

(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2012-181508

(P2012-181508A)

(43) 公開日 平成24年9月20日(2012.9.20)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
GO2B 13/00 (2006.01)	GO2B 13/00	2H087
GO2B 13/18 (2006.01)	GO2B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 44 頁)

(21) 出願番号	特願2012-17456 (P2012-17456)	(71) 出願人	000131326
(22) 出願日	平成24年1月31日 (2012.1.31)		株式会社シグマ
(31) 優先権主張番号	特願2011-26643 (P2011-26643)		神奈川県川崎市麻生区栗木2丁目4番16号
(32) 優先日	平成23年2月10日 (2011.2.10)	(72) 発明者	小笠原 典行
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		神奈川県川崎市麻生区栗木2丁目4番16号 株式会社シグマ内
		Fターム(参考)	2H087 KA02 KA03 LA01 MA07 PA05 PA06 PA07 PA19 PA20 PB07 PB08 PB10 QA02 QA06 QA07 QA12 QA14 QA17 QA21 QA22 QA26 QA32 QA34 QA41 QA42 QA45 QA46 RA05 RA12 RA13 RA32 RA44

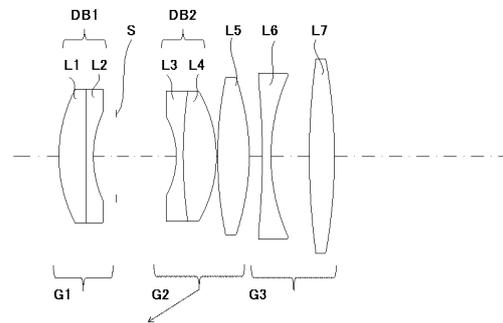
(54) 【発明の名称】 結像光学系

(57) 【要約】

【課題】 大型の撮像素子に対応でき、高性能化と小型化を達成し、光線射出角を抑制し、かつ軽量のレンズ群でフォーカシングを行いながら、撮影領域全体で収差変動の少ない結像光学系を提供する。

【解決手段】 物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力の第2レンズ群G2と、負の屈折力の第3レンズ群G3より構成され、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して第2レンズ群G2が光軸に沿って物体側へ移動し、第3レンズ群G3は少なくとも1枚ずつの正レンズと負レンズを有し、さらに所定の条件式を満足させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力の第 2 レンズ群と、負の屈折力の第 3 レンズ群より構成され、

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記第 2 レンズ群が光軸に沿って物体側へ移動し、前記第 3 レンズ群は少なくとも 1 枚ずつの正レンズと負レンズを有し、下記の条件式を満足することを特徴とする結像光学系。

- (1) $1.20 < f_1 / f_{23} < 7.50$
 (2) $0.01 < |f_2 / f_3| < 0.35$
 (3) $0.800 < n_{3a} / n_{3b} < 0.990$

ただし、

f_i : 第 i レンズ群の焦点距離

f_{23} : 第 2 レンズ群と第 3 レンズ群の無限遠合焦時における合成焦点距離

n_{3a} : 第 3 レンズ群を構成する負レンズの屈折率の最大値

n_{3b} : 第 3 レンズ群を構成する正レンズの屈折率の最小値

【請求項 2】

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズとの接合レンズ $DB1$ を有し、前記第 2 レンズ群は、物体側から順に物体側に凹面を向けた負レンズと像側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズ $DB2$ と両凸形状の正レンズを有し、下記の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の結像光学系。

- (4) $|R_{DB1} / f| > 1.00$
 (5) $|R_{DB2} / f| > 0.65$

ただし、

R_{DB1} : 接合レンズ $DB1$ の接合面の曲率半径

R_{DB2} : 接合レンズ $DB2$ の接合面の曲率半径

f : 光学系全系の無限遠合焦状態における焦点距離

【請求項 3】

前記接合レンズ $DB1$ は、前記第 1 レンズ群に含まれる接合レンズのうち最も像側に位置することを特徴とする請求項 2 に記載の結像光学系。

【請求項 4】

前記第 3 レンズ群の最も像側に正レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

【請求項 5】

前記第 3 レンズ群に含まれる負レンズは 1 枚であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負レンズと像側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズ $DB2$ と両凸形状の正レンズのみから構成されることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の結像光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はデジタルカメラ、ビデオカメラなどに用いられる撮影レンズに好適な結像光学系に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等の撮像装置の普及に伴い、撮像素子の画素数の増加が急速に進んでおり、より高画質の結像光学系が求められている。更に近年では高画質を得るために大型の撮像素子を採用するカメラが増加している。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

同じ画素数ならば、大型の撮像素子は小型のものに比べて画素あたりの面積が大きいいため、ノイズの少ない良好な画像を得ることが出来る。しかし撮像素子が大きくなると、当然ながら結像光学系も大型化する傾向がある。

【 0 0 0 4 】

撮像装置に広く使用される撮像素子は一般に入射角の大きな光に対して感度が低下するという特性を持つ。撮像素子に対して、周辺部まで入射角を小さく保つためにはレトロフォーカス型の屈折力配置が有利となる。

【 0 0 0 5 】

しかし、レトロフォーカス型の屈折力配置は、撮像素子の大きさに対して結像光学系の全長が大きくなりがちである。大型の撮像素子を使用する撮像装置においては、結像光学系の全長が大きくなると撮像装置全体が大型化してしまう。

10

【 0 0 0 6 】

従って大型の撮像素子に対応する光学系としては、撮像素子への入射角、すなわち結像光学系からの光線射出角を抑えつつ可能な限り小型化することが課題となる。

【 0 0 0 7 】

大型の撮像素子に対応するための、画角50～60°程度のコンパクトな結像光学系としては例えば特許文献1乃至3に開示されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

20

【 0 0 0 8 】

【 特許文献1 】 特開2003-241084号公報

【 0 0 0 9 】

【 特許文献2 】 特開2009-258158号公報

【 0 0 1 0 】

【 特許文献3 】 特開2010-101979号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 1 】

前述のように大型の撮像素子に対応する結像光学系においては十分な小型化が課題となるが、小型化に伴う性能の低下や製造誤差に対する敏感度の増大を最小限に抑えることが同時に必要となる。またフォーカシングに用いるレンズ群をなるべく軽くし、アクチュエータの小型化やフォーカシングの高速化も望まれる。

30

【 0 0 1 2 】

特許文献1および特許文献2に記載の結像光学系は、絞りより物体側の第1レンズ群内に物体側から順に負レンズと正レンズを配置し、それらのレンズを近接して配置して合成屈折力を正とし、さらに絞りより像側の第2レンズ群を物体側の第1レンズ群よりも強い正の屈折力とすることで全長の小型化と光線射出角の抑制が達成されている。フォーカシングは3枚程度のレンズからなる正の屈折力の第2レンズ群のみで行うことによって一定の軽量化が達成でき、さらにフォーカシングの高速化やアクチュエータの小型化が可能となる。

40

【 0 0 1 3 】

また、特許文献1および特許文献2に記載の結像光学系は、絞りよりも物体側の第1レンズ群では最も物体側の面を物体側に凸としつつ最も像側の面を像側に凹とし、また逆に、絞りよりも像側の第2レンズ群では最も物体側の面を物体側に凹としつつ最も像側の面を像側に凸としている。

【 0 0 1 4 】

一般に、上記のように絞りに対しコンセントリックなレンズ形状とすることにより、軸外主光線の各面への入射角を小さくして各面での非点収差やコマ収差の発生を抑制できる。また、レンズの屈折力配置が開口絞りを中心として対称に近いと第1レンズ群と第2レ

50

ンズ群の間でコマ収差、歪曲、倍率色収差等を打ち消し合い、光学系全体として良好な収差補正を実現できる。

【0015】

しかしながら、このような第1レンズ群と第2レンズ群のみからなる構成の結像光学系では、フォーカシングに伴って第2レンズ群を移動させることにより屈折力配置が大きく変化し、諸収差、特にコマ収差や歪曲、倍率色収差の変動が大きくなるため、近距離での性能が不十分となる。

【0016】

また、これらの収差は画角が大きくなるほど大きく発生するため、その補正および変動の抑制が難しくなる。このため、この形式の結像光学系は対角線全画角が30°程度の中望遠画角において主に使用されており、対角線全画角が50°程度の標準画角に使用された例は少ない。

10

【0017】

一方、特許文献3に記載の結像光学系は光学系の最も物体側に負のレンズエレメントが配置されたレトロフォーカス型の屈折力配置となっており、光線射出角を抑制している。また、フォーカシングを最も像側のレンズ1枚で行っているために非常に軽量である。

【0018】

その反面、レトロフォーカス型の屈折力配置により全長がやや長いという欠点がある。この光学系は絞りより物体側の群の合成屈折力を正として全長の短縮を図っているが、最も物体側に位置する2枚の負レンズの屈折力が大きく、絞りより物体側の群だけで強いレトロフォーカス型の屈折力配置となっているため全長の短縮が難しい。

20

【0019】

またフォーカス群がレンズ系の最も像側の1枚であるために、屈折力を強くして移動量の短縮を図ると、フォーカス群単体での収差補正が困難となってフォーカシングに伴う収差変動が大きくなるという問題が生じ、またフォーカス群の屈折力を弱くするとフォーカス群の移動量が大きくなって光学系全体の小型化に不利となる。

【0020】

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、対角線全画角がおおよそ60°から30°程度の広角から中望遠の画角領域に適し、大型の撮像素子に対応し、高性能化と小型化を達成し、光線射出角を抑制し、かつ軽量のレンズ群でフォーカシングを行いながら、撮影領域全体で収差変動の少ない、結像光学系を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0021】

上記目的を達成するために、本発明の第1の結像光学系は、物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力の第2レンズ群と、負の屈折力の第3レンズ群より構成され、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記第2レンズ群が光軸に沿って物体側へ移動し、前記第3レンズ群は少なくとも1枚ずつの正レンズと負レンズを有し、下記の条件式を満足することを特徴とする。

$$(1) 1.20 < f_{123} / f_{23} < 7.50$$

$$(2) 0.01 < |f_2 / f_3| < 0.35$$

$$(3) 0.800 < n_{3a} / n_{3b} < 0.990$$

40

ただし、

f_i : 第*i*レンズ群の焦点距離

f_{23} : 第2レンズ群と第3レンズ群の無限遠合焦時における合成焦点距離

n_{3a} : 第3レンズ群を構成する負レンズの屈折率の最大値

n_{3b} : 第3レンズ群を構成する正レンズの屈折率の最小値

【0022】

また本発明の第2の結像光学系は、本発明の第1の結像光学系において、前記第1レンズ群は、物体側から順に物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズとの接合レンズDB1を有し、前記第2レンズ群は、物体側から順に物体側に凹面を向けた

50

負レンズと像側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズDB2と両凸形状の正レンズを有し、下記の条件式を満足することを特徴とする。

$$(4) \quad |RDB1 / f| > 1.00$$

$$(5) \quad |RDB2 / f| > 0.65$$

ただし、

RDB1：接合レンズDB1の接合面の曲率半径

RDB2：接合レンズDB2の接合面の曲率半径

f：光学系全系の無限遠合焦状態における焦点距離

【0023】

さらに本発明の第3の結像光学系は、本発明の第2の結像光学系において、前記接合レンズDB1は、前記第1レンズ群に含まれる接合レンズのうち最も像側に位置することを特徴とする。

【0024】

さらに本発明の第4の結像光学系は、本発明の第1乃至第3いずれかの結像光学系において、前記第3レンズ群の最も像側に正レンズを有することを特徴とする。

【0025】

さらに本発明の第5の結像光学系は、本発明の第1乃至第4いずれかの結像光学系において、前記第3レンズ群に含まれる負レンズは1枚であることを特徴とする。

【0026】

さらに本発明の第6の結像光学系は、本発明の第1乃至第5いずれかの結像光学系において、前記第2レンズ群は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負レンズと像側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズDB2と両凸形状の正レンズのみから構成されることを特徴とする。

【発明の効果】

【0027】

本発明を実施の結像光学系によれば、対角線全画角がおおよそ60°から30°程度の広角から中望遠の画角領域に適し、大型の撮像素子に対応し、高性能化と小型化を達成し、光線射出角を抑制し、かつ軽量のレンズ群でフォーカシングを行いながら、撮影領域全体で収差変動の少ない結像光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の結像光学系の実施例1に係るレンズ構成図である。

【図2】実施例1の結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図3】実施例1の結像光学系の撮影距離500mmにおける縦収差図である。

【図4】実施例1の結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図5】実施例1の結像光学系の撮影距離500mmにおける横収差図である。

【図6】本発明の結像光学系の実施例2に係るレンズ構成図である。

【図7】実施例2の結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図8】実施例2の結像光学系の撮影距離500mmにおける縦収差図である。

【図9】実施例2の結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図10】実施例2の結像光学系の撮影距離500mmにおける横収差図である。

【図11】本発明の結像光学系の実施例3に係るレンズ構成図である。

【図12】実施例3の結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図13】実施例3の結像光学系の撮影距離500mmにおける縦収差図である。

【図14】実施例3の結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図15】実施例3の結像光学系の撮影距離500mmにおける横収差図である。

【図16】本発明の結像光学系の実施例4に係るレンズ構成図である。

【図17】実施例4の結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図18】実施例4の結像光学系の撮影距離500mmにおける縦収差図である。

【図19】実施例4の結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

10

20

30

40

50

【図70】実施例14の結像光学系の撮影距離800mmにおける横収差図である。

【図71】本発明の結像光学系の実施例15に係るレンズ構成図である。

【図72】実施例15の結像光学系の撮影距離無限遠における縦収差図である。

【図73】実施例15の結像光学系の撮影距離800mmにおける縦収差図である。

【図74】実施例15の結像光学系の撮影距離無限遠における横収差図である。

【図75】実施例15の結像光学系の撮影距離800mmにおける横収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

本発明の結像光学系は、図1、図6、図11、図16、図21、図26、図31、図36、図41、図46、図51、図56、図61、図66、及び図71に示すレンズ構成図からわかるように、物体側から順に、正の屈折力の第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力の第2レンズ群G2と、負の屈折力の第3レンズ群G3より構成され、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して第2レンズ群G2が光軸に沿って物体側へ移動する構成となっている。

10

【0030】

また、第3レンズ群G3は少なくとも1枚ずつの正レンズと負レンズを有する構成となっている。

【0031】

まず、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の合成系における、フォーカシングに伴う収差の変動について定性的に説明する。

20

【0032】

一般的に、開口絞りに対して同じ側にある正の屈折力のレンズ群と負の屈折力のレンズ群の残収差の符号は逆である。また、軸外主光線通過位置が光軸から遠いほどコマ収差等の軸外収差の発生は大きくなる。

【0033】

本発明の結像光学系では、無限遠から近距離へのフォーカシングに伴い、第1レンズ群G1での軸外主光線通過位置は殆ど変化しないが、第2レンズ群G2は物体側へ移動するので第2レンズ群G2での軸外主光線通過位置はより光軸に近くなる。

【0034】

このため、第1レンズ群G1の発生させる収差は殆ど変化しないにも拘らず第2レンズ群の発生させる収差は小さくなり、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の合成系において収差変動が発生することになる。

30

【0035】

第1レンズ群G1と第2レンズ群G2のそれぞれの群で十分に収差を補正することが出来れば収差変動は少なくなるが、そのためにはそれぞれの群の構成枚数を増加させる必要があり、フォーカス群の軽量化という本発明の目的の一つが達成できない。

【0036】

そこで本発明の結像光学系では、フォーカシングに伴う収差変動を抑えるために、第2レンズ群G2の像側にフォーカシング時に移動しない負の屈折力の第3レンズ群G3を導入した。第3レンズ群G3導入による効果について説明する。

40

【0037】

無限遠から近距離へのフォーカシングに伴って正の屈折力の第2レンズ群G2が開口絞りSに近づくので、射出瞳は像側へ移動し、第2レンズ群G2以降の軸外主光線通過位置は光軸に近くなる。従って、第3レンズ群G3における軸外主光線通過位置は光軸に近くなり、第3レンズ群G3の発生させる収差は小さくなる。

【0038】

前述のように、無限遠から近距離へのフォーカシングに伴って第2レンズ群G2の発生させる収差は小さくなるので、正の屈折力の第2レンズ群G2と負の屈折力の第3レンズ群G3の発生させる収差がそれぞれ小さくなることになる。すなわち、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の発生させる収差の符号が逆符号であると、第2レンズ群G2と第3

50

レンズ群 G 3 の合成系の収差変動を抑制できる。

【 0 0 3 9 】

上記の理由から第 3 レンズ群 G 3 の屈折力を負とすることによって、フォーカシング時の第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の合成系での収差の変動を抑制でき、第 1 レンズ群 G 1 も含めた結像光学系全系のフォーカシングに伴う収差変動を抑制することが可能となる。

【 0 0 4 0 】

このように、本発明の結像光学系は、第 3 レンズ群の導入によってフォーカシングに伴う第 2 レンズ群の移動によるコマ収差等の軸外収差の変動の抑制を可能としているため、軸外収差の変動の抑制が課題となる対角線全画角 50° 程度の標準レンズ、またはそれ以上の画角の広角レンズに適する。また本発明の結像光学系は、軸外収差の発生が対角線全画角 50° 程度の標準レンズより少ない対角線全画角 30° 程度の中望遠レンズに対しても、当然適用可能である。

【 0 0 4 1 】

さらに、負の屈折力の第 3 レンズ群 G 3 には、フォーカシングに伴う第 2 レンズ群 G 2 の移動量を抑制する、結像光学系の全長を抑制するなどの効果もあるため、結像光学系全体の小型化に寄与する。

【 0 0 4 2 】

一方、前述した通り、撮像素子は入射角の大きな光に対して感度が低下するという特性を持つために、結像光学系からの光線射出角を抑制する必要がある。このため、開口絞り S を挟んで対向する正の屈折力の第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力の第 2 レンズ群 G 2 および負の第 3 レンズ群 G 3 の合成系とを比べると、第 1 レンズ群 G 1 の正の屈折力の方が弱くなければならない。

【 0 0 4 3 】

同様に、負の屈折力の第 3 レンズ群 G 3 は射出瞳を像側に移動させ光線射出角を大きくする作用を持つので、第 2 レンズ群 G 2 に比べて第 3 レンズ群 G 3 の屈折力の方が小さくなければならない。

【 0 0 4 4 】

そこで、本発明の結像光学系が満たす条件式 1 は、第 1 レンズ群 G 1 と、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 の合成系との無限遠合焦状態における焦点距離の比に関して、光学系の全長とレンズからの光線射出角とを抑制するための好ましい範囲を規定するものである。

【 0 0 4 5 】

条件式 1 の下限を下回ると、第 1 レンズ群 G 1 の屈折力が強くなって光線射出角の抑制が困難となる。一方、条件式 1 の上限を上回ると、第 2 レンズ群 G 2 の屈折力が強くなるために第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 の収差補正が困難となる。また第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 の合成系の屈折力が第 1 レンズ群 G 1 に対して強くなり、レトロフォーカス型の屈折力配置に近づくため、バックフォーカスが長くなって光学系全体の全長の抑制が難しくなり、結像光学系の小型化を阻害する。

【 0 0 4 6 】

なお、上述した条件式 1 について、その下限値を 1.30 に、またさらに 2.40 とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。また、上限値を 7.00 とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【 0 0 4 7 】

また、本発明の結像光学系が満たす条件式 2 は、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離の比に関して、レンズからの光線射出角と収差変動とを抑制するための好ましい範囲を規定するものである。

【 0 0 4 8 】

条件式 2 の下限を下回ると、第 3 レンズ群 G 3 の屈折力が弱くなってフォーカシングに伴う収差変動を抑制することが難しくなる。また、光学系全長やフォーカシングに伴う第

10

20

30

40

50

2 レンズ群 G 2 の移動量の抑制が難しくなり、結像光学系の小型化を阻害する。一方、条件式 2 の上限を超えると第 3 レンズ群 G 3 の屈折力が強くなり光線射出角の抑制が難しくなる。

【 0 0 4 9 】

なお、上述した条件式 2 について、その下限値を 0 . 0 2 とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。また、上限値を 0 . 3 0 に、またさらに 0 . 2 5 とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【 0 0 5 0 】

また、本発明の結像光学系が満たす条件式 3 は、第 3 レンズ群 G 3 における少なくとも 1 枚ずつの負レンズと正レンズの屈折率に関して、フォーカシングに伴う収差変動を抑制するために好ましい条件を規定するものである。より屈折力の大きい第 2 レンズ群 G 2 の収差変動を打ち消すためには、第 3 レンズ群 G 3 は屈折力に対して収差の発生を大きくする必要がある。

【 0 0 5 1 】

条件式 3 の下限を下回って第 3 レンズ群 G 3 内の少なくとも 1 枚の負レンズの屈折率が低くなると、第 3 レンズ群 G 3 内の負レンズの発生させるコマ収差、歪曲が大きくなって性能低下の原因となり、また偏芯による収差変動が大きくなって製造時の性能が低下してしまう。一方、条件式 3 の上限を上回って第 3 レンズ群 G 3 内の少なくとも 1 枚の負レンズの屈折率が高くなると、コマ収差、歪曲の発生が小さくなるため、フォーカシングに伴う収差変動の抑制が難しくなる。

【 0 0 5 2 】

なお、上述した条件式 3 について、その下限値を 0 . 8 5 0 とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。また、上限値を 0 . 9 8 5、またさらに 0 . 9 0 0 とすることで、前述の効果をより確実にすることができる。

【 0 0 5 3 】

さらに本発明の結像光学系では、第 1 レンズ群 G 1 内に、物体側から順に物体側に凸面を向けた正レンズと像側に凹面を向けた負レンズの 2 枚のレンズからなる接合レンズ D B 1 を有し、第 2 レンズ群 G 2 内に、物体側から順に物体側に凹面を向けた負レンズと像側に凸面を向けた正レンズの 2 枚のレンズからなる接合レンズ D B 2 を有する構成としている。これにより、コマ収差や非点収差等の軸外収差を補正するとともに、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 のそれぞれでの軸上色収差の補正を行っている。

【 0 0 5 4 】

これらの接合レンズを分離して空気レンズとすると曲率の自由度が 1 面分増えるので、開放でのコマフレアをさらに削減できる可能性があるが、各レンズの偏芯による性能低下が大きくなるため、製造時の性能が低下するおそれがある。また瞳中心付近での横収差が大きくなりやすいため、開口絞り S を絞っても解像度が上がらないなどの問題がある。

【 0 0 5 5 】

さらに第 2 レンズ群 G 2 は光線射出角を抑制するために大きな屈折力を持つ必要があるため、接合レンズ D B 2 の像側に両凸形状の正レンズを有するのが良い。

【 0 0 5 6 】

本発明の結像光学系では、第 1 レンズ群中の接合レンズ D B 1、および第 2 レンズ群中の接合レンズ D B 2 の接合面が条件式 4 および 5 を満たすことが望ましい。これらの条件式は、各接合レンズ D B 1 および D B 2 それぞれの接合面の曲率半径に関して、好ましい条件を規定するものである。

【 0 0 5 7 】

条件式 4 および 5 に規定の範囲を超えて各接合面の曲率が強くなると、接合面で発生する 7 次のコマ収差や 5 次および 7 次の非点収差の発生が大きくなり、接合レンズの偏芯による性能低下が大きくなる。また接合レンズの体積が大きくなり重量が増加する。特に接合レンズ D B 2 はフォーカシング時に移動する第 2 レンズ群 G 2 内に設けられているので、重量増加は大きな問題となる。

10

20

30

40

50

【0058】

さらに本発明の結像光学系では、前記第1レンズ群中の接合レンズDB1が第1レンズ群中の最も像側に配置されることが望ましい。前述のように接合レンズDB1は像側に凹面を向けているので、像側の面が負の屈折力となっている。この面を第1レンズ群中の最も像側に配置することによって、第1レンズ群内部の屈折力配置はテレフォト型に近くなり、光学系全体の全長を抑制するために好都合である。

【0059】

また、第1レンズ群の像側には開口絞りがあって、全ての画角の光束が集中するために第1レンズ群の最も像側のエレメントは偏芯が発生した場合の収差変化の感度が大きくなりやすい傾向がある。第1レンズ群の最も像側に、条件式4を満たして偏芯時の収差変化の感度を抑制した接合レンズDB1を配置することにより、製造誤差による性能の低下を抑えることが出来る。

10

【0060】

さらに本発明の結像光学系では、第3レンズ群G3の最も像側に正レンズを有する構成とすることが望ましい。前述のように負の屈折力の第3レンズ群G3は射出瞳を像側に移動させ、画像周辺部における主光線の射出角が大きくなりがちである。これを解消するために、第3レンズ群G3の最も像側に正レンズを配置することで、正レンズのパワーを弱くして収差の発生を抑制しながら主光線射出角を抑制することが出来る。

【0061】

さらに本発明の結像光学系では、第3レンズ群G3に含まれる負レンズを1枚とする構成が望ましい。第3レンズ群G3において第2レンズ群G2の移動に伴う収差変動を打ち消すためには、第3レンズ群G3中の負レンズが発生する収差をある程度大きくする必要があるのである。そのためには第3レンズ群G3中の負レンズを少なくすることが好ましく、1枚にて構成することが最も望ましい。またこれは構成枚数の削減にもつながり、光学系全体の小型化において有利となる。

20

【0062】

さらに本発明の結像光学系では、第2レンズ群G2は物体側から順に物体側に凹面を向けた負レンズと像側に凸面を向けた正レンズの2枚のレンズからなる接合レンズDB2と両凸形状の正レンズのみからなることが望ましい。

【0063】

前述のように光線射出角を抑制し、フォーカシングに必要な屈折力を付与しながら十分に収差を補正するために、物体側から順に接合レンズDB2と両凸レンズを有することが望ましい。より構成枚数を増やすと第2レンズ群の収差補正には有利になるが、第2レンズ群の重量の増加を招き、本発明の目的の一つであるフォーカス群の軽量化が達成困難となる。

30

【0064】

本発明の結像光学系では、以下の構成を伴うことが、本発明の結像光学系の高性能化により効果的である。

【0065】

フォーカシングに伴う収差変動を抑制するために、第2レンズ群G2のいずれか1つまたは複数の面を非球面とし、第2レンズ群G2での収差発生を抑制する構成とするとより望ましい。どの面を非球面としても補正効果を得られるが、第2レンズ群G2の物体側寄りの面ほどコマ収差の補正に効果を発揮し、第2レンズ群G2の像側寄りの面ほど非点収差や歪曲収差の補正に効果を発揮する傾向がある。第2レンズ群G2内の面は面精度によって球面収差やコマ収差が変化しやすいため、精度良く製造しやすい両凸形状の正レンズのいずれかの面を非球面とする構成とするとより望ましい。

40

【0066】

また、第1レンズ群G1や第3レンズ群G3にさらに非球面を導入することで、非点収差等の補正をより良好に行える。

【0067】

50

次に、本発明の結像光学系に係る実施例のレンズ構成について説明する。なお、以下の説明ではレンズ構成を物体側から像側の順番で記載する。

【実施例 1】

【0068】

図 1 は、本発明の実施例 1 の結像光学系のレンズ構成図である。

【0069】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた正レンズ L 1 と像側に凹面を向けた負レンズ L 2 とから成る接合レンズ DB 1 で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0070】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凹面を向けた負レンズ L 3 と像側に凸面を向けた正レンズ L 4 とから成る接合レンズ DB 2 と、両凸形状の正レンズ L 5 とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第 2 レンズ群 G 2 は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0071】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凹形状の負レンズ L 6 と、両凸形状の正レンズ L 7 とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0072】

また、正レンズ L 5 の像側レンズ面と正レンズ L 7 の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

【実施例 2】

【0073】

図 6 は、本発明の実施例 2 の結像光学系のレンズ構成図である。

【0074】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた正レンズ L 1 と像側に凹面を向けた負レンズ L 2 とから成る接合レンズ DB 1 で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0075】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凹面を向けた負レンズ L 3 と像側に凸面を向けた正レンズ L 4 とから成る接合レンズ DB 2 と、両凸形状の正レンズ L 5 とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第 2 レンズ群 G 2 は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0076】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凹形状の負レンズ L 6 と、両凸形状の正レンズ L 7 とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0077】

また、正レンズ L 5 の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

【実施例 3】

【0078】

図 11 は、本発明の実施例 3 の結像光学系のレンズ構成図である。

【0079】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた正レンズ L 1 と像側に凹面を向けた負レンズ L 2 とから成る接合レンズ DB 1 で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0080】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凹面を向けた負レンズ L 3 と像側に凸面を向けた正レンズ L 4 とから成る接合レンズ DB 2 と、両凸形状の正レンズ L 5 とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第 2 レンズ群 G 2 は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0081】

10

20

30

40

50

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6と、両凸形状の正レンズL7とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0082】

また、正レンズL4の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

【実施例4】

【0083】

図16は、本発明の実施例4の結像光学系のレンズ構成図である。

【0084】

第1レンズ群G1は、

物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL1と、物体側に凸面を向けた正レンズL2と像側に凹面を向けた負レンズL3とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0085】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL4と像側に凸面を向けた正レンズL5とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL6とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0086】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL7と、両凸形状の正レンズL8とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0087】

また、正レンズL5の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

【実施例5】

【0088】

図21は、本発明の実施例5の結像光学系のレンズ構成図である。

【0089】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と、物体側に凸面を向けた正レンズL2と像側に凹面を向けた負レンズL3とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0090】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL4と像側に凸面を向けた正レンズL5とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL6とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0091】

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL7と、両凸形状の正レンズL8とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0092】

また、正レンズL1の物体側レンズ面と正レンズL5の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

【実施例6】

【0093】

図26は、本発明の実施例6の結像光学系のレンズ構成図である。

【0094】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0095】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全

10

20

30

40

50

体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0096】

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL6と、両凸形状の正レンズL7とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0097】

また、正レンズL5の像側レンズ面と正レンズL7の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

【実施例7】

【0098】

図31は、本発明の実施例7の結像光学系のレンズ構成図である。

【0099】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0100】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0101】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6と、両凸形状の正レンズL7とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0102】

また、正レンズL5の像側レンズ面と正レンズL7の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

【実施例8】

【0103】

図36は、本発明の実施例8の結像光学系のレンズ構成図である。

【0104】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0105】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0106】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6と、像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL7とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0107】

また、正レンズL5の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

【実施例9】

【0108】

図41は、本発明の実施例9の結像光学系のレンズ構成図である。

【0109】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

10

20

30

40

50

【0110】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0111】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6と、両凸形状の正レンズL7とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0112】

また、正レンズL5の像側レンズ面と正レンズL7の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

10

【実施例10】

【0113】

図46は、本発明の実施例10の結像光学系のレンズ構成図である。

【0114】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL1と、物体側に凸面を向けた正レンズL2と像側に凹面を向けた負レンズL3とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0115】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL4と像側に凸面を向けた正レンズL5とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL6とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

20

【0116】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL7と、両凸形状の正レンズL8とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0117】

また、正レンズL6の物体側レンズ面と正レンズL8の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

30

【実施例11】

【0118】

図51は、本発明の実施例11の結像光学系のレンズ構成図である。

【0119】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0120】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

40

【0121】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6と、両凸形状の正レンズL7とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0122】

また、正レンズL5の像側レンズ面と正レンズL7の像側レンズ面は、それぞれ所定の非球面形状となっている。

【実施例12】

【0123】

図56は、本発明の実施例12の結像光学系のレンズ構成図である。

50

【0124】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正レンズL1と像側に凹面を向けた負レンズL2とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0125】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL3と像側に凸面を向けた正レンズL4とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL5とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0126】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL6と、両凸形状の正レンズL7と、両凸形状の正レンズL8とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0127】

また、正レンズL5の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

【実施例13】

【0128】

図61は、本発明の実施例13の結像光学系のレンズ構成図である。

【0129】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL2と像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL3とから成る接合レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズL4と像側に凹面を向けた負レンズL5とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0130】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL6と像側に凸面を向けた正レンズL7とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL8とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0131】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL9と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL10とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0132】

また、正レンズL8の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

【実施例14】

【0133】

図66は、本発明の実施例14の結像光学系のレンズ構成図である。

【0134】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL2と像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL3とから成る接合レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズL4と像側に凹面を向けた負レンズL5とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

【0135】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL6と像側に凸面を向けた正レンズL7とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL8とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0136】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL9と、両凸レンズL10とで構成されてお

10

20

30

40

50

り、全体として負の屈折力を持っている。

【0137】

また、正レンズL8の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

【実施例15】

【0138】

図71は、本発明の実施例15の結像光学系のレンズ構成図である。

【0139】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と、物体側に凸面を向けた正レンズL2と像側に凹面を向けた負レンズL3とから成る接合レンズDB1で構成されており、全体として正の屈折力を持っている。

10

【0140】

第2レンズ群G2は、物体側に凹面を向けた負レンズL4と像側に凸面を向けた正レンズL5とから成る接合レンズDB2と、両凸形状の正レンズL6とで構成されており、全体として正の屈折力を持っている。この第2レンズ群G2は、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って物体側に移動する。

【0141】

第3レンズ群G3は、両凹形状の負レンズL7と、両凸レンズL8とで構成されており、全体として負の屈折力を持っている。

【0142】

また、正レンズL6の像側レンズ面は所定の非球面形状となっている。

20

【0143】

続いて、以下に前述した各実施例の諸元を示す。[全体諸元]において、fは焦点距離、FnoはFナンバー、2θは対角線全画角を示す。[レンズ諸元]において、第1列の番号は物体側から数えたレンズ面番号、第2列のrは各レンズ面の曲率半径、第3列のdはレンズ面間隔、第4列のndはd線(波長587.56nm)に対する屈折率、dはd線(波長587.56nm)に対するアッペ数を示している。

【0144】

第1列のレンズ面番号に付した*(アスタリスク)は、そのレンズ面形状が非球面であることを示している。第2列の「開口絞り」は絞り面位置を表し、第3列のBfはバックフォーカスを表す。

30

【0145】

[可変間隔]はフォーカシングにおける各可変間隔の値を示している。

【0146】

[非球面係数]は、[レンズ諸元]において*を付したレンズ面の非球面形状を与える非球面係数を示している。非球面の形状は、光軸に直行する方向への光軸からの変位をy、非球面と光軸の交点から光軸方向への変位(サグ量)をz、基準球面の曲率半径をr、コーニック係数をK、4、6、8、10次の非球面係数をA4、A6、A8、A10と置くと、非球面の座標が以下の式で表されるものとする。

$$z = \frac{(1/r)y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(y/r)^2}} + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10}$$

40

【0147】

なお、以下の全ての諸元の値において、記載している焦点距離f、曲率半径r、レンズ面間隔d、その他の長さの単位は特記のない限りミリメートル(mm)を使用するが、光学系では比例拡大と比例縮小とにおいても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。

【0148】

実施例1

50

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	30.83
Fno	2.89
2	50.49

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	17.7672	3.1821	1.88300	40.80	10
[2]	-1000.0000	0.8000	1.58144	40.89	
[3]	12.9742	2.6198			
[4]	開口絞り	d4			
[5]	-10.0295	0.8000	1.69895	30.05	
[6]	58.7192	3.8254	1.80420	46.50	
[7]	-15.7253	0.1500			
[8]	47.8215	3.6590	1.77250	49.62	
* [9]	-27.3923	d9			
[10]	-97.3976	1.0000	1.56732	42.84	
[11]	24.1411	4.4473			20
[12]	88.7361	2.8926	1.77250	49.62	
* [13]	-67.2193	Bf			

*: 非球面

[可変間隔]

撮影距離	d4	d9	Bf	
INF	6.9859	1.5000	20.4045	
500mm	5.6552	2.8307	20.4045	30

[非球面係数]

	9面	13面
A4	1.68830E-05	9.50840E-08
A6	-6.94468E-09	-5.47977E-09
A8	2.50342E-11	2.45567E-11
A10	0.00000E+00	0.00000E+00

【0 1 4 9】

実施例 2

40

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	30.92
Fno	2.91
2	50.28

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	17.8828	3.0675	1.88300	40.80	50

[2]	-466.4970	0.8000	1.58144	40.89	
[3]	13.0047	2.5427			
[4]	開口絞り	d4			
[5]	-10.2042	0.8000	1.67270	32.17	
[6]	36.9328	3.9392	1.80420	46.50	
[7]	-16.8128	0.1500			
[8]	50.1843	3.5110	1.77250	49.62	
* [9]	-26.8479	d9			
[10]	-80.8366	1.0000	1.60342	38.01	
[11]	25.2151	4.5111			10
[12]	101.7470	2.8930	1.80420	46.50	
[13]	-60.0440	Bf			

*: 非球面

[可変間隔]

撮影距離	d4	d9	Bf	
INF	6.7985	1.5000	20.6687	
500mm	5.5178	2.7807	20.6688	

20

[非球面係数]

	9面
A4	2.03217E-05
A6	-1.99227E-08
A8	1.55204E-10
A10	0.00000E+00

【0 1 5 0】

実施例 3

30

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	30.81
Fno	2.90
2	50.43

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	16.3182	3.1496	1.88300	40.80	40
[2]	1000.0000	0.8500	1.60342	38.01	
[3]	11.9440	2.1808			
[4]	開口絞り	d4			
[5]	-10.2428	0.8500	1.67270	32.17	
[6]	100.7580	3.7977	1.77250	49.62	
* [7]	-15.0281	0.1500			
[8]	55.9362	3.2307	1.83481	42.72	
[9]	-36.4658	d9			
[10]	-64.6517	1.0000	1.67270	32.17	
[11]	29.6972	2.9631			50

[12]	216.4930	3.6631	1.77250	49.62
[13]	-31.3466	Bf		

*: 非球面

[可変間隔]

撮影距離	d4	d9	Bf
INF	6.8178	2.9737	20.7178
500mm	5.2020	4.5895	20.7178

10

[非球面係数]

7面

A4	1.07514E-05
A6	7.51773E-08
A8	0.00000E+00
A10	0.00000E+00

【0 1 5 1】

実施例 4

20

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	30.91
Fno	2.91
2	50.28

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d
[1]	21.1515	1.0000	1.51742	52.15
[2]	14.2703	2.8609		
[3]	16.3026	3.8285	1.80420	46.50
[4]	-79.9177	1.0332	1.54814	45.82
[5]	13.8102	2.8556		
[6]	開口絞り	d6		
[7]	-11.0738	0.8500	1.60342	38.01
[8]	34.1395	3.5895	1.77250	49.62
* [9]	-19.3756	0.1500		
[10]	118.722	3.5280	1.72916	54.67
[11]	-22.6131	d11		
[12]	-46.4782	1.0000	1.67270	32.17
[13]	33.6717	2.0043		
[14]	155.728	3.4080	1.80420	46.50
[15]	-32.2286	Bf		

30

*: 非球面

40

[可変間隔]

撮影距離	d6	d11	Bf
INF	6.7621	1.5000	25.3043

50

500mm 5.0986 3.1635 25.3042

[非球面係数]

9面

c4 2.11124E-05
c6 1.22452E-07
c8 0.00000E+00
c10 0.00000E+00

【 0 1 5 2 】

10

実施例 5

[全体諸元]

撮影距離 INF
f 30.77
Fno 2.47
2 50.43

[レンズ諸元]

20

	r	d	nd	d
* [1]	30.4647	2.0493	1.80610	40.73
[2]	70.7560	1.6595		
[3]	45.0084	2.6177	1.88300	40.80
[4]	-45.0084	1.0353	1.60342	38.01
[5]	16.3355	1.9370		
[6]	開口絞り	d6		
[7]	-10.1505	1.0665	1.67270	32.17
[8]	1000.0000	4.8298	1.77250	49.62
* [9]	-14.1058	0.1500		
[10]	41.3218	3.8985	1.80420	46.50
[11]	-55.6171	d11		
[12]	330.7410	1.0000	1.64769	33.84
[13]	22.4954	1.5801		
[14]	47.0046	3.0802	1.72916	54.67
[15]	-132.7210	Bf		

30

*: 非球面

[可変間隔]

40

撮影距離 d6 d11 Bf
INF 8.2303 1.5000 22.7049
500mm 6.6333 3.0970 22.7049

[非球面係数]

	1面	9面
A4	-5.37530E-06	6.75573E-06
A6	-1.74772E-08	-1.94113E-08
A8	0.00000E+00	5.96039E-10

50

A10 0.00000E+00 0.00000E+00
 【 0 1 5 3 】
 実施例 6

[全体諸元]

撮影距離 INF
 f 30.60
 Fno 2.47
 2 50.72

10

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d
[1]	20.4321	3.6701	1.88300	40.80
[2]	1969.5900	1.2000	1.60342	38.01
[3]	14.1396	3.9679		
[4]	開口絞り	d4		
[5]	-10.2071	0.8500	1.64769	33.84
[6]	31.0579	4.9674	1.80420	46.50
[7]	-19.4887	0.1500		
[8]	49.8435	4.6667	1.77250	49.62
* [9]	-24.8436	d9		
[10]	73.6332	1.0000	1.71736	29.50
[11]	23.1034	2.5618		
[12]	69.7780	2.0789	1.77250	49.62
* [13]	-875.8660	Bf		

*:非球面

20

[可変間隔]

撮影距離	d4	d9	Bf
INF	8.0709	1.5000	22.6437
500mm	6.7216	2.8493	22.6437

30

[非球面係数]

	9面	13面
A4	2.64598E-05	-8.41610E-07
A6	-1.67129E-09	2.18423E-08
A8	5.88092E-11	4.26137E-13
A10	0.00000E+00	0.00000E+00

40

【 0 1 5 4 】
 実施例 7

[全体諸元]

撮影距離 INF
 f 28.77
 Fno 2.91
 2 53.60

50

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	18.3732	3.0553	1.88300	40.80	
[2]	-1225.7800	0.8000	1.56732	42.84	
[3]	12.9748	2.7044			
[4]	開口絞り	d4			
[5]	-9.7411	0.8000	1.72825	28.32	
[6]	95.1258	4.3138	1.80420	46.50	
[7]	-14.9218	0.1500			10
[8]	43.1304	4.3678	1.77250	49.62	
* [9]	-28.8136	d9			
[10]	-248.3050	1.0000	1.56732	42.84	
[11]	24.5497	2.9966			
[12]	96.4861	2.6302	1.77250	49.62	
* [13]	-73.0893	Bf			

*: 非球面

[可変間隔]

	d4	d9	Bf	
撮影距離				20
INF	7.4725	1.5000	20.5277	
500mm	6.1644	2.8081	20.5277	

[非球面係数]

	9面	13面	
A4	1.46389E-05	3.05823E-06	
A6	-1.48270E-08	3.48667E-09	
A8	3.04390E-11	1.21760E-10	30
A10	0.00000E+00	0.00000E+00	

【 0 1 5 5 】

実施例 8

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	44.90
Fno	2.92
2	34.67

40

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	21.0503	4.4734	1.80420	46.50	
[2]	-320.5490	1.2000	1.56732	42.84	
[3]	16.2004	4.8638			
[4]	開口絞り	d4			
[5]	-16.1298	0.8000	1.64769	33.84	
[6]	30.6296	2.5710	1.80420	46.50	
[7]	-76.2679	0.1500			50

[8]	46.4632	4.5298	1.77250	49.62
* [9]	-22.6543	d9		
[10]	-28.4019	1.0000	1.56732	42.84
[11]	35.6397	4.5396		
[12]	-85.0675	3.5533	1.77250	49.62
[13]	-22.8930	Bf		

*: 非球面

[可変間隔]

10

撮影距離	d4	d9	Bf
INF	6.8098	3.7279	29.5405
500mm	4.2223	6.3155	29.5405

[非球面係数]

9面

A4	3.15918E-05
A6	-5.79255E-10
A8	0.00000E+00
A10	0.00000E+00

20

【 0 1 5 6 】

実施例 9

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	36.83
Fno	2.92
2	42.87

30

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d
[1]	18.7768	3.8986	1.88300	40.80
[2]	147.9180	1.2000	1.60342	38.01
[3]	14.1942	3.1885		
[4]	開口絞り	d4		
[5]	-11.6016	1.1500	1.71736	29.50
[6]	67.9589	3.7918	1.80420	46.50
[7]	-18.8419	0.4530		
[8]	67.6991	4.0561	1.77250	49.62
* [9]	-28.8070	d9		
[10]	-471.2120	1.0000	1.51742	52.15
[11]	27.0408	2.6038		
[12]	122.6210	2.4355	1.77250	49.62
* [13]	-92.8949	Bf		

40

*: 非球面

[可変間隔]

50

撮影距離	d4	d9	Bf
INF	8.4761	3.2528	24.1734
500mm	6.1681	5.5609	24.1734

[非球面係数]

	9面	13面	
A4	1.13631E-05	-1.10755E-06	
A6	5.04777E-09	-3.33029E-09	
A8	0.00000E+00	0.00000E+00	10
A10	0.00000E+00	0.00000E+00	

【 0 1 5 7 】

実施例 1 0

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	24.72
Fno	2.90
2	60.91

20

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	34.3141	1.0000	1.49700	81.61	
[2]	14.0764	4.5148			
[3]	27.8352	2.6364	1.80420	46.50	
[4]	-32.4074	0.8000	1.51742	52.15	
[5]	51.1758	1.2119			
[6]	開口絞り	d6			
[7]	-10.4135	1.1500	1.76182	26.61	30
[8]	-811.4690	4.3029	1.80420	46.50	
[9]	-14.9803	0.1500			
[10]	103.7640	4.2389	1.75501	51.16	
* [11]	-20.0298	d11			
[12]	-125.3740	1.0000	1.60342	38.01	
[13]	33.9463	0.9100			
[14]	68.7625	1.8898	1.77250	49.62	
* [15]	-1092.8400	Bf			

*: 非球面

40

[可変間隔]

撮影距離	d6	d11	Bf
INF	7.6621	1.5000	23.7560
500mm	6.8124	2.3497	23.7560

[非球面係数]

	11面	15面	
A4	2.88489E-05	-1.33539E-06	50

A6	-1.34435E-08	4.43316E-08
A8	0.00000E+00	1.70897E-10
A10	0.00000E+00	-4.28211E-14

【 0 1 5 8 】

実施例 1 1

[全体諸元]

撮影距離	INF	
f	38.82	
Fno	2.92	10
2	40.96	

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	18.7363	3.8808	1.88300	40.80	
[2]	176.1670	1.2000	1.60342	38.01	
[3]	14.3179	2.8894			
[4]	開口絞り	d4			
[5]	-12.5113	1.1500	1.69895	30.05	20
[6]	50.5350	3.3293	1.80420	46.50	
[7]	-21.1597	1.3982			
[8]	70.6099	3.2915	1.77250	49.62	
* [9]	-28.4884	d9			
[10]	-88.6725	1.0000	1.51742	52.15	
[11]	29.4400	2.6671			
[12]	110.3830	2.3688	1.77250	49.62	
* [13]	-83.6235	Bf			

*: 非球面

30

[可変間隔]

撮影距離	d4	d9	Bf
INF	7.7649	1.9800	26.8193
500mm	5.4180	4.3269	26.8194

[非球面係数]

	9面	13面	
A4	1.29698E-05	-2.20389E-06	40
A6	5.07127E-09	-7.24219E-09	
A8	0.00000E+00	0.00000E+00	
A10	0.00000E+00	0.00000E+00	

【 0 1 5 9 】

実施例 1 2

[全体諸元]

撮影距離	INF	
f	30.81	
Fno	2.91	50

2 50.52

[レンズ諸元]

	r	d	nd	d	
[1]	17.6398	3.1831	1.88300	40.80	
[2]	-661.0788	0.8000	1.58144	40.89	
[3]	12.8754	2.5733			
[4]	開口絞り	d4			
[5]	-9.9833	0.8000	1.69895	30.05	10
[6]	54.4546	3.8772	1.80420	46.50	
[7]	-15.5512	0.1500			
[8]	44.9191	3.6762	1.77250	49.62	
* [9]	-28.2894	d9			
[10]	-94.3498	1.0000	1.54814	45.82	
[11]	23.4326	4.2896			
[12]	103.2251	2.0675	1.71300	53.94	
[13]	-200.0487	0.1500			
[14]	596.8248	1.9200	1.71300	53.94	
[15]	-91.3509	Bf			20

*: 非球面

[可変間隔]

撮影距離	d4	d9	Bf
INF	6.9886	1.2000	19.8474
500mm	5.6980	2.4906	19.8474

[非球面係数]

30

	9面
A4	1.66558E-05
A6	-1.50233E-08
A8	9.05044E-11
A10	0.00000E+00

【 0 1 6 0 】

実施例 1 3

[全体諸元]

撮影距離	INF	40
f	49.97	
Fno	2.91	
2	31.29	

[レンズ諸元]

	r	d	nd	vd	
[1]	25.5676	3.2132	1.91082	35.25	
[2]	76.6739	0.1500			
[3]	18.6018	3.0735	1.88100	40.14	50

[4]	25.1540	0.8500	1.69895	30.05	
[5]	14.0047	1.1254			
[6]	18.1926	2.8366	1.49700	81.61	
[7]	471.3847	0.8500	1.76182	26.61	
[8]	16.2708	3.5236			
[9]	開口絞り	d9			
[10]	-13.3018	0.8500	1.61293	36.96	
[11]	45.3569	3.3222	1.77250	49.62	
[12]	-34.6306	0.1500			
[13]	88.7278	4.3443	1.77250	49.47	10
* [14]	-21.7125	d14			
[15]	-65.7271	0.8500	1.72916	54.67	
[16]	56.2018	1.7879			
[17]	57.3786	2.2311	1.80518	25.46	
[18]	1000.0000	Bf			

*: 非球面

[可変間隔]

撮影距離	d9	d14	Bf		20
INF	11.1929	1.2000	18.0523		
800mm	8.3863	4.0066	18.0523		

[非球面係数]

	14面				
A4	2.14963E-05				
A6	1.81277E-08				
A8	0.00000E+00				
A10	0.00000E+00				30

【0 1 6 1】

実施例 1 4

[全体諸元]

撮影距離	INF
f	49.83
Fno	2.91
2	31.37

40

[レンズ諸元]

	r	d	nd	vd	
[1]	25.6932	2.9860	1.88100	40.14	
[2]	78.1195	0.1500			
[3]	16.7234	2.5121	1.88100	40.14	
[4]	23.5258	0.8500	1.68893	31.16	
[5]	13.0992	1.1461			
[6]	17.3301	2.8747	1.49700	81.61	
[7]	206.6586	0.8500	1.71736	29.50	
[8]	14.6907	3.6520			50

[9]	開口絞り	d9			
[10]	-14.8255	0.8500	1.59551	39.22	
[11]	51.9204	3.1601	1.77250	49.62	
[12]	-41.3253	0.7021			
[13]	69.7649	4.5681	1.77250	49.47	
* [14]	-24.4434	d14			
[15]	-45.1987	0.8500	1.49700	81.61	
[16]	33.3998	2.0054			
[17]	40.2381	3.4071	1.51823	58.96	
[18]	-158.4762	Bf			10

*: 非球面

[可変間隔]

撮影距離	d9	d14	Bf
INF	12.0088	1.2000	15.5014
800mm	9.0132	4.1956	15.5014

[非球面係数]

	14面	
A4	1.66652E-05	
A6	4.92275E-09	
A8	0.00000E+00	
A10	0.00000E+00	

20

【0 1 6 2】

実施例 1 5

[全体諸元]

撮影距離	INF	
f	54.15	30
Fno	2.91	
2	28.99	

[レンズ諸元]

	r	d	nd	vd	
[1]	22.8494	3.8512	1.88100	40.14	
[2]	72.9156	4.2501			
[3]	14.7989	4.0964	1.49700	81.61	
[4]	-596.7061	0.8500	1.72825	28.32	40
[5]	11.5054	4.0442			
[6]	開口絞り	d6			
[7]	-13.2230	0.8500	1.65844	50.85	
[8]	278.9063	4.5406	1.77250	49.62	
[9]	-19.5173	0.1500			
[10]	61.1270	3.6152	1.77250	49.47	
* [11]	-45.4303	d11			
[12]	-46.4826	0.8500	1.59349	67.00	
[13]	52.9372	3.6470			
[14]	184.5884	2.5964	1.80420	46.50	50

[15] -77.8785 Bf
*:非球面

[可変間隔]

撮影距離	d6	d11	Bf
INF	12.0519	1.2000	14.4036
800mm	8.3631	4.8887	14.4037

10

[非球面係数]

11面

A4	1.31775E-06
A6	-2.40905E-09
A8	0.00000E+00
A10	0.00000E+00

【0 1 6 3】

また、以下に前述した各実施例の条件式に対応する値の一覧を示す。

【0 1 6 4】

[条件式対応値]

20

	条件式1	条件式2	条件式3	条件式4	条件式5
式	$f1/f2-3$	$ f2/f3 $	$n3a/n3b$	$ RDB1/f $	$ RDB2/f $
範囲	1.20-7.50	0.01-0.35	0.800-0.990	1.00-	0.65-
実施例1	3.235	0.140	0.884	32.44	1.90
実施例2	3.225	0.148	0.889	15.09	1.19
実施例3	3.568	0.014	0.944	32.45	3.27
実施例4	5.629	0.020	0.927	2.59	1.10
実施例5	4.725	0.116	0.953	1.46	32.49
実施例6	6.586	0.187	0.969	64.36	1.01
実施例7	3.963	0.115	0.884	42.60	3.31
実施例8	2.619	0.125	0.884	7.14	0.68
実施例9	3.278	0.138	0.856	4.02	1.85
実施例10	3.656	0.220	0.905	1.31	32.83
実施例11	2.745	0.180	0.856	4.54	1.30
実施例12	3.156	0.152	0.904	21.46	1.77
実施例13	1.461	0.322	0.958	9.43	0.91
実施例14	1.427	0.285	0.986	4.15	1.04
実施例15	1.353	0.256	0.883	11.02	5.15

30

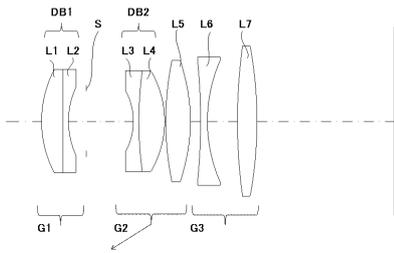
【符号の説明】

40

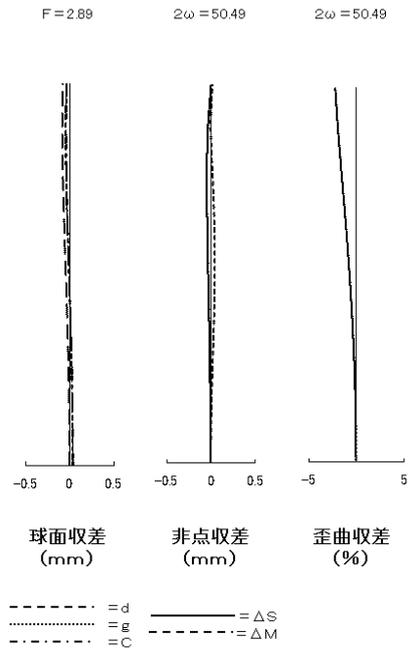
【0 1 6 5】

G 1 第1レンズ群
G 2 第2レンズ群
G 3 第3レンズ群
D B 1 接合レンズ
D B 2 接合レンズ
S 開口絞り

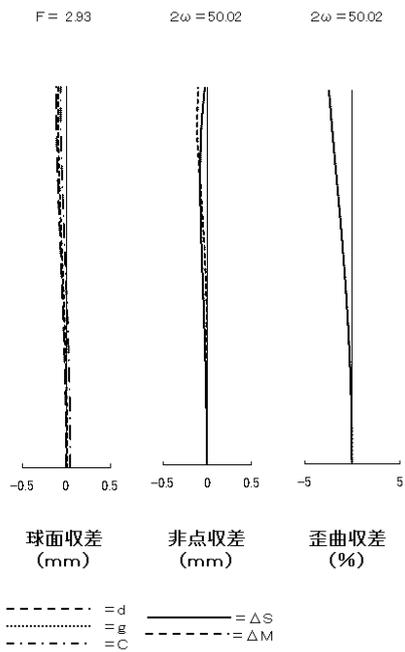
【 図 1 】



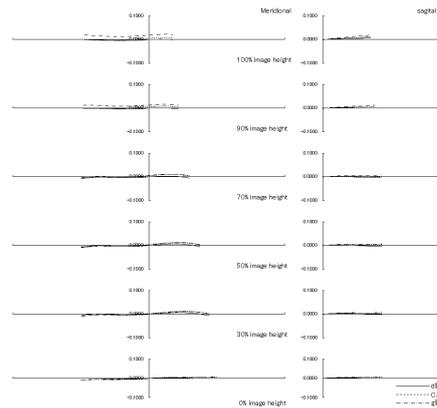
【 図 2 】



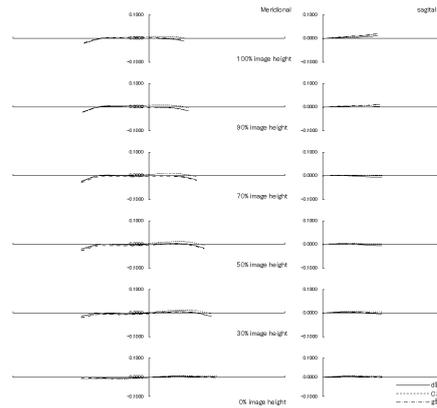
【 図 3 】



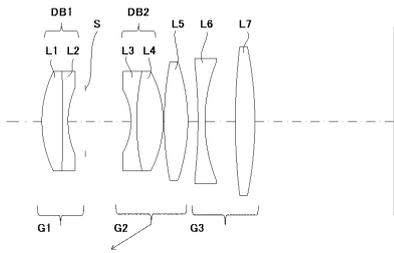
【 図 4 】



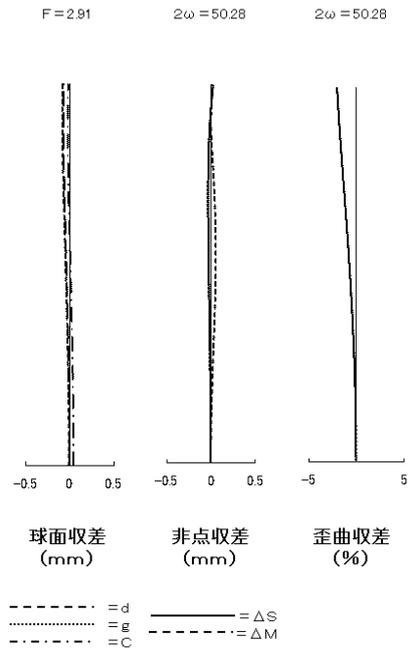
【 図 5 】



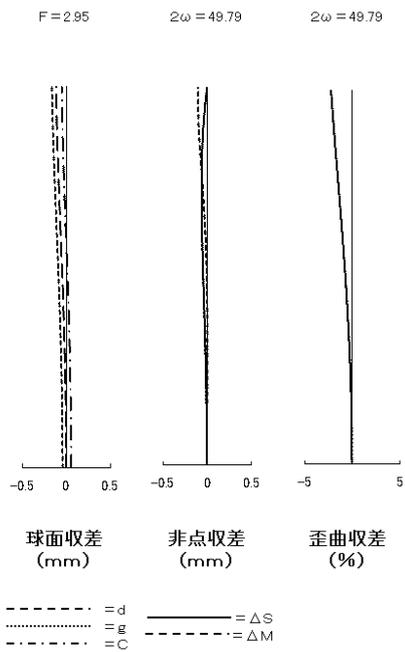
【 図 6 】



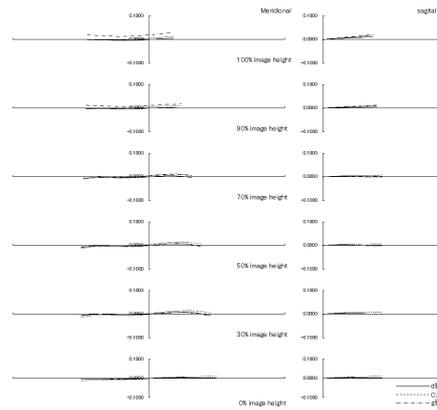
【 図 7 】



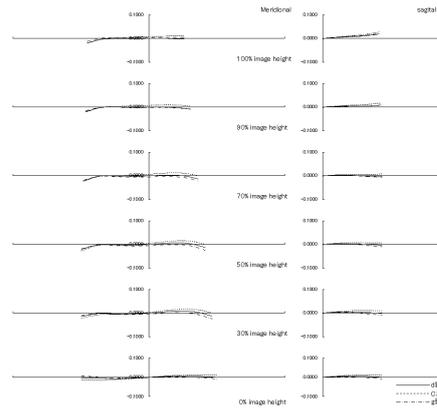
【 図 8 】



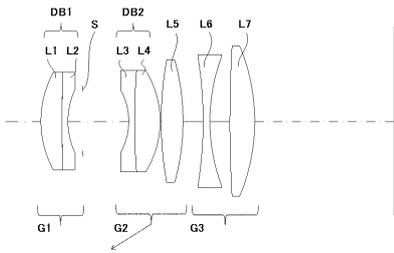
【 図 9 】



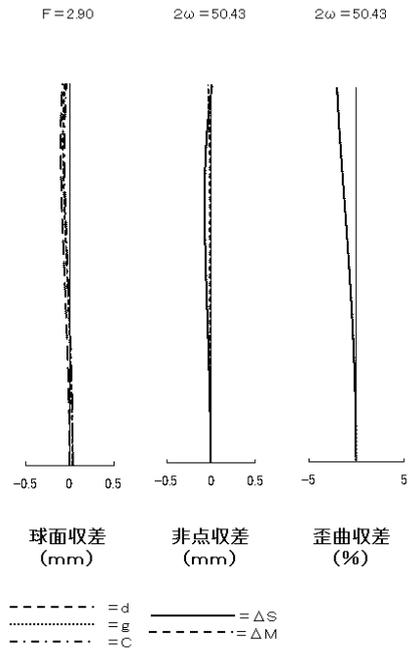
【 図 10 】



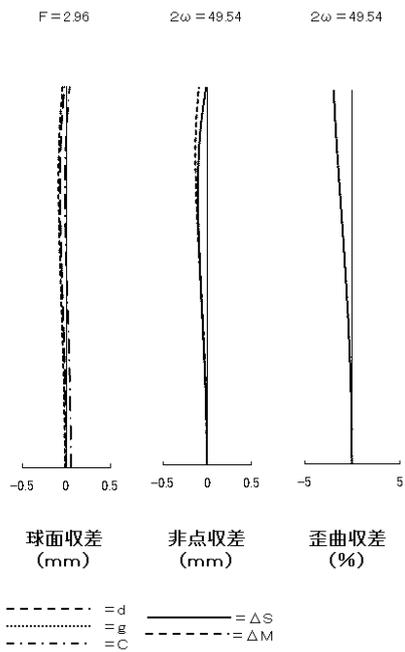
【 図 1 1 】



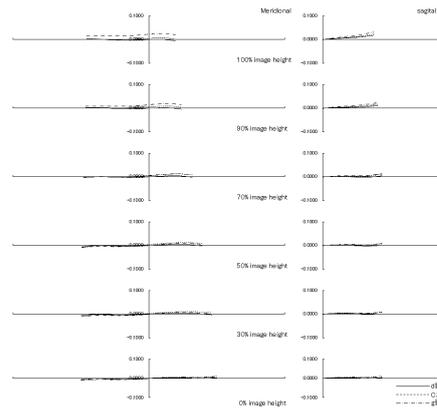
【 図 1 2 】



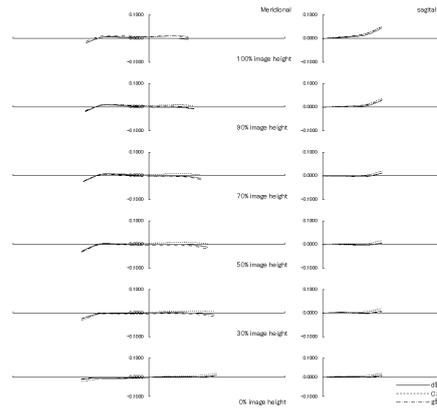
【 図 1 3 】



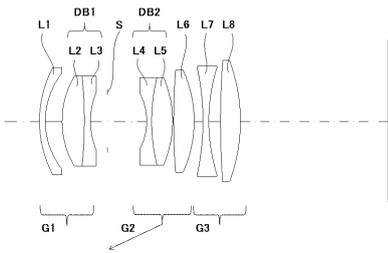
【 図 1 4 】



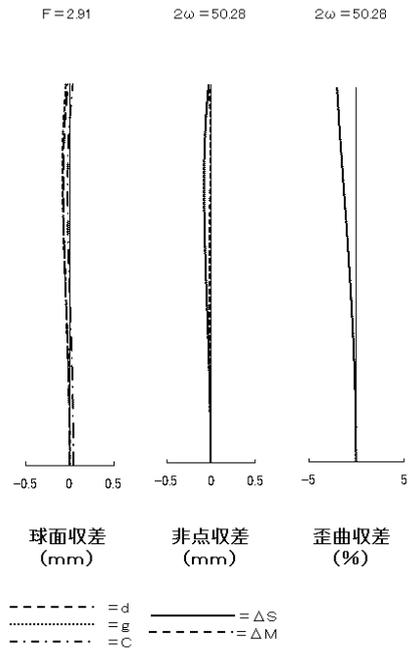
【 図 1 5 】



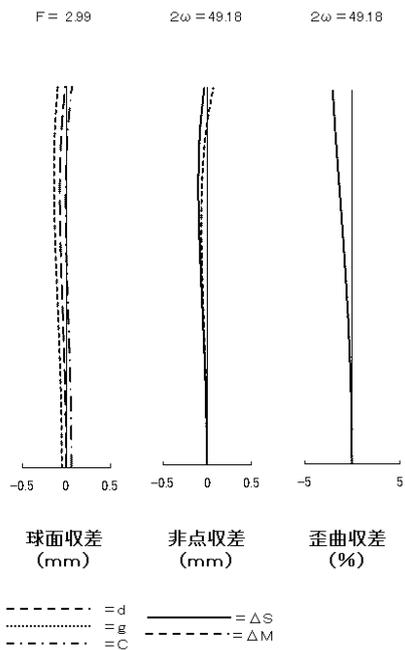
【 図 1 6 】



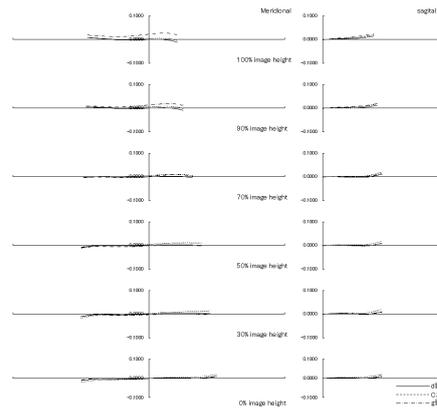
【 図 1 7 】



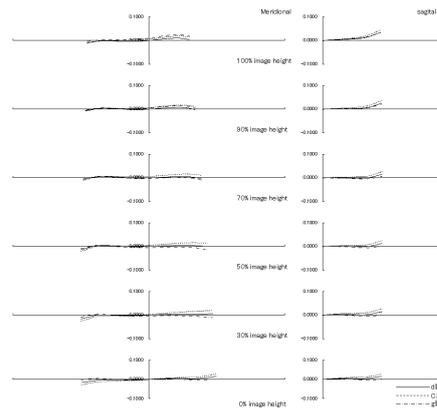
【 図 1 8 】



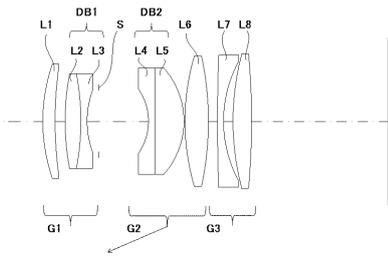
【 図 1 9 】



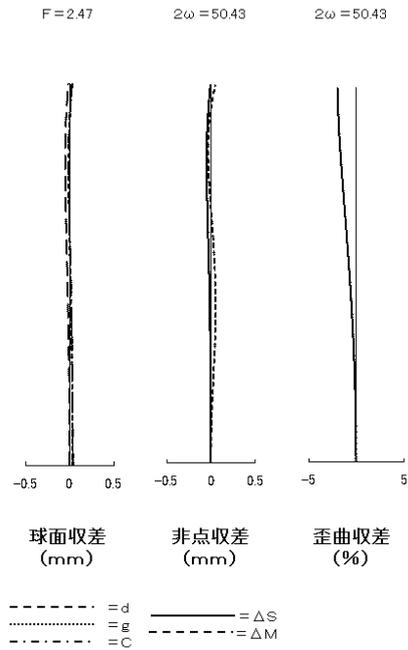
【 図 2 0 】



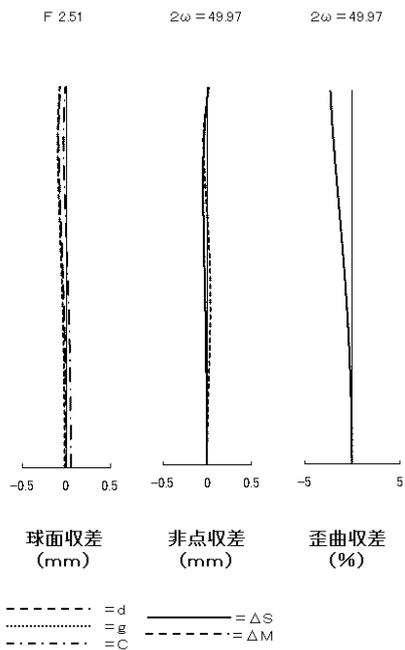
【 図 2 1 】



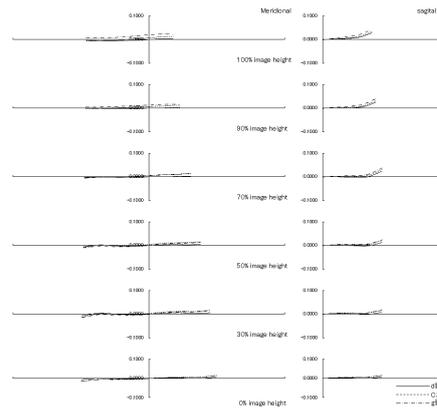
【 図 2 2 】



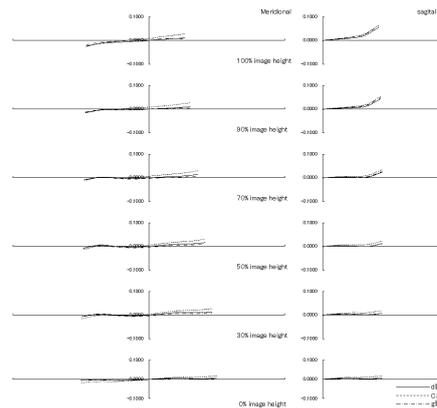
【 図 2 3 】



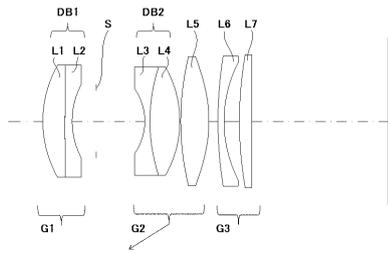
【 図 2 4 】



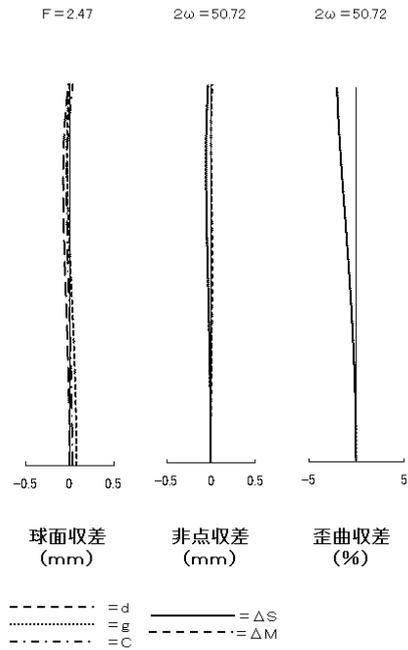
【 図 2 5 】



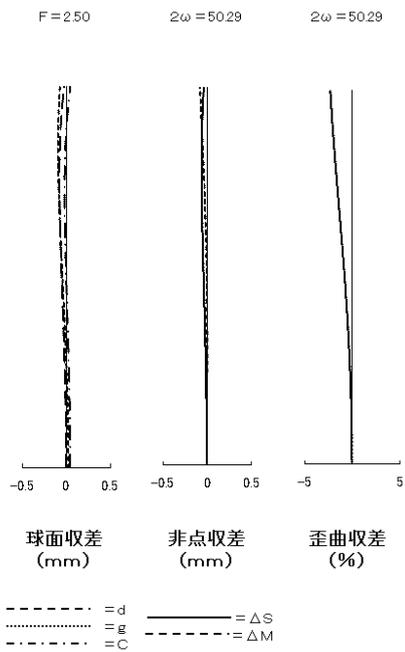
【 図 2 6 】



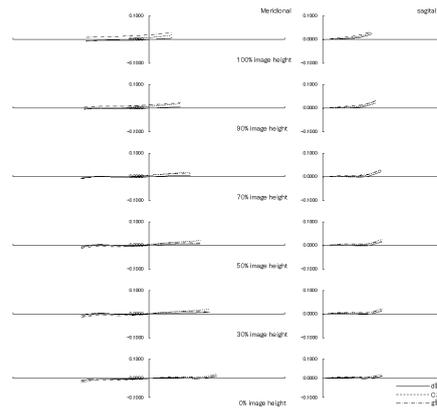
【 図 2 7 】



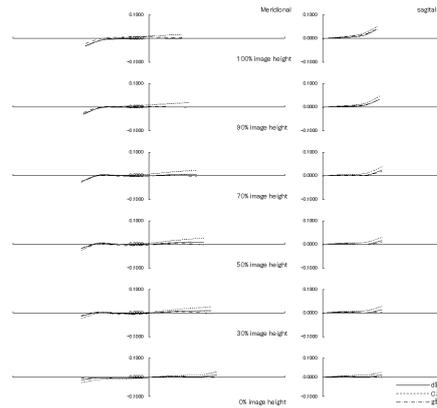
【 図 2 8 】



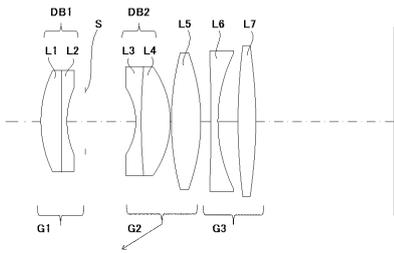
【 図 2 9 】



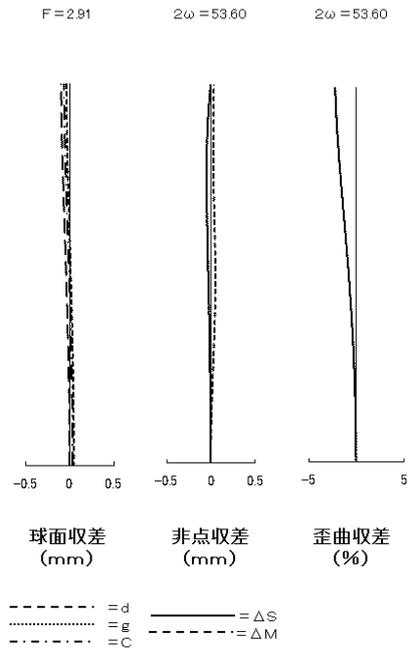
【 図 3 0 】



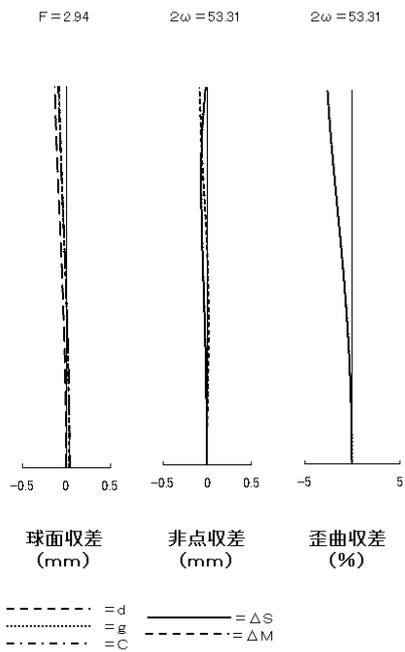
【 図 3 1 】



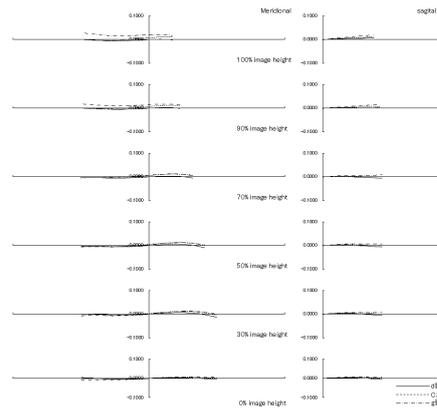
【 図 3 2 】



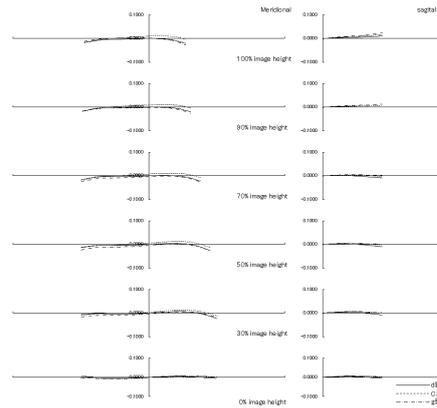
【 図 3 3 】



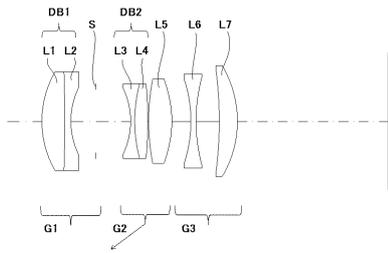
【 図 3 4 】



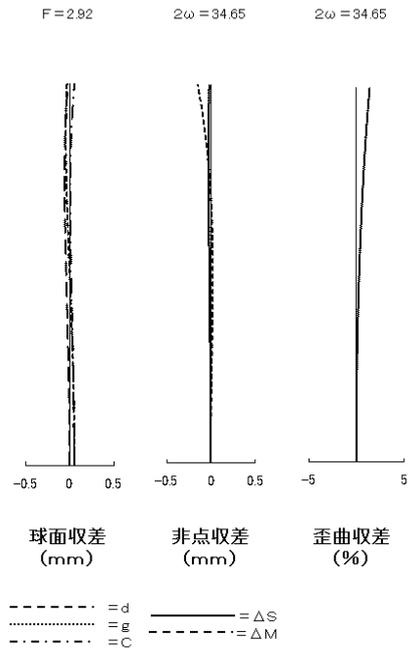
【 図 3 5 】



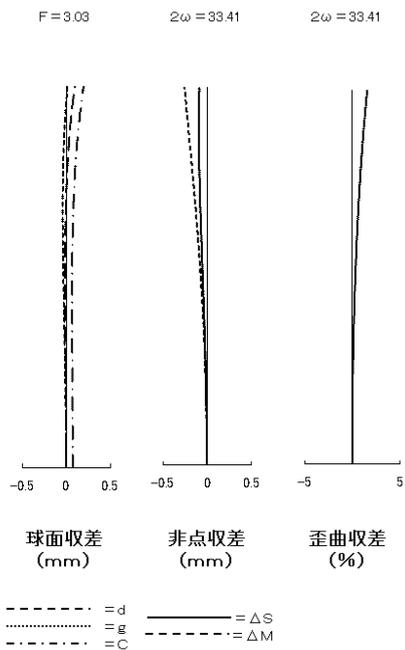
【 図 3 6 】



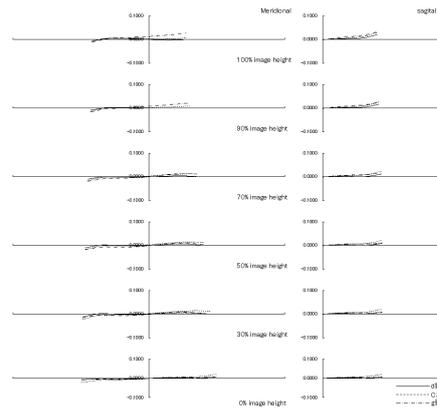
【 図 3 7 】



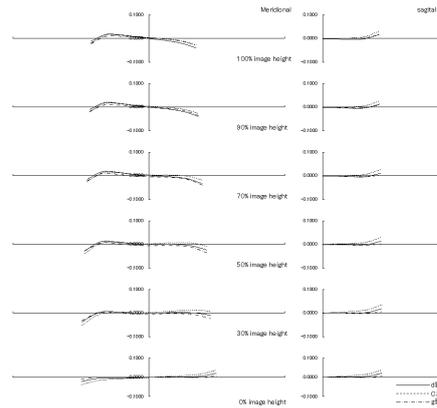
【 図 3 8 】



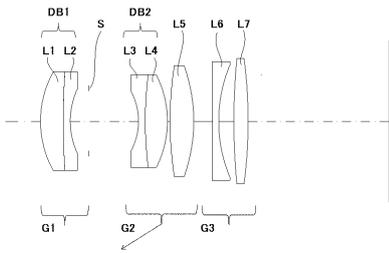
【 図 3 9 】



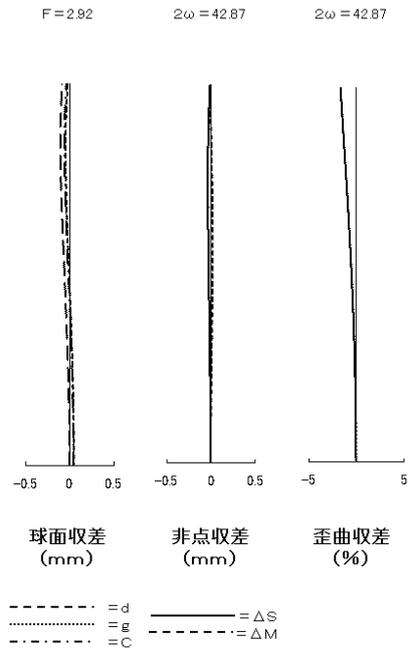
【 図 4 0 】



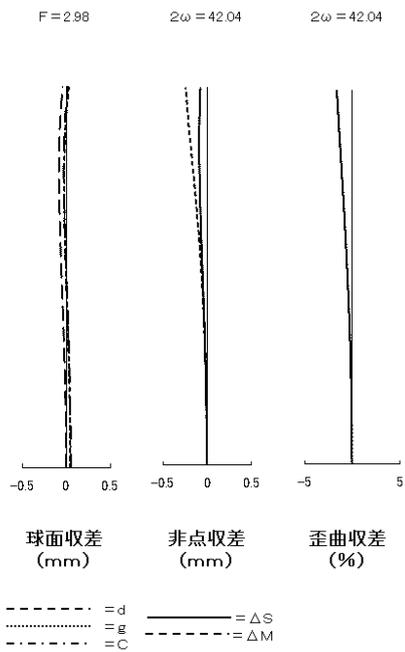
【 図 4 1 】



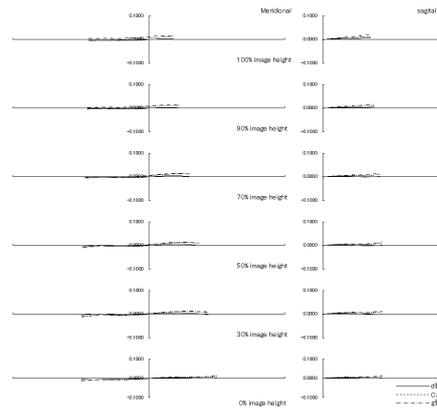
【 図 4 2 】



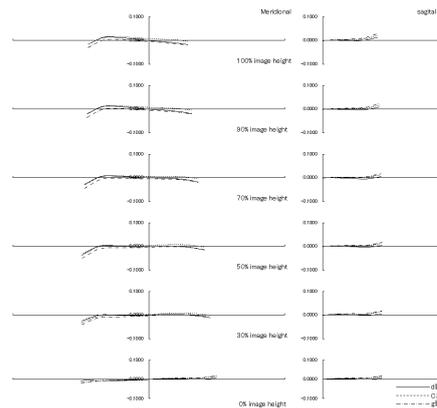
【 図 4 3 】



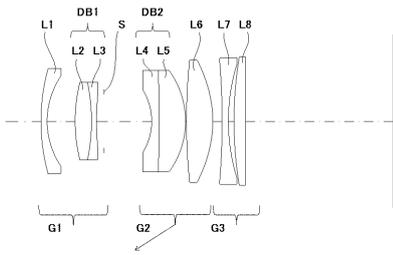
【 図 4 4 】



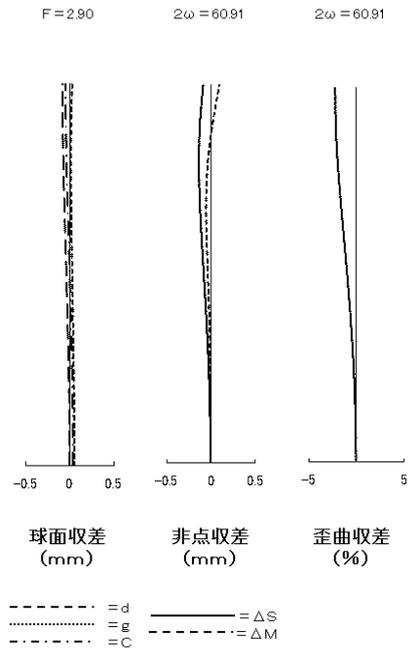
【 図 4 5 】



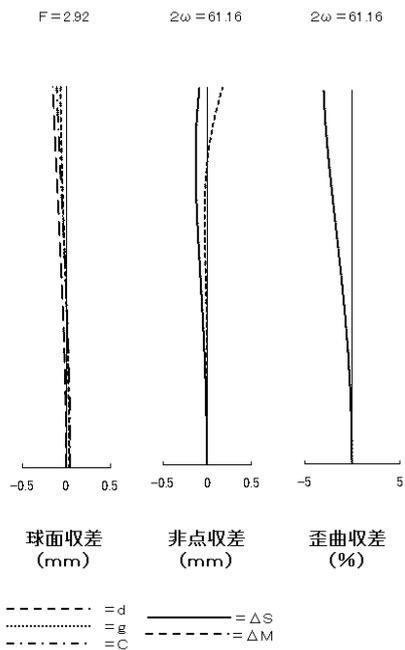
【 図 4 6 】



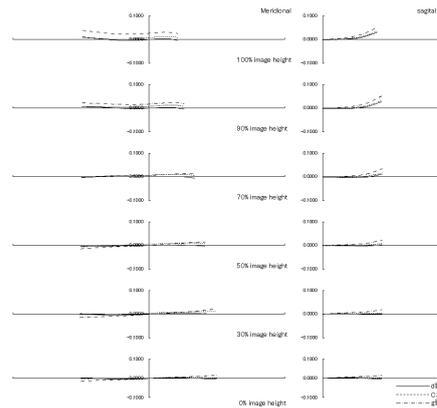
【 図 4 7 】



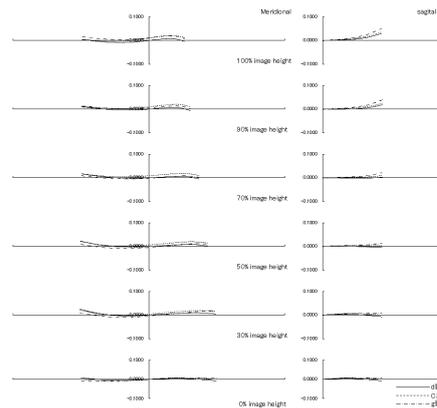
【 図 4 8 】



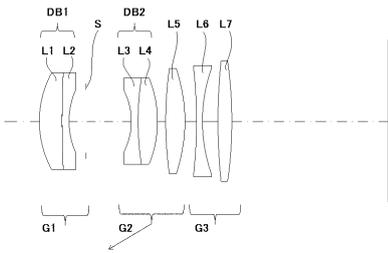
【 図 4 9 】



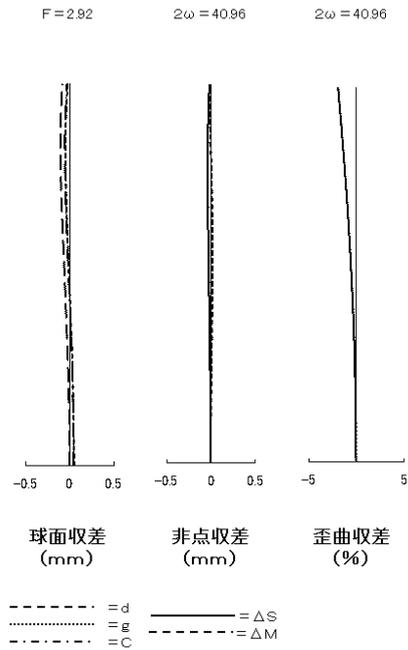
【 図 5 0 】



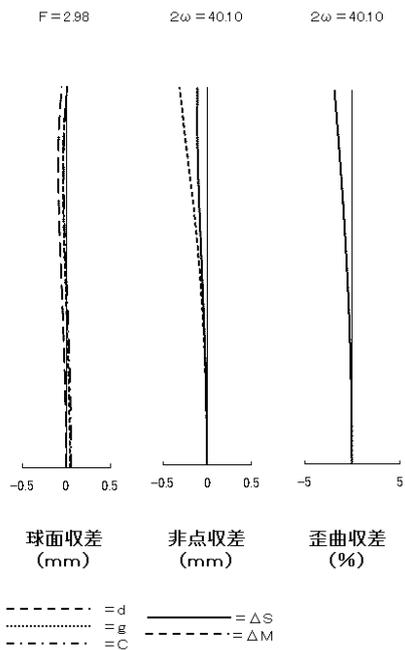
【 図 5 1 】



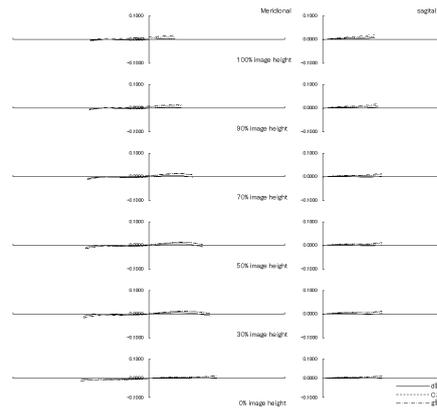
【 図 5 2 】



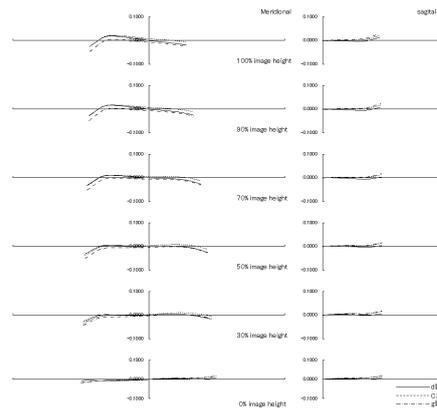
【 図 5 3 】



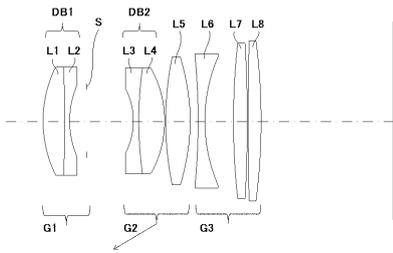
【 図 5 4 】



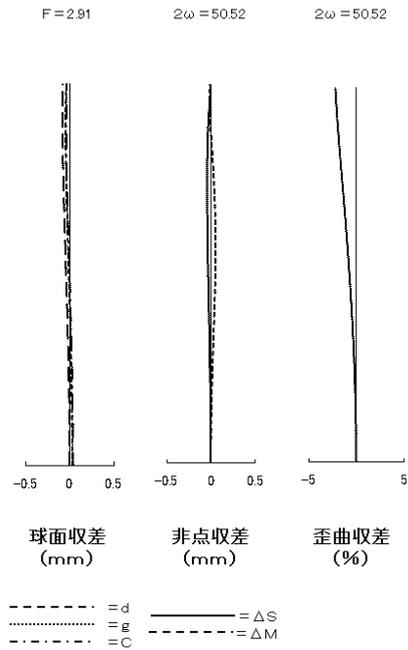
【 図 5 5 】



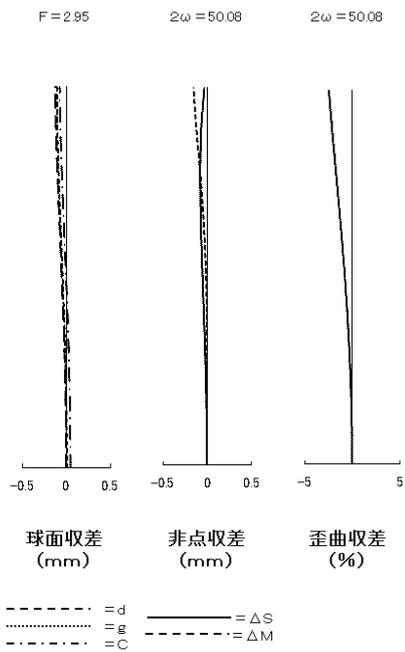
【 図 5 6 】



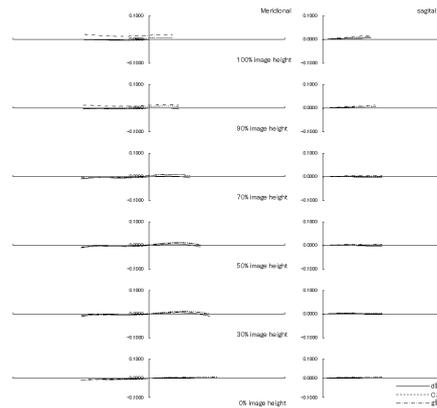
【 図 5 7 】



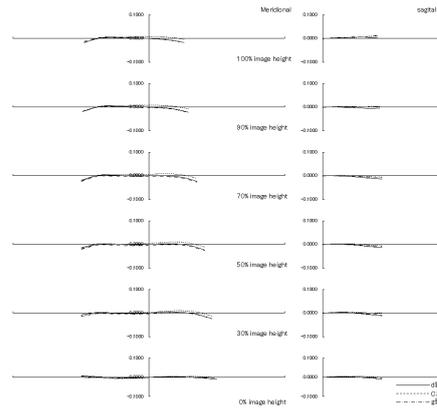
【 図 5 8 】



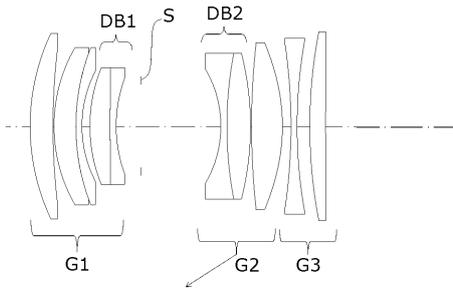
【 図 5 9 】



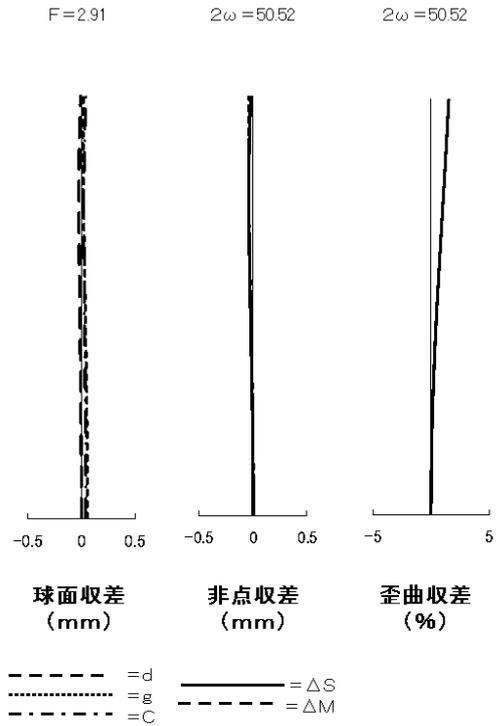
【 図 6 0 】



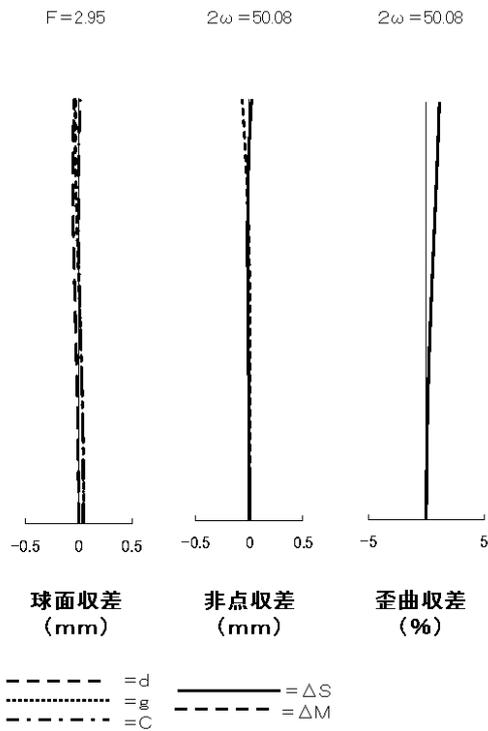
【 图 6 1 】



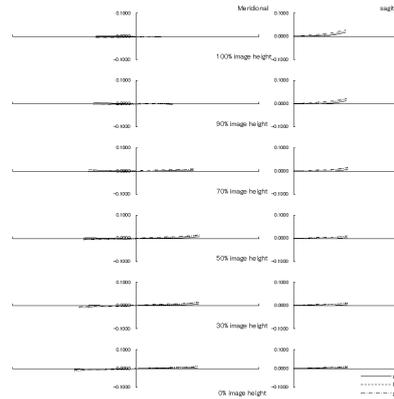
【 图 6 2 】



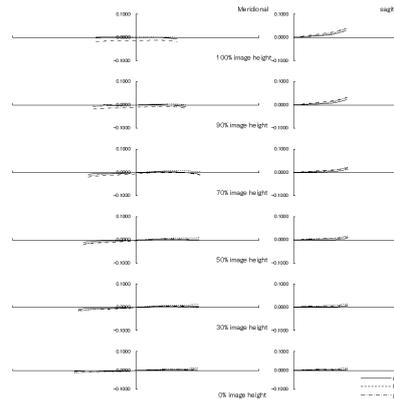
【 图 6 3 】



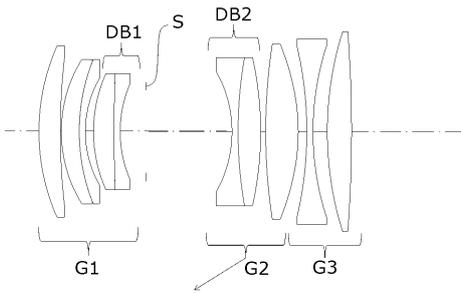
【 图 6 4 】



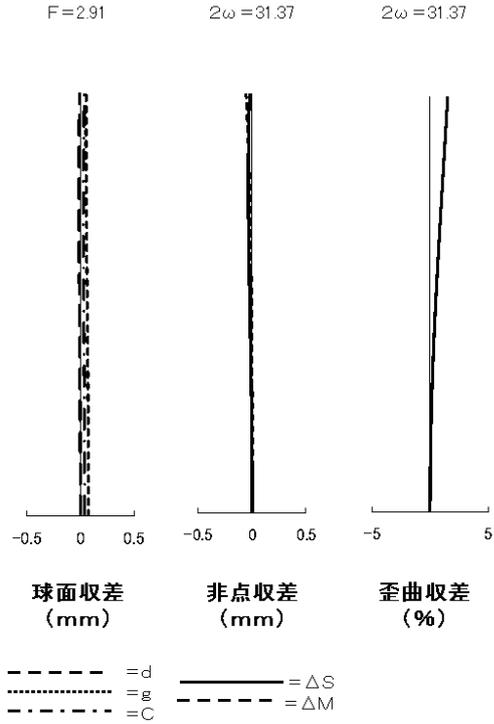
【 图 6 5 】



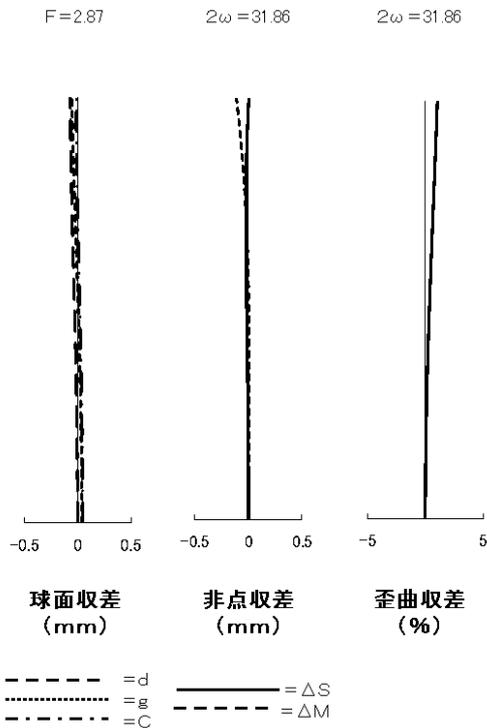
【图 6 6】



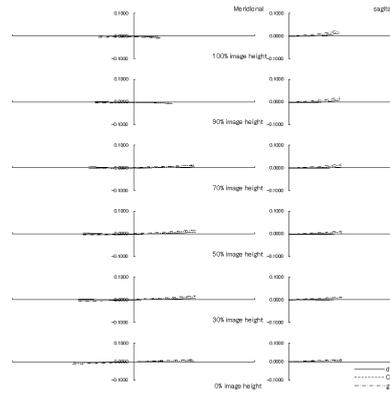
【图 6 7】



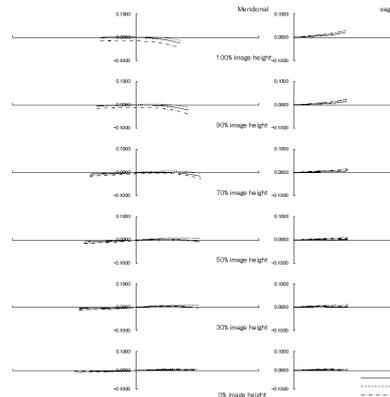
【图 6 8】



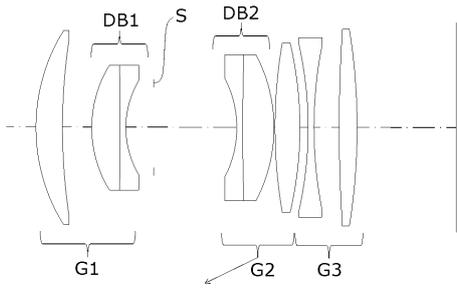
【图 6 9】



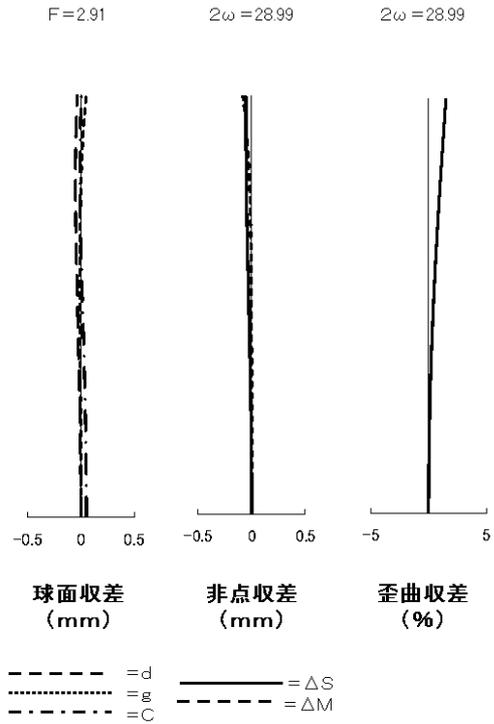
【图 7 0】



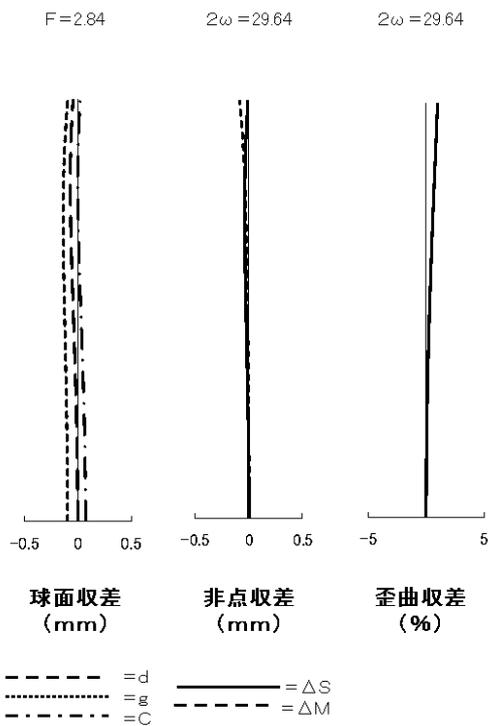
【 图 7 1 】



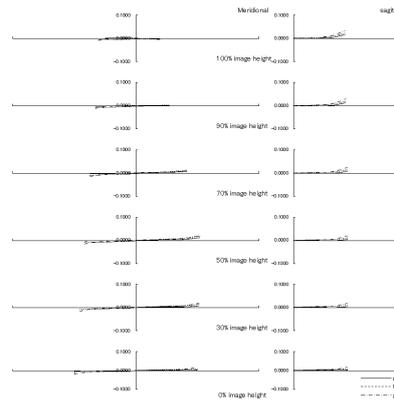
【 图 7 2 】



【 图 7 3 】



【 图 7 4 】



【 图 7 5 】

