

(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2011-59293
(P2011-59293A)

(43) 公開日 平成23年3月24日(2011.3.24)

(51) Int.Cl.

G02B 15/20 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)

F 1

G02B 15/20
G02B 13/18

テーマコード(参考)

2H087

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願2009-207846 (P2009-207846)

(22) 出願日

平成21年9月9日(2009.9.9)

(71) 出願人 000131326

株式会社シグマ

神奈川県川崎市麻生区栗木2丁目4番16号

(72) 発明者 小笠原 典行

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 KA01 MA14 MA18 PA08 PA19
PB10 QA02 QA07 QA12 QA22
QA25 QA34 QA42 QA45 RA05
RA12 RA13 RA36 SA14 SA16
SA20 SA62 SA63 SA64 SB04
SB14 SB25

(54) 【発明の名称】 変倍結像光学系

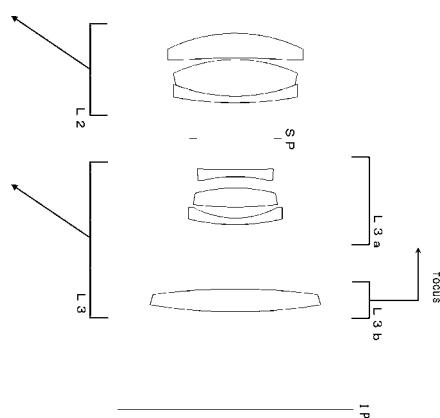
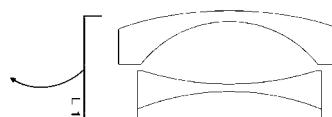
(57) 【要約】

【課題】大型の撮像素子を採用するデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ等の電子撮像装置において、大型撮像素子に対応しながら、十分に小型化された変倍結像光学系を提供する。

【解決手段】

物体側より順に負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群を備え、第3レンズ群は負の屈折力の3aレンズ群と3bレンズ群とからなり、近距離へのフォーカシングに際して3bレンズ群が移動し、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】

物体側より順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群を備え、

広角側から望遠側への変倍に際して、少なくとも前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が小さくなるように各レンズ群が移動し、

前記第3レンズ群は負の屈折力の3aレンズ群と正の屈折力の3bレンズ群よりなり、

無限遠方から近距離へのフォーカシングに際して前記3bレンズ群が移動し、

前記第2レンズ群の焦点距離 f_2 と第3レンズ群の焦点距離 f_3 との間に次の条件を満足することを特徴とする変倍結像光学系。 10

$$(1) \quad 1.20 < |(f_2 + f_3) / (f_w + f_t)| < 2.60$$

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離

f_3 ：第3レンズ群の焦点距離

f_w ：光学系の広角端の合成焦点距離

f_t ：光学系の望遠端の合成焦点距離

【請求項 2】

前記3bレンズ群が1枚のレンズよりなることを特徴とする請求項1に記載の変倍結像光学系。 20

【請求項 3】

前記第1レンズ群の焦点距離と光学系全体の合成焦点距離の関係が次の条件を満足することを特徴とする、請求項1または2に記載の変倍結像光学系。 20

$$(2) \quad 0.75 < |f_1 / \sqrt{f_w \cdot f_t}| < 1.10$$

f_1 ：第1レンズ群の焦点距離

【請求項 4】

前記3bレンズ群が次の条件を満たすことを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載の変倍結像光学系。 20

$$(3) \quad 0.80 < |(1 - t_{3b}^2)| < 0.98$$

t_{3b} ：3bレンズ群の望遠端無限遠合焦時の結像倍率

【発明の詳細な説明】

【技術分野】 30

【0001】

本発明は、大型の撮像素子を採用するデジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラ等の電子撮像装置に適するよう小型化された変倍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の普及と同時に、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。

【0003】

S/N比の向上やダイナミックレンジの拡大のためには、より画素の面積の大きいことが有利となるため、撮像面の対角線長が20mm程度またはそれより大きい撮像素子を搭載した撮像装置が、レンズ交換式一眼レフカメラを中心として開発されている。 40

【0004】

このような大型撮像素子に適した変倍結像光学系の例が、特許文献1から3などに記載されている。

【0005】

また、近年では結像光学系の歪曲収差を画像処理により補正する機能を搭載した撮像装置が開発されている。このような撮像装置では光学系の歪曲収差量がある程度大きくて許容できる。光学系の歪曲を補正する必要がなければ、OTF（光学伝達関数）の向上、または光学系のさらなる小型化が可能となる。 50

【0006】

画像処理によって歪曲補正を行うことで、小型化を行いながら高い光学性能を得ている変倍結像光学系の例が特許文献4に記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2006-53437号公報

【0008】

【特許文献2】特開2006-251462号公報

【0009】

【特許文献3】特開2008-152189号公報

【0010】

【特許文献4】特開2009-86416号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

大型の撮像素子に適合する結像光学系は必然的に大型化してしまう。このため撮像装置全体の小型化のために、結像光学系を撮像素子に対して可能な限り小型化することが求められる。

【0012】

また鏡筒を沈胴させて収納する場合は、レンズ枚数及び移動群の数が少なく、移動群の移動量が小さい方がより小さく収納できるため好ましい。

20

【0013】

特許文献1に記載の変倍結像光学系は移動群が2つのみであり、レンズ枚数も少なくしながら高い結像性能を得ているが、バックフォーカスを長く設定しているために光学系の全長を十分に短縮できていない。

【0014】

特許文献2に記載の変倍結像光学系はバックフォーカスを短く設定し、変倍比を大きくしながら全長を短縮しているが、移動群を6以上備えるため、機構が複雑化してしまう。

30

【0015】

特許文献3に記載の変倍結像光学系は、望遠端における全長がイメージセンサ対角線長の3倍を下回り小型化を達成できているが、変倍が2倍に留まり、また軸上の2次スペクトルが大きく、性能に難がある。

【0016】

特許文献4に記載の変倍結像光学系は小型の撮像素子に適合するように設計されており、撮像素子に対して光学系の全長が長くなってしまっている。

【0017】

本発明は変倍比2.6倍程度で、光学系全長が短く収納時の全長も短くできる、小型で簡易な構成の変倍結像光学系を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0018】

本発明の変倍結像光学系は物体側より順に負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群を備え、広角側から望遠側への変倍に際して、第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が小さくなるように各レンズ群が移動し、第3レンズ群は負の屈折力の3aレンズ群と正の屈折力の3bレンズ群よりなり、無限遠方から近距離へのフォーカシングに際して3bレンズ群が移動し、第2レンズ群の焦点距離 f_2 と第3レンズ群の焦点距離 f_3 の間に次の条件を満足することを特徴とする。

$$(1) \quad 1.20 < |(f_2 + f_3) / (f_w + f_t)| < 2.60$$

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離

f_3 ：第3レンズ群の焦点距離

50

f_w : 光学系の広角端の合成焦点距離

f_t : 光学系の望遠端の合成焦点距離

【0019】

本発明においてさらに好ましくは、3bレンズ群は1枚のレンズよりなることを特徴とする。

【0020】

本発明においてさらに好ましくは、第1レンズ群の焦点距離と光学系全体の合成焦点距離の関係が次の条件を満足することを特徴とする。

$$(2) \quad 0.75 < | f_1 / \sqrt{f_w \cdot f_t} | < 1.10$$

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

10

【0021】

本発明においてさらに好ましくは、3bレンズ群が次の条件を満たすことを特徴とする。

$$(3) \quad 0.80 < | (1 - t_{3b}^2) | < 0.98$$

t_{3b} : 3bレンズ群の望遠端無限遠合焦時の結像倍率

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば変倍比2.6倍程度で、光学系全長が短く収納時の全長も短くできる、小型で簡易な構成の変倍結像光学系を提供することを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

20

【図1】実施例1のズームレンズの広角端の無限遠におけるレンズ断面図

【図2】実施例1のズームレンズの広角端の無限遠における縦収差図

【図3】実施例1のズームレンズの中望遠の無限遠における縦収差図

【図4】実施例1のズームレンズの望遠端の無限遠における縦収差図

【図5】実施例1のズームレンズの広角端の無限遠における横収差図

【図6】実施例1のズームレンズの中望遠の無限遠における横収差図

【図7】実施例1のズームレンズの望遠端の無限遠における横収差図

【図8】実施例2のズームレンズの広角端の無限遠におけるレンズ断面図

【図9】実施例2のズームレンズの広角端の無限遠における縦収差図

30

【図10】実施例2のズームレンズの中望遠の無限遠における縦収差図

【図11】実施例2のズームレンズの望遠端の無限遠における縦収差図

【図12】実施例2のズームレンズの広角端の無限遠における横収差図

【図13】実施例2のズームレンズの中望遠の無限遠における横収差図

【図14】実施例2のズームレンズの望遠端の無限遠における横収差図

【図15】実施例3のズームレンズの広角端の無限遠におけるレンズ断面図

【図16】実施例3のズームレンズの広角端の無限遠における縦収差図

【図17】実施例3の中望遠の無限遠における縦収差図

【図18】実施例3のズームレンズの望遠端の無限遠における縦収差図

【図19】実施例3のズームレンズの広角端の無限遠における横収差図

【図20】実施例3の中望遠の無限遠における横収差図

【図21】実施例3のズームレンズの望遠端の無限遠における横収差図

40

【図22】実施例4のズームレンズの広角端の無限遠におけるレンズ断面図

【図23】実施例4のズームレンズの広角端の無限遠における縦収差図

【図24】実施例4の中望遠の無限遠における縦収差図

【図25】実施例4のズームレンズの望遠端の無限遠における縦収差図

【図26】実施例4のズームレンズの広角端の無限遠における横収差図

【図27】実施例4の中望遠の無限遠における横収差図

【図28】実施例4のズームレンズの望遠端の無限遠における横収差図

【発明を実施するための形態】

【0024】

50

本発明の変倍結像光学系は負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群を備える。

【0025】

第1レンズ群の屈折力を負、第2レンズ群以降の合成屈折力を正とした負群先行型変倍結像光学系は前玉径を小さくしやすい特徴を持っており、撮像装置の小型化に有利である。また固体撮像素子は入射角の大きい光に対して感度が低下するため、テレセントリック性に優れた負群先行型変倍光学系が有利となる。

【0026】

負群先行型変倍結像光学系は主として第1レンズ群と第2レンズ群の間隔を変化させることによって変倍を行う。

10

【0027】

最も簡易的には負・正の2群のみで変倍結像光学系を構成できるが、変倍の中間域で非点収差の変動が大きく、性能が低下しやすい欠点がある。この形式の正群を3分割して、負正負正の4群構成とすることで変倍の中間域でも非点収差の変動を抑制し性能を向上させる構成が知られている。しかしながら移動群が多くなるため機構が複雑化し、沈胴時の大ささを抑制することが難しくなる。また、負群先行型変倍結像光学系は全長が長くなりやすいという欠点がある。

【0028】

本発明の変倍結像光学系は沈胴時の全長を抑えながら高性能を達成するため、3つの移動群で構成している。さらに光学系の全長の増加を抑えるため、第2レンズ群の屈折力を正、第3レンズ群の屈折力を負としている。これによって第2レンズ群と第3レンズ群のパワー配置は、第2レンズ群で光を強く収束させてから第3レンズ群で発散させるテレフォトタイプのパワー配置となるため、焦点距離に対して光学系全長を小型化できる。

20

【0029】

近距離への焦点調節に際して、光学系全体の小型化を目的とすれば、インナーフォーカス方式は光学系内部にフォーカスレンズの移動スペースを確保する必要があるため、好ましくない。また、フォーカス駆動の高速化のためにはフォーカスレンズが軽量であることが望まれる。第1レンズ群をフォーカスレンズとすることは径が大きく、重量が重いため好ましくない。したがって、最後群の第3レンズ群を3aレンズ群と3bレンズ群とに分け、3bレンズ群をフォーカスレンズとして移動させることで焦点調節を行うことが好ましい。

30

【0030】

条件式(1)は第2レンズ群と第3レンズ群の焦点距離と、光学系の広角端と望遠端における合成焦点距離との関係を規定するものである。条件式(1)の上限を超えて第2レンズ群または第3レンズ群の焦点距離が長くなると光学系の全長も長くなってしまうため好ましくない。条件式(1)の下限を超えて第2レンズ群または第3レンズ群の焦点距離が短くなると、特に球面収差、コマ収差の補正が困難になるために構成枚数の削減が難しくなって、沈胴収納時の全長を小さくすることが難しい。

【0031】

本発明の変倍結像光学系は、さらに3bレンズ群を一枚のレンズで構成することによりフォーカスレンズを軽量化することが好ましい。

40

【0032】

条件式(2)は第1レンズ群の焦点距離と光学系の広角端と望遠端における合成焦点距離との関係を規定するものであり、第2レンズ群以降の結像倍率の満たすべき条件を示している。条件式(2)の下限を超えて第1レンズ群の焦点距離が短くなり、第2レンズ群以降の結像倍率が大きくなると、変倍に伴う各レンズ群の移動量が大きくなり、変倍機構の大型化を招く。また、球面収差やコマ収差等の補正が困難となって構成枚数の削減が難しくなり、沈胴収納時の小型化を阻害する。条件式(2)の上限を超えて第1レンズ群の焦点距離が長くなり第2レンズ群以降の結像倍率が小さくなると、変倍に伴う第1レンズ群と第2レンズ群の間隔変化が大きくなるために、やはり変倍機構が大型化する。また、光

50

学系の全長も長くなってしまいがちである。

【0033】

条件式(3)は3bレンズ群の微少移動に対する像面の移動量の比を規定する式である。条件式(3)の値が大きくなると3bレンズ群の微少移動に対する像面の移動量が大きくなる。条件式(3)の上限を超えると、3bレンズ群の移動に伴う球面収差や非点収差の変動や、3bレンズ群の偏芯時の像シフトや非点収差の変動が大きくなるなどの問題が生じる。条件式(3)の下限を超えると近距離へのフォーカシングに伴う3bレンズ群の移動距離が大きくなり、光学系の小型化を阻害し、または撮影倍率を大きくできない。

【0034】

以下に本発明の変倍結像光学系にかかる数値実施例1から4を示す。

10

【0035】

各数値実施例において全体諸元中の f は焦点距離。 $F n o$ はFナンバー、 θ_2 は対角線画角を示す。レンズ諸元中の番号は物体側からのレンズの面番号、 R はレンズ面の曲率半径、 D はレンズ面間隔、 n_d はd線(波長587.56nm)の屈折率、 d はd線基準のアッベ数を示す。また、 B_f はバックフォーカスを示す。図中のd線、g線、C線、はそれぞれの波長での収差である。 S はd線のサジタル像面、 M はd線のメリジオナル像面を示す。

【0036】

なお、各実施例の非球面レンズの非球面形状は次式で定義される。

20

【0037】

【数1】

$$z = \frac{y^2}{r} \cdot \frac{1}{1 + \sqrt{1 - (y/r)^2(1 + K)}} + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10} + A12y^{12}$$

【0038】

また、負群先行型変倍結像光学系では広角側において負の歪曲が大きくなる傾向がある。

【0039】

各数値実施例に示される変倍光学系の変倍の広角端においては、画面周辺部で負の歪曲が大きくなっていて、変倍の全域において歪曲が正になることはない。

30

【0040】

変倍結像光学系を使用する撮像装置側において歪曲補正処理を行うことによって、歪曲の少ない良好な画像を得ることができる。光学系の歪曲が負の値であれば、元の画像での像高に対して高い像高に射影するように画像処理を行って歪曲を補正する。補正後の画像において撮像面の隅に位置する点は元の画像では撮像素子の範囲内に位置する。歪曲が0の中心射影(焦点距離を f 、像高を Y 、入射角を θ として $Y = f \cdot \tan \theta$ の関係にある射影方式)の画角を再現することができる。

【0041】

これに対して、歪曲が正の値となる場合、元の画像での像高に対して低い像高に射影するように画像処理を行って歪曲を補正することになる。補正後の画像において撮像面の隅に位置する点は元の画像では撮像素子の範囲外に位置する。このため歪曲が0の中心射影の画角よりも狭い画角しか再現できなくなる。上記のように、歪曲の値が負であるほうが、画像処理による歪曲補正を行うために都合が良い。

40

【実施例1】

【0042】

(数値実施例1)

	R	D	nd	Vd
*	[1] 45.9228	1.3000	1.8068	40.8335
[2]	13.5361	7.5842		
[3]	-34.4916	0.9000	1.4970	81.6072
[4]	29.8562	3.3536	1.9037	31.3145
[5]	-1079.6700	可変		
[6]	18.3016	3.0247	1.4970	81.6072
[7]	1201.720	0.1500		
*	[8] 17.1710	4.4005	1.4970	81.6072
[9]	-20.5176	0.8000	1.8061	33.2688
[10]	-41.8687	可変		
[11]	平面	3.7641		
[12]	-124.0530	0.8500	1.7618	26.6066
[13]	16.8052	1.3801		
[14]	18.7738	2.3000	1.6477	33.8400
[15]	-44.1862	1.3395		
[16]	-10.5742	0.8000	1.7725	49.6235
[17]	-22.3340	7.8264		
*	[18] 81.4491	2.7601	1.5891	61.2500
*	[19] -61.3947			

10

*のある面は非球面

	W	N	T
f	18.5958	29.9603	48.4678
F	3.4463	4.3737	5.8200
2ω	74.7842	48.1434	30.1732

可変間隔
単位:mm

D5	23.3080	9.9067	1.5000
D10	4.3497	5.2802	6.6758
Bf	11.8943	21.4175	36.5650

非球面係数

	S1	S8	S18	S19
K	1.52400E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A4	2.68333E-06	-1.51408E-05	4.10799E-05	1.00131E-05
A6	9.99157E-09	1.61081E-08	2.61170E-07	-3.68575E-08
A8	-6.41107E-11	-3.17431E-10	-1.29890E-09	0.00000E+00
A10	3.23985E-13	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A12	-4.29995E-17	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

20

【実施例2】

【0 0 4 3】

(数値実施例2)

	R	D	nd	Vd
*	[1] 49.6834	1.3000	1.8068	40.8335
[2]	13.4148	6.2445		
[3]	-43.4254	0.9000	1.5168	64.1973
[4]	19.1704	4.7198	1.9108	35.2494
[5]	242.0790	可変		
[6]	19.2114	2.0668	1.5928	68.6233
[7]	55.1866	0.1500		
*	[8] 22.8402	3.9169	1.5533	71.6835
[9]	-17.5694	0.8000	1.7495	35.0400
[10]	-40.7548	可変		
[11]	平面	4.1810		
[12]	463.5910	1.2900	1.7847	25.7204
[13]	14.7530	0.2833		
[14]	22.6651	3.3581	1.6200	36.3000
[15]	-17.4347	2.0376		
[16]	-10.8789	0.8500	1.7292	54.6727
[17]	-38.2259	7.7231		
*	[18] 53.6087	2.9740	1.5891	61.2500
[19]	-71.0554			

30

*のある面は非球面

	W	N	T
f	18.5721	29.9974	48.4347
F	3.56	4.452	5.8356
2ω	74.9084	48.4314	30.333

40

可変間隔

D5	25.5693	10.4209	1.0000
D10	3.8918	4.7459	6.1574
Bf	12.7062	22.1261	36.8619

非球面係数

	S1	S8	S18
K	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A4	3.28079E-06	-2.17534E-05	8.13683E-06
A6	-2.74854E-08	5.87305E-08	3.67693E-08
A8	5.09652E-10	-9.68561E-10	-4.61468E-10
A10	-3.16261E-12	0.00000E+00	-1.42934E-12
A12	8.11004E-15	0.00000E+00	0.00000E+00

【実施例3】

【0 0 4 4】

(数値実施例3)

実施例3

	R	D	nd	Vd
*	[1]	75.7438	1.3	1.80684
	[2]	13.9102	6.05142	
	[3]	-65.5653	0.9	1.48749
	[4]	18.3182	4.53157	1.91082
	[5]	125.047	可変	
	[6]	18.3751	2.17879	1.59282
	[7]	40.9508	0.598376	
*	[8]	21.7352	4.20722	1.55332
	[9]	-16.7194	1.01646	1.8061
	[10]	-34.4916	可変	
	[11]	平面	3.65669	
	[12]	207.324	1.3	1.84666
	[13]	15.4341	0.390495	
	[14]	26.0526	3.23328	1.69895
	[15]	-18.6233	2.62316	30.05
	[16]	-11.7308	0.85	1.83481
	[17]	-43.1277	7.68859	42.72
*	[18]	53.128	3.09926	1.58763
	[19]	-71.3821		61.0865

*のある面は非球面

10

	W	N	T
f	18.7327	29.0014	49.3913
F	3.4871	4.3274	5.8329
2ω	74.4272	50.1248	30.3958

20

	可変間隔 単位:mm		
D5	25.5299	11.4120	1.0000
D10	3.7972	4.2919	5.4421
Bf	12.2913	21.1386	37.0602

30

	S1	S8	S18
K	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A4	3.14913E-06	-2.73450E-05	7.50842E-06
A6	3.39588E-09	9.39061E-09	2.56936E-08
A8	2.16634E-10	-2.01516E-09	-3.81092E-10
A10	-1.67879E-12	2.65482E-11	-3.87953E-13
A12	4.65947E-15	0.00000E+00	0.00000E+00

【実施例4】

【0 0 4 5】

(数値実施例4)

実施例4

	R	D	nd	Vd
*	[1]	62.3022	1.3000	1.8068
	[2]	13.9522	6.4272	
	[3]	-44.8486	0.9000	1.5168
	[4]	20.5353	4.4750	1.9108
	[5]	530.3420	可変	
	[6]	16.8819	2.2014	1.5928
	[7]	35.0488	0.7117	68.6233
*	[8]	22.0255	4.1691	1.5533
	[9]	-16.9427	0.8500	1.8061
	[10]	-31.9290	可変	
	[11]	平面	3.6857	
	[12]	640.3590	1.2000	1.8467
	[13]	14.8958	0.2736	
	[14]	22.7385	4.0467	1.6990
	[15]	-17.4906	1.8880	30.0500
	[16]	-11.3132	0.8500	1.8348
	[17]	-53.4977	7.7215	42.7200
*	[18]	51.8089	3.1526	1.5876
	[19]	-67.3587		61.0865

40

*のある面は非球面

	W	N	T
f	18.6376	29.0175	48.341
F	3.5692	4.3627	5.831
2ω	74.664	49.8874	30.3542

可変間隔

単位 mm

D5	26.1508	11.5064	1.0000
D10	3.7688	4.6113	5.9151
Bf	12.3059	20.4378	35.6062

非球面係数

	S1	S8	S18
K	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A4	4.15692E-06	-3.47799E-05	7.20243E-06
A6	-5.31981E-09	-8.70944E-08	-3.23088E-08
A8	1.36353E-10	1.70630E-09	1.81722E-10
A10	-6.00709E-13	-2.28656E-11	-3.29254E-12
A12	1.27709E-15	0.00000E+00	0.00000E+00

10

【 0 0 4 6 】

(実 施 例 条 件 式)

実施例	条件式(1) $ (f_2 \cdot f_3) / (f_w \cdot f_0) $	条件式(2) $ f_1 / \text{sort}(f_w, f_0) $	条件式(3) $ (1 - \beta_{138}^2) $
EX1	1.4355	0.8197	0.8583
EX2	2.4930	0.9069	0.9244
EX3	2.2411	0.9199	0.9271
EX4	1.6617	0.9184	0.9271

【 0 0 4 7 】

20

各数値実施例の変倍光学系は上記のすべての条件を満足する。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 8 】

L 1 第 1 レンズ群

L 2 第 2 レンズ群

L 3 第 3 レンズ群

L 3 a 3 a レンズ群

L 3 b 3 b レンズ群

S P 開口絞り

I P 像面

d d 線

g g 線

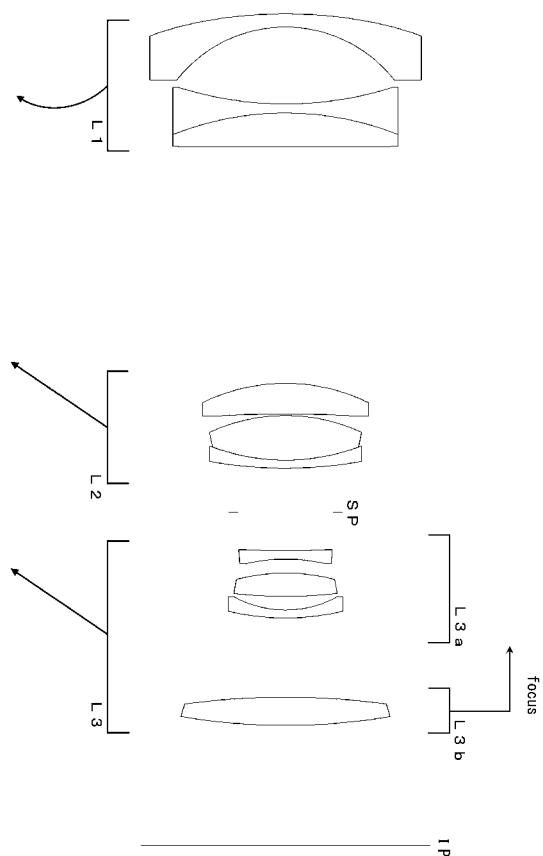
C C 線

S サジタル像面

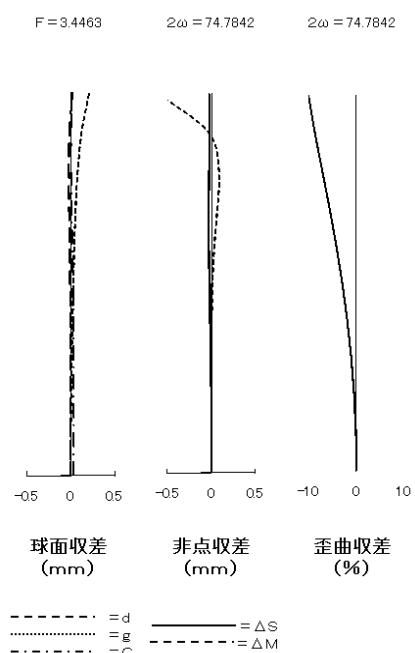
M メリジオナル像面

30

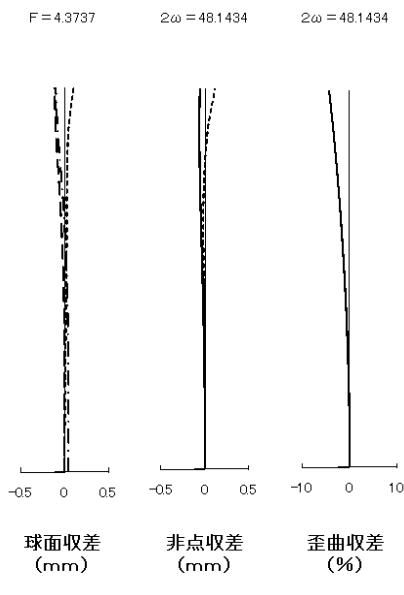
【図1】



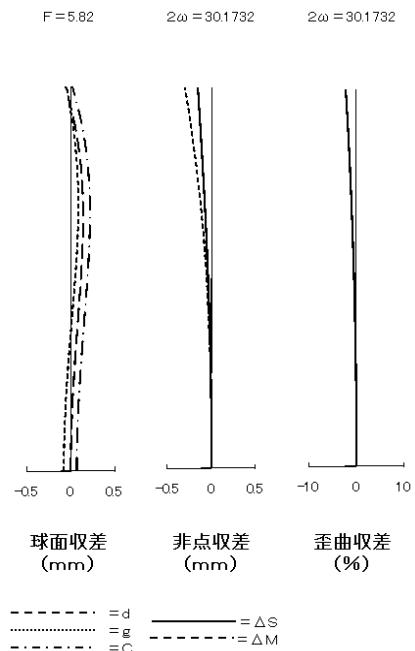
【図2】



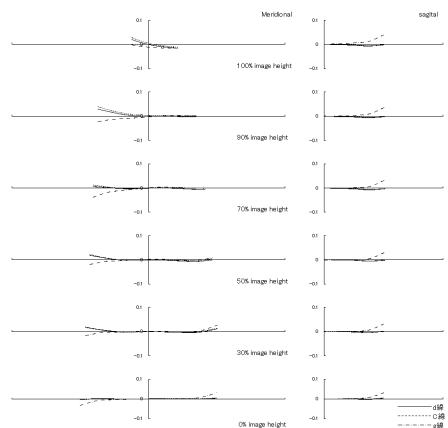
【図3】



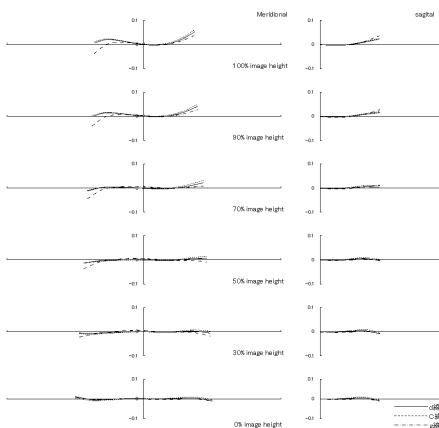
【図4】



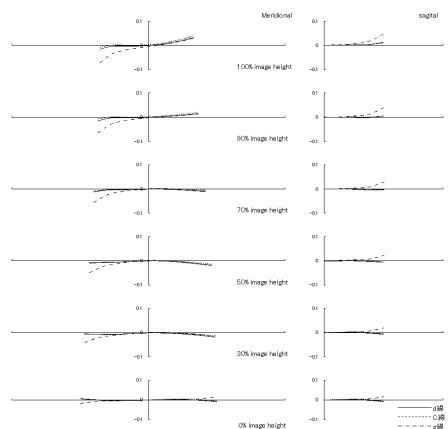
【図5】



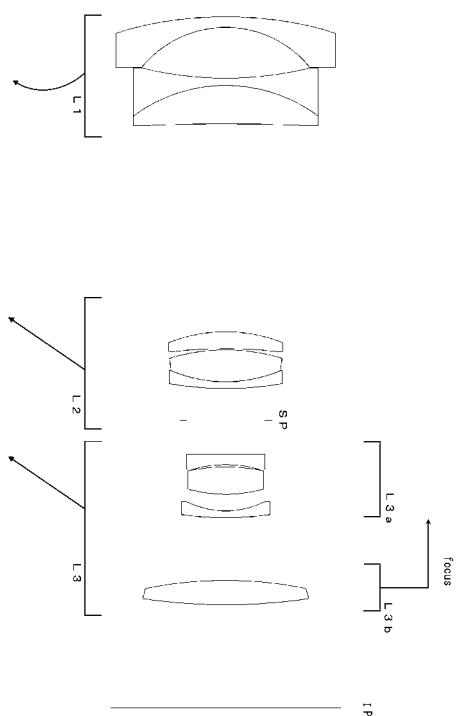
【図7】



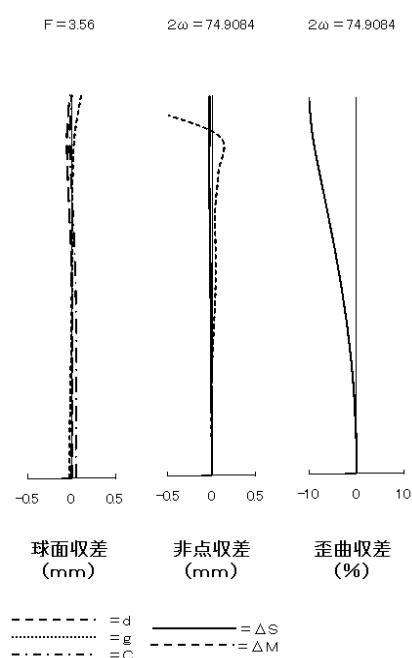
【図6】



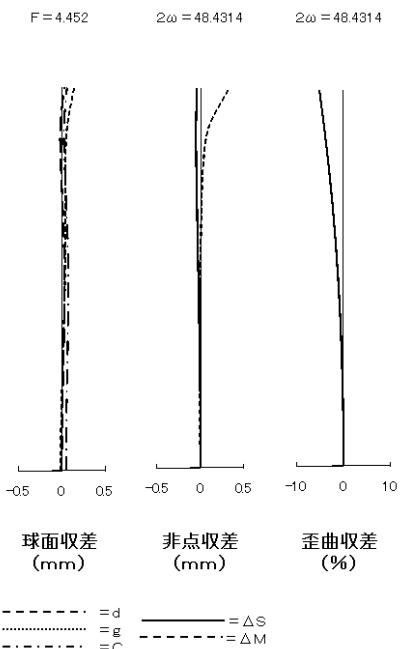
【図8】



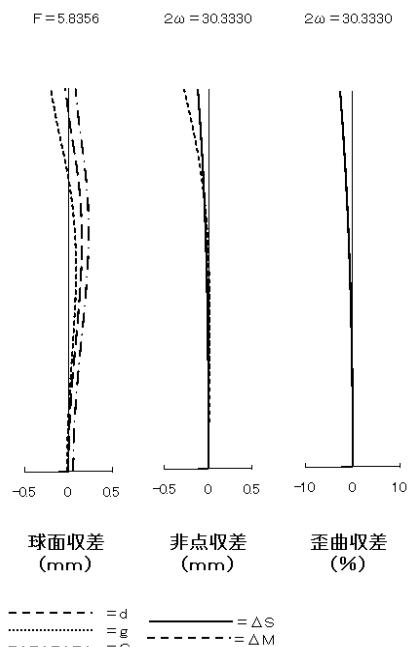
【図9】



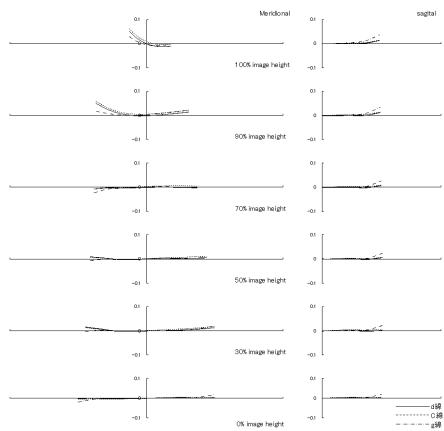
【図10】



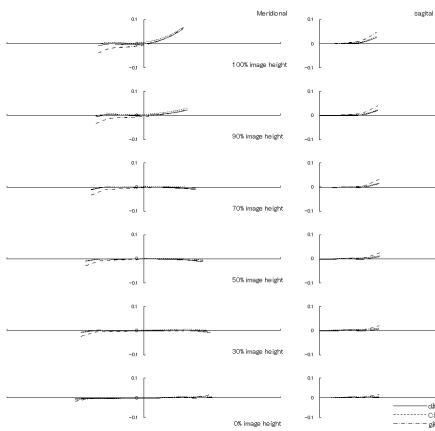
【 図 1 1 】



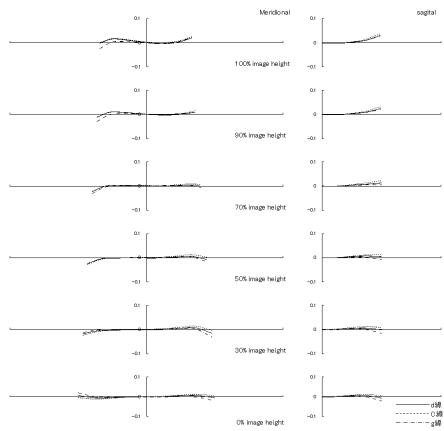
【図12】



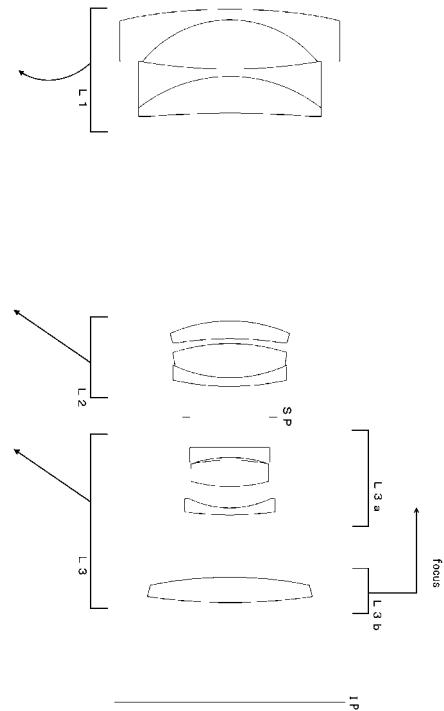
【 図 1 3 】



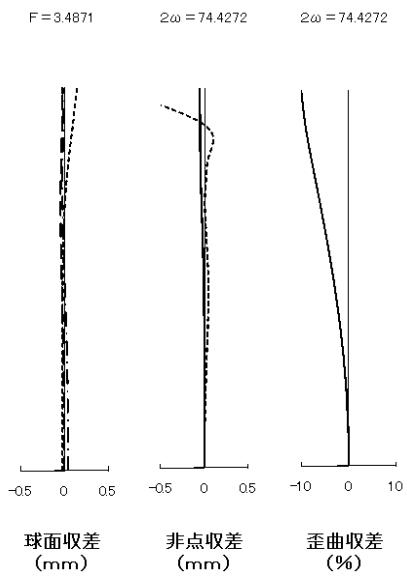
【図 1 4】



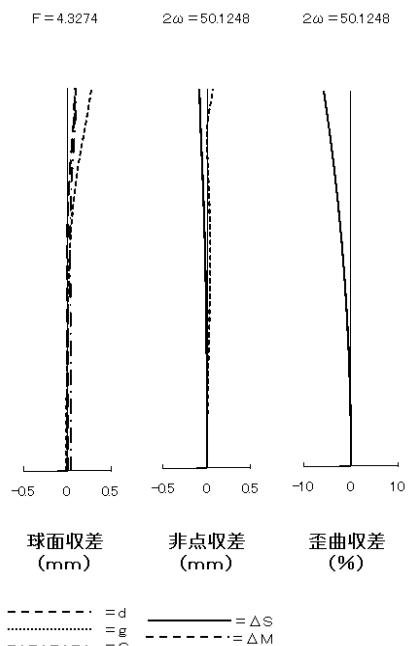
【図 1 5】



【図 1 6】



【図 1 7】



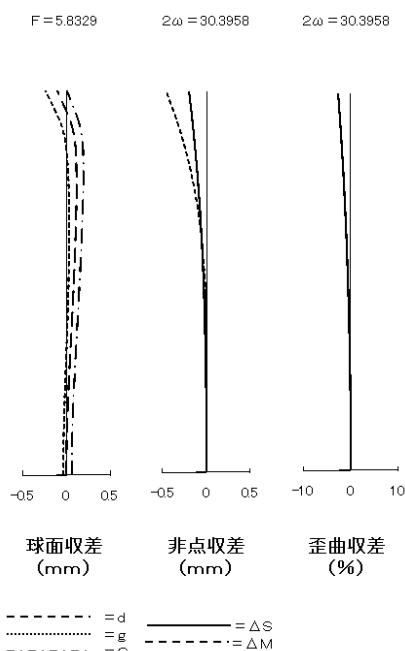
球面収差
(mm) 非点収差
(mm) 歪曲収差
(%)

$=d$ $=\Delta S$
 $=g$ $=\Delta M$
 $=C$

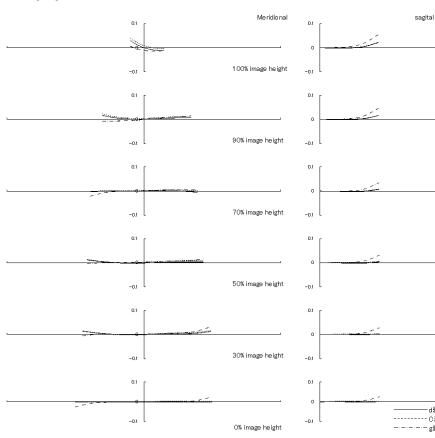
球面収差
(mm) 非点収差
(mm) 歪曲収差
(%)

$=d$ $=\Delta S$
 $=g$ $=\Delta M$
 $=C$

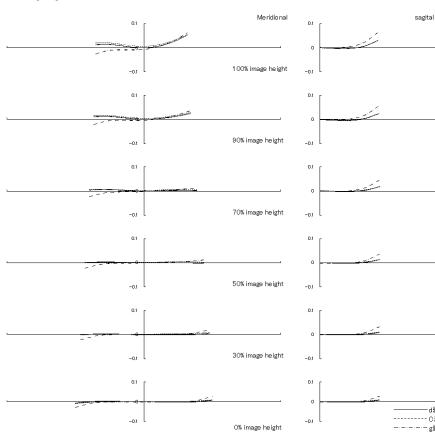
【図18】



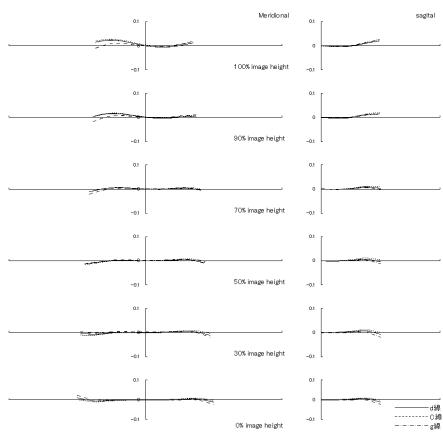
【図19】



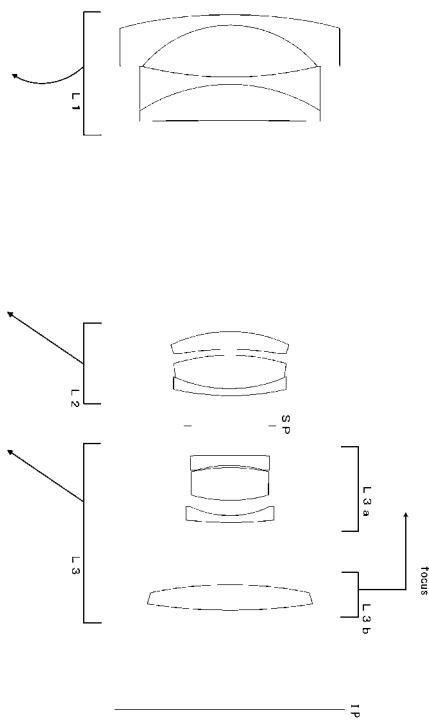
【図20】



【図21】

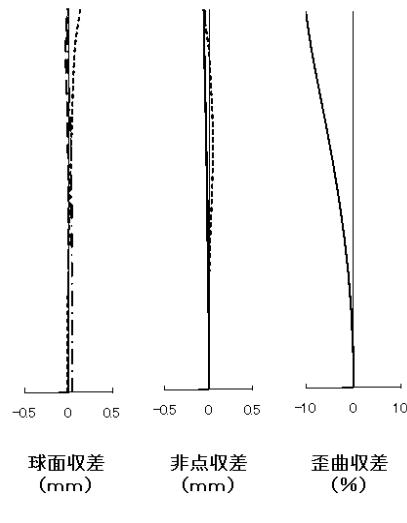


【図22】



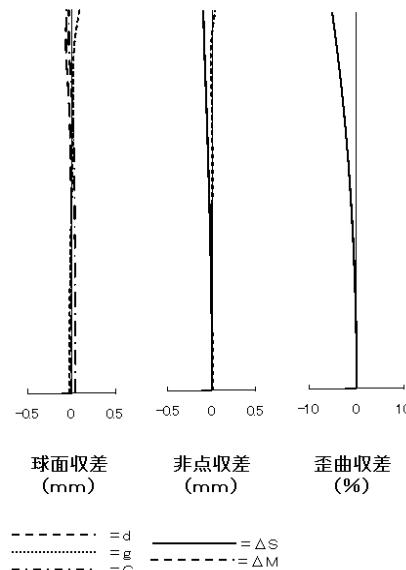
【図23】

$F = 3.5692$ $2\omega = 74.6840$ $2\omega = 74.6840$



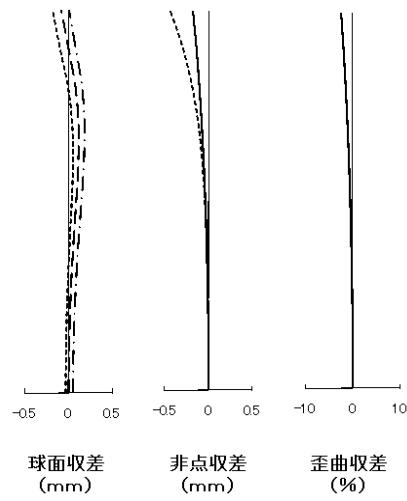
【図24】

$F = 4.3627$ $2\omega = 49.8874$ $2\omega = 49.8874$

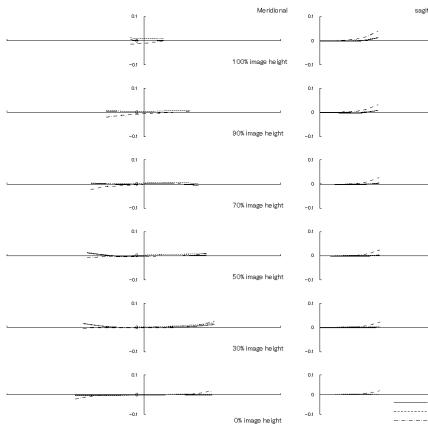


【図25】

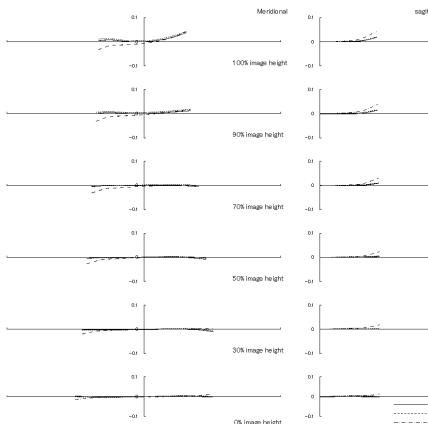
$F = 5.8310$ $2\omega = 30.3542$ $2\omega = 30.3542$



【図26】



【図27】



【図28】

