

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7114436号
(P7114436)

(45)発行日 令和4年8月8日(2022.8.8)

(24)登録日 令和4年7月29日(2022.7.29)

(51)国際特許分類
G 0 2 B 13/00 (2006.01)F I
G 0 2 B 13/00

請求項の数 20 (全30頁)

(21)出願番号 特願2018-194671(P2018-194671)
 (22)出願日 平成30年10月15日(2018.10.15)
 (65)公開番号 特開2020-64123(P2020-64123A)
 (43)公開日 令和2年4月23日(2020.4.23)
 審査請求日 令和3年10月6日(2021.10.6)

(73)特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74)代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72)発明者 鈴木 匠
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ
 ャノン株式会社内
 審査官 森内 正明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学系およびそれを有する撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化し、全系の横倍率を α としたときに $\alpha = -1.2$ となる第1の合焦状態をとることが可能である光学系であって、

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して移動する複数のフォーカスレンズ群を有し、

無限遠合焦時において前記複数のフォーカスレンズ群の中でフォーカス敏感度の絶対値が最も大きいものと2番目に大きいもののうち、物体側にある方をレンズ群L A、像側にある方をレンズ群L Bとし、

前記レンズ群L Bの像側に配置された全てのレンズから成る部分光学系L Cは負の屈折力を有し、

前記第1の合焦状態における前記部分光学系L Cの焦点距離をf_{L C X}、前記第1の合焦状態における前記光学系の焦点距離をf_Xとしたとき、

$$-3.00 < f_{L C X} / f_X < -0.50$$

なる条件式を満足する光学系。

【請求項2】

$\alpha = -1.0$ となる第2の合焦状態における前記部分光学系L Cの焦点距離をf_{L C Y}、無限遠合焦時の前記光学系の焦点距離をfとしたとき、

$$-1.20 < f_{L C Y} / f < -0.20$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記レンズ群 L A の焦点距離を $f_{L A}$ 、無限遠合焦時の前記光学系の焦点距離を f としたとき、

$$0.10 < |f_{L A} / f| < 0.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記光学系において最も像側に配置されたレンズの像側のレンズ面から像面までの無限遠合焦時での距離を s_k 、 $= -1.0$ となる第 2 の合焦状態における前記部分光学系 L C の焦点距離を $f_{L C Y}$ としたとき、

$$-1.00 < s_k / f_{L C Y} < -0.10$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 5】

無限遠合焦時における前記レンズ群 L A のフォーカス敏感度を $E S A$ としたとき、

$$2.50 < |E S A| < 7.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 6】

無限遠合焦時における前記レンズ群 L B のフォーカス敏感度を $E S B$ としたとき、

$$0.10 < |E S B| < 6.00$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 7】

無限遠合焦時から $= -1.0$ となる第 2 の合焦状態となるまでの前記レンズ群 L A の移動量を $M A$ 、無限遠合焦時から前記第 2 の合焦状態となるまでの前記レンズ群 L B の移動量を $M B$ 、無限遠合焦時の前記光学系の焦点距離を f としたとき、

$$0.05 < (|M A| + |M B|) / f < 0.60$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載された光学系。

【請求項 8】

開口絞りを有し、

無限遠合焦時の前記開口絞りから像面までの距離を D_i 、無限遠合焦時の前記光学系の焦点距離を f としたとき、

$$0.50 < D_i / f < 1.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載された光学系。

【請求項 9】

前記光学系において最も物体側に配置された第 1 レンズ群は正の屈折力を有することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 10】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を $f_{L 1}$ 、無限遠合焦時の前記光学系の焦点距離を f としたとき、

$$0.10 < f_{L 1} / f < 2.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 9 に記載の光学系。

【請求項 11】

前記レンズ群 L A は負の屈折力を有することを特徴とする請求項 9 または 10 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 12】

前記光学系において最も像側に配置された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 乃至 11 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 13】

前記光学系において最も像側に配置されたレンズの焦点距離を f_I 、無限遠合焦時の前

10

20

30

40

50

記光学系の焦点距離を f としたとき、

$$0.25 < f_I / f < 2.20$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 2 に記載の光学系。

【請求項 14】

前記光学系において、撮影倍率が最大であるときの横倍率を m としたとき、

$$-5.0 < m < -1.2$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1 3 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 15】

前記光学系において無限遠から近距離へのフォーカシングに際して移動するレンズ群は

、3つ以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 のいずれか一項に記載の光学系。 10

【請求項 16】

開口絞りを有し、

前記レンズ群 L A は前記開口絞りの光入射側に配置され、

前記レンズ群 L B は前記開口絞りの光出射側に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 1 5 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 17】

前記レンズ群 L A は、負レンズと正レンズを含む 3 枚以上のレンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 6 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 18】

前記レンズ群 L B は負レンズと正レンズを含む 2 枚以上のレンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 7 のいずれか一項に記載の光学系。 20

【請求項 19】

前記光学系において最も物体側に配置された第 1 レンズ群はフォーカシングに際して不動であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 8 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 20】

請求項 1 乃至 1 9 のいずれか一項に記載の光学系と、前記光学系によって形成される光学像を光電変換する撮像素子と、を有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学系に関し、デジタルビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、銀塩フィルム用カメラ、監視用カメラ等に好適なものである。 30

【背景技術】

【0002】

近接撮影が可能なレンズとしてマクロレンズが知られている。近年、無限遠物体の撮影が可能でありながら、近接撮影時の撮影倍率を等倍以上に拡大した撮影が可能であるようなマクロレンズが求められている。

【0003】

特許文献 1 には、無限遠物体距離から撮影倍率 2 倍程度の拡大撮影が可能な光学系（マクロレンズ）が記載されている。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2015-034899 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 の光学系では、最も像側に正の屈折力のレンズ群を配置することでフォーカスレンズ群の移動距離の短縮と拡大撮影における光学性能の低下の抑制を図っている。しかししながら、撮影倍率の拡大に伴い、レンズ径の大型化を招いてしまうおそれがある。 50

【0006】

本発明は、等倍以上の撮影倍率での撮影が可能とする、小型かつ光学性能の高い光学系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】

【0007】

本発明の光学系は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化し、全系の横倍率を $= -1.2$ となる第1の合焦状態をとることが可能である光学系であって、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して移動する複数のフォーカスレンズ群を有し、無限遠合焦時において前記複数のフォーカスレンズ群の中でフォーカス敏感度の絶対値が最も大きいものと2番目に大きいもののうち、物体側にある方をレンズ群LA、像側にある方をレンズ群LBとし、前記レンズ群LBの像側に配置された全てのレンズから成る部分光学系LCは負の屈折力を有し、前記第1の合焦状態における前記部分光学系LCの焦点距離を f_{LCX} 、前記第1の合焦状態における前記光学系の焦点距離を f_X としたとき、

$$-3.00 < f_{LCX} / f_X < -0.50$$

なる条件式を満足する。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、等倍以上の撮影倍率での撮影を可能とする、小型かつ光学性能の高い光学系を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施例1の光学系の断面図である。

【図2】実施例1の光学系の収差図である。

【図3】実施例2の光学系の断面図である。

【図4】実施例2の光学系の収差図である。

【図5】実施例3の光学系の断面図である。

【図6】実施例3の光学系の収差図である。

【図7】実施例4の光学系の断面図である。

【図8】実施例4の光学系の収差図である。

【図9】実施例5の光学系の断面図である。

【図10】実施例5の光学系の収差図である。

【図11】実施例6の光学系の断面図である。

【図12】実施例6の光学系の収差図である。

【図13】実施例7の光学系の断面図である。

【図14】実施例7の光学系の収差図である。

【図15】実施例8の光学系の断面図である。

【図16】実施例8の光学系の収差図である。

【図17】撮像装置の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の光学系及びそれを有する撮像装置の実施例について、添付の図面に基づいて説明する。

【0011】

図1(A)、3(A)、5(A)、7(A)、9(A)、11(A)、13(A)、15(A)は、それぞれ実施例1乃至8の光学系の無限遠合焦時における断面図である。図1(B)、3(B)、5(B)、7(B)、9(B)、11(B)、13(B)、15(B)は、それぞれ有限距離に合焦したときの実施例1乃至8の光学系の断面図である。この時の撮影倍率は各図に示した通りである。各実施例の光学系はデジタルビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、銀塩フィルム用カメラ、監視用カメラ等の撮像装

10

20

30

40

50

置に用いられる光学系である。

【0012】

各レンズ断面図において左方が物体側で、右方が像側である。各実施例の光学系は複数のレンズ群を有して構成されている。本願明細書においてレンズ群とは、フォーカシングに際して一体的に移動または静止するレンズのまとまりである。すなわち、各実施例の光学系では、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して隣接するレンズ群同士の間隔が変化する。なお、レンズ群は1枚のレンズから構成されていても良いし、複数のレンズから成っていても良い。また、レンズ群は開口絞りを含んでいても良い。

【0013】

各レンズ断面図において、 L_i は物体側から数えて i 番目 (i は自然数) の第 i レンズ群を表している。また、 SP は F ナンバー ($F_n o$) 光束を決定 (制限) する主絞り (開口絞り) であり、 SP_2 は撮影倍率の変化に伴い絞り径を小さくするとともに不要な光線をカットする副絞りである。 IP は像面であり、各実施例の光学系をデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラの撮影光学系として使用する際には CCD センサや $CMOS$ センサ等の固体撮像素子 (光電変換素子) の撮像面が配置される。各実施例の光学系を銀塩フィルム用カメラの撮影光学系として使用する際には像面 IP にはフィルム面に相当する感光面が置かれる。 GB は像面の物体側に置かれる光学フィルターを示している。

10

【0014】

また、各実施例の光学系は複数のフォーカスレンズ群を有している。フォーカスレンズ群とは、フォーカシングに際して移動するレンズ群である。各レンズ断面図に示した矢印は無限遠から近距離へのフォーカシングに際してのフォーカスレンズ群の移動方向を表している。

20

【0015】

図2、4、6、8、10、12、14、16は、それぞれ実施例1乃至8の光学系の収差図である。各収差図において (A) は無限遠合焦時の収差図、(B) から (D) はそれぞれ有限距離物体に合焦した時の収差図である。各収差図の (B) から (D) の横倍率は、それぞれの収差図中に示した通りである。

【0016】

球面収差図において $F_n o$ は F ナンバーであり、 d 線 (波長 587.6 nm)、 g 線 (波長 435.8 nm) に対する球面収差量を示している。非点収差図において S はサジタル像面における非点収差量、 M はメリディオナル像面における非点収差量を示している。歪曲収差図において d 線に対する歪曲収差量を示している。色収差図では g 線における色収差量を示している。 θ は撮像半画角 (°) である。

30

【0017】

次に、各実施例の光学系における特徴的な構成について述べる。

【0018】

各実施例の光学系は、少なくとも $= -1.2$ となる合焦状態での撮影が可能であるマクロレンズである。以下では、 $= -1.2$ となる合焦状態を第1の合焦状態と称する。

【0019】

マクロレンズにおいて、レンズ全長を短縮しようとすると近距離側で特に球面収差やコマ収差の補正と像面湾曲の補正の両立が困難になる場合がある。このため、各実施例の光学系ではフォーカスレンズ群を複数設けて、いわゆるフローティング方式を採用している。以下では、各実施例の光学系において、無限遠合焦時に複数のフォーカスレンズ群の中でフォーカス敏感度の絶対値が最も大きいものと2番目に大きいもののうち、物体側にある方をレンズ群 L_A 、像側にある方をレンズ群 L_B と呼ぶ。レンズ群 L_A およびレンズ群 L_B は、各実施例の光学系における主たるフォーカス機能を担うレンズ群であるともいえる。なお、任意のレンズ群 L_i のフォーカス敏感度 $E S_i$ は、無限遠合焦時におけるレンズ群 L_i の横倍率を i 、レンズ群 L_i より像側に配置される全てのレンズ群の合成横倍率を r としたとき、以下の式で定義される。

$$E S_i = (1 - i^2) \times r^2$$

40

50

【0020】

ここで、フローティング方式を採用した場合に、第1の合焦状態での撮影が可能となるほどに撮影倍率を高めようとすると各フォーカスレンズ群の移動量が大きくなってしまう。このため、各フォーカスレンズ群の移動量を確保する必要が生じ、レンズ全長を短縮することが困難となる。

【0021】

そこで、各実施例の光学系ではレンズ群L Bの像側に配置された全てのレンズから成る部分光学系L Cの屈折力を適切に設定している。これにより、各実施例の光学系は小型でありながら高い光学性能を備え、さらに等倍以上の高い撮影倍率での撮影を可能としている。

10

【0022】

具体的には、各実施例の光学系では部分光学系L Cを負の屈折力としている。これにより、射出瞳を像面に近い位置に配置できるため、バックフォーカスを短縮することができる。これにより、レンズ全長の短縮化が可能となる。また、部分光学系L Cを負の屈折力とすることで光学系において像面に近い位置に配置されるレンズのレンズ径を小さくすることができる。

【0023】

また、各実施例の光学系は、第1の合焦状態における部分光学系L Cの焦点距離を f_{LCX} 、第1の合焦状態における光学系全系の焦点距離を f_X としたとき、以下の条件式(1)を満足する。

$$-3.00 < f_{LCX} / f_X < -0.50 \quad (1)$$

20

【0024】

条件式(1)は、第1の合焦状態における全系の焦点距離と部分光学系L Cの焦点距離の関係を規定するものである。条件式(1)を満たすことで、歪曲収差や倍率色収差の補正とレンズ全長の小型化が両立させることができる。

【0025】

条件式(1)の上限値を上回ると、バックフォーカスが短くなりすぎる。この場合レンズ全長の短縮には有利だが、歪曲収差や倍率色収差の補正が困難になってしまう。収差の補正は部分光学系L Cのレンズ枚数を増やすことで行えるが、この場合結果としてレンズ全長の増大を招いてしまう。

30

【0026】

条件式(1)の下限値を下回るほどに焦点距離 f_{CLX} の負の屈折力が小さくなる、または焦点距離 f_X が小さくなると、拡大撮影時のワーキングディスタンスの確保が難しくなってしまう。また、球面収差やコマ収差の補正が有利となるが、バックフォーカスが長くなってしまい、レンズ全長の増大を招いてしまう。

【0027】

なお、条件式(1)の数値範囲は、以下の条件式(1a)の範囲とすることがより好ましく、条件式(1b)の範囲とすることがさらに好ましい。

$$-2.70 < f_{LCX} / f_X < -0.60 \quad (1a)$$

$$-2.30 < f_{LCX} / f_X < -0.63 \quad (1b)$$

40

【0028】

以上の構成により、各実施例の光学系では、等倍以上の撮影倍率での撮影を可能とし高い光学性能を得つつ小型に構成することができている。

【0029】

次に、各実施例の光学系が満足することが好ましい条件について述べる。各実施例の光学系は、以下の条件式(2)から(11)のうち1つ以上を満足することが好ましい。ここで、 f_{LCY} は $= -1.0$ である第2の合焦状態における部分光学系L Cの焦点距離である。 f は無限遠合焦時の光学系全系の焦点距離である。 f_{LA} はレンズ群L Aの焦点距離である。 s_k は光学系において最も像側に配置されたレンズの像側のレンズ面から像面までの無限遠合焦時の距離(空気換算でのバックフォーカス)である。 ESA は無限

50

遠フォーカス時におけるレンズ群 L A のフォーカス敏感度である。 E S B は無限遠フォーカス時におけるレンズ群 L B のフォーカス敏感度である。 M A は無限遠合焦時から第 2 の合焦状態 (= - 1 . 0) となるまでのレンズ群 L A の移動量である。 M B は無限遠合焦時から第 2 の合焦状態となるまでのレンズ群 L B の移動量である。 D i は無限遠合焦時における開口絞り S P から像面 I P までの距離である。 f L 1 は無限遠合焦時における第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離である。 f I は光学系において最も像面側に配置されたレンズの焦点距離である。なお、各実施例の光学系では最も像側に配置されたレンズは単レンズとなっているが、最も像側のレンズを接合レンズとしても良い。その場合、最も像側に配置された接合レンズのうち、像側に配置されたレンズの空気中における焦点距離（接合を剥がして単レンズとみなした場合の焦点距離）が f I である。 m は各実施例の光学系において撮影倍率が最大であるときの横倍率である。

$$- 1 . 2 0 < f L C Y / f < - 0 . 2 0 \quad (2)$$

$$0 . 1 0 < | f L A / f | < 0 . 5 0 \quad (3)$$

$$- 1 . 0 0 < s k / f L C Y < - 0 . 1 0 \quad (4)$$

$$2 . 5 0 < | E S A | < 7 . 5 0 \quad (5)$$

$$0 . 1 0 < | E S B | < 6 . 0 0 \quad (6)$$

$$0 . 0 5 < (| M A | + | M B |) / f < 0 . 6 0 \quad (7)$$

$$0 . 5 0 < D i / f < 1 . 5 0 \quad (8)$$

$$0 . 1 0 < f L 1 / f < 2 . 5 0 \quad (9)$$

$$0 . 2 5 < f I / f < 2 . 2 0 \quad (1 0)$$

$$- 5 . 0 < m < - 1 . 2 \quad (1 1)$$

【 0 0 3 0 】

条件式 (2) は第 2 の合焦状態における部分光学系 L C の焦点距離 f L C Y と全系の焦点距離の関係を規定するものである。条件式 (2) を満足することで、撮影倍率の拡大とレンズ全長の更なる短縮を両立することができる。

【 0 0 3 1 】

条件式 (2) の上限値を超えると、レンズ全長の短縮には有利になるが、歪曲収差や倍率色収差が発生しやすくなり、好ましくない。

【 0 0 3 2 】

条件式 (2) の下限値を下回ると、バックフォーカスを短縮することが難しくなり、レンズ全長の増大を招き、レンズ全長を十分に短くすることが難しくなる。

【 0 0 3 3 】

条件式 (3) はレンズ群 L A の焦点距離と全系の焦点距離の関係を規定したものである。条件式 (3) を満足することで、光学性能を保つつォーカシング時の移動量を小さくでき、レンズ全長をより短くできる。

【 0 0 3 4 】

条件式 (3) の上限値を超えると、レンズ群 L A の屈折力が弱くなる結果フォーカシング時の移動量が増大してしまい、レンズ全長を十分短くすることが難しくなる。

【 0 0 3 5 】

条件式 (3) の下限値を下回ると、レンズ群 L A の屈折力が強くなる結果フォーカシング時の球面収差や像面湾曲の変化量が増加してしまう。

【 0 0 3 6 】

条件式 (4) は光学系のバックフォーカスと部分光学系 L C の第 2 の合焦状態における焦点距離の関係を規定したものである。条件式 (4) を満足することで、部分光学系 L C のレンズ径をより小さくすることができる。

【 0 0 3 7 】

条件式 (4) の上限値を超えると、バックフォーカスが短くなりすぎる。この場合、シャッター部材等の配置が難しくなり、各実施例の光学系をデジタルスチルカメラ等の撮像装置の撮影光学系として用いることが困難となる。

【 0 0 3 8 】

10

20

30

40

50

条件式(4)の下限値を下回ると、バックフォーカスが長くなりすぎ、レンズ径が増大し、光学系を十分小型に構成することが困難となる。

【0039】

条件式(5)はレンズ群LAのフォーカス敏感度ESAを規定したものである。

【0040】

条件式(5)の上限値を超えると、フォーカシングに伴う画角の変化が大きくなってしまい、好ましくない。また、フォーカシング時の球面収差や像面湾曲の変化量が大きくなるおそれがある。

【0041】

条件式(5)の下限値を下回ると、フォーカシング時のレンズ群LAの移動量が増大し、レンズ全長を十分短くすることが困難となる。

10

【0042】

条件式(6)はレンズ群LBのフォーカス敏感度ESBを規定したものである。

【0043】

条件式(6)の上限値を超えると、フォーカシングに伴う像面湾曲の変化量が増加するため好ましくない。

【0044】

条件式(6)の下限値を下回ると、フォーカシング時のレンズ群LBの移動量が増大し、レンズ全長を十分短くすることが困難となる。

【0045】

条件式(7)はレンズ群LA、レンズ群LBの移動距離と全系の焦点距離の関係を規定したものである。条件式(7)を満足することによってレンズ全長の更なる短縮を達成できる。

20

【0046】

条件式(7)の上限値を超えると、フォーカシング時の球面収差や像面湾曲の変化量の抑制には有利だが、フォーカシングの際の移動量が多くなる。このため、レンズ全長を十分短くすることが困難となる。

【0047】

条件式(7)の下限値を下回ると、光学系を十分小型に構成しつつフォーカシング時の撮影倍率の変化に必要なフォーカスレンズ群の移動量を確保することが困難となる。

30

【0048】

条件式(8)は開口絞りSPから像面までの距離と全系の焦点距離の関係を規定したものである。条件式(8)を満足することによって、撮影倍率を拡大しつつ開口絞りSPより像側のレンズの径を小型化することができる。

【0049】

条件式(8)の上限値を超えると、開口絞りSPより像面側のフォーカスレンズ群の移動量が大きくなるため、光学系の大型化を招く。

【0050】

条件式(8)の下限値を下回ると、開口絞りSPより物体側のフォーカスレンズ群の移動量が小さくなりすぎ、フォーカシング時の球面収差や像面湾曲の変化量が増加してしまう。

40

【0051】

条件式(9)は無限遠合焦時における第1レンズ群L1の焦点距離と全系の焦点距離の関係を規定したものである。条件式(9)を満足することにより、レンズ全長の更なる短縮と球面収差の抑制両立できる。

【0052】

条件式(9)の上限値を超えると、球面収差やコマ収差の発生を抑制には有利だが、レンズ全長の増大を招き易い。

【0053】

条件式(9)の下限値を下回ると、第1レンズ群L1の屈折力が強くなりすぎ、第1レ

50

ンズ群の偏心時のコマ収差敏感度が高くなる。このため光学系の製造時に過度な精度が求められ、好ましくない。

【0054】

条件式(10)は無限遠合焦時における全系の焦点距離と像面に最も近い位置に配置されたレンズの焦点距離との関係を規定したものである。条件式(10)を満足することで、部分光学系LCのレンズ径の小型化を図ることができる。

【0055】

条件式(10)の上限値を超えると、バックフォーカスを短縮することが難しくなり、光学系を十分小型に構成することが困難となる。

【0056】

条件式(10)の下限値を下回ると、最も像側に配置されたレンズの屈折力が強くなりすぎ、歪曲収差や倍率色収差が発生しやすくなる。結果として、光学性能を維持するには部分光学系LCのレンズ径の小型化が難しくなってしまう。

10

【0057】

条件式(11)は、各実施例における最大撮影倍率を規定するものである。

【0058】

条件式(11)の上限値を上回る場合、撮影倍率が最大となる際の横倍率が不十分となり、被写体を十分に拡大して撮影することが困難となり好ましくない。

【0059】

条件式(11)の下限値を下回る場合、撮影倍率が最大となる際の横倍率の絶対値が大きくなりすぎ、光学性能を保ちつつレンズ全長を十分短くすることが困難となるため好ましくない。

20

【0060】

なお、条件式(2)乃至(11)の数値範囲は、以下の条件式(2a)乃至(11a)の範囲とすることがより好ましい。

$$-1.10 < f_{LCY} / f < -0.25 \quad (2a)$$

$$0.15 < |f_{LA} / f| < 0.45 \quad (3a)$$

$$-0.95 < sk / f_{LCY} < -0.15 \quad (4a)$$

$$2.70 < |ESA| < 7.30 \quad (5a)$$

$$2.30 < |ESB| < 5.70 \quad (6a)$$

$$0.10 < (|MA| + |MB|) / f < 0.50 \quad (7a)$$

$$0.60 < Di / f < 1.35 \quad (8a)$$

$$0.20 < f_{L1} / f < 2.20 \quad (9a)$$

$$0.30 < f_I / f < 2.00 \quad (10a)$$

$$-4.00 < m < -1.23 \quad (11a)$$

30

【0061】

また、条件式(2)乃至(11)の数値範囲は、以下の条件式(2b)乃至(11b)の範囲とすることがさらに好ましい。

$$-1.05 < f_{LCY} / f < -0.28 \quad (2b)$$

$$0.17 < |f_{LA} / f| < 0.40 \quad (3b)$$

$$-0.90 < sk / f_{LCY} < -0.20 \quad (4b)$$

$$2.80 < |ESA| < 7.20 \quad (5b)$$

$$2.40 < |ESB| < 5.60 \quad (6b)$$

$$0.15 < (|MA| + |MB|) / f < 0.47 \quad (7b)$$

$$0.63 < Di / f < 1.30 \quad (8b)$$

$$0.30 < f_{L1} / f < 2.10 \quad (9b)$$

$$0.35 < f_I / f < 1.90 \quad (10b)$$

$$-3.50 < m < -1.26 \quad (11b)$$

40

【0062】

次に、各実施例の光学系における好ましい構成について述べる。

50

【0063】

各実施例の光学系において、像面IPに最も近い位置に配置されるレンズは正の屈折力を有することが好ましい。ここで、像面IPに最も近い位置に配置されるレンズが接合レンズである場合には、当該接合レンズの像側のレンズの空気中での屈折力が正であることが好ましい。マクロレンズのような撮影倍率が大きいレンズでは、無限遠から近距離へのフォーカシングに伴う軸外光線の高さの変化が、通常レンズに比べて大きくなり易い。最も像側に正レンズを配置することで、射出瞳が過度に像面IPに近くなることを抑えることができる。これによって、フォーカシングに伴う倍率色収差や歪曲収差の変動を抑えることが可能となる。

【0064】

また、フォーカスレンズ群をより多く設けた場合、フォーカシングに伴う光学性能の変動をより小さくすることができるが、制御が煩雑になる。また、フォーカスレンズ群を移動させるための機構が複雑になり、光学系の大型を招くおそれがある。このため、各実施例においてフォーカシングに際して移動するフォーカスレンズ群は3つ以下であることが好ましい。すなわち、フォーカスレンズ群は2つまたは3つであることが好ましい。

10

【0065】

また、レンズ全長をより短縮するためには第1レンズ群L1は正の屈折力を有することが好ましい。また、第1レンズ群L1が正の屈折力を有する場合、レンズ群LAは負の屈折力を有することが好ましい。これにより第1レンズ群L1で生じた諸収差を適切に補正することが可能となる。

20

【0066】

また、各実施例の光学系において、レンズ群LAとレンズ群LBは開口絞りSPを挟んで反対側に配置されていることが好ましい。すなわち、レンズ群LAは開口絞りSPの光入射側に配置され、レンズ群LBは開口絞りSPの光出射側に配置されていることが好ましい。開口絞りSPの光入射側は軸上光線の高さが比較的高く、開口絞りSPの光出射側は軸外光線の高さが比較的高い。このため、レンズ群LAとレンズ群LBは開口絞りSPを挟んで反対側に配置することで、フォーカシングに伴う光学性能の変化量を、画面の広い範囲にわたって効果的に低減させることができる。

【0067】

また、レンズ群LAは負レンズと正レンズを含む3枚以上のレンズで構成されることが好ましい。また、レンズ群LBは負レンズと正レンズを含む2枚以上のレンズで構成されることが好ましい。フォーカスレンズ群が負レンズと正レンズを含むことで、フォーカシング時の軸上色収差や倍率色収差の発生を抑制することができるためである。

30

【0068】

また、第1レンズ群L1はフォーカシングに際して不動であることが好ましい。これにより、フォーカシング時の光学系の重心移動を低減でき、フォーカシングの操作性を向上させることができる。

【0069】

次に、各実施例の光学系について詳細に述べる。

【0070】

実施例1の光学系は、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、開口絞りSPを含む正の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4、負の屈折力の第5レンズ群L5から構成されている。第2レンズ群L2はレンズ群LAに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。第4レンズ群L4はレンズ群LBに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して物体側へ移動する。第5レンズ群L5は部分光学系LCに相当する。実施例1の光学系のmは-2.0である。

40

【0071】

実施例2の光学系は物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、開口絞りSP、正の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第

50

4レンズ群L4、負の屈折力の第5レンズ群L5から構成されている。第2レンズ群L2はレンズ群LAに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。第4レンズ群L4はレンズ群LBに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して物体側へ移動する。第5レンズ群L5は部分光学系LCに相当する。また、第3レンズ群L3は無限遠から近距離へのフォーカシングに際して物体側へ移動する。実施例2の光学系のmは-2.0である。

【0072】

実施例3の光学系は物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、開口絞りSP、正の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5から構成されている。第2レンズ群L2はレンズ群LAに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。第3レンズ群L3はレンズ群LBに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して物体側へ移動する。第4レンズ群L4と第5レンズ群から成る部分光学系は負の屈折力を有し、部分光学系LCに相当する。また、第4レンズ群L4は無限遠から近距離へのフォーカシングに際して物体側へ移動する。実施例3の光学系のmは-1.5である。

10

【0073】

実施例4の光学系は物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、開口絞りSPを含む正の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4、負の屈折力の第5レンズ群L5、負の屈折力の第6レンズ群L6、負の屈折力の第7レンズ群L7、負の屈折力の第8レンズ群L8から構成されている。第2レンズ群L2はレンズ群LAに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。第4レンズ群L4はレンズ群LBに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して物体側へ移動する。第5レンズ群L5乃至第8レンズ群L8は全体として負の屈折力を有し、部分光学系LCに相当する。また、第5レンズ群L5は無限遠から近距離へのフォーカシングに際して物体側へ移動し、第7レンズ群L7は無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。実施例4の光学系のmは-2.8である。

20

【0074】

実施例5の光学系は物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、開口絞りSPを含む正の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4、負の屈折力の第5レンズ群L5から構成されている。第2レンズ群L2はレンズ群LAに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。第4レンズ群L4はレンズ群LBに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。第5レンズ群L5は部分光学系LCに相当する。実施例5の光学系のmは-1.5である。

30

【0075】

実施例6の光学系は物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、開口絞りSPを含む正の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4、負の屈折力の第5レンズ群L5から構成されている。第2レンズ群L2はレンズ群LAに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。第4レンズ群L4はレンズ群LBに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。第5レンズ群L5は部分光学系LCに相当する。また、第5レンズ群L5は無限遠から近距離へのフォーカシング時に像側へ移動する。実施例6の光学系のmは-2.0である。

40

【0076】

実施例7の光学系は物体側から像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、開口絞りSPを含む負の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4、負の屈折力の第5レンズ群L5から構成されている。第2レンズ群L2はレンズ群LAに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して物体側へ移動する。第4レンズ群L4はレンズ群LBに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシング

50

グに際して物体側へ移動する。第5レンズ群L5は部分光学系LCに相当する。実施例7の光学系のmは-1.3である。

【0077】

実施例8の光学系は物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、開口絞りSPを含む負の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4、負の屈折力の第5レンズ群L5から構成されている。第2レンズ群L2はレンズ群LAに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して物体側へ移動する。第4レンズ群L4はレンズ群LBに相当し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して像側へ移動する。第5レンズ群L5は部分光学系LCに相当する。実施例8の光学系のmは-1.5である。

10

【0078】

以下に、実施例1から8にそれぞれ対応する数値実施例1から8を示す。

【0079】

各数値実施例の面データにおいて、rは各光学面の曲率半径、d(mm)は第m面と第(m+1)面との間の軸上間隔(光軸上の距離)を表わしている。ただし、mは光入射側から数えた面の番号である。また、ndは各光学部材のd線に対する屈折率、dは光学部材のアッペ数を表わしている。

【0080】

なお、各数値実施例において、d、焦点距離(mm)、Fナンバー、半画角(°)は全て各実施例の光学系が無限遠物体に焦点を合わせた時の値である。バックフォーカスBFは最終レンズ面から像面までの距離である。レンズ全長は第1レンズ面から最終レンズ面までの距離にバックフォーカスを加えた値である。

20

【0081】

また、各数値実施例において、非球面形状のレンズ面については、面番号の後に*(アスタリスク)の符号を附加している。また、非球面データにおける「e±P」は「×10±P」を意味している。光学面の非球面形状は、光軸方向における面頂点からの変位量をx、光軸方向に垂直な方向における光軸からの高さをh、近軸曲率半径をR、円錐定数をK、非球面係数をA4,A6,A8とするとき、以下の式(A)により表される。

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] + A_4 \times h^4 + A_6 \times h^6 + A_8 \times h^8 \quad (A)$$

30

【0082】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	115.041	4.96	2.00069	25.5
2	-298.226	1.20	1.53172	48.8
3	40.529	3.20		
4	76.747	6.59	1.59522	67.7
5	-118.732	0.15		
6	130.015	7.45	1.60311	60.6
7	-46.212	1.20	2.00069	25.5
8	-374.729	0.20		
9	39.827	6.48	1.49700	81.5
10	-98.026	(可変)		
11	-142.559	1.20	1.83481	42.7
12	33.718	3.80		
13	-73.427	1.20	1.74320	49.3
14	33.507	4.63	1.80810	22.8
15		(可変)		

40

50

16	0.20				
17(絞り)	1.11				
18	328.213	3.59	1.61997	63.9	
19	-59.848	(可変)			
20	69.543	4.29	1.59522	67.7	
21	-76.731	0.20			
22	61.230	5.38	1.60300	65.4	
23	-38.999	2.00	1.76182	26.5	
24	-310.133	(可変)			
25	633.353	1.20	1.80100	35.0	10
26	27.848	2.84			
27	35.158	1.38	1.48749	70.2	
28	40.315	2.85	1.48749	70.2	
29	165.151	6.60			
30	-103.219	4.57	1.80810	22.8	
31	-24.960	1.20	1.48749	70.2	
32	44.976	8.95			
33	-21.059	1.20	1.61800	63.3	
34	-56.682	0.20			
35	58.438	4.39	1.60311	60.6	20
36	-447.212	23.38			
37		1.50	1.51633	64.1	
38		0.37			

像面

各種データ

焦点距離	99.70				
Fナンバー	2.92				
半画角(°)	12.24				
像高	21.64				
レンズ全長	164.46			30	
BF	24.74				
倍率	-1.0	-1.2	-2.0		
d10	1.00	11.11	13.35	21.24	
d15	21.24	11.13	8.90	1.00	
d19	22.07	10.70	8.33	1.00	
d24	1.00	12.36	14.74	22.07	

レンズ群データ

群	始面	焦点距離		
1	1	41.49		
2	11	-25.11		
3	16	81.94		
4	20	41.27		
5	25	-31.63		

【0083】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	85.290	5.22	1.91650	31.6	
2	-257.004	2.93	1.57135	53.0	40

3	38.839	1.99		
4	57.219	6.93	1.43875	94.9
5	-99.117	0.10		
6	90.064	6.53	1.53775	74.7
7	-49.382	0.97	2.00100	29.1
8	-279.109	0.10		
9	36.255	6.06	1.43875	94.9
10	-103.644	(可変)		
11	-201.431	0.95	1.81600	46.6
12	30.483	4.64		10
13	-93.270	0.97	1.59282	68.6
14	32.887	4.07	1.78472	25.7
15	227.240	(可変)		
16		0.47		
17(絞り)		(可変)		
18	686.622	4.34	1.53775	74.7
19	-53.732	(可変)		
20	62.211	4.29	1.43875	94.9
21	-76.198	0.07		
22	93.757	4.03	1.53775	74.7
23	-45.927	1.82	1.75520	27.5
24	-153.709	(可変)		20
25	311.541	4.40	1.80610	33.3
26	32.686	1.36		
27	35.676	2.98	1.64000	60.1
28	43.556	5.00	1.95906	17.5
29	50.034	4.71		
30	-1008.598	5.03	1.64769	33.8
31	-22.613	2.00	1.51633	64.1
32	57.920	9.80		30
33	-20.232	1.68	1.53775	74.7
34	-105.272	0.20		
35	68.348	5.72	1.75500	52.3
36	-260.009	22.00		
37		1.50	1.51633	64.1
38		0.36		

像面

各種データ

焦点距離	111.55
Fナンバー	2.92
半画角 (°)	10.98
像高	21.64
レンズ全長	170.07
BF	23.35
倍率	-1.0 -1.2 -2.0
d10	0.10 9.20 11.25 17.74
d15	18.64 9.53 7.49 1.00
d17	10.24 6.88 5.71 1.00
d19	17.27 5.91 4.44 0.10
d24	1.12 15.83 18.48 27.53

10

20

30

40

50

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	42.28
2	11	-28.07
3	18	92.86
4	20	54.36
5	25	-35.12

【0084】

[数値実施例 3]

単位 mm

10

面データ

面番号 r d nd d

1	114.017	4.02	1.83481	42.7
2	-129.357	1.22		
3	41.490	4.73	1.43875	94.9
4	-152.883	0.63		
5	-91.942	0.70	1.96300	24.1
6	120.327	0.19		
7	33.297	4.00	1.43875	94.9
8	-220.670	(可変)		
9	-1358.413	0.98	1.75500	52.3
10	23.285	3.61		
11	-227.223	0.99	1.63930	44.9
12	23.180	3.58	1.85896	22.7
13	106.679	(可変)		
14		0.48		
15(絞り)		(可変)		
16	75.913	5.01	1.49700	81.5
17	-49.042	0.04		
18	44.446	6.98	1.49700	81.5
19	-38.982	1.60	1.62004	36.3
20	-169.950	(可変)		
21	111.697	2.72	1.75500	52.3
22	23.318	(可変)		
23	32.386	6.14	2.00100	29.1
24	125.586	1.30	1.80810	22.8
25	34.640	7.32		
26	-25.350	1.20	1.59282	68.6
27	-266.543	0.51		
28	51.360	8.18	1.49700	81.5
29	-75.306	25.12		
30		1.50	1.51633	64.1
31		0.37		

像面

各種データ

焦点距離 87.55

Fナンバー 2.92

半画角 (°) 13.88

像高 21.64

レンズ全長 142.88

20

30

40

50

BF	26.49			
倍率	-1.0	-1.2	-1.5	
d 8	0.26	10.40	11.57	12.92
d13	13.83	3.70	2.52	1.18
d15	25.22	8.68	5.57	0.99
d20	7.91	20.96	24.57	29.95
d22	3.03	6.51	6.02	5.22

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	42.79		10
2	9	-28.65		
3	16	36.08		
4	21	-39.56		
5	23	195.21		

【0085】

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	74.790	5.74	1.91082	35.3	20
2	-307.571	1.62	1.53775	74.7	
3	38.330	1.90			
4	53.851	7.31	1.43875	94.9	
5	-93.659	0.07			
6	59.550	7.10	1.43875	94.9	
7	-44.235	0.95	2.00069	25.5	
8	-164.661	0.10			
9	43.409	4.59	1.49700	81.5	
10	-86.408	(可変)			
11	-122.734	0.97	1.85150	40.8	30
12	26.875	3.96			
13	-59.975	0.92	1.69680	55.5	
14	28.933	3.57	1.85896	22.7	
15	229.535	(可変)			
16		0.37			
17(絞り)		0.88			
18	5369.938	3.54	1.59282	68.6	
19	-56.682	(可変)			
20	87.558	4.96	1.43875	94.9	
21	-53.346	-0.05			40
22	40.433	6.61	1.43875	94.9	
23	-47.075	1.19	1.73800	32.3	
24	-111.190	(可変)			
25	28.369	1.81	1.75700	47.8	
26	20.367	(可変)			
27	33.781	4.65	1.67270	32.1	
28	-887.252	2.88	2.00069	25.5	
29	40.642	(可変)			
30	-48.362	6.01	2.00069	25.5	
31	-34.690	2.50	1.51823	58.9	50

32 -172.798 (可変)
 33 -38.708 1.33 1.72916 54.7
 34 73.913 0.18
 35 46.440 5.51 1.85478 24.8
 36 320.700 25.00
 37 1.50 1.51633 64.1
 38 0.38

像面

各種データ

焦点距離 97.07
 Fナンバー 2.92
 半画角 (°) 12.56
 像高 21.64
 レンズ全長 177.88
 BF 26.37
 倍率 -1.0 -1.2 -2.8
 d10 0.12 8.75 10.64 19.95
 d15 20.83 12.19 10.31 1.00
 d19 33.88 19.61 16.97 1.00
 d24 0.22 9.03 10.81 24.21
 d26 2.87 8.33 9.19 11.77
 d29 3.91 8.34 8.79 8.30
 d32 8.50 4.07 3.62 4.11

10

レンズ群データ

群 始面 焦点距離
 1 1 37.25
 2 11 -19.88
 3 16 94.64
 4 20 41.79
 5 25 -105.69
 6 27 -333.13
 7 30 -369.69
 8 33 -77.66

20

【0086】

[数値実施例 5]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	237.159	3.97	1.59522	67.7
2	-138.265	0.14		
3	70.172	4.92	1.59522	67.7
4	-213.463	1.27		
5	-136.032	1.19	1.80810	22.8
6	184.319	0.19		
7	31.946	4.06	1.80810	22.8
8	26.285	1.23		
9	33.957	4.15	1.59522	67.7
10	2307.010	(可変)		
11	-309.389	0.99	1.88300	40.8
12	31.039	5.19		

30

40

50

13	-63.445	0.84	1.76385	48.5
14	42.029	3.79	1.80810	22.8
15	-93.464	(可变)		
16(絞り)		3.00		
17	925.313	5.66	1.48749	70.2
18	-36.874	3.01		
19	42.040	5.55	1.65160	58.5
20	-70.827	1.10	1.96300	24.1
21	-144.265	(可变)		
22	-42.225	1.13	1.73400	51.5
23	61.187	7.78		
24	1917.613	4.80	1.76385	48.5
25	-36.897	(可变)		
26	-50.032	4.00	2.00069	25.5
27	124.454	0.02		
28	110.649	4.55	1.48749	70.2
29	-254.409	21.52		
30		1.50	1.51633	64.1
31		0.50		

像面

20

各種データ

焦点距離	87.51
Fナンバー	2.92
半画角 (°)	13.89
像高	21.64
レンズ全長	156.89

BF 23.01

倍率 -1.0 -1.2 -1.5

d10	0.94	21.82	25.73	30.69
d15	31.40	10.51	6.60	1.64
d21	1.74	18.16	21.53	28.05
d25	27.29	10.87	7.49	0.97

30

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	50.01
2	11	-30.25
3	16	32.88
4	22	-589.89
5	26	-46.20

【0087】

40

[数値実施例 6]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	500.000	3.41	1.59282	68.6
2	-157.319	0.10		
3	50.189	5.30	1.72916	54.7
4*	-986.012	1.29		
5	-219.904	1.06	1.92286	20.9
6	228.546	0.03		

50

7	117.713	1.36	2.00069	25.5
8	49.166	-0.07		
9	41.015	6.89	1.59522	67.7
10	-83.063	(可変)		
11	1295.851	0.94	1.81600	46.6
12	29.227	5.23		
13	-55.392	0.63	1.69350	50.8
14	29.582	4.14	1.92286	20.9
15	539.950	(可変)		
16(絞り)		1.79		10
17	106.286	5.53	1.59522	67.7
18*	-43.684	3.02		
19	62.655	6.12	1.59522	67.7
20	-30.037	0.94	2.00069	25.5
21	-54.423	(可変)		
22	-42.852	1.08	1.59282	68.6
23	40.106	20.65		
24	-181.857	4.82	1.69930	51.1
25	-34.638	(可変)		
26	-66.535	1.19	2.00069	25.5
27	94.110	1.29		
28	94.110	3.22	1.48749	70.2
29	-300.000	12.27		
30		1.50	1.51633	64.1
31		0.44		

像面

非球面データ

第4面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.58513e-006 A 6=-4.47243e-010 A 8= 1.68012e-012

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 9.95902e-007 A 6=-3.39682e-011 A 8=-1.43118e-012

各種データ

焦点距離 87.58

Fナンバー 2.92

半画角 (°) 13.88

像高 21.64

レンズ全長 161.43

BF 13.70

倍率 -1.0 -1.2 -2.0

d10 0.61 15.16 18.12 27.53

d15 28.36 13.81 10.84 1.43

d21 0.97 17.91 21.81 38.44

d25 37.8 20.91 17.01 0.98

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 47.55

2 11 -28.82

3 16 31.66

4 22 -1815.99

5 26 -53.75

10

20

30

40

50

【 0 0 8 8 】

[数値実施例 7]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	50.145	5.00	1.43875	94.9
2	-681.596	2.00	1.65412	39.7
3	60.273	(可変)		
4	41.198	5.90	1.88300	40.8
5	-591.996	0.11		
6*	48.387	1.11	1.96300	24.1
7	24.644	7.20	1.59522	67.7
8	-440.997	(可変)		
9	-262.028	1.11	1.65160	58.5
10	16.355	4.56	1.80810	22.8
11	27.780	3.29		
12		0.36		
13(絞り)		0.79		
14	-406.850	0.80	1.61800	63.3
15	46.406	(可変)		
16*	105.635	1.38	1.85896	22.7
17	24.111	8.22	1.89190	37.1
18	-39.767	(可変)		
19	103.411	1.18	1.96300	24.1
20	32.474	14.43		
21	-25.796	4.50	1.91650	31.6
22	-78.407	0.19		
23	-323.723	8.89	1.72825	28.5
24	-29.595	29.07		
25		1.50	1.51633	64.1
26		0.30		

像面

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.44854e-006 A 6=-1.45860e-009 A 8=-3.67049e-012

第16面

K = 0.00000e+000 A 4=-8.81694e-006 A 6=-2.05356e-009 A 8=-7.47750e-012

各種データ

焦点距離 100.00

Fナンバー 2.92

半画角 (°) 12.21

像高 21.64

レンズ全長 133.45

BF 30.36

倍率 -1.0 -1.2 -1.3

d 3 14.84 2.70 0.99 0.18

d 8 0.82 12.96 14.66 15.48

d 15 14.96 9.21 6.56 5.27

d 18 1.46 7.21 9.87 11.15

レンズ群データ

10

20

30

40

50

群 始面 焦点距離

1 1 -508.03
 2 4 34.65
 3 9 -26.54
 4 16 32.41
 5 19 -100.11

【 0 0 8 9 】

[数値実施例 8]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	309.543	6.87	1.60342	38.0
2	-56.853	1.50	1.91082	35.3
3	-337.400	0.20		
4	706.618	4.04	1.59282	68.6
5	-103.752	0.19		
6	36.947	3.80	1.78472	25.7
7	61.026	4.20		
8	45.266	1.29	2.00069	25.5
9	28.449	(可変)		
10	31.551	1.19	2.00069	25.5
11	23.542	5.24	1.59522	67.7
12	122.935	0.29		
13	39.982	3.78	1.59522	67.7
14	-576.650	(可変)		
15(絞り)		2.03		
16	-46.435	1.20	1.80440	39.6
17	30.267	3.88		
18	-2325.853	3.71	1.74077	27.8
19	-32.818	2.99	1.48749	70.2
20	-26.802	(可変)		
21	-80.286	4.50	1.91082	35.3
22	-17.723	1.07	1.60342	38.0
23	76.812	(可変)		
24	-20.525	1.19	1.91082	35.3
25	-75.757	1.44	1.85896	22.7
26	-66.498	1.18		
27*	37.095	4.00	1.80810	22.8
28	55.754	4.51	1.51633	64.1
29	-314.637	22.22		
30		1.50	1.51633	64.1
31		0.47		

像面

非球面データ

第27面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.61233e-006 A 6= 7.25390e-009 A 8=-5.55141e-012

各種データ

焦点距離 118.66

Fナンバー 2.92

半画角 (°) 10.33

10

20

30

40

50

像高 21.64
 レンズ全長 137.11
 BF 23.67
 倍率 -1.0 -1.2 -1.5
 d9 24.22 8.79 5.95 1.83
 d14 0.47 15.90 18.73 22.86
 d20 7.28 12.66 15.00 19.81
 d23 17.18 11.79 9.46 4.64

レンズ群データ

群 始面 焦点距離
 1 1 237.94
 2 10 39.94
 3 15 -98.01
 4 21 -637.80
 5 24 -100.04

10

【0090】 各数値実施例における種々の値を、以下の表1にまとめて示す。

【0091】

20

30

40

50

【表 1】

		実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8
条件式 (1)	$fLCX/fX$	-0.70	-0.78	-0.68	-0.70	-1.01	-1.24	-1.47	-2.19
条件式 (2)	$fLCY/fY$	-0.32	-0.31	-0.37	-0.32	-0.53	-0.61	-1.00	-0.84
条件式 (3)	$ fLA/f $	0.25	0.25	0.33	0.20	0.35	0.33	0.35	0.34
条件式 (4)	$sk/fLCY$	-0.78	-0.64	-0.82	-0.84	-0.50	-0.25	-0.30	-0.24
条件式 (5)	$ ESA $	5.48	6.83	4.09	6.11	2.85	3.12	6.29	7.04
条件式 (6)	$ ESB $	5.57	4.24	3.80	4.98	2.46	3.59	4.24	3.98
条件式 (7)	$(MA + MB)/f$	0.22	0.21	0.30	0.24	0.43	0.36	0.18	0.18
条件式 (8)	D/f	1.01	0.97	1.19	1.22	1.06	1.17	0.88	0.68
条件式 (9)	$fL1/f$	0.42	0.38	0.49	0.38	0.57	0.54	—	2.01
条件式 (10)	f/f	0.86	0.65	0.72	0.65	1.82	1.68	0.44	0.78
条件式 (11)	β_m	-2.00	-2.00	-1.50	-2.80	-1.50	-2.00	-1.30	-1.50

表 1

10

20

30

40

【0092】

〔撮像装置〕

次に、本発明の光学系を撮像光学系として用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）の実施例について、図17を用いて説明する。図17において、10はカメラ本体、11は実施例1乃至8で説明したいずれかの光学系によって構成された撮影光学系である。12はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系11によって形成された光学像を受光して光電変換するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。カメラ本体10はクイックターンミラーを有する所謂一眼レフカメラでも良いし、クイックターンミラーを有さない所謂ミラーレスカメラでも良い。

50

【 0 0 9 3 】

このように本発明の光学系をデジタルスチルカメラ等の撮像装置に適用することにより、等倍以上の撮影倍率での撮影が可能であり、装置全体が小型で、光学性能の高い撮像装置を得ることができる。

【 0 0 9 4 】

以上、本発明の好ましい実施形態及び実施例について説明したが、本発明はこれらの実施形態及び実施例に限定されず、その要旨の範囲内で種々の組合せ、変形及び変更が可能である。

【 符号の説明 】**【 0 0 9 5 】**

L A レンズ群 L A

L B レンズ群 L B

L C 部分光学系 L C

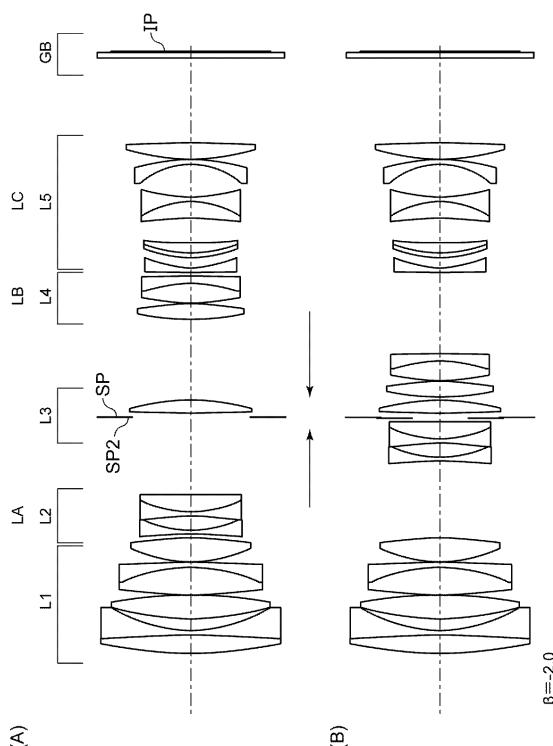
10

20

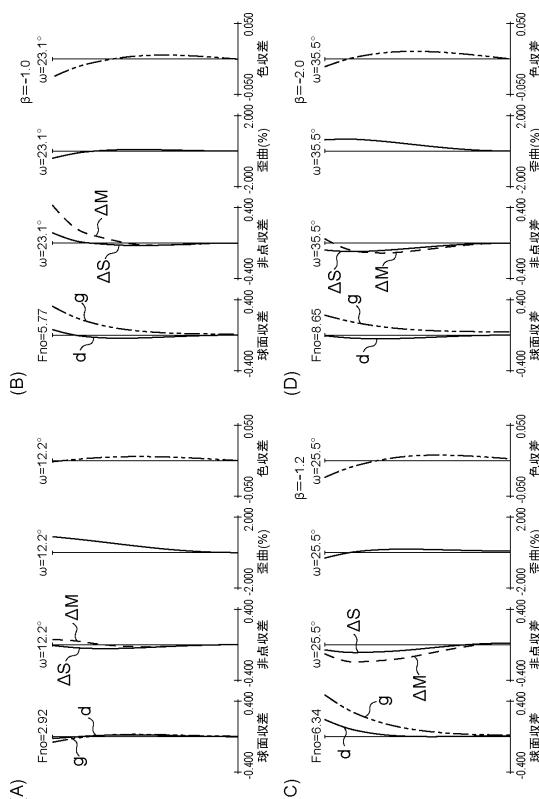
30

40

50

【図面】
【図1】

【図2】

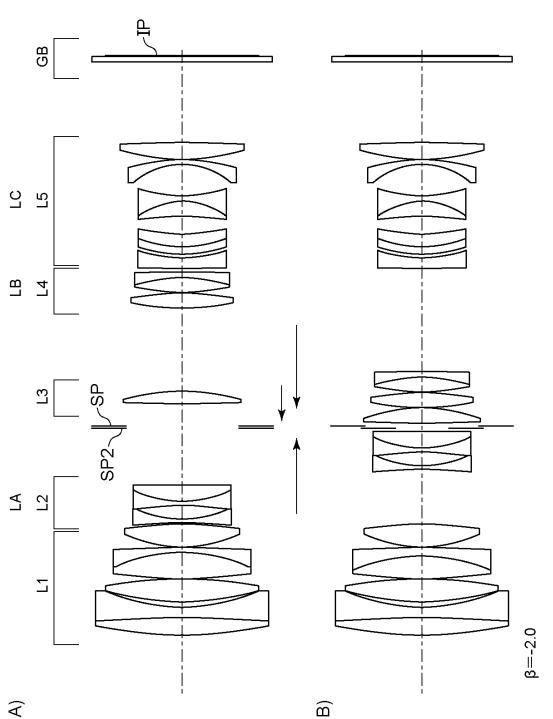


10

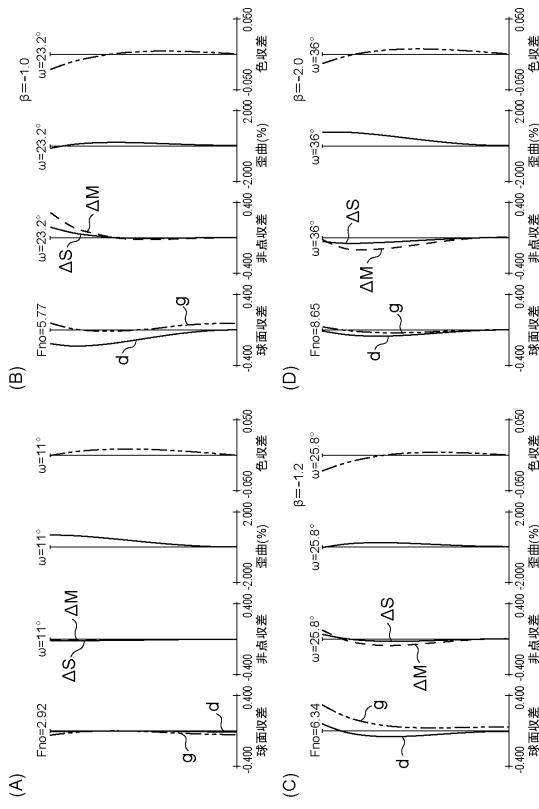
20

30

【図3】



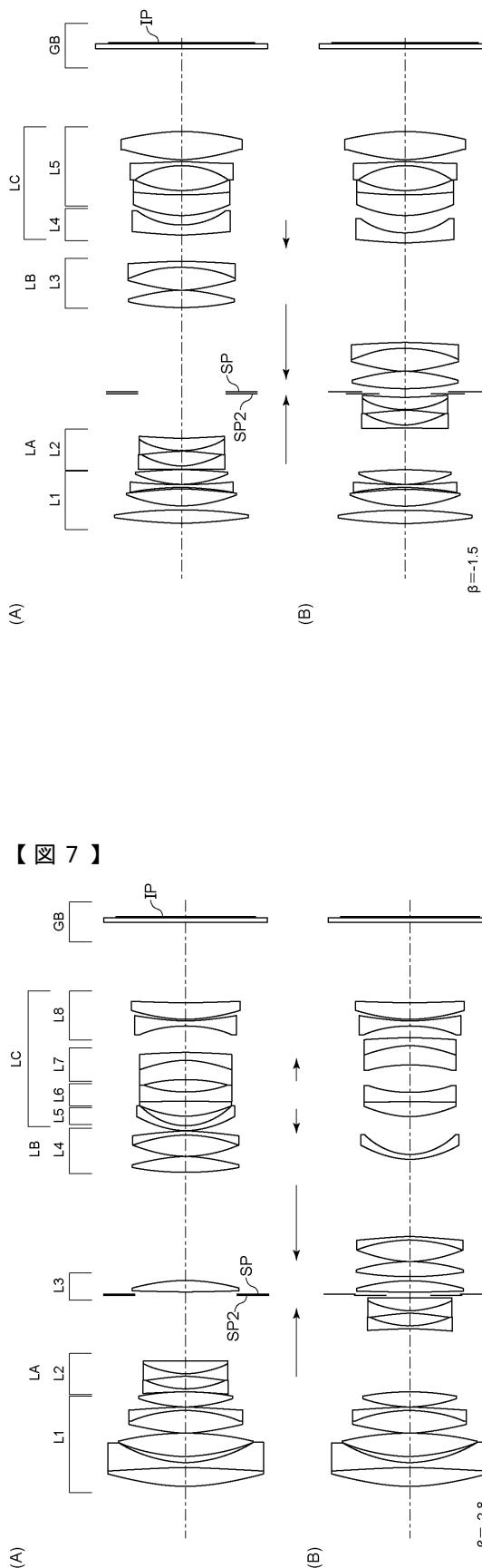
【図4】



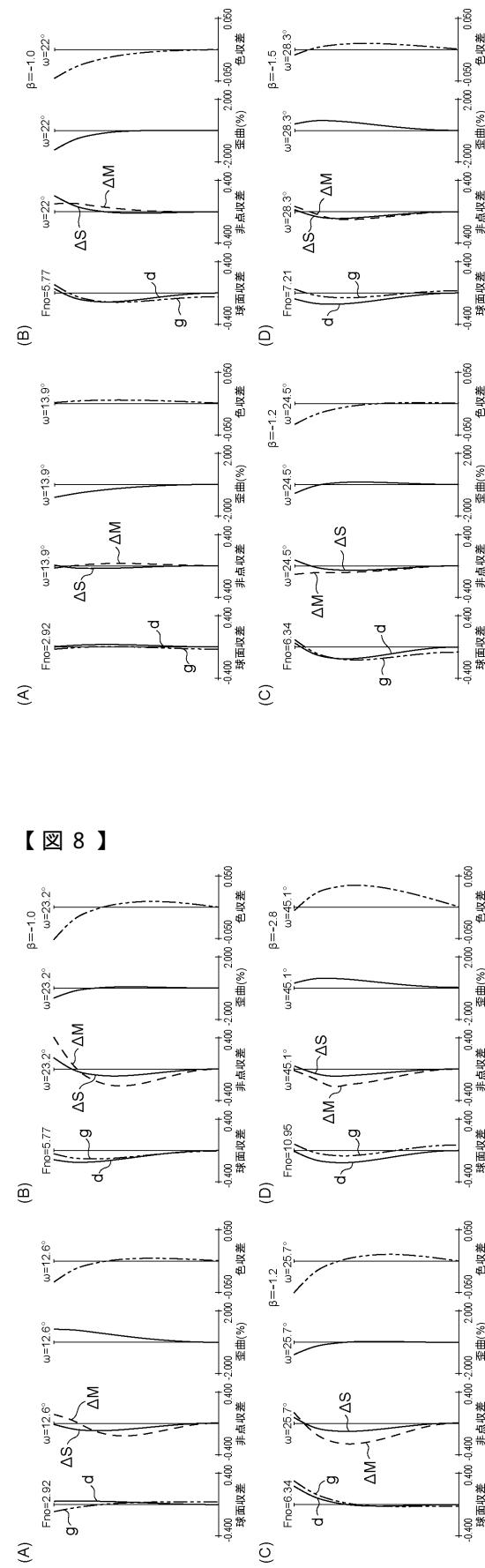
40

50

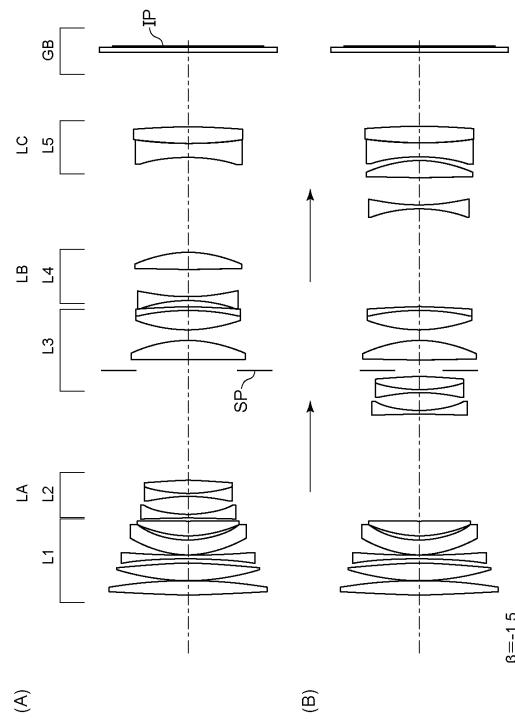
【 义 5 】



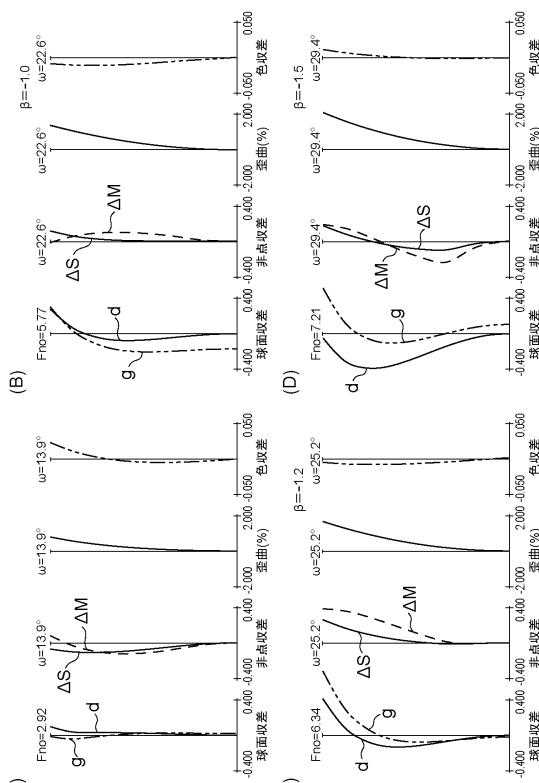
【 図 6 】



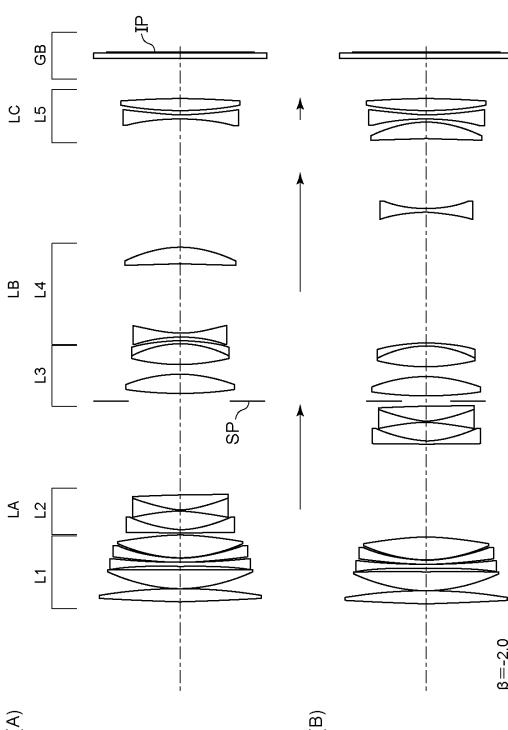
【図 9】



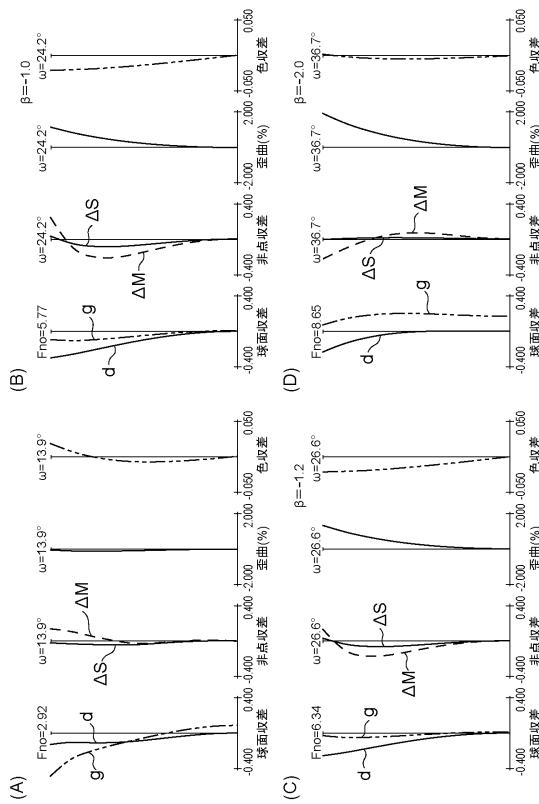
【図 10】



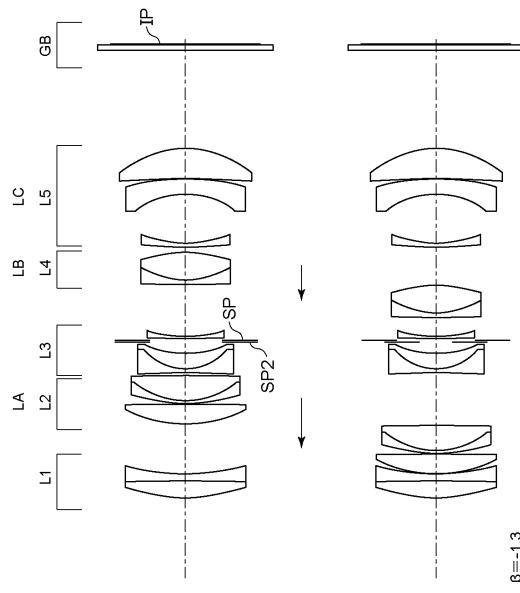
【図 11】



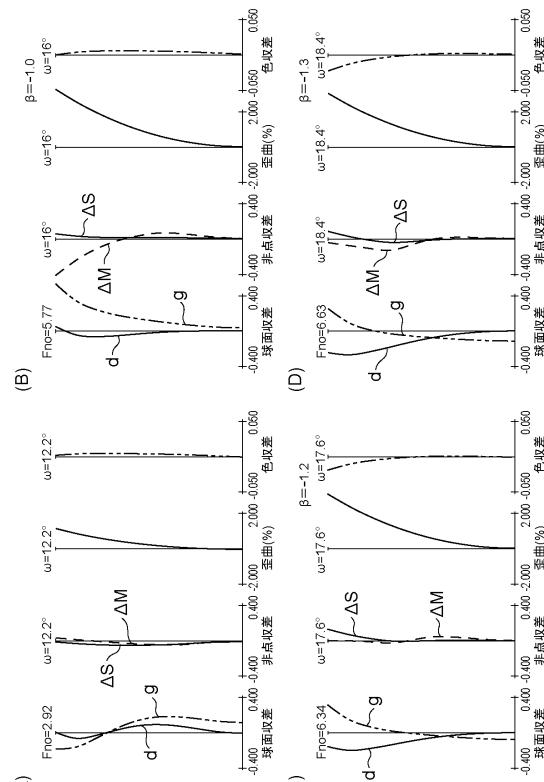
【図 12】



【図 1 3】



【図 1 4】



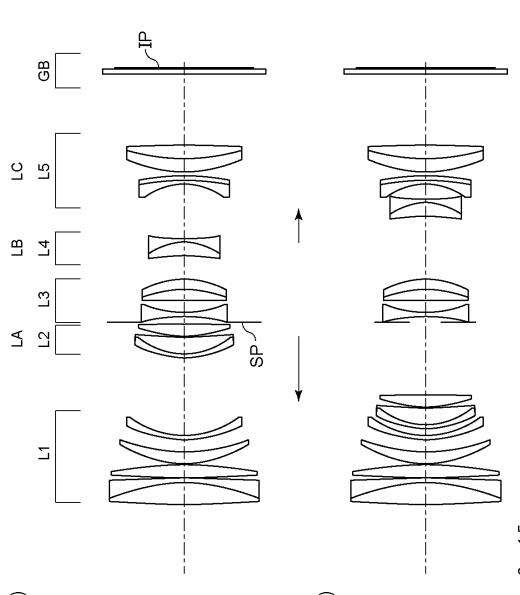
10

20

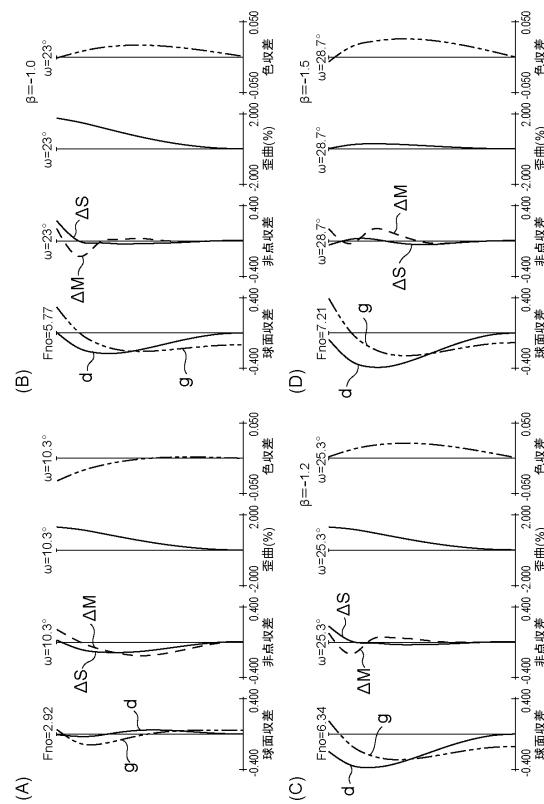
30

40

【図 1 5】

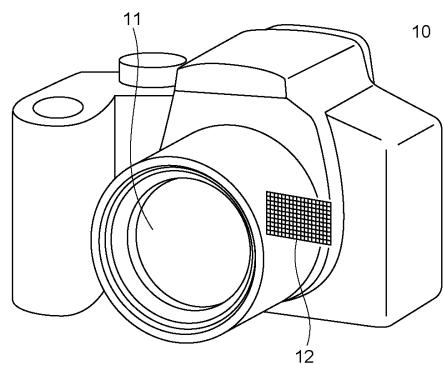


【図 1 6】



50

【図17】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献
- 特開2001-33704 (JP, A)
特開2015-161880 (JP, A)
特開2012-58682 (JP, A)
特開2014-219601 (JP, A)
特開2015-34899 (JP, A)
米国特許出願公開第2012/0081798 (US, A1)
中国特許出願公開第104199179 (CN, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- G 02 B 9 / 00 - 17 / 08
G 02 B 21 / 02 - 21 / 04
G 02 B 25 / 00 - 25 / 04