

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7452636号  
(P7452636)

(45)発行日 令和6年3月19日(2024.3.19)

(24)登録日 令和6年3月11日(2024.3.11)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 13/02 (2006.01)

G 0 2 B 13/02

G 0 3 B 5/00 (2021.01)

G 0 3 B 5/00

J

請求項の数 24 (全60頁)

(21)出願番号	特願2022-517522(P2022-517522)	(73)特許権者	000004112
(86)(22)出願日	令和3年3月4日(2021.3.4)		株式会社ニコン
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/008532		東京都港区港南二丁目15番3号
(87)国際公開番号	WO2021/220612	(74)代理人	100099759
(87)国際公開日	令和3年11月4日(2021.11.4)		弁理士 青木 篤
審査請求日	令和4年8月2日(2022.8.2)	(74)代理人	100123582
(31)優先権主張番号	特願2020-78582(P2020-78582)		弁理士 三橋 真二
(32)優先日	令和2年4月27日(2020.4.27)	(74)代理人	100133835
(33)優先権主張国・地域又は機関			弁理士 河野 努
	日本国(JP)	(74)代理人	100114018
(31)優先権主張番号	特願2020-78609(P2020-78609)		弁理士 南山 知広
(32)優先日	令和2年4月27日(2020.4.27)	(74)代理人	100122116
(33)優先権主張国・地域又は機関			弁理士 井上 浩二
	日本国(JP)	(72)発明者	大竹 史哲
			東京都港区港南2丁目15番3号 株式
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学系、光学機器および光学系の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、  
合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、  
前記第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて物体側に配置されたレンズ群を第1Aレンズ群とし、

以下の条件式のすべてを満足する光学系。

$$1.00 < FNo \times (TL / f)^2 < 2.50$$

$$0.30 < dA / dG1 < 0.85$$

$$0.00 < (L1R2 + L1R1) / (L1R2 - L1R1) < 3.00$$

10

但し、

FNo：無限遠合焦時における前記光学系のF値

TL：無限遠合焦時における前記光学系の光学全長

f：無限遠合焦時における前記光学系の焦点距離

dA：前記空気間隔Aの光軸上の距離

dG1：前記第1レンズ群の光軸上の距離

L1R1：前記第1Aレンズ群内で最も物体側に配置される第1レンズの物体側の面の曲率半径

L1R2：前記第1レンズの像側の面の曲率半径

【請求項2】

物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、  
 合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、  
 前記第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に配置されたレンズ群を第 1 A レンズ群とし、

以下の条件式のすべてを満足する光学系。

$$0.30 < TL / f < 0.80$$

$$0.30 < dA / dG1 < 0.85$$

$$0.00 < (L1R2 + L1R1) / (L1R2 - L1R1) < 3.00$$

但し、

TL : 無限遠合焦時における前記光学系の光学全長

f : 無限遠合焦時における前記光学系の焦点距離

dA : 前記空気間隔 A の光軸上の距離

dG1 : 前記第 1 レンズ群の光軸上の距離

L1R1 : 前記第 1 A レンズ群内で最も物体側に配置される第 1 レンズの物体側の面の曲率半径

L1R2 : 前記第 1 レンズの像側の面の曲率半径

【請求項 3】

以下の条件式を満足する請求項 1 または 2 に記載の光学系。

$$4.00 < dFave$$

但し、

dFave : 前記合焦群に含まれるレンズの d 線を基準とするアッペ数の平均

【請求項 4】

複数のレンズからなる光学系であって、

物体側から順に少なくとも 1 枚の正レンズ成分と負レンズ N とを有し、

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、前記第 1 レンズ群は、前記第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に配置された第 1 A レンズ群を有し、

以下の条件式をすべて満足する光学系。

$$1.00 < FNo \times (TL / f)^2 < 2.40$$

$$0.18 < dN / TL < 0.45$$

$$0.00 < (L1R2 + L1R1) / (L1R2 - L1R1) < 3.00$$

$$0.30 < TL / f < 0.74$$

$$4.00 < dFave$$

但し、

FNo : 無限遠合焦時における前記光学系の F 値

TL : 無限遠合焦時における前記光学系の光学全長

f : 無限遠合焦時における前記光学系の焦点距離

dN : 前記光学系の最も物体側の面から前記負レンズ N の物体側の面までの光軸上の距離

L1R1 : 前記第 1 A レンズ群内で最も物体側に配置される第 1 レンズの物体側の面の曲率半径

L1R2 : 前記第 1 レンズの像側の面の曲率半径

dFave : 前記合焦群に含まれるレンズの d 線を基準とするアッペ数の平均

【請求項 5】

複数のレンズからなる光学系であって、

最も物体側に正レンズ成分を有し、

前記正レンズ成分より像側に配置された負レンズのうち最も物体側に配置された負レンズ N を有し、

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、前記第 1 レンズ群は、前記第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物

10

20

30

40

50

体側に配置された第 1 A レンズ群を有し、

以下の条件式をすべて満足する光学系。

$$1.00 < FNo \times (TL/f)^2 < 2.40$$

$$0.18 < dN/TL < 0.45$$

$$0.00 < (L1R2 + L1R1) / (L1R2 - L1R1) < 3.00$$

$$0.30 < TL/f < 0.74$$

$$40.00 < dFave$$

但し、

FNo : 無限遠合焦時における前記光学系の F 値

TL : 無限遠合焦時における前記光学系の光学全長

f : 無限遠合焦時における前記光学系の焦点距離

dN : 前記光学系の最も物体側の面から前記負レンズ N の物体側の面までの光軸上の距離

L1R1 : 前記第 1 A レンズ群内で最も物体側に配置される第 1 レンズの物体側の面の曲率半径

L1R2 : 前記第 1 レンズの像側の面の曲率半径

dFave : 前記合焦群に含まれるレンズの d 線を基準とするアッペ数の平均

#### 【請求項 6】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、

前記第 1 レンズ群は、前記第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に配置された第 1 A レンズ群を有し、

以下の条件式を満足する請求項 4 または 5 に記載の光学系。

$$0.30 < dA/dG1 < 0.85$$

但し、

dA : 前記空気間隔 A の光軸上の距離

dG1 : 前記第 1 レンズ群の光軸上の距離

#### 【請求項 7】

前記第 1 レンズ群は、前記正レンズ成分と前記負レンズ N とを有する請求項 6 に記載の光学系。

#### 【請求項 8】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、

前記第 1 レンズ群は、前記第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて、物体側に配置された第 1 A レンズ群と像側に配置された第 1 B レンズ群とを有し、

以下の条件式を満足する請求項 1 - 7 のいずれか一項に記載の光学系。

$$-2.00 < f1A/f1B < 0.30$$

但し、

f1A : 第 1 A レンズ群の焦点距離

f1B : 第 1 B レンズ群の焦点距離

#### 【請求項 9】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、

前記第 1 レンズ群は、前記第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に配置された第 1 A レンズ群を有し、

以下の条件式を満足する請求項 1 - 8 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.10 < f1A/f < 0.60$$

但し、

f1A : 前記第 1 A レンズ群の焦点距離

#### 【請求項 10】

10

20

30

40

50

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、

前記第 1 レンズ群は、前記第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて像側に配置された第 1 B レンズ群を有し、

以下の条件式を満足する請求項 1 - 9のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.40 < d B / d G 1 < 0.85$$

但し、

d B : 前記光学系の最も物体側面から前記第 1 B レンズ群の物体側面までの光軸上の距離

d G 1 : 前記第 1 レンズ群の光軸上の距離

10

#### 【請求項 1 1】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、

前記第 1 レンズ群は、前記第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に配置された第 1 A レンズ群を有し、

前記第 1 A レンズ群は 2 枚以下の正レンズからなる請求項 1 - 10のいずれか一項に記載の光学系。

#### 【請求項 1 2】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、前記第 1 レンズ群は、前記第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に配置された第 1 A レンズ群を有し、以下の条件式を満足する請求項 1 - 11のいずれか一項に記載の光学系。

20

$$0.80 < f L 1 / f L 2 < 3.30$$

但し、

f L 1 : 前記第 1 A レンズ群内で最も物体側に配置される第 1 レンズの焦点距離

f L 2 : 前記第 1 A レンズ群内で物体側から 2 番目に配置される第 2 レンズの焦点距離

#### 【請求項 1 3】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、

前記第 1 レンズ群は、前記第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて、物体側に配置された第 1 A レンズ群と像側に配置された第 1 B レンズ群とを有し、

30

前記第 1 B レンズ群は、以下の条件式を満足する正レンズ Z を少なくとも 1 枚有する請求項 1 - 12のいずれか一項に記載の光学系。

$$60.00 < d 1 A_{max} - d L Z$$

但し、

d 1 A<sub>max</sub> : 前記第 1 A レンズ群に含まれるレンズの d 線を基準とするアッペ数の最大値

d L Z : 正レンズ Z の d 線を基準とするアッペ数

#### 【請求項 1 4】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、

40

前記第 1 レンズ群は、前記第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に配置された第 1 A レンズ群を有し、

以下の条件式を満足する請求項 1 - 13のいずれか一項に記載の光学系。

$$55.00 < d 1 A_{ave}$$

但し、

d 1 A<sub>ave</sub> : 前記第 1 A レンズ群に含まれるレンズの d 線を基準とするアッペ数の平均値

#### 【請求項 1 5】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群と

50

からなり、

前記第 1 レンズ群は、前記第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて像側に配置された第 1 B レンズ群を有し、

前記第 1 B レンズ群は、以下の条件式をすべて満足する正レンズ Z を少なくとも 1 枚有する、

請求項 1 - 12 および請求項 14 のいずれか一項に記載の光学系。

$$n d L Z + (0.01425 \times d L Z) < 2.12$$

$$d L Z < 35.00$$

$$0.702 < g F L Z + (0.00316 \times d L Z)$$

但し、

$n d L Z$  : 前記正レンズ Z の d 線に対する屈折率

$d L Z$  : 前記正レンズ Z の d 線を基準とするアッペ数

$g F L Z$  : 前記正レンズ Z の部分分散比であり、前記正レンズ Z の g 線に対する屈折率を  $n g L Z$  とし、前記正レンズ Z の F 線に対する屈折率を  $n F L Z$  とし、前記正レンズ Z の C 線に対する屈折率を  $n C L Z$  としたとき、次式で定義される

$$g F L Z = (n g L Z - n F L Z) / (n F L Z - n C L Z)$$

【請求項 16】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第 1 レンズ群は、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に配置された第 1 A レンズ群を有し、以下の条件式を満足する請求項 1 - 15 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.00 < (L2R2 + L2R1) / (L2R2 - L2R1) < 3.00$$

但し、

$L2R1$  : 前記第 1 A レンズ群内で物体側から 2 番目に配置される第 2 レンズの物体側の面の曲率半径

$L2R2$  : 前記第 2 レンズの像側の面の曲率半径

【請求項 17】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、

以下の条件式を満足する請求項 1 - 16 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.10 < f1 / f < 0.60$$

但し、

$f1$  : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

【請求項 18】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、

以下の条件式を満足する請求項 1 - 17 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.20 < (-fF) / f1 < 0.85$$

但し、

$fF$  : 前記合焦群の焦点距離

$f1$  : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

【請求項 19】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、

以下の条件式を満足する請求項 1 - 18 のいずれか一項に記載の光学系。

$$-1.50 < (-fF) / fR < 0.60$$

但し、

$fF$  : 前記合焦群の焦点距離

$fR$  : 前記後群の焦点距離

【請求項 20】

10

20

30

40

50

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、

以下の条件式を満足する請求項 1 - 19 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.30 < dF / TL < 0.70$$

但し、

$dF$  : 前記光学系の最も物体側の面から前記合焦群の最も物体側の面までの光軸上の距離

【請求項 21】

以下の条件式を満足する請求項 1 - 20 のいずれか一項に記載の光学系。

$$1.00^\circ < 2 < 20.00^\circ$$

但し、

2 : 前記光学系の全画角

【請求項 22】

以下の条件式を満足する請求項 1 - 21 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.075 < Bf / f < 0.185$$

但し、

$Bf$  : 前記光学系のバックフォーカス

【請求項 23】

物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、

前記後群は、像ブレを補正するために光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群を有する、

請求項 1 - 22 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 24】

請求項 1 - 23 のいずれか一項に記載の光学系を有する光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学系、光学機器および光学系の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、写真用カメラ、電子スチルカメラ、ビデオカメラ等に使用される光学系が提案されている（例えば特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2016 - 200685 号公報

【発明の概要】

【0004】

本開示の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に配置されたレンズ群を第 1 A レンズ群とし、以下の条件式のすべてを満足する。

$$1.00 < FNo \times (TL / f)^2 < 2.50$$

$$0.30 < dA / dG1 < 0.85$$

但し、

$FNo$  : 無限遠合焦時における光学系の F 値

$TL$  : 無限遠合焦時における光学系の光学全長

$f$  : 無限遠合焦時における光学系の焦点距離

$dA$  : 空気間隔 A の光軸上の距離

10

20

30

40

50

d G 1 : 第 1 レンズ群の光軸上の距離

【 0 0 0 5 】

本開示の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に配置されたレンズ群を第 1 A レンズ群とし、以下の条件式のすべてを満足する。

$$0.30 < TL / f < 0.80$$

$$0.30 < dA / dG1 < 0.85$$

但し、

TL : 無限遠合焦時における光学系の光学全長

f : 無限遠合焦時における光学系の焦点距離

dA : 空気間隔 A の光軸上の距離

dG1 : 第 1 レンズ群の光軸上の距離

10

【 0 0 0 6 】

本開示の光学系は、複数のレンズからなる光学系であって、物体側から順に少なくとも 1 枚の正レンズ成分と負レンズ N とを有し、以下の条件式をすべて満足する。

$$1.00 < FNo \times (TL / f)^2 < 2.50$$

$$0.18 < dN / TL < 0.45$$

但し、

FNo : 無限遠合焦時における光学系の F 値

TL : 無限遠合焦時における光学系の光学全長

f : 無限遠合焦時における光学系の焦点距離

dN : 光学系の最も物体側の面から負レンズ N の物体側の面までの光軸上の距離

20

【 0 0 0 7 】

本開示の光学系は、複数のレンズからなる光学系であって、最も物体側に正レンズ成分を有し、正レンズ成分より像側に配置された負レンズのうち最も物体側に配置された負レンズ N を有し、以下の条件式をすべて満足する。

$$1.00 < FNo \times (TL / f)^2 < 2.50$$

$$0.18 < dN / TL < 0.45$$

但し、

FNo : 無限遠合焦時における光学系の F 値

TL : 無限遠合焦時における光学系の光学全長

f : 無限遠合焦時における光学系の焦点距離

dN : 光学系の最も物体側の面から前記負レンズ N の物体側の面までの光軸上の距離

30

【 0 0 0 8 】

本開示の光学系の製造方法は、複数のレンズからなる光学系の製造方法であって、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とを配置し、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に、第 1 A レンズ群を配置し、以下の条件式のすべてを満足するように配置する。

$$1.00 < FNo \times (TL / f)^2 < 2.50$$

$$0.30 < dA / dG1 < 0.85$$

但し、

FNo : 無限遠合焦時における光学系の F 値

TL : 無限遠合焦時における光学系の光学全長

f : 無限遠合焦時における光学系の焦点距離

dA : 空気間隔 A の光軸上の距離

dG1 : 第 1 レンズ群の光軸上の距離

40

【 0 0 0 9 】

本開示の光学系の製造方法は、複数のレンズからなる光学系の製造方法であって、物体側から順に、少なくとも 1 枚の正レンズ成分と負レンズ N とを配置し、以下の条件式をす

50

べて満足するように配置する。

$$1.00 < FNo \times (TL/f)^2 < 2.50$$

$$0.18 < dN/TL < 0.45$$

但し、

FNo：無限遠合焦時における光学系のF値

TL：無限遠合焦時における光学系の光学全長

f：無限遠合焦時における光学系の焦点距離

dN：光学系の最も物体側の面から負レンズNの物体側の面までの光軸上の距離

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1A】図1Aは、無限遠物体合焦時における第1実施例の光学系の断面図である。

【図1B】図1Bは、近距離物体合焦時における第1実施例の光学系の断面図である。

【図2】図2は、無限遠物体合焦時における第1実施例の光学系の諸収差図である。

【図3A】図3Aは、無限遠物体合焦時における第2実施例の光学系の断面図である。

【図3B】図3Bは、近距離物体合焦時における第2実施例の光学系の断面図である。

【図4】図4は、無限遠物体合焦時における第2実施例の光学系の諸収差図である。

【図5A】図5Aは、無限遠物体合焦時における第3実施例の光学系の断面図である。

【図5B】図5Bは、近距離物体合焦時における第3実施例の光学系の断面図である。

【図6】図6は、無限遠物体合焦時における第3実施例の光学系の諸収差図である。

【図7A】図7Aは、無限遠物体合焦時における第4実施例の光学系の断面図である。

【図7B】図7Bは、近距離物体合焦時における第4実施例の光学系の断面図である。

【図8】図8は、無限遠物体合焦時における第4実施例の光学系の諸収差図である。

【図9A】図9Aは、無限遠物体合焦時における第5実施例の光学系の断面図である。

【図9B】図9Bは、近距離物体合焦時における第5実施例の光学系の断面図である。

【図10】図10は、無限遠物体合焦時における第5実施例の光学系の諸収差図である。

【図11A】図11Aは、無限遠物体合焦時における第6実施例の光学系の断面図である。

【図11B】図11Bは、近距離物体合焦時における第6実施例の光学系の断面図である。

【図12】図12は、無限遠物体合焦時における第6実施例の光学系の諸収差図である。

【図13A】図13Aは、無限遠物体合焦時における第7実施例の光学系の断面図である。

【図13B】図13Bは、近距離物体合焦時における第7実施例の光学系の断面図である。

【図14】図14は、無限遠物体合焦時における第7実施例の光学系の諸収差図である。

【図15A】図15Aは、無限遠物体合焦時における第8実施例の光学系の断面図である。

【図15B】図15Bは、近距離物体合焦時における第8実施例の光学系の断面図である。

【図16】図16は、無限遠物体合焦時における第8実施例の光学系の諸収差図である。

【図17A】図17Aは、無限遠物体合焦時における第9実施例の光学系の断面図である。

【図17B】図17Bは、近距離物体合焦時における第9実施例の光学系の断面図である。

【図18】図18は、無限遠物体合焦時における第9実施例の光学系の諸収差図である。

【図19A】図19Aは、無限遠物体合焦時における第10実施例の光学系の断面図である。

【図19B】図19Bは、近距離物体合焦時における第10実施例の光学系の断面図である。

【図20】図20は、無限遠物体合焦時における第10実施例の光学系の諸収差図である。

【図21A】図21Aは、無限遠物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21B】図21Bは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21C】図21Cは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21D】図21Dは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21E】図21Eは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21F】図21Fは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21G】図21Gは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21H】図21Hは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21I】図21Iは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21J】図21Jは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21K】図21Kは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21L】図21Lは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21M】図21Mは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【図21N】図21Nは、近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

10

20

30

40

50



【図 2 2】図 2 2 は、無限遠物体合焦時における第 1 1 実施例の光学系の諸収差図である。

【図 2 3】図 2 3 は、本実施形態の光学系を備えたカメラの模式図である。

【図 2 4】図 2 4 は、本実施形態の光学系の製造方法の概略を示す第 1 のフローチャートである。

【図 2 5】図 2 5 は、本実施形態の光学系の製造方法の概略を示す第 2 のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本願の実施形態の光学系、光学機器および光学系の製造方法について説明する。

【0012】

本実施形態の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に配置されたレンズ群を第 1 A レンズ群とし、以下の条件式のすべてを満足する。

$$(1) 1.00 < FNo \times (TL/f)^2 < 2.50$$

$$(2) 0.30 < dA/dG1 < 0.85$$

但し、

FNo：無限遠合焦時における光学系の F 値

TL：無限遠合焦時における光学系の光学全長

f：無限遠合焦時における光学系の焦点距離

dA：空気間隔 A の光軸上の距離

dG1：第 1 レンズ群の光軸上の距離

【0013】

本実施形態の光学系は、第 1 A レンズ群より像側のレンズにより補正を行い、小型軽量化と良好な光学性能とを両立した光学系を得ることができる。また、本実施形態の光学系は、条件式 (1) を満足することで、光学系の小型化を実現することができる。また、本実施形態の光学系は、条件式 (2) を満足することで、光学系の軽量化を実現することができる。本実施形態の光学系は、条件式 (1) の上限値を 2.50 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。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 2.45、2.40、2.35、2.30、2.25、2.20、さらに 2.15 にすることが好ましい。

【0014】

また、本実施形態の光学系は、条件式 (1) の下限値を 1.00 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。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) の下限値を 1.10、1.20、1.25、1.30、さらに 1.35 にすることが好ましい。

【0015】

本実施形態の光学系は、条件式 (2) の上限値を 0.85 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (2) の上限値を 0.80、0.76、0.73、0.70、さらに 0.68 にすることが好ましい。

【0016】

また、本実施形態の光学系は、条件式 (2) の下限値を 0.30 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 (2) の下限値を 0.31、0.33、さらに 0.35 にすることが好ましい。

【0017】

以上の構成により、小型かつ軽量で良好な結像性能を有する光学系を実現することができる。

【0018】

10

20

30

40

50

本実施形態の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて物体側に配置されたレンズ群を第1Aレンズ群とし、以下の条件式のすべてを満足する。

$$(3) \quad 0.30 < TL/f < 0.80$$

$$(2) \quad 0.30 < dA/dG1 < 0.85$$

但し、

TL : 無限遠合焦時における光学系の光学全長

f : 無限遠合焦時における光学系の焦点距離

dA : 空気間隔Aの光軸上の距離

dG1 : 第1レンズ群の光軸上の距離

10

#### 【0019】

本実施形態の光学系は、第1Aレンズ群より像側のレンズにより補正を行い、小型軽量化と良好な光学性能とを両立した光学系を得ることができる。また、本実施形態の光学系は、条件式(3)を満足することで、光学系の小型化を実現することができる。また、本実施形態の光学系は、条件式(2)を満足することで、光学系の軽量化を実現することができる。

#### 【0020】

本実施形態の光学系は、光学系の光学全長と光学系の焦点距離との比を上限值より小さくすることにより、光学系の全長が長くなりすぎないようにすることができる。また、条件式(3)の上限値を0.80に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。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0.78、0.76、0.74、0.72、さらに0.70にすることが好ましい。

20

#### 【0021】

本実施形態の光学系は、光学系の光学全長と光学系の焦点距離との比を下限值より大きくすることにより、像面湾曲を良好に補正することができる。また、条件式(3)の下限値を0.30に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。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)の下限値を0.33、0.36、0.40、0.42、さらに0.44にすることが好ましい。

#### 【0022】

本実施形態の光学系は、条件式(2)の上限値を0.85に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(2)の上限値を0.80、0.76、0.73、0.70、さらに0.68にすることが好ましい。

30

#### 【0023】

また、本実施形態の光学系は、条件式(2)の下限値を0.30に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(2)の下限値を0.31、0.33、さらに0.35にすることが好ましい。

#### 【0024】

以上の構成により、小型かつ軽量で良好な結像性能を有する光学系を実現することができる。

40

#### 【0025】

本実施形態の光学系は、複数のレンズからなる光学系であって、物体側から順に少なくとも1枚の正レンズ成分と負レンズNとを有し、以下の条件式をすべて満足する。

$$(1) \quad 1.00 < FNo \times (TL/f)^2 < 2.50$$

$$(4) \quad 0.18 < dN/TL < 0.45$$

但し、

FNo : 無限遠合焦時における光学系のF値

TL : 無限遠合焦時における光学系の光学全長

50

$f$  : 無限遠合焦時における光学系の焦点距離

$dN$  : 光学系の最も物体側面から負レンズNの物体側面までの光軸上の距離

#### 【0026】

本実施形態の光学系は、条件式(1)および(4)を満足することで、光学系の物体側を小型かつ軽量に構成することができ、かつ、光学系の像側で諸収差の補正を行って良好な結像性能を得ることができる。なお、本明細書において「レンズ成分」とは、単レンズまたは接合レンズをいう。本実施形態の光学系は、条件式(1)の上限値を2.50に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。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2.45、2.40、2.35、2.30、2.25、2.20、さらに2.15にすることが好ましい。

10

#### 【0027】

また、本実施形態の光学系は、条件式(1)の下限値を1.00に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。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)の下限値を1.10、1.20、1.25、1.30、さらに1.35にすることが好ましい。

#### 【0028】

本実施形態の光学系は、条件式(4)の上限値を0.45に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(4)の上限値を0.42、0.40、0.38、さらに0.36にすることが好ましい。

20

#### 【0029】

また、本実施形態の光学系は、条件式(4)の下限値を0.18に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(4)の下限値を0.19、0.20、0.21、さらに0.22にすることが好ましい。

#### 【0030】

以上の構成により、小型かつ軽量で良好な結像性能を有する光学系を実現することができる。

#### 【0031】

本実施形態の光学系は、複数のレンズからなる光学系であって、最も物体側に正レンズ成分を有し、正レンズ成分より像側に配置された負レンズのうち最も物体側に配置された負レンズNを有し、以下の条件式をすべて満足する。

30

$$(1) \quad 1.00 < FNo \times (TL/f)^2 < 2.50$$

$$(4) \quad 0.18 < dN/TL < 0.45$$

但し、

$FNo$  : 無限遠合焦時における光学系のF値

$TL$  : 無限遠合焦時における光学系の光学全長

$f$  : 無限遠合焦時における光学系の焦点距離

$dN$  : 光学系の最も物体側の面から負レンズNの物体側の面までの光軸上の距離

#### 【0032】

40

本実施形態の光学系は、条件式(1)および(4)を満足することで、光学系の物体側を小型かつ軽量に構成することができ、かつ、光学系の像側で諸収差の補正を行って良好な結像性能を得ることができる。本実施形態の光学系は、条件式(1)の上限値を2.50に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。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2.45、2.40、2.35、2.30、2.25、2.20、さらに2.15にすることが好ましい。

#### 【0033】

また、本実施形態の光学系は、条件式(1)の下限値を1.00に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。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)の下限値を1.10、1.20、1.25、1.30、さ

50

らに 1.35 にすることが好ましい。

【0034】

本実施形態の光学系は、条件式(4)の上限値を 0.45 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(4)の上限値を 0.42、0.40、0.38、さらに 0.36 にすることが好ましい。

【0035】

また、本実施形態の光学系は、条件式(4)の下限値を 0.18 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(4)の下限値を 0.19、0.20、0.21、さらに 0.22 にすることが好ましい。

10

【0036】

以上の構成により、小型かつ軽量で良好な結像性能を有する光学系を実現することができる。

【0037】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第1レンズ群は、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて物体側に配置された第1Aレンズ群を有し、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(2) 0.30 < dA / dG1 < 0.85$$

20

但し、

dA : 空気間隔Aの光軸上の距離

dG1 : 第1レンズ群の光軸上の距離

【0038】

本実施形態の光学系は、条件式(2)を満足することにより、光学系全体をさらに軽量にすることができる。本実施形態の光学系は、条件式(2)の上限値を 0.85 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(2)の上限値を 0.80、0.76、0.73、0.70、さらに 0.68 にすることが好ましい。

【0039】

30

また、本実施形態の光学系は、条件式(2)の下限値を 0.30 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(2)の下限値を 0.31、0.33、さらに 0.35 にすることが好ましい。

【0040】

また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(3) 0.30 < TL / f < 0.80$$

【0041】

本実施形態の光学系は、条件式(3)を満足することにより、光学系の小型化と良好な像面湾曲補正とを両立させることができる。本実施形態の光学系は、光学系の光学全長と光学系の焦点距離との比を上限値より小さくすることにより、光学系の全長が長くなりすぎないようにすることができる。また、条件式(3)の上限値を 0.80 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。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 0.78、0.76、0.74、0.72、さらに 0.70 にすることが好ましい。

40

【0042】

本実施形態の光学系は、光学系の光学全長と光学系の焦点距離との比を下限値より大きくすることにより、像面湾曲を良好に補正することができる。また、条件式(3)の下限値を 0.30 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。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)の下限値を 0.33、

50

0.36、0.40、0.42、さらに0.44にすることが好ましい。

【0043】

また、本実施形態の光学系は、第1レンズ群が正レンズ成分と負レンズNとを有することが好ましい。

【0044】

また、本実施形態の光学系において、物体側から順に、第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第1レンズ群は、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて、物体側に配置された第1Aレンズ群と像側に配置された第1Bレンズ群とを有し、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(5) -2.00 < f_{1A} / f_{1B} < 0.30$$

10

但し、

$f_{1A}$  : 第1Aレンズ群の焦点距離

$f_{1B}$  : 第1Bレンズ群の焦点距離

【0045】

本実施形態の光学系は、条件式(5)を満足することにより、諸収差を良好に補正することができる。本実施形態の光学系は、第1Aレンズ群の焦点距離と第1Bレンズ群の焦点距離との比を上限值より小さくすることにより、第1Bレンズ群の有するパワーが過度に正に強くなり、球面収差等を良好に補正することができる。また、条件式(5)の上限値を0.30に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(5)の上限値を0.25、0.20、0.15、0.10、さらに0.07にすることが好ましい。

20

【0046】

本実施形態の光学系は、第1Aレンズ群の焦点距離と第1Bレンズ群の焦点距離との比を下限值より大きくすることにより、第1Bレンズ群の有するパワーが過度に負に強くなり、コマ収差等を良好に補正することができる。また、条件式(5)の下限値を-2.00に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(5)の下限値を-1.60、-1.30、-1.00、-0.80、さらに-0.60にすることが好ましい。

【0047】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第1レンズ群は、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて物体側に配置された第1Aレンズ群を有し、以下の条件式を満足することが好ましい。

30

$$(6) 0.10 < f_{1A} / f < 0.60$$

但し、

$f_{1A}$  : 第1Aレンズ群の焦点距離

【0048】

本実施形態の光学系は、条件式(6)を満足することにより、軽量化と良好なコマ収差補正とを両立させることができる。本実施形態の光学系は、第1Aレンズ群の焦点距離と光学系の焦点距離との比を上限值より小さくすることにより、第1Aレンズ群の有するパワーが弱くなり、第1Aレンズ群を除く第1レンズ群の径を小さくすることができるため、光学系を軽量化することができる。また、条件式(6)の上限値を0.60に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(6)の上限値を0.57、0.55、0.52、0.48、さらに0.45にすることが好ましい。

40

【0049】

本実施形態の光学系は、第1Aレンズ群の焦点距離と光学系の焦点距離との比を下限值より大きくすることにより、第1Aレンズ群のパワーが強くなり、コマ収差を良好に補正することができる。また、条件式(6)の下限値を0.10に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより

50

確実にするために、条件式(6)の下限値を0.13、0.16、0.20、0.22、さらに0.25にすることが好ましい。

【0050】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第1レンズ群は、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて像側に配置された第1Bレンズ群を有し、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(7) \quad 0.40 < d_B / d_{G1} < 0.85$$

但し、

$d_B$  : 光学系の最も物体側の面から第1Bレンズ群の最も物体側の面までの光軸上の距離

10

$d_{G1}$  : 第1レンズ群の光軸上の距離

【0051】

本実施形態の光学系は、条件式(7)を満足することにより、軽量化と良好な球面収差補正とを両立させることができる。本実施形態の光学系は、条件式(7)の値を上限值より小さくすることにより、球面収差を良好に補正することができる。また、条件式(7)の上限値を0.85に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(7)の上限値を0.82、0.80、0.78、0.76、さらに0.74にすることが好ましい。

【0052】

20

本実施形態の光学系は、条件式(7)の値を下限值より大きくすることにより、第1Bレンズ群の径を小さくすることができるため、光学系を軽量化できる。また、条件式(7)の下限値を0.40に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(7)の下限値を0.44、0.47、0.50、0.52、さらに0.54にすることが好ましい。

【0053】

また、本実施形態の光学系において、物体側から順に、第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第1レンズ群は、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて物体側に配置された第1Aレンズ群を有し、第1Aレンズ群は2枚以下の正レンズからなることが好ましい。

30

【0054】

本実施形態の光学系は、このような構成を有することにより、軽量化が可能となる。

【0055】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第1レンズ群は、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて物体側に配置された第1Aレンズ群を有し、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(8) \quad 0.80 < f_{L1} / f_{L2} < 3.30$$

但し、

$f_{L1}$  : 第1Aレンズ群内で最も物体側に配置される第1レンズの焦点距離

40

$f_{L2}$  : 第1Aレンズ群内で物体側から2番目に配置される第2レンズの焦点距離

【0056】

本実施形態の光学系は、条件式(8)を満足することにより、球面収差およびコマ収差を良好に補正することができる。本実施形態の光学系は、第1レンズの焦点距離と第2レンズの焦点距離との比を上限值より小さくすることにより、第1レンズの有するパワーが弱くなりすぎず、コマ収差を良好に補正することができる。また、条件式(8)の上限値を3.30に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(8)の上限値を3.20、3.10、3.00、2.90、さらに2.80にすることが好ましい。

【0057】

50

本実施形態の光学系は、第 1 レンズの焦点距離と第 2 レンズの焦点距離との比を下限値より大きくすることにより、第 1 レンズの有するパワーが強くなりすぎず、球面収差を良好に補正することができる。また、条件式 ( 8 ) の下限値を 0 . 8 0 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 ( 8 ) の下限値を 0 . 8 5、0 . 9 0、0 . 9 5、1 . 0 0、さらに 1 . 0 5 にすることが好ましい。

#### 【 0 0 5 8 】

また、本実施形態の光学系において、物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第 1 レンズ群は、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて、物体側に配置された第 1 A レンズ群と像側に配置された第 1 B レンズ群とを有し、第 1 B レンズ群は、以下の条件式を満足する正レンズ Z を少なくとも 1 枚有することが好ましい。

$$( 9 ) \quad 60 . 00 < d1Amax - dLZ$$

但し、

d1Amax : 第 1 A レンズ群に含まれるレンズの d 線を基準とするアッペ数の最大値

dLZ : 正レンズ Z の d 線を基準とするアッペ数

#### 【 0 0 5 9 】

本実施形態の光学系は、条件式 ( 9 ) の値を下限値より大きくすることにより、軸上色収差の 2 次分散を良好に補正することができる。また、条件式 ( 9 ) の下限値を 60 . 00 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 ( 9 ) の下限値を 62 . 00、63 . 00、64 . 00、65 . 00、さらに 66 . 00 にすることが好ましい。

#### 【 0 0 6 0 】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第 1 レンズ群は、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に配置された第 1 A レンズ群を有し、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$( 10 ) \quad 55 . 00 < d1Aave$$

但し、

d1Aave : 第 1 A レンズ群に含まれるレンズの d 線を基準とするアッペ数の平均値

#### 【 0 0 6 1 】

本実施形態の光学系は、条件式 ( 10 ) の値を下限値より大きくすることにより、軸上色収差および倍率色収差を良好に補正することができる。また、条件式 ( 10 ) の下限値を 55 . 00 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式 ( 10 ) の下限値を 60 . 00、65 . 00、70 . 00、75 . 00、さらに 80 . 00 にすることが好ましい。

#### 【 0 0 6 2 】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第 1 レンズ群は、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて像側に配置された第 1 B レンズ群を有し、第 1 B レンズ群は、以下の条件式をすべて満足する正レンズ Z を少なくとも 1 枚有することが好ましい。

$$( 11 ) \quad ndLZ + ( 0 . 01425 \times dLZ ) < 2 . 12$$

$$( 12 ) \quad dLZ < 35 . 00$$

$$( 13 ) \quad 0 . 702 < gFLZ + ( 0 . 00316 \times dLZ )$$

但し、

ndLZ : 正レンズ Z の d 線に対する屈折率

dLZ : 正レンズ Z の d 線を基準とするアッペ数

gFLZ : 正レンズ Z の部分分散比であり、正レンズ Z の g 線に対する屈折率を ngLZ とし、正レンズ Z の F 線に対する屈折率を nFLZ とし、正レンズ Z の C 線に対する屈折率を nCLZ としたとき、次式で定義される

10

20

30

40

50

$$gFLZ = (ngLZ - nFLZ) / (nFLZ - nCLZ)$$

## 【0063】

本実施形態の光学系は、このような構成を有することにより、諸収差を良好に補正することができる。本実施形態の光学系は、条件式(11)の値を上限值より小さくすることにより、ベッツバール和が小さくなりすぎず、像面湾曲を良好に補正することができる。また、条件式(11)の上限値を2.12に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(11)の上限値を2.10、2.09、2.08、2.07、さらに2.06にすることが好ましい。

## 【0064】

10

本実施形態の光学系は、条件式(12)の値を上限值より小さくすることにより、軸上色収差の2次分散を良好に補正することができる。また、条件式(12)の上限値を35.00に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(12)の上限値を33.00、31.00、30.50、30.00、さらに29.50にすることが好ましい。

## 【0065】

本実施形態の光学系は、条件式(13)の値を下限值より大きくすることにより、軸上色収差の2次分散を良好に補正することができる。また、条件式(13)の上限値を0.702に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(13)の上限値を0.704、0.707、0.710、0.712、さらに0.715にすることが好ましい。

20

## 【0066】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第1レンズ群は、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて物体側に配置された第1Aレンズ群を有し、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(14) \quad 0.00 < (L1R2 + L1R1) / (L1R2 - L1R1) < 3.00$$

但し、

L1R1：最も物体側に配置される第1レンズの物体側の面の曲率半径

L1R2：第1レンズの像側の面の曲率半径

30

## 【0067】

本実施形態の光学系は、条件式(14)を満足することにより、球面収差およびコマ収差を良好に補正することができる。本実施形態の光学系は、条件式(14)の値を上限值より小さくすることにより、球面収差を良好に補正することができる。また、条件式(14)の上限値を3.00に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(14)の上限値を2.70、2.50、2.20、2.00、さらに1.80にすることが好ましい。

## 【0068】

本実施形態の光学系は、条件式(14)の値を下限值より大きくすることにより、コマ収差を良好に補正することができる。また、条件式(14)の下限値を0.00に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(14)の下限値を0.20、0.40、0.50、0.60、さらに0.70にすることが好ましい。

40

## 【0069】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、第1レンズ群は、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて物体側に配置された第1Aレンズ群を有し、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(15) \quad 0.00 < (L2R2 + L2R1) / (L2R2 - L2R1) < 3.50$$

但し、

50



L 2 R 1 : 第 1 A レンズ群内で物体側から 2 番目に配置される第 2 レンズの物体側面の曲率半径

L 2 R 2 : 第 2 レンズの像側面の曲率半径

【 0 0 7 0 】

本実施形態の光学系は、条件式 ( 1 5 ) を満足することにより、球面収差およびコマ収差を良好に補正することができる。本実施形態の光学系は、条件式 ( 1 5 ) の値を上限值より小さくすることにより、球面収差を良好に補正することができる。また、条件式 ( 1 4 ) の上限値を 3 . 5 0 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする

10

ことができる。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 5 ) の上限値を 3 . 2 0 、 3 . 0 0 、 2 . 8 0 、 2 . 6 0 、 さらに 2 . 4 0 にすることが好ましい。

【 0 0 7 1 】

本実施形態の光学系は、条件式 ( 1 5 ) の値を下限值より大きくすることにより、コマ収差を良好に補正することができる。また、条件式 ( 1 5 ) の下限値を 0 . 0 0 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする

ことができる。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 5 ) の下限値を 0 . 2 0 、 0 . 5 0 、 0 . 8 0 、 1 . 0 0 、 さらに 1 . 2 0 にすることが好ましい。

【 0 0 7 2 】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、以下の条件式を満足することが好ましい。

20

$$( 1 6 ) 0 . 1 0 < f 1 / f < 0 . 6 0$$

但し、

f 1 : 第 1 レンズ群の焦点距離

【 0 0 7 3 】

本実施形態の光学系は、条件式 ( 1 6 ) を満足することにより、小型化と良好な球面収差補正とを両立させることができる。本実施形態の光学系は、第 1 レンズ群の焦点距離と光学系の焦点距離との比を上限值より小さくすることにより、第 1 レンズ群の有するパワーが弱くなりすぎないため、光学系の小型化が可能となる。また、条件式 ( 1 6 ) の上限値を 0 . 6 0 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする

30

ことができる。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 6 ) の上限値を 0 . 5 6 、 0 . 5 3 、 0 . 5 0 、 0 . 4 8 、 さらに 0 . 4 5 にすることが好ましい。

【 0 0 7 4 】

本実施形態の光学系は、条件式 ( 1 6 ) の値を下限值より大きくすることにより、第 1 レンズ群の有するパワーが強くなりすぎないため、球面収差を良好に補正することができる。また、条件式 ( 1 6 ) の下限値を 0 . 1 0 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする

ことができる。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 6 ) の下限値を 0 . 1 4 、 0 . 1 8 、 0 . 2 2 、 0 . 2 5 、 さらに 0 . 2 8 にすることが好ましい。

【 0 0 7 5 】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、以下の条件式を満足することが好ましい。

40

$$( 1 7 ) 0 . 2 0 < ( - f F ) / f 1 < 0 . 8 5$$

但し、

f F : 合焦群の焦点距離

f 1 : 第 1 レンズ群の焦点距離

【 0 0 7 6 】

本実施形態の光学系は、条件式 ( 1 7 ) を満足することにより、無限遠から至近距離にわたり諸球面収差を良好に補正することができる。本実施形態の光学系は、合焦群の焦点距離と第 1 レンズ群の焦点距離との比を上限值より小さくすることにより、合焦群の有するパワーが弱くなりすぎないため、像面湾曲の変動を抑制することができる。また、条件式 ( 1 7 ) の上限値を 0 . 8 5 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする

50

することができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(17)の上限値を0.80、0.77、0.75、0.72、さらに0.65にすることが好ましい。

#### 【0077】

本実施形態の光学系は、合焦群の焦点距離と第1レンズ群の焦点距離との比を下限値より大きくすることにより、合焦群の有するパワーが強くなりすぎないため、軸上色収差の変動を抑制することができる。また、条件式(17)の下限値を0.20に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(17)の下限値を0.24、0.28、0.32、0.36、さらに0.40にすることが好ましい。

10

#### 【0078】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(18) -1.50 < (-f_F) / f_R < 0.60$$

但し、

$f_F$  : 合焦群の焦点距離

$f_R$  : 後群の焦点距離

#### 【0079】

本実施形態の光学系は、条件式(18)を満足することにより、諸収差を良好に補正することができる。本実施形態の光学系は、条件式(18)の値を上限値より小さくすることにより、合焦群の有するパワーが弱くなりすぎないため、像面湾曲を良好に補正することができる。また、条件式(18)の上限値を0.60に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(18)の上限値を0.50、0.40、0.30、0.20、さらに0.10にすることが好ましい。

20

#### 【0080】

本実施形態の光学系は、条件式(18)の値を下限値より大きくすることにより、合焦群のパワーが強くなりすぎないため、倍率色収差を良好に補正することができる。また、条件式(18)の下限値を-1.50に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(18)の下限値を-1.40、-1.30、-1.20、-1.10、さらに-1.00にすることが好ましい。

30

#### 【0081】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(19) 0.30 < d_F / T_L < 0.70$$

但し、

$d_F$  : 光学系の最も物体側の面から合焦群の最も物体側の面までの光軸上の距離

#### 【0082】

本実施形態の光学系は、条件式(19)を満足することにより、合焦群の軽量化によるフォーカシングの高速化と像面湾曲の変動の抑制を両立させることができる。本実施形態の光学系は、条件式(19)の値を上限値より小さくすることにより、合焦群の位置が後ろすぎず、像面湾曲の変動を抑制することができる。また、条件式(19)の上限値を0.70に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(19)の上限値を0.67、0.64、0.61、0.58、さらに0.56にすることが好ましい。

40

#### 【0083】

本実施形態の光学系は、条件式(19)の値を下限値より大きくすることにより、合焦群の位置が前すぎず、合焦群を軽量化することができる。また、条件式(19)の下限値を0.30に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとするすることができる。

50

また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(19)の下限値を0.32、0.34、0.36、0.38、さらに0.40にすることが好ましい。

【0084】

また、本実施形態の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(20) \quad 40.00 < d_{Fave}$$

但し、

$d_{Fave}$ ：合焦群に含まれるレンズのd線を基準とするアッペ数の平均

【0085】

本実施形態の光学系は、条件式(20)の値を下限値より大きくすることにより、無限遠から至近距離にわたり良好に軸上色収差を補正することができる。また、条件式(20)の下限値を40.00に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(20)の下限値を50.00、55.00、60.00、65.00、さらに70.00にすることが好ましい。

【0086】

また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(21) \quad 1.00^\circ < 2 < 20.00^\circ$$

但し、

2：光学系の全画角

【0087】

条件式(21)は、本実施形態の光学系の全画角の適切な値を設定する。条件式(21)を満足することにより、合焦に伴うコマ収差、像面湾曲及び歪曲収差等の諸収差変動を抑えることができる。また、条件式(21)の上限値を20.00°に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(21)の上限値を18.00°、16.00°、14.00°、12.00°、さらに10.00°にすることが好ましい。

【0088】

また、条件式(21)の下限値を1.00°に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(21)の下限値を1.50°、2.00°、2.20°、2.50°、さらに2.80°にすることが好ましい。

【0089】

また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(22) \quad 0.075 < Bf/f < 0.185$$

但し、

$Bf$ ：光学系のバックフォーカス

【0090】

本実施形態の光学系は、条件式(22)を満足することにより、小型化と軽量化とを両立させることができる。本実施形態の光学系は、光学系のバックフォーカスと焦点距離との比を上限値より小さくすることにより、バックフォーカスが長くなりすぎず、全長を短くすることができる。また、条件式(22)の上限値を0.185に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(22)の上限値を0.180、0.175、0.170、0.165、さらに0.160にすることが好ましい。

【0091】

本実施形態の光学系は、光学系のバックフォーカスと焦点距離との比を下限値より大きくすることにより、バックフォーカスが適切に確保され、光学系を軽量化することができる。また、条件式(22)の下限値を0.075に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとする事ができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、

条件式(22)の下限値を0.080、0.082、0.085、0.088、さらに0.090にすることが好ましい。

【0092】

また、本実施形態の光学系において、物体側から順に、第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とからなり、後群は、像ブレを補正するために光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群を有することが好ましい。

【0093】

本実施形態の光学系は、このような構成を有することにより、像ブレを良好に補正することができる。

【0094】

以上の構成により、小型かつ軽量であって良好な結像性能を有する光学系を実現することができる。

【0095】

本実施形態の光学機器は、上述した構成の光学系を有している。これにより、小型かつ軽量であって良好な結像性能を有する光学機器を実現することができる。

【0096】

本実施形態の光学系の製造方法は、複数のレンズからなる光学系の製造方法であって、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とを配置し、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて物体側に、第1Aレンズ群を配置し、以下の条件式のすべてを満足するように配置する。

$$(1) 1.00 < FNo \times (TL/f)^2 < 2.50$$

$$(2) 0.30 < dA/dG1 < 0.85$$

但し、

FNo：無限遠合焦時における光学系のF値

TL：無限遠合焦時における光学系の光学全長

f：無限遠合焦時における光学系の焦点距離

dA：空気間隔Aの光軸上の距離

dG1：第1レンズ群の光軸上の距離

【0097】

本実施形態の光学系の製造方法は、複数のレンズからなる光学系の製造方法であって、物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズ成分と負レンズNとを配置し、以下の条件式をすべて満足するように配置する。

$$(1) 1.00 < FNo \times (TL/f)^2 < 2.50$$

$$(4) 0.18 < dN/TL < 0.45$$

但し、

FNo：無限遠合焦時における光学系のF値

TL：無限遠合焦時における光学系の光学全長

f：無限遠合焦時における光学系の焦点距離

dN：光学系の最も物体側面から負レンズNの物体側面までの光軸上の距離

【0098】

このような光学系の製造方法により、小型かつ軽量であって良好な結像性能を有する光学系を製造することができる。

【0099】

(数値実施例)

以下、本願の実施例を図面に基づいて説明する。

【0100】

(第1実施例)

図1Aは無遠物合焦時における第1実施例の光学系の断面図であり、図1Bは近距離物体合焦時における第1実施例の光学系の断面図である。

【0101】

10

20

30

40

50

本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する合焦群GFと、負の屈折力を有する後群GRとを有している。開口絞りSは、第1レンズ群G1と、合焦群GFとの間に配置される。第1レンズ群G1は、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて、物体側に配置された正の屈折力を有する第1Aレンズ群G1Aと像側に配置された負の屈折力を有する第1Bレンズ群G1Bとを有する。

【0102】

第1Aレンズ群G1A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L1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2とからなる。

【0103】

第1Bレンズ群G1B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L3と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5と、両凸形状の正レンズL6と両凹形状の負レンズL7との接合正レンズとからなる。

【0104】

合焦群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL8からなる。

【0105】

後群GRは、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL9と、両凸形状の正レンズL10と両凹形状の負レンズL11との接合負レンズと、両凹形状の負レンズL12と、両凸形状の正レンズL13と両凹形状の負レンズL14との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と両凸形状の正レンズL16との接合正レンズと、両凹形状の負レンズL17と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL18との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL19とからなる。

【0106】

像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

【0107】

本実施例の光学系は、合焦群GFを光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。合焦群GFは、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、物体側から像側に移動される。

【0108】

本実施例の光学系において、後群GRが有するレンズのうち、正レンズL10と負レンズL11との接合負レンズおよび負レンズL12は、像ブレを補正するために光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群として構成される。

【0109】

本実施例の光学系において、正メニスカスレンズL1は第1レンズに該当し、正メニスカスレンズL2は第2レンズに該当する。また、本実施例の光学系において、負メニスカスレンズL4は負レンズNに該当し、正レンズL6は正レンズZに該当する。

【0110】

本実施例の光学系において、dAは、正メニスカスレンズL2の像側の面と正メニスカスレンズL3の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、dG1は、正メニスカスレンズL1の物体側の面と負レンズL7の像側の面との間の光軸上の距離である。また、dBは、正メニスカスレンズL1の物体側の面と正メニスカスレンズL3の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、dNは、正メニスカスレンズL1の物体側の面と負メニスカスレンズL4の物体側の面との間の光軸上の距離である。なお、後述する他の実施例の光学系の断面図において、dA、dG1、dBおよびdNの図示は省略する。

【0111】

以下の表1に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。表1において、fは無限遠合焦時における光学系の焦点距離、Fnoは無限遠合焦時における光学系のF値、TLは無限遠合焦時における光学系の光学全長、Bfは光学系のバックフォーカスを示す。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 1 2 】

[ レンズ諸元 ] において、mは物体側から数えた光学面の順番、rは曲率半径、dは面間隔、ndはd線（波長587.6nm）に対する屈折率、 dはd線に対するアッペ数を示す。また、[ レンズ諸元 ] において、曲率半径r= は平面を示している。

## 【 0 1 1 3 】

表 1 に記載される焦点距離f、曲率半径rおよびその他の長さの単位は「mm」である。しかし、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ため、これに限られるものではない。

## 【 0 1 1 4 】

以上に述べた表 1 の符号は、後述する他の実施例の表においても同様に使用する。

10

## 【 0 1 1 5 】

( 表 1 )

## [ 全体諸元 ]

f 292.50

Fno 4.10

Bf 35.641

像高 21.700

TL 190.638

2 8.43

## [ レンズ諸元 ]

20

m	r	d	nd	d
1)	125.140	6.663	1.537750	74.70
2)	1851.356	0.150		
3)	59.805	10.676	1.437001	95.10
4)	262.678	28.838		
5)	46.054	7.325	1.437001	95.10
6)	4710.018	1.600	1.902650	35.72
7)	30.903	1.232		
8)	31.124	7.235	1.437001	95.10
9)	211.923	4.436		
10)	64.379	5.654	1.663820	27.35
11)	-76.867	1.300	1.654115	39.68
12)	84.138	4.271		
13		D13	( 開口絞り )	
14)	898.004	1.100	1.496997	81.61
15)	37.914	D15		
16)	-122.862	2.483	1.487490	70.32
17)	-51.275	1.500		
18)	212.753	3.300	1.620040	36.40
19)	-38.078	1.100	1.593190	67.90
20)	42.404	1.650		
21)	-1123.057	1.100	1.593490	67.00
22)	48.084	1.500		
23)	36.980	7.966	1.612660	44.46
24)	-28.819	1.300	1.593190	67.90
25)	237.490	2.000		
26)	60.518	1.300	1.922860	20.88
27)	21.378	7.261	1.720467	34.71
28)	-1990.403	5.379		
29)	-44.860	1.300	1.816000	46.59

30

40

50

30) 36.494 4.671 1.737999 32.33  
31) 197.557 0.500  
32) 53.113 5.700 1.581440 40.98  
33) -118.041 Bf

[ 各群焦点距離データ ]

群	始面	焦点距離
G1	1	121.914
G1A	1	103.249
G1B	5	-276.316
GF	14	-79.683
GR	16	-342.518
f1	1	-48.395
f2	6	105.403
f3	9	64.392
f4	13	-112.410
f5	19	134.882
f6	22	81.543
f7	24	-60.633

10

[ 可変間隔データ ]

	無限遠合焦時	近距離物体合焦時
D13	4.000	19.946
D15	20.506	4.560

20

【 0 1 1 6 】

図 2 は無限遠物体合焦時における第 1 実施例の光学系の諸収差図である。

【 0 1 1 7 】

各収差図において、FNOはF値、Yは像高をそれぞれ示す。詳細には、球面収差図では最大口径に対応するF値の値を示し、非点収差図および歪曲収差図では像高の最大値を示し、コマ収差図では各像高の値を示す。dはd線、gはg線（波長435.8nm）をそれぞれ示す。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。後述する他の実施例の諸収差図においても、本実施例の諸収差図と同様の符号を使用する。

30

【 0 1 1 8 】

各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

【 0 1 1 9 】

（第 2 実施例）

図 3 A は無限遠物体合焦時における第 2 実施例の光学系の断面図であり、図 3 B は近距離物体合焦時における第 2 実施例の光学系の断面図である。

【 0 1 2 0 】

本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する合焦群 G F と、正の屈折力を有する後群 G R とを有している。開口絞り S は、第 1 レンズ群 G 1 と、合焦群 G F との間に配置される。第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて、物体側に配置された正の屈折力を有する第 1 A レンズ群 G 1 A と像側に配置された負の屈折力を有する第 1 B レンズ群 G 1 B とを有する。

40

【 0 1 2 1 】

第 1 A レンズ群 G 1 A 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 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 とからなる。

【 0 1 2 2 】

第 1 B レンズ群 G 1 B は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 3 と両凹形状の負レンズ L 4 との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 5 と、両凸形

50

状の正レンズ L 6 と両凹形状の負レンズ L 7 との接合正レンズとからなる。

【 0 1 2 3 】

合焦群 G F は、両凹形状の負レンズ L 8 からなる。

【 0 1 2 4 】

後群 G R は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 9 と、両凸形状の正レンズ L 1 0 と両凹形状の負レンズ L 1 1 との接合負レンズと、両凹形状の負レンズ L 1 2 と、両凸形状の正レンズ L 1 3 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 4 との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 5 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 6 との接合正レンズと、両凹形状の負レンズ L 1 7 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 8 との接合負レンズと、両凸形状の正レンズ L 1 9 とからなる。

10

【 0 1 2 5 】

像面 I 上には、C C D または C M O S 等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

【 0 1 2 6 】

本実施例の光学系は、合焦群 G F を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。合焦群 G F は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、物体側から像側に移動される。

【 0 1 2 7 】

本実施例の光学系において、後群 G R が有するレンズのうち、正レンズ L 1 0 と負レンズ L 1 1 との接合負レンズおよび負レンズ L 1 2 は、像ブレを補正するために光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群として構成される。

20

【 0 1 2 8 】

本実施例の光学系において、正メニスカスレンズ L 1 は第 1 レンズに該当し、正メニスカスレンズ L 2 は第 2 レンズに該当する。また、本実施例の光学系において、負レンズ L 4 は負レンズ N に該当し、正レンズ L 6 は正レンズ Z に該当する。

【 0 1 2 9 】

本実施例の光学系において、d A は、正メニスカスレンズ L 2 の像側の面と正レンズ L 3 の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、d G 1 は、正メニスカスレンズ L 1 の物体側の面と負レンズ L 7 の像側の面との間の光軸上の距離である。また、d B は、正メニスカスレンズ L 1 の物体側の面と正レンズ L 3 の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、d N は、正メニスカスレンズ L 1 の物体側の面と負レンズ L 4 の物体側の面との間の光軸上の距離である。

30

【 0 1 3 0 】

以下の表 2 に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 1 3 1 】

（表 2）

[ 全体諸元 ]

f 390.00

Fno 4.10

Bf 60.901

像高 21.700

TL 267.445

2 6.30

[ レンズ諸元 ]

m	r	d	nd	d
1)	187.004	7.233	1.537750	74.70
2)	1083.302	0.200		
3)	90.597	12.867	1.433837	95.16
4)	430.769	53.926		

50

40



5)	60.452	9.061	1.437001	95.10
6)	-2517.992	2.200	1.902650	35.72
7)	43.878	1.547		
8)	43.725	8.825	1.437001	95.10
9)	492.119	11.552		
10)	89.096	6.561	1.663820	27.35
11)	-94.634	1.600	1.654115	39.68
12)	141.270	6.541		
13		D13	(開口絞り)	
14)	-2070.936	1.200	1.496997	81.61
15)	46.571	D15		
16)	-370.106	2.907	1.487490	70.32
17)	-72.395	1.500		
18)	178.417	3.000	1.737999	32.33
19)	-91.168	1.100	1.593190	67.90
20)	49.487	2.200		
21)	-130.831	1.100	1.593490	67.00
22)	65.238	2.000		
23)	47.376	9.008	1.579570	53.74
24)	-30.682	1.400	1.593190	67.90
25)	-219.958	2.409		
26)	72.361	1.400	1.922860	20.88
27)	26.665	6.906	1.720467	34.71
28)	352.438	3.947		
29)	-84.126	1.400	1.816000	46.59
30)	35.011	5.000	1.737999	32.33
31)	83.719	2.000		
32)	67.601	5.368	1.801000	34.92
33)	-179.297	Bf		

10

20

[ 各群焦点距離データ ]

30

群	始面	焦点距離
G1	1	168.518
G1A	1	161.845
G1B	5	-1807.658
GF	14	-91.627
GR	16	1823.408

[ 可変間隔データ ]

	無限遠合焦時	近距離物体合焦時
D13	6.480	23.792
D15	24.107	6.795

40

【 0 1 3 2 】

図 4 は無限遠物体合焦時における第 2 実施例の光学系の諸収差図である。

【 0 1 3 3 】

各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

【 0 1 3 4 】

( 第 3 実施例 )

図 5 A は無限遠物体合焦時における第 3 実施例の光学系の断面図であり、図 5 B は近距離物体合焦時における第 3 実施例の光学系の断面図である。

【 0 1 3 5 】

50

本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する合焦群ＧＦと、負の屈折力を有する後群ＧＲとを有している。開口絞りＳは、第１レンズ群Ｇ１と、合焦群ＧＦとの間に配置される。第１レンズ群Ｇ１は、第１レンズ群内で最も大きな空気間隔Ａを隔てて、物体側に配置された正の屈折力を有する第１Ａレンズ群Ｇ１Ａと像側に配置された負の屈折力を有する第１Ｂレンズ群Ｇ１Ｂとを有する。

【０１３６】

第１Ａレンズ群Ｇ１Ａ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Ｌ１と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２とからなる。

【０１３７】

第１Ｂレンズ群Ｇ１Ｂは、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ３と両凹形状の負レンズＬ４との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ５と、両凸形状の正レンズＬ６と両凹形状の負レンズＬ７との接合正レンズとからなる。

【０１３８】

合焦群ＧＦは、両凹形状の負レンズＬ８からなる。

【０１３９】

後群ＧＲは、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ９と、両凸形状の正レンズＬ１０と両凹形状の負レンズＬ１１との接合負レンズと、両凹形状の負レンズＬ１２と、両凸形状の正レンズＬ１３と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１４との接合正レンズと、両凹形状の負レンズＬ１５と両凸形状の正レンズＬ１６との接合負レンズと、両凹形状の負レンズＬ１７と両凸形状の正レンズＬ１８との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ１９とからなる。

【０１４０】

像面Ｉ上には、ＣＣＤまたはＣＭＯＳ等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

【０１４１】

本実施例の光学系は、合焦群ＧＦを光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。合焦群ＧＦは、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、物体側から像側に移動される。

【０１４２】

本実施例の光学系において、後群ＧＲが有するレンズのうち、正レンズＬ１０と負レンズＬ１１との接合負レンズおよび負レンズＬ１２は、像ブレを補正するために光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群として構成される。

【０１４３】

本実施例の光学系において、正メニスカスレンズＬ１は第１レンズに該当し、正メニスカスレンズＬ２は第２レンズに該当する。また、本実施例の光学系において、負レンズＬ４は負レンズＮに該当し、正レンズＬ６は正レンズＺに該当する。

【０１４４】

本実施例の光学系において、ｄＡは、正メニスカスレンズＬ２の像側の面と正レンズＬ３の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、ｄＧ１は、正メニスカスレンズＬ１の物体側の面と負レンズＬ７の像側の面との間の光軸上の距離である。また、ｄＢは、正メニスカスレンズＬ１の物体側の面と正レンズＬ３の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、ｄＮは、正メニスカスレンズＬ１の物体側の面と負レンズＬ４の物体側の面との間の光軸上の距離である。

【０１４５】

以下の表３に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

【０１４６】

（表３）

[全体諸元]

f 390.00

10

20

30

40

50

Fno 4.60  
Bf 55.218  
像高 21.700  
TL 243.435  
2 6.30

## [ レンズ諸元 ]

	m	r	d	nd	d
1)	221.433		5.870	1.537750	74.70
2)	4228.581		0.300		
3)	81.234		11.748	1.437001	95.10
4)	472.777		48.082		
5)	53.231		8.876	1.437001	95.10
6)	-626.318		2.000	1.900430	37.37
7)	42.149		1.500		
8)	41.831		7.935	1.437001	95.10
9)	1105.379		11.821		
10)	109.247		5.876	1.663820	27.35
11)	-70.652		1.500	1.672999	38.26
12)	195.927		7.351		
13			D13	( 開口絞り )	
14)	-1280.351		1.200	1.496997	81.61
15)	43.128		D15		
16)	-115.551		2.531	1.487490	70.32
17)	-51.834		2.000		
18)	184.433		3.000	1.647690	33.72
19)	-50.330		1.100	1.593190	67.90
20)	44.097		2.000		
21)	-159.759		1.100	1.593490	67.00
22)	56.912		2.000		
23)	35.605		6.762	1.737999	32.33
24)	-45.880		1.400	1.763850	48.49
25)	-190.397		2.000		
26)	-742.135		1.400	1.922860	20.88
27)	23.106		7.608	1.620040	36.40
28)	-75.897		3.414		
29)	-37.788		1.400	1.763850	48.49
30)	38.546		6.695	1.737999	32.33
31)	-86.210		0.200		
32)	52.571		3.600	1.581440	40.98
33)	147.363		Bf		

## [ 各群焦点距離データ ]

群	始面	焦点距離
G1	1	150.216
G1A	1	147.690
G1B	5	-2684.159
GF	14	-89.923
GR	16	-443.717

## [ 可変間隔データ ]

	無限遠合焦時	近距離物体合焦時
D13	5.381	19.508

10

20

30

40

50

D15 20.568 6.440

【0147】

図6は無有限遠物体合焦時における第3実施例の光学系の諸収差図である。

【0148】

各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

【0149】

(第4実施例)

図7Aは無有限遠物体合焦時における第4実施例の光学系の断面図であり、図7Bは近距離物体合焦時における第4実施例の光学系の断面図である。

【0150】

本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する合焦群GFと、負の屈折力を有する後群GRとを有している。開口絞りSは、第1レンズ群G1と、合焦群GFとの間に配置される。第1レンズ群G1は、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて、物体側に配置された正の屈折力を有する第1Aレンズ群G1Aと像側に配置された負の屈折力を有する第1Bレンズ群G1Bとを有する。

【0151】

第1Aレンズ群G1A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L1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2とからなる。

【0152】

第1Bレンズ群G1B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L3と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5と、両凸形状の正レンズL6と両凹形状の負レンズL7との接合正レンズとからなる。

【0153】

合焦群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL8からなる。

【0154】

後群GRは、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL9と、両凸形状の正レンズL10と両凹形状の負レンズL11との接合負レンズと、両凹形状の負レンズL12と、両凸形状の正レンズL13と両凹形状の負レンズL14との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と両凸形状の正レンズL16との接合負レンズと、両凹形状の負レンズL17と両凸形状の正レンズL18との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL19とからなる。

【0155】

像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子(不図示)が配置されている。

【0156】

本実施例の光学系は、合焦群GFを光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。合焦群GFは、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、物体側から像側に移動される。

【0157】

本実施例の光学系において、後群GRが有するレンズのうち、正レンズL10と負レンズL11との接合負レンズおよび負レンズL12は、像ブレを補正するために光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群として構成される。

【0158】

本実施例の光学系において、正メニスカスレンズL1は第1レンズに該当し、正メニスカスレンズL2は第2レンズに該当する。また、本実施例の光学系において、負メニスカスレンズL4は負レンズNに該当し、正レンズL6は正レンズZに該当する。

【0159】

10

20

30

40

50

本実施例の光学系において、 $d_A$ は、正メニスカスレンズL2の像側の面と正メニスカスレンズL3の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、 $d_{G1}$ は、正メニスカスレンズL1の物体側の面と負レンズL7の像側の面との間の光軸上の距離である。また、 $d_B$ は、正メニスカスレンズL1の物体側の面と正メニスカスレンズL3の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、 $d_N$ は、正メニスカスレンズL1の物体側の面と負メニスカスレンズL4の物体側の面との間の光軸上の距離である。

【0160】

以下の表4に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

【0161】

(表4)

[全体諸元]

$f$  390.00

$F_{no}$  5.77

$Bf$  54.579

像高 21.700

$TL$  221.435

2 6.35

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	d
1)	129.411	6.119	1.497000	81.61
2)	4105.548	0.300		
3)	61.730	9.074	1.437000	95.00
4)	230.361	35.312		
5)	48.186	5.994	1.437000	95.00
6)	581.000	2.000	1.902650	35.73
7)	34.413	2.138		
8)	35.952	5.925	1.437000	95.00
9)	353.395	6.718		
10)	70.865	4.563	1.663820	27.35
11)	-93.974	1.300	1.785900	44.17
12)	95.404	12.499		
13		D13	(開口絞り)	
14)	9370.670	1.200	1.497000	81.61
15)	37.965	D15		
16)	-85.435	2.194	1.487490	70.31
17)	-44.298	1.500		
18)	442.035	2.700	1.595509	39.24
19)	-37.068	1.200	1.593190	67.90
20)	43.657	2.000		
21)	-387.508	1.200	1.593490	67.00
22)	68.415	2.000		
23)	30.027	6.830	1.581440	40.98
24)	-33.765	1.400	1.593190	67.90
25)	639.490	2.500		
26)	97.030	1.400	1.922860	20.88
27)	20.045	6.147	1.620040	36.40
28)	-13075.855	4.849		
29)	-31.154	1.400	1.816000	46.59
30)	42.152	7.769	1.738000	32.26
31)	-42.051	0.200		

10

20

30

40

50

32) 45.857 4.009 1.603420 38.03

33) 125.000 Bf

[ 各群焦点距離データ ]

群	始面	焦点距離
G1	1	141.309
G1A	1	111.803
G1B	5	-226.733
GF	14	-76.703
GR	16	-741.023

[ 可変間隔データ ]

無限遠合焦時 近距離物体合焦時

D13	3.000	19.346
D15	21.414	5.069

【 0 1 6 2 】

図 8 は無限遠物体合焦時における第 4 実施例の光学系の諸収差図である。

【 0 1 6 3 】

各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

【 0 1 6 4 】

( 第 5 実施例 )

図 9 A は無限遠物体合焦時における第 5 実施例の光学系の断面図であり、図 9 B は近距離物体合焦時における第 5 実施例の光学系の断面図である。

【 0 1 6 5 】

本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する合焦群 G F と、負の屈折力を有する後群 G R とを有している。開口絞り S は、第 1 レンズ群 G 1 と、合焦群 G F との間に配置される。第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて、物体側に配置された正の屈折力を有する第 1 A レンズ群 G 1 A と像側に配置された負の屈折力を有する第 1 B レンズ群 G 1 B とを有する。

【 0 1 6 6 】

第 1 A レンズ群 G 1 A は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 とからなる。

【 0 1 6 7 】

第 1 B レンズ群 G 1 B は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 3 と両凹形状の負レンズ L 4 との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 5 と両凸形状の正レンズ L 6 との接合負レンズと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 7 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 8 との接合正レンズとからなる。

【 0 1 6 8 】

合焦群 G F は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 9 からなる。

【 0 1 6 9 】

後群 G R は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 10 と、両凸形状の正レンズ L 11 と両凹形状の負レンズ L 12 との接合負レンズと、両凹形状の負レンズ L 13 と、両凸形状の正レンズ L 14 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 15 との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 16 と両凸形状の正レンズ L 17 との接合正レンズと、両凹形状の負レンズ L 18 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 19 との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 20 とからなる。

【 0 1 7 0 】

像面 I 上には、CCD または CMOS 等から構成された撮像素子 ( 不図示 ) が配置されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 7 1 】

本実施例の光学系は、合焦群 G F を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。合焦群 G F は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、物体側から像側に移動される。

## 【 0 1 7 2 】

本実施例の光学系において、後群 G R が有するレンズのうち、正レンズ L 1 1 と負レンズ L 1 2 との接合負レンズおよび負レンズ L 1 3 は、像ブレを補正するために光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群として構成される。

## 【 0 1 7 3 】

本実施例の光学系において、正レンズ L 1 は第 1 レンズに該当し、正メニスカスレンズ L 2 は第 2 レンズに該当する。また、本実施例の光学系において、負レンズ L 4 は負レンズ N に該当し、正メニスカスレンズ L 7 は正レンズ Z に該当する。

10

## 【 0 1 7 4 】

本実施例の光学系において、d A は、正メニスカスレンズ L 2 の像側の面と正レンズ L 3 の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、d G 1 は、正レンズ L 1 の物体側の面と負メニスカスレンズ L 8 の像側の面との間の光軸上の距離である。また、d B は、正レンズ L 1 の物体側の面と正レンズ L 3 の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、d N は、正レンズ L 1 の物体側の面と負レンズ L 4 の物体側の面との間の光軸上の距離である。

## 【 0 1 7 5 】

20

以下の表 5 に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

## 【 0 1 7 6 】

( 表 5 )

## [ 全体諸元 ]

f 489.98

Fno 5.77

Bf 53.163

像高 21.700

TL 270.475

2 5.05

30

## [ レンズ諸元 ]

m	r	d	nd	d
1)	301.516	7.653	1.518600	69.89
2)	-2994.078	0.248		
3)	74.588	16.015	1.433837	95.16
4)	529.942	42.196		
5)	60.571	11.051	1.437001	95.10
6)	-204.604	2.000	1.816000	46.59
7)	358.323	0.509		
8)	1130.257	2.000	1.816000	46.59
9)	40.518	10.429	1.437001	95.10
10)	-366.911	18.665		
11)	-92.650	5.315	1.663820	27.35
12)	-46.744	1.750	1.612660	44.46
13)	-89.781	0.100		
14		D14	( 開口絞り )	
15)	546.830	1.500	1.496997	81.61
16)	50.544	D16		
17)	-43.675	3.106	1.487490	70.32
18)	-39.919	17.617		

40

50

19)	196.739	4.641	1.603420	38.03
20)	-46.252	1.375	1.593190	67.90
21)	44.844	2.750		
22)	-2713.065	1.375	1.593490	67.00
23)	63.562	2.500		
24)	38.733	6.368	1.581440	40.98
25)	-73.473	1.750	1.593190	67.90
26)	-1339.601	0.100		
27)	112.830	1.750	1.922860	20.88
28)	24.865	7.420	1.737999	32.33
29)	-148.051	0.889		
30)	-62.799	1.750	1.816000	46.59
31)	29.752	6.237	1.737999	32.33
32)	306.380	0.100		
33)	56.901	4.936	1.603420	38.03
34)	1041.086	Bf		

[ 各群焦点距離データ ]

群	始面	焦点距離
G1	1	178.023
G1A	1	144.638
G1B	5	-410.279
GF	15	-112.168
GR	17	-261.402

[ 可変間隔データ ]

	無限遠合焦時	近距離物体合焦時
D14	3.286	20.151
D16	38.932	22.067

【 0 1 7 7 】

図 1 0 は無限遠物体合焦時における第 5 実施例の光学系の諸収差図である。

【 0 1 7 8 】

各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

【 0 1 7 9 】

( 第 6 実施例 )

図 1 1 A は無限遠物体合焦時における第 6 実施例の光学系の断面図であり、図 1 1 B は近距離物体物体合焦時における第 6 実施例の光学系の断面図である。

【 0 1 8 0 】

本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する合焦群 G F と、負の屈折力を有する後群 G R とを有している。開口絞り S は、第 1 レンズ群 G 1 と、合焦群 G F との間に配置される。第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて、物体側に配置された正の屈折力を有する第 1 A レンズ群 G 1 A と像側に配置された負の屈折力を有する第 1 B レンズ群 G 1 B とを有する。

【 0 1 8 1 】

第 1 A レンズ群 G 1 A 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 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 とからなる。

【 0 1 8 2 】

第 1 B レンズ群 G 1 B 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 3 と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 5 と、両凸形状の正レンズ L 6 と両凹形状の負レンズ L 7

10

20

30

40

50



との接合正レンズとからなる。

【 0 1 8 3 】

合焦群 G F は、両凹形状の負レンズ L 8 からなる。

【 0 1 8 4 】

後群 G R は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 9 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 0 と両凹形状の負レンズ L 1 1 との接合負レンズと、両凹形状の負レンズ L 1 2 と、両凸形状の正レンズ L 1 3 と両凹形状の負レンズ L 1 4 との接合正レンズと、両凹形状の負レンズ L 1 5 と両凸形状の正レンズ L 1 6 との接合負レンズと、両凸形状の正レンズ L 1 7 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 8 との接合正レンズと、両凹形状の負レンズ L 1 9 と両凸形状の正レンズ L 2 0 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1 との接合負レンズとからなる。

10

【 0 1 8 5 】

像面 I 上には、C C D または C M O S 等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

【 0 1 8 6 】

本実施例の光学系は、合焦群 G F を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。合焦群 G F は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、物体側から像側に移動される。

【 0 1 8 7 】

本実施例の光学系において、後群 G R が有するレンズのうち、正メニスカスレンズ L 1 0 と負レンズ L 1 1 との接合負レンズおよび負レンズ L 1 2 は、像ブレを補正するために光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群として構成される。

20

【 0 1 8 8 】

本実施例の光学系において、正メニスカスレンズ L 1 は第 1 レンズに該当し、正メニスカスレンズ L 2 は第 2 レンズに該当する。また、本実施例の光学系において、負メニスカスレンズ L 4 は負レンズ N に該当し、正レンズ L 6 は正レンズ Z に該当する。

【 0 1 8 9 】

本実施例の光学系において、d A は、正メニスカスレンズ L 2 の像側の面と正メニスカスレンズ L 3 の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、d G 1 は、正メニスカスレンズ L 1 の物体側の面と負レンズ L 7 の像側の面との間の光軸上の距離である。また、d B は、正メニスカスレンズ L 1 の物体側の面と正メニスカスレンズ L 3 の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、d N は、正メニスカスレンズ L 1 の物体側の面と負メニスカスレンズ L 4 の物体側の面との間の光軸上の距離である。

30

【 0 1 9 0 】

以下の表 6 に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 1 9 1 】

（表 6）

[ 全体諸元 ]

f 582.00

Fno 5.80

Bf 57.650

像高 21.700

TL 305.483

2 4.20

[ レンズ諸元 ]

m	r	d	nd	d
1)	209.874	7.062	1.537750	74.70
2)	952.422	0.400		
3)	91.788	13.513	1.433837	95.16
4)	361.924	60.210		

40

50

5)	66.958	8.900	1.437001	95.10
6)	1878.152	2.300	1.902650	35.72
7)	52.955	1.200		
8)	54.318	8.485	1.437001	95.10
9)	954.336	15.349		
10)	115.853	6.613	1.663820	27.35
11)	-90.371	1.600	1.834810	42.73
12)	221.211	15.183		
13		D13	(開口絞り)	
14)	-19374.039	1.200	1.496997	81.61
15)	46.568	D15		
16)	-106.679	2.037	1.487490	70.32
17)	-61.741	1.500		
18)	-2608.847	3.600	1.612660	44.46
19)	-47.129	1.200	1.593190	67.90
20)	69.720	2.300		
21)	-1020.983	1.200	1.593490	67.00
22)	91.287	2.000		
23)	33.441	7.067	1.581440	40.98
24)	-48.899	1.400	1.593190	67.90
25)	173.712	3.445		
26)	-751.444	1.400	1.922860	20.88
27)	25.644	6.052	1.620040	36.40
28)	-1371.263	5.043		
29)	65.099	9.464	1.737999	32.33
30)	-26.310	1.600	1.638540	55.34
31)	-90.430	5.913		
32)	-46.530	1.600	1.883000	40.66
33)	59.262	8.391	1.737999	32.33
34)	-30.461	1.600	1.883000	40.66
35)	-104.675	Bf		

10

20

30

[ 各群焦点距離データ ]

群	始面	焦点距離
G1	1	206.631
G1A	1	179.755
G1B	5	-499.661
GF	14	-93.471
GR	16	-277.391

[ 可変間隔データ ]

	無限遠合焦時	近距離物体合焦時
D13	11.493	28.469
D15	27.470	10.494

40

【 0 1 9 2 】

図 1 2 は無限遠物体合焦時における第 6 実施例の光学系の諸収差図である。

【 0 1 9 3 】

各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

【 0 1 9 4 】

( 第 7 実施例 )

図 1 3 A は無限遠物体合焦時における第 7 実施例の光学系の断面図であり、図 1 3 B は

50

近距離物体物体合焦時における第7実施例の光学系の断面図である。

【0195】

本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する合焦群GFと、負の屈折力を有する後群GRとを有している。開口絞りSは、第1レンズ群G1と、合焦群GFとの間に配置される。第1レンズ群G1は、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて、物体側に配置された正の屈折力を有する第1Aレンズ群G1Aと像側に配置された負の屈折力を有する第1Bレンズ群G1Bとを有する。

【0196】

第1Aレンズ群G1Aは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2とからなる。

10

【0197】

第1Bレンズ群G1Bは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL3と両凹形状の負レンズL4との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5と、両凸形状の正レンズL6と両凹形状の負レンズL7との接合負レンズとからなる。

【0198】

合焦群GFは、両凹形状の負レンズL8からなる。

【0199】

後群GRは、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL9と、両凸形状の正レンズL10と両凹形状の負レンズL11との接合負レンズと、両凹形状の負レンズL12と、両凸形状の正レンズL13と両凹形状の負レンズL14との接合正レンズと、両凹形状の負レンズL15と両凸形状の正レンズL16との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL17と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL18との接合正レンズと、両凹形状の負レンズL19と両凸形状の正レンズL20と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21との接合負レンズとからなる。

20

【0200】

像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

【0201】

本実施例の光学系は、合焦群GFを光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。合焦群GFは、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、物体側から像側に移動される。

30

【0202】

本実施例の光学系において、後群GRが有するレンズのうち、正レンズL10と負レンズL11との接合負レンズおよび負レンズL12は、像ブレを補正するために光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群として構成される。

【0203】

本実施例の光学系において、正レンズL1は第1レンズに該当し、正メニスカスレンズL2は第2レンズに該当する。また、本実施例の光学系において、負レンズL4は負レンズNに該当し、正レンズL6は正レンズZに該当する。

40

【0204】

本実施例の光学系において、dAは、正メニスカスレンズL2の像側の面と正レンズL3の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、dG1は、正レンズL1の物体側の面と負レンズL7の像側の面との間の光軸上の距離である。また、dBは、正レンズL1の物体側の面と正レンズL3の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、dNは、正レンズL1の物体側の面と負レンズL4の物体側の面との間の光軸上の距離である。

【0205】

以下の表7に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

【0206】

（表7）

50

[ 全体諸元 ]

f 780.00  
Fno 5.80  
Bf 72.401  
像高 21.700  
TL 395.435  
2 3.14

[ レンズ諸元 ]

m	r	d	nd	d	
1)	278.114	11.437	1.433837	95.16	10
2)	-9931.397	0.536			
3)	118.790	17.646	1.433837	95.16	
4)	411.233	88.454			
5)	80.169	11.750	1.437001	95.10	
6)	-7177.582	2.800	1.902650	35.72	
7)	70.344	1.582			
8)	75.393	9.074	1.437001	95.10	
9)	609.803	23.491			
10)	149.143	7.987	1.663820	27.35	20
11)	-111.061	1.800	1.834810	42.73	
12)	276.625	15.689			
13		D13	( 開口絞り )		
14)	-2132.794	1.400	1.487490	70.32	
15)	59.025	D15			
16)	-100.905	3.000	1.552981	55.07	
17)	-67.183	1.500			
18)	913.713	3.800	1.581440	40.98	
19)	-64.402	1.200	1.593190	67.90	
20)	77.939	2.700			30
21)	-251.245	1.200	1.593490	67.00	
22)	144.773	2.000			
23)	48.967	7.712	1.581440	40.98	
24)	-36.112	1.600	1.593190	67.90	
25)	2585.012	8.971			
26)	-64.468	1.600	1.922860	20.88	
27)	41.597	7.601	1.620040	36.40	
28)	-60.377	5.315			
29)	118.399	9.843	1.737999	32.33	
30)	-31.787	1.600	1.593490	67.00	40
31)	-65.797	5.539			
32)	-61.040	1.600	1.883000	40.66	
33)	62.377	9.440	1.737999	32.33	
34)	-36.957	1.600	1.883000	40.66	
35)	-146.016	Bf			

[ 各群焦点距離データ ]

群	始面	焦点距離	
G1	1	279.705	50
G1A	1	236.223	
G1B	5	-511.433	
GF	14	-117.794	

GR 16 -437.474

[ 可変間隔データ ]

無限遠合焦時 近距離物体合焦時

D13 16.594 41.036

D15 34.974 10.531

【 0 2 0 7 】

図 1 4 は無限遠物体合焦時における第 7 実施例の光学系の諸収差図である。

【 0 2 0 8 】

各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

【 0 2 0 9 】

( 第 8 実施例 )

図 1 5 A は無限遠物体合焦時における第 8 実施例の光学系の断面図であり、図 1 5 B は近距離物体合焦時における第 8 実施例の光学系の断面図である。

【 0 2 1 0 】

本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する合焦群 G F と、負の屈折力を有する後群 G R とを有している。開口絞り S は、第 1 レンズ群 G 1 と、合焦群 G F との間に配置される。第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて、物体側に配置された正の屈折力を有する第 1 A レンズ群 G 1 A と像側に配置された負の屈折力を有する第 1 B レンズ群 G 1 B とを有する。

【 0 2 1 1 】

第 1 A レンズ群 G 1 A は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 とからなる。

【 0 2 1 2 】

第 1 B レンズ群 G 1 B 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 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 との接合負レンズと、両凸形状の正レンズ L 5 と両凹形状の負レンズ L 6 との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 7 と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 8 との接合負レンズとからなる。

【 0 2 1 3 】

合焦群 G F は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 9 からなる。

【 0 2 1 4 】

後群 G R は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 0 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 1 と両凹形状の負レンズ L 1 2 との接合負レンズと、両凹形状の負レンズ L 1 3 と、両凸形状の正レンズ L 1 4 と両凹形状の負レンズ L 1 5 との接合正レンズと、両凹形状の負レンズ L 1 6 と両凸形状の正レンズ L 1 7 との接合負レンズと、両凸形状の正レンズ L 1 8 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 9 との接合正レンズと、両凹形状の負レンズ L 2 0 と両凸形状の正レンズ L 2 1 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2 との接合負レンズとからなる。

【 0 2 1 5 】

像面 I 上には、CCD または CMOS 等から構成された撮像素子 ( 不図示 ) が配置されている。

【 0 2 1 6 】

本実施例の光学系は、合焦群 G F を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。合焦群 G F は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、物体側から像側に移動される。

【 0 2 1 7 】

本実施例の光学系において、後群 G R が有するレンズのうち、正レンズメニスカス L 1 1 と負レンズ L 1 2 との接合負レンズおよび負レンズ L 1 3 は、像ブレを補正するために

10

20

30

40

50

光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群として構成される。

【 0 2 1 8 】

本実施例の光学系において、正レンズ L 1 は第 1 レンズに該当し、正メニスカスレンズ L 2 は第 2 レンズに該当する。また、本実施例の光学系において、負メニスカスレンズ L 3 は負レンズ N に該当し、正メニスカスレンズ L 7 は正レンズ Z に該当する。

【 0 2 1 9 】

本実施例の光学系において、d A は、正メニスカスレンズ L 2 の像側の面と負メニスカス L 3 の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、d G 1 は、正レンズ L 1 の物体側の面と負メニスカスレンズ L 8 の像側の面との間の光軸上の距離である。また、d B は、正レンズ L 1 の物体側の面と負メニスカスレンズ L 3 の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、d N は、正レンズ L 1 の物体側の面と負メニスカスレンズ L 3 の物体側の面との間の光軸上の距離である。

10

【 0 2 2 0 】

以下の表 8 に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 2 2 1 】

( 表 8 )

[ 全体諸元 ]

f 779.95

Fno 5.80

Bf 76.376

像高 21.700

TL 383.444

2 3.14

[ レンズ諸元 ]

m	r	d	nd	d
1)	267.172	12.157	1.433837	95.16
2)	-3942.417	0.536		
3)	129.878	14.435	1.433837	95.16
4)	334.092	69.154		
5)	130.441	3.000	1.883000	40.66
6)	71.048	15.415	1.437001	95.10
7)	408.661	1.000		
8)	90.710	16.409	1.437001	95.10
9)	-185.763	2.800	1.487490	70.32
10)	138.066	19.365		
11)	88.996	5.626	1.663820	27.35
12)	214.056	2.100	1.883000	40.66
13)	78.689	29.715		
14		D14	( 開口絞り )	
15)	16674.224	1.400	1.487490	70.32
16)	64.208	D16		
17)	-116.010	3.000	1.552981	55.07
18)	-69.086	1.500		
19)	-644.448	4.500	1.612660	44.46
20)	-48.050	1.200	1.593190	67.90
21)	72.757	2.700		
22)	-880.699	1.200	1.593490	67.00
23)	104.682	2.000		
24)	40.326	7.576	1.581440	40.98
25)	-39.781	1.600	1.593190	67.90

30

40

50

26)	960.480	2.513		
27)	-280.010	1.600	1.922860	20.88
28)	34.990	5.733	1.620040	36.40
29)	-146.116	9.399		
30)	73.204	7.919	1.620040	36.40
31)	-32.773	1.600	1.593190	67.90
32)	-531.178	2.818		
33)	-112.016	1.600	1.883000	40.66
34)	37.168	9.936	1.737999	32.33
35)	-32.206	1.600	1.883000	40.66
36)	-153.819	Bf		

10

[ 各群焦点距離データ ]

群	始面	焦点距離
G1	1	271.114
G1A	1	262.482
G1B	5	-704.528
GF	15	-132.223
GR	17	-196.255

[ 可変間隔データ ]

	無限遠合焦時	近距離物体合焦時
D14	14.482	39.187
D16	29.480	4.775

20

【 0 2 2 2 】

図 1 6 は無限遠物体合焦時における第 8 実施例の光学系の諸収差図である。

【 0 2 2 3 】

各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

【 0 2 2 4 】

( 第 9 実施例 )

図 1 7 A は無限遠物体合焦時における第 9 実施例の光学系の断面図であり、図 1 7 B は近距離物体合焦時における第 9 実施例の光学系の断面図である。

30

【 0 2 2 5 】

本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する合焦群 G F と、負の屈折力を有する後群 G R とを有している。開口絞り S は、合焦群 G F と、後群 G R との間に配置される。第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて、物体側に配置された正の屈折力を有する第 1 A レンズ群 G 1 A と像側に配置された負の屈折力を有する第 1 B レンズ群 G 1 B とを有する。

【 0 2 2 6 】

第 1 A レンズ群 G 1 A 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 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 とからなる。

40

【 0 2 2 7 】

第 1 B レンズ群 G 1 B 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 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 との接合負レンズと、両凸形状の正レンズ L 5 と両凹形状の負レンズ L 6 との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 7 と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 8 との接合負レンズとからなる。

【 0 2 2 8 】

合焦群 G F は、両凹形状の負レンズ L 9 からなる。

【 0 2 2 9 】

後群 G R は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1 0 と、両凸

50

形状の正レンズL 1 1と両凹形状の負レンズL 1 2との接合負レンズと、両凹形状の負レンズL 1 3と、両凸形状の正レンズL 1 4と両凹形状の負レンズL 1 5との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 6と両凸形状の正レンズL 1 7との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL 1 8と両凹形状の負レンズL 1 9との接合正レンズと、両凹形状の負レンズL 2 0と両凸形状の正レンズL 2 1と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2 2との接合負レンズとからなる。

【0230】

像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

【0231】

本実施例の光学系は、合焦群GFを光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。合焦群GFは、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、物体側から像側に移動される。

【0232】

本実施例の光学系において、後群GRが有するレンズのうち、正レンズL 1 1と負レンズL 1 2との接合負レンズおよび負レンズL 1 3は、像ブレを補正するために光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群として構成される。

【0233】

本実施例の光学系において、正メニスカスレンズL 1は第1レンズに該当し、正メニスカスレンズL 2は第2レンズに該当する。また、本実施例の光学系において、負メニスカスレンズL 3は負レンズNに該当し、正メニスカスレンズL 7は正レンズZに該当する。

【0234】

本実施例の光学系において、dAは、正メニスカスレンズL 2の像側の面と負メニスカスL 3の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、dG1は、正メニスカスレンズL 1の物体側の面と負メニスカスレンズL 8の像側の面との間の光軸上の距離である。また、dBは、正メニスカスレンズL 1の物体側の面と負メニスカスレンズL 3の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、dNは、正メニスカスレンズL 1の物体側の面と負メニスカスレンズL 3の物体側の面との間の光軸上の距離である。

【0235】

以下の表9に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

【0236】

（表9）

[全体諸元]

f 779.97

Fno 6.40

Bf 79.800

像高 21.700

TL 399.450

2 3.15

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	d
1)	255.258	9.091	1.537750	74.70
2)	1685.759	0.500		
3)	138.346	12.666	1.433837	95.16
4)	418.938	72.302		
5)	177.080	3.000	1.883000	40.66
6)	76.888	13.971	1.437001	95.10
7)	2084.544	1.000		
8)	95.651	14.302	1.437001	95.10
9)	-201.556	2.800	1.487490	70.32



10)	121.665	9.654		
11)	151.928	5.707	1.663820	27.35
12)	1406.765	2.100	1.902650	35.72
13)	183.823	D13		
14)	-1678.708	1.300	1.487490	70.32
15)	76.764	D15		
16		19.548	(開口絞り)	
17)	-279.837	3.000	1.487490	70.32
18)	-80.022	1.500		
19)	412.066	3.500	1.612660	44.46
20)	-55.502	1.200	1.593190	67.90
21)	63.474	2.700		
22)	-284.371	1.200	1.593490	67.00
23)	84.284	2.000		
24)	38.563	7.200	1.581440	40.98
25)	-69.150	1.400	1.593190	67.90
26)	285.565	2.553		
27)	348.792	1.400	1.922860	20.88
28)	31.874	6.500	1.620040	36.40
29)	-610.498	9.220		
30)	59.656	9.000	1.620040	36.40
31)	-34.040	1.400	1.593190	67.90
32)	549.515	4.295		
33)	-54.352	1.400	1.883000	40.66
34)	60.916	9.500	1.737999	32.33
35)	-29.296	1.400	1.883000	40.66
36)	-73.592	Bf		

[ 各群焦点距離データ ]

群 始面 焦点距離

G1	1	266.946
G1A	1	255.843
G1B	5	-1307.740
GF	14	-150.545
GR	17	-208.953

[ 可変間隔データ ]

	無限遠合焦時	近距離物体合焦時
D13	51.181	73.947
D15	30.161	7.394

【 0 2 3 7 】

図 1 8 は無限遠物体合焦時における第 9 実施例の光学系の諸収差図である。

【 0 2 3 8 】

各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

【 0 2 3 9 】

( 第 1 0 実施例 )

図 1 9 A は無限遠物体合焦時における第 1 0 実施例の光学系の断面図であり、図 1 9 B は近距離物体合焦時における第 1 0 実施例の光学系の断面図である。

【 0 2 4 0 】

本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する合焦群 G F と、負の屈折力を有する後群 G R とを有している。開口絞り S

10

20

30

40

50

は、第 1 レンズ群 G 1 と、合焦群 G F との間に配置される。第 1 レンズ群 G 1 は、第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて、物体側に配置された正の屈折力を有する第 1 A レンズ群 G 1 A と像側に配置された負の屈折力を有する第 1 B レンズ群 G 1 B とを有する。

【 0 2 4 1 】

第 1 A レンズ群 G 1 A は、物体側から順に、両凸形状の正レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 とからなる。

【 0 2 4 2 】

第 1 B レンズ群 G 1 B 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 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 との接合負レンズと、両凸形状の正レンズ L 5 と両凹形状の負レンズ L 6 との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 7 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 8 との接合負レンズとからなる。

10

【 0 2 4 3 】

合焦群 G F は、両凹形状の負レンズ L 9 からなる。

【 0 2 4 4 】

後群 G R は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 10 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 11 と両凹形状の負レンズ L 12 との接合負レンズと、両凹形状の負レンズ L 13 と、両凸形状の正レンズ L 14 と両凹形状の負レンズ L 15 との接合正レンズと、両凹形状の負レンズ L 16 と両凸形状の正レンズ L 17 との接合負レンズと、両凸形状の正レンズ L 18 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 19 との接合正レンズと、両凹形状の負レンズ L 20 と両凸形状の正レンズ L 21 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 22 との接合負レンズとからなる。

20

【 0 2 4 5 】

像面 I 上には、CCD または CMOS 等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

【 0 2 4 6 】

本実施例の光学系は、合焦群 G F を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。合焦群 G F は、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、物体側から像側に移動される。

30

【 0 2 4 7 】

本実施例の光学系において、後群 G R が有するレンズのうち、正メニスカスレンズ L 11 と負レンズ L 12 との接合負レンズおよび負レンズ L 13 は、像ブレを補正するために光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群として構成される。

【 0 2 4 8 】

本実施例の光学系において、正レンズ L 1 は第 1 レンズに該当し、正メニスカスレンズ L 2 は第 2 レンズに該当する。また、本実施例の光学系において、負メニスカスレンズ L 3 は負レンズ N に該当し、正メニスカスレンズ L 8 は正レンズ Z に該当する。

【 0 2 4 9 】

本実施例の光学系において、d A は、正メニスカスレンズ L 2 の像側の面と負メニスカス L 3 の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、d G 1 は、正レンズ L 1 の物体側の面と正メニスカスレンズ L 8 の像側の面との間の光軸上の距離である。また、d B は、正レンズ L 1 の物体側の面と負メニスカスレンズ L 3 の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、d N は、正レンズ L 1 の物体側の面と負メニスカスレンズ L 3 の物体側の面との間の光軸上の距離である。

40

【 0 2 5 0 】

以下の表 10 に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

【 0 2 5 1 】

（表 10）

[ 全体諸元 ]

50

f 780.00  
 Fno 8.00  
 Bf 92.159  
 像高 21.700  
 TL 351.452  
 2 3.13

[ レンズ諸元 ]

	m	r	d	nd	d
1)	195.329		8.988	1.433837	95.16
2)	-26364.519		0.500		
3)	109.812		9.691	1.433837	95.16
4)	284.676		60.820		
5)	114.988		2.700	1.883000	40.66
6)	58.226		9.887	1.437001	95.10
7)	257.690		1.000		
8)	82.822		10.837	1.437001	95.10
9)	-150.828		2.500	1.487490	70.32
10)	114.026		9.268		
11)	69.040		1.800	1.883000	40.66
12)	52.239		4.278	1.663820	27.35
13)	68.880		36.122		
14			D14	( 開口絞り )	
15)	-6404.001		1.400	1.487490	70.32
16)	60.905		D16		
17)	-62.158		3.000	1.487490	70.32
18)	-50.943		1.500		
19)	-348.240		3.500	1.612660	44.46
20)	-40.905		1.200	1.593190	67.90
21)	107.146		2.700		
22)	-282.696		1.200	1.593490	67.00
23)	118.438		2.000		
24)	34.139		6.300	1.581440	40.98
25)	-31.938		1.400	1.593190	67.90
26)	86.990		3.741		
27)	-81.495		1.400	1.922860	20.88
28)	36.499		6.000	1.620040	36.40
29)	-51.643		4.422		
30)	70.463		7.000	1.664460	35.87
31)	-28.039		1.400	1.593190	67.90
32)	-52.198		2.000		
33)	-52.381		1.400	1.883000	40.66
34)	27.748		9.000	1.737999	32.33
35)	-26.889		1.400	1.883000	40.66
36)	-195.546		Bf		

[ 各群焦点距離データ ]

群	始面	焦点距離
G1	1	232.062
G1A	1	213.189
G1B	5	-700.761
GF	15	-123.749

10

20

30

40

50

GR 17 -139.187

【可変間隔データ】

無限遠合焦時 近距離物体合焦時

D14 14.926 33.005

D16 24.011 5.933

【0252】

図20は無限遠物体合焦時における第10実施例の光学系の諸収差図である。

【0253】

各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

【0254】

(第11実施例)

図21Aは無限遠物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図であり、図21Bは近距離物体合焦時における第11実施例の光学系の断面図である。

【0255】

本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する合焦群GFと、負の屈折力を有する後群GRとを有している。開口絞りSは、第1レンズ群G1と、合焦群GFとの間に配置される。第1レンズ群G1は、第1レンズ群内で最も大きな空気間隔Aを隔てて、物体側に配置された正の屈折力を有する第1Aレンズ群G1Aと像側に配置された正の屈折力を有する第1Bレンズ群G1Bとを有する。

【0256】

第1Aレンズ群G1Aは、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1からなる。

【0257】

第1Bレンズ群G1B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L2と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3との接合正レンズと、両凸形状の正レンズL4と両凹形状の負レンズL5との接合負レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL6とからなる。

【0258】

合焦群GFは、両凹形状の負レンズL7からなる。

【0259】

後群GRは、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL8と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL9と両凹形状の負レンズL10との接合負レンズと、像側に凹面を向けた平凹形状の負レンズL11と、両凸形状の正レンズL12と両凹形状の負レンズL13との接合正レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL14と両凸形状の正レンズL15との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL16と両凹形状の負レンズL17との接合正レンズと、両凹形状の負レンズL18と両凸形状の正レンズL19と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL20との接合負レンズとからなる。

【0260】

像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子(不図示)が配置されている。

【0261】

本実施例の光学系は、合焦群GFを光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。合焦群GFは、無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、物体側から像側に移動される。

【0262】

本実施例の光学系において、後群GRが有するレンズのうち、正メニスカスレンズL9と負レンズL10との接合負レンズおよび負レンズL11は、像ブレを補正するために光軸と垂直な方向の成分を有するように移動可能な防振レンズ群として構成される。

【0263】

10

20

30

40

50

本実施例の光学系において、正メニスカスレンズ L 1 は第 1 レンズに該当する。また、本実施例の光学系において、負メニスカスレンズ L 2 は負レンズ N に該当し、正メニスカスレンズ L 6 は正レンズ Z に該当する。

## 【 0 2 6 4 】

本実施例の光学系において、d A は、正メニスカスレンズ L 1 の像側の面と負メニスカス L 2 の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、d G 1 は、正メニスカスレンズ L 1 の物体側の面と正メニスカスレンズ L 6 の像側の面との間の光軸上の距離である。また、d B は、正メニスカスレンズ L 1 の物体側の面と負メニスカスレンズ L 2 の物体側の面との間の光軸上の距離である。また、d N は、正メニスカスレンズ L 1 の物体側の面と負メニスカスレンズ L 2 の物体側の面との間の光軸上の距離である。

10

## 【 0 2 6 5 】

以下の表 1 1 に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

## 【 0 2 6 6 】

( 表 1 1 )

[ 全体諸元 ]

f 779.95

Fno 8.00

Bf 87.483

像高 21.700

TL 399.482

20

2 3.14

[ レンズ諸元 ]

m	r	d	nd	d
1)	136.085	11.698	1.433837	95.16
2)	2886.820	93.585		
3)	84.536	3.000	1.900430	37.37
4)	57.130	11.614	1.437001	95.10
5)	342.893	1.000		
6)	77.480	12.561	1.496997	81.61
7)	-125.841	2.800	1.589130	61.22
8)	56.630	2.000		
9)	49.759	4.345	1.663820	27.35
10)	60.512	51.451		
11		D11	( 開口絞り )	
12)	-1013.842	1.400	1.487490	70.32
13)	88.130	D13		
14)	-77.126	3.000	1.487490	70.32
15)	-53.565	2.000		
16)	-3867.417	4.000	1.617720	49.81
17)	-42.148	1.200	1.593190	67.90
18)	116.314	1.200		
19)		1.200	1.593490	67.00
20)	81.561	3.000		
21)	40.019	6.700	1.531720	48.78
22)	-37.697	1.500	1.593190	67.90
23)	238.406	3.118		
24)	345.221	1.500	1.922860	20.88
25)	38.137	5.300	1.603420	38.03
26)	-123.170	14.480		
27)	62.684	6.500	1.620040	36.40

30

40

50

28)	-35.175	1.500	1.593190	67.90
29)	189.726	4.455		
30)	-79.833	1.500	1.883000	40.66
31)	36.649	8.000	1.737999	32.33
32)	-30.820	1.500	1.883000	40.66
33)	-167.720	Bf		

[ 各群焦点距離データ ]

群	始面	焦点距離
G1	1	277.319
G1A	1	328.772
G1B	3	7228.305
GF	12	-166.256
GR	14	-168.016

[ 可変間隔データ ]

	無限遠合焦時	近距離物体合焦時
D11	13.975	40.029
D13	30.918	4.865

【 0 2 6 7 】

図 2 2 は無限遠物体合焦時における第 1 1 実施例の光学系の諸収差図である。

【 0 2 6 8 】

各収差図より、本実施例の光学系は、合焦時の収差変動を有効に抑制し、高い光学性能を有していることがわかる。

【 0 2 6 9 】

上記各実施例によれば、小型かつ軽量であって良好な結像性能を有する光学系を実現することができる。

【 0 2 7 0 】

以下に、条件式一覧および各実施例の条件式対応値を示す。

【 0 2 7 1 】

FNoは無限遠合焦時における光学系の F 値であり、TLは無限遠合焦時における光学系の光学全長であり、fは無限遠合焦時における光学系の焦点距離である。dAは空気間隔 A の光軸上の距離であり、dG1は第 1 レンズ群の光軸上の距離である。dNは光学系の最も物体側面から負レンズ N の物体側面までの光軸上の距離である。f1Aは第 1 A レンズ群の焦点距離であり、f1Bは第 1 B レンズ群の焦点距離である。dBは光学系の最も物体側の面から第 1 B レンズ群の最も物体側の面までの光軸上の距離である。fL1は最も物体側に配置される第 1 レンズの焦点距離であり、fL2は物体側から 2 番目に配置される第 2 レンズの焦点距離である。d1Amaxは第 1 A レンズ群に含まれるレンズの d 線を基準とするアッペ数の最大値であり、dLZは正レンズ Z の d 線を基準とするアッペ数である。d1Aaveは第 1 A レンズ群に含まれるレンズの d 線を基準とするアッペ数の平均値である。

【 0 2 7 2 】

ndLZは正レンズ Z の d 線に対する屈折率であり、gFLZは正レンズ Z の部分分散比であり、正レンズ Z の g 線に対する屈折率をngLZとし、正レンズ Z の F 線に対する屈折率をnFLZとし、正レンズ Z の C 線に対する屈折率をnCLZとしたとき、次式で定義される。

$$gFLZ = (ngLZ - nFLZ) / (nFLZ - nCLZ)$$

【 0 2 7 3 】

L1R1は最も物体側に配置される第 1 レンズの物体側の面の曲率半径であり、L1R2は第 1 レンズの像側の面の曲率半径である。L2R1は物体側から 2 番目に配置される第 2 レンズの物体側面の曲率半径であり、L2R2は第 2 レンズの像側面の曲率半径である。f1は第 1 レンズ群の焦点距離である。fFは合焦群の焦点距離である。fRは後群の焦点距離である。dFは光学系の最も物体側の面から合焦群の最も物体側の面までの光軸上の距離である。

dFaveは合焦群に含まれるレンズの d 線を基準とするアッペ数の平均である。2 は光

10

20

30

40

50

学系の全画角である。BFは光学系のバックフォーカスである。

【 0 2 7 4 】

[ 条件式一覧 ]

- ( 1 )  $F_{no} * (TL / f)^2$
- ( 2 )  $dA / dG1$
- ( 3 )  $TL / f$
- ( 4 )  $dN / TL$
- ( 5 )  $f1A / f1B$
- ( 6 )  $f1A / f$
- ( 7 )  $dB / dG1$
- ( 8 )  $fL1 / fL2$
- ( 9 )  $d1A_{max} - dLZ$
- ( 10 )  $d1A_{ave}$
- ( 11 )  $ndLZ + (0.01425 * dLZ)$
- ( 12 )  $dLZ$
- ( 13 )  $gFLZ + (0.00316 * dLZ)$
- ( 14 )  $(L1R2 + L1R1) / (L1R2 - L1R1)$
- ( 15 )  $(L2R2 + L2R1) / (L2R2 - L2R1)$
- ( 16 )  $f1 / f$
- ( 17 )  $(-fF) / f1$
- ( 18 )  $(-fF) / fR$
- ( 19 )  $dF / TL$
- ( 20 )  $dF_{ave}$
- ( 21 ) 2
- ( 22 )  $Bf / f$

10

20

【 0 2 7 5 】

[ 条件式対応値 ]

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6
( 1 )	1.742	1.928	1.792	1.860	1.877	1.597
( 2 )	0.384	0.467	0.456	0.444	0.358	0.479
( 3 )	0.652	0.686	0.624	0.568	0.570	0.525
( 4 )	0.281	0.311	0.308	0.257	0.276	0.295
( 5 )	-0.374	-0.090	-0.055	-0.493	-0.353	-0.360
( 6 )	0.353	0.415	0.379	0.287	0.295	0.309
( 7 )	0.617	0.642	0.626	0.640	0.561	0.646
( 8 )	1.429	1.603	1.953	1.415	2.670	1.785
( 9 )	67.75	67.81	67.75	67.75	67.81	67.81
( 10 )	84.90	84.93	84.90	88.36	82.53	84.93
( 11 )	2.054	2.054	2.054	2.054	2.054	2.054
( 12 )	27.35	27.35	27.35	27.35	27.35	27.35
( 13 )	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
( 14 )	1.145	1.417	1.111	1.065	0.817	1.565
( 15 )	1.590	1.533	1.415	1.732	1.328	1.680
( 16 )	0.417	0.432	0.385	0.362	0.363	0.355
( 17 )	0.654	0.544	0.599	0.543	0.630	0.452
( 18 )	-0.233	0.050	-0.203	-0.104	-0.429	-0.337
( 19 )	0.437	0.481	0.486	0.429	0.434	0.499
( 20 )	81.61	81.61	81.61	81.61	81.61	81.61
( 21 )	8.43	6.30	6.30	6.35	5.05	4.20
( 22 )	0.122	0.156	0.142	0.140	0.108	0.099

30

40

50

## 【 0 2 7 6 】

	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10	実施例 11
( 1 )	1.490	1.402	1.679	1.624	2.099
( 2 )	0.501	0.427	0.492	0.497	0.656
( 3 )	0.507	0.492	0.512	0.451	0.512
( 4 )	0.328	0.251	0.237	0.228	0.264
( 5 )	-0.462	-0.373	-0.196	-0.304	0.045
( 6 )	0.303	0.337	0.328	0.273	0.422
( 7 )	0.669	0.594	0.643	0.654	0.738
( 8 )	1.650	1.204	1.188	1.103	(N/A)
( 9 )	67.81	67.81	67.81	67.81	67.81
( 10 )	95.16	95.16	84.93	95.16	95.16
( 11 )	2.054	2.054	2.054	2.054	2.054
( 12 )	27.35	27.35	27.35	27.35	27.35
( 13 )	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
( 14 )	0.946	0.873	1.357	0.985	1.099
( 15 )	1.812	2.272	1.986	2.256	(N/A)
( 16 )	0.359	0.348	0.342	0.298	0.356
( 17 )	0.421	0.488	0.564	0.533	0.600
( 18 )	-0.269	-0.674	-0.720	-0.889	-0.990
( 19 )	0.528	0.538	0.496	0.493	0.521
( 20 )	70.32	70.32	70.32	70.32	70.32
( 21 )	3.14	3.14	3.15	3.13	3.14
( 22 )	0.093	0.098	0.102	0.118	0.112

10

20

## 【 0 2 7 7 】

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ない。以下の内容は、本願の実施形態の光学系の光学性能を損なわない範囲で適宜採用することが可能である。

## 【 0 2 7 8 】

また、上記各実施例の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、コントラストの高い光学性能を達成することができる。

30

## 【 0 2 7 9 】

次に、本実施形態の光学系を備えたカメラを、図 2 3 に基づいて説明する。

図 2 3 は、本実施形態の光学系を備えたカメラの模式図である。

## 【 0 2 8 0 】

カメラ 1 は、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レンズ交換式カメラである。

## 【 0 2 8 1 】

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、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。焦点板 4 に結像された光は、ペンタプリズム 5 内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、アイポイント E P に眼を位置させた撮影者は、被写体像を正立像として観察することができる。

40

## 【 0 2 8 2 】

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、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、撮像素子 7 によって撮像され、被写体画像として不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者はカメラ 1 による被写体の撮影を行うことができる。

## 【 0 2 8 3 】

ここで、カメラ 1 に撮影レンズ 2 として搭載した上記第 1 実施例の光学系は、小型かつ

50



軽量であって良好な結像性能を有する光学系である。したがって、カメラ 1 は小型で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 11 実施例の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、カメラ 1 と同様の効果を奏することができる。

【0284】

最後に、本実施形態の光学系の製造方法の概略を、図 24 および図 25 に基づいて説明する。

図 24 は、本実施形態の光学系の製造方法の概略を示す第 1 のフローチャートである。

【0285】

図 24 に示す本実施形態の光学系の製造方法は、複数のレンズからなる光学系の製造方法であって、以下のステップ S11、S12 および S13 を含む。

10

【0286】

ステップ S11：物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、合焦の際に光軸に沿って移動する合焦群と、後群とを配置する。

【0287】

ステップ S12：第 1 レンズ群内で最も大きな空気間隔 A を隔てて物体側に、第 1 A レンズ群を配置する。

【0288】

ステップ S13：光学系が所定の条件式をすべて満足するようにする。

$$(1) 1.00 < FNo \times (TL/f)^2 < 2.50$$

$$(2) 0.30 < dA/dG1 < 0.85$$

20

但し、

FNo：無限遠合焦時における光学系の F 値

TL：無限遠合焦時における光学系の光学全長

f：無限遠合焦時における光学系の焦点距離

dA：空気間隔 A の光軸上の距離

dG1：第 1 レンズ群の光軸上の距離

【0289】

かかる本実施形態の光学系の製造方法によれば、小型かつ軽量であって良好な結像性能を有する光学系を製造することができる。

【0290】

30

図 25 は、本実施形態の光学系の製造方法の概略を示す第 2 のフローチャートである。

【0291】

図 25 に示す本実施形態の光学系の製造方法は、複数のレンズからなる光学系の製造方法であって、以下のステップ S21、S22 および S23 を含む。

【0292】

ステップ S21：複数のレンズを準備する。

【0293】

ステップ S22：物体側から順に、少なくとも 1 枚の正レンズ成分と負レンズ N とを配置する。

【0294】

40

ステップ S23：光学系が所定の条件式をすべて満足するようにする。

$$(1) 1.00 < FNo \times (TL/f)^2 < 2.50$$

$$(4) 0.18 < dN/TL < 0.45$$

但し、

FNo：無限遠合焦時における光学系の F 値

TL：無限遠合焦時における光学系の光学全長

f：無限遠合焦時における光学系の焦点距離

dN：光学系の最も物体側面から負レンズ N の物体側面までの光軸上の距離

【0295】

かかる本実施形態の光学系の製造方法によれば、小型かつ軽量であって良好な結像性能

50

を有する光学系を製造することができる。

【 0 2 9 6 】

当業者は、本発明の精神および範囲から外れることなく、種々の変更、置換および修正をこれに加えることが可能であることを理解されたい。

【符号の説明】

【 0 2 9 7 】

S 開口絞り

I 像面

1 カメラ

2 撮影レンズ

7 撮像素子

10

20

30

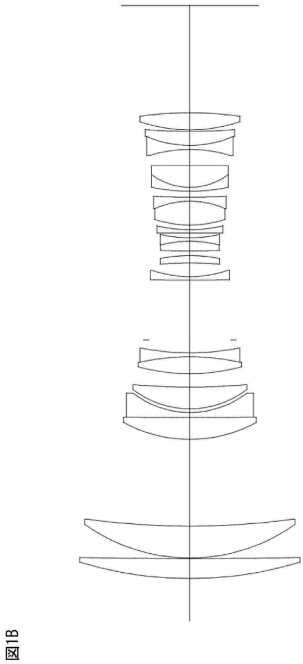
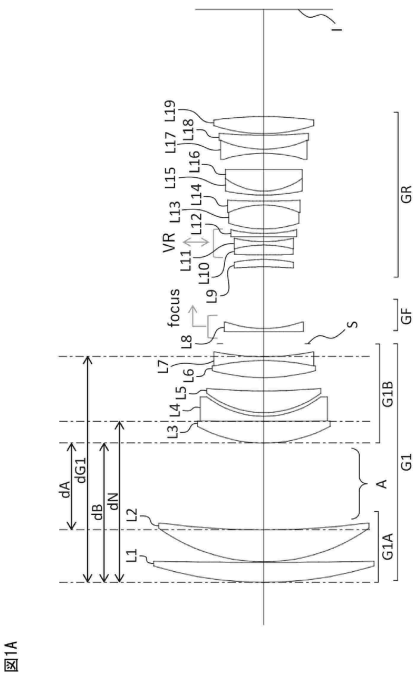
40

50

【図面】

【図 1 A】

【図 1 B】

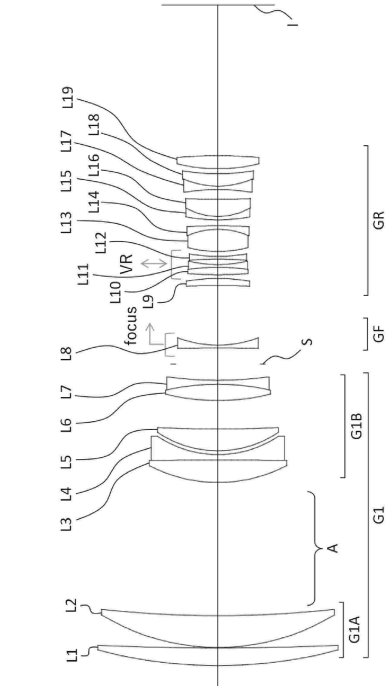
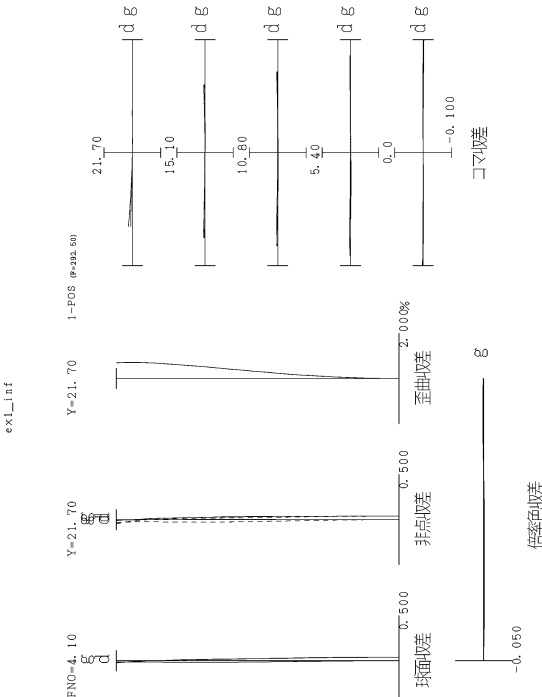


10

20

【図 2】

【図 3 A】

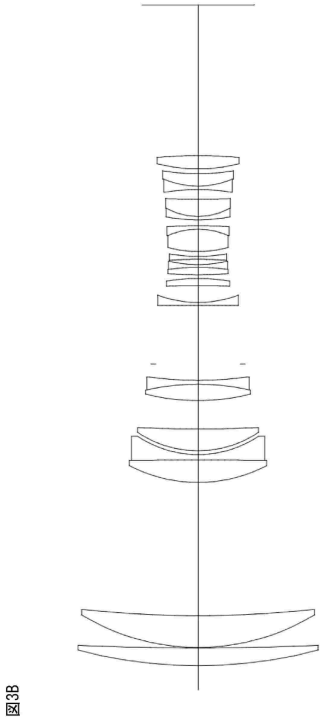


30

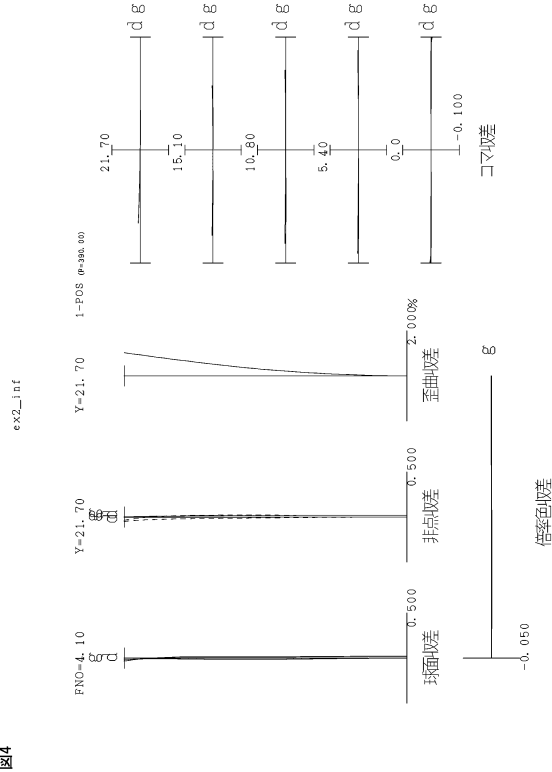
40

50

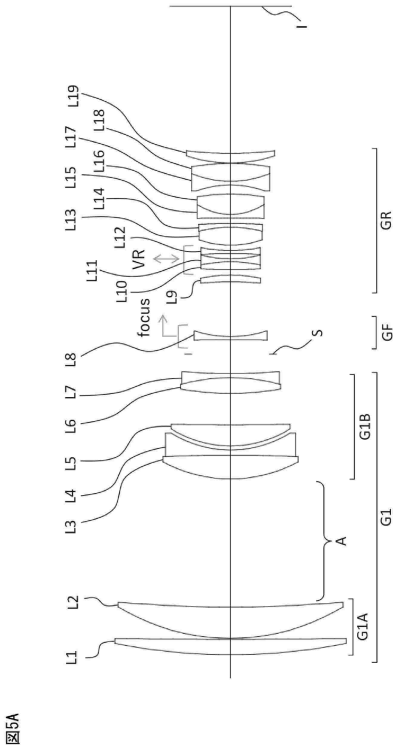
【図 3 B】



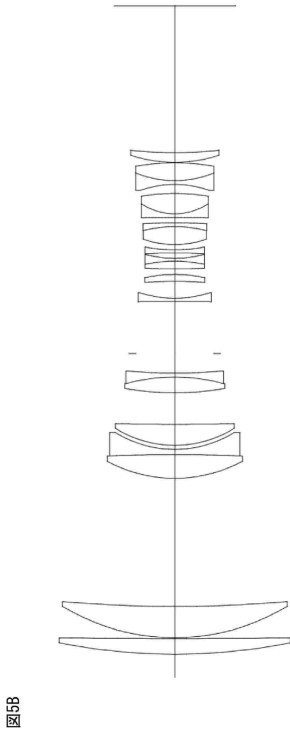
【図 4】



【図 5 A】



【図 5 B】



10

20

30

40

50

【図 6】

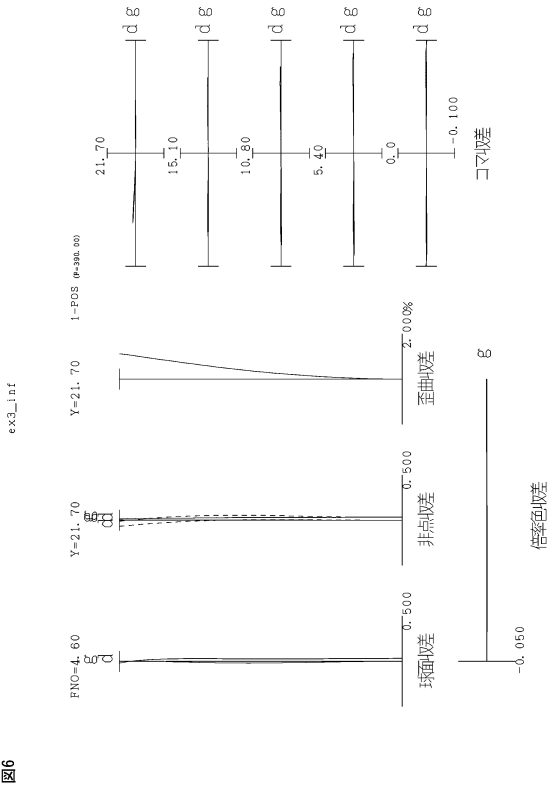


図6

【図 7 A】

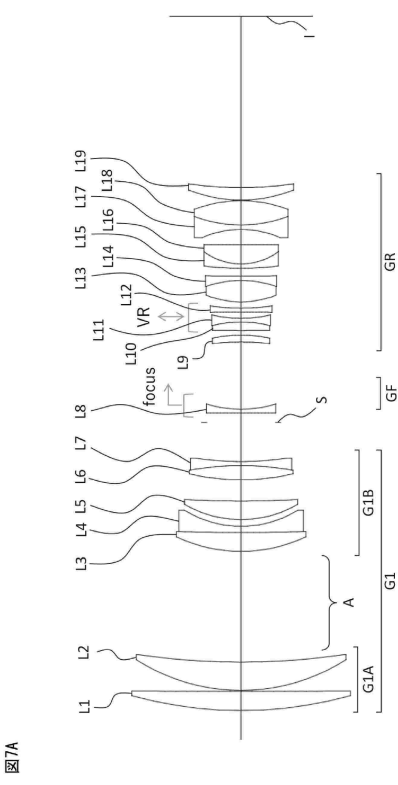


図7A

【図 7 B】

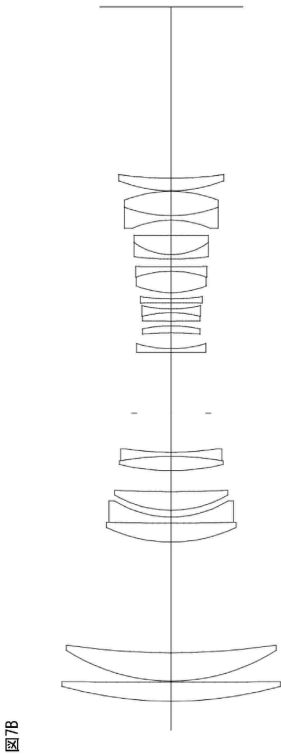


図7B

【図 8】

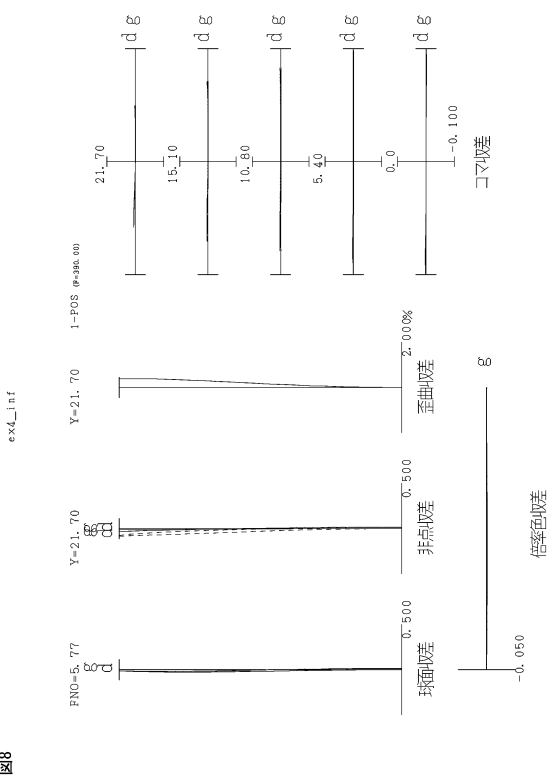
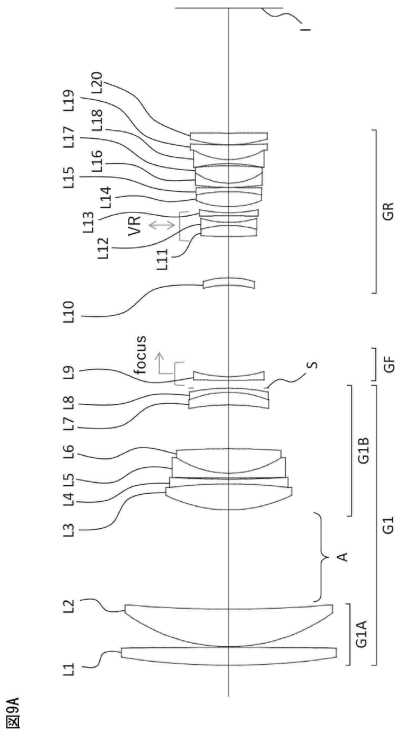
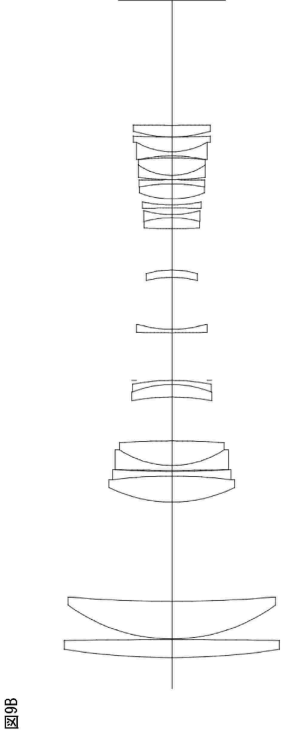


図8

【図 9 A】



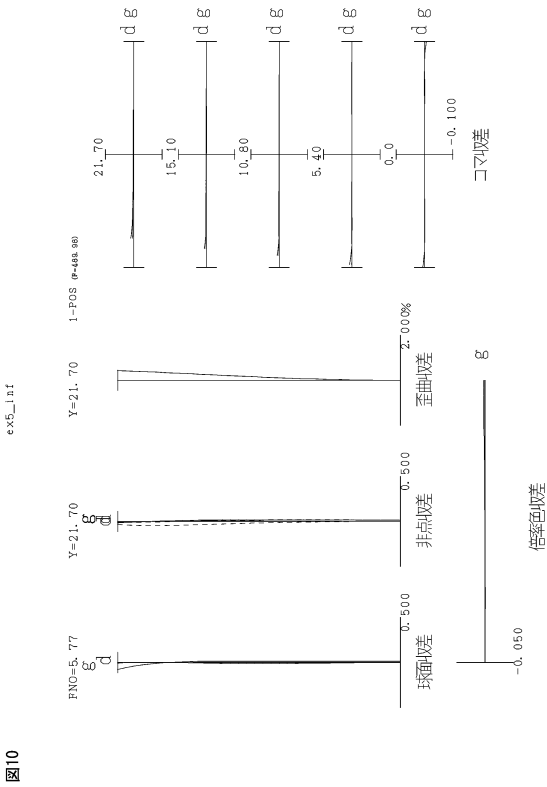
【図 9 B】



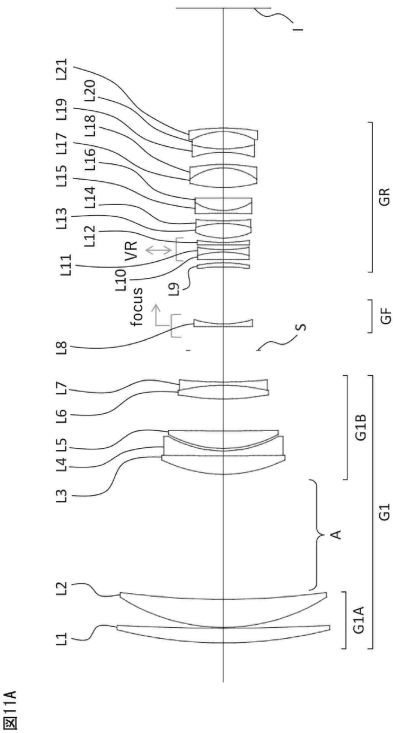
10

20

【図 10】



【図 11 A】



30

40

図10

図11A

50



【図 1 4】

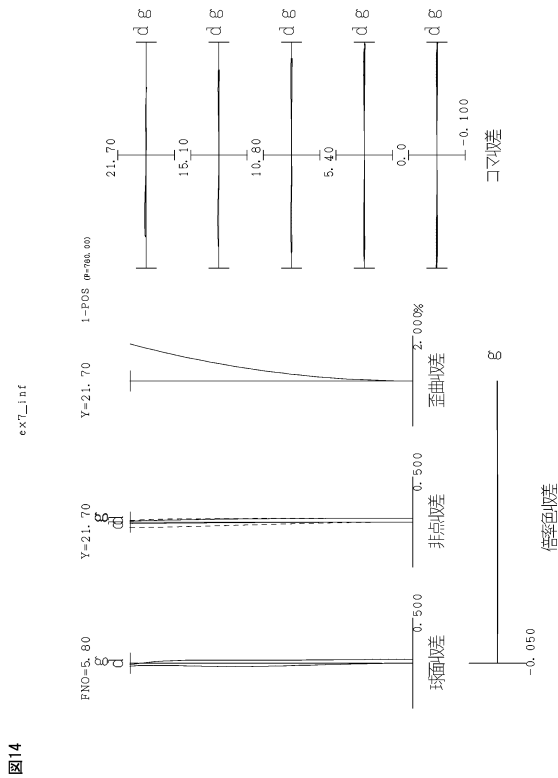


図14

【図 1 5 B】

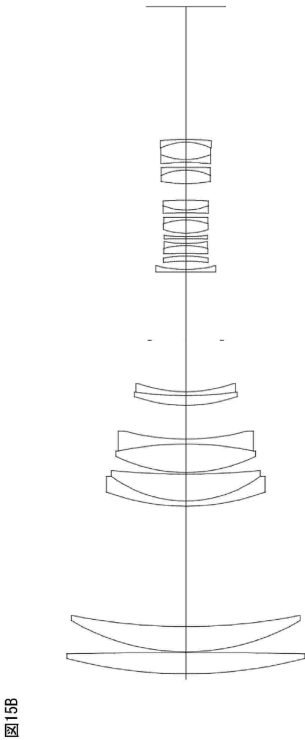


図15B

【図 1 5 A】

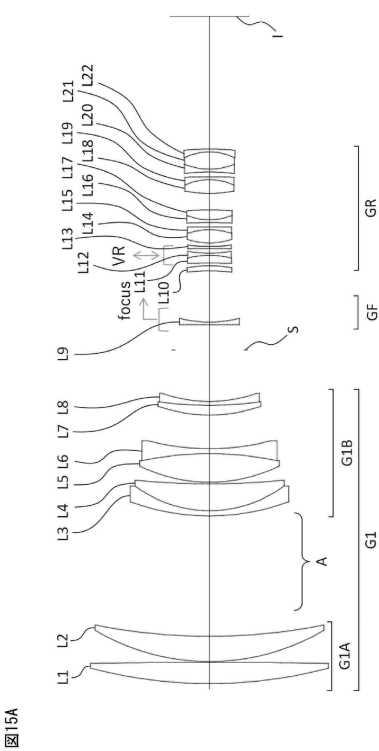


図15A

【図 1 6】

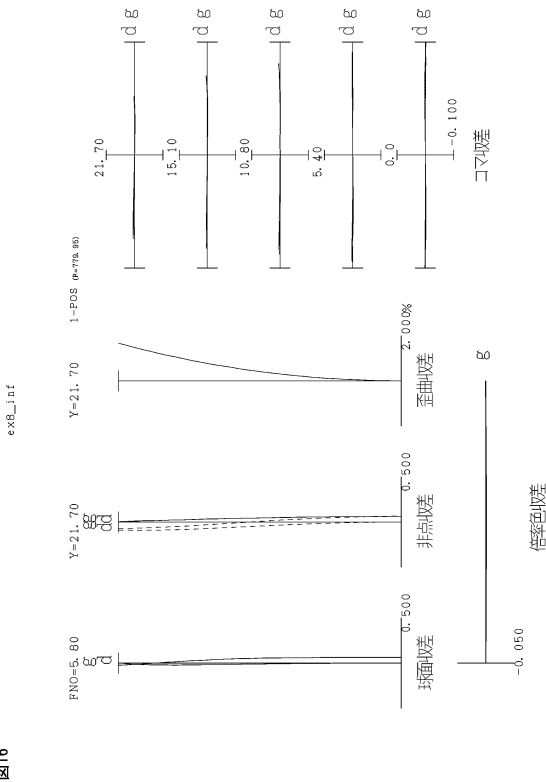
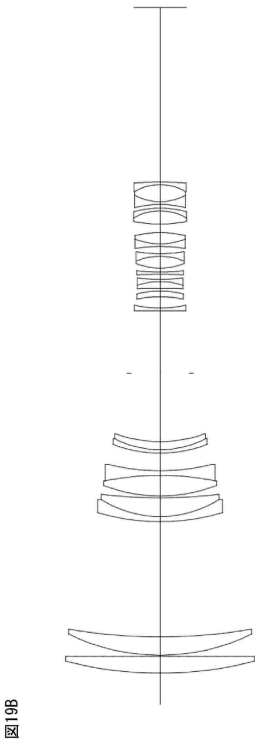


図 16

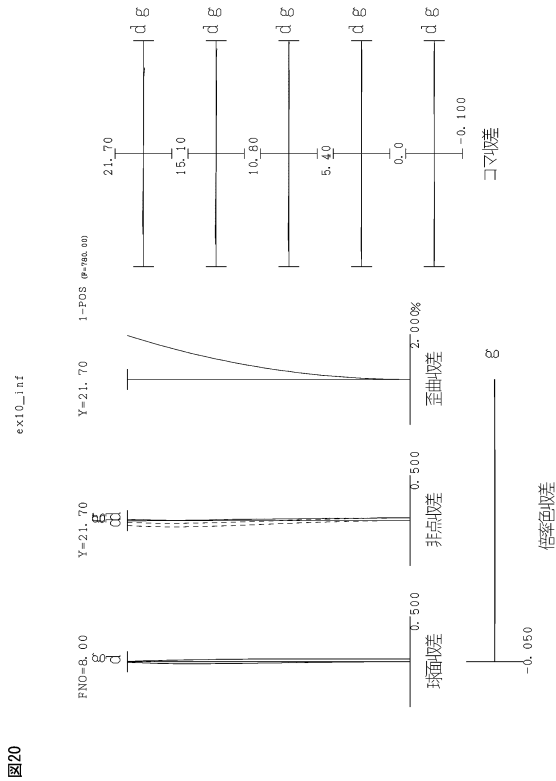




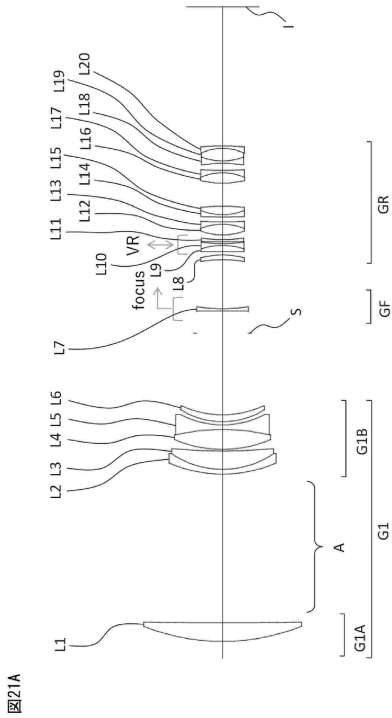
【図 19 B】



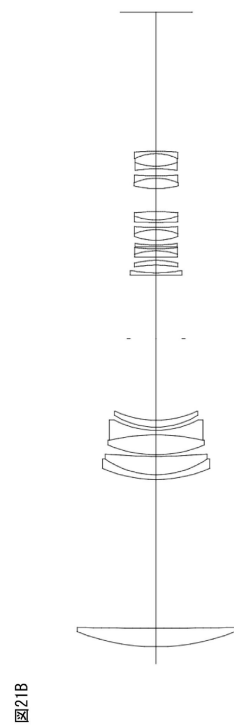
【図 20】



【図 21 A】



【図 21 B】



10

20

30

40

50

【図 2 2】

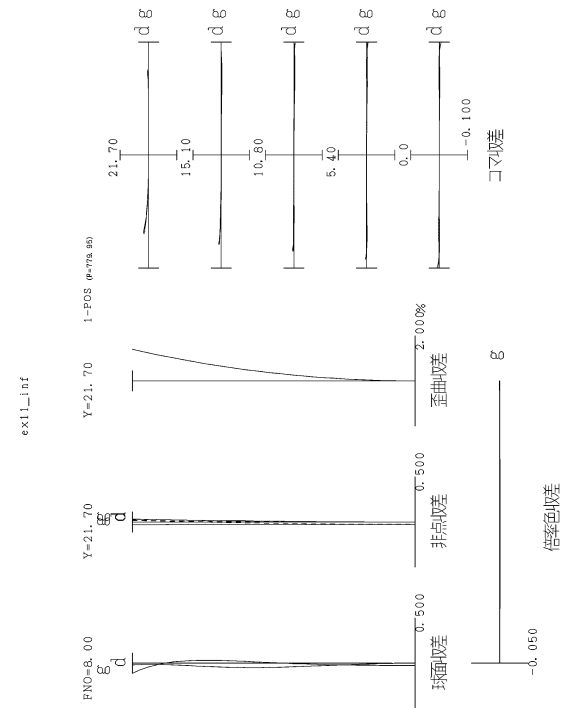


図22

【図 2 3】

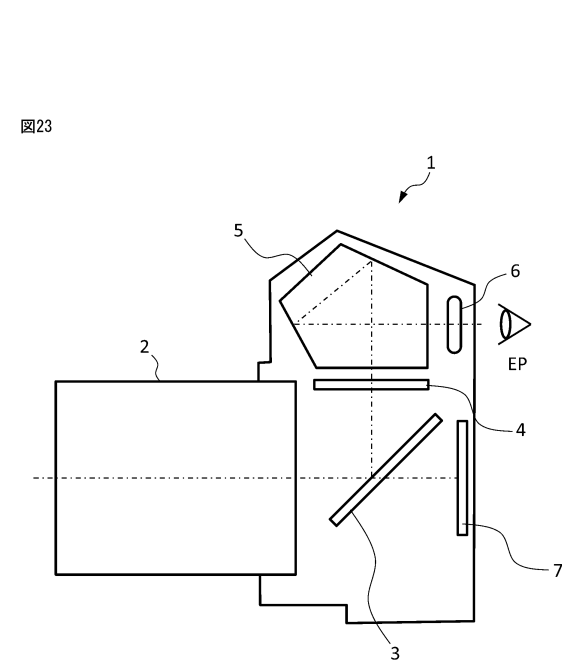


図23

【図 2 4】

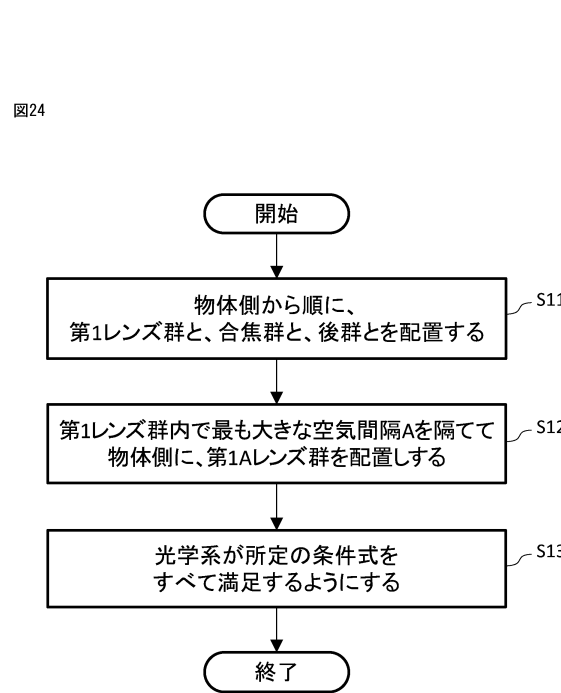


図24

【図 2 5】

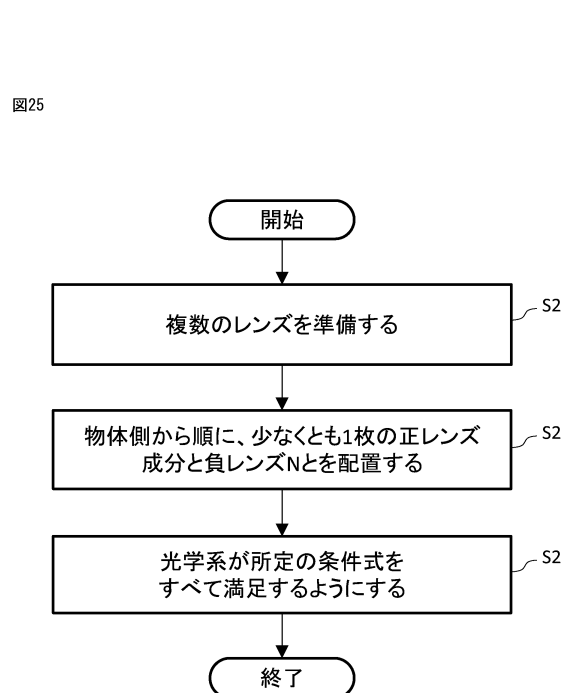


図25

10

20

30

40

50

フロントページの続き

会社ニコン内  
(72)発明者 三輪 哲史  
東京都港区港南2丁目15番3号 株式会社ニコン内  
(72)発明者 伊藤 匡輝  
東京都港区港南2丁目15番3号 株式会社ニコン内  
審査官 岡田 弘  
(56)参考文献 特開2016-148707(JP,A)  
特開2013-092575(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