(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6226685号
(P6226685)
(45)発行日　平成29年11月8日(2017.11.8)　(24)登録日　平成29年10月20日(2017.10.20)

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

請求項の数 23　(全 24 頁)

(21)出願番号　特願2013-212778(P2013-212778)
(22)出願日　平成25年10月10日(2013.10.10)
(65)公開番号　特開2015-75689(P2015-75689A)
(43)公開日　平成27年4月20日(2015.4.20)
審査請求日　平成28年10月3日(2016.10.3)

(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　100086818
弁理士　高梨　幸雄
(72)発明者　杉田　茂宣
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号　キヤノン株式会社内

審査官　堀井　康司

(56)参考文献　特開２０１３－０１１９１４（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２９４８１７（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第１レンズ群、負の屈折力の第２レンズ群、正の屈折力の第３レンズ群、負の屈折力の第４レンズ群、開口絞りを含む正の屈折力の第５レンズ群、正の屈折力の第６レンズ群からなり、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、

前記第３レンズ群と前記第４レンズ群のうち焦点距離の絶対値が小さい方をレンズ群ＦＡ、絶対値が大きい方をレンズ群ＦＢとするとき、

前記レンズ群ＦＡは２枚以下のレンズからなり、無限遠から第１の有限距離へのフォーカシングに際して前記レンズ群ＦＡは前記レンズ群ＦＢ側へ移動し、

少なくとも一部のズーム範囲における前記第１の有限距離よりも近距離の第２の有限距離へのフォーカシングに際して、前記レンズ群ＦＡは前記レンズ群ＦＢ側へ移動し、前記レンズ群ＦＢは前記レンズ群ＦＡの移動方向と同じ方向へ移動することを特徴とするズームレンズ。

【請求項２】

前記レンズ群ＦＡの焦点距離をｆＦＡ、前記レンズ群ＦＢの焦点距離をｆＦＢとするとき、

１．０５＜－ｆＦＢ／ｆＦＡ＜２．５０

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１に記載のズームレンズ。

【請求項３】

広角端における前記第４レンズ群の横倍率をβｎｗとするとき、
｜βｎｗ｜＜１．０
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１又は２に記載のズームレンズ。
【請求項４】
望遠端における前記第４レンズ群の横倍率をβｎｔとするとき、
｜βｎｔ｜＜１．０
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１乃至３のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項５】
前記第３レンズ群の焦点距離をＦｐ、広角端における、前記第１レンズ群及び前記第２レンズ群の合成焦点距離をＦｆｗとするとき、
０．３＜－Ｆｆｗ／Ｆｐ＜２．０
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１乃至４のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項６】
前記第３レンズ群の焦点距離をＦｐ、望遠端における、前記第１レンズ群及び第２レンズ群の合成焦点距離をＦｆｔとするとき、
０．３＜－Ｆｆｔ／Ｆｐ＜２．０
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１乃至５のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項７】
前記第４レンズ群の焦点距離をＦｎ、広角端における、前記第５レンズ群及び前記第６レンズ群の合成焦点距離をＦｒｗとするとき、
０．３０＜－Ｆｒｗ／Ｆｎ＜０．９５
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１乃至６のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項８】
前記第４レンズ群の焦点距離をＦｎ、望遠端における、前記第５レンズ群及び前記第６レンズ群の合成焦点距離をＦｒｔとするとき、
０．３０＜－Ｆｒｔ／Ｆｎ＜０．９５
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１乃至７のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項９】
前記レンズ群ＦＢは２枚以下のレンズからなることを特徴とする請求項１乃至８のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項１０】
前記レンズ群ＦＡと前記レンズ群ＦＢの望遠端における間隔が、前記レンズ群ＦＡと前記レンズ群ＦＢの広角端における間隔よりも大きくなるように、前記レンズ群ＦＡは、ズーミングに際して他のレンズ群とは異なる軌跡で移動することを特徴とする請求項１乃至９のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項１１】
前記レンズ群ＦＡは前記第４レンズ群であり、前記レンズ群ＦＢは第３レンズ群であることを特徴とする請求項１乃至１０のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項１２】
前記レンズ群ＦＡは前記第３レンズ群であり、前記レンズ群ＦＢは第４レンズ群であることを特徴とする請求項１乃至１０のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項１３】
物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第１レンズ群、正の屈折力の第２レンズ群、負の屈折力の第３レンズ群、開口絞りを含む正の屈折力の第４レンズ群、正の屈折力の第５レンズ群からなり、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズー

ムレンズにおいて、
　前記第３レンズ群の焦点距離の絶対値は前記第２レンズ群の焦点距離の絶対値よりも小さく、
　前記第３レンズ群は２枚以下のレンズからなり、無限遠から第１の有限距離へのフォーカシングに際して前記第３レンズ群は前記第２レンズ群側へ移動し、
　少なくとも一部のズーム範囲における前記第１の有限距離よりも近距離の第２の有限距離へのフォーカシングに際して、前記第３レンズ群は前記第２レンズ群側へ移動し、前記第２レンズ群は前記第３レンズ群の移動方向と同じ方向へ移動することを特徴とするズームレンズ。
【請求項１４】
　前記第３レンズ群の焦点距離をＦｎ、前記第２レンズ群の焦点距離をＦｐとするとき、
　１．０５＜－Ｆｎ／Ｆｐ＜２．５０
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１３に記載のズームレンズ。
【請求項１５】
　広角端における前記第３レンズ群の横倍率をβｎｗとするとき、
　｜βｎｗ｜＜１．０
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１３又は１４に記載のズームレンズ。
【請求項１６】
　望遠端における前記第３レンズ群の横倍率をβｎｔとするとき、
　｜βｎｔ｜＜１．０
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１３乃至１５のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項１７】
　前記第２レンズ群の焦点距離をＦｐ、広角端における前記第１レンズ群の焦点距離をＦｆｗとするとき、
　０．３＜－Ｆｆｗ／Ｆｐ＜２．０
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１３乃至１６のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項１８】
　前記第２レンズ群の焦点距離をＦｐ、望遠端における前記第１レンズ群の焦点距離をＦｆｔとするとき、
　０．３＜－Ｆｆｔ／Ｆｐ＜２．０
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１３乃至１７のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項１９】
　前記第３レンズ群の焦点距離をＦｎ、広角端における、前記第４レンズ群及び前記第５レンズ群の合成焦点距離をＦｒｗとするとき、
　０．３０＜－Ｆｒｗ／Ｆｎ＜０．９５
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１３乃至１８のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項２０】
　前記第３レンズ群の焦点距離をＦｎ、望遠端における、前記第４レンズ群及び前記第５レンズ群の合成焦点距離をＦｒｔとするとき、
　０．３０＜－Ｆｒｔ／Ｆｎ＜０．９５
なる条件式を満たすことを特徴とする請求項１３乃至１９のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項２１】
　前記第２レンズ群は２枚以下のレンズからなることを特徴とする請求項１３乃至２０のいずれか１項に記載のズームレンズ。
【請求項２２】

前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の望遠端における間隔が、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の広角端における間隔よりも大きくなるように、前記第３レンズ群は、ズーミングに際して他のレンズ群とは異なる軌跡で移動することを特徴とする請求項１３乃至２１のいずれか１項に記載のズームレンズ。

【請求項２３】

請求項１乃至２２のいずれか１項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成された像を受光する撮像素子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、ズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、例えばデジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、ＴＶカメラ、監視カメラ等の撮像光学系に好適なものである。

【背景技術】

【０００２】

従来、撮像装置に用いられる撮像光学系には、より至近距離にフォーカス（合焦）することができ、しかも無限遠から至近距離に至る全物体距離にわたり高い光学性能を有することが要望されている。また高速度でしかも高精度にフォーカスすることができることが要望されている。特にオートフォーカス（自動合焦）を行う際には、フォーカス速度（合焦速度）が速いことが要望されている。

【０００３】

一方、近年の一眼レフカメラ等の撮像装置では動画撮影機能を有すること、動画撮影中にオートフォーカスできることが要望されている。動画を撮影するときのオートフォーカス方式としては、撮像信号中の高周波成分を検出することによって撮影光学系の合焦状態を評価する、高周波検出方式（ＴＶ－ＡＦ方式）が多く用いられている。

【０００４】

ＴＶ－ＡＦ方式においては、フォーカスレンズ群を光軸方向に高速に微小振動させ、そのとき得られる撮像信号を用いる。このためＴＶ－ＡＦ方式では、フォーカスレンズ群が小型軽量であることが必要となってくる。

【０００５】

従来、ズームレンズのフォーカス方式には、ズームタイプに適した種々なフォーカス方式が採用されている（特許文献１～３）。特許文献１では、物体側から像側へ順に、正、負、負、正、正の屈折力の第１レンズ群乃至第５レンズ群からなり、各レンズ群間隔を変えてズーミングを行うズームレンズにおいて、第３レンズ群でフォーカシングを行っている。特許文献２では物体側から像側へ順に、正、負、正、正、正の屈折力の第１レンズ群乃至第５レンズ群からなり、各レンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズにおいて、第３レンズ群でフォーカシングを行っている。

【０００６】

特許文献３では物体側から像側へ順に、正、負、正、正、負、負の屈折力の第１レンズ群乃至第６レンズ群からなり、各レンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズにおいて、第４レンズ群を移動させてフォーカシングを行っている。また特許文献３では第２レンズ群から第６レンズ群を移動させて通常の撮影領域よりも近距離（至近）のフォーカシングを行うマクロ撮影を行っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００７】

【特許文献１】特開２００９－２５１１１７号公報

【特許文献２】特開２００９－２５１１１４号公報

【特許文献３】特開２００６－３０１４７４号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
近年、撮像装置に用いられるズームレンズには高速でしかも高精度にフォーカシングができ、しかも無限遠から至近に至る物体距離全般にわたり高い光学性能を有することが要望されている。高速にフォーカシングを行うことができるズームレンズを得るには、ズームタイプ及びフォーカスレンズ群の数やそれらの移動条件等を適切に構成することが重要になってくる。
【０００９】
特に全系の小型化を図り、所定のズーム比を確保しつつ通常の撮影距離よりも短い至近のマクロ撮影を行うには、通常の撮影距離及びマクロ撮影において移動させるレンズ群、該レンズ群の屈折力そして移動方向等を適切に設定することが重要になってくる。これらの構成が不適切であると、全系の小型化を図りつつ、所定のズーム比を確保し無限遠から至近に至る物体距離全般にわたり、高い光学性能を有するズームレンズを得るのが困難になってくる。
【００１０】
本発明は、物体距離全般にわたり高い光学性能を有し、フォーカスを高速に行うことができ、また、少なくとも一部のズーム範囲で、より近距離に合焦可能な機構を持つズームレンズ及びそれを有する撮像装置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】
【００１１】
本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第１レンズ群、負の屈折力の第２レンズ群、正の屈折力の第３レンズ群、負の屈折力の第４レンズ群、開口絞りを含む正の屈折力の第５レンズ群、正の屈折力の第６レンズ群からなり、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、
前記第３レンズ群と前記第４レンズ群のうち焦点距離の絶対値が小さい方をレンズ群ＦＡ、絶対値が大きい方をレンズ群ＦＢとするとき、
前記レンズ群ＦＡは２枚以下のレンズからなり、無限遠から第１の有限距離へのフォーカシングに際して前記レンズ群ＦＡは前記レンズ群ＦＢ側へ移動し、
少なくとも一部のズーム範囲における前記第１の有限距離よりも近距離の第２の有限距離へのフォーカシングに際して、前記レンズ群ＦＡは前記レンズ群ＦＢ側へ移動し、前記レンズ群ＦＢは前記レンズ群ＦＡの移動方向と同じ方向へ移動することを特徴としている。 この他本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第１レンズ群、正の屈折力の第２レンズ群、負の屈折力の第３レンズ群、開口絞りを含む正の屈折力の第４レンズ群、正の屈折力の第５レンズ群からなり、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、
前記第３レンズ群の焦点距離の絶対値は前記第２レンズ群の焦点距離の絶対値よりも小さく、
前記第３レンズ群は２枚以下のレンズからなり、無限遠から第１の有限距離へのフォーカシングに際して前記第３レンズ群は前記第２レンズ群側へ移動し、
少なくとも一部のズーム範囲における前記第１の有限距離よりも近距離の第２の有限距離へのフォーカシングに際して、前記第３レンズ群は前記第２レンズ群側へ移動し、前記第２レンズ群は前記第３レンズ群の移動方向と同じ方向へ移動することを特徴としている。
【発明の効果】
【００１２】
本発明によれば、物体距離全般にわたり高い光学性能を有し、フォーカスを高速に行うことができ、また少なくとも一部のズーム範囲で、より近距離に合焦可能な機構を持つズームレンズが得られる。
【図面の簡単な説明】
【００１３】

【図１】本発明の実施例１におけるレンズ断面図
【図２】（Ａ），（Ｂ）　本発明における数値実施例１のズームレンズをｍｍ単位で表したときの広角端における無限遠と通常モードでの近距離（０．３９ｍ）における収差図
【図３】（Ａ），（Ｂ）　本発明における数値実施例１のズームレンズをｍｍ単位で表したときの望遠端における無限遠と通常モードでの近距離（０．３９ｍ）における収差図
【図４】本発明における数値実施例１のズームレンズをｍｍ単位で表したときの中間ズーム域におけるマクロ撮影モードでの至近（０．２８ｍ）における収差図
【図５】本発明の実施例２におけるレンズ断面図
【図６】（Ａ），（Ｂ）　本発明における数値実施例２のズームレンズをｍｍ単位で表したときの広角端における無限遠と通常モードでの近距離（０．３ｍ）における収差図
【図７】（Ａ），（Ｂ）　本発明における数値実施例２のズームレンズをｍｍ単位で表したときの望遠端における無限遠と通常モードでの近距離（０．３ｍ）における収差図
【図８】本発明における数値実施例２のズームレンズをｍｍ単位で表したときの中間ズーム域におけるマクロ撮影モードでの至近（０．２ｍ）における収差図
【図９】本発明の実施例３におけるレンズ断面図
【図１０】（Ａ），（Ｂ）　本発明における数値実施例３のズームレンズをｍｍ単位で表したときの広角端における無限遠と通常モードでの近距離（０．５ｍ）における収差図
【図１１】（Ａ），（Ｂ）　本発明における数値実施例３のズームレンズをｍｍ単位で表したときの望遠端における無限遠と通常モードでの近距離（０．５ｍ）における収差図
【図１２】本発明における数値実施例３のズームレンズをｍｍ単位で表したときの中間ズーム域におけるマクロ撮影モードでの至近（０．２５ｍ）における収差図
【図１３】本発明の撮像装置の要部概略図
【発明を実施するための形態】
【００１４】
以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力のレンズ群Ｌｐ、負の屈折力のレンズ群Ｌｎ、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する。レンズ群Ｌｎよりも像側に開口絞りが配置されている。レンズ群Ｌｐとレンズ群Ｌｎのうち焦点距離の絶対値が小さい方（屈折力の絶対値が大きい方）をレンズ群ＦＡ、絶対値が大きい方をレンズ群ＦＢとする。レンズ群ＦＡは２枚以下のレンズより構成されている。
【００１５】
無限遠から近距離（第１の有限距離）への通常の撮影領域におけるフォーカシングに際してレンズ群ＦＡはレンズ群ＦＢ側へ移動する。そして少なくとも一部のズーム範囲における近距離から至近距離（近距離よりも更に短い距離）（第１の有限距離よりも近距離の第２の有限距離）へのフォーカシングに際して、レンズ群ＦＡはレンズ群ＦＢ側へ移動し、レンズ群ＦＢはレンズ群ＦＡの位置とは反対側へ移動する。即ち、レンズ群ＦＢはレンズ群ＦＡの移動方向と同じ方向へ移動する。これによって、近距離（第１の有限距離）から更なる距離の短い至近距離（第２の有限距離）にフォーカシング（マクロフォーカシング）を行い、マクロ撮影を行う。
【００１６】
図１は本発明の実施例１の広角端におけるレンズ断面図である。図２（Ａ），（Ｂ）は本発明における数値実施例１のズームレンズをｍｍ単位で表したときの広角端における無限遠と通常モード（通常の撮影範囲）での第１の有限距離である近距離（０．３９ｍ）における収差図である。
【００１７】
図３（Ａ），（Ｂ）は本発明における数値実施例１のズームレンズをｍｍ単位で表したときの望遠端における無限遠と通常モードでの近距離（０．３９ｍ）における収差図である。図４は本発明における数値実施例１のズームレンズをｍｍ単位で表したときの中間ズーム域におけるマクロ撮影モード（マクロ撮影）での第２の有限距離である至近（０．２８ｍ）における収差図である。

【００１８】
図５は本発明の実施例２の広角端におけるレンズ断面図である。図６（Ａ），（Ｂ）は本発明における数値実施例２のズームレンズをｍｍ単位で表したときの広角端における無限遠と通常モード（通常の撮影範囲）での近距離（０．３ｍ）における収差図である。図７（Ａ），（Ｂ）は本発明における数値実施例２のズームレンズをｍｍ単位で表したときの望遠端における無限遠と通常モードでの近距離（０．３ｍ）における収差図である。図８は本発明における数値実施例２のズームレンズをｍｍ単位で表したときの中間ズーム域におけるマクロ撮影モード（マクロ撮影）での至近（０．２ｍ）における収差図である。
【００１９】
図９は本発明の実施例３の広角端におけるレンズ断面図である。図１０（Ａ），（Ｂ）は本発明における数値実施例３のズームレンズをｍｍ単位で表したときの広角端における無限遠と通常モード（通常の撮影範囲）での近距離（０．５ｍ）における収差図である。図１１（Ａ），（Ｂ）は本発明における数値実施例３のズームレンズをｍｍ単位で表したときの望遠端における無限遠と通常モードでの近距離（０．５ｍ）における収差図である。
【００２０】
図１２は本発明における数値実施例３のズームレンズをｍｍ単位で表したときの中間ズーム域におけるマクロ撮影モード（マクロ撮影）での至近（０．２５ｍ）における収差図である。図１３は本発明のズームレンズを備える一眼レフカメラ（撮像装置）の要部概略図である。
【００２１】
各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルカメラそして銀塩フィルムカメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系である。レンズ断面図において、左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。レンズ断面図において、ｉは物体側からのレンズ群の順番を示し、Ｌｉは第ｉレンズ群である。ＬＦは１以上のレンズ群を有する前方レンズ系である。ＬＲは１以上のレンズ群を有する後方レンズ系である。
【００２２】
ＳＰは開口絞りである。ＩＰは像面であり、ビデオカメラやデジタルスチル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）の撮像面であり、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面である。矢印は広角端から望遠端へのズーミングにおける各レンズ群の移動軌跡を示している。またFocusで示す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レンズ群の移動方向を示している。Macroで示す矢印はマクロ撮影に際してのレンズ群の移動方向を示している。
【００２３】
収差図のうち、球面収差図において実線はｄ線、破線はｇ線である。非点収差図において破線はｄ線でのメリディオナル像面、実線はｄ線でのサジタル像面である。また、歪曲を示す図はｄ線における歪曲を示している。倍率色収差はｇ線について示している。Ｆｎｏは Ｆナンバー、ωは半画角（度）である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群が機構上光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。
【００２４】
各実施例のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力のレンズ群Ｌｐ、負の屈折力のレンズ群Ｌｎ、開口絞りＳＰを有する。そしてズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する。レンズ断面図においてＦＡはレンズ群ＦＡであり、レンズ群ＬｐとレンズＬｎのうち焦点距離の絶対値が小さい方（屈折力の絶対値が大きい方）である。ＦＢはレンズ群ＦＢであり、絶対値が大きい方である。無限遠から近距離へのフォーカシングに際してレンズ群ＦＡは矢印Focusのようにレンズ群ＦＢ側へ移動する。
【００２５】
マクロ撮影の際にはレンズ群ＦＡはレンズ群ＦＢ側へ移動し、レンズ群ＦＢはレンズ群ＦＡが位置する方向とは反対側へ移動する。即ちレンズ群ＦＢはレンズ群ＦＡの移動方向

と同じ方向へ移動する。このときレンズ群ＦＡとレンズ群ＦＢの移動速度は異なる。これにより、近距離から更なる距離の短い至近距離にマクロフォーカシングを行っている。

【００２６】

本発明のズームレンズの特徴について説明する。フォーカス用のレンズ群（フォーカス群）が少ないレンズ枚数で構成されるズームレンズでは、フォーカス群のパワー（屈折力）を強め過ぎると、フォーカス群の残存収差が大きくなり、物体距離の変化による収差変動が著しく大きくなってくる。そのため、フォーカス群の小型軽量化を図りつつ、物体距離の変化による収差変動の軽減を図ろうとすると、フォーカス群のフォーカシングに際しての移動量が増えてしまう。この結果、変倍用のレンズ群が移動するスペースも確保しなければならず、全系が大型化してくる。

【００２７】

特許文献１において、フォーカス群である第３レンズ群のパワーを強めて第３レンズ群のフォーカス移動量を抑えようとすると、第２レンズ群と第３レンズ群を合成した負の屈折力の合成系の前側主点位置が、第３レンズ群側に移動してしまう。それは即ち、正、負、負、正の屈折力のレンズ群よりなる４群ズームでの広角端において、第１レンズ群とバリエーターである第２レンズ群との間隔を広げることと同義であり、広画角化に著しく不利である。

【００２８】

また、特許文献１では、フォーカス群である第３レンズ群を広角端においては第２レンズ群側に、望遠端において第４レンズ群側に間隔を詰めるよう、ズーミングに際して移動させることで、変倍効果を得ている。ところが、第２レンズ群と第３レンズ群の間隔をフォーカス移動分だけ確保する必要があるため、第２レンズ群の第４レンズ群側への移動が制限され、やはり通常の４群ズームレンズと比較すると、バリエーターとしての変倍効果を大きく逸している。

【００２９】

特許文献２において、第４レンズ群の正のパワーが、フォーカス群である第３レンズ群側に分配されている。そして第３レンズ群と第４レンズ群の主点位置が第３レンズ群側に移動するため、広角端においてバックフォーカスを確保することが困難になっている。また、広角端から望遠端へのズーミングに際し、第３レンズ群は第２レンズ群側に詰めているが、第４レンズ群は第３レンズ群のフォーカス移動分だけ、第２レンズ群側に詰めることができず、やはり通常の４群ズームに比べて変倍効果を逸している。

【００３０】

本発明者は、ズームレンズの中に正の屈折力のレンズ群Ｌｐと負の屈折力のレンズ群Ｌｎのペアより成るパワーが緩いレンズ系を設けて、焦点距離の絶対値が小さい方（屈折力の絶対値が大きい方）のレンズ群ＦＡでフォーカシングを行うのが良いことを見出した。

【００３１】

正の屈折力のレンズ群Ｌｐと負の屈折力のレンズ群Ｌｎは、合成したレンズ系として緩いパワーになるため、ズームレンズ全体のパワー配置に影響を与えることがなく、ズーミングによる収差変動を良好に補正することができる。また、正の屈折力のレンズ群Ｌｐと負の屈折力のレンズ群Ｌｎのパワーを共に強めることで、合成レンズ系のパワーが維持された状態で、フォーカス用のレンズ群のフォーカス移動量を小さくすることができる。

【００３２】

また、開口絞りＳＰより物体側の発散光束中に、物体側より正の屈折力のレンズ群Ｌｐ、負の屈折力のレンズ群Ｌｎの順に配置することで、レンズ群Ｌｐとレンズ群Ｌｎの間をアフォーカルにし、フォーカシングに際しての軸上光線の入射高の変化を小さくしている。また、正の屈折力のレンズ群Ｌｐ、負の屈折力のレンズ群Ｌｎを連続して配置することで、それぞれのレンズ群位置での軸外光線の入射高も近くなり、お互いで発生する軸外収差を良好に相殺している。

【００３３】

また、広角端から望遠端へのズーミングに際し、共に比較的強いパワーの正の屈折力の

レンズ群Ｌｐと負の屈折力のレンズ群Ｌｎをお互いの間隔を広げるように移動させることで、変倍効果を得ている。そしてフォーカス用のレンズ群の駆動分のスペースを無駄なくズーミングの際に活用している。それにより、小型軽量なフォーカス機構を有しながら、全ズーム域、全フォーカス域で良好な光学性能を有し、かつ全系の小型化を達成している。

【００３４】

次に、本発明ではこの構成をベースに、更に全系の小型化を図りつつマクロ撮影モードを付加している。次に、このときの光学性能の原理について説明する。後述する各実施例のズームレンズでは正の屈折力のレンズ群Ｌｐの物体側の空気間隔は、広角端において開いており、望遠端において最も狭まっている。そのため、望遠端以外では、正の屈折力のレンズ群Ｌｐを物体側に寄せることが出来る。その時、負の屈折力のレンズ群Ｌｎも正の屈折力のレンズ群Ｌｐとの間隔を極限まで狭めるように駆動可能な機構にすることで、望遠端以外においてフォーカス駆動量が増加することになる。

【００３５】

この時、正の屈折力のレンズ群Ｌｐのパワーを負の屈折力のレンズ群Ｌｎより弱くしておけば、より至近側へのフォーカスが容易になる。以上の方法により、全系の小型化を図りつつ、マクロ撮影モードを達成しつつ、動画撮影にも適した小型軽量なレンズ群でフォーカスができるズームレンズを得ている。尚、本発明のズームレンズは、レンズ群ＦＡで無限遠から近距離へのフォーカシングを行う。そしてレンズ群ＦＢとレンズ群ＦＡで近距離から更に短い距離の至近へのマクロフォーカシングを行っている。

【００３６】

次に、各実施例のズームレンズにおける形態を述べる。各実施例のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力のレンズ群Ｌｐ、負の屈折力のレンズ群Ｌｎ、開口絞りを含んでいる。そして焦点距離の絶対値が小さい方をレンズ群ＦＡ、大きい方をレンズ群ＦＢとしている。そしてレンズ群ＦＡが２枚以下のレンズで構成されている。そしてレンズ群ＦＡをレンズ群ＦＢ側へ駆動させることで無限遠から近距離へのフォーカシングを行っている。

【００３７】

そして、少なくとも一部のズーム範囲において、レンズ群ＦＡはレンズ群ＦＢ側へ移動し、レンズ群ＦＢがレンズ群ＦＡの位置する方向とは反対側へ移動する。即ち、レンズ群ＦＡとレンズ群ＦＢは互いに異なった速度で同方向に移動する。このように、レンズ群ＦＢの移動に伴い、レンズ群ＦＡの移動領域が増加するようにしている。

【００３８】

このときのレンズ群ＦＡの移動領域の増加により、近距離より更に距離の短い至近へのフォーカシングを行っている。軸上光線が発散している開口絞りＳＰより物体側に、物体側より像側へ順に、正の屈折力のレンズ群Ｌｐと負の屈折力のレンズ群Ｌｎを配置する。これにより、それらの間を通る軸上光線を略アフォーカルにし、レンズ群ＦＡでフォーカシングする際、軸上光線の入射高の変動を軽減している。

【００３９】

また、正の屈折力のレンズ群Ｌｐと負の屈折力のレンズ群Ｌｎを連続して配置することで、それぞれのレンズ群位置での軸外光線の入射高も近くなり、お互いで発生する軸外収差を良好に相殺している。また、正の屈折力のレンズ群Ｌｐと負の屈折力のレンズ群Ｌｎを連続して配置することで、それらの合成パワーを緩く保った上で、お互いのパワーを強くすることができるようにしている。

【００４０】

これによりレンズ群ＦＡでフォーカシングする際のフォーカス移動量を小さくしている。それにより、レンズ群ＦＡが、２枚以下の少ないレンズ構成にも関わらず、フォーカス移動量を小さくかつ、フォーカシングによる収差変動も小さくすることができ、更にズーミングに際して変倍効果も得ることができる。

【００４１】

また、少なくとも一部のズーム範囲において、レンズ群ＦＢをレンズ群ＦＡとの間隔を広げるように移動可能とし、かつそれにより広がった間隔をレンズ群ＦＡが詰めるように移動することで、移動量を増やし、より短い距離への至近撮影を容易にしている。この時も、前述したように各収差の相殺関係は維持され、これにより物体距離の変動による収差変動を抑えている。

【００４２】

後述する各数値実施例におけるマクロ撮影モードは、全ズーム範囲中の中間ズーム域における、最近接合焦時の状態を代表して示している。レンズ群ＦＢ群がマクロ駆動する方向に隣接するレンズ群と、十分な間隔があるズームポジションであれば、全ズーム範囲中の任意のズームポジションで近接撮影ができる。

【００４３】

例えば、実施例１～３においては、ズーム比を極力確保するべく、望遠端にてレンズ群ＦＢとそれと隣接するレンズ群とが、必要最低限な間隔を残して接近する。このため、望遠端のみマクロ撮影が困難となるが、それ以外のズームポジションでは、隣接するレンズ群との間隔があるため、マクロ撮影が容易である。尚、ズーム比を減らし、望遠端においても隣接するレンズ群との間隔を確保すれば、望遠端においてもマクロ撮影ができる。

【００４４】

以上のように各実施例によれば、小型簡易構造でマクロ撮影モードを達成しつつ、動画撮影にも適した小型軽量なフォーカス群を有するズームレンズを得ることができる。

【００４５】

実施例１、３は、物体側から像側へ順に配置された、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、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、開口絞りＳＰを含む正の屈折力の第５レンズ群Ｌ５、正の屈折力の第６レンズ群Ｌ６からなる。そして、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する。

第３レンズ群Ｌ３と第４レンズ群Ｌ４のうち焦点距離の絶対値が小さい方をレンズ群ＦＡ、絶対値が大きい方をレンズ群ＦＢとする。

レンズ群ＦＡは２枚以下のレンズからなる。無限遠から第１の有限距離へのフォーカシングに際してレンズ群ＦＡはレンズ群ＦＢ側へ移動する。

少なくとも一部のズーム範囲における第１の有限距離よりも近距離の第２の有限距離へのフォーカシングに際して、レンズ群ＦＡはレンズ群ＦＢ側へ移動し、レンズ群ＦＢはレンズ群ＦＡの移動方向と同じ方向へ移動する。

実施例１において、レンズ群ＦＡは第４レンズ群Ｌ４であり、レンズ群ＦＢは第３レンズ群Ｌ３である。

実施例３において、レンズ群ＦＡは第３レンズ群Ｌ３であり、レンズ群ＦＢは第４レンズ群Ｌ４である。

実施例１、３において、レンズ群ＦＡの焦点距離をｆＦＡ、レンズ群ＦＢの焦点距離をｆＦＢとする。

広角端における第４レンズ群Ｌ４の横倍率をβｎｗとする。

望遠端における第４レンズ群Ｌ４の横倍率をβｎｔとする。

第３レンズ群Ｌ３の焦点距離をＦｐ、広角端における、第１レンズ群Ｌ１及び第２レンズ群Ｌ２の合成焦点距離をＦｆｗとする。

望遠端における、第１レンズ群Ｌ１及び第２レンズ群Ｌ２の合成焦点距離をＦｆｔとする。

第４レンズ群Ｌ４の焦点距離をＦｎ、広角端における、第５レンズ群Ｌ５及び第６レンズ群Ｌ６の合成焦点距離をＦｒｗとする。

望遠端における、第５レンズ群Ｌ５及び第６レンズ群Ｌ６の合成焦点距離をＦｒｔとする。

レンズ群ＦＢは２枚以下のレンズからなる。

レンズ群ＦＡとレンズ群ＦＢの望遠端における間隔が、レンズ群ＦＡとレンズ群ＦＢの広角端における間隔よりも大きくなるように、レンズ群ＦＡは、ズーミングに際して他の

レンズ群とは異なる軌跡で移動する。

【００４６】

実施例２は、物体側から像側へ順に配置された、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、負の屈折力の第３レンズ群Ｌ３、開口絞りを含む正の屈折力の第４レンズ群Ｌ４、正の屈折力の第５レンズ群Ｌ５からなる。そして、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する。

第３レンズ群Ｌ３の焦点距離の絶対値は第２レンズ群Ｌ２の焦点距離の絶対値よりも小さく、第３レンズ群Ｌ３は２枚以下のレンズからなり、無限遠から第１の有限距離へのフォーカシングに際して第３レンズ群Ｌ３は第２レンズ群Ｌ２側へ移動し、

少なくとも一部のズーム範囲における第１の有限距離よりも近距離の第２の有限距離へのフォーカシングに際して、第３レンズ群Ｌ３は第２レンズ群Ｌ２側へ移動し、第２レンズ群Ｌ２は第３レンズ群Ｌ３の移動方向と同じ方向へ移動する。

実施例２において、レンズ群Ｌｐはレンズ群ＦＢに相当する。レンズ群ＦＢは第２レンズ群Ｌ２に相当する。またレンズ群Ｌｎはレンズ群ＦＡに相当する。レンズ群ＦＡは第３レンズ群Ｌ３に相当する。

第３レンズ群Ｌ３の焦点距離をＦｎ、第２レンズ群Ｌ２の焦点距離をＦｐとする。

広角端における第３レンズ群Ｌ３の横倍率をβｎｗとする。

望遠端における第３レンズ群Ｌ３の横倍率をβｎｔとする。

広角端における第１レンズ群Ｌ１の焦点距離をＦｆｗとする。

望遠端における第１レンズ群Ｌ１の焦点距離をＦｆｔとする。

広角端における、第４レンズ群Ｌ４及び第５レンズ群Ｌ５の合成焦点距離をＦｒｗとする。

望遠端における、第４レンズ群Ｌ４及び第５レンズ群Ｌ５の合成焦点距離をＦｒｔとする。

第２レンズ群Ｌ２は２枚以下のレンズからなる。

第２レンズ群Ｌ２と第３レンズ群Ｌ３の望遠端における間隔が、第２レンズ群Ｌ２と第３レンズ群Ｌ３の広角端における間隔よりも大きくなるように、第３レンズ群Ｌ３は、ズーミングに際して他のレンズ群とは異なる軌跡で移動する。

このとき、各実施例は次の条件式のうち１つ以上を満足するのが良い。

【００４７】

１．０５＜－ｆＦＢ／ｆＦＡ＜２．５０　・・・（１）
｜βｎｗ｜＜１．０　・・・（２）
｜βｎｔ｜＜１．０　・・・（３）
０．３＜－Ｆｆｗ／Ｆｐ＜２．０　・・・（４）
０．３＜－Ｆｆｔ／Ｆｐ＜２．０　・・・（５）
０．３０＜－Ｆｒｗ／Ｆｎ＜０．９５　・・・（６）
０．３０＜－Ｆｒｔ／Ｆｎ＜０．９５　・・・（７）

ここで、条件式（１）に関して、実施例２は、

１．０５＜－Ｆｎ／Ｆｐ＜２．５０　・・・（１ｘ）

となる。条件式（１）と条件式（１ｘ）は技術的意味が同じであるため、以下条件式（１）と条件式（１ｘ）を総称して条件式（１）と称する。

【００４８】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式（１）はレンズ群ＦＡの焦点距離に対するレンズ群ＦＢの焦点距離の比を規定する。条件式（１）の下限値を逸脱すると、レンズ群ＦＡとレンズ群ＦＢの合成パワーが弱くなり過ぎ、レンズ群ＦＡの移動量を増やしても、近距離へのフォーカシングを効率的に行うのが困難になってくる。条件式（１）の上限値を逸脱すると、レンズ群ＦＡとレンズ群ＦＢの合成パワーが強くなり過ぎ、他の変倍用のレンズ群のパワー配置が崩れてしまうため、好ましくない。

【００４９】

具体的には、合成レンズ群が正のパワーの時は、後方レンズ系ＬＲの正の主点位置を物

体側にシフトさせてしまい、長いバックフォーカスの確保が難しくなる。そして合成レンズ群が負のパワーの時は、前方レンズ系ＬＦの負の主点位置を像側にシフトさせてしまい、ズームレンズの広画角化が困難になる。

【００５０】

条件式（２）はレンズ群Ｌｎの広角端における横倍率に関し、主にフォーカシングに際して軸上収差の変動を小さくするためのものである。条件式（２）を逸脱すると、広角端において正の屈折力のレンズ群Ｌｐと負の屈折力のレンズ群との間のアフォーカルが崩れ、フォーカシングに際して軸上光束の入射高が大きく変化し、球面収差や軸上色収差の変動が大きくなってしまう。

【００５１】

条件式（３）は、レンズ群Ｌｎの望遠端における横倍率に関する。条件式（３）は望遠端においても、条件式（２）の広角端と同様にレンズ群Ｌｐとレンズ群Ｌｎの間をアフォーカルに近づけ、フォーカシングに際して軸上収差の変動を小さくするものである。条件式（３）を外れると、軸上収差の変動が大きくなってくるので良くない。

【００５２】

次に、正の屈折力のレンズ群Ｌｐと負の屈折力のレンズ群Ｌｎの間を効果的にアフォーカルにするための、各レンズ群の条件について述べる。広角端において、負の屈折力のレンズ群Ｌｎより像側に配置される１以上のレンズ群を含む後方レンズ系ＬＲの合成焦点距離を正に、正の屈折力のレンズ群Ｌｐより物体側に配置される１以上のレンズ群よりなる前方レンズ系ＬＦの合成焦点距離を負にすると良い。

【００５３】

それにより、広角端において、レンズ群Ｌｐとレンズ群Ｌｎを、発散光束中に配置することができ、それらの間を効果的にアフォーカルにすることができる。また、望遠端においても同様に、レンズ群Ｌｎより像側に配置される１以上のレンズ群を含む後方レンズ系ＬＲの合成焦点距離を正に、レンズ群Ｌｐより物体側に配置される１以上のレンズ群を含む前方レンズ系ＬＦの合成焦点距離を負にすると良い。それにより、広角端と同様、望遠端においても、レンズ群Ｌｐとレンズ群Ｌｎを、発散光束中に配置することができ、それらの間を効果的にアフォーカルにすることができる。

【００５４】

条件式（４），（５）はレンズ群Ｌｐとレンズ群Ｌｎの間を更に効果的にアフォーカルにした上で、全系の小型化と高性能を図るための、各レンズ群のパワーの関係について規定する。条件式（４），（５）はそれぞれレンズ群Ｌｐの焦点距離に対する広角端と望遠端における、前方レンズ系ＬＦの合成焦点距離の比に関する。条件式（４）又は条件式（５）の上限を逸脱すると、レンズ群Ｌｐより像側が収束光束になる。また下限を逸脱すると、レンズ群Ｌｐより像側が発散光束になり、フォーカシングに際して軸上光線の入射高が大きく変化し、球面収差や軸上色収差が大きく変動してしまう。

【００５５】

条件式（６），（７）は、レンズ群Ｌｎでアフォーカル光束を発散光束にした後、再び像面に収束させるにあたり、全系の小型化と高性能化を効果的に達成するためのものである。条件式（６），（７）はそれぞれレンズ群Ｌｎの焦点距離に対する広角端と望遠端における、後方レンズ系ＬＲの合成焦点距離の比に関する。条件式（６）及び条件式（７）は、それぞれ広角端と望遠端において、レンズ群Ｌｎの負のパワーで発散させた光束を、より強い正のパワーで像面に結像させるにあたり、全系の小型化を図りつつ良好な光学性能を得るためのものである。

【００５６】

条件式（６）又は条件式（７）の上限値を逸脱すると、収束性のパワーが弱過ぎて全系が大型化してくる。また下限値を逸脱すると、収束性のパワーが強過ぎて球面収差が増大してくる。更に好ましくは条件式（１）乃至条件式（７）の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【００５７】

１．２＜－ｆＦＢ／ｆＦＡ＜２．０　　　・・・（１ａ）
｜βｎｗ｜＜０．５　　　　　　　　　・・・（２ａ）
｜βｎｔ｜＜０．５　　　　　　　　　・・・（３ａ）
０．３５＜－Ｆｆｗ／Ｆｐ＜１．７０　・・・（４ａ）
０．３５＜－Ｆｆｔ／Ｆｐ＜１．７０　・・・（５ａ）
０．４０＜－Ｆｒｗ／Ｆｎ＜０．９０　・・・（６ａ）
０．４０＜－Ｆｒｔ／Ｆｎ＜０．９０　・・・（７ａ）

【００５８】
各実施例においては無限遠から近距離へのフォーカシングで移動しない方のレンズ群ＦＢも、２枚以下の少ないレンズ枚数で構成することが、全系を小型軽量化するために好ましい。レンズ群ＦＡはレンズ群ＦＢとの間隔が広角端に比べ望遠端で大きくなるようにズーミングに際して他のレンズ群とは異なった軌跡で（独立に）移動するのが良い。またレンズ群ＦＢに対する相対移動方向が、無限遠から近距離へのフォーカシングの際の移動方向と逆方向であるのが良い。それにより、フォーカシングのために移動するスペースをズーミングにおいても効果的に利用でき、全系の小型化と高性能化が容易になる。

【００５９】
尚、本発明で言うレンズ群とは、光学系の最前面または、前方に隣接するレンズとの間隔がズーミングに際して変化する面から、光学系の最後面または、後方に隣接するレンズとの間隔がズーミングに際して変化する面までを言う。また本発明のズームレンズを有する撮像装置は、撮像素子とフォーカス用のレンズ群を光軸方向に振動駆動させてデフォーカス方向を検知するデフォーカス方向検知手段を有している。更に撮像素子から得られる画像情報を元に合焦となるフォーカス用のレンズ群の位置を演算する演算手段を有している。

【００６０】
以下、各実施例におけるレンズ構成について説明する。実施例１は物体側より像側へ順に、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、正の屈折力の第３レンズ群、負の屈折力の第４レンズ群、開口絞りＳＰを含む正の第５レンズ群、正の屈折力の第６レンズ群よりなる６群ズームレンズである。変倍比７．０倍のポジティブリードタイプである。レンズ群ＦＡは第４レンズ群Ｌ４であり、レンズ群ＦＢは第３レンズ群Ｌ３である。前方レンズ系ＬＦは第１レンズ群と第２レンズ群Ｌ２である。後方レンズ群ＬＲは第５レンズ群Ｌ５と第６レンズ群Ｌ６である。

【００６１】
フォーカス用のレンズ群ＦＡは１つのレンズよりなり、小型軽量化を達成している。マクロ用のレンズ群ＦＢは１つのレンズよりなり、全系の小型化軽量化を容易にしている。望遠端のズーム位置以外のズーム位置において、レンズ群ＦＢを物体側に移動し、かつレンズ群ＦＡも同様にレンズ群ＦＢ側に間隔を詰めるように移動させることで、レンズ群ＦＡの移動量を増やしている。そして通常時の撮影可能な物体距離（近距離）よりも至近側へのフォーカスを容易にしている。即ち、マクロ撮影を行っている。

【００６２】
それにより、例えば数値実施例１に記す中間ズーム域においては、最短撮影距離を０．３９ｍから０．２８ｍまで短縮し、かつ最大撮影倍率も０．２９倍から０．３４倍まで増加させている。また、マクロ撮影モードにおいて効率的に至近側にフォーカスを行っている。またレンズ群ＦＢとレンズ群ＦＡの合成レンズ群のパワーを緩くし、他の変倍レンズ群のパワー配置に影響を与えることなく高性能化を達成している。

【００６３】
また、正の屈折力のレンズ群Ｌｐ（レンズ群ＦＢ）と負の屈折力のレンズ群Ｌｎ（レンズ群ＦＡ）がペアで配置されているため、それぞれのパワーを共に強めることができ、それによりレンズ群ＦＡのフォーカス駆動量を小さくしている。

【００６４】
広角端と望遠端で共に、レンズ群Ｌｐとレンズ群Ｌｎのレンズ群間を効果的にアフォー

カルな関係にし、フォーカシングでの球面収差と軸上色収差の変動を小さくするとともに全系の小型化を図りつつ、高性能を達成している。レンズ群Ｌｎでアフォーカル光束を発散光束にした後、再び像面に収束させるにあたり、全系の効果及び高性能化を効果的に達成している。

【００６５】

次に、広角端から望遠端へのズーミングに際し、レンズ群ＦＡはレンズ群ＦＢに対して相対的に像側に移動している。それにより、フォーカス用のレンズ群ＦＡが移動するスペースをズーミングにおいても有効利用しており、全系の小型化と高性能化を図っている。

【００６６】

実施例２は、物体側より像側へ順に、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、負の屈折力の第３レンズ群Ｌ３、開口絞りＳＰを含む正の屈折力の第４レンズ群Ｌ４、正の屈折力の第５レンズ群Ｌ５で構成される５群ズームレンズである。実施例２はズーム比３．０のネガティブリードタイプである。レンズ群Ｌｐは第２レンズ群Ｌ２であり、レンズ群Ｌｎは第３レンズ群Ｌ３である。レンズ群ＦＡは第３レンズ群Ｌ３であり、レンズ群ＦＢは第２レンズ群Ｌ２である。前方レンズ系ＬＦは第１レンズ群Ｌ１である。後方レンズ系ＬＲは第４レンズ群Ｌ４と第５レンズ群Ｌ５である。

【００６７】

フォーカス用のレンズ群ＦＡは１つのレンズよりなり、小型軽量化を達成している。全系のマクロ用のレンズ群ＦＢは１つのレンズよりなり、全系の小型化軽量化を容易にしている。また、図５に示すように、望遠端のズーム位置以外のズーム位置において、レンズ群ＦＢを物体側に移動し、かつレンズ群ＦＡも同様にレンズ群ＦＢ側に間隔を詰めるように移動させることで、レンズ群ＦＡの移動量を増やしている。そして通常時の撮影可能な物体距離よりも至近側へのフォーカスを容易にしている。

【００６８】

それにより、例えば数値実施例２に記す中間ズーム域においては、最短撮影距離を０．３０ｍから０．２０ｍまで短縮し、かつ最大撮影倍率も０．２８倍から０．４４倍まで増加させている。レンズ群ＦＡ、レンズ群ＦＢ、その他のレンズ群における働きは、実施例１と同様である。

【００６９】

実施例３は、レンズ群の数、レンズ群の屈折力の符号は実施例１と同じである。実施例３はズーム比５．６のポジティブリードタイプの６群ズームレンズである。レンズ群Ｌｐは第３レンズ群Ｌ３であり、レンズ群Ｌｎは第４レンズ群Ｌ４である。レンズ群ＦＡは第３レンズ群Ｌ３であり、レンズ群ＦＢは第４レンズ群Ｌ４である。前方レンズ系ＬＦは第１レンズ群Ｌ１と第２レンズ群Ｌ２である。後方レンズ系ＬＲは第５レンズ群Ｌ５と第６レンズ群Ｌ６である。フォーカス用のレンズ群ＦＡは１つのレンズよりなり、小型軽量化を達成している。

【００７０】

全系のマクロ用のレンズ群ＦＢは１つのレンズよりなり、全系の小型化軽量化を容易にしている。望遠端のズーム位置以外のズーム位置においてレンズ群ＦＢを像側に移動し、かつレンズ群ＦＡも同様にレンズ群ＦＢ側に間隔を詰めるように移動させることで、レンズ群ＦＡの移動量を増やしている。そして、通常時の撮影可能な物体距離よりも至近側へのフォーカスを容易にしている。それにより、例えば数値実施例３に記す中間ズーム域においては、最短撮影距離を０．５０ｍから０．２５ｍまで短縮し、かつ最大撮影倍率も０．２１倍から０．３０倍まで増加させている。

【００７１】

また、マクロ撮影モードにおいて効率的に至近側にフォーカスを行っている。またレンズ群ＦＡとレンズ群ＦＢの合成レンズ群のパワーを緩くし、他の変倍レンズ群のパワー配置に影響を与えることなく高性能化を達成している。また、正の屈折力のレンズ群Ｌｐ（レンズ群ＦＡ）と負の屈折力のレンズ群Ｌｎ（レンズ群ＦＢ）がペアで配置されているため、それぞれのパワーを共に強めることができ、それによりレンズ群ＦＡのフォーカス駆

動量を小さくしている。

【００７２】

広角端と望遠端で共に、レンズ群Ｌｐとレンズ群Ｌｎのレンズ群間を効果的にアフォーカルな関係にし、フォーカシングでの球面収差と軸上色収差の変動を小さくするとともに全系の小型化を図りつつ高性能を達成している。レンズ群Ｌｎでアフォーカル光束を発散光束にした後、再び像面に収束させるにあたり、全系の小型化及び高性能化を効果的に達成している。

【００７３】

次に、広角端から望遠端へのズーミングに際し、レンズ群ＦＡはレンズ群ＦＢに対して相対的に物体側に移動している。それにより、フォーカス用のレンズ群ＦＡが移動するスペースをズーミングにおいても有効利用しており、全系の小型化と高性能化を図っている。

【００７４】

以上、本発明の好ましい光学系の実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことは言うまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【００７５】

次に実施例１乃至３に示したズームレンズを撮像装置に適用した実施例を図１３を用いて説明する。本発明の撮像装置はズームレンズを含む交換レンズ装置と、交換レンズ装置とカメラマウント部を介して着脱可能に接続され、ズームレンズが形成する光学像を受光して、電気的な画像信号に変換する撮像素子を含むカメラ本体とを備えている。

【００７６】

図１３は一眼レフカメラの要部概略図である。図１３において、１０は実施例１乃至３のズームレンズ１を有する撮影レンズである。ズームレンズ１は保持部材である鏡筒２に保持されている。２０はカメラ本体であり、撮影レンズ１０からの光束を上方に反射するクイックリターンミラー３、撮影レンズ１０の像形成位置に配置された焦点板４より構成されている。更に、焦点板４に形成された逆像を正立像に変換するペンタダハプリズム５、その正立像を観察するための接眼レンズ６などによって構成されている。

【００７７】

７は感光面であり、ＣＣＤセンサやＣＭＯＳセンサ等のズームレンズによって形成される像を受光する固体撮像素子（光電変換素子）や銀塩フィルムが配置される。撮影時にはクイックリターンミラー３が光路から退避して、感光面７上に撮影レンズ１０によって像が形成される。実施例１乃至３にて説明した利益は、本実施例に開示したような撮像装置において効果的に享受される。また本発明のズームレンズはクイックリターンミラーのない、ミラーレスのカメラにも同様に適用することができる。またプロジェクター用の画像投射光学系に適用することもできる。

【００７８】

以下に実施例１乃至３に対応する数値実施例１乃至３を示す。各数値実施例においてｉは物体側からの面の順番を示す。数値実施例においてｒｉは物体側より順に第ｉ番目のレンズ面の曲率半径、ｄｉは物体側より順に第ｉ番目のレンズ厚及び空気間隔、ｎｄｉとνｄｉは各々物体側より順に第ｉ番目のレンズの材料の屈折率とアッベ数である。ＢＦはバックフォーカスである。また、Ｋ、Ａ４、Ａ６、Ａ８、Ａ１０、Ａ１２は非球面係数であり、非球面の形状は、レンズ面と光軸との交点を原点、光の進行方向を正としたとき、光軸方向の位置Ｘ、光軸と垂直方向の位置Ｈより以下の式で表される。

【数１】

$$X=\frac{(1/R)H^2}{1+\sqrt{1-(1+K)(H/R)^2}}+A4\times H^4++A6\times H^6+A8\times H^8+A10\times H^{10}+A12\times H^{12}$$

但し、Ｒは近軸曲率半径である。また、「ｅ－０Ｘ」は「$\times 10^{-x}$」を意味している。

【００７９】

　また、焦点距離、Ｆナンバー等のスペックに加え、像高は半画角を決定する最大像高、レンズ全長は第１レンズ面から像面までの距離である。バックフォーカスＢＦは最終レンズ面から像面までの長さを示している。また、各レンズ群データは、各レンズ群の焦点距離、光軸上の長さ、前側主点位置、後側主点位置を表している。また、各光学面の間隔ｄが（可変）となっている部分は、ズーミングに際して変化するものであり、別表に焦点距離に応じた面間隔を記している。また、中間ズーム域におけるマクロ撮影モードの最至近時の面間隔も記す。

【００８０】

　尚、以下に記載する数値実施例１乃至３のレンズデータ及びそれに基づく、各条件式の計算結果を表１に示す。

【００８１】

（数値実施例１）

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd	有効径
1	145.014	1.90	1.84666	23.9	52.74
2	75.625	0.57			49.07
3	86.624	6.05	1.49700	81.5	49.08
4	-445.367	0.15			48.79
5	56.306	5.81	1.60311	60.6	47.07
6	322.502	(可変)			46.35
7	222.991	1.45	1.91082	35.3	32.59
8	17.292	7.31			25.42
9	-65.935	1.20	1.83481	42.7	25.22
10	68.708	0.15			25.14
11	31.289	7.31	1.84666	23.9	25.62
12	-37.639	1.10	1.77250	49.6	24.98
13	117.550	(可変)			23.81
14	89.144	1.83	1.80518	25.4	14.52
15	-77.202	(可変)			14.45
16	-34.930	0.70	1.90366	31.3	14.42
17	734.301	(可変)			14.72
18	26.119	3.64	1.60311	60.6	15.94
19	-51.299	0.89			15.76
20(絞り)	∞	2.00			15.41
21	24.766	4.62	1.60311	60.6	14.87
22	-28.318	0.75	1.84666	23.9	13.99
23	102.554	3.68			13.58
24	-57.996	0.70	1.74950	35.3	12.65
25	15.282	2.36	1.84666	23.9	12.47
26	37.771	(可変)			12.31
27*	68.144	2.92	1.80139	45.5	14.97
28	-75.897				15.56

【００８２】

非球面データ

第27面

K = 0.00000e+000　A 4=-2.70632e-005　A 6= 2.37272e-008　A 8=-1.95884e-009

A10= 2.50989e-011　A12=-1.32573e-013

	広角	中間	望遠	
焦点距離	18.60	89.99	130.48	
Fナンバー	3.51	5.54	5.88	
半画角（度）	36.29	8.63	5.98	
像高	13.66	13.66	13.66	
レンズ全長	139.03	177.79	188.50	
BF	35.60	67.25	72.22	
				中間（マクロ撮影モード最至近）
d 6	0.90	37.56	46.00	37.56
d13	30.20	4.00	1.50	1.50
d15	2.89	6.77	8.40	1.30
d17	6.56	2.68	1.05	10.65
d26	5.79	2.44	2.24	2.44

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	95.96	14.48	4.70	-4.72
2	7	-19.28	18.52	1.35	-11.72
3	14	51.64	1.83	0.55	-0.47
4	16	-36.88	0.70	0.02	-0.35
5	18	33.34	18.63	-11.68	-18.50
6	27	45.21	2.92	0.77	-0.86

【００８３】
（数値実施例２）

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd	有効径
1	59.153	1.45	1.91082	35.3	33.81
2	21.083	6.63			28.80
3	-189.528	1.20	1.77250	49.6	28.61
4	44.877	4.61			27.81
5	39.612	7.47	1.68893	31.1	28.56
6	-43.204	0.15			28.12
7	-99.788	1.10	1.77250	49.6	26.79
8	75.818	(可変)			25.83
9	75.409	1.99	1.60311	60.6	15.26
10	-67.580	(可変)			15.39
11	-35.776	0.80	1.77250	49.6	15.53
12	395.044	(可変)			15.89
13	20.363	3.63	1.60311	60.6	17.11
14	-148.450	1.29			16.92
15(絞り)	∞	2.00			16.52
16	18.825	4.21	1.51633	64.1	15.61
17	-164.585	0.75	1.83400	37.2	14.52
18	55.973	3.27			14.03

19	-47.316	0.70	1.80000	29.8	12.95
20	29.966	(可変)			12.64
21*	59.909	2.98	1.85400	40.4	13.95
22	-55.591				14.51

【００８４】
非球面データ
第21面
K = 0.00000e+000 A 4=-4.00663e-005 A 6=-7.71956e-008 A 8=-1.69607e-009
A10= 3.90928e-011 A12=-4.01481e-013

	広角	中間	望遠	中間（マクロ撮影モード最至近）
焦点距離	18.60	45.00	55.00	
Fナンバー	3.40	5.19	5.92	
半画角（度）	36.29	16.89	13.95	
像高	13.66	13.66	13.66	
レンズ全長	128.58	122.20	128.52	
BF	35.60	64.23	74.99	
d 8	38.98	5.66	1.50	1.50
d10	4.14	5.30	5.45	1.30
d12	2.37	1.20	1.05	9.36
d20	3.27	1.59	1.30	1.59

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-32.44	22.61	0.28	-18.33
2	9	59.41	1.99	0.66	-0.59
3	11	-42.43	0.80	0.04	-0.41
4	13	42.11	15.85	-20.45	-21.74
5	21	34.17	2.98	0.84	-0.78

【００８５】
（数値実施例３）

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd	有効径
1	101.577	1.90	1.90366	31.3	60.06
2	56.271	8.88	1.49700	81.5	57.59
3	489.433	0.15			57.10
4	52.191	8.12	1.56384	60.7	54.61
5	386.718	(可変)			53.73
6	162.116	1.45	1.91082	35.3	30.33
7	15.793	7.00			23.48
8	-53.066	1.20	1.77250	49.6	23.28
9	64.052	0.15			23.20
10	30.506	6.32	1.84666	23.8	23.57
11	-43.100	1.10	1.83481	42.7	22.97

12	72.408	(可変)			22.08
13	194.478	3.14	1.72047	34.7	21.68
14	-36.325	(可変)			21.59
15	-42.115	1.00	1.91082	35.3	20.70
16	-175.634	(可変)			20.57
17	20.653	3.51	1.60311	60.6	16.20
18	-618.632	1.45			15.71
19(絞り)	∞	2.00			15.09
20	26.111	4.06	1.58913	61.1	14.54
21	-38.155	0.75	1.84666	23.8	13.73
22	66.501	3.41			13.33
23	-44.510	0.70	1.74950	35.3	12.79
24	17.316	2.26	1.84666	23.8	12.93
25	42.714	(可変)			12.98
26*	68.423	3.16	1.69350	53.2	13.99
27	-38.424				14.53

【００８６】
非球面データ
第26面
K = 0.00000e+000 A 4=-3.67102e-005 A 6= 2.24461e-008 A 8=-3.50753e-009
A10= 7.16655e-011 A12=-5.61948e-013

	広角	中間	望遠	中間（マクロ撮影モード最至近）
焦点距離	18.60	69.98	104.93	
Fナンバー	3.41	4.80	5.88	
半画角（度）	36.30	11.04	7.42	
像高	13.66	13.66	13.66	
レンズ全長	139.08	173.72	185.57	
BF	36.93	58.12	74.00	
d 5	0.90	37.45	40.57	37.45
d12	4.84	1.91	1.80	12.23
d14	2.10	5.03	5.14	1.30
d16	29.07	7.64	1.05	1.05
d25	3.52	1.86	1.30	1.86

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	100.11	19.05	4.53	-7.82
2	6	-14.85	17.23	2.45	-9.17
3	13	42.73	3.14	1.55	-0.29
4	15	-61.04	1.00	-0.17	-0.69
5	17	53.99	18.13	-23.11	-25.74
6	26	35.92	3.16	1.21	-0.68

【００８７】

【表１】

条件式		数値実施例 1	数値実施例 2	数値実施例 3
	レンズタイプ	正負正負正正	負正負正正	正負正負正正
	フォーカス	第 4 レンズ群	第 3 レンズ群	第 3 レンズ群
	Fw	18.600	18.600	18.600
	Ft	130.480	55.000	104.930
	Fn	-36.880	-42.430	-61.040
	Fp	51.640	59.410	42.730
	Ffw	-26.543	-32.437	-20.061
	Fft	-75.185	-32.437	-43.179
	Frw	28.181	28.534	32.621
	Frt	26.424	27.463	31.448
（1）	-fFB/fFA（数値実施例 2 は -Fn/Fp）	1.400	1.400	1.429
（2）	βnw	-0.200	-0.337	0.283
（3）	βnt	0.049	0.079	0.268
（4）	-Ffw/Fp	0.514	0.546	0.469
（5）	-Fft/Fp	1.456	0.546	1.011
（6）	-Frw/Fn	0.764	0.672	0.534
（7）	-Frt/Fn	0.716	0.647	0.515

【符号の説明】

【００８８】

Ｌ１　第１レンズ群　　　Ｌ２　第２レンズ群　　　Ｌ３　第３レンズ群

Ｌ４　第４レンズ群　　　Ｌ５　第５レンズ群　　　Ｌ６　第６レンズ群

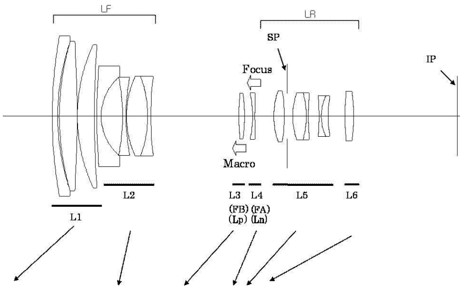
ＳＰ　開口絞り　　　Ｌｐ正の屈折力のレンズ群　　　Ｌｎ　負の屈折力のレンズ群

ＦＡ　レンズ群ＦＡ　　　ＦＢ　レンズ群ＦＢ

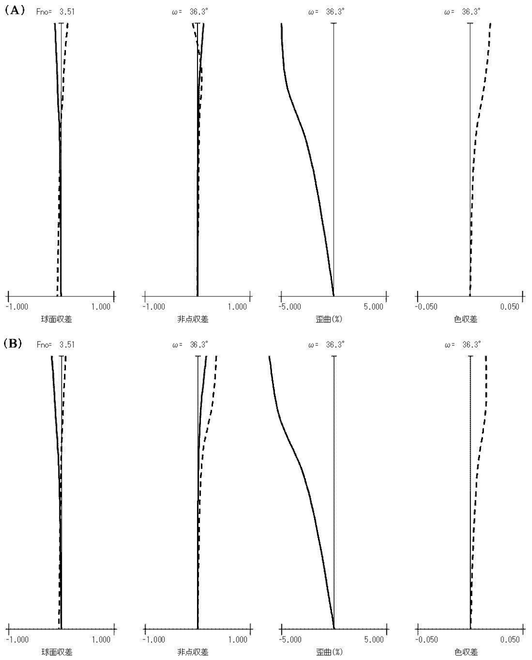
Focus　レンズ群ＦＡのフォーカシングの際の移動方向

Macro　レンズ群ＦＢのマクロ撮影モードにする際の移動方向

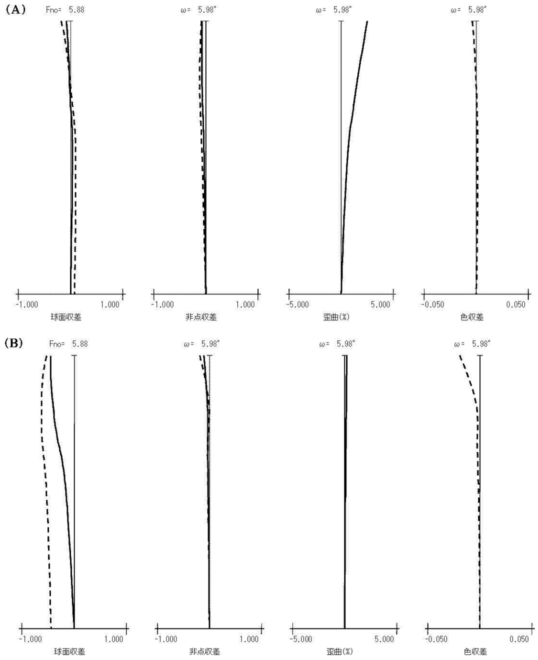
【図１】


LF
LR
SP
Focus
IP
Macro
L1
L2
L3
L4
L5
L6
(FB) (FA)
(Lp) (Ln)

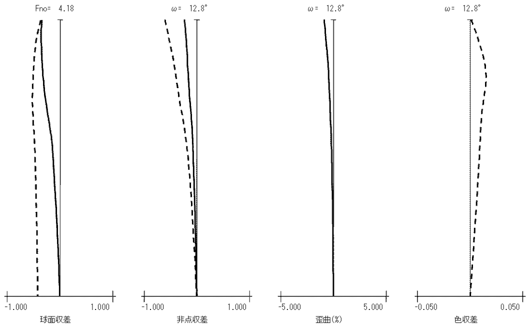
【図２】


(A)
Fno= 3.51
ω= 36.3°
ω= 36.3°
ω= 36.3°
-1.000 1.000
球面収差
-1.000 1.000
非点収差
-5.000 5.000
歪曲(%)
-0.050 0.050
色収差
(B)
Fno= 3.51
ω= 36.3°
ω= 36.3°
ω= 36.3°
-1.000 1.000
球面収差
-1.000 1.000
非点収差
-5.000 5.000
歪曲(%)
-0.050 0.050
色収差

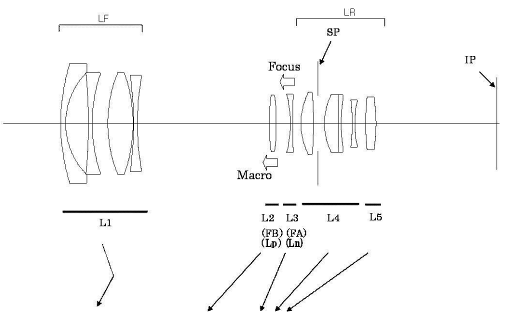
【図３】


(A)
Fno= 5.88
ω= 5.98°
ω= 5.98°
ω= 5.98°
-1.000 1.000
球面収差
-1.000 1.000
非点収差
-5.000 5.000
歪曲(%)
-0.050 0.050
色収差
(B)
Fno= 5.88
ω= 5.98°
ω= 5.98°
ω= 5.98°
-1.000 1.000
球面収差
-1.000 1.000
非点収差
-5.000 5.000
歪曲(%)
-0.050 0.050
色収差

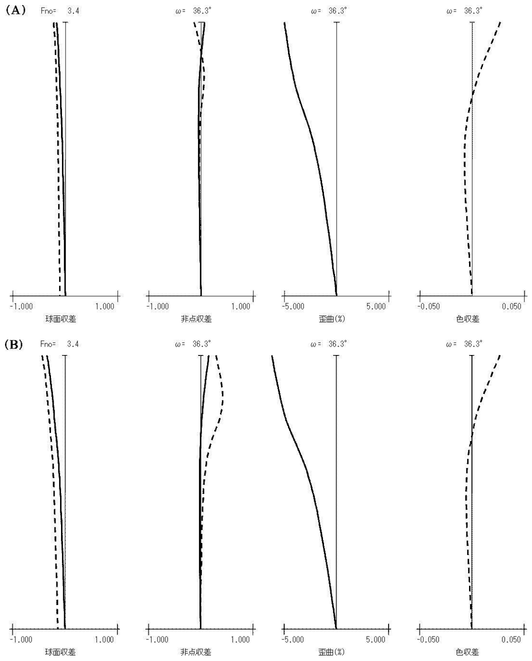
【図４】


Fno= 4.18
ω= 12.8°
ω= 12.8°
ω= 12.8°
-1.000 1.000
球面収差
-1.000 1.000
非点収差
-5.000 5.000
歪曲(%)
-0.050 0.050
色収差

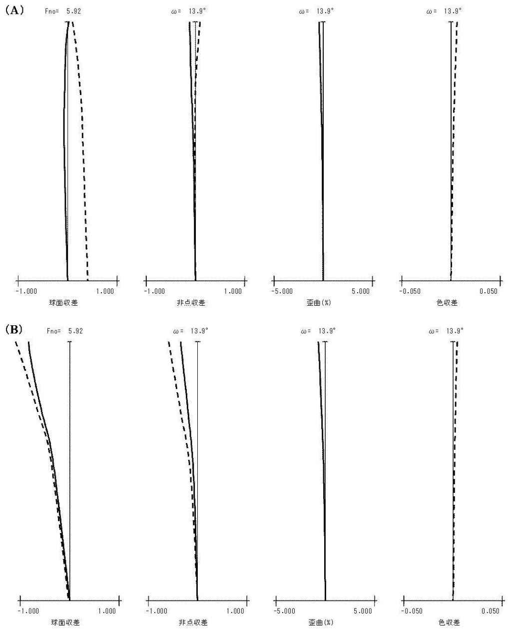
【図５】


LF
LR
SP
Focus
IP
Macro
L1
L2
L3
L4
L5
(FB) (FA)
(Lp) (Ln)

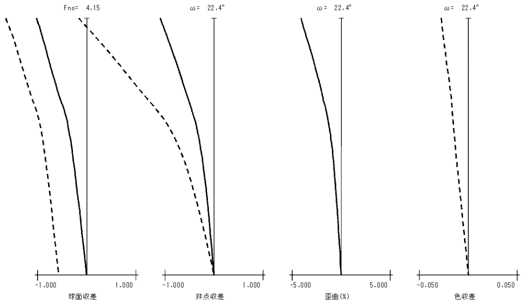
【図６】



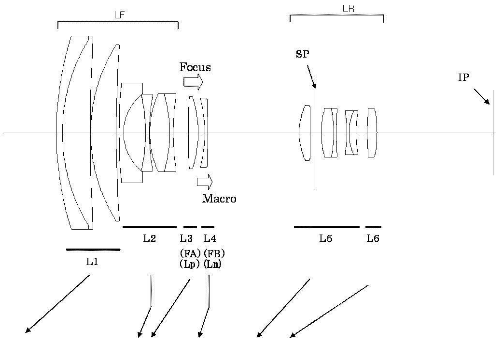
【図７】



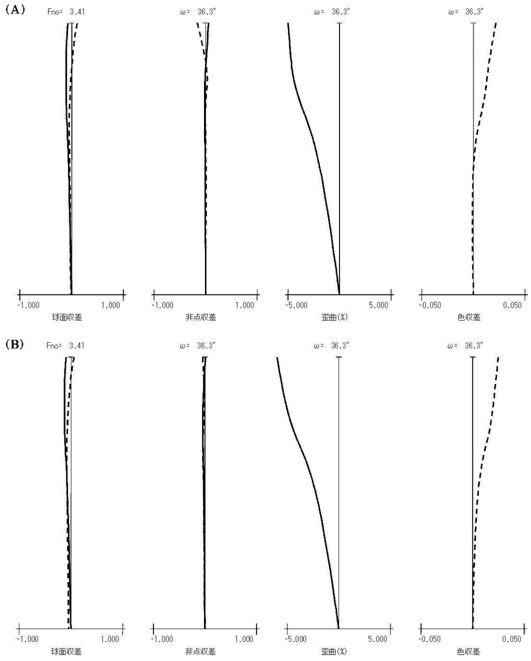
【図８】



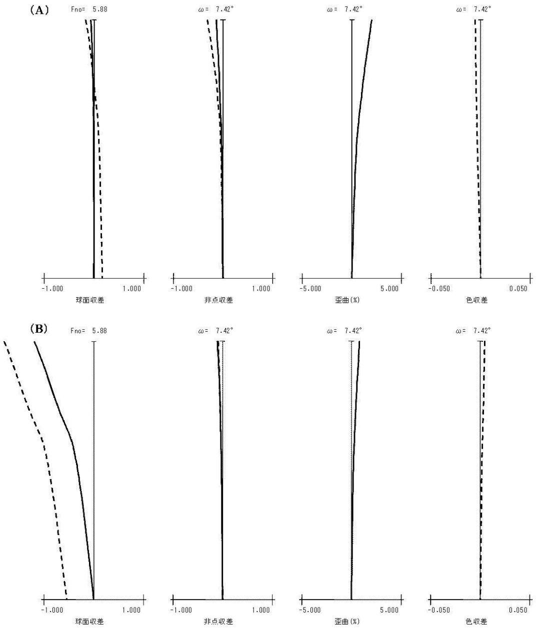
【図９】



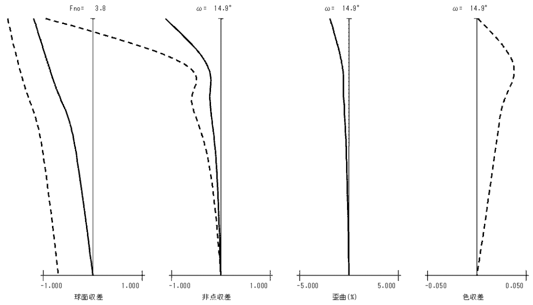
【図１０】



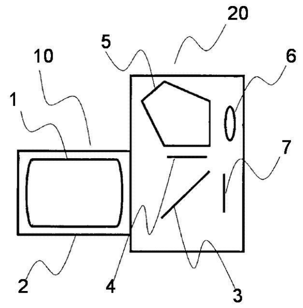
【図１１】


(A)
Fno= 5.88
ω= 7.42°
ω= 7.42°
ω= 7.42°
-1.000
1.000
球面収差
-1.000
1.000
非点収差
-5.000
5.000
歪曲(%)
-0.050
0.050
色収差
(B)
Fno= 5.88
ω= 7.42°
ω= 7.42°
ω= 7.42°
-1.000
1.000
球面収差
-1.000
1.000
非点収差
-5.000
5.000
歪曲(%)
-0.050
0.050
色収差

【図１２】


Fno= 3.8
ω= 14.9°
ω= 14.9°
ω= 14.9°
-1.000
1.000
球面収差
-1.000
1.000
非点収差
-5.000
5.000
歪曲(%)
-0.050
0.050
色収差

【図１３】


20
5
10
6
1
7
2
4
3

フロントページの続き

(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