

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-148056

(P2007-148056A)

(43) 公開日 平成19年6月14日(2007.6.14)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 15/20 (2006.01)	G02B 15/20	2H044
G02B 15/167 (2006.01)	G02B 15/167	2H087
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	
G02B 7/10 (2006.01)	G02B 7/10	Z
G03B 5/00 (2006.01)	G03B 5/00	J
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 48 頁)		

(21) 出願番号 特願2005-343158 (P2005-343158)
 (22) 出願日 平成17年11月29日(2005.11.29)

(71) 出願人 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 100110412
 弁理士 藤元 亮輔
 (74) 代理人 100104628
 弁理士 水本 敦也
 (72) 発明者 西尾 彰宏
 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
 (72) 発明者 山崎 真司
 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
 Fターム(参考) 2H044 DA03

最終頁に続く

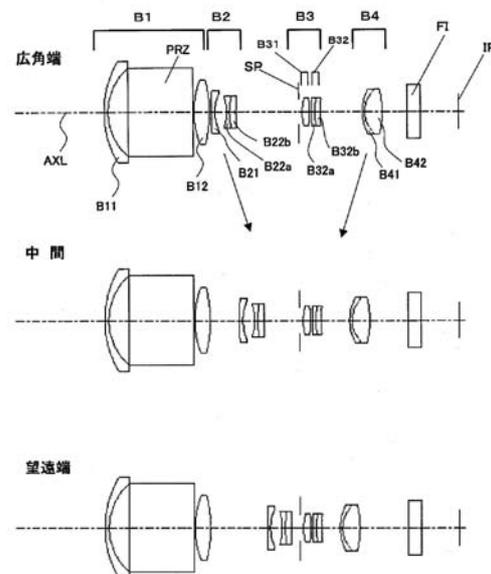
(54) 【発明の名称】ズーム光学系

(57) 【要約】

【課題】反射部材を含み、光学的な像変位作用を有する光学系であって、必要な変倍比を得ることができるとともに像変位に伴う画質の劣化が少ないズーム光学系を実現する。

【解決手段】ズーム光学系は、物体側から像側に順に、正の光学的パワーを有する第1レンズユニットB1、負の光学的パワーを有する第2レンズユニットB2、正の光学的パワーを有する第3レンズユニットB3および正の光学的パワーを有する第4レンズユニットB5とを有する。変倍に際しては、少なくとも第2および第4レンズユニットが光軸方向に移動する。また、第1レンズユニット内に反射部材PRZを有する。第3レンズユニットは、その一部若しくは全体が光軸に対して偏心移動することで像位置を変位させる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像側に順に、正の光学的パワーを有する第 1 レンズユニット、負の光学的パワーを有する第 2 レンズユニット、正の光学的パワーを有する第 3 レンズユニットおよび正の光学的パワーを有する第 4 レンズユニットとを有し、

変倍に際して少なくとも前記第 2 および第 4 レンズユニットが光軸方向に移動し、

前記第 1 レンズユニット内に反射部材を有し、

前記第 3 レンズユニットは、その一部若しくは全体が光軸に対して偏心移動することで像位置を変位させることを特徴とするズーム光学系。

【請求項 2】

前記第 3 レンズユニットは、正の光学的パワーを有する第 3 - 1 レンズサブユニットと、該第 3 - 1 レンズサブユニットよりも像側に配置された負の光学的パワーを有する第 3 - 2 レンズサブユニットとを有し、

前記第 3 - 2 レンズサブユニットが偏心移動することを特徴とする請求項 1 に記載のズーム光学系。

【請求項 3】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 2 に記載のズーム光学系。

$$0.2 < F_w / F_3 < 0.5$$

$$0.18 < |F_{31} / F_{32}| < 0.55$$

但し、 F_w は該ズーム光学系の広角端での焦点距離、 F_3 は前記第 3 レンズユニットの焦点距離、 F_{31} 、 F_{32} はそれぞれ第 3 - 1 および第 3 - 2 レンズサブユニットの焦点距離である。

【請求項 4】

前記第 3 - 1 レンズサブユニットは、非球面を有する正の単レンズエレメントからなり、

前記第 3 - 2 レンズサブユニットは、負レンズエレメントと正レンズエレメントとが接合されて構成され、全体として負の光学的パワーを有することを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載のズーム光学系。

【請求項 5】

前記第 1 レンズユニットは、物体側から像側に順に、負の単レンズエレメント、前記反射部材および非球面を有する正の単レンズエレメントからなり、以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載のズーム光学系。

$$0.3 < |F_p / F_n| < 0.7$$

但し、 F_n は前記負の単レンズエレメントの焦点距離 ($F_n > 0$)、 F_p は前記正の単レンズエレメントの焦点距離である。

【請求項 6】

前記第 4 レンズユニットは、負レンズエレメントと 2 枚の正レンズエレメントとからなることを特徴とした請求項 1 から 5 のいずれか 1 つに記載のズーム光学系。

【請求項 7】

前記第 4 レンズユニットよりも像側に、負の光学的パワーを有する第 5 レンズユニットを有することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載のズーム光学系。

【請求項 8】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 つに記載のズーム光学系。

$$0.2 < F_w / F_1 < 0.4$$

$$0.55 < |F_w / F_2| < 1.2$$

$$0.1 < F_w / F_R < 0.5$$

但し、 F_w は該ズーム光学系の全系の広角端での焦点距離、 F_i ($i = 1, 2$) は第 i レンズユニットの焦点距離、 F_R は前記第 4 レンズユニット以降のレンズユニットの広角

10

20

30

40

50

端での焦点距離であることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 つに記載のズーム光学系。

【請求項 9】

前記第 2 および第 3 レンズユニットの間に配置された絞りを有することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 つに記載のズーム光学系。

【請求項 10】

前記像位置の変位による防振機能を有することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 つに記載のズーム光学系。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれか 1 つに記載のズーム光学系を有することを特徴とする光学機器。 10

【請求項 12】

請求項 1 から 10 のいずれか 1 つに記載のズーム光学系と、
該ズーム光学系により形成された被写体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、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置やレンズ装置等の光学機器に用いられるズーム光学系に関する。 20

【背景技術】

【0002】

近年、撮像素子を用いたデジタルスチルカメラやビデオカメラ用の撮影レンズとして、よりコンパクトで高性能なズーム光学系が要求されている。特にデジタルスチルカメラにおいては、撮影者の携帯性を重視した、より薄型のカメラが望まれる傾向にある。

【0003】

このため、ズーム光学系中に光軸を略 90° 偏向する（折り曲げる）反射部材を配することにより、被写体方向における光学的厚みを抑えたカメラが提案されている（特許文献 1, 2 参照）。

【0004】

一方、光学系内部に反射部材を持たない通常のズーム光学系において、手振れ等の振動に起因した像振れを補正する機能（防振機能）を有するものが従来数多く提案されている。 30

【0005】

薄型のカメラにおいては、ある程度の厚みを有するカメラに比べて不安定なホールド状態になり易い。また、ポケットから片手で取り出してそのまま迅速に撮影を行う等という使い方がされることが多い。これらの理由により、薄型カメラでは、撮影時に手振れが発生し易い。したがって、特にこのような薄型カメラには、防振機能が重要である。

【0006】

通常のズーム光学系であって防振機能を有するものは、特許文献 3 ~ 5 に開示されている。 40

【0007】

特許文献 3 には、物体側から正、負、正、正の 4 つのレンズユニットにより構成され、防振機能を有するズーム光学系が開示されている。このズーム光学系では、第 3 レンズユニットを物体側と像側の 2 つの正レンズサブユニットに分離し、像側の正レンズサブユニットを光軸に直交する方向に偏心移動させて防振を行う。

【0008】

また、特許文献 4 には、物体側から正、負、正、正又は正、負、正、正、負の 4 若しくは 5 つのレンズユニットにより構成され、第 2 レンズユニットの一部を光軸に直交する方向に偏心させて防振を行うものが開示されている。 50

【0009】

さらに、特許文献5には、主にビデオカメラ用レンズとして、第1レンズユニットと第3レンズユニットを不動とした正、負、正、正の4つのレンズユニットにより構成されるズーム光学系であって防振機能を有するものが開示されている。このズーム光学系では、第3レンズユニットの一部を光軸と直交する方向に偏心移動させて防振を行う。

【特許文献1】特開2004-37967公報(段落0015~0016、図1~5)

【特許文献2】特開2004-69808公報(段落0085~0094、図1~5)

【特許文献3】特開平9-230236号公報(段落0067~0071、図1, 5, 8, 11, 15)

【特許文献4】特開平9-230237号公報(段落0064~0069、図1, 5, 9, 13)

【特許文献4】特開平10-232420号公報(段落0019~0020、図1)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、前述した特許文献3~5にて開示された防振機能を有するズーム光学系は何れも反射部材を持っておらず、反射部材を含み、かつレンズの偏心移動によって像変位が行われるズーム光学系の具体的提案はなされていない。

【0011】

一般に、光学系の一部を構成するレンズを光軸に直交する方向に偏心させて防振を行う光学系においては、比較的容易に像振れを補正することができる利点を有する。しかし、レンズを移動させる駆動機構を必要とすること、また防振動作における偏心収差の発生量が多くなるという問題がある。

【0012】

像変位を行わせるレンズユニットの構成レンズ枚数が多く、該レンズユニットの重量が大きい場合、それを電氣的に駆動するのに大きなトルクが必要となる。また、レンズユニットの偏心量と像変位量との関係を適切に設定する必要がある。例えば、大きな振れに対する防振効果を得るためにレンズユニットの移動量を大きくしすぎると、駆動機構および光学系全体が大型化する。一方、レンズユニットの移動量が小さすぎると、該レンズユニットの電氣的および機械的な位置制御を正確に行うことが困難になる。

【0013】

したがって、像変位時に光学的な性能劣化が少なく、同時に像変位のために駆動するレンズユニットの電氣的および機械的な良好な制御特性を得るために、該レンズユニットの光学的配置を工夫する必要がある。

【0014】

本発明は、反射部材を含み、光学的な像変位作用を有する光学系であって、必要な変倍比を得ることができるとともに像変位に伴う画質の劣化が少ないズーム光学系を提供することを目的の1つとしている。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の一側面としてのズーム光学系は、物体側から像側に順に、正の光学的パワーを有する第1レンズユニット、負の光学的パワーを有する第2レンズユニット、正の光学的パワーを有する第3レンズユニットおよび正の光学的パワーを有する第4レンズユニットとを有する。変倍に際しては、少なくとも第2および第4レンズユニットが光軸方向に移動する。また、第1レンズユニット内に反射部材を有する。そして、第3レンズユニットは、その一部若しくは全体が光軸に対して偏心移動することで像位置を変位させることを特徴とする。

【0016】

なお、該ズーム光学系を備えた光学機器や撮像装置も本発明の一側面を構成する。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

【0017】

本発明によれば、第1レンズユニット内に配置された反射部材より光軸を折り曲げることと全体として薄型でありながらも、第3レンズユニットの一部又は全体の偏心移動による像変位作用を有するズーム光学系を実現できる。特に、高変倍比に適した正、負、正、正の光学構成において、一般に絞りに隣接して配置される第3レンズユニットを偏心移動させることにより、偏心移動するレンズユニットおよびこれを駆動する駆動機構の小型化を図ることができる。しかも、第3レンズユニットを偏心移動させることで、他のレンズユニットを偏心移動させる場合に比べて、像変位に伴う画質劣化を少なくすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0018】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【0019】

図1, 6, 11, 16, 21に示すように、本発明の実施例1~5であるズーム光学系は、物体側(図2左側)から像側(図の右側)に順に、第1, 第2, 第3および第4レンズユニットB1, B2, B3, B4を有する。第1レンズユニットB1は、正の屈折力(光学的パワー、すなわち焦点距離の逆数)を有し、第2レンズユニットB2は、負の屈折力を有する。第3レンズユニットB3は、正の屈折力を有し、第4レンズユニットB4は、正の屈折力を有する。図中のSPは絞りであり、実施例1~5では、第2および第3レンズユニットB2, B3の間であって、第3レンズユニットB3に隣接する位置に配置されている。

20

【0020】

また、実施例3~5では、第4レンズユニットB4よりも像側に、負の屈折力を有する第5レンズユニットB5が配置されている。FIは光学フィルタ等のダミーガラス、IPは該ズーム光学系の像面である。

【0021】

そして、各実施例のズーム光学系では、変倍の際に、少なくとも第2レンズユニットB2および第4レンズユニットB4が光軸方向に移動する。

【0022】

また、各実施例は、第1レンズユニットB1中に、光軸AXLを偏向させる反射部材PRZを有する。ここで、光軸AXLは、第1レンズユニットB1、第2レンズユニットB2および第4レンズユニットB4の中心を通る光線が辿る経路に一致する。

30

【0023】

また、反射部材PRZは、入射面、内部反射面および射出面を有する透明体(プリズム)により形成されている。入射面から反射部材PRZ内に入射した光束は、内部反射面でほぼ全反射して射出面から射出する。反射部材PRZによる光軸AXLの偏向角度は、該ズーム光学系の薄型化の観点からは90°が最も望ましいが、本発明においては90°に限定されるものではない。

【0024】

さらに、各実施例では、第3レンズユニットB3の一部若しくは全体を光軸AXLに対して偏心移動させることによって像面IP上での像位置を変位させる(以下、この作用を像変位作用という)ことを特徴とする。

40

【0025】

本実施例のように、物体側から正、負、正、正の4つのレンズユニットB1~B4により構成されるズーム光学系では、第2レンズユニットB2を光軸方向に移動させることにより、正の第1レンズユニットB1によって形成される像の変倍を行うことができる。この際、第1および第2レンズユニットB1, B2の合成屈折力により屈折した光線は発散してしまう。このため、続く第3レンズユニットB3に正の屈折力を与えることにより、該光線の発散と後続するレンズユニット径の増大を抑えることができる。

【0026】

50

そして、第4レンズユニットB4を正レンズユニットとすることにより、結像作用を与えると同時に、該第4レンズユニットB4の光軸方向移動によって、変倍に伴う像面変動の補正機能とフォーカス機能を実現する。

【0027】

このようなズーム光学系において、光軸AXL上の所定位置に固定された（不動の）第1レンズユニットB1中に、反射部材PRZを配置することにより、最も物体側のレンズ面から入射した光線を該レンズ面から短い距離内で偏向することができる。これにより、被写体方向におけるズーム光学系の厚みを抑えることができ、該ズーム光学系を撮影光学系として搭載するカメラの薄型化を実現できる。

【0028】

この場合において、第1レンズユニットB1は、物体側から像側に順に、負の単レンズエレメントB11と、上記反射部材PRZと、非球面を有する正の単レンズエレメントB12とにより構成し、以下の条件式(1)を満足するとよい。

【0029】

$$0.3 < |Fp / Fn| < 0.7 \quad \dots (1)$$

但し、Fnは負の単レンズエレメントB11の焦点距離（ $F_n > 0$ ）、Fpは正の単レンズエレメントB12の焦点距離である。

【0030】

これにより、第1レンズユニットB1の小径化とズーム光学系の薄型化を図りつつ、高い光学性能を実現できる。

【0031】

条件式(1)は、第1レンズユニットB1中の負の単レンズエレメントB11と正の単レンズエレメントB12との焦点距離の比（絶対値）の範囲を表す。 $|Fp / Fn|$ が条件式(1)の下限値を越えるように負の単レンズエレメントB11の屈折力が強くなりすぎると、第1レンズユニットB1全体の正の屈折力が弱くなるため、必要な焦点距離と変倍比を得るためにはレンズ全長が増大してしまい、好ましくない。

【0032】

また、 $|Fp / Fn|$ が条件式(1)の上限値を越えると、正の単レンズエレメントB12の屈折力が強くなりすぎ、非球面を用いても変倍全域で良好な球面収差とコマ収差の補正を行うことが困難となり、好ましくない。

【0033】

次に、像変位作用を得る場合には、第3レンズユニットB3全体を光軸AXLに対して偏心させる方法が考えられる。しかし、この方法では、ズーム光学系の適正な屈折力配置と、良好な制御性によって良好な画質を得ることが可能な光学配置条件とを両立させることが難しくなる。

【0034】

そこで、本実施例では、正の屈折力を有する第3レンズユニットB3を、物体側に配置した正の屈折力を有する第3-1レンズサブユニットB31と、これよりも像面側に配置した負の屈折力を有する第3-2レンズサブユニットB32とにより構成する。そして、第3-2レンズサブユニットB32を光軸AXLに対して直交する方向に偏心移動させることで像変位作用を得る。これにより、第3-1レンズサブユニットB31の屈折作用で発生する諸収差を、第3-2レンズサブユニットB32の負の屈折作用でキャンセルする。さらに、第3-2レンズサブユニットB32の偏心移動量を、制御性の良い像変位量を発生させる量に設定している。

【0035】

但し、本発明においては、第3レンズユニットの全体を偏心移動させてもよい。

【0036】

なお、ここにいう光軸AXLに対して直交する方向とは、完全な直交方向のみならず、光学性能上の許容範囲内で直交方向からずれた方向も含む意味である。また、本発明において、第3レンズユニットB3（第3-2レンズサブユニットB32）の偏心移動は光軸

10

20

30

40

50

に直交する面内での動きに限られず、例えば光軸上の1点を中心として回転するような動きであってもよい。

【0037】

第3-2レンズサブユニットB32を偏心移動させた場合の画質劣化を抑え、かつ該レンズサブユニットB32の小径化と軽量化を図り、その偏心駆動を容易とするには、以下の条件式(2)、(3)を満足するとよい。

【0038】

$$0.2 < F_w / F_3 < 0.5 \quad \dots (2)$$

$$0.18 < |F_{31} / F_{32}| < 0.55 \quad \dots (3)$$

但し、 F_w はズーム光学系の全系の広角端での焦点距離、 F_3 は第3レンズユニットB3の焦点距離である。また、 F_{31} 、 F_{32} はそれぞれ第3-1および第3-2レンズサブユニットB31、B32の焦点距離である。

10

【0039】

条件式(2)は、広角端でのズーム光学系の焦点距離と像変位作用のために偏心移動するレンズサブユニットB32を含む第3レンズユニットB3の屈折力の比を表している。

【0040】

F_w / F_3 が条件式(2)の下限値を越えるように第3レンズユニットB3の屈折力が弱いと、一定の焦点距離と変倍比を確保するためにはズーム光学系の全長が増大してしまうため、好ましくない。

【0041】

また、 F_w / F_3 が条件式(2)の上限値を越えると、第3レンズユニットB3の屈折力が強くなりすぎて、負の強い球面収差が発生し、変倍全域において他のレンズユニットによりこれを良好に補正することが困難となるので、好ましくない。

20

【0042】

条件式(3)は、第3レンズユニットB3において不動の第3-1レンズサブユニットB31と偏心移動する第3-2レンズサブユニットB32との屈折力の比に関する条件を表している。この条件式を満足することにより、必要な像変位作用を得るための第3-2レンズサブユニットB32の移動量を抑えつつ、高画質を維持することができる。

【0043】

$|F_{31} / F_{32}|$ が条件式(3)の上限値を越えるように第3-2レンズサブユニットB32の負の屈折力が弱くなると、必要な像変位量を得るために第3-2レンズサブユニットB32の偏心移動量が増加するので、好ましくない。しかも、偏心移動時においても必要な周辺光量を得るために、第3-2レンズサブユニットB32の径が増大してしまうという問題もある。

30

【0044】

一方、 $|F_{31} / F_{32}|$ が条件式(3)の下限値を越えると、第3-2レンズサブユニットB32の負の屈折力が大きくなると同時に、第3レンズユニットB3内での第3-1レンズサブユニットB31の正の屈折力を強くしなければならない。第3-1レンズサブユニットB31の正の屈折力が強くなると、高次の球面収差やコマ収差が大きくなり発生し、像変位時の収差補正が困難となるので、好ましくない。

40

【0045】

さらに、高画質の維持と偏心駆動の制御性との良好なバランスをとり、設計し易くするためには、条件式(2)、(3)の数値範囲を以下の条件式(2)'、(3)'ように変更するとよい。

【0046】

$$0.25 < F_w / F_3 < 0.4 \quad \dots (2)'$$

$$0.25 < |F_{31} / F_{32}| < 0.45 \quad \dots (3)'$$

また、第3-1レンズサブユニットB31は、ズーム光学系の全長の短縮と変倍全域での良好な光学性能とを得るために、非球面を有した正の単レンズエレメントで構成するのが望ましい。

50

【0047】

そして、第3 - 2レンズサブユニットB 3 2を、負レンズエレメントB 3 2 aと正レンズエレメントB 3 2 bとを接合した接合レンズとして構成し、全体として負の屈折力を与えてもよい。これにより、像変位作用のために第3 - 2レンズサブユニットB 3 2を偏心移動させた際に発生する色収差を低減させることができる。

【0048】

また、変倍全域でのさらなる高画質化とフォーカシングによる収差変動の抑制のために、実施例2, 4, 5(図6, 16, 21)では、第4レンズユニットB 4を負レンズエレメントB 4 1と2枚の正レンズエレメントB 4 2, B 4 3とにより構成している。

【0049】

本実施例において、高画質化と小型化を達成するための適切な屈折力配置に関して、以下の条件式(4), (5), (6)を満足することが望ましい。

【0050】

$$0.2 < Fw / F1 < 0.4 \quad \dots (4)$$

$$0.55 < |Fw / F2| < 1.2 \quad \dots (5)$$

$$0.1 < Fw / FR < 0.5 \quad \dots (6)$$

但し、Fwは該ズーム光学系の全系の広角端での焦点距離、Fi(i = 1, 2)は第iレンズユニットの焦点距離である。また、FRは第4レンズユニットB 4以降のレンズユニット、すなわち第4レンズユニットB 4の焦点距離又は第4および第5レンズユニットB 5の広角端での合成焦点距離である。

【0051】

条件式(4)は、広角端でのズーム光学系の焦点距離と第1レンズユニットB 1の焦点距離との比の範囲を表す。Fw / F1が条件式(4)の下限値を越えると、第1レンズユニットB 1の屈折力が弱くなりすぎて、レンズ外径やレンズ全長の増加を招き、好ましくない。一方、Fw / F1が条件式(4)の上限値を越えると、第1レンズユニットB 1の屈折力が強くなり、高次の球面収差が大きく発生し、その補正が困難となるため、好ましくない。

【0052】

条件式(5)は、広角端でのズーム光学系の焦点距離と第2レンズユニットB 2の焦点距離との比(絶対値)の範囲を表す。|Fw / F2|が条件式(5)の下限値を越えると、第2レンズユニットB 2の屈折力が弱すぎ、必要な変倍比を得るために、変倍時に移動する各レンズユニットの移動量が大きくなる。このため、ズーム光学系のコンパクト化が困難となり、好ましくない。一方、|Fw / F2|が条件式(5)の上限値を越えると、負の屈折力が大きくなるため、ペッツパール和が負の方向に大きくなる。これにより、像面湾曲が大きくなるので、好ましくない。

【0053】

条件式(6)は、広角端でのズーム光学系の焦点距離と第4レンズユニットB 4以降のレンズユニットの広角端での焦点距離(合成焦点距離)との比の範囲を表す。Fw / FRが条件式(6)の下限値を越えると、正の合成屈折力が弱くなり、ズーム光学系の全長が増大するため、好ましくない。一方、Fw / FRが条件式(6)の上限値を越えると、正の屈折力が強くなりすぎて球面収差や倍率色収差が大きく発生し、これを補正することが困難になるため、好ましくない。

【0054】

なお、図示はしていないが、正レンズユニットとしての第4レンズユニットB 4を、物体側から、正レンズサブユニットと負レンズサブユニットとに分離し、正レンズサブユニットを変倍時に光軸方向に移動させて像面変動補正を行わせてもよい。これにより、正、負配置のテレフォト作用によって、光学系全体の全長を短縮することができる。

【0055】

さらに、実施例3 ~ 5においては、フォーカシングを正の第4レンズユニットB 4ではなく、負の第5レンズユニットB 5を光軸方向に移動させることによって行うこともでき

10

20

30

40

50

る。

【0056】

上述したように、各実施例では、第3レンズユニットB3（第3-2レンズユニットB32）を光軸AXLに対して偏心移動させることにより像変位作用を得る。そして、この像変位作用を利用することで、該ズーム光学系をカメラに搭載した場合に像面IPの位置に配置された撮像素子上において、被写体像がカメラに加わった振動に伴って振れることを抑制できる。これは防振機能と呼ばれ、薄型のカメラにおいて特に発生し易い手振れによる像振れを効果的に補正することができる。

【0057】

また、防振機能以外にも、撮像素子の露光中に微小な像変位を生じさせることにより、ローパスフィルタと同等の役割を果たさせることができる。さらに、微小像変位を生じさせている間に取得された複数のフレーム画像を合成することにより、見かけ上、撮像素子の画素数よりも多い画素数を有する合成画像を得ることができる。これは、画素ずらし撮像とも呼ばれる。

10

【0058】

以下、各実施例をより具体的に説明する。

【実施例1】

【0059】

図1および図2に示す実施例1は、物体側から、正、負、正、正の屈折力を有した4つのレンズユニットB1～B4により構成されたズーム光学系である。

20

【0060】

図1には、本実施例のズーム光学系を光軸AXLに沿って展開したときの広角端、中間位置および望遠端での光学構成を示す。また、図2は、光軸AXLが反射部材（直角反射プリズム）によって折り曲げられた状態での該ズーム光学系の広角端、中間位置および望遠端での光路図である。

【0061】

正の第1レンズユニットB1は、物体側から、負の単レンズエレメントB11と、直角反射プリズムPRZと、両面が非球面である正の単レンズエレメントB12とにより構成されている。

【0062】

負の第2レンズユニットB2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズエレメントB21と、両凹形状の負レンズエレメントB22aと正レンズエレメントB22bとが接合された負の接合レンズサブユニットとにより構成されている。

30

【0063】

正の第3レンズユニットは、正の第3-1レンズサブユニットB31と、負の第3-2レンズサブユニットB32とにより構成されている。第3-1レンズサブユニットB31は、両面が非球面である両凸形状の正の単レンズエレメントにより構成されている。また、第3-2レンズサブユニットB32は、負レンズエレメントB32aと正レンズエレメントB32bとが接合された負の接合レンズとして構成されている。第3-2レンズユニットB32は、光軸AXLに対して偏心移動して像面変位作用を行う。

40

【0064】

正の第4レンズユニットB4は、物体側に配置された凸形状の負メニスカスレンズエレメントB41と両凸形状で像側に非球面を有する正レンズエレメントB42とが接合された正の接合レンズとして構成されている。このような第4レンズユニットB42を用いることにより、少ないレンズ枚数で高変倍比が得られるズーム光学系を実現している。

【0065】

本実施例のズーム光学系では、広角側から望遠側への変倍に際しては、図1中に矢印で示すように、第2レンズユニットB2を像側に移動させるとともに、第4レンズユニットB4を物体側に移動させる。第2レンズユニットB2の移動による変倍に伴う像面変動を第4レンズユニットB4の移動によって補正する。また、フォーカシングは、第4レンズ

50

ユニット B 4 の光軸方向への移動によって行う。

【 0 0 6 6 】

以下に、本実施例の数値例（数値例 1）を示す。数値例 1 において、 R_i は物体側から数えて i 番目のレンズ面の曲率半径、 D_i は i 番目と $i + 1$ 番目のレンズ面間の間隔である。 N_i と i はそれぞれ、 i 番目のレンズエレメントを形成するガラスの屈折率とアッベ数である。 f はズーム光学系の焦点距離、 Fno は F ナンバー、 θ は半画角である。また、* は非球面を示す。

【 0 0 6 7 】

また、非球面係数 k, a, b, c, d, g は次式によって与えられる。

【 0 0 6 8 】

【 数 1 】

$$x = \frac{h^2/R}{1 + (1 - (1+k) \cdot (h/r)^2)^{1/2} + a \cdot h^2 + b \cdot h^4 + c \cdot h^6 + d \cdot h^8 + g \cdot h^{10}}$$

10

【 0 0 6 9 】

但し、 x はレンズ面の頂点から光軸方向への変位量、 h は光軸からの距離、 R は曲率半径である。

【 0 0 7 0 】

さらに、 $e \pm n$ は、「 $\times 10^{\pm n}$ 」を意味する。以上は、後述する他の実施例（数値例）でも同じである。

20

【 0 0 7 1 】

（数値例 1）

$$f = 6.00 \sim 23.65 \quad Fno = 3.60 \sim 4.18 \quad \theta = 61.3^\circ \sim 17.1^\circ$$

R 1 =	19.659	D 1 =	0.80	N 1 =	1.80809	1 =	22.8
R 2 =	11.831	D 2 =	4.02				
R 3 =		D 3 =	13.00	N 2 =	1.60311	2 =	60.6
R 4 =		D 4 =	0.15				
* R 5 =	17.833	D 5 =	3.10	N 3 =	1.59240	3 =	68.3
* R 6 =	-24.487	D 6 =	可変				
R 7 =	142.145	D 7 =	0.60	N 4 =	1.72916	4 =	54.7
R 8 =	9.175	D 8 =	2.41				
R 9 =	-10.937	D 9 =	0.50	N 5 =	1.59240	5 =	68.3
R 10 =	14.125	D 10 =	1.30	N 6 =	1.92286	6 =	18.9
R 11 =	37.428	D 11 =	可変				
R 12 =	絞り	D 12 =	0.80				
* R 13 =	10.734	D 13 =	1.40	N 7 =	1.59240	7 =	68.3
* R 14 =	-41.010	D 14 =	0.50				
R 15 =	-67.373	D 15 =	0.50	N 8 =	1.66998	8 =	39.3
R 16 =	8.271	D 16 =	1.20	N 9 =	1.74077	9 =	27.8
R 17 =	31.522	D 17 =	可変				
R 18 =	9.731	D 18 =	0.50	N 10 =	1.92286	10 =	20.9
R 19 =	6.306	D 19 =	3.50	N 11 =	1.49700	11 =	81.5
* R 20 =	-17.059	D 20 =	可変				

30

40

50

R 21 = D 21 = 2.50 N 12 = 1.51633 12 = 64.1
R 22 =

\ 焦点距離	6.00	11.00	23.65
可変間隔 \			
D 6	0.40	5.83	11.26
D11	12.53	7.10	1.67
D17	8.31	5.66	3.66
D20	5.00	7.65	9.66

10

非球面係数

第 5面 : k = 1.84370e+000 a = 0.00000e+000 b = -1.14259e-004
 c = 2.57503e-006 d = -5.37882e-008 g = 1.01563e-009

第 6面 : k = 4.15494e+000 a = 0.00000e+000 b = -2.22802e-005
 c = 4.65419e-006 d = -9.62276e-008 g = 1.52819e-009

第13面 : k = 3.03979e+000 a = 0.00000e+000 b = -1.71399e-004
 c = -1.17183e-005 d = 5.99190e-008 g = -2.89408e-008

20

第14面 : k = -9.99268e+000 a = 0.00000e+000 b = 2.71754e-004
 c = -1.64747e-006 d = 2.25067e-007 g = -3.68941e-008

第20面 : k = -1.04612e+000 a = 0.00000e+000 b = 1.11559e-004
 c = -2.62578e-006 d = 1.05711e-007 g = -3.98046e-009

【 0 0 7 2 】

図 3 には、数値例 1 のズーム光学系における広角端、中間位置および望遠端での縦収差（球面収差、非点収差、ディストーションおよび倍率色収差）図を示す。f はズーム光学系の焦点距離、F n o は F ナンバーを示す。実線は d 線、一点鎖線は g 線を示す。また、非点収差において、S はサジタル断面を、M はメリジオナル断面を示す。このことは、後述する他の数値例の縦収差図においても同様である。

30

【 0 0 7 3 】

図 4 は、数値例 1 のズーム光学系における広角端、中間位置および望遠端での像変位前の状態での横収差図である。図 5 は画角の 0.3° に相当する像変位を行った状態での横収差図である。図 5 の状態において、第 3 - 2 レンズサブユニット B 3 2 は下方方向に移動している。図 4 および図 5 において、f はズーム光学系の焦点距離、F n o は F ナンバーを示す。実線は d 線、一点鎖線は g 線を示す。このことは、後述する他の数値例の横収差図においても同様である。

40

【 実施例 2 】

【 0 0 7 4 】

図 6 および図 7 に示す実施例 2 は、物体側から、正、負、正、正の屈折力を有した 4 つのレンズユニット B 1 ~ B 4 により構成されたズーム光学系である。

【 0 0 7 5 】

図 6 には、本実施例のズーム光学系を光軸 A X L に沿って展開したときの広角端、中間位置および望遠端での光学構成を示す。また、図 7 は、光軸 A X L が反射部材（直角反射プリズム）によって折り曲げられた状態での該ズーム光学系の広角端、中間位置および望遠端での光路図である。

【 0 0 7 6 】

本実施例は、実施例 1 の変形例であり、実施例 1 に対して次の点で異なる。

50

【 0 0 7 7 】

正の第4レンズユニットB4は、物体側から順に、物体側に凸の形状を有する負メニスカスレンズエレメントB41と両凸形状の正レンズエレメントB42とが接合された正の接合レンズサブユニットと、正の単レンズエレメントB43とにより構成されている。これにより、実施例1に比べて、さらなる高画質化とフォーカスによる光学性能劣化の防止とを図っている。

【 0 0 7 8 】

以下に、本実施例の数値例(数値例2)を示す。

【 0 0 7 9 】

(数値例2)

$$f = 6.17 \sim 22.97 \quad F n o = 3.60 \sim 4.11 \quad 2 = 59.8^\circ \sim 17.6^\circ$$

R 1 =	17.357	D 1 =	0.80	N 1 =	1.80809	1 =	22.8
R 2 =	11.259	D 2 =	4.02				
R 3 =		D 3 =	13.00	N 2 =	1.60311	2 =	60.6
R 4 =		D 4 =	0.15				
* R 5 =	18.628	D 5 =	3.10	N 3 =	1.59240	3 =	68.3
* R 6 =	-25.026	D 6 =	可変				

R 7 =	78.279	D 7 =	0.60	N 4 =	1.72916	4 =	54.7
R 8 =	8.951	D 8 =	2.41				
R 9 =	-10.965	D 9 =	0.50	N 5 =	1.59240	5 =	68.3
R 10 =	14.831	D 10 =	1.30	N 6 =	1.92286	6 =	18.9
R 11 =	38.933	D 11 =	可変				

R 12 =	絞り	D 12 =	0.80				
* R 13 =	10.749	D 13 =	1.40	N 7 =	1.60311	7 =	60.6
* R 14 =	-48.331	D 14 =	0.50				

R 15 =	-99.665	D 15 =	0.50	N 8 =	1.66998	8 =	39.3
R 16 =	8.493	D 16 =	1.20	N 9 =	1.74077	9 =	27.8
R 17 =	27.947	D 17 =	可変				

R 18 =	14.858	D 18 =	0.50	N 10 =	1.92286	10 =	20.9
R 19 =	7.976	D 19 =	2.80	N 11 =	1.49700	11 =	81.5
R 20 =	-23.168	D 20 =	0.15				
R 21 =	21.308	D 21 =	1.80	N 12 =	1.51823	12 =	58.9
R 22 =	-158.502	D 22 =	可変				

R 23 =		D 23 =	2.50	N 13 =	1.51633	13 =	64.1
R 24 =							

\ 焦点距離	6.17	11.02	22.97
可変間隔 \			
D 6	0.40	5.74	11.09
D11	12.53	7.18	1.84
D17	8.31	5.80	3.74
D22	5.00	7.51	9.57

非球面係数

第 5面 : $k = 1.84449e+000$ $a = 0.00000e+000$ $b = -1.05220e-004$
 $c = 2.61811e-006$ $d = -5.42487e-008$ $g = 1.00158e-009$

第 6面 : $k = 4.15490e+000$ $a = 0.00000e+000$ $b = -2.91762e-005$
 $c = 4.62574e-006$ $d = -9.76260e-008$ $g = 1.50936e-009$

第13面 : $k = 3.03952e+000$ $a = 0.00000e+000$ $b = -1.35042e-004$
 $c = -1.23371e-005$ $d = 5.89900e-008$ $g = -2.89415e-008$

第14面 : $k = -9.99272e+000$ $a = 0.00000e+000$ $b = 3.09940e-004$
 $c = -1.35112e-006$ $d = 2.25633e-007$ $g = -3.68937e-008$

10

【0080】

図 8 には、数値例 2 のズーム光学系における広角端、中間位置および望遠端での縦収差図を示す。図 9 は、数値例 2 のズーム光学系における広角端、中間位置および望遠端での像変位前の状態での横収差図である。図 10 は画角の 0.3° に相当する像変位を行った状態での横収差図である。図 10 の状態において、第 3 - 2 レンズサブユニット B 3 2 は下方向に移動している。

【実施例 3】

【0081】

図 11 および図 12 に示す実施例 3 は、物体側から、正、負、正、正、負の屈折力を有した 5 つのレンズユニット B 1 ~ B 5 により構成されたズーム光学系である。

20

【0082】

図 11 には、本実施例のズーム光学系を光軸 A X L に沿って展開したときの広角端、中間位置および望遠端での光学構成を示す。また、図 12 は、光軸 A X L が反射部材（直角反射プリズム）によって折り曲げられた状態での該ズーム光学系の広角端、中間位置および望遠端での光路図である。

【0083】

本実施例において、正の第 1 レンズユニット B 1 は、物体側から順に、負の単レンズエレメント B 1 1 と、直角反射プリズム P R Z と、両面が非球面である正の単レンズエレメント B 1 2 とにより構成されている。

30

【0084】

負の第 2 レンズユニット B 2 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズエレメント B 2 1 と、両凹形状の負レンズエレメント B 2 2 a と正レンズエレメント B 2 2 b とを接合した負の接合レンズサブユニットとにより構成されている。

【0085】

正の第 3 レンズユニットは、正の第 3 - 1 レンズサブユニット B 3 1 と、負の第 3 - 2 レンズサブユニット B 3 2 とにより構成されている。第 3 - 1 レンズサブユニット B 3 1 は、物体側が非球面である両凸形状の正の単レンズエレメントにより構成されている。また、第 3 - 2 レンズサブユニット B 3 2 は、負レンズエレメント B 3 2 a と正レンズエレメント B 3 2 b とが接合された負の接合レンズとして構成されている。第 3 - 2 レンズユニット B 3 2 は、光軸 A X L に対して偏心移動して像面変位作用を行う。

40

【0086】

正の第 4 レンズユニット B 4 は、物体側に凸の形状を有する負メニスカスレンズエレメント B 4 1 と、両凸形状で像側に非球面を有した正レンズエレメント B 4 2 とにより構成されている。

【0087】

第 5 レンズユニット B 5 は、負レンズエレメント B 5 1 と正レンズエレメント B 5 2 とを接合した負の接合レンズとして構成されている。この第 5 レンズユニット B 5 を設けることにより、第 4 レンズユニット B 4 の移動量を実施例 1, 2 に比べて小さく抑えることができる。また、正の第 4 レンズユニット B 4 と負の第 5 レンズユニット B 5 とのテレフ

50

オート作用によって、バックフォーカスを短縮し、ズーム光学系の全長を短くすることができる。

【 0 0 8 8 】

本実施例でも、広角側から望遠側への変倍に際して、第 2 レンズユニット B 2 を像側に移動させて変倍を行うとともに、第 4 レンズユニット B 4 を物体側に移動させて像面変動を補正する。フォーカシングは第 4 レンズユニット B 4 の光軸方向移動により行う。

【 0 0 8 9 】

以下に、本実施例の数値例（数値例 3）を示す。

【 0 0 9 0 】

（数値例 3）

$$f = 6.26 \sim 30.32 \quad F n o = 3.60 \sim 5.20 \quad 2 = 59.1^\circ \sim 13.4^\circ$$

R 1 =	20.877	D 1 =	0.80	N 1 =	1.92286	1 =	18.9
R 2 =	11.832	D 2 =	2.80				
R 3 =		D 3 =	11.00	N 2 =	1.51742	2 =	52.4
R 4 =		D 4 =	0.25				
* R 5 =	18.139	D 5 =	2.90	N 3 =	1.67790	3 =	54.9
* R 6 =	-25.908	D 6 =	可変				

R 7 =	133.927	D 7 =	0.60	N 4 =	1.72916	4 =	54.7
R 8 =	8.992	D 8 =	1.25				
R 9 =	-9.995	D 9 =	0.50	N 5 =	1.88300	5 =	40.8
R 10 =	13.670	D 10 =	1.30	N 6 =	1.92286	6 =	18.9
R 11 =	-66.884	D 11 =	可変				

R 12 =	絞り	D 12 =	0.80				
* R 13 =	12.016	D 13 =	1.80	N 7 =	1.67790	7 =	55.3
R 14 =	-26.586	D 14 =	0.50				

R 15 =	-32.363	D 15 =	1.20	N 8 =	1.84666	8 =	23.9
R 16 =	-17.804	D 16 =	0.60	N 9 =	1.83400	9 =	37.2
R 17 =	-194.703	D 17 =	可変				

R 18 =	8.559	D 18 =	0.60	N 10 =	1.84666	10 =	23.9
R 19 =	4.881	D 19 =	0.10				
R 20 =	5.248	D 20 =	3.30	N 11 =	1.58313	11 =	59.4
* R 21 =	-17.310	D 21 =	可変				

R 22 =	23.510	D 22 =	0.50	N 12 =	1.88300	12 =	40.8
R 23 =	4.676	D 23 =	2.20	N 13 =	1.48749	13 =	70.2
R 24 =	28.813	D 24 =	1.50				

R 25 =		D 25 =	2.50	N 14 =	1.51633	14 =	64.1
R 26 =							

\ 焦点距離	6.26	12.44	30.32
可変間隔 \			
D 6	0.40	6.50	12.60
D11	12.61	6.51	0.41
D17	4.69	2.86	1.82

10

20

30

40

50

D21 2.66 4.49 5.52

非球面係数

第 5面 : k = 2.22524e+000 a = 0.00000e+000 b = -9.74596e-005
 c = 3.17785e-006 d = -1.26616e-007 g = 2.17377e-009

第 6面 : k = 8.28977e+000 a = 0.00000e+000 b = 3.91038e-005
 c = 4.19039e-006 d = -1.30783e-007 g = 2.47214e-009

第13面 : k = 4.38568e+000 a = 0.00000e+000 b = -4.48194e-004
 c = -5.66613e-006 d = -9.01692e-007 g = 3.96711e-008

10

第21面 : k = -9.49602e+000 a = 0.00000e+000 b = -2.45855e-004
 c = -1.80923e-005 d = 1.47501e-006 g = -1.97530e-007

【 0 0 9 1 】

図 1 3 には、数値例 3 のズーム光学系における広角端、中間位置および望遠端での縦収差図を示す。図 1 4 は、数値例 3 のズーム光学系における広角端、中間位置および望遠端での像変位前の状態での横収差図である。図 1 5 は画角の 0 . 3 ° に相当する像変位を行った状態での横収差図である。図 1 5 の状態において、第 3 - 2 レンズサブユニット B 3 2 は下方方向に移動している。

20

【 実施例 4 】

【 0 0 9 2 】

図 1 6 および図 1 7 に示す実施例 4 は、物体側から、正、負、正、正、負の屈折力を有した 5 つのレンズユニット B 1 ~ B 5 により構成されたズーム光学系である。

【 0 0 9 3 】

図 1 6 には、本実施例のズーム光学系を光軸 A X L に沿って展開したときの広角端、中間位置および望遠端での光学構成を示す。また、図 1 7 は、光軸 A X L が反射部材（直角反射プリズム）によって折り曲げられた状態での該ズーム光学系の広角端、中間位置および望遠端での光路図である。

【 0 0 9 4 】

本実施例は、実施例 3 の変形例であり、実施例 3 に対して次の点で異なる。

30

【 0 0 9 5 】

第 3 レンズユニット B 3 において、正の単レンズエレメント（第 3 - 1 レンズサブユニット B 3 1 ）の両面は非球面である。

【 0 0 9 6 】

また、第 4 レンズユニット B 4 は、物体側から、正の接合レンズサブユニットと正の単レンズエレメント B 4 3 とにより構成されている。正の接合レンズサブユニットは、物体側に凸形状を有する負メニスカスレンズエレメント B 4 1 と、両凸形状の正レンズエレメント B 4 2 が接合されて構成されている。また、正の単レンズエレメント B 4 3 は、その物体側の面が非球面である。これにより、実施例 3 に比べて、さらなる高画質化とフォーカスによる光学性能劣化の防止とを図っている。

40

【 0 0 9 7 】

以下に、本実施例の数値例（数値例 4 ）を示す。

【 0 0 9 8 】

（数値例 4 ）

f = 6.50 ~ 26.48 F n o = 3.60 ~ 4.05 2 = 57.2 ° ~ 15.3 °

R 1 = 23.508 D 1 = 1.00 N 1 = 1.84666 1 = 23.8

R 2 = 12.919 D 2 = 3.82

R 3 = D 3 = 13.00 N 2 = 1.60311 2 = 60.6

50

R 4 =	D 4 = 0.15			
* R 5 = 19.816	D 5 = 3.20	N 3 = 1.59240	3 = 68.3	
* R 6 = -26.359	D 6 = 可变			
R 7 = 6462.882	D 7 = 0.60	N 4 = 1.72916	4 = 54.7	
R 8 = 11.877	D 8 = 1.43			
R 9 = -12.195	D 9 = 0.50	N 5 = 1.59240	5 = 68.3	
R 10 = 15.136	D 10 = 1.50	N 6 = 1.92286	6 = 18.9	
R 11 = 38.750	D 11 = 可变			
R 12 = 絞リ	D 12 = 0.80			10
* R 13 = 13.297	D 13 = 1.70	N 7 = 1.66910	7 = 55.4	
* R 14 = -69.597	D 14 = 0.50			
R 15 = 112.465	D 15 = 0.50	N 8 = 1.64769	8 = 33.8	
R 16 = 7.365	D 16 = 1.40	N 9 = 1.80518	9 = 25.4	
R 17 = 15.257	D 17 = 可变			
R 18 = 18.359	D 18 = 0.50	N 10 = 2.00330	10 = 28.3	
R 19 = 8.758	D 19 = 2.80	N 11 = 1.49700	11 = 81.5	20
R 20 = -12.090	D 20 = 0.15			
* R 21 = 9.910	D 21 = 2.20	N 12 = 1.48749	12 = 70.2	
R 22 = 69.915	D 22 = 可变			
R 23 = 10.970	D 23 = 0.50	N 13 = 1.88300	13 = 40.8	
R 24 = 5.107	D 24 = 2.00	N 14 = 1.48749	14 = 70.2	
R 25 = 9.275	D 25 = 6.00			
R 26 =	D 26 = 2.50	N 15 = 1.51633	15 = 64.1	
R 27 =				30

\ 焦点距離	6.50	12.04	26.48
可变間隔 \			
D 6	0.32	7.09	13.71
D11	14.05	7.29	0.52
D17	4.96	3.44	2.01
D22	1.16	2.67	4.10

非球面係数

第 5面 :	k = 4.44389e+000	a = 0.00000e+000	b = -5.52340e-005	40
	c = 6.35452e-007	d = -3.47531e-008	g = 1.05438e-009	
第 6面 :	k = 3.95363e+000	a = 0.00000e+000	b = 5.99721e-005	
	c = 2.26348e-006	d = -6.79182e-008	g = 1.86989e-009	
第 13面 :	k = 4.74933e+000	a = 0.00000e+000	b = -2.05307e-004	
	c = -4.41645e-005	d = 2.82478e-006	g = -1.02067e-007	
第 14面 :	k = -3.13701e+002	a = 0.00000e+000	b = 1.38322e-004	
	c = -3.96701e-005	d = 2.69689e-006	g = -6.98691e-008	50

第21面 : $k = 1.74290e+000$ $a = 0.00000e+000$ $b = -1.58904e-004$
 $c = -8.88365e-006$ $d = 3.42560e-007$ $g = -1.34885e-008$

【 0 0 9 9 】

図 1 8 には、数値例 4 のズーム光学系における広角端、中間位置および望遠端での縦収差図を示す。図 1 9 は、数値例 4 のズーム光学系における広角端、中間位置および望遠端での像変位前の状態での横収差図である。図 2 0 は画角の 0.3° に相当する像変位を行った状態での横収差図である。図 2 0 の状態において、第 3 - 2 レンズサブユニット B 3 2 は下方方向に移動している。

【 実施例 5 】

10

【 0 1 0 0 】

図 2 1 および図 2 2 に示す実施例 5 は、物体側から、正、負、正、正、負の屈折力を有した 5 つのレンズユニット B 1 ~ B 5 により構成されたズーム光学系である。

【 0 1 0 1 】

図 2 1 には、本実施例のズーム光学系を光軸 A X L に沿って展開したときの広角端、中間位置および望遠端での光学構成を示す。また、図 2 2 は、光軸 A X L が反射部材（直角反射プリズム）によって折り曲げられた状態での該ズーム光学系の広角端、中間位置および望遠端での光路図である。

【 0 1 0 2 】

本実施例は、実施例 4 と同様に実施例 3 の変形例であり、光学構成としては基本的に実施例 4 と同じである。但し、数値が異なる。 20

【 0 1 0 3 】

以下に、本実施例の数値例（数値例 5）を示す。

【 0 1 0 4 】

（数値例 5）

$f = 6.39 \sim 30.37$ $F n o = 3.60 \sim 5.35$ $2 = 58.1^\circ \sim 13.3^\circ$

R 1 =	21.407	D 1 =	1.00	N 1 =	1.80809	1 =	22.8
R 2 =	11.942	D 2 =	3.36				
R 3 =		D 3 =	12.00	N 2 =	1.60311	2 =	60.6
R 4 =		D 4 =	0.15				
* R 5 =	18.637	D 5 =	3.20	N 3 =	1.58999	3 =	68.1
* R 6 =	-25.372	D 6 =	可変				
R 7 =	215.533	D 7 =	0.60	N 4 =	1.72916	4 =	54.7
R 8 =	8.909	D 8 =	1.47				
R 9 =	-10.886	D 9 =	0.50	N 5 =	1.59240	5 =	68.3
R 10 =	12.565	D 10 =	1.50	N 6 =	1.92286	6 =	18.9
R 11 =	28.164	D 11 =	可変				
R 12 =	絞り	D 12 =	0.60				
* R 13 =	11.572	D 13 =	2.00	N 7 =	1.69350	7 =	53.2
* R 14 =	-43.997	D 14 =	0.45				
R 15 =	-42.221	D 15 =	0.60	N 8 =	1.64769	8 =	33.8
R 16 =	12.573	D 16 =	1.60	N 9 =	1.80518	9 =	25.4
R 17 =	36.471	D 17 =	可変				
R 18 =	14.445	D 18 =	0.50	N 10 =	2.00330	10 =	28.3
R 19 =	8.616	D 19 =	2.80	N 11 =	1.49700	11 =	81.5

30

40

50

R 20 =	-14.897	D 20 =	0.15		
* R 21 =	9.118	D 21 =	2.00	N 12 =	1.50506
R 22 =	69.915	D 22 =	可変	12 =	70.3
R 23 =	84.545	D 23 =	0.50	N 13 =	1.88300
R 24 =	5.466	D 24 =	2.60	N 14 =	1.48749
R 25 =	53.671	D 25 =	6.00	13 =	40.8
R 26 =		D 26 =	3.00	N 15 =	1.51633
R 27 =				14 =	70.2
				15 =	64.1

10

\ 焦点距離	6.39	12.10	30.37
可変間隔 \			
D 6	0.50	7.04	13.59
D11	13.62	7.08	0.53
D17	5.09	13.49	1.12
D22	0.55	2.15	4.51

非球面係数

第 5 面 : k = 3.15704e+000 a = 0.00000e+000 b = -1.09845e-004
c = 1.86808e-006 d = -7.00185e-008 g = 9.91234e-010

20

第 6 面 : k = 4.78236e+000 a = 0.00000e+000 b = 5.54863e-006
c = 3.39645e-006 d = -1.01680e-007 g = 1.63643e-009

第 13 面 : k = 3.60222e+000 a = 0.00000e+000 b = -2.64203e-004
c = -3.61072e-005 d = 3.47256e-006 g = -1.27207e-007

第 14 面 : k = -7.08303e+001 a = 0.00000e+000 b = 4.97962e-005
c = -2.12781e-005 d = 2.92712e-006 g = -9.84719e-008

30

第 21 面 : k = 1.17233e+000 a = 0.00000e+000 b = -2.63297e-004
c = -8.84000e-006 d = 4.32445e-007 g = -1.75307e-008

【 0 1 0 5 】

図 2 3 には、数値例 5 のズーム光学系における広角端、中間位置および望遠端での縦収差図を示す。図 2 4 は、数値例 5 のズーム光学系における広角端、中間位置および望遠端での像変位前の状態での横収差図である。図 2 5 は画角の 0.3° に相当する像変位を行った状態での横収差図である。図 2 5 の状態において、第 3 - 2 レンズサブユニット B 3 2 は下方向に移動している。

【 0 1 0 6 】

40

表 1 には、上記各数値例において、画角に対して 0.3° に相当する像変位を生じさせたときの第 3 - 2 レンズサブユニット B 3 2 の光軸に対する偏心移動量を示す。マイナス符号は光軸に対して下方向への移動を示しており、偏心移動量の単位は mm である。

【 0 1 0 7 】

【表 1】

	数値例 1	数値例 2	数値例 3	数値例 4	数値例 5
広角端	-0.07	-0.08	-0.08	-0.08	-0.07
中間	-0.13	-0.13	-0.15	-0.13	-0.12
望遠端	-0.25	-0.25	-0.34	-0.27	-0.26

10

【0108】

また、表 2 には、各数値例における条件式 (1) ~ (6) の計算結果を示す。

【0109】

【表 2】

		数値例 1	数値例 2	数値例 3	数値例 4	数値例 5
条件式 (1)	$ Fp/Fn $	0.46	0.44	0.52	0.55	0.53
条件式 (2)	$Fw/F3$	0.28	0.29	0.38	0.26	0.34
条件式 (3)	$ F31/F32 $	0.36	0.37	0.26	0.41	0.34
条件式 (4)	$Fw/F1$	0.29	0.28	0.32	0.26	0.27
条件式 (5)	$ Fw/F2 $	0.85	0.85	0.95	0.77	0.95
条件式 (6)	Fw/FR	0.33	0.35	0.17	0.35	0.25

20

【0110】

表 2 から分かるように、各数値例は、条件式 (1) ~ (6) を満足している。また、各数値例は、条件式 (2) ' , (3) ' も満足している。

30

【実施例 6】

【0111】

図 26 には、上記各実施例のズーム光学系を撮影光学系として用いたレンズシャッター形式のデジタルコンパクトカメラ（撮像装置、光学機器）の構成を示している。

【0112】

図 26 において、10 はデジタルカメラ本体、11 は各実施例のズーム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 10 に内蔵されたフラッシュユニット、13 はファインダである。14 は撮影ボタンである。15 は撮影光学系 11 のカメラ本体 10 内での配置を概略的に示したものである。16 は CCD センサや CMOS センサ等により構成される撮像素子である。

40

【0113】

撮像素子 16 からの出力信号に対して不図示の画像処理回路にて各種処理が施され、画像信号が生成される。この画像信号は、半導体メモリ等の不図示の記録媒体に記録されたり、カメラ本体 10 の背面に設けられた不図示のディスプレイに表示されたりする。

【0114】

このように各実施例のズーム光学系をデジタルカメラに搭載することにより、カメラ本体 10 の前後方向（被写体方向）の形状を薄型化することができ、小型で、かつ高い光学性能を有するカメラを実現できる。

【0115】

50

なお、本実施例では、カメラを横位置にして使用するとき、ズーム光学系の光軸が反射部材 P R Z によって下向きに偏向される場合を示している。しかし、ズーム光学系の光軸が反射部材 P R Z によって左右（水平）方向に偏向されるようにしてもよい。

【 0 1 1 6 】

また、本実施例では、デジタルコンパクトカメラについて説明したが、上記各実施例のズーム光学系はビデオカメラ等の他の撮像装置や光学機器にも搭載することができる。ここにいう撮像装置には、カメラ付き携帯電話や携帯端末装置等、撮像機能を有する各種装置が含まれる。

【 0 1 1 7 】

さらに、上記各実施例のズーム光学系は、撮像装置に限らず、交換レンズ装置や望遠鏡等の光学機器にも搭載することができる。

【 0 1 1 8 】

また、上記各実施例では、レンズ面の屈折力のみを利用するズーム光学系について説明したが、レンズ面に回折格子等の光学素子を設け、該光学素子の光学的パワーを利用するズーム光学系にも本発明を適用することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 1 9 】

【 図 1 】 本発明の実施例 1 であるズーム光学系の光学構成図。

【 図 2 】 実施例 1 のズーム光学系の光路図。

【 図 3 】 実施例 1 に対応する数値例 1 の広角端、中間および望遠端での縦収差図。

【 図 4 】 数値例 1 の広角端、中間および望遠端での像変位前の横収差図。

【 図 5 】 数値例 1 の広角端、中間および望遠端での像変位後の横収差図。

【 図 6 】 本発明の実施例 2 であるズーム光学系の光学構成図。

【 図 7 】 実施例 2 のズーム光学系の光路図。

【 図 8 】 実施例 2 に対応する数値例 2 の広角端、中間および望遠端での縦収差図。

【 図 9 】 数値例 2 の広角端、中間および望遠端での像変位前の横収差図。

【 図 1 0 】 数値例 2 の広角端、中間および望遠端での像変位後の横収差図。

【 図 1 1 】 本発明の実施例 3 であるズーム光学系の光学構成図。

【 図 1 2 】 実施例 3 のズーム光学系の光路図。

【 図 1 3 】 実施例 3 に対応する数値例 3 の広角端、中間および望遠端での縦収差図。

【 図 1 4 】 数値例 3 の広角端、中間および望遠端での像変位前の横収差図。

【 図 1 5 】 数値例 3 の広角端、中間および望遠端での像変位後の横収差図。

【 図 1 6 】 本発明の実施例 4 であるズーム光学系の光学構成図。

【 図 1 7 】 実施例 4 のズーム光学系の光路図。

【 図 1 8 】 実施例 4 に対応する数値例 4 の広角端、中間および望遠端での縦収差図。

【 図 1 9 】 数値例 4 の広角端、中間および望遠端での像変位前の横収差図。

【 図 2 0 】 数値例 4 の広角端、中間および望遠端での像変位後の横収差図。

【 図 2 1 】 本発明の実施例 5 であるズーム光学系の光学構成図。

【 図 2 2 】 実施例 5 のズーム光学系の光路図。

【 図 2 3 】 実施例 5 に対応する数値例 5 の広角端、中間および望遠端での縦収差図。

【 図 2 4 】 数値例 5 の広角端、中間および望遠端での像変位前の横収差図。

【 図 2 5 】 数値例 5 の広角端、中間および望遠端での像変位後の横収差図。

【 図 2 6 】 本発明の実施例 6 であるカメラの構成を示す概略図。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 0 】

B 1 第 1 レンズユニット

B 2 第 2 レンズユニット

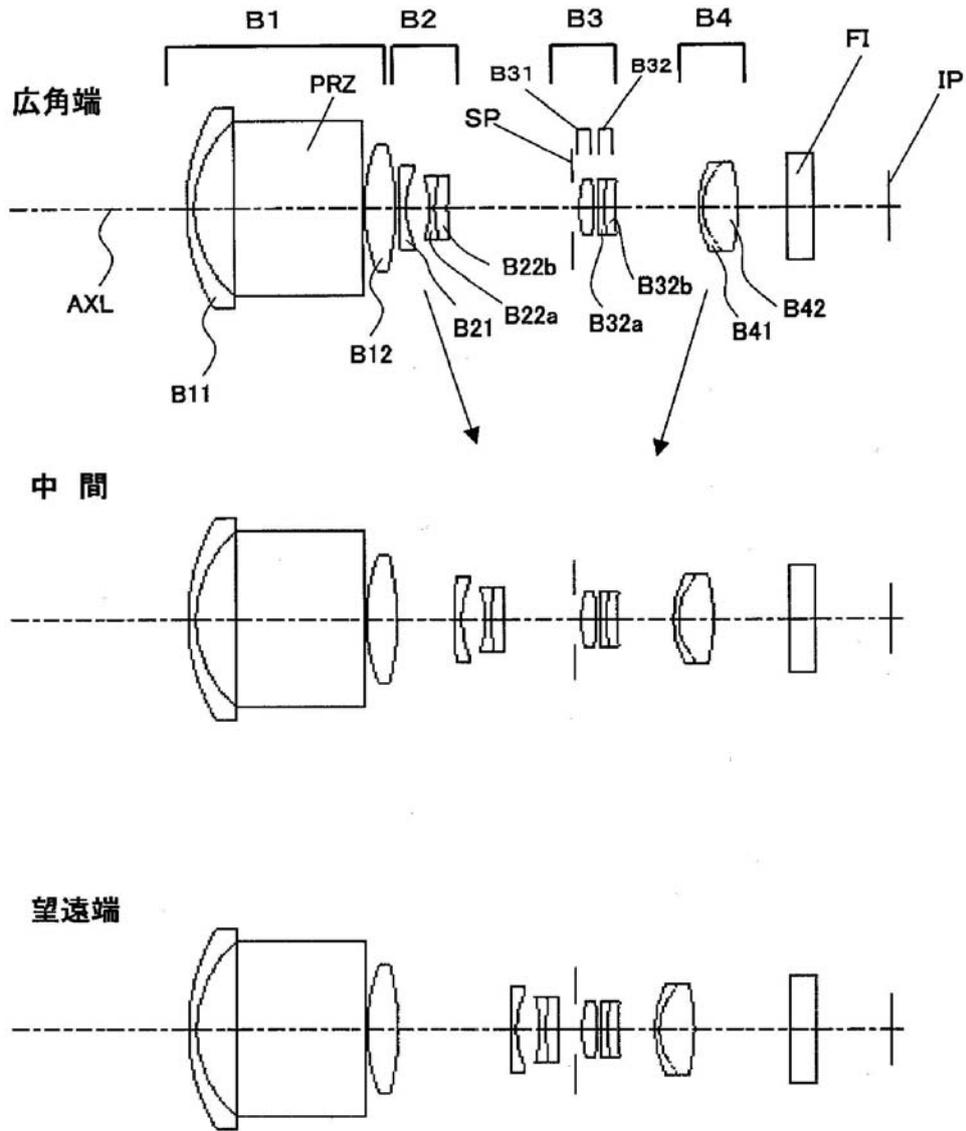
B 3 第 3 レンズユニット

B 3 1 第 3 - 1 レンズサブユニット

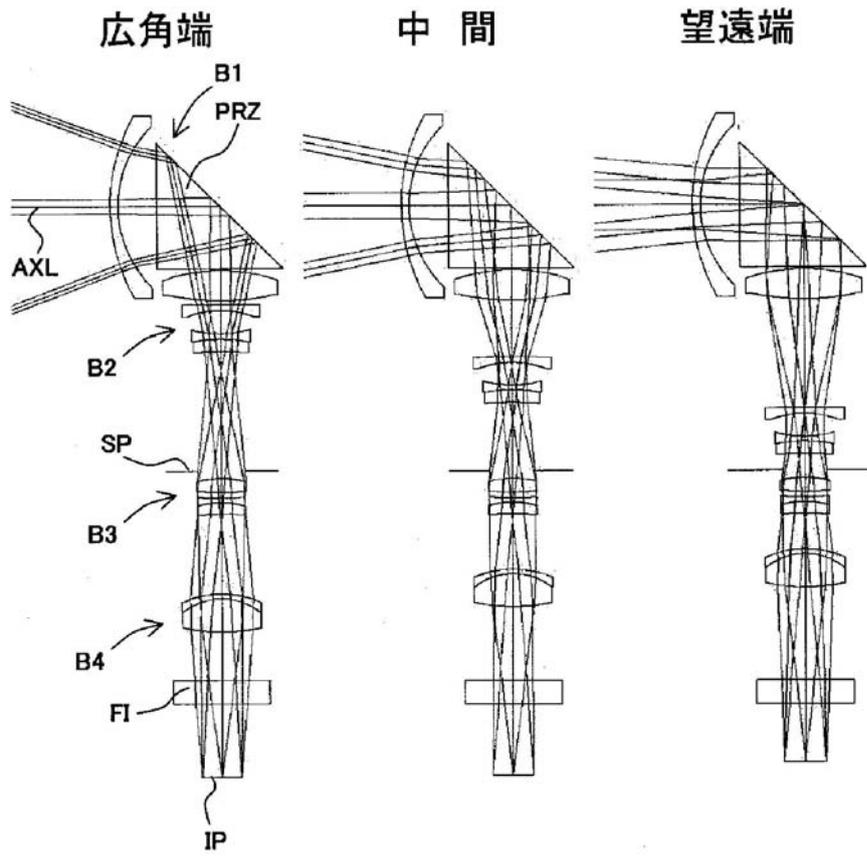
B 3 2 第 3 - 2 レンズサブユニット

B 4 第 4 レンズユニット
B 5 第 5 レンズユニット
I P 像面
P R Z 反射部材 (直角反射プリズム)
S P 絞り

【 図 1 】

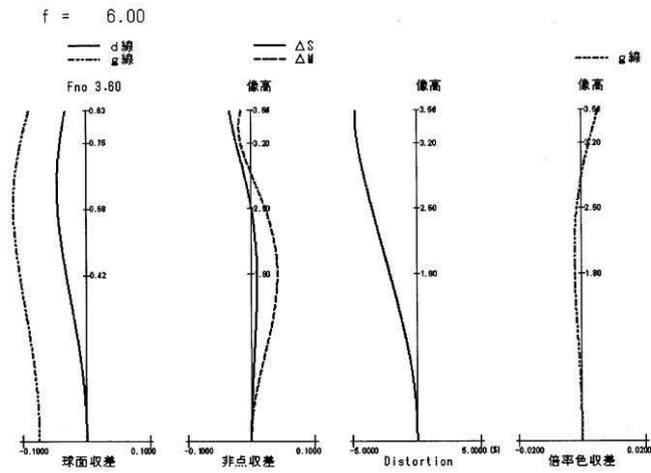


【 図 2 】

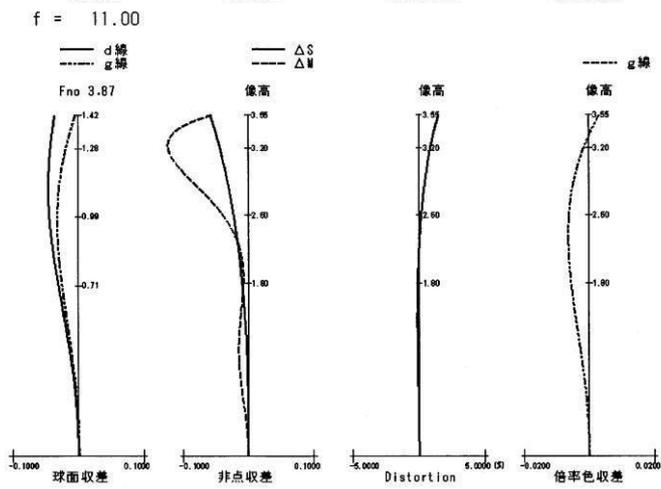


【 図 3 】

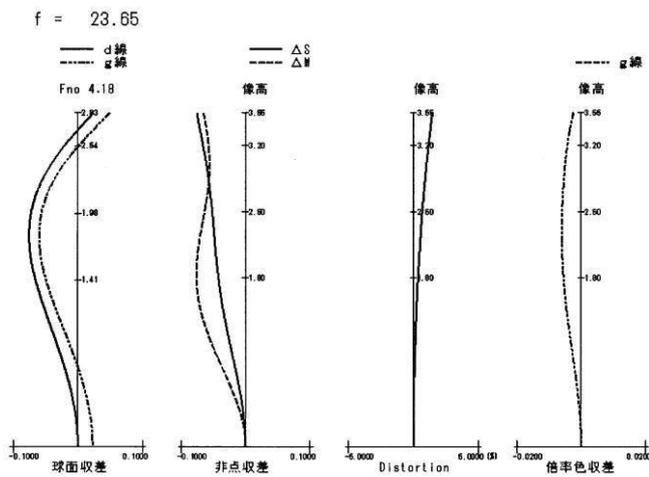
广角端



中間

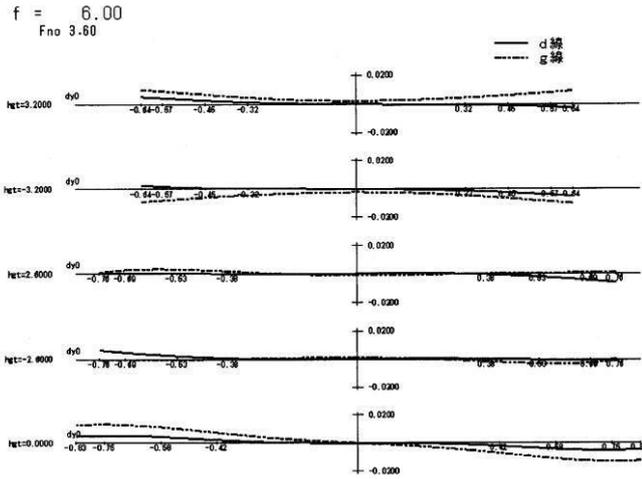


望遠端

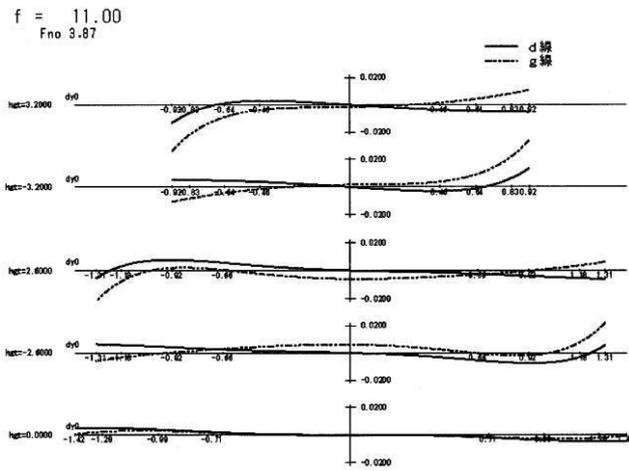


【 図 4 】

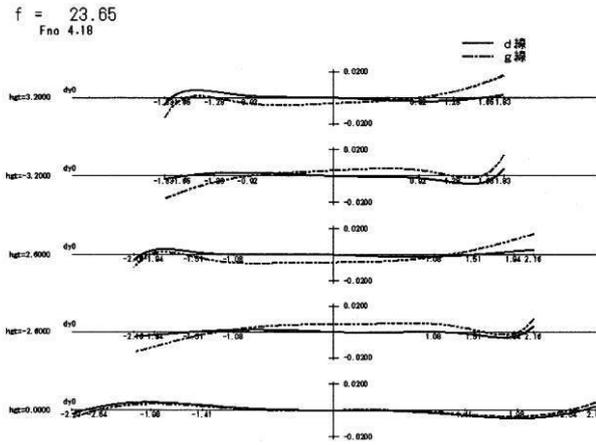
広角端



中間

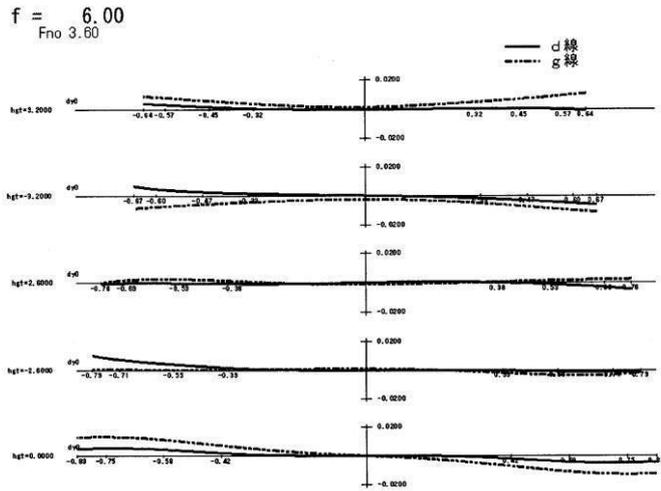


望遠端

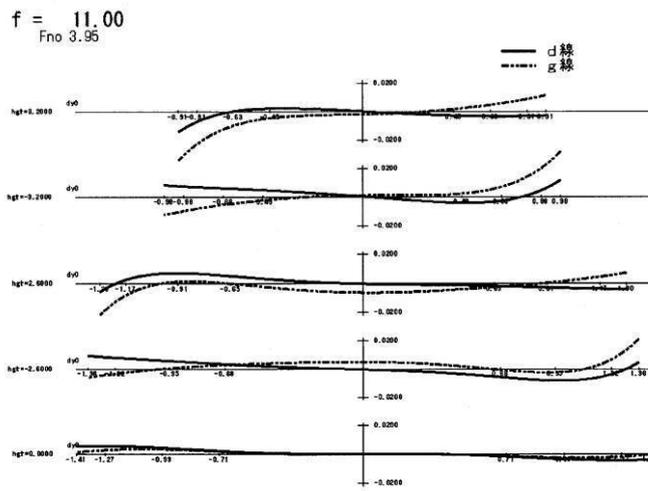


【 図 5 】

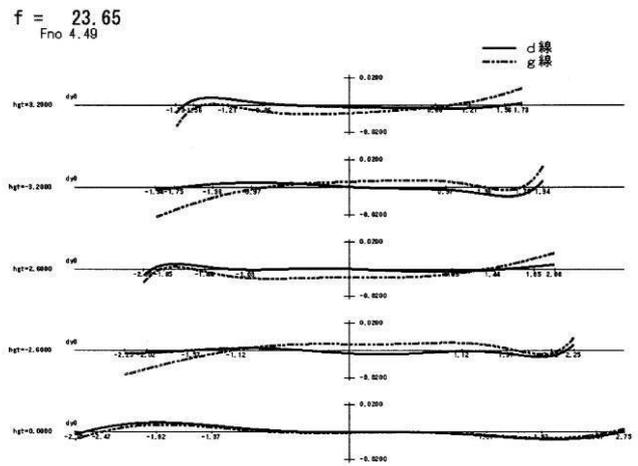
広角端



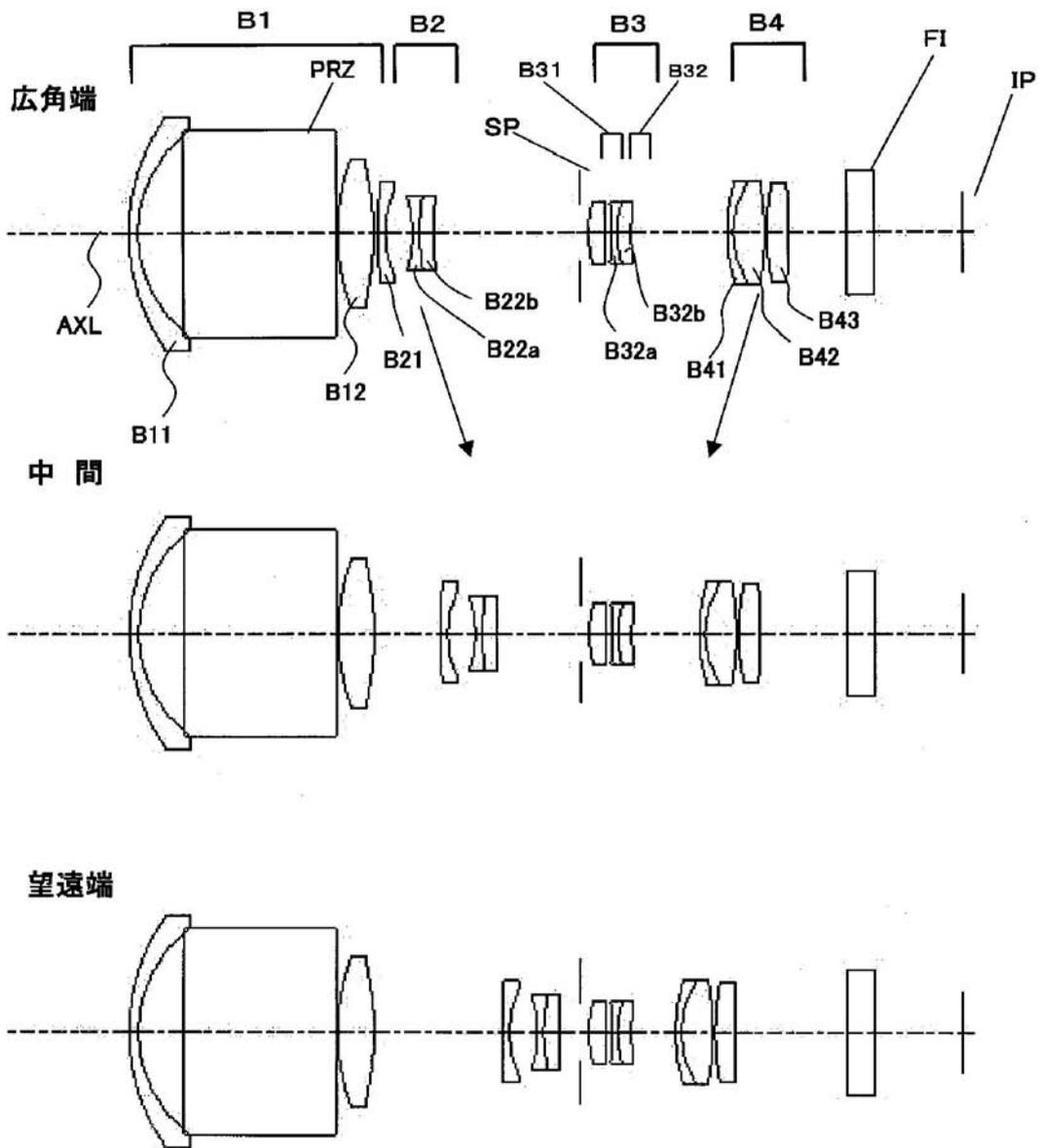
中間



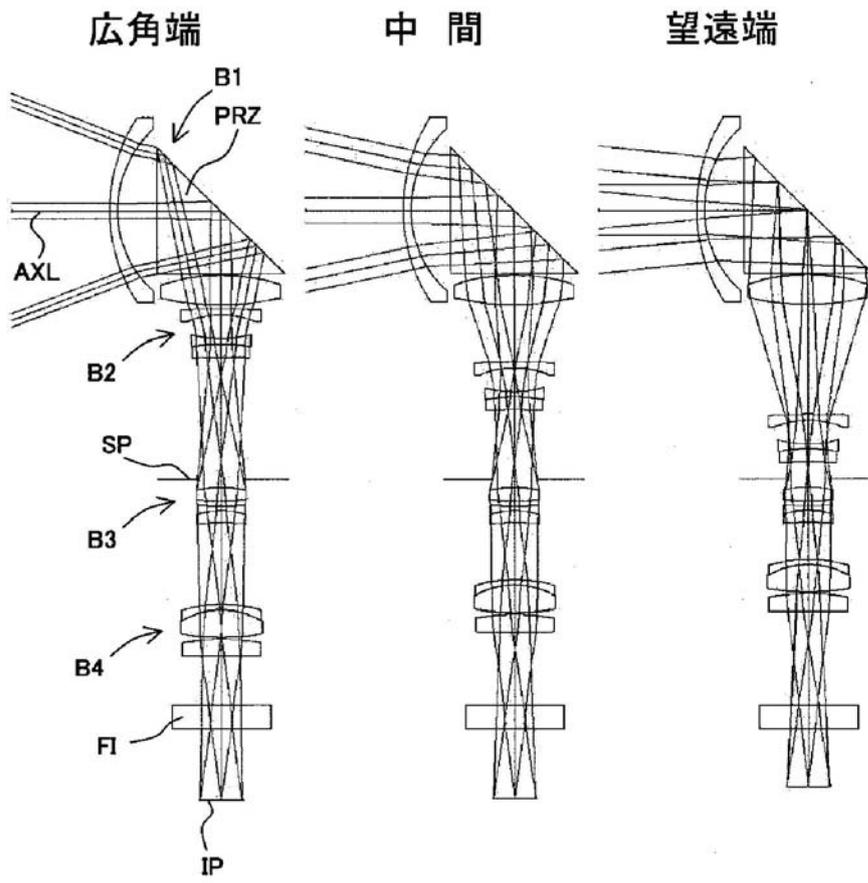
望遠端



【 図 6 】

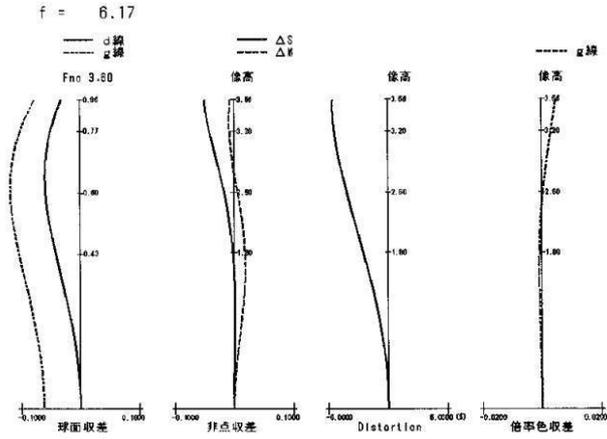


【 図 7 】

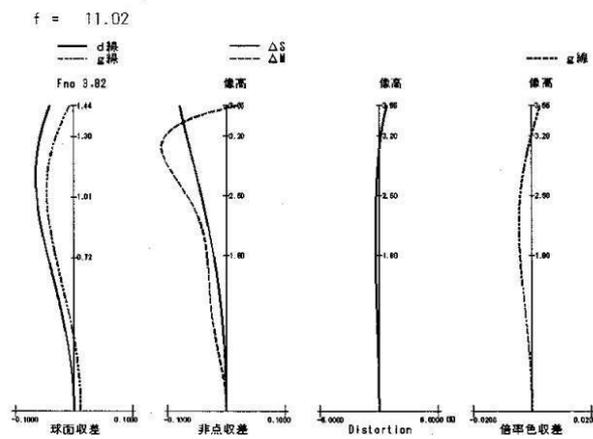


【图 8】

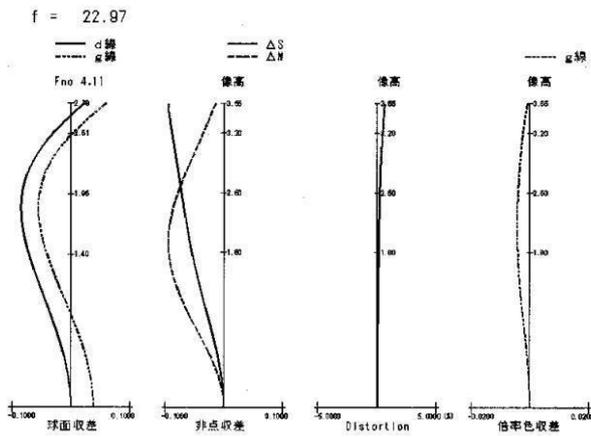
广角端



中間

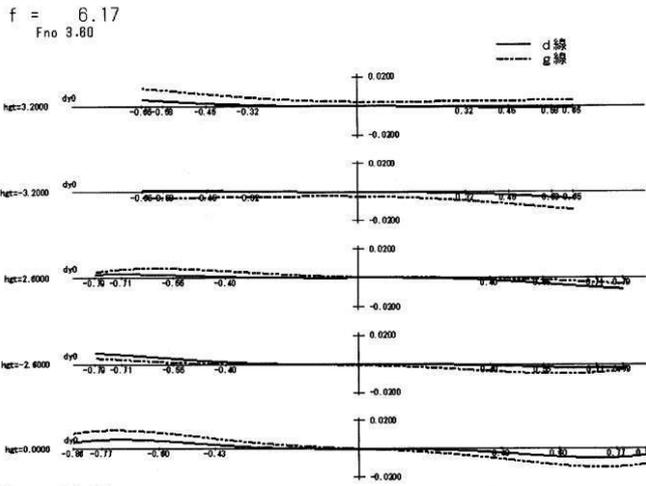


望遠端

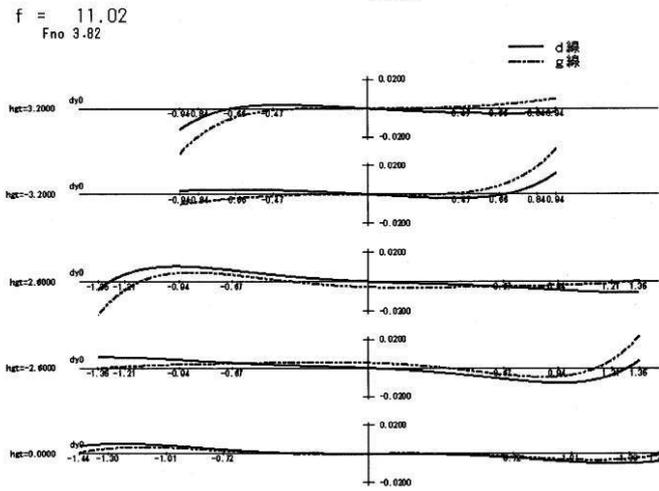


【 図 9 】

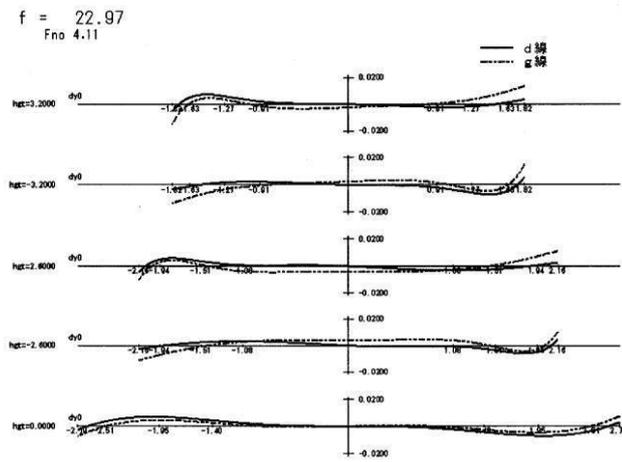
広角端



中間

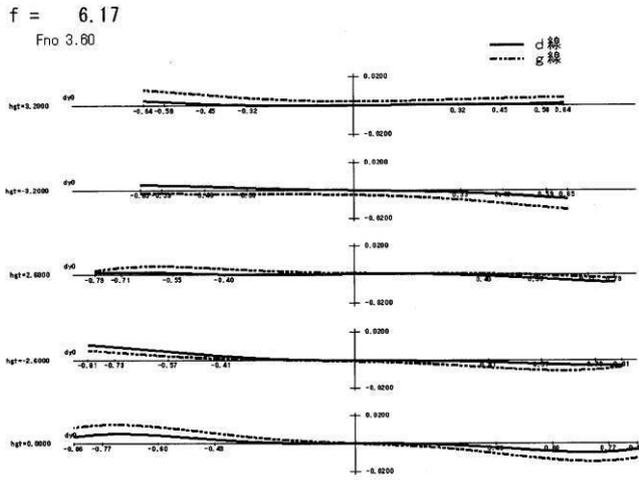


望遠端

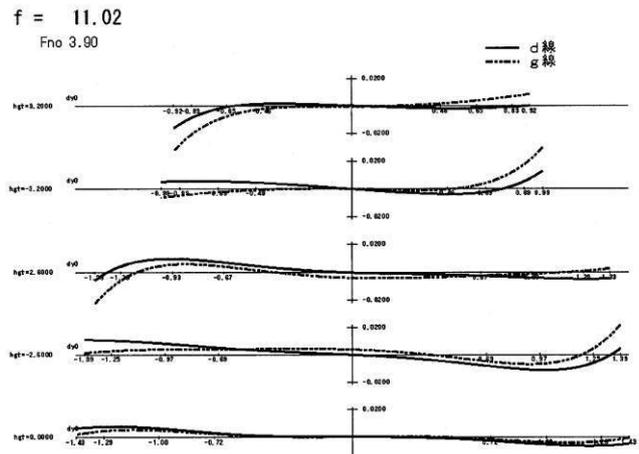


【図 10】

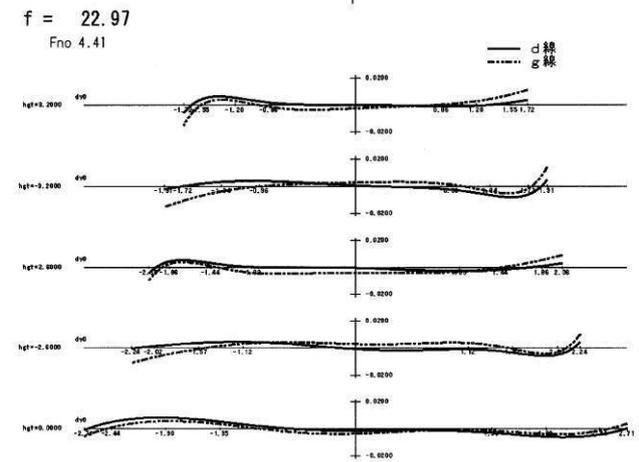
広角端



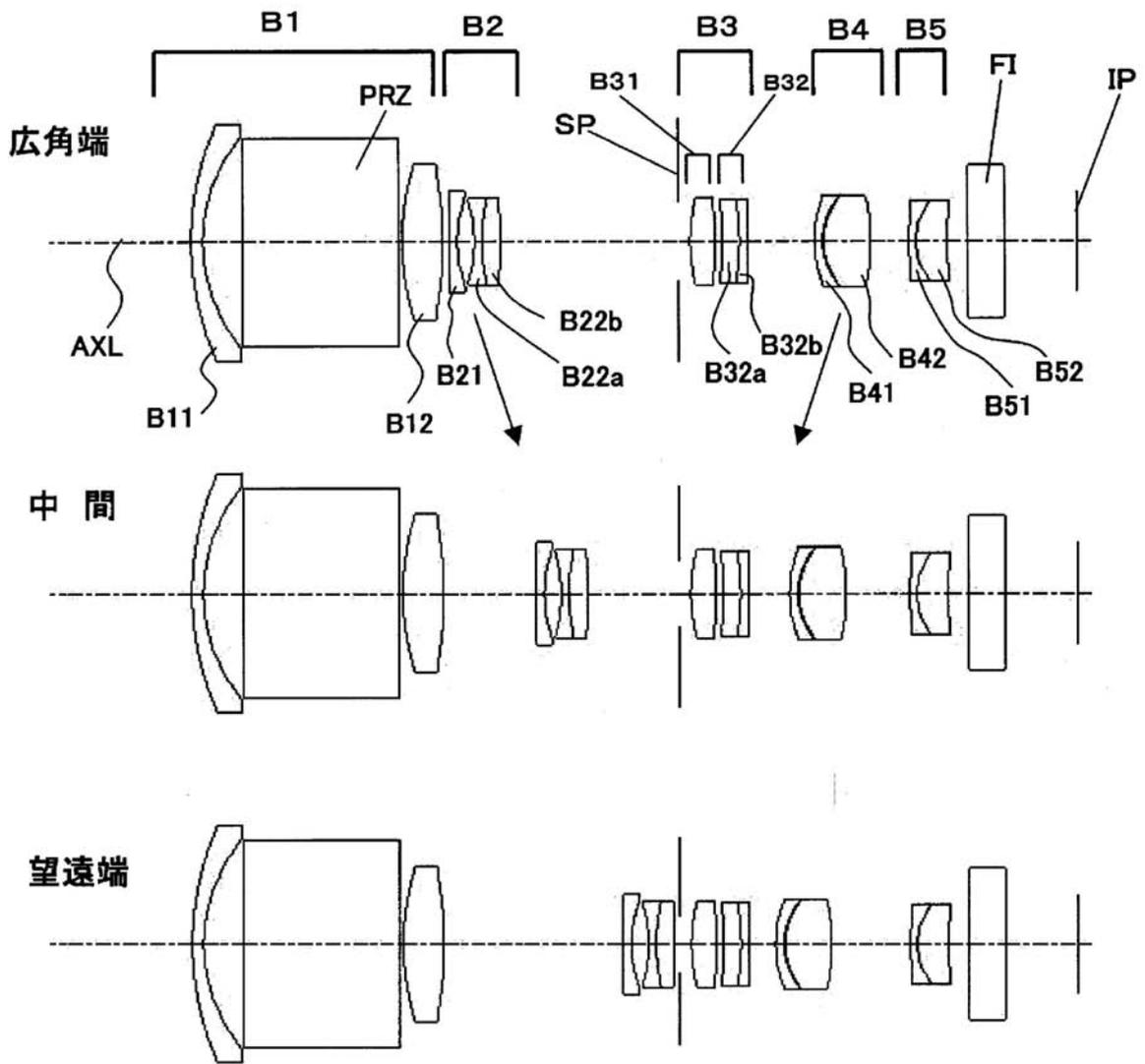
中間



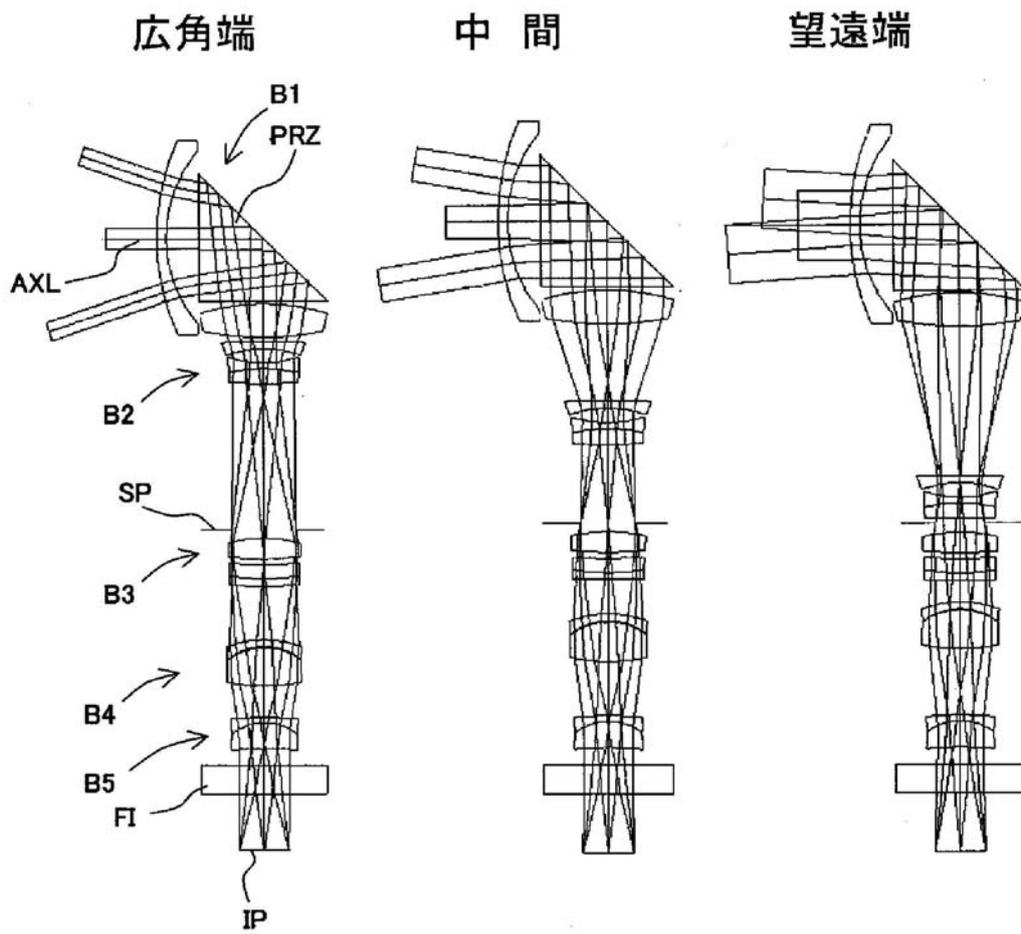
望遠端



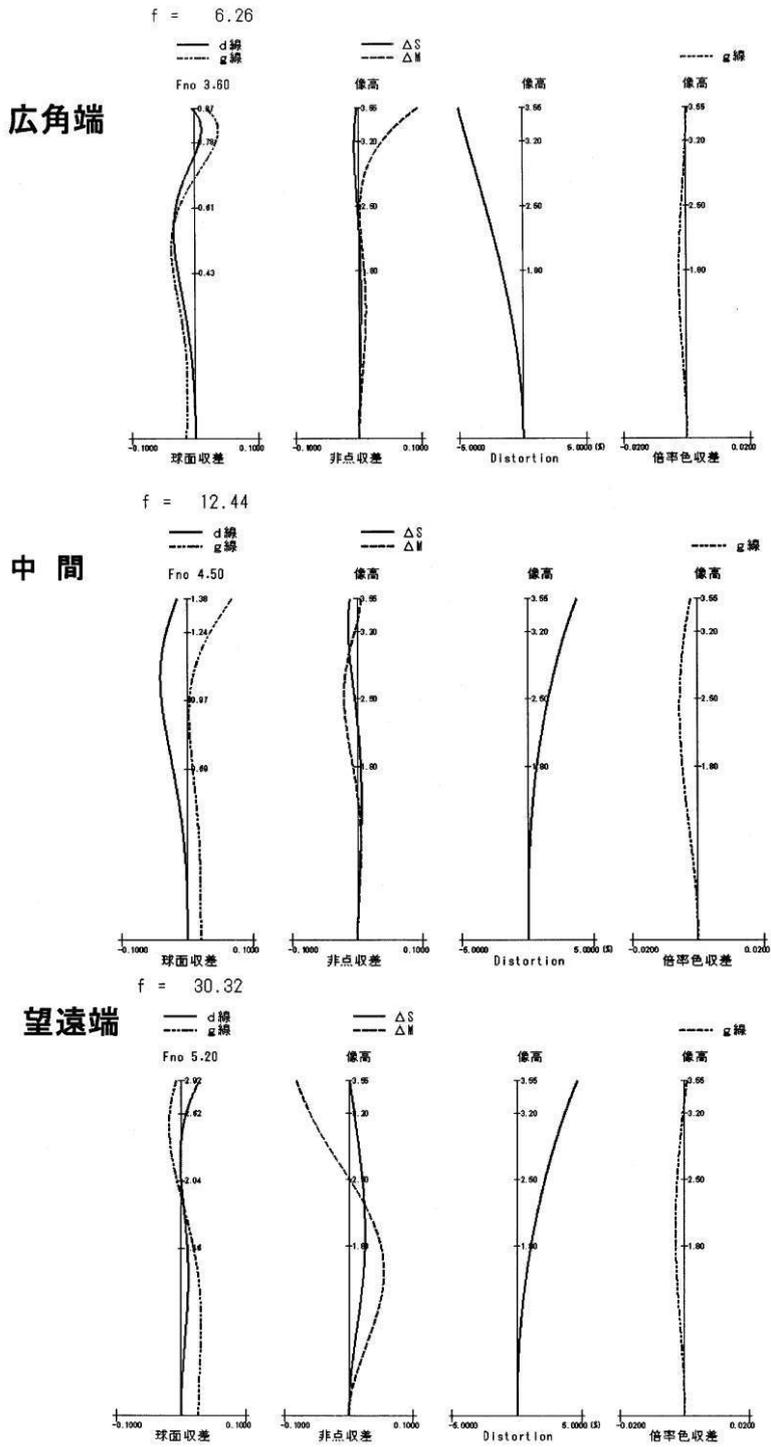
【 図 1 1 】



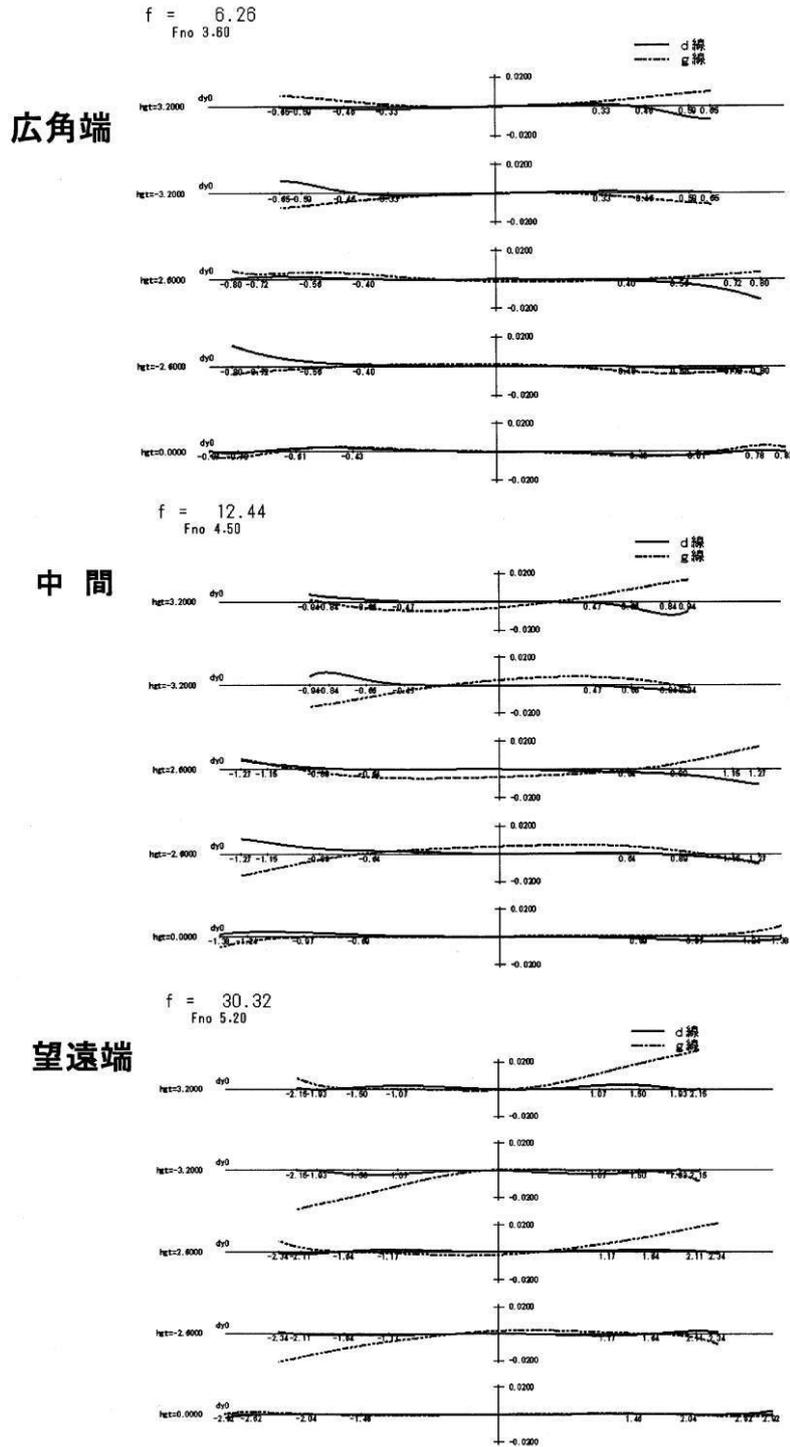
【 図 1 2 】



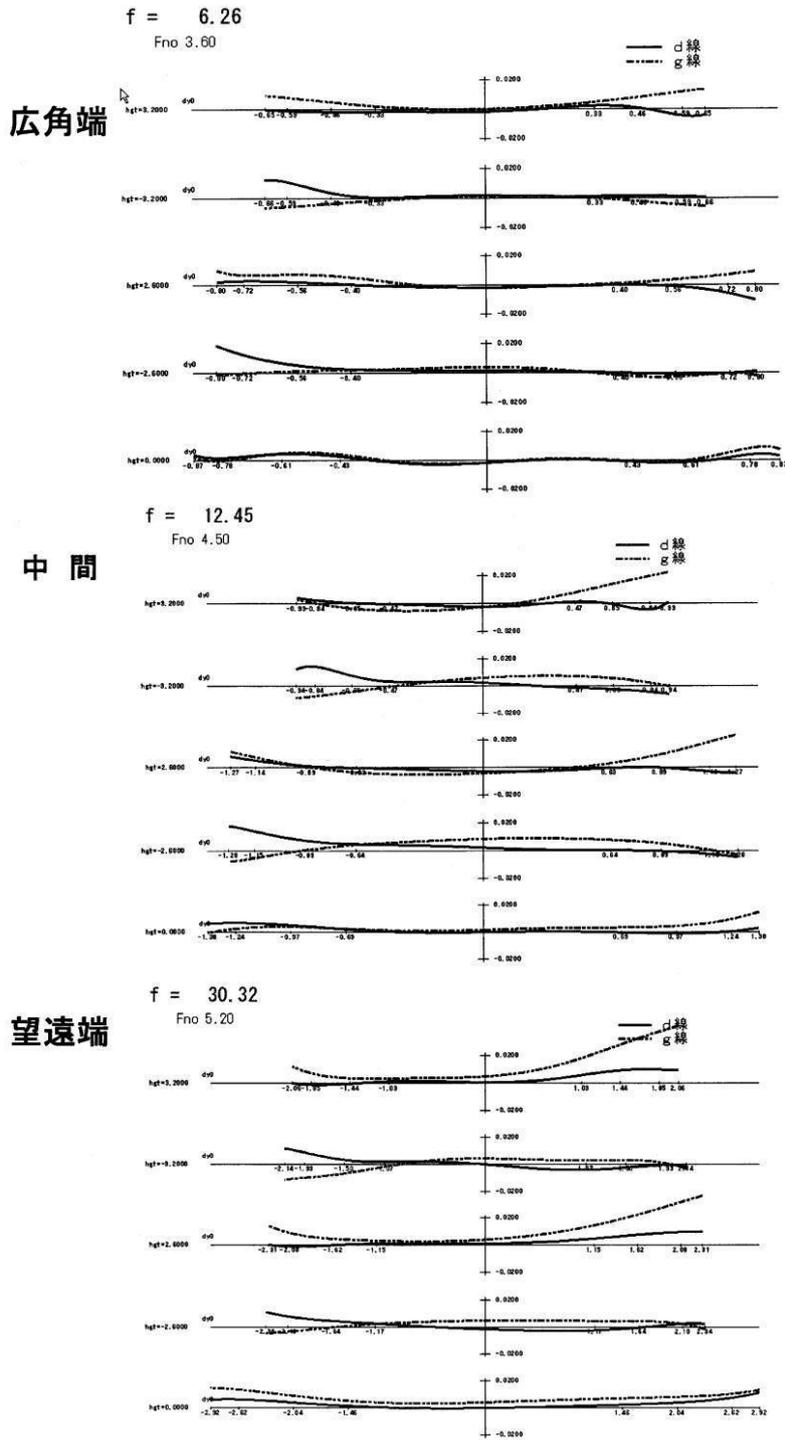
【 図 1 3 】



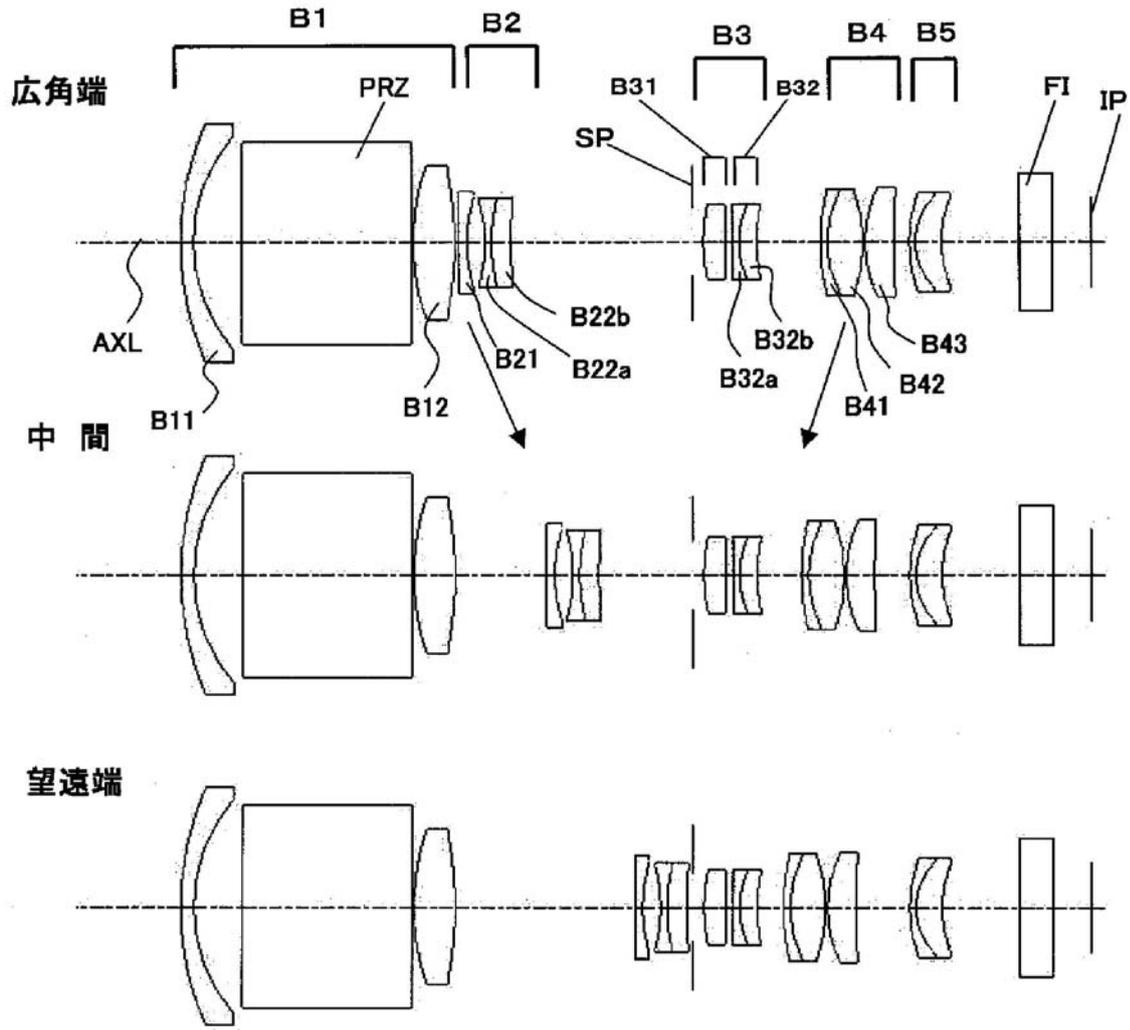
【 図 1 4 】



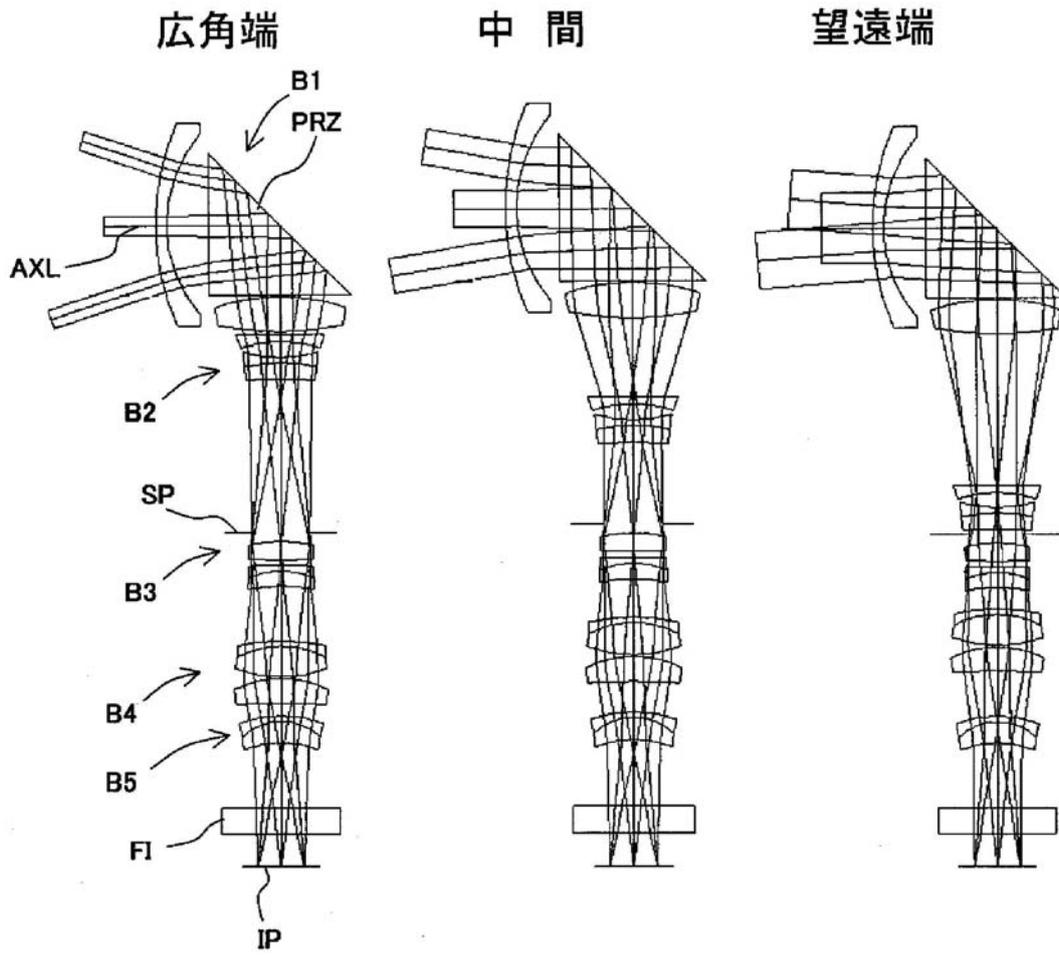
【 図 1 5 】



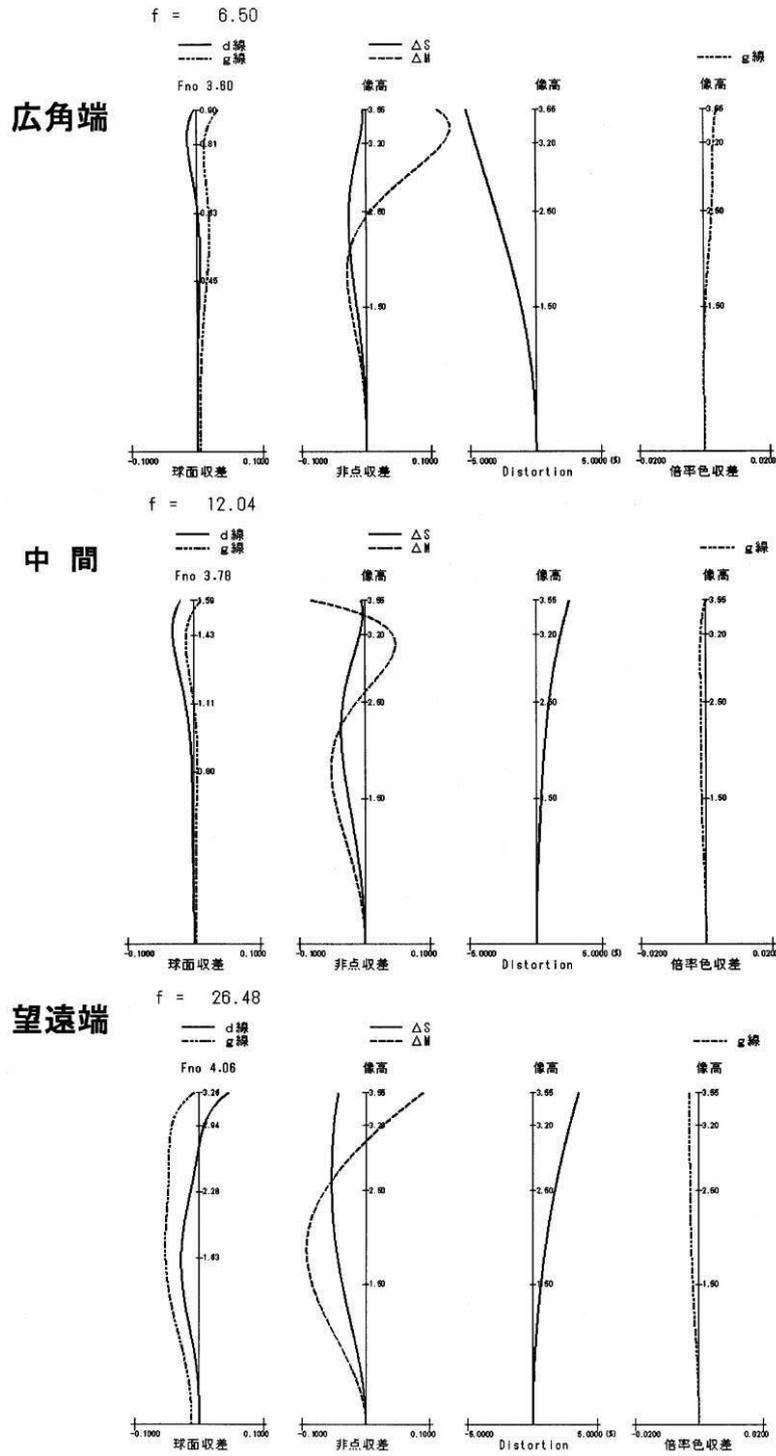
【図16】



【 図 1 7 】

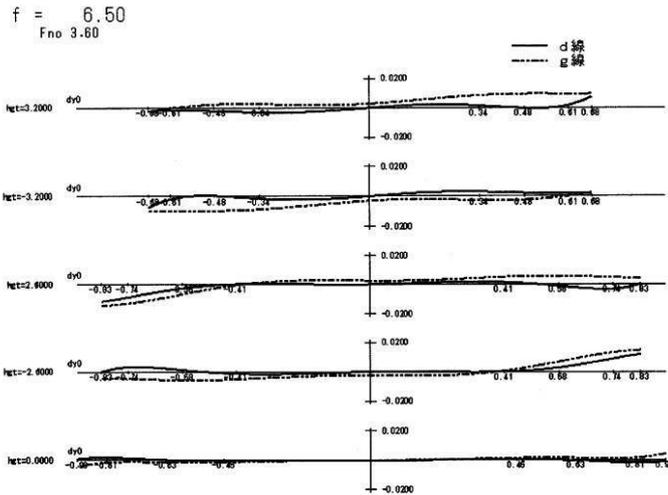


【 図 1 8 】

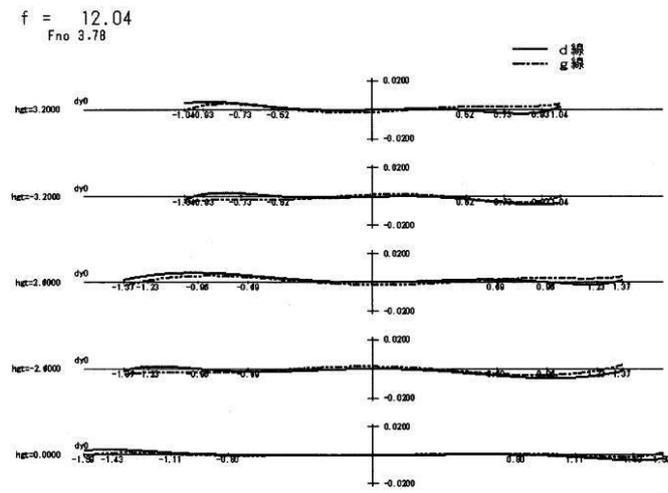


【 図 1 9 】

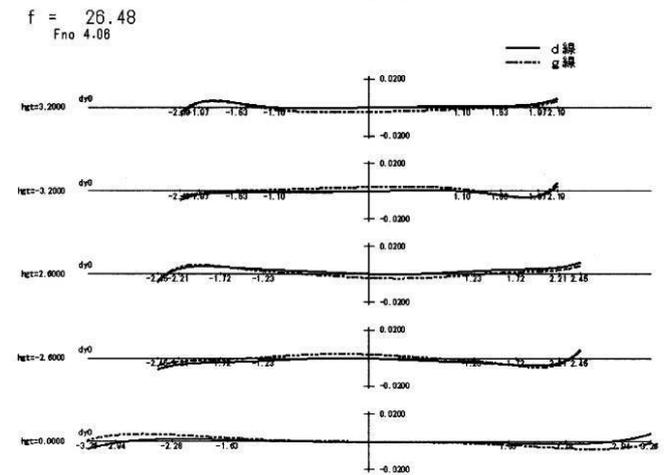
広角端



中間

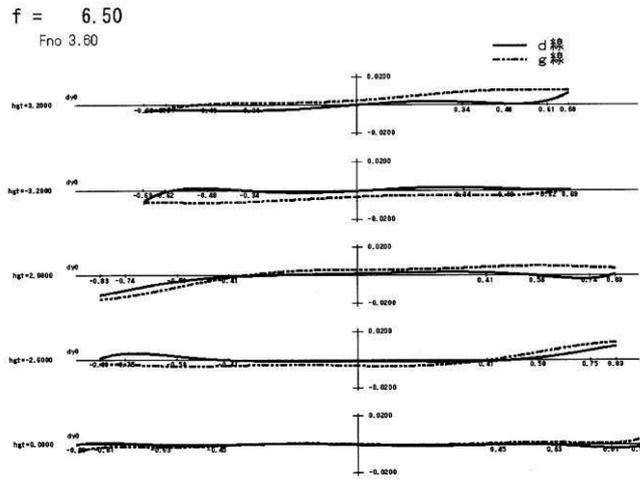


望遠端

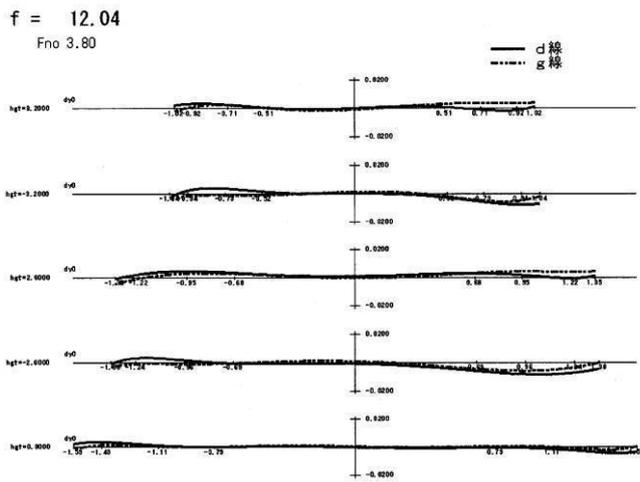


【 図 2 0 】

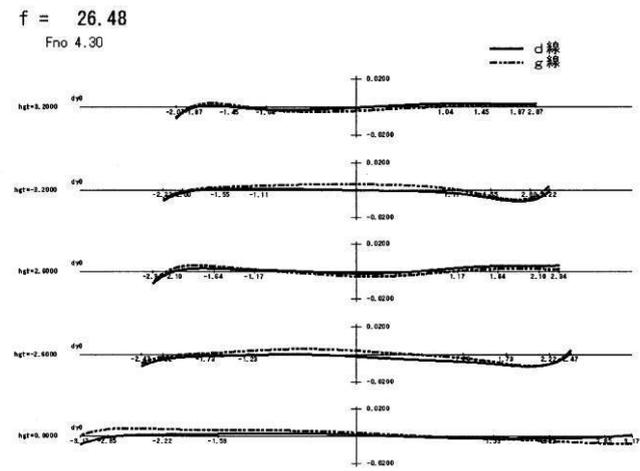
广角端



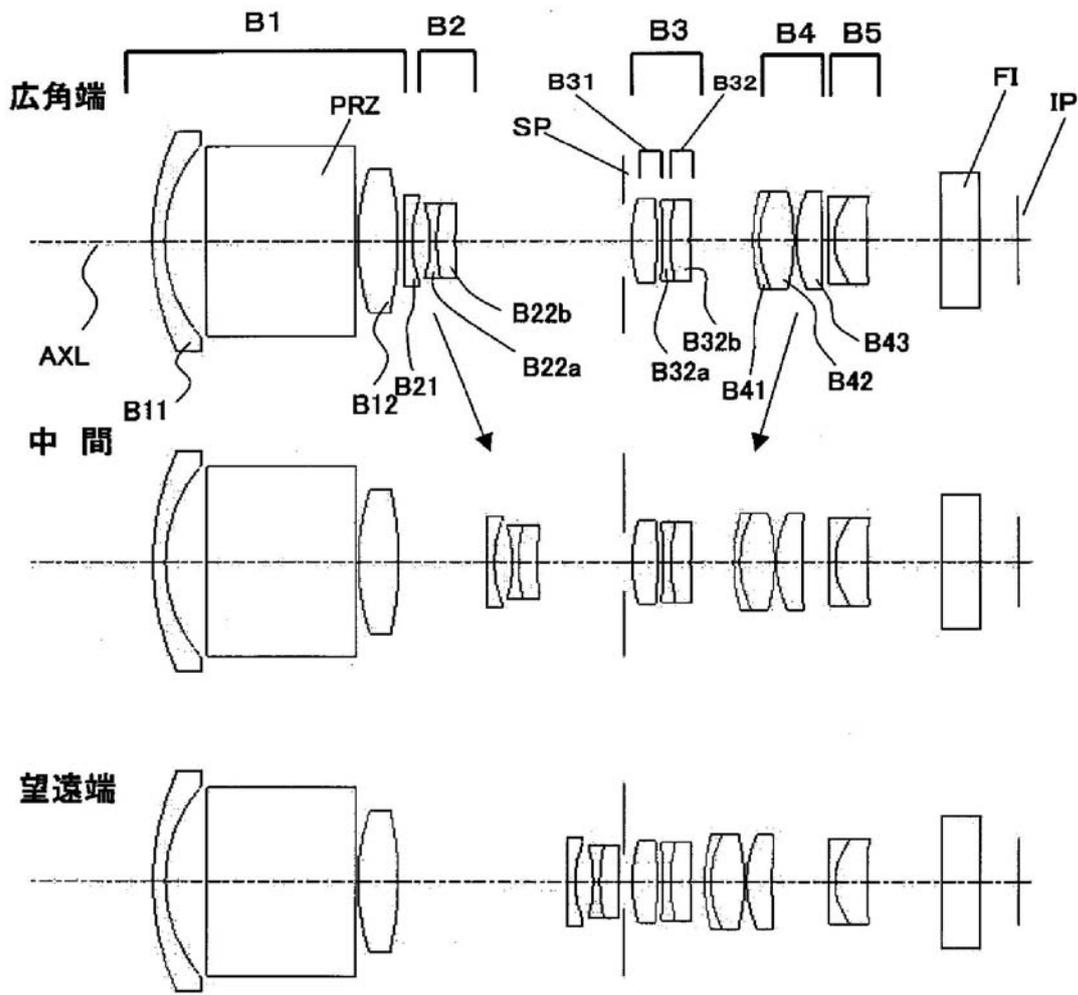
中間



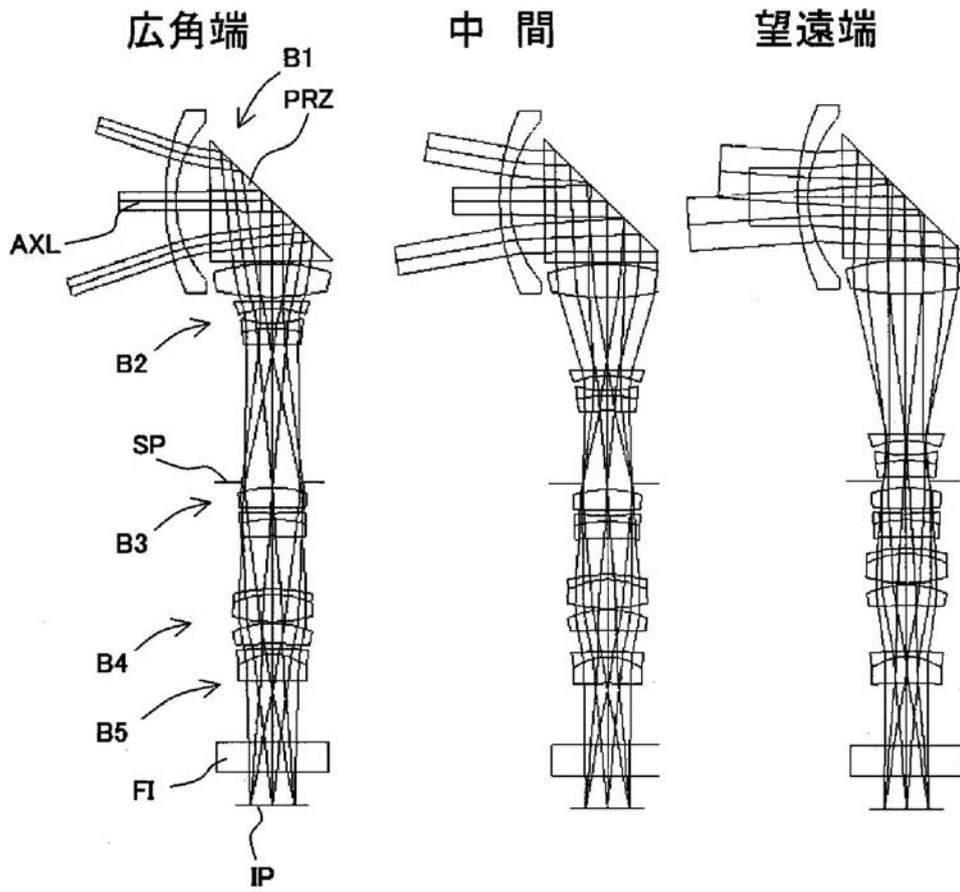
望远端



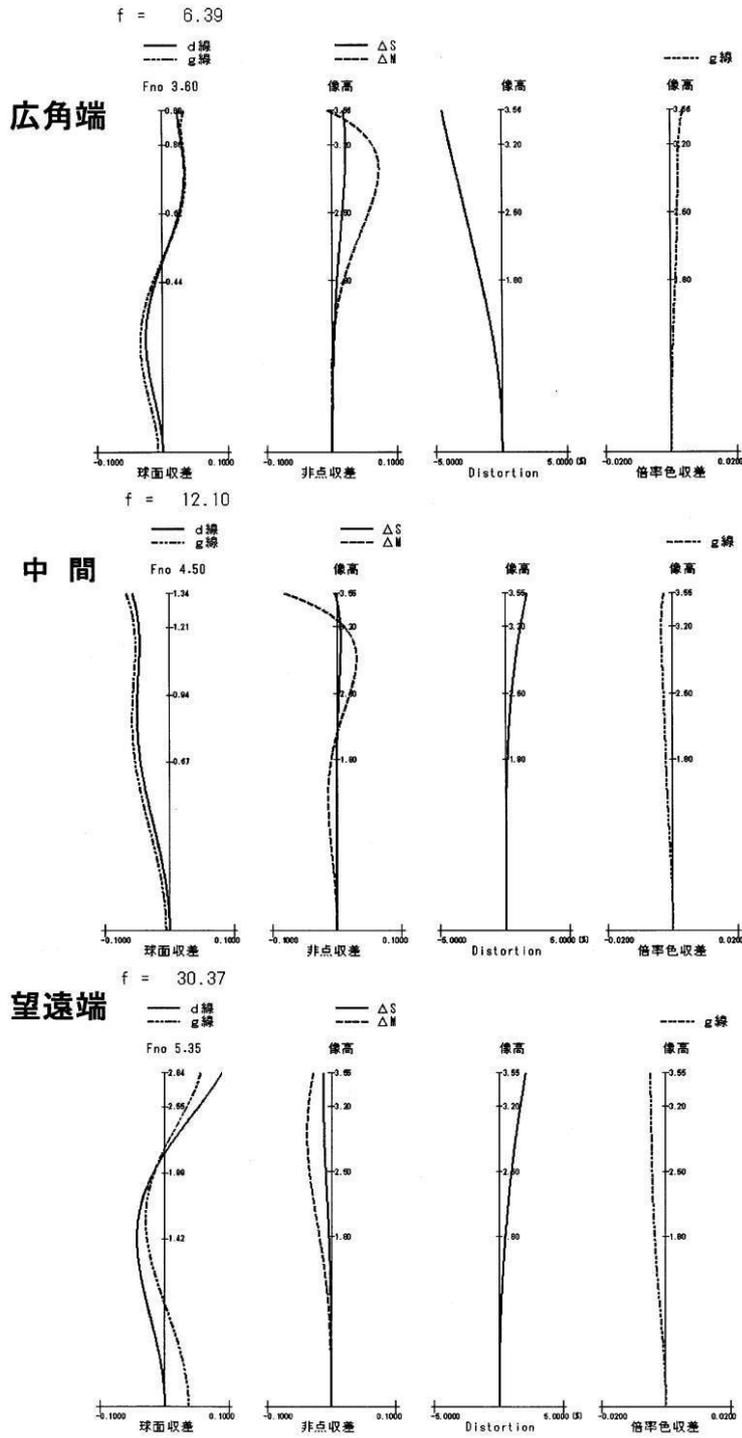
【 図 2 1 】



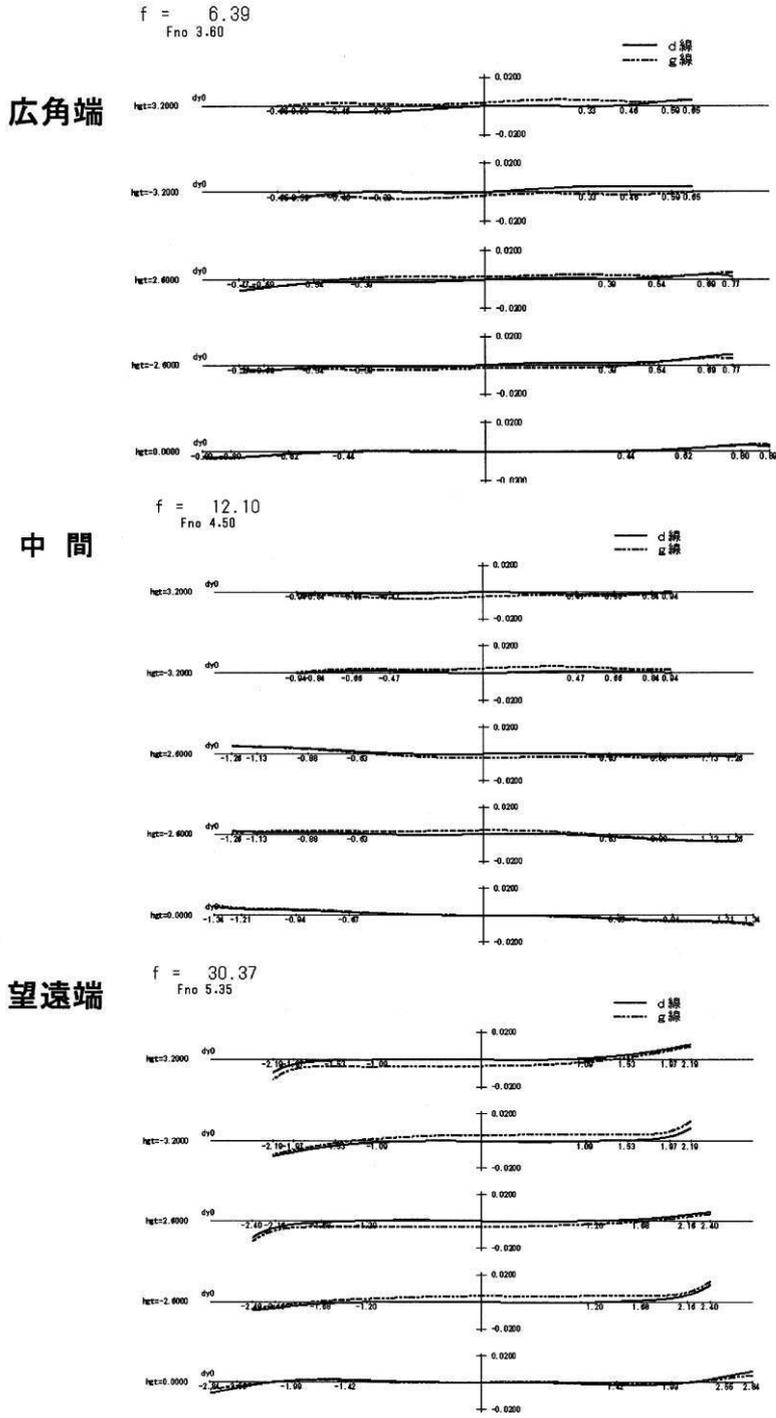
【 図 2 2 】



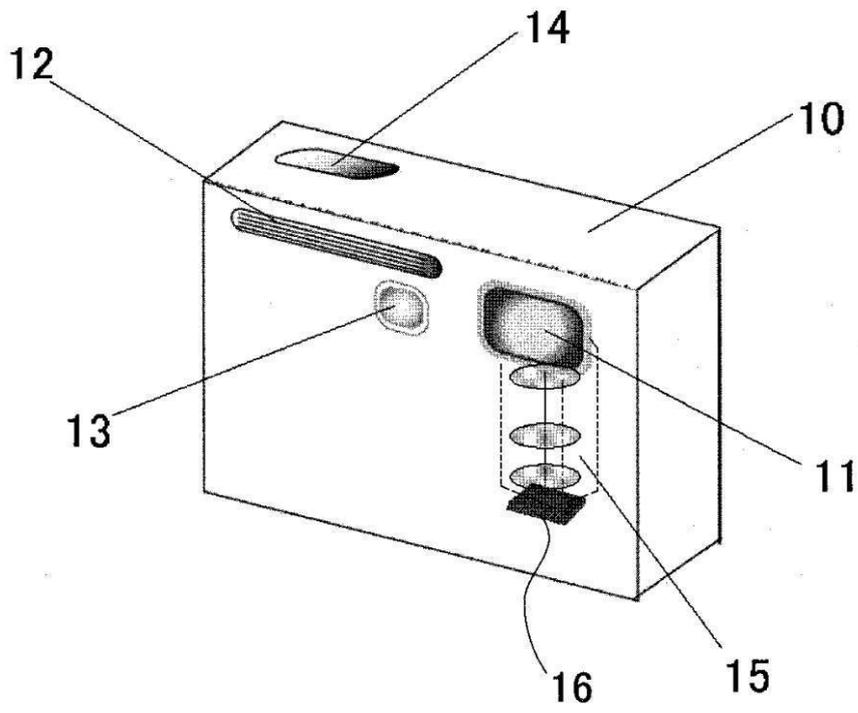
【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 6 】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA01 LA01 MA15 NA07 PA07 PA09 PA20 PB10 PB12 QA02
QA06 QA07 QA17 QA21 QA25 QA32 QA34 QA41 QA45 QA46
RA05 RA12 RA13 RA32 RA41 RA43 RA44 SA23 SA27 SA29
SA32 SA43 SA47 SA49 SA52 SA54 SA63 SA65 SA72 SA74
SA76 SB03 SB14 SB24 SB33 SB34 SB43