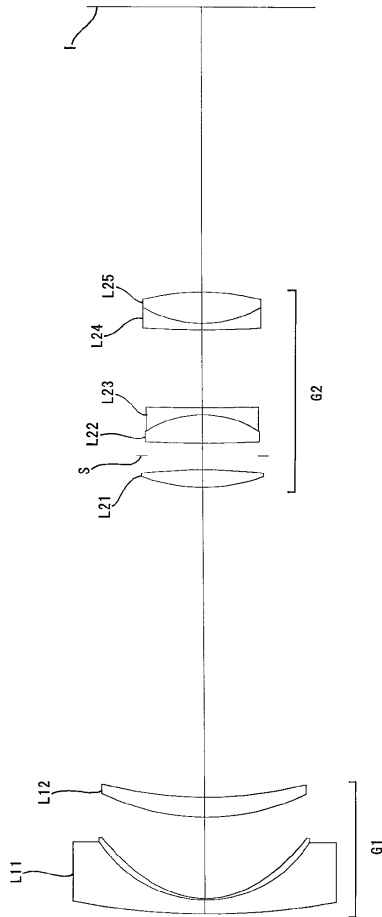
【図1】



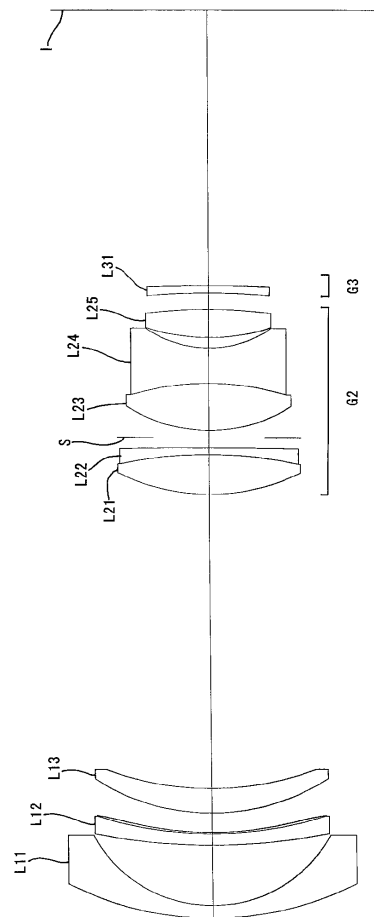
【図2】



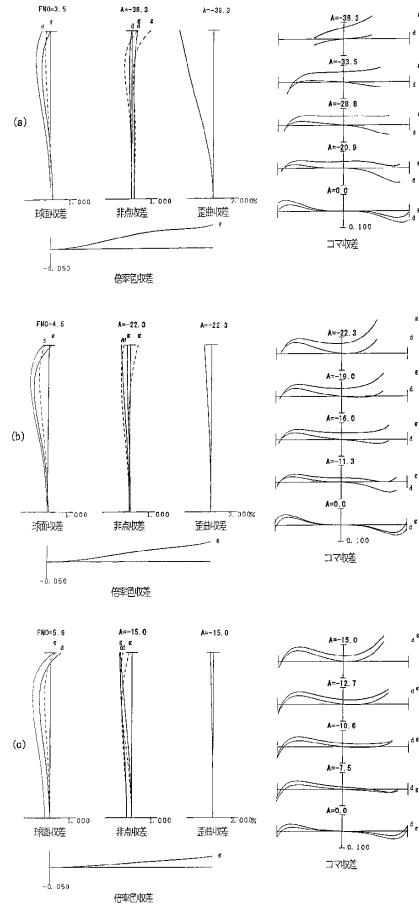
【図3】



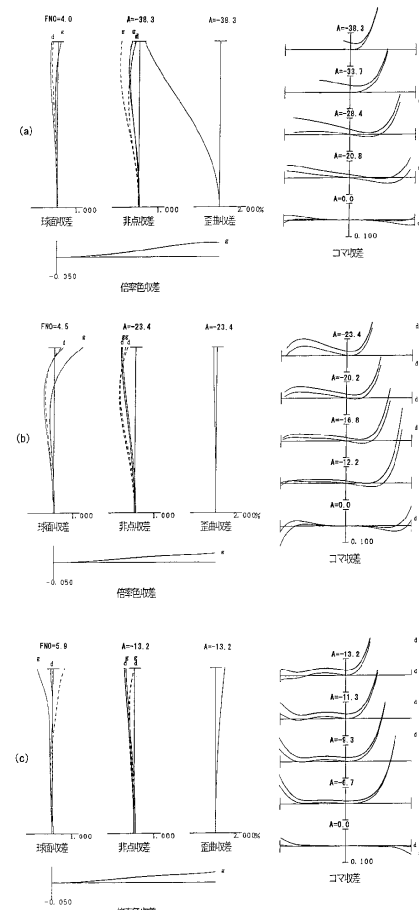
【図5】



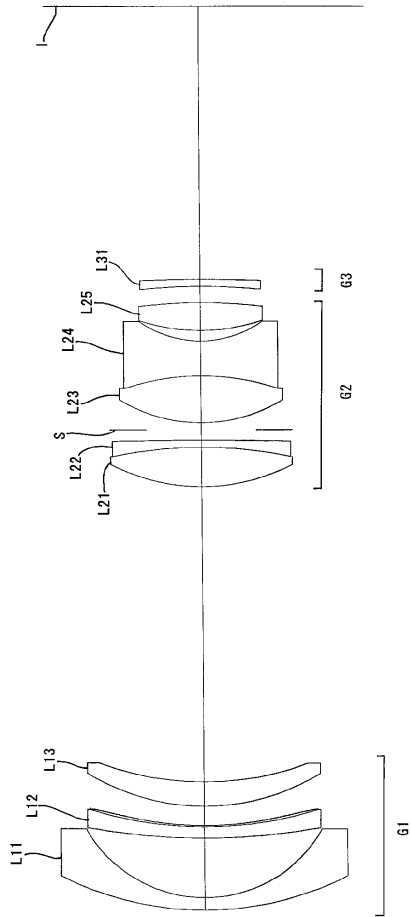
【図4】



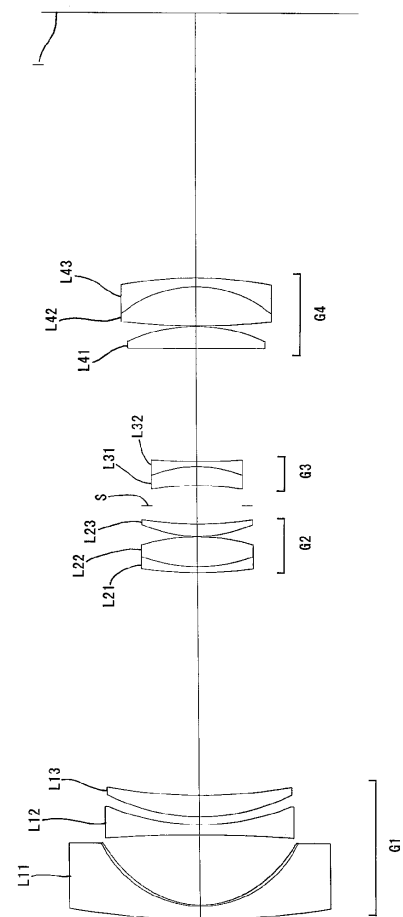
【図6】



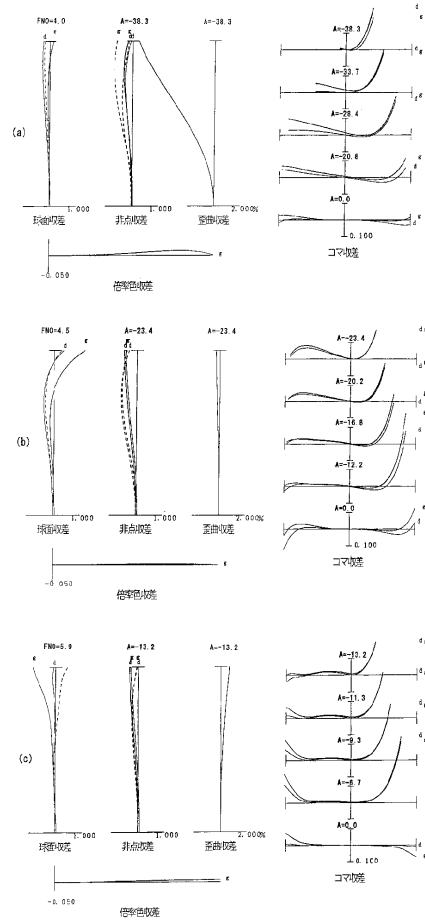
【 図 7 】



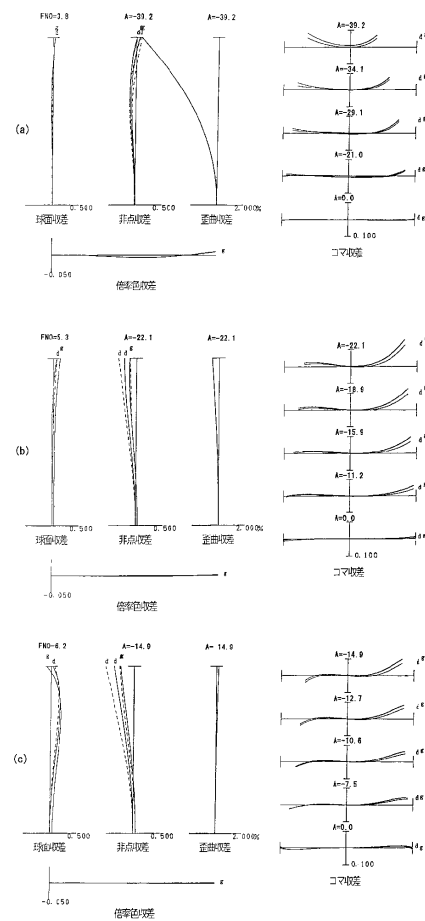
【 図 9 】



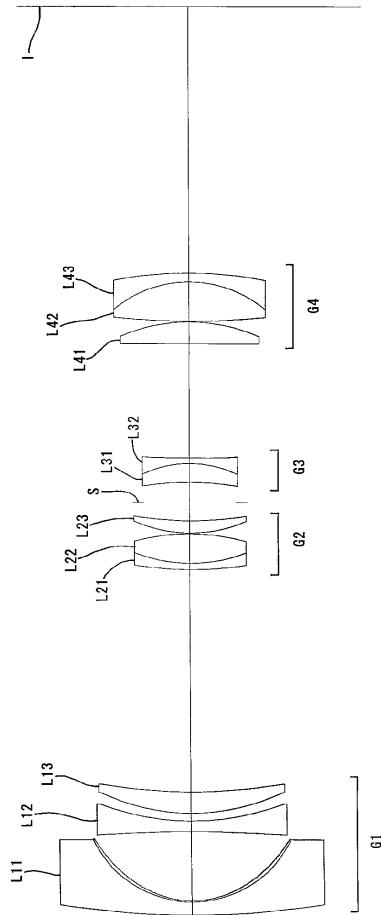
【 図 8 】



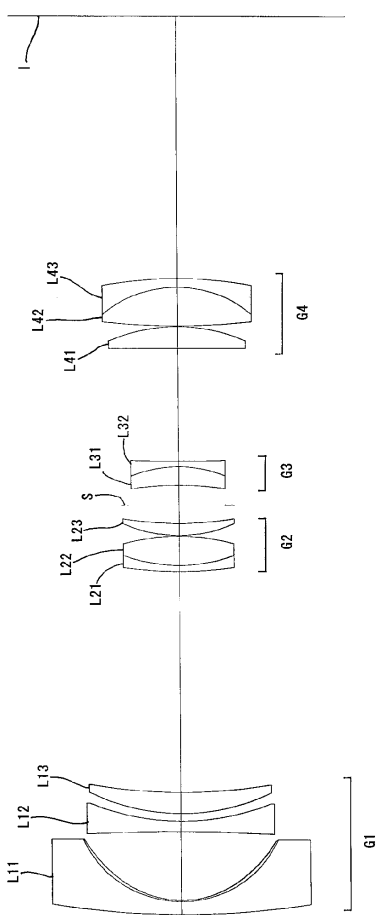
【 図 10 】



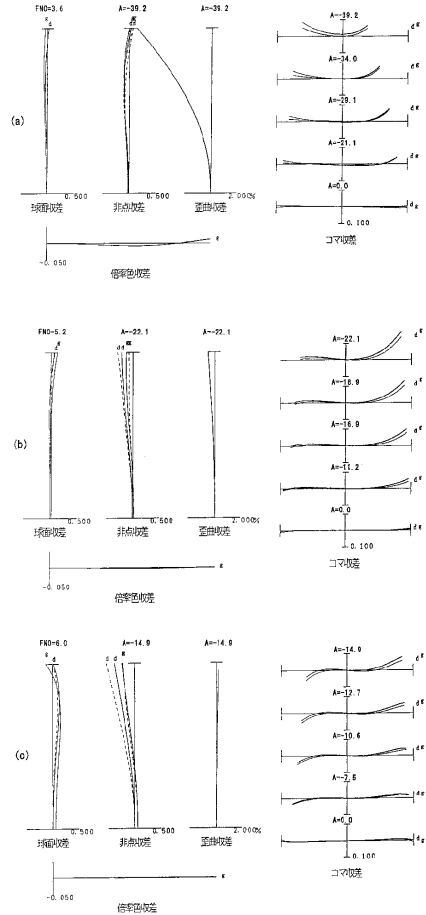
【図 1 1】



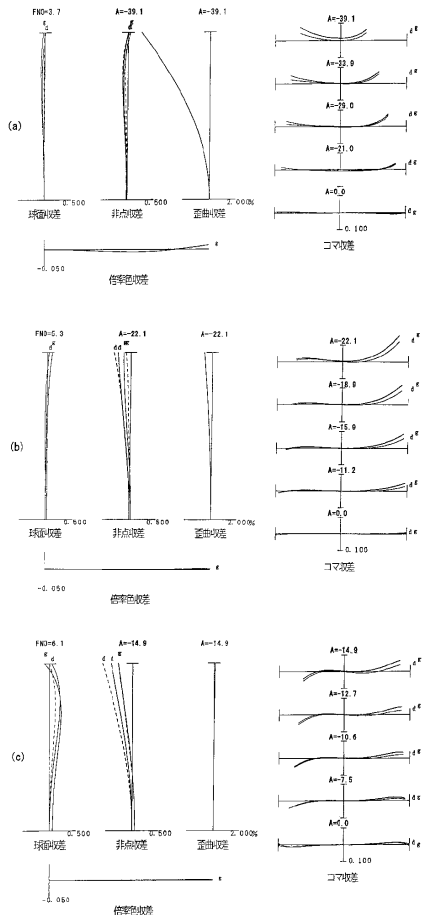
【図 1 3】



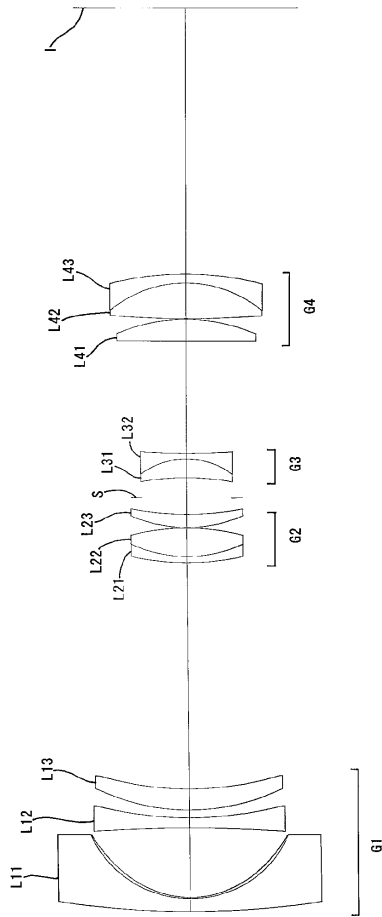
【図 1 2】



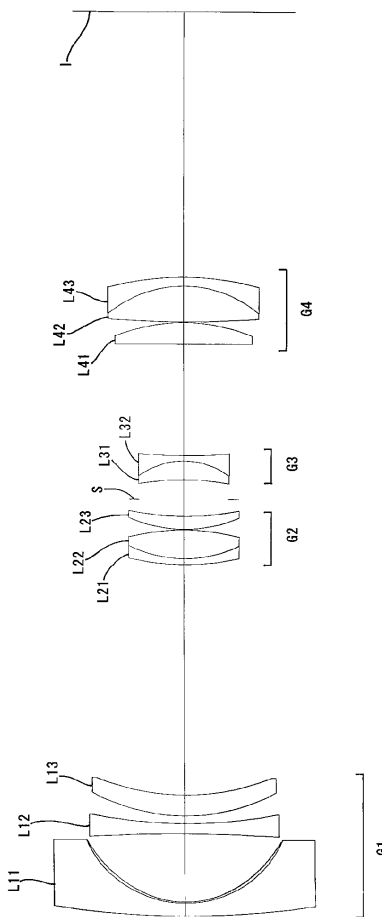
【図 1 4】



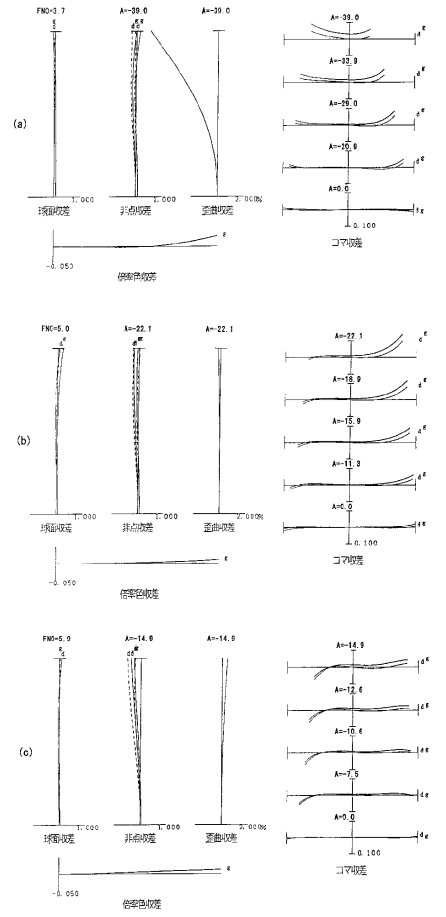
【図15】



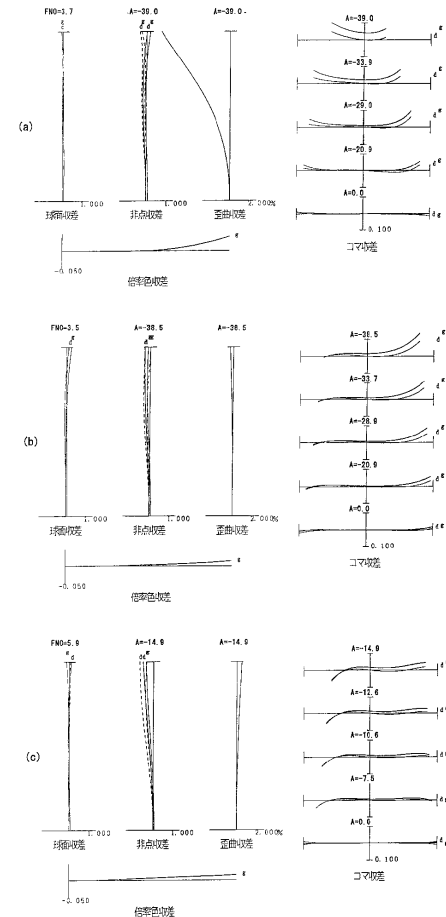
【図17】



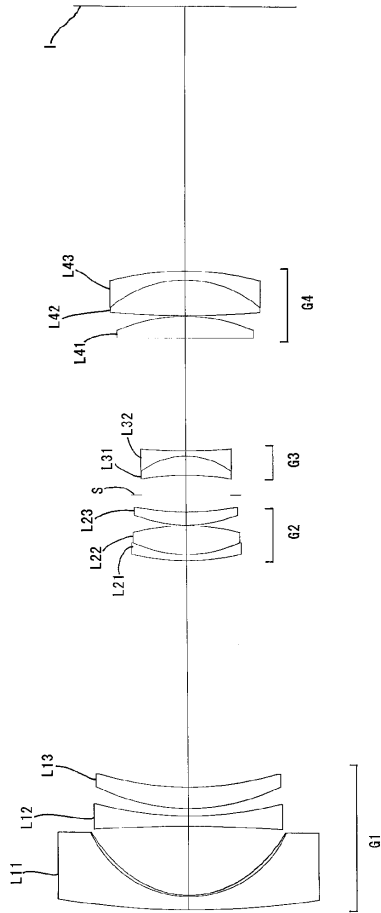
【図16】



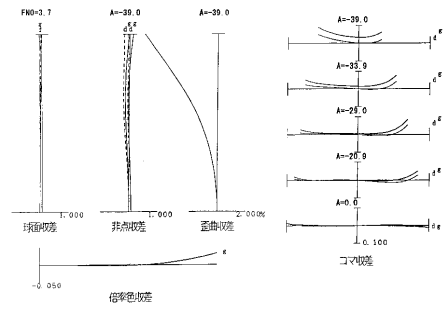
【図18】



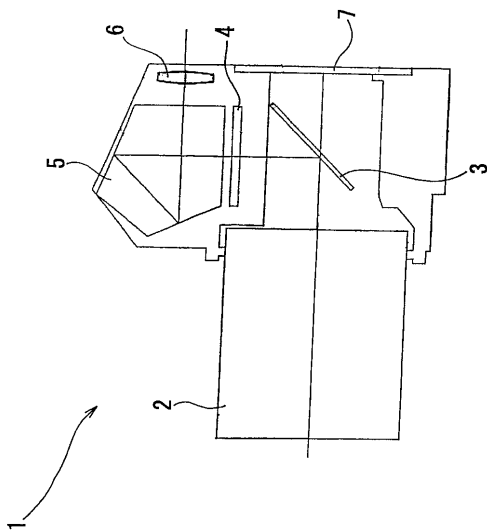
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-78801(JP,A)
特開2007-133133(JP,A)
特開2007-155836(JP,A)
特開2008-165143(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	9/00	-	17/08
G02B	21/02	-	21/04
G02B	25/00	-	25/04