

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4920827号
(P4920827)

(45) 発行日 平成24年4月18日(2012.4.18)

(24) 登録日 平成24年2月10日(2012.2.10)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 7/02	(2006.01)	GO2B 7/02	B
GO2B 13/18	(2006.01)	GO2B 7/02	A
GO2B 15/20	(2006.01)	GO2B 13/18	
		GO2B 15/20	

請求項の数 8 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2001-37555 (P2001-37555)
(22) 出願日	平成13年2月14日 (2001.2.14)
(65) 公開番号	特開2002-244009 (P2002-244009A)
(43) 公開日	平成14年8月28日 (2002.8.28)
審査請求日	平成20年2月7日 (2008.2.7)

(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人	100110412 弁理士 藤元 亮輔
(74) 代理人	100104628 弁理士 水本 敦也
(72) 発明者	村田 安規 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内
審査官	荒井 良子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学素子、光学素子保持鏡筒、光学系および光学機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

素子外径部が保持鏡筒の内径部に嵌合するようこの保持鏡筒内に挿入され、挿入方向における素子端面に設けられた突き当面部が前記保持鏡筒又はこの保持鏡筒に保持された他の光学素子に突き当たられて前記保持鏡筒に保持される光学素子において、

前記突き当面部が、

前記素子外径部と前記保持鏡筒の内径部との間の嵌合径差に起因して生ずる平行偏芯量に応じて、この平行偏芯により生ずる偏芯収差を減少させる方向への傾き偏芯量を発生するように、光軸に直交する面に対して傾斜した形状に形成されており、

微小偏芯量 E の平行偏芯が生じたときの像高7割のメリジオナル像面変化量を M_E 10
とし、微小偏芯量 E の傾き偏芯が生じたときの像高7割のメリジオナル像面変化量を M とし、前記光学素子の中心から前記突き当面部までの光軸直交方向における距離を h とし、前記突き当面部の接線と光軸に直交する面とのなす角度を θ とするとき、

【数1】

$$0 < |\theta| < 2 \left| \sin^{-1} \left[h \frac{\tan(-\Delta\varepsilon \frac{\Delta M_E}{\Delta M})}{\Delta E} \right] \right|$$

かつ、

$$| \theta | = 60^\circ$$

を満たすことを特徴とする光学素子。

10

20

【請求項 2】

前記突き当て面部が、光が通過する入射面又は射出面を延長した形状以外の形状を有することを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項 3】

前記突き当て面部が、光が通過する入射面又は射出面とともに一体で型形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の光学素子。

【請求項 4】

前記突き当て面部が、芯取り加工により形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の光学素子。

【請求項 5】

鏡筒内径部に、光学素子がこの光学素子の外径部が嵌合するよう挿入され、挿入方向における前記光学素子の突き当てを受けてこの光学素子を保持する光学素子保持鏡筒において、

前記光学素子の突き当てを受ける受け面部が、

前記鏡筒内径部と前記光学素子の外径部との間の嵌合径差に起因して前記光学素子に生ずる平行偏芯量に応じて、この平行偏芯により生ずる偏芯収差を減少させる方向への傾き偏芯量を前記光学素子に発生させるように、前記光学素子の光軸に対して傾斜した形状に形成されており、

前記光学素子に微小偏芯量 E の平行偏芯が生じたときの像高7割のメリジオナル像面変化量を ME とし、微小偏芯量 ΔE の傾き偏芯が生じたときの像高7割のメリジオナル像面変化量を M とし、前記光学素子の中心から前記受け面部までの光軸直交方向における距離を h とし、前記受け面部の接線と光軸に直交する面とのなす角度を θ とするとき、

【数2】

$$0 < |\theta| < 2 \left| \sin^{-1} \left[h \frac{\tan(-\Delta \varepsilon \frac{\Delta ME}{\Delta M \varepsilon})}{\Delta E} \right] \right|$$

かつ、

$$|\theta| < 60^\circ$$

を満たすことを特徴とする光学素子保持鏡筒。

【請求項 6】

前記受け面部が、前記受け面部に突き当てられた光学素子のうち、光が通過する入射面又は射出面を延長した形状以外の形状を有することを特徴とする請求項5に記載の光学素子保持鏡筒。

【請求項 7】

請求項1から4のいずれか1つに記載の光学素子および請求項5又は6に記載の光学素子保持鏡筒のうち少なくとも一方を用いて構成されたことを特徴とする光学系。

【請求項 8】

請求項7に記載の光学系を用いて構成されたことを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、フィルムカメラ、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、双眼鏡その他の光学機器の光学系に用いられる光学素子および光学素子保持鏡筒に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

一般に、光学系は複数個のレンズにより構成されており、各レンズはそれぞれの役割分担をもって、レンズ鏡筒内の予め定められた所定位置に組み込まれて保持固定される。

【0003】

レンズ鏡筒内において各レンズを保持する保持鏡筒へのレンズの固定方法には、「押え環

10

20

30

40

50

式」、「加締式」および「接着式」などがある。

【0004】

「押え環式」とは、押え環を保持鏡筒にねじ込んでレンズを固定する方式であり、分解が可能であるが、押え環が必要になるため、部品点数が増え、コストアップにつながる。また、押さえ環用のネジ部が必要であるため、このネジ部のスペース確保が光学系の小型化の妨げとなる。

【0005】

「加締式」とは、レンズを挿入した保持鏡筒の端部を、熱や外力で変形させて加締る方式であり、レンズ加締部のスペースが非常に少なく、光学系の小型化に適しており、部品点数も少なく、量産に適している。但し、一旦加締ると、簡単には分解不可能という不都合がある。

10

【0006】

「接着式」とは、接着剤でレンズを鏡筒に固着する方式で、偏芯調整方式の組立てなどでレンズを調整した状態をそのまま動かぬよう固着する場合などに適している。

【0007】

また、保持鏡筒に対するレンズの組み込み方法には、代表的な方式として、「投込み式」、「玉押し式」および「偏芯調整式」が知られている。

【0008】

「投込み式」とは、レンズ鏡筒内径にレンズ外径が挿入可能な嵌合公差を設定し、予め加工したレンズ鏡筒にレンズを、単に挿入して挿入方向にてレンズが突き当たった位置に保持固定する組み込み方式である。

20

【0009】

そして、この方式は、一般的に広く採用されている組み立て方式であり、組み立てが単純で、作業者の高度な熟練技術を必要とせず、量産性が高い。しかし、設定した嵌合公差に応じた保持鏡筒内径とレンズ外径との隙間によるレンズの偏芯誤差が生じるので、高精度を要求する光学系には偏芯による光学性能劣化が問題となる。

【0010】

「玉押し式」とは、保持鏡筒内径をレンズ外径よりも小さく加工しておき、レンズ組み込み時にレンズ外径を実測し、現物合わせで保持鏡筒内径を旋盤加工して保持鏡筒内径とレンズ外径とを限りなく同一にして、保持鏡筒内径の中心軸と挿入するレンズの光軸とを精密に揃えて保持（以後、芯出しという）する組み込み方式である。

30

【0011】

そして、この方式では、高精度に芯出しした光学系を組み立て可能であるが、作業者の熟練が必要であり、組み立て調整に長時間を要するので量産性が低いという問題がある。

【0012】

「偏芯調整式」とは、投げ込み式の組み立てで発生する累積された偏芯誤差による偏芯収差の影響で、光学系が要求する光学性能を満足できない場合に採用する方式であり、偏芯による偏芯収差敏感度の高いレンズ又はレンズ群に偏芯調整機構を設け、レンズ組み立て時に発生する光学系の偏芯収差の状態を測定し、偏芯収差が良好となるように偏芯調整しながら組み立てる方式である。

40

【0013】

特公平5-88444号公報には、保持鏡筒内径とレンズ外径との間に空隙を設け、レンズ装着部を調芯構造となすことにより、光軸に偏芯のあるレンズでも芯出しが容易にできるレンズ鏡筒が開示されている。具体的には、レンズ有効径外部に環状の突起部を設け、鏡筒側のレンズ受け部に環状凹溝部を設ける。そして、レンズ側の環状突起部の内周側を鏡筒の環状溝部に当接させ、当接部になぞって動かせるように少なくとも一方の当接面をテーパー斜面あるいは球面とし、かつ環状凹溝内に充填した接着剤によりレンズを固定する方法が開示されている。

【0014】

特開平9-43489号公報には、リヤーフォーカス式のズームレンズの固定群内の組み

50

立て誤差によるレンズの偏芯誤差が光学性能に大きく影響するレンズを位置調整（偏芯調整）した後にレンズ保持鏡筒に接着保持する手段が提案されている。

【0015】

特開平9-329737号公報、特開平11-174301号公報および特開平11-271587号公報には、レンズ群を偏芯調整する調整機構の手段が提案されている。

【0016】

偏芯調整手段を採用する場合は、光学系の偏芯収差を測定する手段と、偏芯調整するレンズ又はレンズ群をミクロンオーダーの高い精度で制御し、光学偏芯収差を良好な状態に調整する偏芯調整機能を有する治具や、偏芯調整後の状態を変化なく固着するための手段が必要である。

10

【0017】

特開2000-121901号公報、特開2000-206388号公報および特開2000-214368号公報には、光学系の偏芯をコマフレアーレンズとして定量的に計測し、光軸調整を自動的に行う手段が提案されている。

【0018】

偏芯調整手段を用いると、高い光学性能を維持できるが、偏芯調整工程での組み立てコストが高くなる。

【0019】

民生用の量産レンズ組み立てには、「投込み式」による組み立てが、作業者の教育と熟練、組み立て治具設備、組み立て時間の点で最もコストが安く適している。

20

【0020】

特開平7-20366号公報には、「投込み式」でありながら良好に芯出しする手段として、押え環によるレンズ押し付け力によってレンズ径方向に調芯する楔部材をレンズ外周と鏡筒内周面との間隙に配置する方法が開示されている。しかし、この原理で実際に調芯させるには押え環が傾かないように均等な力で平行に押し付ける必要があり、そのためにはしっかりした押え環が必要になりレンズの大型化、コストアップが問題になる。

【0021】

ここで、「投げ込み式」による組み立てでは、レンズ鏡筒とレンズ外径の隙間を大きく公差設定したほうがスムーズにレンズが挿入できる。しかし、レンズ鏡筒とレンズ外径との公差ばらつき組み合わせで生じる隙間量に応じて組み立て時に嵌合誤差によるレンズ平行偏芯誤差やレンズ倒れ誤差が発生し、光学系の結像性能を劣化させる問題が発生する。

30

【0022】

このような欠点を解消するために、偏芯による光学性能劣化の敏感度が高いレンズに対しては、鏡筒内径とレンズ外径が常に圧入状態となるように公差を設定する手段が知られている。公差内で寸法がばらついても常に圧入状態ならば、鏡筒内径とレンズ外径との隙間は無く芯出しされた状態で組み込まれるはずである。

【0023】

しかし、公差ばらつき組み合わせで鏡筒内径とレンズ外径がきつい圧入状態となると、レンズが入らなかつたり無理に圧入するとレンズが割れたりするという問題が発生する。

【0024】

この問題対策として、圧入設定する場合は、鏡筒内径部に3点から6点程度の微小な突起部を設け、レンズと嵌合させる方法が一般に行われている。例えば、120度振り分けの3点当たりでレンズを嵌合させる場合は、多少きつい圧入状態でも保持鏡筒が三角形状に微小変形して押し広げられるため、レンズは挿入されていく。

40

【0025】

しかしながら、きつい圧入状態では、レンズが鏡筒の奥まで十分に収まらず、浮いた状態で傾いて固定されるおそれがある。

【0026】

きつい圧入状態でも、保持鏡筒の奥まで確実に収まる強い力で無理にレンズを圧入することも可能である。しかし、レンズの一部又は鏡筒の一部が削られながら圧入され、削られ

50

た破片がレンズ受け部に挟まってレンズが傾いた状態で固定される問題がある。

【0027】

また、きつい圧入状態で偏芯なく鏡筒にレンズが正しく固定された場合でも、鏡筒がレンズ外径をきつく締め付けた状態で固定されているため、レンズの光学面が歪み、光学性能に悪影響を与えるという問題が残る。

【0028】

【発明が解決しようとする課題】

このように量産性の高い「投込み式」組み立てにおいて、圧入状態を避けた嵌合公差設定にすると、レンズは保持鏡筒内に抵抗無く確実に奥まで挿入され、レンズの光学面の歪みの問題もない。

10

【0029】

しかし、公差ばらつき組み合わせで鏡筒内径とレンズ外径が緩い嵌合状態となると、嵌合隙間の量に応じて保持鏡筒内でレンズが平行偏芯し、また、レンズ受け面形状によっては、傾き偏芯を併発し固定されるため、偏芯による光学性能劣化が問題となる。

【0030】

ここで、問題となる偏芯による光学性能の劣化現象を、

(1) 画面中央部で発生する軸上コマ収差変化

(2) 画面周辺部で発生するメリジオナル像面変化

の2項目の偏芯収差に着目して説明する。

【0031】

20

一般の光学系は、1本の光軸に対して回転対称に設計されており、設計基準状態では、画面中心部でのコマ収差は存在しない。また、画面周辺部でのメリジオナル像面位置は同一像高では同じ値である。

【0032】

しかし、実際に製造される光学系では、部品加工誤差や組み立て時の誤差等が発生するため、画面中央でありながらコマ収差が発生する。また、周辺部同一像高でも画面四隅の方向によりメリジオナル像面位置に差が生じる。

【0033】

上記(1)の軸上コマ収差が増大すると、画面中心光束の回転対称性が崩れ、方向性を持ったフレアが発生する。投影検査では画面中央の解像力チャートに方向性を持った尾を引くコマフレア現象が発生する。また、場合によっては画面中央チャートでありながら倍率の色収差を持っているような色にじみを伴う。さらに、画面中央だけでなく、画面全体に方向性を持ったコマフレアがかかり、画像全体の鮮鋭度を下げる。

30

【0034】

上記(2)の画面周辺部で発生するメリジオナル像面変化とは、所謂、片ボケ現象のことであり、画面周辺部の画像の鮮鋭度が最大となるピント位置に差が生じ、画面周辺部の一部でピントずれが大きくなつて周辺画像の一部がボケた状態になる。

【0035】

上記2項目の偏芯収差は、光学系を構成する各レンズが平行偏芯した場合に発生するが、各レンズが傾き偏芯した場合にも発生する。

40

【0036】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解消するために、本発明では、保持鏡筒の内径部と光学素子の外径部との嵌合径差により光学素子に平行偏芯が発生した場合に、この平行偏芯によって発生する偏芯収差を減少させる(相殺する)方向に、光学素子の平行偏芯量に応じた適切な量の傾き偏芯が生じるよう、光学素子における保持鏡筒に対する挿入方向での突き当て面部や保持鏡筒における光学素子の突き当てを受ける受け面部の形状を設定している。これにより、光学素子が平行偏芯すると、その量に応じた傾き偏芯が光学素子に自動的に発生して偏芯収差は良好な状態に自己調整される(以下、自己偏芯調整作用という)。したがつて、いわゆる「投込み式」の組み立てによって実際には光学素子が偏芯しても、光学的な偏芯収差

50

は良好な状態に保てる。

【0037】

なお、ここにいう「自己偏芯調整作用」の概念は、従来、鏡筒の中心軸に対して各光学素子の光軸を精密に揃える「芯出し」の概念とは異なる。また、従来の「偏芯調整」の概念は、光学系で発生した偏芯収差を、一部の光学素子に平行偏芯方向又は傾き偏芯方向へ調整可能な偏芯調整機構を持たせ、光学系の偏芯収差の状態を測定して偏芯収差が良好な状態になるよう制御しながら偏芯調整し固定することであり、「自己偏芯調整作用」とは異なる。

【0038】

具体的には、例えば、光学素子側の突き当て面部や保持鏡筒側の受け面部を、光学素子の平行偏芯量に応じた適切な量の傾き偏芯を発生させる接線角度を有するテーパ面や曲面(球面)とする。

10

【0039】

また、上記突き当て面部や受け面部の面粗さは細かくし、摩擦係数を小さくした方が、光学素子の鏡筒保持部材に挿入保持された状態での座りが良く、好ましい。

【0040】

【発明の実施の形態】

図1には、本発明の実施形態である光学系の構成を示している。また、表1には、本実施形態の光学系の数値実施例1を示している。

【0041】

20

なお、表1の数値実施例において、 r_i は物体側より順に第*i*番目のレンズ面の曲率半径を、 d_i は物体側より順に第*i*番目のレンズ厚及び空気間隔を、 n_i と v_i はそれぞれ、物体側より順に第*i*番目のレンズの屈折力とアッペ数を示している。なお、表1において、アッペ数 v は v と表記している。

【0042】

また、非球面形状は、光軸方向にX軸、光軸と垂直な方向にY軸、光の進行方向を正とし、レンズの頂点とX軸の交点を原点に採り、 r をレンズ面の近軸曲率半径、 k を離心率、 B, C, D, E, F を非球面係数とするとき、

【0043】

【数5】

30

$$x = \frac{Y^2 / R}{1 + \sqrt{(1 - (1 + k) \cdot (Y / R)^2}}} + B \cdot Y^4 + C \cdot Y^6 + D \cdot Y^8 + E \cdot Y^{10} + F \cdot Y^{12}$$

なる式で表される。

【0044】

40

【表1】

数値実施例1

$t_1 = 3.60 \sim 34.80$ $t_{n0} = 1.1.66$ $2w = 53.1^\circ \sim 5.9^\circ$

~ 2.57

$r_1 =$	26.410	$d_1 =$	0.80	$n_1 = 1.84666$	$v_1 = 23.8$
$r_2 =$	12.936	$d_2 =$	3.69	$n_2 = 1.69580$	$v_2 = 55.5$
$r_3 =$	-19.3.623	$d_3 =$	0.17		
$r_4 =$	1.1.906	$d_4 =$	2.44	$n_3 = 1.69680$	$v_3 = 55.5$
$r_5 =$	32.570	$d_5 =$ 可変			
$r_6 =$	2.1.402	$d_6 =$	0.50	$n_4 = 1.88300$	$v_4 = 40.8$
$r_7 =$	-3.748	$d_7 =$	1.66		
$r_8 =$	-4.848	$d_8 =$	0.94	$n_5 = 1.66532$	$v_5 = 55.5$
$r_9 =$	5.487	$d_9 =$	1.47	$n_6 = 1.84666$	$v_6 = 23.8$
$r_{10} =$	-33.0.661	$d_{10} =$ 可変			
$r_{11} =$	∞ (絞り)	$d_{11} =$	0.80		
$r_{12} =$	4.904	$d_{12} =$	3.21	$n_7 = 1.58313$	$v_7 = 59.4$
$r_{13} =$	-2.1.082	$d_{13} =$	0.15		
$r_{14} =$	5.284	$d_{14} =$	0.55	$n_8 = 1.84666$	$v_8 = 23.8$
$r_{15} =$	4.382	$d_{15} =$ 可変			
$r_{16} =$	7.880	$d_{16} =$	2.66	$n_9 = 1.58313$	$v_9 = 59.4$
$r_{17} =$	-6.293	$d_{17} =$	0.50	$n_{10} = 1.84666$	$v_{10} = 23.8$
$r_{18} =$	-13.823	$d_{18} =$	2.20		
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	3.03	$n_{11} = 1.51680$	$v_{11} = 64.2$
$r_{20} =$	∞				

*印の非球面係

8面	$k_1 = -4.68702D+00$	$B_1 = -4.88306D-03$	$C_1 = 9.65003D-05$	$D_1 = 3.48959D-05$	$E_1 = -6.85254D-06$	$F_1 = 2.79946D-09$
12面	$k_2 = 4.90400D+00$	$B_2 = -1.92311D+00$	$C_2 = 8.20914D-04$	$D_2 = 6.65314D-06$	$E_2 = 4.69659D-07$	$F_2 = 0.00000D+00$
13面	$k_3 = -2.10820D+01$	$B_3 = 3.24202D+00$	$C_3 = 7.31896D-05$	$D_3 = 3.14961D-05$	$E_3 = -1.18384D-06$	$F_3 = 2.43443D-08$
16面	$k_4 = 7.88000D+00$	$B_4 = -1.07255D+01$	$C_4 = 2.28580D-03$	$D_4 = -1.18334D-04$	$E_4 = -2.32616D-06$	$F_4 = 9.87371D-07$

焦点距離	3.60	10.91	34.80
可変距離	0.50	5.55	8.78
d 5	9.73	4.68	1.45
d 10	4.59	2.24	5.15
d 15			

【0045】

図1において、左側が物体側で、右側が像側である。物体側より順に第1群は、凹レンズG1および凸レンズG2の接合レンズと、凸レンズG3とで構成されている。接合レンズG1(G2)および凸レンズG3は、1群保持鏡筒H1内にこれらの外径部(素子外径部)が1群保持鏡筒H1の内径部に嵌合するよう挿入され、R2面(凹レンズG1の射出面)側の外周近傍に形成された突き当面(素子端面)が1群保持鏡筒H1内の受け面に突き当たることによって1群保持鏡筒H1に保持されている。

【0046】

すなわち、1群は、「投込み式」の組み立て方式で組み立てられる。また、各レンズは「加締め式」で1群保持鏡筒H1に固定される。なお、以下の各群を構成するレンズも同様にして各保持鏡筒に保持されている。

【0047】

第2群は、凹レンズG4、凹レンズG5および凸レンズG6の接合レンズで構成されており、2群保持鏡筒H2によって嵌合保持されている。

【0048】

第3群は、凸レンズG7および凹レンズG8で構成されており、3群保持鏡筒H3によって保持されている。

【0049】

第4群は、凸レンズG9および凹レンズG10の接合レンズで構成されており、4群保持鏡筒H4によって嵌合保持されている。なお、第4群の後方には、ローパスフィルターFおよび像面Iがある。

【0050】

図1において、レンズG1は球面ガラス研磨レンズであり、R2面側の1群保持鏡筒H1への突き当て面に、光軸直交面に対して $\gamma = 12^\circ$ の芯取り加工が施されている。ここで10は、は、光軸直交面と突き当て面とによって形成される鋭角であり、以下同様とする。

【0051】

また、1群保持鏡筒H1におけるレンズG1の突き当て面の突き当てを受ける受け面は、 $\gamma = 12^\circ$ のテーパー面として形成されている。

【0052】

また、レンズG3は射出面側にエッジ部を有しており、このエッジ部の突き当てを受ける1群保持鏡筒H1の受け面は、 $\gamma = 8^\circ$ のテーパー面となっている。

【0053】

また、レンズG4は球面ガラス研磨レンズであり、射出面側のレンズG4への突き当て面に、 $\gamma = 22^\circ$ の芯取り加工が施されている。20

【0054】

また、レンズG5は非球面モールドレンズであり、入射面側のレンズG4の突き当てを受ける受け面には $\gamma = 22^\circ$ の芯取り加工が、射出面側の2群保持鏡筒H2への突き当て面には $\gamma = 4^\circ$ の芯取り加工が施されている。

【0055】

また、2群保持鏡筒H2におけるレンズG5の突き当て面の突き当てを受ける受け面は、 $\gamma = 4^\circ$ のテーパー面として形成されている。

【0056】

レンズG7は非球面モールドレンズであり、射出面側の3群保持鏡筒H3への突き当て面は、 $\gamma = 34^\circ$ のテーパー面として光学面とともにモールド一体成形されている。30

【0057】

また、3群保持鏡筒H3におけるレンズG7の突き当て面の突き当てを受ける受け面は、 $\gamma = 34^\circ$ のテーパー面として形成されている。

【0058】

レンズG8は球面研磨レンズであり、射出面側の3群保持鏡筒H3への突き当て面は、 $\gamma = 30^\circ$ の芯取り加工が施されている。

【0059】

また、3群保持鏡筒H3におけるレンズG8の突き当て面の突き当てを受ける受け面は、 $\gamma = 30^\circ$ のテーパー面として形成されている。

【0060】

レンズG10は球面レンズであり、入射面側の4群保持鏡筒H4への突き当て面は、 $\gamma = 20^\circ$ の芯取り加工が施されている。40

【0061】

また、4群保持鏡筒H4におけるレンズG10の突き当て面の突き当てを受ける受け面は、 $\gamma = 20^\circ$ のテーパー面として形成されている。

【0062】

図2には、従来の光学系を示している。この光学系では、レンズG1の射出面側、レンズG4の射出面側、レンズG5の入射面側と射出面側、レンズG8の射出面側およびレンズG10の入射面側の突き当て面は光軸直交方向に芯取り加工されており、これら突き当て面は、対応する受け面である光軸直交面により「平面受け」方式と呼ばれる従来方式で50

受けられている。

【0063】

また、レンズG3の射出面側の突き当て部はエッジ形状に芯取りされており、このエッジ部は、対応する受け面である光軸直交面により「エッジ受け」方式と呼ばれる従来方式で受けられている。

【0064】

また、レンズG7は非球面モールドのきつい両凸形状レンズであり、光学面(光が通過する面)よりも外周側には、コバ厚を確保するために光学面を延長した形状以外の形状で光軸直交方向に延びる平面の突き当て面が一体で型形成されている。この突き当て面は、対応する受け面である光軸直交面により受けられている。

10

【0065】

図1に示す本実施形態の光学系では、各レンズの各保持鏡筒への組み込み時に、各レンズの外径部と保持鏡筒の内径部との間の嵌合径差(嵌合誤差)によってレンズが平行偏芯すると、レンズ側の突き当て面および保持鏡筒又はこの保持鏡筒に保持された他のレンズの受け面の傾きによって自己偏芯調整作用が生じ、その平行偏芯量に応じた適切な傾き偏芯がレンズに自動的に発生して偏芯収差が良好な状態になるように自己偏芯調整される。

【0066】

図3は、本実施形態の光学的作用を視覚的に説明するための図である。図3(A)は、本実施形態(数値実施例1)の広角端状態での光路断面図(メリジオナル断面)であり、図中の左側が物体側、右側が像面側である。図の右端に添付した図は、像面部分の光束集光状態を拡大した図であり、図中の3箇所の集光部分は、上から順に、像高上側7割($y = 1.26\text{ mm}$)、画面中心($y = 0\text{ mm}$)および像高下側7割($y = -1.26\text{ mm}$)を示している。

20

【0067】

また、図3(B)は、図3(A)の設計基準状態から、レンズG7を 0.2 mm 平行偏芯させた状態の光路断面を示している。偏芯収差を光路断面図で視覚的に表現するために、常識的に発生する偏芯量よりも大きな偏芯量を発生させている。

【0068】

図3(B)では、像高7割の上側と下側の周辺光束の集光状態を見ると、片ボケ現象が発生していることが視覚的に分かる。像高上側のメリジオナル光束は像面オーバー方向の位置に集光しており、像高下側のメリジオナル光束は像面アンダー方向の位置に集光している。

30

【0069】

また、画面中心の光束を見ると、回転対称性が崩れており、像高上側方向に向かってコマフレアーが発生している。

【0070】

図3(C)は、図3(B)の平行偏芯した状態から更にレンズG7に $100'$ の傾き偏芯を与えた状態の光路断面図を示している。像高7割の上側と下側の周辺光束の集光状態を見ると、片ボケ現象が良好な状態まで補正されている、また、画面中心の光束を見ると、コマフレアーもかなり良好な状態に補正されていることが分かる。

40

【0071】

これは、光学系の中のレンズに平行偏芯誤差が発生しても、その平行偏芯量に応じた適切な傾き偏芯量を発生させることで、偏芯収差(軸上コマ収差やメリジオナル像面変化による片ボケ)が良好に補正できることを示している。

【0072】

ここで、メリジオナル像面変化量の補正について説明する。レンズに微小平行偏芯量E(平行偏芯での微小偏芯量E)が発生したときの像高7割のメリジオナル像面変化量をMEとし、レンズに微小傾き偏芯量(傾き偏芯での微小偏芯量)が発生したときの像高7割のメリジオナル像面変化量をMとしたとき、微小な量の偏芯誤差を対象とする範囲では、平行偏芯量Sが発生すると、メリジオナル像面変化量は $S \times (ME)$

50

/ E) となる。また、傾き偏芯量 T が発生すると、メリジオナル像面変化量は T × (M /) となる。

【 0 0 7 3 】

ここで平行偏芯量 S で発生するメリジオナル像面変化を傾き偏芯量 T で減少させる(相殺)するには、

$$T \times (M /) = - S \times (M E / E)$$

すなわち、

$$T = - S \times (M E / E) / (M /)$$

の関係を満たすことが必要である。

【 0 0 7 4 】

次に、レンズに平行偏芯量 S が発生したときに、メリジオナル像面変化を減少させる(相殺)する適切な傾き偏芯量 T を発生させるための突き当て面又は受け面の接線角度(光軸直交面に対する角度) M の条件について説明する。

【 0 0 7 5 】

図4において、B は保持鏡筒、L はレンズを示している。レンズ L が保持鏡筒 B に突き当たる突き当て面(又は保持鏡筒の受け面)の半径を h とし、上記接線角度を M とし、この接線の法線と鏡筒中心軸との交点を Q とし、突き当て面(又は受け面)と交点 Q との間の距離を D とすると、レンズ L に平行偏芯量 S が発生したときに傾き偏芯量 T を発生させるには、

$$S / D = \tan T$$

の関係が必要になる。

【 0 0 7 6 】

このときの突き当て面又は受け面の接線角度 M は、

$$\sin M = h / D$$

より、

【 0 0 7 7 】

【 数 6 】

$$\begin{aligned} \alpha_M &= \sin^{-1} \frac{h}{D} \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{h \tan T}{S} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(\frac{h \tan \left(-S \frac{\Delta \epsilon \Delta M E}{\Delta E \Delta M \epsilon} \right)}{S} \right) \end{aligned}$$

となる。

【 0 0 7 8 】

レンズの平行偏芯量 S = 微小平行偏芯量 E とすると、

【 0 0 7 9 】

【 数 7 】

10

20

30

40

$$\alpha_M = \sin^{-1} \left(\frac{h \tan \left(-\Delta \epsilon \frac{\Delta M E}{\Delta M \epsilon} \right)}{\Delta E} \right)$$

【0080】

の関係を満たせば平行偏芯が発生した場合のメリジオナル像面変化は自己偏芯調整作用で補正される。 10

【0081】

次に、軸上コマ収差変化量の補正について説明する。ここでは、軸上コマ収差を、軸上光束の光線比率7割の上側横収差量をUCとし、下側横収差量をLCとするときに、

$$\text{軸上コマ収差} = (UC + LC) / 2$$

と定義する。

【0082】

そして、レンズに微小平行偏芯量Eが発生したときの軸上コマ収差変化量をCEとし、レンズに微小傾き偏芯量が発生した時の軸上コマ収差変化量をCとしたとき、軸上コマ収差変化を相殺させる適切な傾き偏芯量Tを発生させるための上記接線角度_cの条件として、 20

【0083】

【数8】

$$\alpha_c = \sin^{-1} \left(\frac{h \tan \left(-\Delta \epsilon \frac{\Delta C E}{\Delta C \epsilon} \right)}{\Delta E} \right)$$

30

【0084】

の関係を満たせば、平行偏芯が発生した場合の軸上コマ収差変化は自己偏芯調整作用で補正される。

【0085】

保持鏡筒に突き当たるレンズの突き当面（又は保持鏡筒の受け面）の接線と光軸直交面（光軸垂線H）とがなす角度が、

$$| \quad M \quad |$$

となる状態に設定すると、メリジオナル像面変化による偏芯収差は自己偏芯調整作用で良好に補正される。 40

【0086】

$$\text{また, } | \quad c \quad |$$

となる状態に設定すると、軸上コマ収差変化による偏芯収差は自己偏芯調整作用で良好に補正される。

【0087】

但し、=0の状態では自己偏芯調整作用の効果はない。

【0088】

$$\text{一方, } | \quad 2 \quad | \quad M \quad | \text{ 又は, } | \quad 2 \quad | \quad c \quad |$$

の状態では、傾きによる補正効果過剰で偏芯収差状態が悪化する。

【0089】

50

レンズ組み込み時において保持鏡筒の内径部とレンズの外径部との嵌合誤差によるレンズの平行偏芯成分の誤差で発生する偏芯収差（メリジオナル像面変化と軸上コマ収差変化）を減少（相殺）させる方向に自己偏芯調整作用を持たせ、レンズを傾けて保持させるためには、角度 α を、メリジオナル像面変化を自己偏芯調整作用で補正する条件の $|\alpha| < 2 |c_m|$ と、軸上コマ収差変化を自己偏芯調整作用で補正する条件の $|\alpha| < 2 |c_c|$ に対し、 $0 < |\alpha| < 2 |c_m|$ 又は、 $0 < |\alpha| < 2 |c_c|$ の範囲内で、 $|\alpha| < |c_m|$ 又は、 $|\alpha| < |c_c|$ とすることが望ましい。

【0090】

実際に角度 α を設定する際は、偏芯収差による光学性能劣化への影響力の大きい方の収差を重視して、 c_m の条件を重視するか、 c_c の条件を重視するかを決める。

10

【0091】

角度 α が 60° を超えると、レンズを突き当てて保持する際に、保持鏡筒に光軸を中心とする放射方向の力が加わり、保持鏡筒が微小変形したときに発生するレンズの光軸方向の位置ずれが大きくなるので、好ましくない。

【0092】

表2は、数値実施例1の各レンズ G1/2, G3, G4, G5/6, G7, G8, G9/10が単独で 0.01mm 平行偏芯し、各レンズの入射面頂点を回転中心として $5'$ 傾き偏芯したときの、ワイド(W)端およびテレ(T)端での軸上コマ収差の変化と周辺メリジオナル像面の変化とを示している。

【0093】

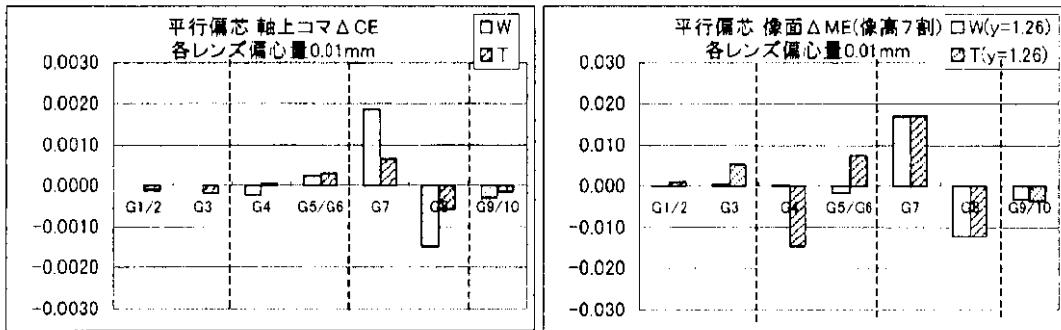
【表2】

20

各レンズの偏芯敏感度 実施例 1 (3.6~34.8/1.66~2.57)

平行偏芯 軸上コマ△CE レンズ0.01mm				平行偏芯 像面△ME(像高7割) レンズ0.01mm			
偏芯量	W	T	偏芯量	W(y=1.26)	T(y=1.26)		
0.01mm G1/2	0.000000	-0.000109	0.01mm G1/2	0.000059	0.001009		
0.01mm G3	-0.000001	-0.000188	0.01mm G3	-0.000450	0.005244		
0.01mm G4	-0.000232	0.000060	0.01mm G4	0.000196	-0.014673		
0.01mm G5/G6	0.000240	0.000291	0.01mm G5/G6	-0.001682	0.007633		
0.01mm G7	0.001860	0.000672	0.01mm G7	0.016963	0.017101		
0.01mm G8	-0.001500	-0.000581	0.01mm G8	-0.012173	-0.012326		
0.01mm G9/10	-0.000297	-0.000146	0.01mm G9/10	-0.003138	0.003596		

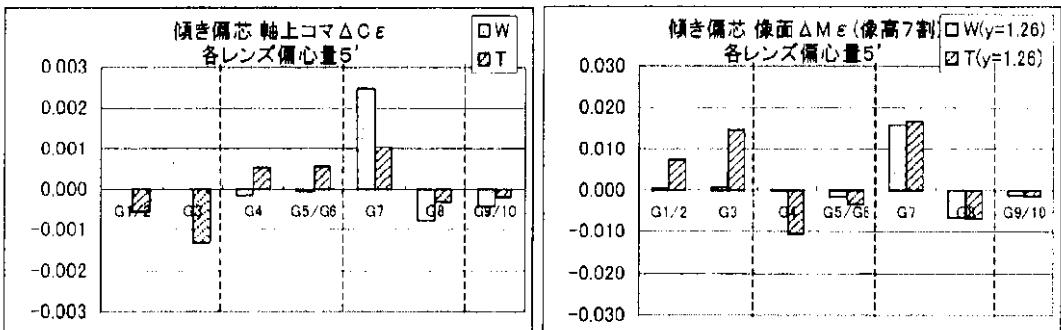
10



20

傾き偏芯 軸上コマ△CE 各レンズ偏心5'				傾き偏芯 像面△ME(像高7割) 各レンズ偏心5'			
偏芯量	W	T	偏芯量	W(y=1.26)	T(y=1.26)		
5' G1/2	-0.000002	-0.000538	5' G1/2	0.000599	0.007408		
5' G3	-0.000004	-0.001310	5' G3	0.000877	-0.014793		
5' G4	-0.000140	0.000528	5' G4	0.000116	-0.010526		
5' G5/G6	-0.000051	0.000564	5' G5/G6	-0.001459	-0.003220		
5' G7	0.002467	0.001050	5' G7	0.015907	0.016823		
5' G8	-0.000755	-0.000304	5' G8	-0.006401	-0.006693		
5' G9/10	-0.000410	-0.000177	5' G9/10	-0.001074	-0.001231		

30



40

【0094】

表3は、数値実施例1の各レンズG1/2, G3, G4, G5/G6, G7, G8, G9/10が0.01mm平行偏芯したときの軸上コマ収差および周辺メリジオナル像面の変化と、発生した各偏芯収差を相殺させるための適切な量の各傾き偏芯量の算出値と、平行偏芯に応じてそれぞれ適切な傾き偏芯量だけ傾けるための各突き当面又は受け面（以下、すべて受面と表記する）の（接線）角度 M , c の算出値を示している。

【0095】

数値実施例1のG1は球面研磨レンズで、射出面側を受面とし、芯取り加工で受面角度を $=12^\circ$ に設定している。

【0096】

【表3】

50

平行偏芯で発生する偏芯収差を傾き偏芯で相殺するための受面角度

G1/2		船上マガ取差	W _差	T _差	W _差	T _差
$\Delta E(\text{mm}) =$	8.1	$\Delta C\epsilon =$	0.000000	-0.000109	$\Delta M =$	0.0001009
$\Delta \epsilon (\text{分}) =$	0.01	$\Delta C\epsilon =$	0.000000	-0.000002	$\Delta M =$	0.0000039
ΔE を相殺する傾き回転(分)	5	$\Delta C\epsilon =$	-0.000002	-0.000538	$\Delta M =$	0.000539
ΔE を相殺する傾き回転(分)	-1.0	ΔE を相殺する傾き回転(分)	0.0	-1.0	$\Delta M =$	-0.7
$\alpha C(\text{度}) =$		$\alpha C(\text{度}) =$	0.0	-13.8	$\alpha M(\text{度}) =$	-6.7
						-9.2

G3		輪上マイク受器		周辺マイクロナル像面	
$h_1 =$	6.7	$W_{\text{輪}} =$	1輪	$W_{\text{周}} =$	1輪
$\Delta E(\text{mm}) =$	0.01	$\Delta CE =$	-0.0000011 -0.0001168	$\Delta ME =$	0.000450 0.005244
$\Delta E(\text{分}) =$	5	$\Delta CE =$	-0.0000041 -0.001310	$\Delta ME =$	0.000877 0.014793
		ΔE を相殺する ^{感覚芯} （分）	-0.7	ΔE を相殺する ^{感覚芯} （分）	-2.6
		$\alpha C(\text{度}) =$	-14	$\alpha M(\text{度}) =$	-300
					-202

G4		輪上コマ収差		周辺メリジオナル像面	
$h_1 =$	2.7	$W_{\text{端}} =$	$T_{\text{端}} =$	$W_{\text{端}} =$	$T_{\text{端}} =$
$\Delta E(\text{mm}) =$	0.01	$\Delta C_E =$	-0.000232	$\Delta M_E =$	-0.014673
$\Delta E(\text{分}) =$	5	$\Delta C_E =$	-0.000140	$\Delta M_E =$	-0.010556
$\Delta E(\text{分}) =$	5	ΔE を相殺する換算像面(分)	-0.6	ΔE を相殺する換算像面(分)	-7.0
$\Delta C_E =$	0.01	$\Delta C_E =$	-0.3	$\Delta M_E =$	-8.4
$\Delta C_E =$	5	$\Delta C_E =$	-0.6	$\Delta M_E =$	-70
$\Delta C_E =$	5	$\Delta C_E =$	-0.6	$\Delta M_E =$	-41.6
$\Delta C_E =$	5	$\Delta C_E =$	-0.6	$\Delta M_E =$	-33.2

G5/6		輪上ゴム取扱		周辺シリジオナル導面	
$h =$	2.8	$W_{\text{端}} =$	$W_{\text{端}} =$	$W_{\text{端}} =$	$W_{\text{端}} =$
$\Delta E (\text{mm}) =$	0.01	$\Delta CE =$	0.0002450	$\Delta ME =$	-0.0016523
$\Delta \varepsilon (\text{分}) =$	5	$\Delta C =$	0.0000541	$\Delta M =$	-0.0003249
$\Delta E \text{を相殺する傾き芯 } \beta (\text{分})$		$\Delta E \text{を相殺する傾き芯 } \beta (\text{分})$	-2.6	$\Delta E \text{を相殺する傾き芯 } \beta (\text{分})$	-5.8
$\alpha C(\beta) =$		$\#NUM!$	-12.1	$\alpha M(\beta) =$	-28.0
					74.9

G7		船上コマ吹き		馬鹿アリジナル像面	
$h =$	4.6	$W_{端} =$	$T_{端} =$	$W_{端} =$	$T_{端} =$
$\Delta h(\text{mm}) =$	5	$\Delta C_E =$	0.001860	0.000672	0.017101
$\Delta \epsilon (\text{分}) =$		$\Delta C_C =$	0.002467	0.001050	0.016963
ΔE を相殺するべき面積(分)			-3.8	$\Delta M_E =$	0.015907
$\Delta C(\text{度}) =$			-30.3	$\Delta M_C =$	0.016873
$\Delta M_E =$			-25.4	ΔE を相殺するべき面積(分)	-5.3
$\Delta M_C =$					-5.1
$\Delta M_E =$					-42.9

G8		船上コマ取扱	周辺メリシオナル裏面
$h =$	2.9	$W_{端} =$	$W_{端} =$
$\Delta E (mm) =$	0.01	-0.001500	-0.012326
$\Delta \varepsilon (分) =$	5	$\Delta M =$	-0.012173
$\Delta E \text{を相殺する傾き面芯 (分) } =$		$\Delta M =$	-0.006693
$\Delta C (度) =$		$\Delta E \text{を相殺する傾き面芯 (分) } =$	-0.006401
		$\Delta M =$	-9.5
		$\Delta M (度) =$	-9.2
			-53.3
			-51.0

69/10		機上コマ収差	周辺メトリオナル像面
$h =$	3.7	$W_{\text{周}}$	$W_{\text{周}}$
$\Delta E(\text{mm}) =$		$-\Delta ME =$	$-\Delta ME =$
$\Delta \varepsilon (\text{分}) =$	5	$-\Delta ME =$	$-\Delta ME =$
$\Delta E \text{を相殺する像面像差 (分)}$		$\Delta E \text{を相殺する像面像差 (分)}$	$\Delta E \text{を相殺する像面像差 (分)}$
$\Delta C(\text{度}) =$		$\alpha M(\text{度}) =$	$\#NUM!$

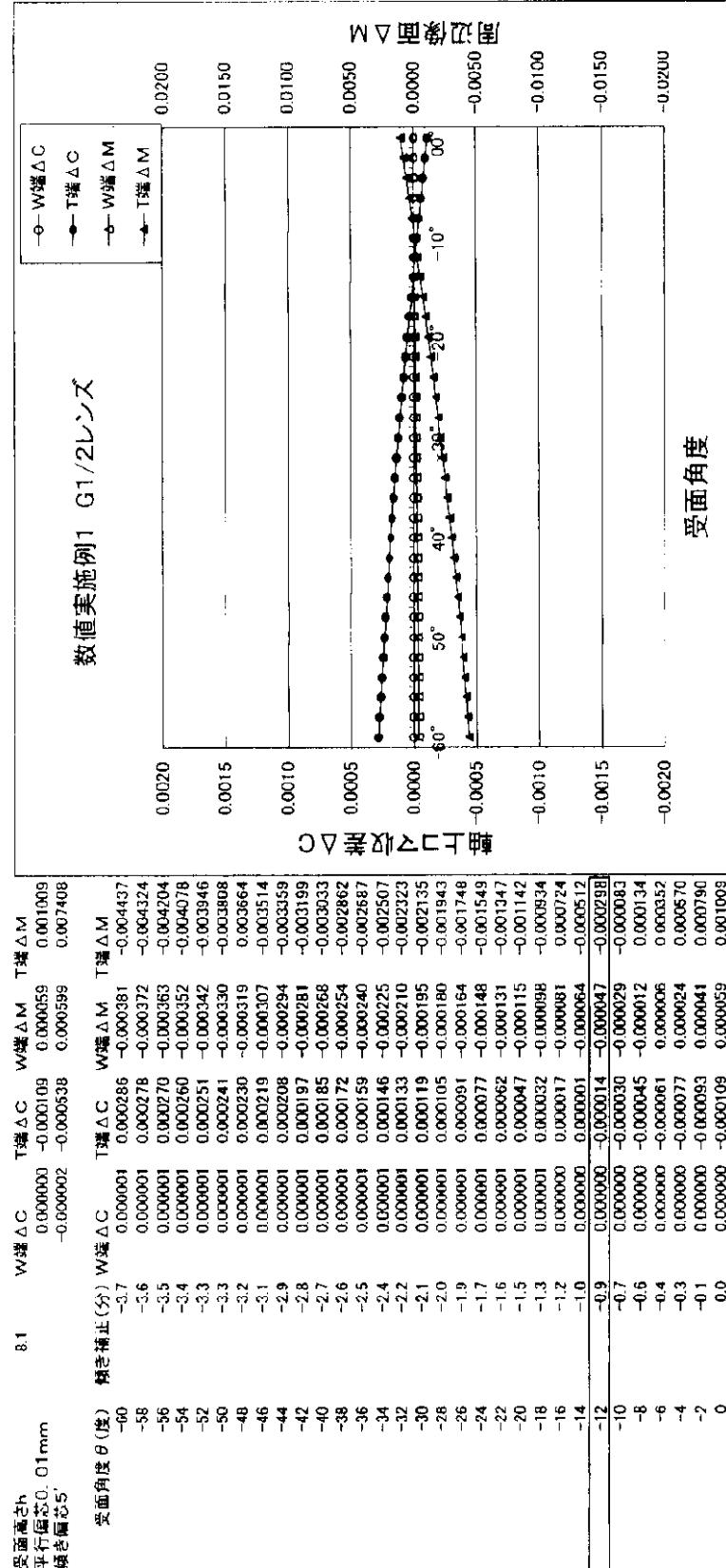
【 0 0 9 7 】

表4は、数値実施例1の接合レンズG1/2が0.01mm平行偏芯したときの受面角度_M、_Cと偏芯収差（軸上コマ収差_Cおよび周辺メリジオナル像面変化_M）の関係を、受面角度を-60°から0°まで変化させて示している。接合レンズG1/2の偏芯収差変動は、T端での軸上コマ収差とT端でのメリジオナル像面変化が同程度である。そこで、この2つの偏芯収差に着目する。

[0 0 9 8]

【表4】

数値実施例1 G1/2レンズ



【0099】

表3に示すように、T端でのCについて自己偏芯調整作用を最適状態にするための受面角度 c の計算値は、T端 $c = -13.8^\circ$ であり、 c の設定範囲は、 0° よりも大きく2倍の $|c|$ よりも小さい範囲、すなわち、

$0^\circ \mid \mid \mid -27.6^\circ \mid$

10

20

30

40

50

が適切である。

【0100】

表4に示す接合レンズG1/2の受面角度に対するT端0°から|-13°|に近づくにしたがってT端コマ収差を超えるとCが増加し始め、|-27.7°|を超えるとが増えて自己偏芯調整作用の効果がなくなることが分かる。

Cの関係をみると、| |がCが減少し、|-13°|を=0°の状態よりもCの値

【0101】

T端Mについても同様に、表3に示すT端 $M = -9.2^\circ$ でのMが最も小さく、Mに対して自己偏芯調整作用の効果がある範囲は、 $0^\circ | | | -18.4^\circ |$ の範囲である。

10

【0102】

表4より、受面角度=12°の設定がT端CとT端Mのバランスがよいことが分かる。

【0103】

数値実施例1のG3は球面研磨レンズであり、射出面側エッジ部が突き当たる1群保持鏡筒H1の受面角度は=8°に設定されている。

【0104】

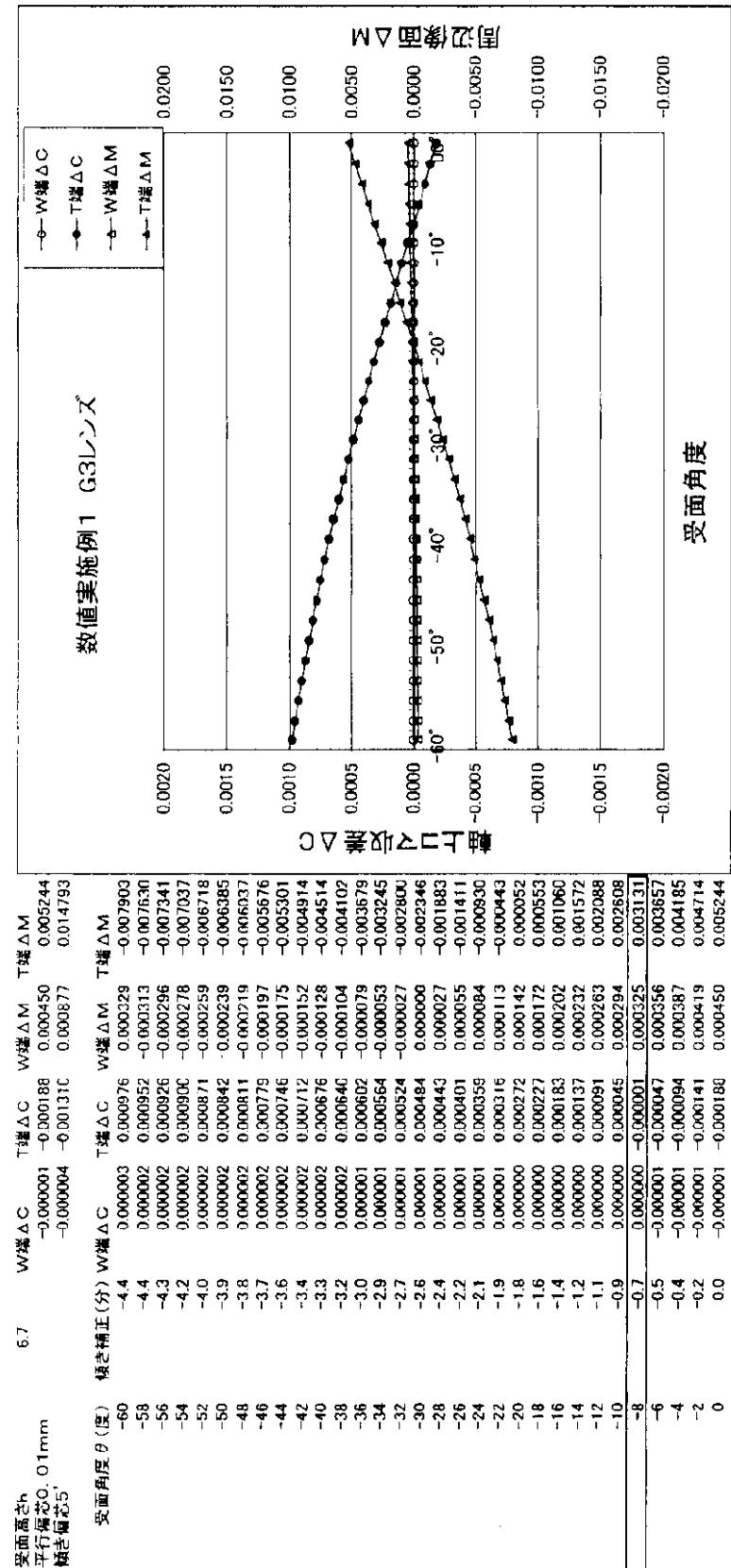
表5では、レンズG3の偏芯に関して着目する偏芯収差を、T端軸上コマCとT端メリジオナル像面Mとし、T端Cを重視した設定とした例を示している。

【0105】

【表5】

20

数値実施例1 G3レンズ



【0106】

T端 Cについて自己偏芯調整作用の効果がある範囲は、0° | - | - | - 16°
 であり、T端 Mについて自己偏芯調整作用の効果がある範囲は、0° | - | - | - 40° | である。

【0107】

表5に示すレンズG3の受面角度と偏芯収差との関係をみると、受面角度 = 8°に設定すると、T端 Cに対して自己偏芯調整作用が働いていることが確認できる。

【0108】

また、T端 CとT端 Mの両方を考慮すると、 = 12°近辺が良い。ここで、本数値実施例1におけるレンズG3の射出面(光学面)の延長部である突き当てエッジ部は、12°になっている。

【0109】

この場合、レンズ光学面の延長部を受面とするレンズ保持方法を採用しても自己偏芯調整作用が働くことが確認できる。本発明の自己偏芯調整作用を検討することで、レンズ光学面の延長部を受面とする「面受け」を適切な場所に効果的に採用することが可能になる。

10

【0110】

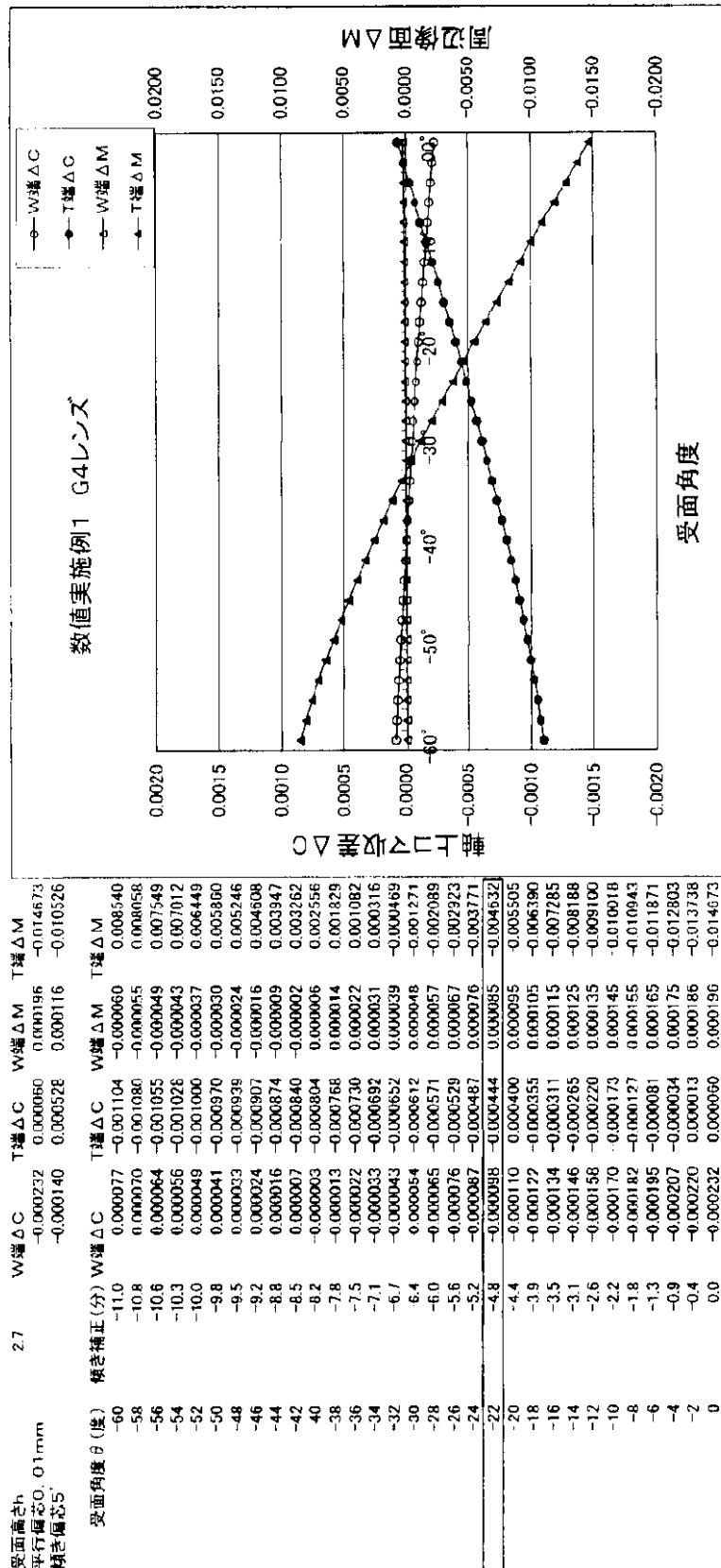
数値実施例1のレンズG4は球面研磨レンズであり、射出面側を突き当て面とし、芯取り加工で受面角度 = 22°に設定されている。

【0111】

表6では、レンズG4の偏芯に関して着目する偏芯収差を、T端メリジオナル像面 Mとしている。

【0112】

【表6】



【 0 1 1 3 】

T端 Mについて自己偏芯調整作用の効果がある 範囲は、0° | | | - 60°である。

[0 1 1 4]

この表より、レンズG 4 のT端メリジオナル像面Mを最適に相殺する受面角度は、

$| - 33^\circ$ | 程度である。但し、 $= 33^\circ$ に設定すると、T 端 C が増大してしまう。このため、T 端 C とのバランスを重視した設定をすると、 $= | - 22^\circ$ | が適正なバランスであることが分かる。

【0115】

数値実施例 1 のレンズ G 5 は非球面モールドレンズであり、射出面側を突き当て面とし、芯取り加工で受面角度 $= 4^\circ$ に設定されている。

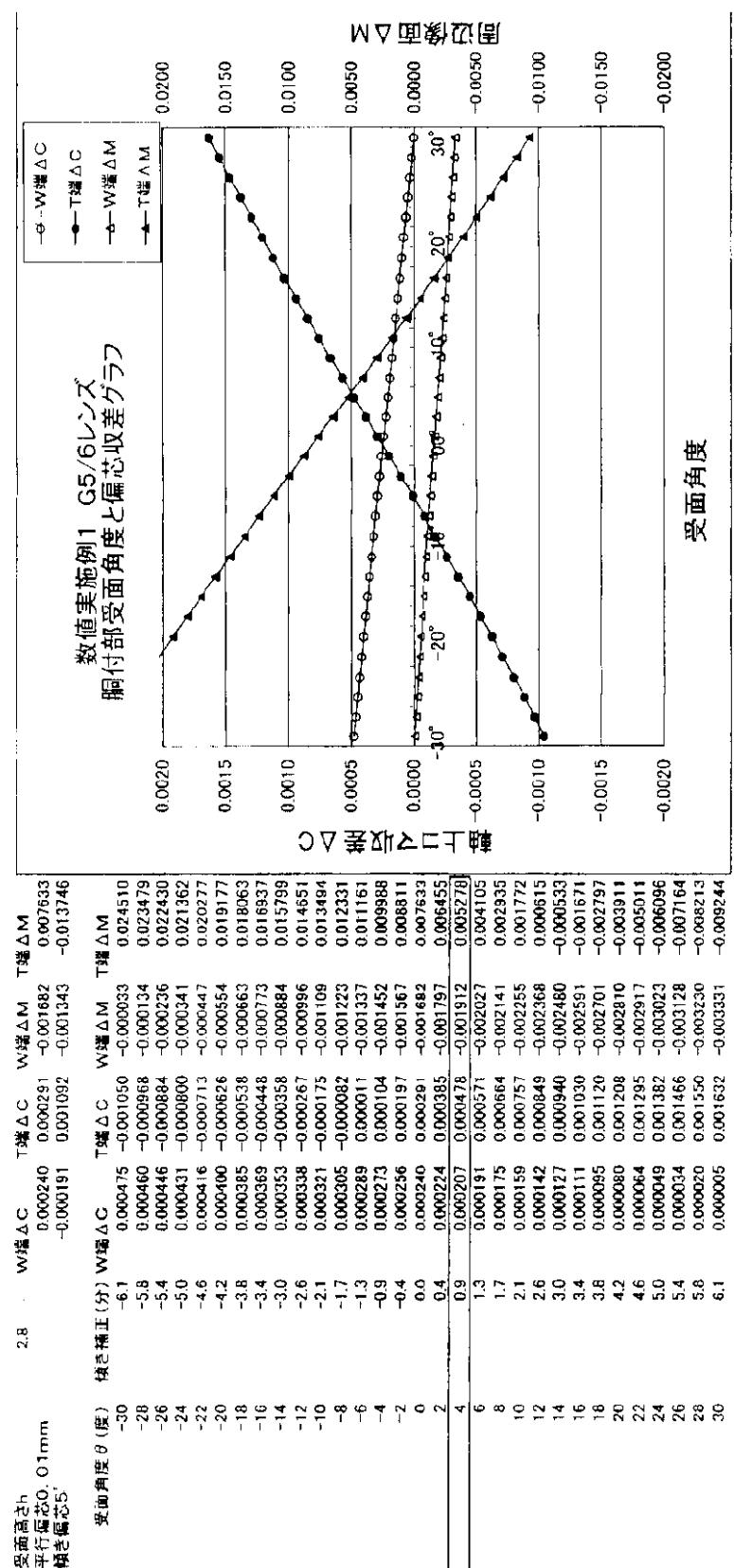
【0116】

表 7 では、接合レンズ G 5 / 6 の偏芯に関して着目する偏芯収差を、T 端軸上コマ C と T 端メリジオナル像面 M とし、T 端 C と T 端 M のバランスを重視した設定とした例を示している。

【0117】

【表 7】

数値実施例1 G5/6レンズ



10

20

30

40

【0118】

T端 Cについて自己偏芯調整作用の効果がある 範囲は、0° | - | - | - 24°
| であり、T端 Mについて自己偏芯調整作用の効果がある 範囲は、0° | - | - |
60° | である。

【0119】

T端 Cを自己偏芯調整させる の方向と、T端 Mを自己偏芯調整させる の方向とが 50

逆向きのため、T端 CとT端 Mのバランスを考慮して、受面角度を設定している。W端 Cは傾き偏芯に対する敏感度が低く、表2に示す γ_c は 90° を超えるため計算不能となっている。

【0120】

W端 Cは傾き偏芯に対する敏感度が低く、光学性能へ与える影響は少ないのでここでは無視する。

【0121】

数値実施例1のレンズG7は非球面モールドレンズであり、射出面側を突き当て面とし、光学面から突き当て面まで一体の型成形で加工されて、受面角度は $\gamma = 34^\circ$ に設定されている。

10

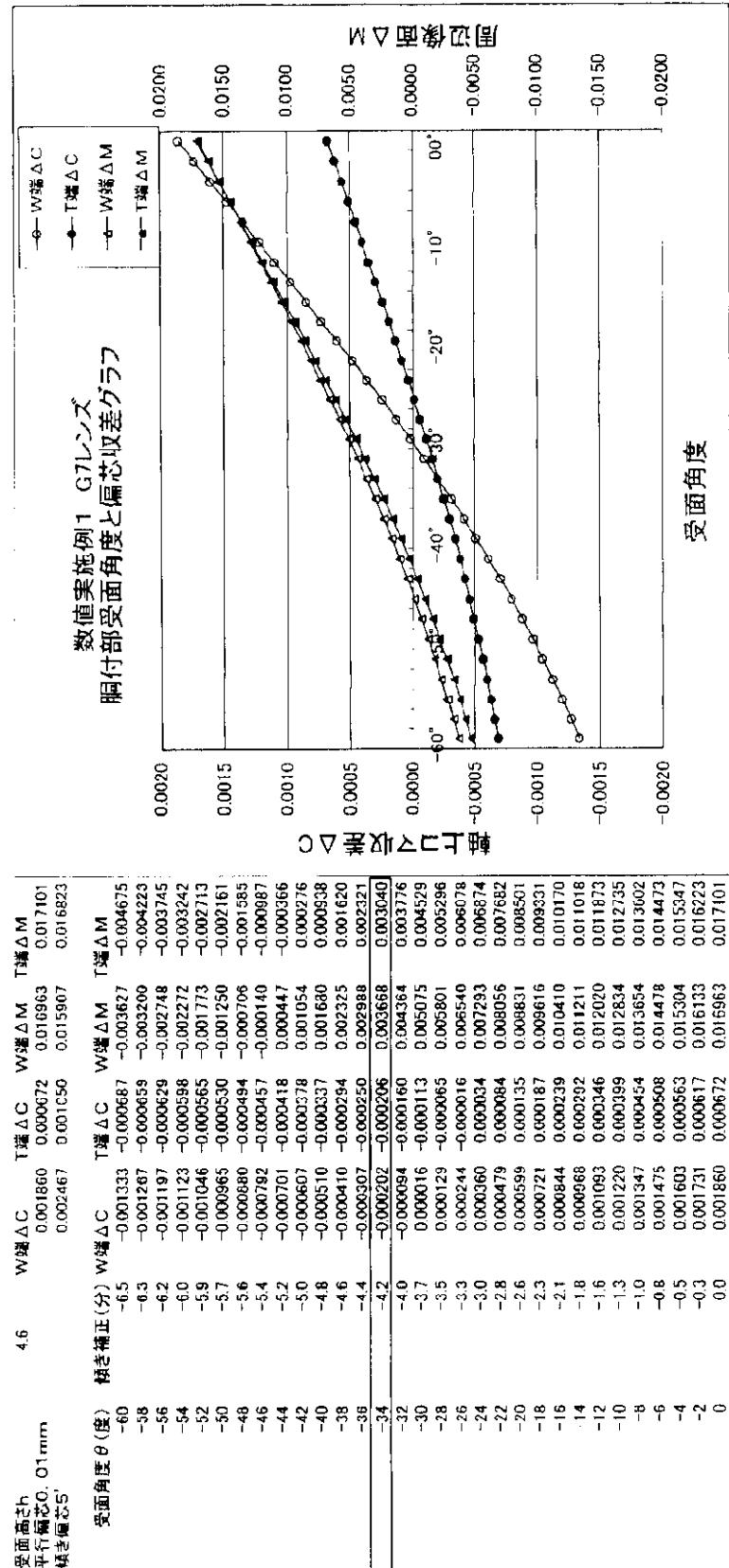
【0122】

表8では、レンズG7の偏芯に関して着目する偏芯収差はW端軸上コマ Cである。

【0123】

【表8】

数値実施例1 G7レンズ



【0124】

W端軸上コマ Cについて自己偏芯調整作用の効果がある 範囲は、0° | | | | -60° | である。

【0125】

受面角度 = 34°に設定すると、他の偏芯収差も良好なバランスで自己偏芯調整されることが表8から分かる。

【0126】

数値実施例1のレンズG8は球面研磨レンズで、射出面側を突き当て面とし、芯取り加工で受面角度 = 30°に設定している。

【0127】

表9では、レンズG8の偏芯に関して着目する偏芯収差はW端軸上コマ Cである。

【0128】

W端軸上コマ Cについて自己偏芯調整作用の効果がある 範囲は、0° | | | - 60° | である。

【0129】

レンズG8の偏芯収差を最適に相殺するのは | - 56° | 程度であるが、が30° 10を超えると芯取りによる受面加工が困難となるため、本実施例では30°に設定している。

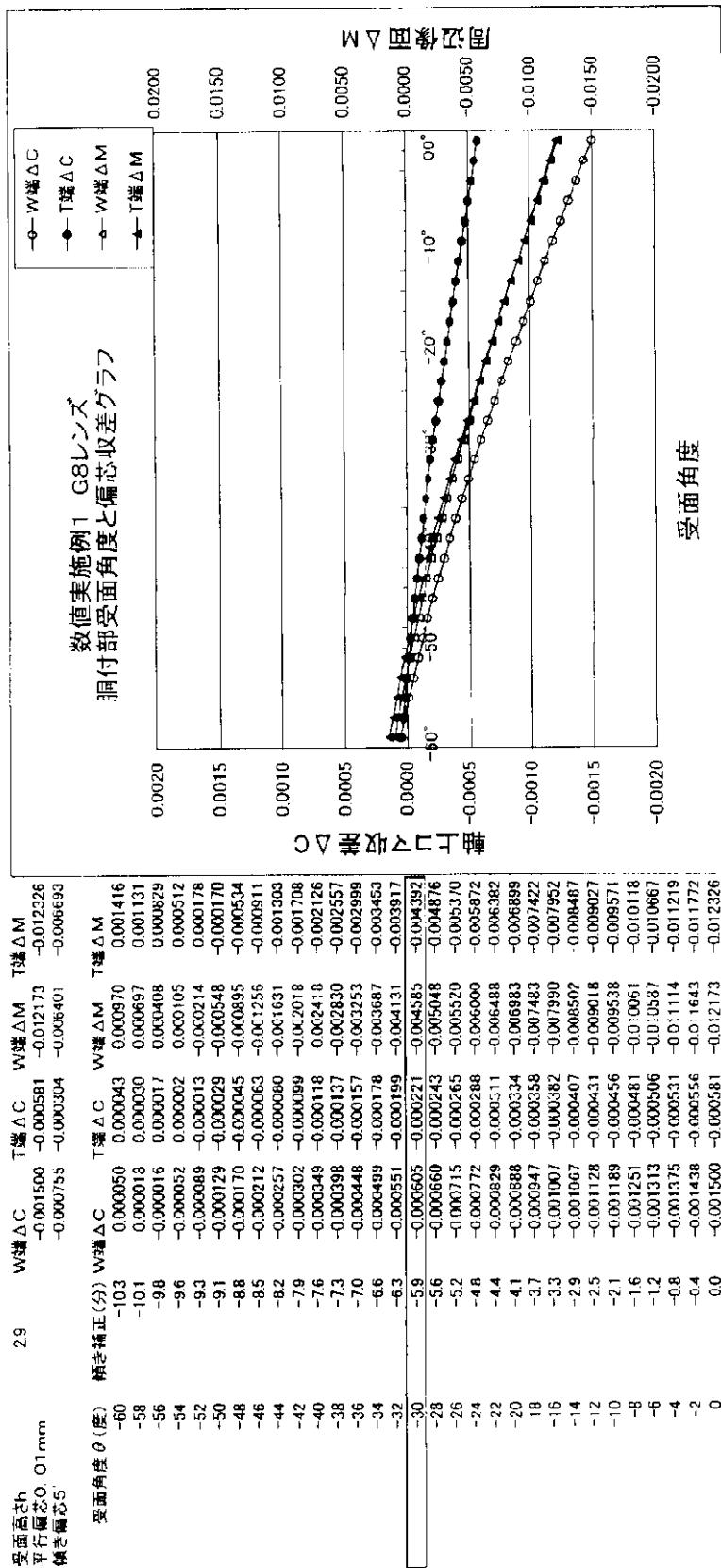
【0130】

= 30°に設定することで、従来よりも自己偏芯調整で残存収差が半分以下に抑えられることが表9から分かる。

【0131】

【表9】

数値実施例1 G8レンズ



【0132】

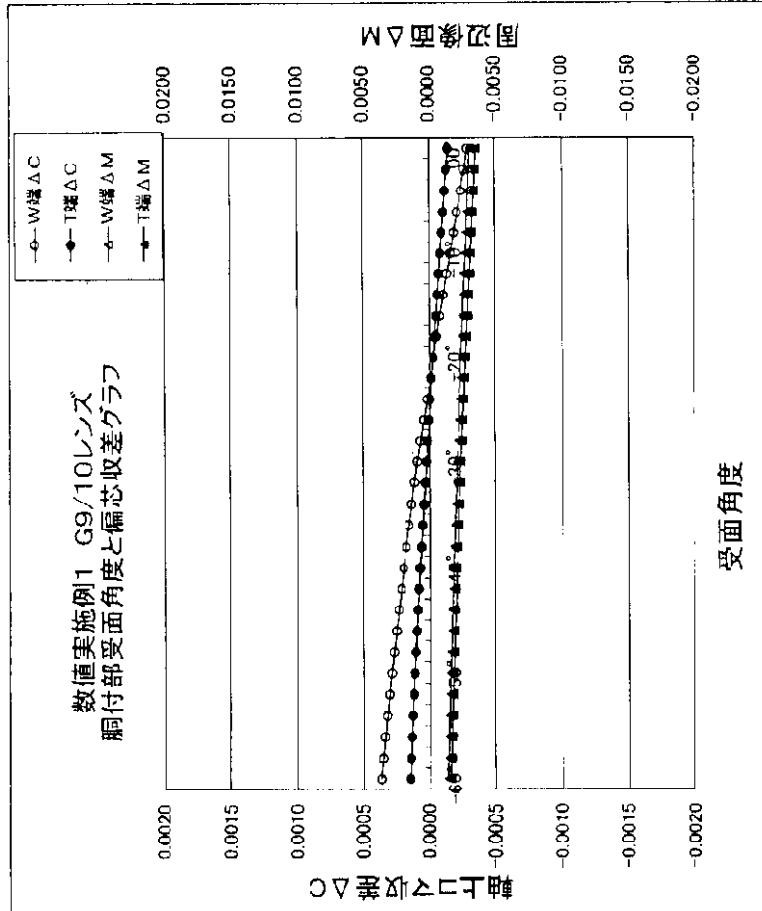
数値実施例1のレンズG10は球面研磨レンズであり、入射面側を突き当て面とし、芯取り加工で受面角度 $= 20^\circ$ に設定されている。表10では、接合レンズG9/10の偏芯に関して着目する偏芯収差はW端軸上コマ Cである。

【0133】

【表10】

数値実施例1 G9/10レンズ

受面角度θ (度)	傾き補正(分)	W端△C	T端△C	W端△M	T端△M
-60	-8.0	0.000363	0.000139	-0.001410	-0.001615
-58	-7.9	0.000349	0.000133	-0.001446	-0.001656
-56	-7.7	0.000335	0.000127	-0.001483	-0.001700
-54	-7.5	0.000319	0.000120	-0.001523	-0.001745
-52	-7.3	0.000303	0.000113	-0.001565	-0.001793
-50	-7.1	0.000287	0.000106	-0.001609	-0.001844
-48	-6.9	0.000276	0.000098	-0.001655	-0.001895
-46	-6.7	0.000251	0.000091	-0.001702	-0.001951
-44	-6.5	0.000232	0.000082	-0.001752	-0.002007
-42	-6.2	0.000213	0.000074	-0.001803	-0.002055
-40	-6.0	0.000193	0.000065	-0.001855	-0.002106
-38	-5.7	0.000172	0.000056	-0.001909	-0.002156
-36	-5.5	0.000151	0.000047	-0.001965	-0.002205
-34	-5.2	0.000129	0.000038	-0.002027	-0.002317
-32	-4.9	0.000107	0.000028	-0.002080	-0.002384
-30	-4.6	0.000084	0.000018	-0.002140	-0.002452
-28	-4.4	0.000061	0.000008	-0.002201	-0.002522
-26	-4.1	0.000037	-0.000002	-0.002263	-0.002593
-24	-3.8	0.000012	-0.000012	-0.002326	-0.002666
-22	-3.5	-0.000012	-0.000023	-0.002390	-0.002739
-20	-3.2	-0.000036	-0.000034	-0.002455	-0.002814
-18	-2.9	-0.000062	-0.000044	-0.002521	-0.002889
-16	-2.6	-0.000087	-0.000055	-0.002588	-0.002965
-14	-2.2	-0.000113	-0.000066	-0.002655	-0.003043
-12	-1.9	-0.000139	-0.000078	-0.002723	-0.003120
-10	-1.6	-0.000165	-0.000089	-0.002791	-0.003199
-8	-1.3	-0.000191	-0.000100	-0.002860	-0.003278
-6	-1.0	-0.000217	-0.000112	-0.002929	-0.003357
-4	-0.6	-0.000244	-0.000123	-0.002999	-0.003436
-2	-0.3	-0.000270	-0.000135	-0.003068	-0.003516
0	0.0	-0.000297	-0.000146	-0.003138	-0.003596



【 0 1 3 4 】

W端軸上コマ C について自己偏芯調整作用の効果がある 範囲は、0° | -46° | である。接合レンズ G9/10 は傾き偏芯によるメリジオナル像面 M の変化が少なく、傾き偏芯を与えてても、M を補正できないことを意味している。表 3 に示す M の計算値は 90° を超えているため計算不能となっている。このようなレンズに対しては M を無視して C のみに対して受面角度 を設定する。

【 0 1 3 5 】

なお、上記実施形態では、全てのレンズに関して突き当面又は受け面の形状を、自己偏芯調整作用を生じさせる形状にした場合について説明したが、光学系の一部の光学素子についてのみ自己偏芯調整作用を生じさせる突き当面又は受け面形状を採用するようにしてもよい。

【 0 1 3 6 】

また、上記実施形態では、突き当面又は受け面の形状をテーパー面とした場合について説明したが、曲面又は球面としてもよい。

【 0 1 3 7 】

また、本発明の光学素子、保持鏡筒および光学系は、フィルムカメラ、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、双眼鏡その他の光学機器に広く用いることができる。 10

【 0 1 3 8 】**【発明の効果】**

以上説明したように、本発明によれば、保持鏡筒の内径部と光学素子の外径部との嵌合径差により光学素子に平行偏芯が発生した場合に、この平行偏芯によって発生する偏芯収差を減少させる（相殺する）方向に、光学素子の平行偏芯量に応じた適切な量の傾き偏芯が生じるよう、光学素子における保持鏡筒に対する挿入方向での突き当面部や保持鏡筒における光学素子の突き当面を受ける受け面部の形状を設定しているので、光学素子が平行偏芯しても、その量に応じた傾き偏芯が光学素子に自動的に発生して偏芯収差は良好な状態に自己調整される（自己偏芯調整作用）。したがって、実際には光学素子が偏芯していても、光学的な偏芯収差は良好な状態に保つことができる。 20

【 0 1 3 9 】

量産性が高い「投込み式」の組立て方式を採用して、従来よりも偏芯収差誤差が少ない高精度な光学系を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態（数値実施例1）の光学系の構成を示す断面図である。

【図2】従来の光学系の構成を示す断面図である。

【図3】上記実施形態における自己偏芯調整作用の平行偏芯成分を傾き偏芯成分で補正する原理を視覚的に説明するための光路断面図と像面近傍の光集光状態拡大図である。 30

【図4】上記実施形態における自己偏芯調整作用の条件を説明するための模式図である。

【符号の説明】

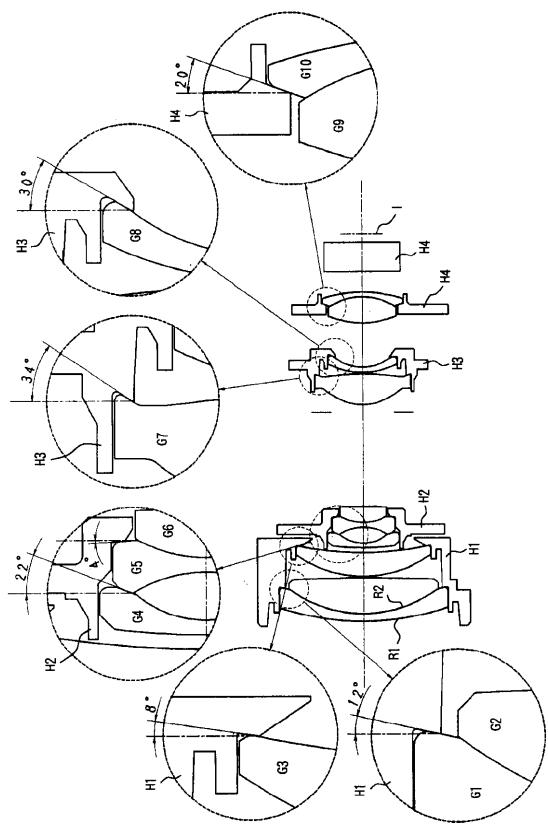
G 1 ~ G 1 0 レンズ

H 1 ~ H 4 保持鏡筒

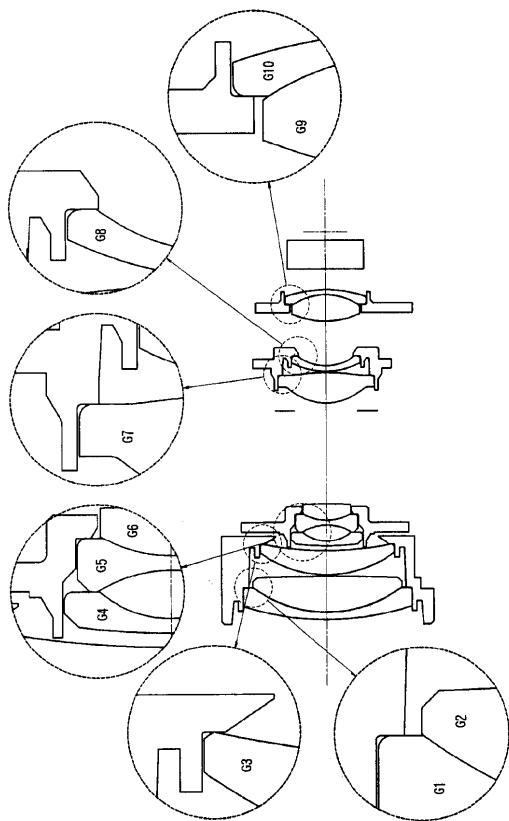
F ローパスフィルター

I 像面

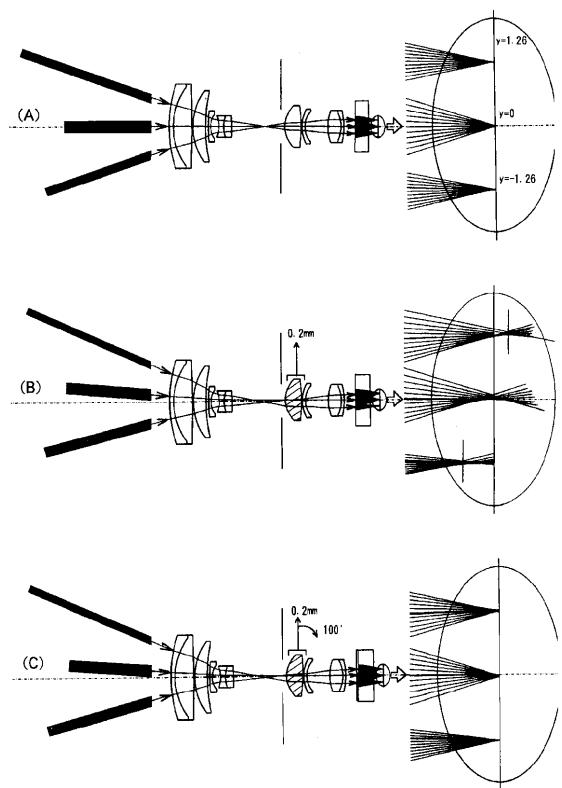
【図1】



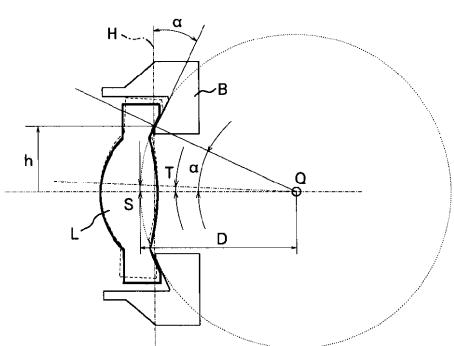
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平02-293706(JP,A)
特開平07-104161(JP,A)
特開昭62-279301(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 7/02

G02B 13/18

G02B 15/20