

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 6 部門第 2 区分
 【発行日】平成 17 年 6 月 16 日 (2005.6.16)

【公開番号】特開 2001-337268 (P2001-337268A)
 【公開日】平成 13 年 12 月 7 日 (2001.12.7)
 【出願番号】特願 2000-242231 (P2000-242231)
 【国際特許分類第 7 版】
 G 0 2 B 13/04
 G 0 2 B 13/18
 【F I】
 G 0 2 B 13/04 D
 G 0 2 B 13/18

【手続補正書】
 【提出日】平成 16 年 9 月 17 日 (2004.9.17)
 【手続補正 1】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】全文
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【書類名】 明細書
 【発明の名称】 広角レンズ
 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側より順に配置された第 1 レンズ、第 2 レンズおよび第 3 レンズを有し、前記第 1 レンズは凹非球面レンズであり、前記第 2 および第 3 レンズは凸非球面レンズであり、前記第 1 ないし第 3 レンズの各焦点距離を f_1 、 f_2 、 f_3 、アッペ数を d_1 、 d_2 、 d_3 とし、前記第 2 および第 3 レンズの合成焦点距離を f_{23} とすると、以下の (1) ないし (3) の条件式を満足することを特徴とする広角レンズ。

【数 1】

$$0.5 < \frac{f_2}{f_3} < 3.0 \quad (1)$$

【数 2】

$$\frac{v_{d1}}{v_{d2}} > 1.5 \quad (2)$$

【数 3】

$$0.5 < \left| \frac{f_1}{f_{23}} \right| < 3.0 \quad (3)$$

【請求項 2】 請求項 1 において、全レンズ系の水平画角が 100 度以上であり、当該全レンズ系の焦点距離を f_0 、第 1 レンズの物体側第 1 面の曲率半径を R_1 とすると、次の条件式 (4) を満足することを特徴とする広角レンズ。

【数 4】

$$\left| \frac{R_1}{f_0} \right| > 15 \quad (4)$$

【請求項 3】 請求項 1 において、全レンズ系の水平画角が 100 度未満であり、当該全レンズ系の焦点距離を f_0 、第 1 レンズの物体側第 1 面の曲率半径を R_1 とすると、次の条件式 (5) を満足することを特徴とする広角レンズ。

【数 5】

$$\left| \frac{R_1}{f_0} \right| > 3 \quad (5)$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、CCD や CMOS 等の受光素子を用いた車載用カメラ、監視用カメラ、携帯電話搭載カメラ等に用いられる小型で軽量の後側焦点距離の長い広角レンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

最近、自動車等の後方確認や、携帯電話等に用いられる小型で高性能な画像取り込み角度が水平方向で 100 度を超すような超広角レンズが求められている。ここで、これらの広角レンズを用いる小型カメラの受光素子にはほとんど CCD や CMOS が用いられており、これらの受光素子の特徴として、各画素に取り込める光線角度に制約がある。この性能を無視するような光学系が組み込まれたカメラでは周辺光量が急激に減少し、いわゆる周辺部の暗いカメラになってしまう。

【0003】

このような現象を補正するために、例えば、特開平 05 - 137062 号公報に見られるような電氣的な補正回路（シェーディング補正回路）を組み込む方式が採用されている。しかし、この方式では回路基板が大型化し、小型・コンパクト化の要望に合致しないことがある。電氣的な補正以外としては、特開平 05 - 110047 号公報として受光素子と一対をなすマイクロレンズを配置し、素子面への受光角を拡大する方式も提案されている。しかし、この方式では大幅なコスト高になり、実用性に乏しい。

【0004】

このため、近頃においては、レンズ系において対応することが多く、所謂、射出瞳の長い広角レンズが用いられることが一般化しており、多数枚の球面ガラスレンズを用いて、広角でありながら高性能で射出瞳の長いレンズを実現している。また、小型・軽量化を目的とした特開平 06 - 067091 号公報のような 2 枚の非球面レンズからなる小型レンズも提案されている。この小型レンズは、一般に、物体側より順に配列された凹非球面レンズおよび凸非球面レンズから構成されている。さらには、当該凹非球面レンズおよび凸非球面レンズの間に色補正のための接合レンズを介在させた特開平 05 - 173067 号公報の 3 枚のレンズから構成したものも提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、多数枚の球面ガラスレンズを用いて、広角でありながら高性能で射出瞳の長いレンズを実現するレンズ光学系は、レンズコストが極めて高くなり、またレンズが大型化してしまい、実用的でない。

【0006】

また、小型・軽量化を目的とした 2 枚の非球面レンズからなる小型レンズでは、長い射出瞳を得ることができないばかりか、倍率の色収差を押さえることが難しく、このために

、用途に限界がある。

【 0 0 0 7 】

さらに、色補正のための接合レンズを含む 3 枚のレンズから構成されたものにおいては、長い射出瞳を得ることができないという欠点がある。

【 0 0 0 8 】

このように、従来の広角レンズとしては、多数枚の球面レンズを用いて構成される高コストタイプのものと、2 枚の非球面レンズからなる低コストタイプのもの、および色補正のための接合レンズを含む 3 枚のレンズからなるタイプのもの等が提案されている。しかし、いずれのタイプの広角レンズも、小型・軽量であり、低コストであり、倍率の色収差を抑えることができ、長い射出瞳を得ることができるという要求を同時に満たすことが極めて困難である。

【 0 0 0 9 】

そこで、本発明の課題は、小型・軽量で、低コストであり、倍率の色収差補正が可能であり、しかも射出瞳の長い超広角レンズを提案することにある。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、本発明の超広角レンズは、物体側より順に配置された第 1 レンズ、第 2 レンズおよび第 3 レンズを有し、前記第 1 レンズは凹非球面レンズとされ、前記第 2 および第 3 レンズは凸非球面レンズとされている。また、物体側に近い第 2 レンズのアッペ数を、結像側に配置されている第 3 レンズのアッペ数よりも小さくしてある。これにより、本来補正が難しい倍率の色収差の補正を行ない得るようにすると同時に、射出瞳の長い超広角レンズを実現可能としている。

【 0 0 1 1 】

すなわち、本発明の超広角レンズでは、前記第 1 ないし第 3 レンズの各焦点距離を f_1 、 f_2 、 f_3 、アッペ数を d_1 、 d_2 、 d_3 とし、前記第 2 および第 3 レンズの合成焦点距離を f_{23} とすると、以下の (1) ないし (3) の条件式を満足することを特徴としている。

【 0 0 1 2 】

【数 6】

$$0.5 < \frac{f_2}{f_3} < 3.0 \quad (1)$$

【 0 0 1 3 】

【数 7】

$$\frac{\nu_{d1}}{\nu_{d2}} > 1.5 \quad (2)$$

【 0 0 1 4 】

【数 8】

$$0.5 < \left| \frac{f_1}{f_{23}} \right| < 3.0 \quad (3)$$

【 0 0 1 5 】

ここで条件式 (1) は倍率の色収差および射出瞳を制限するものである。上限値 3 . 0 を超えると倍率の色収差のうち、短波長の倍率が一方向へ増加し、画面周辺部での青色の色ずれが発生すると共に、軸外のサジタル像が + 方向に増大し、画面の周辺部で非点収差が発生する。また、下限値 0 . 5 を下回ると、射出瞳の距離が短くなり、軸外光の C C D

素子への入射角が増大し、この結果、周辺光量の減少を招くことになると共に、後側焦点距離が短くなり、本来の目的を達成できない。また、軸外の短波長像面が一方向に増大し、結像性能を阻害し、高性能な画像を得ることができない。

【 0 0 1 6 】

条件式 (2) は色収差の補正に関するものである。この条件を満たさない範囲では、倍率の色収差のうち、短波長の軸外色収差が増大し、その結果、周辺部に青色の色ずれが発生し、本来の性能を満たすことができない。特に、軸上の色収差および軸外の色収差は短波長に関して相反方向にあるので、設計上十分な注意が必要である。

【 0 0 1 7 】

条件式 (3) は後側焦点距離の制約と光学特性を制限するものである。上限値 3 . 0 を超えると、後側焦点距離が小さくなり、また、長い後側焦点距離を持った短焦点レンズを作ることができないと共に、像面の湾曲が増大するばかりでなく、当初の目的である画像取り込み角度の大幅な減少を招くことになる。次に、下限値 0 . 5 を下回ると、後側焦点距離は長くできるが、光学系全体の小型化を達成することができない。また、軸外の非点収差が増大し、結像性能を劣化させることになると共に、各レンズの曲率半径が極端に小さくなり、加工上の制約もあって安定的な性能を保つことができない。

【 0 0 1 8 】

ここで、レンズ系全体の大きさに関する問題として次に示すような条件を満たすことが重要である。即ち、全レンズ系の水平画角が 1 0 0 度以上の超広角レンズの場合には、当該全レンズ系の焦点距離を f_0 、第 1 レンズの物体側第 1 面の曲率半径を R_1 とすると、条件式 (4) を満たすことが望ましい。 R_1 / f_0 が正の範囲で 1 5 より小さくなると、コマ収差の補正が困難になるばかりでなく、 R_2 が小さくなりすぎて加工性の悪いレンズとなる。また、 R_1 / f_0 が負の範囲で - 1 5 より大きくなると、ディストーションが増大し、非点収差およびコマ収差の補正が困難になり、安定した性能を得ることができない。

【 0 0 1 9 】

【 数 9 】

$$\left| \frac{R_1}{f_0} \right| > 15 \quad (4)$$

【 0 0 2 0 】

これに対して、全レンズ系の水平画角が 1 0 0 度未満の広角レンズの場合には、同様な理由から、条件式 (4) の代わりに、条件式 (5) を満たすことが望ましい。

【 0 0 2 1 】

【 数 1 0 】

$$\left| \frac{R_1}{f_0} \right| > 3 \quad (5)$$

【 0 0 2 2 】

上記のように構成した本発明の広角レンズによれば、CCD 等への入射角度を小さく抑えることができると共に、プラスチックレンズやガラスモールドレンズ等の非球面レンズを使用して小型・軽量で廉価な広角レンズを提供できる。

【 0 0 2 3 】

【 発明の実施の形態 】

以下に、図面を参照して、本発明を適用した広角レンズの実施例を説明する。

【 0 0 2 4 】

各実施例の説明に先立って、図 1 を参照して、本発明による広角レンズの典型的な構成

を説明する。この図に示す広角レンズは後述の実施例 3 におけるものであり、当該広角レンズ 1 は、物体側から順に配列した第 1 レンズである凹非球面レンズ 1 と、第 2 レンズである凸非球面レンズ 2 と、第 3 レンズである凸非球面レンズ 4 とを有し、凸非球面レンズ 2、4 の間には絞り 3 が配置されている。また、非球面レンズ 4 と結像面 7 (受光素子の受光面) との間には、ローパスフィルタ 5 およびカバーガラス 6 が配列されている。これらローパスフィルタ 5 およびカバーガラス 6 は省略することも可能である。

【0025】

ここで、各光学素子 1 ないし 6 において、それらの表面の曲率半径を物体側から R_1 ないし R_n 、面間距離を d_1 ないし d_n とし、屈折率を N_{d1} ないし N_{dn} とし、アッペ数を d_1 ないし d_n とする。また、非球面形状は光軸方向の軸を X 、光軸と垂直方向の高さを H 、円錐係数を K 、非球面係数を A 、 B 、 C 、 D とするとき、次の式 (6) により表わされる。

【0026】

【数 11】

$$X = \frac{\left(\frac{I}{R}\right)H^2}{1 + \sqrt{1 - (K + I)\left(\frac{H}{R}\right)^2}} + AH^4 + BH^6 + CH^8 + DH^{10} \quad (6)$$

【0027】

【実施例 1】

実施例 1 に係るレンズ系のデータを表 1 に示し、各焦点距離は $F_0 = 1.65 \text{ mm}$ 、 $f_1 = -3.7 \text{ mm}$ 、 $f_2 = 4.73 \text{ mm}$ 、 $f_3 = 2.91 \text{ mm}$ 、 $f_{23} = 4.15 \text{ mm}$ で、図 2 にはその収差図を示す。なお、前記条件式 1、2、3 および 4 について、 $f_2 / f_3 = 1.63$ 、 $d_3 / d_2 = 1.84$ 、 $|f_1 / f_{23}| = 0.9$ 、 $R_1 / F_0 = 303$ 、で条件式を満たしている。

【0028】

【表 1】

	R	d	N_d	ν_d
1	500	1.10	$N_{d1} = 1.54231$	$\nu_{d1} = 55.5$
2*	2	3.50		
3*	2.92	2.20	$N_{d2} = 1.58547$	$\nu_{d2} = 30.2$
4*	-39	0.60		
5(絞り)	∞	0.80		
6*	-5.585	2.20	$N_{d3} = 1.54231$	$\nu_{d3} = 55.5$
7*	-1.4	0.40		
8	∞	0.75	$N_{d4} = 1.51633$	$\nu_{d4} = 64.2$
9	∞	1.7136		

*印は非球面で、係数を下記に示す。

	K	A	B	C	D
2	-0.5234323	3.881023×10^{-2}	-1.427296×10^{-2}	3.956448×10^{-3}	-3.079264×10^{-4}
3	1.048872	2.554145×10^{-2}	-4.634693×10^{-3}	1.100626×10^{-3}	-2.462013×10^{-5}
4	591.2126	7.793068×10^{-2}	-1.146455×10^{-2}	0	0
6	24.59478	0	0	0	0
7	-0.8253663	1.083600×10^{-3}	-6.616000×10^{-4}	0	0

【 0 0 2 9 】

【 実施例 2 】

実施例 2 に係るレンズ系のデータを表 2 に示し、各焦点距離は $F_0 = 1.64 \text{ mm}$ 、 $f_1 = -3.51 \text{ mm}$ 、 $f_2 = 5.13 \text{ mm}$ 、 $f_3 = 3.03 \text{ mm}$ 、 $f_{23} = 4.13 \text{ mm}$ で、図 3 にはその収差図を示す。なお、前記条件式について、 $f_2 / f_3 = 1.7$ 、 $d_3 / d_2 = 1.84$ 、 $|f_1 / f_{23}| = 1.16$ 、 $R_1 / F_0 = 71$ 、で条件式を満たしている。

。

【 0 0 3 0 】

【 表 2 】

	R	d	N_d	ν_d
1	116.682	1.10	$N_{d1} = 1.54231$	$\nu_{d1} = 55.5$
2*	1.868	3.50		
3*	2.966	2.20	$N_{d2} = 1.58547$	$\nu_{d2} = 30.2$
4*	169.691	0.60		
5(絞り)	∞	0.80		
6*	-6.851	2.20	$N_{d3} = 1.54231$	$\nu_{d3} = 55.5$
7*	-1.475	0.20		
8	∞	1.22	$N_{d4} = 1.51633$	$\nu_{d4} = 64.2$
9	∞	0.20		
10	∞	0.75	$N_{d5} = 1.51633$	$\nu_{d5} = 64.2$
11	∞	1.1628		

*印は非球面で、係数を下記に示す。

	K	A	B	C	D
2	-1.037714	7.612673×10^{-2}	-1.659114×10^{-2}	4.869446×10^{-3}	-1.904584×10^{-4}
3	1.317505	3.067210×10^{-2}	-4.984756×10^{-3}	1.028008×10^{-3}	2.020334×10^{-3}
4	-1925.117	8.033037×10^{-2}	-1.061988×10^{-3}	0	0
6	37.46123	0	0	0	0
7	-0.7362529	1.083600×10^{-3}	-6.616000×10^{-4}	0	0

【0031】

【実施例3】

実施例3に係るレンズ系のデータを表3に示し、各焦点距離は $F_0 = 1.64 \text{ mm}$ 、 $f_1 = -3.48 \text{ mm}$ 、 $f_2 = 5.2 \text{ mm}$ 、 $f_3 = 3.06 \text{ mm}$ 、 $f_{23} = 4.14 \text{ mm}$ で、図4にはその収差図を示す。前記条件式については、 $f_2 / f_3 = 1.7$ 、 $d_3 / d_2 = 1.84$ 、 $|f_1 / f_{23}| = 0.84$ 、 $R_1 / F_0 = 130$ 、で条件式を満たしている。

【0032】

【表3】

	R	d	N_d	ν_d
1	214.28	1.10	$N_{d1} = 1.54231$	$\nu_{d1} = 55.5$
2*	1.869	3.50		
3*	3.050	2.20	$N_{d2} = 1.58547$	$\nu_{d2} = 30.2$
4*	-1200	0.60		
5(絞り)	∞	0.80		
6*	-5.410	2.20	$N_{d3} = 1.54231$	$\nu_{d3} = 55.5$
7*	-1.451	0.20		
8	∞	1.22	$N_{d4} = 1.51633$	$\nu_{d4} = 64.2$
9	∞	0.28		
10	∞	0.75	$N_{d5} = 1.51633$	$\nu_{d5} = 64.2$
11	∞	1.2251		

*印は非球面で、係数を下記に示す。

	K	A	B	C	D
2	-0.5309649	3.601074×10^{-2}	-1.265473×10^{-2}	4.202810×10^{-3}	-3.173390×10^{-4}
3	1.207358	3.030766×10^{-2}	-5.340225×10^{-3}	9.945664×10^{-4}	-2.860292×10^{-5}
4	-8.780607×10^{-7}	6.659095×10^{-2}	-1.262848×10^{-2}	-6.672635×10^{-3}	6.169402×10^{-3}
6	16.13427	-1.836287×10^{-2}	-1.882094×10^{-2}	-8.118063×10^{-3}	-3.983534×10^{-4}
7	-0.7254851	4.525161×10^{-3}	-1.371282×10^{-3}	-4.330927×10^{-4}	-2.381139×10^{-4}

【 0 0 3 3 】

【 実施例 4 】

実施例 4 に係るレンズ系のデータを表 4 に示し、各焦点距離は $F_0 = 2.0 \text{ mm}$ 、 $f_1 = -5.63 \text{ mm}$ 、 $f_2 = 6.6 \text{ mm}$ 、 $f_3 = 2.96 \text{ mm}$ 、 $f_{23} = 4.37 \text{ mm}$ で、図 5 にはその収差図を示す。前記条件式については、 $f_2 / f_3 = 2.23$ 、 $d_3 / d_2 = 1.84$ 、 $|f_1 / f_{23}| = 1.29$ 、 $R_1 / F_0 = 23$ 、で条件式を満たしている。

【 0 0 3 4 】

【 表 4 】

	R	d	N_d	ν_d
1	46.07	1.10	$N_{d1} = 1.54231$	$\nu_{d1} = 55.5$
2	2.84	3.50		
3	3.94	2.50	$N_{d2} = 1.58547$	$\nu_{d2} = 30.2$
4	-152.2	0.55		
5(絞り)	∞	1.05		
6	-8	2.80	$N_{d3} = 1.54231$	$\nu_{d3} = 55.5$
7	-1.5	0.20		
8	∞	1.22	$N_{d4} = 1.51633$	$\nu_{d4} = 64.2$
9	∞	0.22		
10	∞	0.75	$N_{d5} = 1.51633$	$\nu_{d5} = 64.2$
11	∞	1.1985		

*印は非球面で、係数を下記に示す。

	K	A	B	C	D
2	-0.5142046	2.614456×10^{-2}	-2.535323×10^{-3}	5.805746×10^{-5}	1.250613×10^{-4}
3	2.270090	2.606363×10^{-2}	-4.241843×10^{-3}	1.001692×10^{-3}	-7.044448×10^{-5}
4	-1.141541×10^6	4.834152×10^{-2}	6.318207×10^{-3}	-1.582583×10^{-2}	8.357867×10^{-3}
6	32.80244	-1.262196×10^{-2}	2.447169×10^{-3}	2.715999×10^{-3}	-1.373032×10^{-3}
7	-0.6554025	1.750197×10^{-2}	-1.277407×10^{-3}	-1.533983×10^{-4}	7.217902×10^{-5}

【 0 0 3 5 】

【 実施例 5 】

実施例 5 に係るレンズ系のデータを表 5 に示し、各焦点距離は $F_0 = 1.7 \text{ mm}$ 、 $f_1 = -3.7 \text{ mm}$ 、 $f_2 = 1.87 \text{ mm}$ 、 $f_3 = 3.07 \text{ mm}$ 、 $f_{23} = 4.15 \text{ mm}$ で、図 6 にはその収差図を示す。前記条件式については、 $f_2 / f_3 = 0.6$ 、 $d_3 / d_2 = 1.84$ 、 $|f_1 / f_{23}| = 0.88$ 、 $R_1 / F_0 = 58.7$ 、で条件式を満たしている。

【 0 0 3 6 】

【 表 5 】

	R	d	N_d	ν_d
1	100	1.10	$N_{d1} = 1.54231$	$\nu_{d1} = 55.5$
2*	1.957	3.50		
3*	3.04	2.20	$N_{d2} = 1.58547$	$\nu_{d2} = 30.2$
4*	-1253	0.60		
5(絞り)	∞	0.80		
6*	-5.32	2.20	$N_{d3} = 1.54231$	$\nu_{d3} = 55.5$
7*	-1.452	0.20		
8	∞	1.22	$N_{d4} = 1.51633$	$\nu_{d4} = 64.2$
9	∞	0.28		
10	∞	0.75	$N_{d5} = 1.51633$	$\nu_{d5} = 64.2$
11	∞	1.1901		

*印は非球面で、係数を下記に示す。

	K	A	B	C	D
2	-0.3610019	4.275623×10^{-2}	-9.581883×10^{-3}	4.321229×10^{-3}	-2.502362×10^{-4}
3	1.241369	3.104266×10^{-2}	-4.624460×10^{-3}	1.209011×10^{-3}	1.704253×10^{-3}
4	1.306174×10^6	8.283675×10^{-2}	-7.840166×10^{-3}	0	1.781203×10^{-4}
6	20.57041	0	0	0	0
7	-0.7009399	3.059120×10^{-3}	-1.061451×10^{-3}	-4.320538×10^{-5}	-5.779520×10^{-5}

【 0 0 3 7 】

【 実施例 6 】

実施例 6 に係るレンズ系のデータを表 6 に示し、各焦点距離は $F_0 = 2.0 \text{ mm}$ 、 $f_1 = -5.87 \text{ mm}$ 、 $f_2 = 6.6 \text{ mm}$ 、 $f_3 = 2.93 \text{ mm}$ 、 $f_{23} = 3.99 \text{ mm}$ で、図 7 にはその収差図を示す。前記条件式については、 $f_2 / f_3 = 2.1$ 、 $d_3 / d_2 = 1.7$ 、 $|f_1 / f_{23}| = 1.5$ 、 $R_1 / F_0 = 26.6$ 、で条件式を満たしている。

【 0 0 3 8 】

【 表 6 】

	R	d	N_d	ν_d
1	53.14	1.10	$N_{d1} = 1.54231$	$\nu_{d1} = 55.5$
2*	2.98	3.6433		
3*	3.652	3.00	$N_{d2} = 1.58547$	$\nu_{d2} = 30.2$
4*	44.12	0.35		
5(絞り)	∞	0.2737		
6*	-8	3.00	$N_{d3} = 1.54231$	$\nu_{d3} = 55.5$
7*	-1.5	0.20		
8	∞	1.22	$N_{d4} = 1.51633$	$\nu_{d4} = 64.2$
9	∞	0.22		
10	∞	0.75	$N_{d5} = 1.51633$	$\nu_{d5} = 64.2$
11	∞	1.1912		

*印は非球面で、係数を下記に示す。

	K	A	B	C	D
2	-2.932501	3.439712×10^{-2}	-2.231161×10^{-3}	-9.113713×10^{-6}	5.085389×10^{-5}
3	1.530671	2.309899×10^{-2}	-4.926694×10^{-3}	9.346227×10^{-4}	-4.445977×10^{-5}
4	-4.671666×10^{-6}	5.518948×10^{-2}	1.000677×10^{-2}	-2.719096×10^{-3}	1.163397×10^{-3}
6	-16.90036	-6.011310×10^{-2}	3.997956×10^{-2}	1.396843×10^{-1}	-1.679736×10^{-1}
7	-0.7953034	1.716315×10^{-2}	-5.142771×10^{-3}	-1.152846×10^{-4}	3.644677×10^{-4}

【0039】

上記の実施例1ないし6は、レンズ系の水平方向取込み画角が100度以上の場合である。これに対して、以下に述べる実施例7、8、9は、水平取込み画角が100度未満の例であり、実施例7および8では90度、実施例9では87.4度である。

【0040】

【実施例7】

実施例7に係るレンズ系のデータを表7に示し、各焦点距離は $F_0 = 2.2$ mm、 $f_1 = -5.36$ mm、 $f_2 = 4.69$ mm、 $f_3 = 3.68$ mm、 $f_{23} = 3.94$ mmで、図8にはその収差図を示す。前記条件式については、 $f_2 / f_3 = 1.27$ 、 $d_3 / d_2 = 1.7$ 、 $|f_1 / f_{23}| = 1.36$ 、 $R_1 / F_0 = 0.8$ 、で条件式を満たしている。

【0041】

【表7】

	R	d	N_d	ν_d
1	13	1.10	$N_{d1} = 1.52270$	$\nu_{d1} = 51.4$
2*	2.3	3.50		
3*	4	2.20	$N_{d2} = 1.58547$	$\nu_{d2} = 30.2$
4*	-7	0.50		
5(絞ク)	∞	0.80		
6*	-5	2.20	$N_{d3} = 1.52270$	$\nu_{d3} = 51.3$
7*	-1.6	2.00		
8	∞	0.70	$N_{d4} = 1.51633$	$\nu_{d4} = 64.2$
9	∞	0.3057		

*印は非球面で、係数を下記に示す。

	K	A	B	C	D
2	0.1388051	2.612885×10^{-2}	-9.584300×10^{-3}	1.805426×10^{-3}	-8.178231×10^{-5}
3	-0.1733047	1.691840×10^{-2}	1.936520×10^{-3}	-9.680572×10^{-4}	3.645775×10^{-4}
4	2.247318	2.824644×10^{-2}	-6.501907×10^{-4}	-6.075242×10^{-5}	4.731718×10^{-3}
6	20.70201	0	0	0	0
7	-0.2038016	1.131282×10^{-2}	1.223446×10^{-2}	-4.207180×10^{-3}	1.263487×10^{-3}

【0042】

【実施例8】

実施例8に係るレンズ系のデータを表8に示し、各焦点距離は $F_0 = 2.19 \text{ mm}$ 、 $f_1 = -5.2 \text{ mm}$ 、 $f_2 = 4.69 \text{ mm}$ 、 $f_3 = 3.24 \text{ mm}$ 、 $f_{23} = 3.94 \text{ mm}$ で、図9にはその収差図を示す。前記条件式については、 $f_2 / f_3 = 1.45$ 、 $d_3 / d_2 = 1.7$ 、 $|f_1 / f_{23}| = 1.3$ 、 $R_1 / F_0 = 4.2$ 、で条件式を満たしている。

【0043】

【表8】

	R	d	N_d	ν_d
1	9.2	1.10	$N_{d1} = 1.52270$	$\nu_{d1} = 51.4$
2*	2.012	3.50		
3*	4	2.20	$N_{d2} = 1.58547$	$\nu_{d2} = 30.2$
4*	-7	0.40		
5(絞り)	∞	0.90		
6*	-5	2.20	$N_{d3} = 1.52270$	$\nu_{d3} = 51.3$
7*	-1.6	2.00		
8	∞	0.70	$N_{d4} = 1.51633$	$\nu_{d4} = 64.2$
9	∞	0.345		

*印は非球面で、係数を下記に示す。

	K	A	B	C	D
2	0.04551301	3.134105×10^{-3}	-1.150107×10^{-2}	1.540106×10^{-3}	1.381804×10^{-4}
3	0.7587615	1.909169×10^{-3}	1.592793×10^{-3}	-8.588147×10^{-4}	5.189637×10^{-4}
4	-2.077836	3.075446×10^{-3}	1.773546×10^{-3}	4.172751×10^{-3}	8.885854×10^{-3}
6	20.98821	0	0	0	0
7	-0.3267406	5.377981×10^{-4}	1.206560×10^{-2}	-4.798700×10^{-3}	9.701657×10^{-4}

【 0 0 4 4 】

【 実施例 9 】

実施例 9 に係るレンズ系のデータを表 9 に示し、各焦点距離は $F_0 = 2.33 \text{ mm}$ 、 $f_1 = -6.0 \text{ mm}$ 、 $f_2 = 4.69 \text{ mm}$ 、 $f_3 = 3.68 \text{ mm}$ 、 $f_{23} = 3.94 \text{ mm}$ で、図 10 にはその収差図を示す。前記条件式については、 $f_2 / f_3 = 1.27$ 、 $d_3 / d_2 = 1.7$ 、 $|f_1 / f_{23}| = 1.36$ 、 $R_1 / F_0 = 4.3$ 、で条件式を満たしている。

【 0 0 4 5 】

【 表 9 】

	R	d	N_d	ν_d
1	10	1.10	$N_{d1} = 1.52270$	$\nu_{d1} = 51.4$
2*	2.3	3.50		
3*	4	2.20	$N_{d2} = 1.58547$	$\nu_{d2} = 30.2$
4*	-7	0.40		
5(絞り)	∞	0.90		
6*	-5	2.20	$N_{d3} = 1.52270$	$\nu_{d3} = 51.3$
7*	-1.6	2.00		
8	∞	0.70	$N_{d4} = 1.51633$	$\nu_{d4} = 64.2$
9	∞	0.2149		

*印は非球面で、係数を下記に示す。

	K	A	B	C	D
2	0.2349279	2.441709×10^{-2}	-7.572754×10^{-3}	9.031268×10^{-4}	6.368474×10^{-5}
3	-0.05513597	1.517743×10^{-2}	5.565679×10^{-3}	-2.693441×10^{-3}	7.429052×10^{-4}
4	6.609286	2.412254×10^{-2}	3.177996×10^{-2}	-4.839422×10^{-2}	3.530518×10^{-2}
6	18.90142	0	0	0	0
7	-0.2363205	9.173161×10^{-3}	1.176808×10^{-2}	-4.048503×10^{-3}	1.088907×10^{-3}

【0046】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に従って構成した広角レンズは、小型・軽量で、廉価に製造することができ、しかも、倍率の色収差が補正され、射出瞳も十分に長いことが確認された。よって、本発明によれば、小型・軽量で射出瞳の長い高性能な広角レンズを廉価に実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明を適用した広角レンズの典型的な構成例を示す図である。

【図2】

本発明の実施例1に係るレンズ光学系の諸収差を示すグラフである。

【図3】

本発明の実施例2に係るレンズ光学系の諸収差を示すグラフである。

【図4】

本発明の実施例3に係るレンズ光学系の諸収差を示すグラフである。

【図5】

本発明の実施例4に係るレンズ光学系の諸収差を示すグラフである。

【図6】

本発明の実施例5に係るレンズ光学系の諸収差を示すグラフである。

【図7】

本発明の実施例6に係るレンズ光学系の諸収差を示すグラフである。

【図8】

本発明の実施例7に係るレンズ光学系の諸収差を示すグラフである。

【図9】

本発明の実施例8に係るレンズ光学系の諸収差を示すグラフである。

【図 10】

本発明の実施例 9 に係るレンズ光学系の諸収差を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1 第 1 レンズ（凹非球面レンズ）
- 2 第 2 レンズ（凸非球面レンズ）
- 3 絞り
- 4 第 3 レンズ（凸非球面レンズ）
- 5 ローパスフィルタ
- 6 カバーガラス
- 7 結像面（受光素子の受光面）

【手続補正 2】

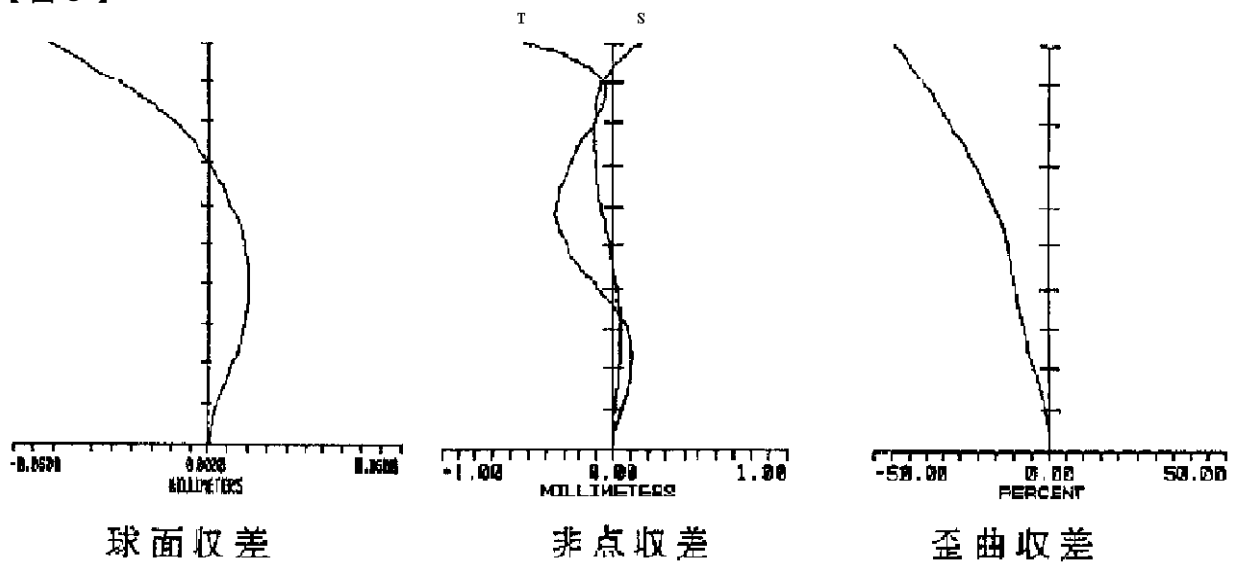
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 5】



【手続補正 3】

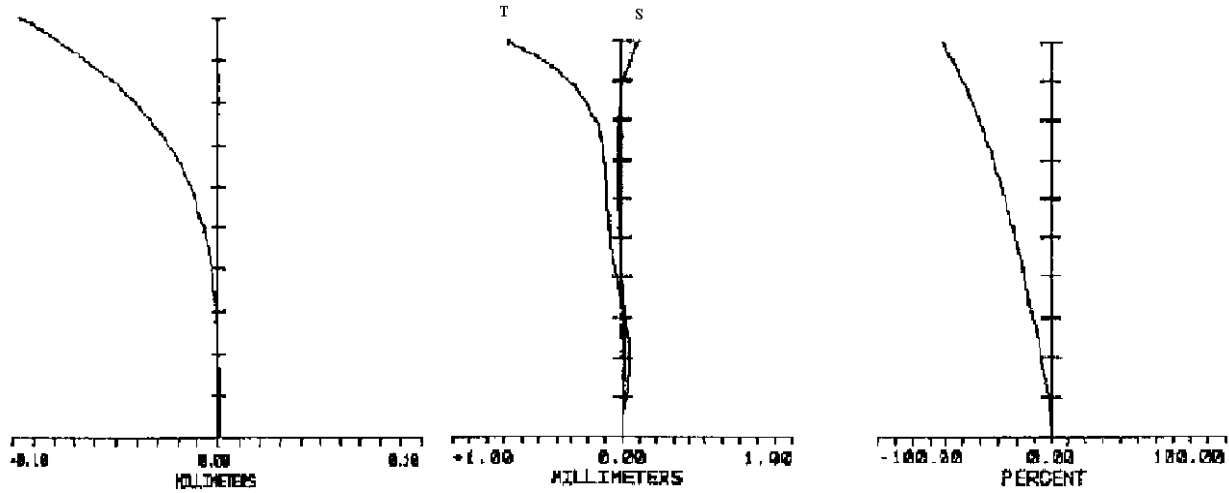
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 6】



球面収差

非点収差

歪曲収差

【手続補正 4】

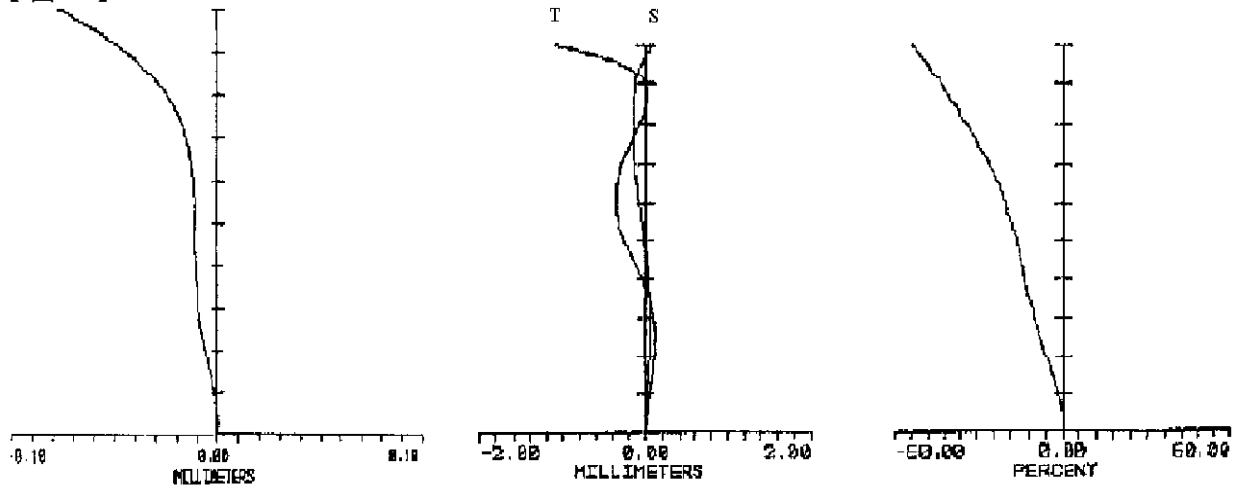
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 7】



球面収差

非点収差

歪曲収差

【手続補正 5】

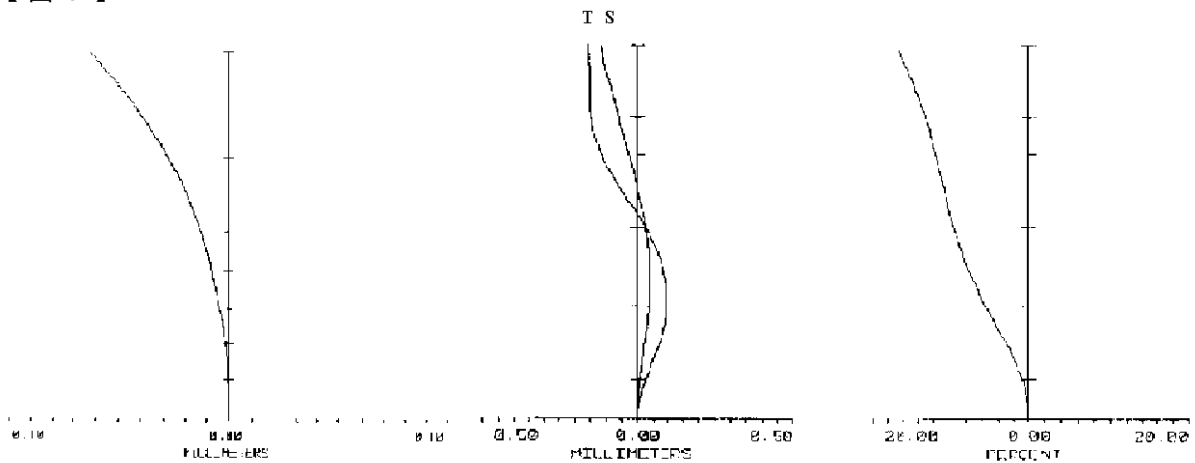
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 8】



球面収差

非点収差

歪曲収差

【手続補正 6】

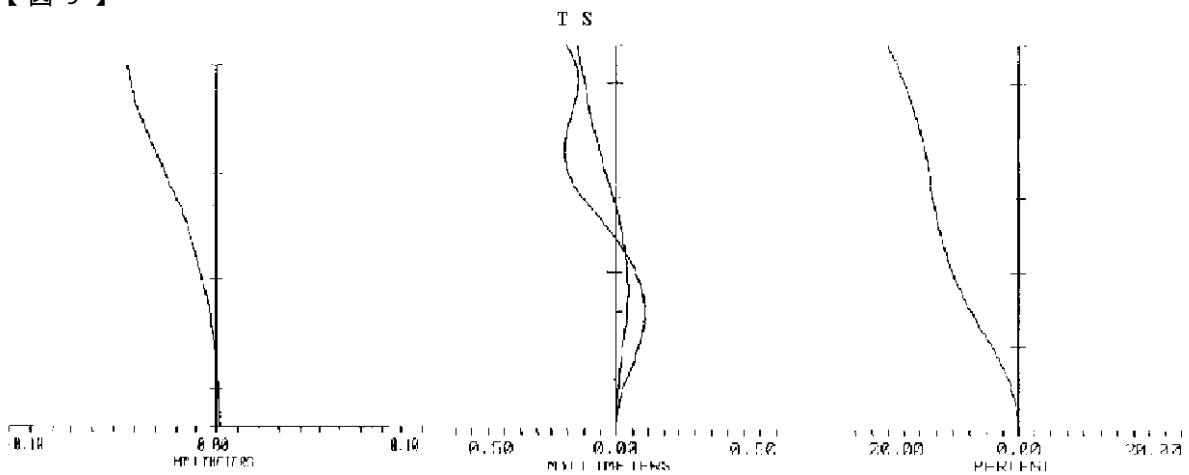
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 9】



球面収差

非点収差

歪曲収差

【手続補正 7】

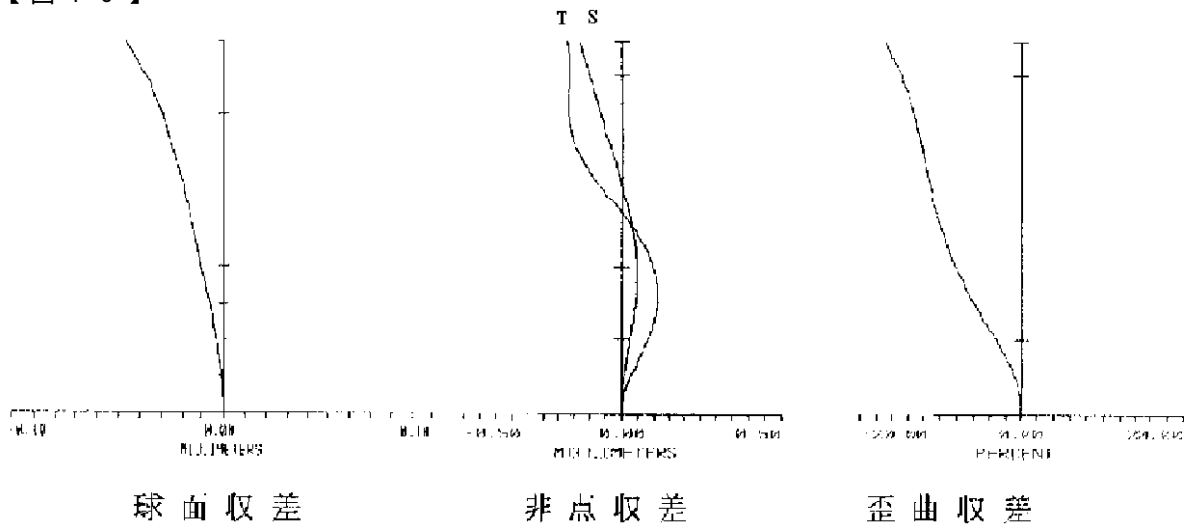
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 10

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1 0】



【手続補正 8】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 1

【補正方法】削除

【補正の内容】