

CERTIFICATION

It is hereby certified that the attached copy is a true copy of the published International Application No. PCT/JP2013/001035, filed with the Japan Patent Office as receiving Office on 22 February 2013, and published by the International Bureau under No. WO 2013/125248 on 29 August 2013.

By: The International Bureau



WIPO
WORLD
INTELLECTUAL PROPERTY
ORGANIZATION

Fabienne Gateau
Associate PCT Officer
PCT Legal and User Support Section
PCT Legal and User Relations Division

Date: June 9, 2020

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年8月29日(29.08.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/125248 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 13/04 (2006.01) **G02B 13/18** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/001035
- (22) 国際出願日: 2013年2月22日(22.02.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-039330 2012年2月24日(24.02.2012) JP
- (71) 出願人: 日立マクセル株式会社 (HITACHI MAXELL, LTD.) [JP/JP]; 〒5678567 大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 杉山 隆(SUGIYAMA, Takashi); 〒5678567 大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号日立マクセル株式会社内 Osaka (JP). 山崎 真輝(YAMAZAKI, Masaki); 〒5678567 大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号日立マクセル株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 横沢 志郎, 外(YOKOZAWA, Shiro et al.); 〒3900852 長野県松本市島立1132番地18 Nagano (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

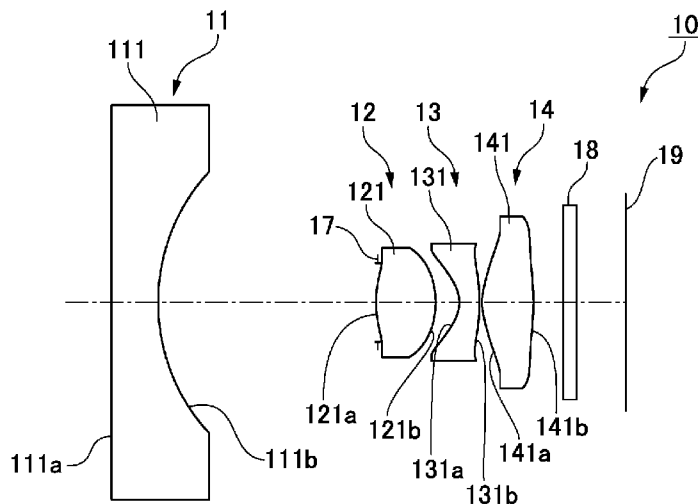
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

(54) Title: WIDE-ANGLE LENS AND IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 広角レンズおよび撮像装置



(57) Abstract: An imaging lens (10) is formed from a first group lens (11) having negative power, a second group lens (12) having positive power, a third group lens (13) having negative power, and a fourth group lens (14) having positive power, disposed in order from the subject side to the image side. Letting f be the focal distance for the entire lens system and f_2 the focal distance for the second group lens (12), $1.0 \leq f_2/f \leq 2.0$ is satisfied; therefore, the entire length of the lens system can be kept short and image curvature can be suppressed. In addition, each of the subject side lens surfaces and the image side lens surfaces for the second group lens (12), third group lens (13), and fourth group lens (14) are provided with aspherical surface shapes; therefore, the imaging lens (10) is constituted to be bright.

(57) 要約:

[続葉有]



撮像レンズ（１０）は、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第１群レンズ（１１）、正のパワーを有する第２群レンズ（１２）、負のパワーを有する第３群レンズ（１３）、および、正のパワーを有する第４群レンズ（１４）からなる。全レンズ系の焦点距離を f 、第２群レンズ（１２）の焦点距離を f_2 とすると、 $1.0 \leq f_2 / f \leq 2.0$ を満たすので、レンズ系の全長を短く抑えることができ、像面湾曲を抑制することができる。また、第２群レンズ（１２）、第３群レンズ（１３）、第４群レンズ（１４）のそれぞれの物体側レンズ面および像側レンズ面が非球面形状を備えているので、撮像レンズ（１０）が明るく構成される。

明 細 書

発明の名称： 広角レンズおよび撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、4枚ないし6枚のレンズから構成された小型で高解像度の広角レンズおよび当該広角レンズを搭載する撮像装置に関する。

背景技術

[0002] 車載用カメラや監視カメラなどに搭載される広角レンズは特許文献1に記載されている。同文献の広角レンズは、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを備える第1レンズ、正のパワーを備える第2レンズ、負のパワーを備える第3レンズおよび正のパワーを備える第4レンズからなる。同文献の広角レンズは65°程度の対角画角を備えている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-14947号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 車載用カメラや監視カメラなどの撮像装置に搭載される広角レンズには小型化が要求されているとともに、これらの撮像装置に搭載される撮像素子の画素数の増大に伴って、一層の高解像度化が要求されている。ここで、広角レンズの解像度を向上させるためには、像面湾曲などの収差を従来よりも抑制することが必要となる。

[0005] このような点に鑑みて、本発明の課題は、小型でより高解像度の広角レンズを提供することにある。また、このような広角レンズを搭載する撮像装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明の広角レンズは、
物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第1群レ

ンズ、正のパワーを有する第2群レンズ、負のパワーを有する第3群レンズ、および、正のパワーを有する第4群レンズからなり、

前記第1群レンズは、負のパワーを有する1枚のレンズ、または、それぞれが負のパワーを有する2枚のレンズからなり、

前記第2群レンズは、正のパワーを有する1枚のレンズ、または、それぞれが正のパワーを有する2枚のレンズからなり、

前記第3群レンズは、負のパワーを有する1枚のレンズからなり、

前記第4群レンズは、正のパワーを有する1枚のレンズからなり、

前記第1群レンズを構成するレンズは、像側レンズ面に凹形状を備え、

前記第2群レンズにおいて前記第3群レンズに隣接配置されているレンズは、像側レンズ面に凸形状を備え、

前記第3群レンズは、物体側レンズ面に凹形状を備え、

前記第2群レンズ、前記第3群レンズ、前記第4群レンズを構成するレンズのうちの少なくとも1枚のレンズは、物体側レンズ面および像側レンズ面のうちの少なくとも一方のレンズ面が非球面形状とされており、

全レンズ系の焦点距離を f 、前記第2群レンズの焦点距離を f_2 としたときに、以下の条件式(1)を満たすことを特徴とする。

$$1. \quad 0 \leq f_2 / f \leq 2. \quad (1)$$

[0007] 本発明の広角レンズは、条件式(1)を満たすので、レンズ系の全長を短く抑えることができるとともに、像面湾曲を抑制できる。また、第2群レンズ、第3群レンズ、第4群レンズを構成するレンズに非球面形状を備えることにより、口径数を大きくすることが容易となる。ここで、条件式(1)の上限値を超えると、像面湾曲が正の側に増大してその補正が困難となる。条件式(1)の下限値を超えると、像面湾曲が負の側に増大してその補正が困難となる。また、条件式(1)の上限値を超えると、第2群レンズの正のパワーが相対的に弱くなるので、レンズ系の全長を短く抑えることが困難となる。なお、広角レンズとは、対角画角が 60° 以上の撮像レンズをいう。

[0008] 本発明において、前記第3群レンズの焦点距離を f_3 としたときに、以

下の条件式（２）を満たすことが望ましい。

$$-2.0 \leq f_2 / f_3 \leq -1.0 \quad (2)$$

[0009] 条件式（２）の上限値は色収差を抑制するためのものである。条件式（２）の上限値を超えると、凸形状を備える第２群レンズの正のパワーに対して、凹形状を備える第３レンズの負のパワーが弱くなりすぎるので、色収差が増大して、その補正が困難となる。従って、色収差を抑えるために上限を－１．０以下とする。条件式（２）の下限値は像面湾曲を抑制するとともに、レンズ系の全長を抑制するためのものである。条件式（２）の下限値を超えると、凸形状を備える第２群レンズの正のパワーに対して凹形状を備える第３レンズの負のパワーが強くなりすぎるので、像面湾曲の増大を招く。従って、像面湾曲を抑えるために下限を－２．０以上とする。また、条件式（２）の下限値を超えると、第２群レンズの正のパワーが第３群レンズの負のパワーに対して弱くなるので、レンズ系の全長を短く抑えることが困難になる。ここで、条件式（２）について、その範囲を－１．９以上－１．３以下とすることにより、色収差と像面湾曲のバランスをとることができる。

[0010] 本発明において、前記第４群レンズの焦点距離を f_4 としたときに、以下の条件式（３）を満たすことが望ましい。

$$0.5 \leq f_4 / f \leq 2.0 \quad (3)$$

[0011] 条件式（３）は像面湾曲を抑制するためのものである。すなわち、条件式（３）の上限値を超えると像面湾曲が正の側に大きくなり、その補正が困難となる。条件式（３）の下限値を超えると像面湾曲が負の側に大きくなり、その補正が困難となる。従って、像面湾曲をより抑制するためには、その範囲を０．５以上２．０以下とする。ここで、条件式（３）について、その範囲を０．７以上１．７以下とすることにより、像面のバランスがとれる。

[0012] 本発明において、色収差を良好に補正するためには、前記第２群レンズは、アッベ数が４０以上のレンズを備えており、前記第３群レンズは、アッベ数が３５以下のレンズを備えていることが望ましい。

[0013] 本発明において、対角画角が１００°以上の構成を採用することができる

。すなわち、このような画角の大きい広角レンズにおいても像面湾曲を抑制できる。

[0014] 次に、本発明の撮像装置は、上記の広角レンズと、前記広角レンズの焦点位置に配置された撮像素子とを有することを特徴とする。

[0015] 本発明によれば、広角レンズが高解像度となるので、撮像素子として画素数の多い撮像素子を採用することにより、撮像装置を高解像度のものとすることができる。また、広角レンズの全長を短くできるので、撮像装置を小型化することができる。

発明の効果

[0016] 本発明の広角レンズによれば、レンズ系の全長を短く抑制することができるとともに、像面湾曲の発生を抑制できる。また、口径数を大きくすることが容易である。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明を適用した実施例1の撮像レンズの構成図である。

[図2A]図1の撮像レンズの軸上色収差図である。

[図2B]図1の撮像レンズの横収差図である。

[図2C]図1の撮像レンズの像面湾曲図である。

[図2D]図1の撮像レンズの歪曲収差図である。

[図3]本発明を適用した実施例2の撮像レンズの構成図である。

[図4A]図3の撮像レンズの軸上色収差図である。

[図4B]図3の撮像レンズの横収差図である。

[図4C]図3の撮像レンズの像面湾曲図である。

[図4D]図3の撮像レンズの歪曲収差図である。

[図5]本発明を適用した実施例3の撮像レンズの構成図である。

[図6A]図5の撮像レンズの軸上色収差図である。

[図6B]図5の撮像レンズの横収差図である。

[図6C]図5の撮像レンズの像面湾曲図である。

[図6D]図5の撮像レンズの歪曲収差図である。

[図7]本発明を適用した実施例4の撮像レンズの構成図である。

[図8A]図7の撮像レンズの軸上色収差図である。

[図8B]図7の撮像レンズの横収差図である。

[図8C]図7の撮像レンズの像面湾曲図である。

[図8D]図7の撮像レンズの歪曲収差図である。

[図9]本発明を適用した実施例5の撮像レンズの構成図である。

[図10A]図9の撮像レンズの軸上色収差図である。

[図10B]図9の撮像レンズの横収差図である。

[図10C]図9の撮像レンズの像面湾曲図である。

[図10D]図9の撮像レンズの歪曲収差図である。

[図11]撮像レンズを搭載する撮像装置の説明図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下に図面を参照して、本発明を適用した撮像レンズを説明する。

[0019] (実施例1)

図1は実施例1の撮像レンズの構成図である。図1に示すように、撮像レンズ10は、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第1群レンズ11、正のパワーを有する第2群レンズ12、負のパワーを有する第3群レンズ13、および、正のパワーを有する第4群レンズ14からなる。本例の撮像レンズ10は4枚のレンズから構成されており、第1群レンズ11は1枚の第1レンズ111から構成され、第2群レンズ12は1枚の第2レンズ121から構成され、第3群レンズ13は1枚の第3レンズ131から構成され、第4群レンズ14は1枚の第4レンズ141から構成されている。第1群レンズ11と第2群レンズ12の間、すなわち、第1レンズ111と第2レンズ121の間には絞り17が配置されており、第4レンズ141の像側にはカバーガラス18が配置されている。結像面19はカバーガラス18と間隔を開けた位置にある。

[0020] 第1レンズ111は、物体側レンズ面111aが平面形状を備えており、像側レンズ面111bが凹形状を備えている。第2レンズ121は、物体側

レンズ面 1 2 1 a および像側レンズ面 1 2 1 b がそれぞれ凸形状を備えている。第 3 レンズ 1 3 1 は、物体側レンズ面 1 3 1 a が凹形状を備えており、像側レンズ面 1 3 1 b が凸形状を備えている。第 4 レンズ 1 4 1 は、物体側レンズ面 1 4 1 a および像側レンズ面 1 4 1 b がそれぞれ凸形状を備えている。

[0021] 撮像レンズ 1 0 の開口数を $F_{no.}$ 、半画角を ω 、および、レンズ径の全長を L とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$F_{no.} = 2$$

$$\omega = 57.5^\circ$$

$$L = 12.303 \text{ mm}$$

[0022] また、全レンズ系の焦点距離を f 、第 1 群レンズ 1 1 (第 1 レンズ 1 1 1) の焦点距離を f_{f1} 、第 2 群レンズ 1 2 (第 2 レンズ 1 2 1) の焦点距離を f_{f2} 、第 3 群レンズ 1 3 (第 3 レンズ 1 3 1) の焦点距離を f_{f3} 、第 4 群レンズ 1 4 (第 4 レンズ 1 4 1) の焦点距離を f_{f4} とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f = 1.9748$$

$$f_{f1} = -7.394$$

$$f_{f2} = 2.019$$

$$f_{f3} = -1.089$$

$$f_{f4} = 1.545$$

[0023] ここで、本例の撮像レンズ 1 0 は、以下の条件式 (1) ~ (3) を満たす。

$$1.0 \leq f_{f2} / f \leq 2.0 \quad (1)$$

$$-2.0 \leq f_{f2} / f_{f3} \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq f_{f4} / f \leq 2.0 \quad (3)$$

[0024] すなわち、 $f_{f2} / f = 1.02$ であり、 $f_{f2} / f_{f3} = -1.85$ であり、 $f_{f4} / f = 0.78$ である。

[0025] 本例の撮像レンズ 1 0 は条件式 (1) を満たすので、レンズ系の全長を短

く抑え、像面湾曲を抑制することができる。すなわち、条件式（１）の上限値を超えると、像面湾曲が正の側に増大してその補正が困難となる。条件式（１）の下限値を超えると、像面湾曲が負の側に増大してその補正が困難となる。また、条件式（１）の上限値を超えると、第２群レンズ１２の正のパワーが相対的に弱くなるので、レンズ系の全長を短く抑えることが困難となる。

[0026] また、撮像レンズ１０は条件式（２）を満たすので、色収差を抑制しながら、レンズ系の全長を短く抑え、像面湾曲を抑制することができる。すなわち、条件式（２）の上限値を超えると、凸形状を備える第２群レンズ１２の正のパワーに対して、凹形状を備える第３レンズ１３１の負のパワーが弱くなりすぎるので、色収差が増大して、その補正が困難となる。従って、色収差を抑えるために上限を－１．０以下とする。条件式（２）の下限値は像面湾曲を抑制するとともに、レンズ系の全長を抑制するためのものである。条件式（２）の下限値を超えると、凸形状を備える第２群レンズ１２の正のパワーに対して凹形状を備える第３レンズ１３１の負のパワーが強くなりすぎるので、像面湾曲の増大を招く。従って、像面湾曲を抑えるために下限を－２．０以上とする。また、条件式（２）の下限値を超えると、第２群レンズ１２の正のパワーが第３群レンズ１３の負のパワーに対して弱くなるので、レンズ系の全長を短く抑えることが困難になる。ここで、条件式（２）について、その範囲を－１．９以上－１．３以下とすることにより、色収差と像面湾曲のバランスをとることができる。

[0027] さらに、撮像レンズ１０は条件式（３）を満たすので、像面湾曲をより抑制できる。すなわち、条件式（３）の上限値を超えると像面湾曲が正の側に大きくなり、その補正が困難となる。条件式（３）が下限値以上となると像面湾曲が負の側に大きくなり、その補正が困難となる。従って、像面湾曲をより抑制するためには、その範囲を０．５以上２．０以下とする。ここで、条件式（３）について、その範囲を０．７以上１．７以下とすることにより、像面のバランスがとれる。

[0028] また、本例では、第2群レンズ12（第2レンズ121）のアップベ数を $\nu d 2$ 、第3群レンズ13（第3レンズ131）の $\nu d 3$ としたときに、以下の条件式（4）および条件式（5）を満たす。

$$\nu d 2 \geq 40 \quad (4)$$

$$\nu d 3 \leq 35 \quad (5)$$

[0029] 本例では、 $\nu d 2 = 52$ 、 $\nu d 3 = 23.4$ である。この結果、撮像レンズ10では、低分散の材料からなる第2レンズ121と高分散の材料からなる第3レンズ131が隣り合うように配置されるので、色収差を良好に補正できる。

[0030] 次に、表1Aは撮像レンズ10の各レンズ面のレンズデータを示す。表1Aでは物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。星印が付けられたレンズ面は非球面である。本例では、第2レンズ121（第2群レンズ12）、第3レンズ131（第3群レンズ13）、第4レンズ141（第4群レンズ14）のそれぞれの物体側レンズ面121a、131a、141aおよび像側レンズ面121b、131b、141bが非球面形状を備えている。Sは絞り17を示す。なお、9面および10面はカバーガラス18のガラス面である。曲率半径および間隔の単位はミリメートルである。

[0031] [表1A]

面番	曲率半径	間隔	Nd(屈折率)	Vd(アッベ数)
第1面	Infinity	1.000	1.5168	64.2
第2面	3.835	4.726		
第3面S	Infinity	-0.036		
第4面*	2.106	1.279	1.5346	56.0
第5面*	-1.760	0.513		
第6面*	-0.633	0.431	1.6319	23.4
第7面*	-8.915	0.057		
第8面*	0.949	1.108	1.5346	56.0
第9面*	-3.890	0.631		
第10面	Infinity	0.300	1.5168	64.2
第11面	Infinity	0.872		

[0032] 次に、表1Bは非球面とされたレンズ面の非球面形状を規定するための非球面係数を示す。表1Bにおいても物体側から数えた順番で各レンズ面を特

定している。

[表1B]

	第4面	第5面	第6面	第7面	第8面	第9面
K	-27.28282	1.00817	-2.355196	50.90771	-11.43756	-4.732964
A4	2.89094E-01	-4.91304E-02	-2.41659E-01	-5.11864E-01	8.08884E-03	9.15869E-02
A6	-6.15595E-01	5.14099E-02	3.16267E-01	1.43965E+00	4.38444E-02	-6.14929E-02
A8	7.23663E-01	-6.30732E-02	1.31348E-01	-2.05869E+00	-5.83106E-02	3.51186E-02
A10	-4.60752E-01	2.37616E-02	-8.28993E-01	1.78101E+00	3.22554E-02	-1.26469E-02
A12	0.00000E+00	0.00000E+00	8.33710E-01	-8.46702E-01	-7.77033E-03	1.74905E-03
A14	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.59305E-01	1.71228E-01	-1.21963E-04	2.83005E-05
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	2.25513E-04	-2.22343E-05

[0033] なお、レンズ面に採用する非球面形状は、Yをサグ量、cを曲率半径の逆数、Kを円錐係数、hを光線高さ、4次、6次、8次、10次、12次、14次、16次の非球面係数をそれぞれA4、A6、A8、A10、A12、A14、A16とすると、次式により表わされる。

[0034] [数1]

$$Y(h) = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2h^2}} + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10} + A_{12}h^{12} + A_{14}h^{14} + A_{16}h^{16}$$

[0035] (作用効果)

図2A～図2Dは撮像レンズ10の軸上色収差図、横収差図、像面湾曲図、歪曲収差図である。図2Aの軸上色収差図では焦点移動を示し、縦軸は波長を示す。図2Bの横収差図では横軸は入射瞳座標を示し、縦軸は収差量を示す。図2Bでは、波長の異なる複数の光線についてのシミュレーション結果を示してある。図2Cの像面湾曲図では横軸は光軸方向の距離を示し、縦軸は像の高さを示す。図2Cにおいて、Sはサジタル面における像面湾曲収差を示し、Tはタンジェンシャル面における像面湾曲収差を示す。図2Dの歪曲収差図では横軸は像の歪み量を示し、縦軸は像の高さを示す。図2Aに示すように、本例の撮像レンズ10によれば、軸上の色収差が良好に補正されている。また、図2Bに示すように、色の滲みが抑制される。さらに、図2C、図2Dに示すように、像面湾曲が良好に補正されている。従って、撮像レンズ10が高解像度になる。

[0036] また、本例では、第2レンズ121（第2群レンズ12）、第3レンズ1

3 1（第3群レンズ1 3）、第4レンズ1 4 1（第4群レンズ1 4）のそれぞれの物体側レンズ面1 2 1 a、1 3 1 a、1 4 1 a、および像側レンズ面1 2 1 b、1 3 1 b、1 4 1 bが非球面形状を備えているので、撮像レンズ1 0が明るく構成される。さらに、本例では、レンズ系の全長Lを1 2. 3 0 3 mmと短く抑えることができる。

[0037] （実施例2）

図3は実施例2の撮像レンズ2 0の構成図である。図3に示すように、撮像レンズ2 0は、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第1群レンズ2 1、正のパワーを有する第2群レンズ2 2、負のパワーを有する第3群レンズ2 3、および、正のパワーを有する第4群レンズ2 4からなる。本例の撮像レンズ2 0は5枚のレンズから構成されており、第1群レンズ2 1は1枚の第1レンズ2 1 1から構成され、第2群レンズ2 2は第2レンズ2 2 1および第3レンズ2 2 2の2枚のレンズから構成され、第3群レンズ2 3は1枚の第4レンズ2 3 1から構成され、第4群レンズ2 4は1枚の第5レンズ2 4 1から構成されている。第2群レンズ2 2において、第2レンズ2 2 1と第3レンズ2 2 2の間には絞り2 7が配置されており、第5レンズ2 4 1の像側にはカバーガラス2 8が配置されている。結像面2 9はカバーガラス2 8と間隔を開けた位置にある。

[0038] 第1レンズ2 1 1は、物体側レンズ面2 1 1 aが平面形状を備えており、像側レンズ面2 1 1 bが凹形状を備えている。第2レンズ2 2 1は、物体側レンズ面2 2 1 aおよび像側レンズ面2 2 1 bがそれぞれ凸形状を備えている。第3レンズ2 2 2は、物体側レンズ面2 2 2 aおよび像側レンズ面2 2 2 bがそれぞれ凸形状を備えている。第4レンズ2 3 1は、物体側レンズ面2 3 1 aが凹形状を備えており、像側レンズ面2 3 1 bが凸形状を備えている。第5レンズ2 4 1は、物体側レンズ面2 4 1 aおよび像側レンズ面2 4 1 bがそれぞれ凸形状を備えている。

[0039] 撮像レンズ2 0の開口数をF n o.、半画角を ω 、および、レンズ径の全長をLとすると、これらの値は以下のとおりである。

$$F_{no.} = 2$$

$$\omega = 69.0^\circ$$

$$L = 12.300 \text{ mm}$$

[0040] また、全レンズ系の焦点距離を f 、第1群レンズ21（第1レンズ221）の焦点距離を f_{f1} 、第2群レンズ22（第2レンズ221および第3レンズ222）の焦点距離を f_{f2} 、第3群レンズ23（第4レンズ231）の焦点距離を f_{f3} 、第4群レンズ24（第5レンズ241）の焦点距離を f_{f4} とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f = 1.9055$$

$$f_{f1} = -3.430$$

$$f_{f2} = 2.059$$

$$f_{f3} = -1.481$$

$$f_{f4} = 2.451$$

[0041] なお、第2群レンズ22を構成している第2レンズ221の焦点距離を f_{f21} 、第3レンズ222の焦点距離を f_{f22} とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f_{f21} = 4.080$$

$$f_{f22} = 2.685$$

[0042] ここで、本例の撮像レンズ20は、以下のとおり、条件式(1)～(3)を満たす。

$$1. \quad 0 \leq f_{f2} / f = 1.08 \leq 2.0 \quad (1)$$

$$-2. \quad 0 \leq f_{f2} / f_{f3} = -1.39 \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq f_{f4} / f = 1.29 \leq 2.0 \quad (3)$$

[0043] また、本例では、第2群レンズ22を構成する第2レンズ221および第3レンズ222のうちアッペ数の大きな第3レンズ222のアッペ数を νd_2 、第3群レンズ23（第4レンズ231）のアッペ数を νd_3 としたときに、以下の条件式(4)および条件式(5)を満たす。

$$\nu d_2 = 56 \geq 40 \quad (4)$$

$$\nu_d 3 = 23.4 \leq 35 \quad (5)$$

[0044] 次に、表 2 A は撮像レンズ 20 の各レンズ面のレンズデータを示す。表 2 A では物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。星印が付けられたレンズ面は非球面であり、本例では、第 3 レンズ 222、第 4 レンズ 231 (第 3 群レンズ 23)、および第 5 レンズ 241 (第 4 群レンズ 24) のそれぞれの物体側レンズ面 222 a、231 a、241 a および像側レンズ面 222 b、231 b、241 b が非球面形状を備えている。S は絞り 27 を示す。なお、12 面および 13 面はカバーガラス 28 のガラス面である。曲率半径および間隔の単位はミリメートルである。

[0045] [表 2A]

面番	曲率半径	間隔	Nd(屈折率)	Vd(アッベ数)
第 1 面	Infinity	1.005	1.5891	61.3
第 2 面	2.029	2.846		
第 3 面	7.134	1.804	1.6477	33.8
第 4 面	-3.822	0.042		
第 5 面 S	Infinity	0.058		
第 6 面*	44.135	1.471	1.5346	56.0
第 7 面*	-1.473	0.386		
第 8 面*	-0.828	0.482	1.6323	23.4
第 9 面*	-8.142	0.100		
第 10 面*	3.144	1.423	1.5346	56.0
第 11 面*	-1.905	0.100		
第 12 面	Infinity	0.300	1.5168	64.2
第 13 面	Infinity	2.207		

[0046] 次に、表 2 B は非球面とされたレンズ面の非球面形状を規定するための非球面係数を示す。表 2 B においても物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。

[表 2B]

	第 6 面	第 7 面	第 8 面	第 9 面	第 10 面	第 11 面
K	-33.86235	-4.524449	-0.6534266	14.03202	2.128012	0
A4	-3.50474E-02	-1.27565E-01	3.64349E-01	3.25046E-02	-2.54735E-01	8.43204E-03
A6	9.71551E-03	7.82738E-02	-1.21525E-01	8.10461E-02	3.12620E-01	1.06866E-02
A8	-2.43483E-02	-5.46723E-02	-8.19386E-02	-1.01145E-01	-3.04821E-01	-1.15984E-02
A10	7.63834E-04	1.26404E-02	1.54306E-01	4.57183E-02	2.00014E-01	7.74896E-03
A12	5.97866E-03	0.00000E+00	-8.41133E-02	-8.55866E-03	-8.51187E-02	-2.07850E-03
A14	-8.87636E-03	0.00000E+00	2.02896E-02	4.42919E-04	2.07222E-02	1.16093E-04
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.15500E-03	3.42064E-05

[0047] (作用効果)

本例の撮像レンズ20は条件式(1)～(3)を満たすので、レンズ系の全長を短く抑えるとともに、像面湾曲および色収差を抑制することができる。また、本例では、低分散の材料からなる第3レンズ222と高分散の材料からなる第4レンズ231が隣り合うように配置されるので、色収差を良好に補正できる。

[0048] さらに、本例では、第2群レンズ22の第3レンズ222、第4レンズ231(第3群レンズ23)、第5レンズ241(第4群レンズ24)のそれぞれが、物体側レンズ面222a、231a、241aおよび像側レンズ面222b、231b、241bに非球面形状を備えている。この結果、開口数: $Fno. = 2$ となり、撮像レンズ20が明るく構成される。また、本例では、レンズ系の全長Lを12.300mmと短く抑えることができる。

[0049] 図4A～図4Dは撮像レンズ20の軸上色収差図、横収差図、像面湾曲図、歪曲収差図である。図4Aに示すように、本例の撮像レンズ20によれば、軸上の色収差が良好に補正されている。また、図4Bに示すように、色の滲みが抑制される。さらに、図4C、図4Dに示すように、像面湾曲が良好に補正されている。従って、撮像レンズ20が高解像度になる。

[0050] (実施例3)

図5は実施例3の撮像レンズ30の構成図である。図5に示すように、撮像レンズ30は、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第1群レンズ31、正のパワーを有する第2群レンズ32、負のパワーを有する第3群レンズ33、および、正のパワーを有する第4群レンズ34からなる。本例の撮像レンズ30は5枚のレンズから構成されており、第1群レンズ31は1枚の第1レンズ311から構成され、第2群レンズ32は第2レンズ321および第3レンズ322の2枚のレンズから構成され、第3群レンズ33は1枚の第4レンズ331から構成され、第4群レンズ34は1枚の第5レンズ341から構成されている。第2群レンズ32において、第2レンズ321と第3レンズ322の間には絞り37が配置されており、第5レンズ341の像側にはカバーガラス38が配置されている。結像

面 3 9 はカバーガラス 3 8 と間隔を開けた位置にある。

[0051] 第 1 レンズ 3 1 1 は、物体側レンズ面 3 1 1 a が平面形状を備えており、像側レンズ面 3 1 1 b が凹形状を備えている。第 2 レンズ 3 2 1 は、物体側レンズ面 3 2 1 a および像側レンズ面 3 2 1 b がそれぞれ凸形状を備えている。第 3 レンズ 3 2 2 は、物体側レンズ面 3 2 2 a および像側レンズ面 3 2 2 b がそれぞれ凸形状を備えている。第 4 レンズ 3 3 1 は、物体側レンズ面 3 3 1 a が凹形状を備えており、像側レンズ面 3 3 1 b が凸形状を備えている。第 5 レンズ 3 4 1 は、物体側レンズ面 3 4 1 a および像側レンズ面 3 4 1 b がそれぞれ凸形状を備えている。

[0052] 撮像レンズ 3 0 の開口数を $F\ n\ o.$ 、半画角を ω 、および、レンズ径の全長を L とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$F\ n\ o. = 2$$

$$\omega = 56.5^\circ$$

$$L = 12.303\text{ mm}$$

[0053] また、全レンズ系の焦点距離を f 、第 1 群レンズ 3 1（第 1 レンズ 3 1 1）の焦点距離を $f\ f\ 1$ 、第 2 群レンズ 3 2（第 2 レンズ 3 2 1 および第 3 レンズ 3 2 2）の焦点距離を $f\ f\ 2$ 、第 3 群レンズ 3 3（第 4 レンズ 3 3 1）の焦点距離を $f\ f\ 3$ 、第 4 群レンズ 3 4（第 5 レンズ 3 4 1）の焦点距離を $f\ f\ 4$ とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f = 1.986$$

$$f\ f\ 1 = -6.278$$

$$f\ f\ 2 = 2.321$$

$$f\ f\ 3 = -1.602$$

$$f\ f\ 4 = 2.206$$

[0054] なお、第 2 群レンズ 3 2 を構成している第 2 レンズ 3 2 1 の焦点距離を $f\ f\ 2\ 1$ 、第 3 レンズ 3 2 2 の焦点距離を $f\ f\ 2\ 2$ とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f\ f\ 2\ 1 = 5.442$$

$$f f 2 2 = 2.766$$

[0055] ここで、本例の撮像レンズ30は、以下のとおり、条件式(1)～(3)を満たす。

$$1. 0 \leq f f 2 / f = 1.17 \leq 2 \quad (1)$$

$$-2. 0 \leq f f 2 / f f 3 = -1.38 \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq f f 4 / f = 1.11 \leq 2.0 \quad (3)$$

[0056] また、本例では、第2群レンズ32を構成する第2レンズ321および第3レンズ322のうちアッベ数の大きい第3レンズ322のアッベ数を $\nu d 2$ 、第3群レンズ33（第4レンズ331）のアッベ数を $\nu d 3$ としたときに、以下の条件式(4)および条件式(5)を満たす。

$$\nu d 2 = 56 \geq 40 \quad (4)$$

$$\nu d 3 = 23.4 \leq 35 \quad (5)$$

[0057] 次に、表3Aは撮像レンズ30の各レンズ面のレンズデータを示す。表3Aでは物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。星印が付けられたレンズ面は非球面であり、本例では、第3レンズ322、第4レンズ331（第3群レンズ33）、および第5レンズ341（第4群レンズ34）のそれぞれの物体側レンズ面322a、331a、341aおよび像側レンズ面322b、331b、341bが非球面形状を備えている。Sは絞り37を示す。なお、12面および13面はカバーガラス38のガラス面である。曲率半径および間隔の単位はミリメートルである。

[0058]

[表3A]

面番	曲率半径	間隔	Nd(屈折率)	Vd(アッペ数)
第1面	Infinity	1.410	1.5168	64.2
第2面	3.256	4.207		
第3面	4.348	1.429	1.6200	36.4
第4面	-13.567	0.100		
第5面S	Infinity	0.101		
第6面*	4.090	1.119	1.5346	56.0
第7面*	-2.109	0.386		
第8面*	-0.633	0.484	1.6323	23.4
第9面*	-2.152	0.087		
第10面*	1.414	1.056	1.5346	56.0
第11面*	-5.405	0.100		
第12面	Infinity	0.300	1.5168	64.2
第13面	Infinity	1.406		

[0059] 次に、表3Bは非球面とされたレンズ面の非球面形状を規定するための非球面係数を示す。表3Bにおいても物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。

[表3B]

	第6面	第7面	第8面	第9面	第10面	第11面
K	-76.1177	-31.1790	-1.2321	1.8229	-24.0941	0.0000
A4	8.93944E-02	-4.55920E-01	7.10750E-02	-3.45248E-01	1.64176E-02	3.16849E-03
A6	-1.76226E-01	4.64097E-01	2.58089E-01	1.41096E+00	3.65178E-02	1.37311E-02
A8	1.06904E-01	-3.27719E-01	9.32169E-02	-2.00748E+00	-5.64218E-02	-4.94053E-03
A10	-6.20285E-02	9.82264E-02	-7.27773E-01	1.71460E+00	2.60727E-02	-3.06896E-03
A12	0.00000E+00	0.00000E+00	6.90419E-01	-8.10550E-01	-2.38309E-03	1.71232E-03
A14	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.01703E-01	1.64603E-01	-1.58029E-03	-1.83080E-04
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	3.25406E-04	-2.12665E-05

[0060] (作用効果)

本例の撮像レンズ30は条件式(1)～(3)を満たすので、レンズ系の全長を短く抑えるとともに、像面湾曲および色収差を抑制することができる。また、本例では、低分散の材料からなる第3レンズ322と高分散の材料からなる第4レンズ331が隣り合うように配置されるので、色収差を良好に補正できる。

[0061] さらに、本例では、第2群レンズ32の第3レンズ322、第4レンズ331(第3群レンズ33)、第5レンズ341(第4群レンズ34)のそれぞれが、物体側レンズ面322a、331a、341aおよび像側レンズ面322b、331b、341bに非球面形状を備えている。この結果、開口

数：F n o. = 2 となり、撮像レンズ 3 0 が明るく構成される。また、本例では、レンズ系の全長 L を 1 2. 3 0 3 mm と短く抑えることができる。

[0062] 図 6 A ～図 6 D は撮像レンズ 3 0 の軸上色収差図、横収差図、像面湾曲図、歪曲収差図である。図 6 A に示すように、本例の撮像レンズ 3 0 によれば、軸上の色収差が良好に補正されている。また、図 6 B に示すように、色の滲みが抑制される。さらに、図 6 C、図 6 D に示すように、像面湾曲が良好に補正されている。従って、撮像レンズ 3 0 が高解像度になる。

[0063] (実施例 4)

図 7 は実施例 4 の撮像レンズ 4 0 の構成図である。図 7 に示すように、撮像レンズ 4 0 は、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第 1 群レンズ 4 1、正のパワーを有する第 2 群レンズ 4 2、負のパワーを有する第 3 群レンズ 4 3、および、正のパワーを有する第 4 群レンズ 4 4 からなる。本例の撮像レンズ 4 0 は 5 枚のレンズから構成されており、第 1 群レンズ 4 1 は第 1 レンズ 4 1 1 および第 2 レンズ 4 1 2 の 2 枚のレンズから構成され、第 2 群レンズ 4 2 は 1 枚の第 3 レンズ 4 2 1 から構成され、第 3 群レンズ 4 3 は 1 枚の第 4 レンズ 4 3 1 から構成され、第 4 群レンズ 4 4 は 1 枚の第 5 レンズ 4 4 1 から構成されている。第 1 群レンズ 4 1 と第 2 群レンズ 4 2 の間、すなわち、第 2 レンズ 4 1 2 と第 3 レンズ 4 2 1 の間には絞り 4 7 が配置されており、第 5 レンズ 4 4 1 の像側にはカバーガラス 4 8 が配置されている。結像面 4 9 はカバーガラス 4 8 と間隔を開けた位置にある。

[0064] 第 1 レンズ 4 1 1 は、物体側レンズ面 4 1 1 a が凸形状を備えており、像側レンズ面 4 1 1 b が凹形状を備えている。第 2 レンズ 4 1 2 は、物体側レンズ面 4 1 2 a が凸形状を備えており、像側レンズ面 4 1 2 b が凹形状を備えている。第 3 レンズ 4 2 1 は、物体側レンズ面 4 2 1 a および像側レンズ面 4 2 1 b がそれぞれ凸形状を備えている。第 4 レンズ 4 3 1 は、物体側レンズ面 4 3 1 a が凹形状を備えており、像側レンズ面 4 3 1 b が凸形状を備えている。第 5 レンズ 4 4 1 は、物体側レンズ面 4 4 1 a および像側レンズ

面 4 4 1 b がそれぞれ凸形状を備えている。

[0065] 撮像レンズ 4 0 の開口数を $Fno.$ 、半画角を ω 、および、レンズ径の全長を L とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$Fno. = 2.4$$

$$\omega = 95^\circ$$

$$L = 11.16 \text{ mm}$$

[0066] また、全レンズ系の焦点距離を f 、第 1 群レンズ 4 1（第 1 レンズ 4 1 1 および第 2 レンズ 4 1 2）の焦点距離を $ff1$ 、第 2 群レンズ 4 2（第 3 レンズ 4 2 1）の焦点距離を $ff2$ 、第 3 群レンズ 4 3（第 4 レンズ 4 3 1）の焦点距離を $ff3$ 、第 4 群レンズ 4 4（第 5 レンズ 4 4 1）の焦点距離を $ff4$ とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f = 1.376$$

$$ff1 = -4.394$$

$$ff2 = 1.754$$

$$ff3 = -1.114$$

$$ff4 = 1.446$$

[0067] なお、第 1 群レンズ 4 1 を構成している第 1 レンズ 4 1 1 の焦点距離を $ff11$ 、第 2 レンズ 4 1 2 の焦点距離を $ff12$ とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$ff11 = -11.304$$

$$ff12 = -8.279$$

[0068] ここで、本例の撮像レンズ 4 0 は、以下のとおり、条件式 (1) ~ (3) を満たす。

$$1. \quad 0 \leq ff2 / f = 1.27 \leq 2.0 \quad (1)$$

$$-2. \quad 0 \leq ff2 / ff3 = -1.57 \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq ff4 / f = 1.05 \leq 2.0 \quad (3)$$

[0069] また、本例では、第 2 群レンズ 4 2（第 3 レンズ 4 2 1）のアップ数を $\nu d2$ 、第 3 群レンズ 4 3（第 4 レンズ 4 3 1）のアップ数を $\nu d3$ としたと

きに、以下の条件式（４）および条件式（５）を満たす。

$$\nu d 2 = 56 \geq 40 \quad (4)$$

$$\nu d 3 = 23.4 \leq 35 \quad (5)$$

[0070] 次に、表４Ａは撮像レンズ４０の各レンズ面のレンズデータを示す。表４Ａでは物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。星印が付けられたレンズ面は非球面であり、本例では、第２レンズ４１２、第３レンズ４２１（第３群レンズ４３）、第４レンズ４３１（第３群レンズ４３）、および第５レンズ４４１（第４群レンズ４４）のそれぞれの物体側レンズ面４１２ａ、４２１ａ、４３１ａ、４４１ａおよび像側レンズ面４１２ｂ、４２１ｂ、４３１ｂ、４４１ｂが非球面形状を備えている。Ｓは絞り４７を示す。なお、１２面および１３面はカバーガラス４８のガラス面である。曲率半径および間隔の単位はミリメートルである。

[0071] [表４Ａ]

面番	曲率半径	間隔	Nd(屈折率)	Vd(アッベ数)
第１面	14.550	1.000	1.5168	64.2
第２面	4.081	1.400		
第３面*	40.204	0.800	1.5346	56.0
第４面*	3.975	3.514		
第５面Ｓ	Infinity	0.076		
第６面*	1.848	0.957	1.5346	56.0
第７面*	-1.573	0.738		
第８面*	-0.646	0.511	1.6319	23.4
第９面*	-9.274	0.096		
第１０面*	0.977	0.952	1.5346	56.0
第１１面*	-2.496	0.631		
第１２面	Infinity	0.300	1.5168	64.2
第１３面	Infinity	0.185		

[0072] 次に、表４Ｂは第２レンズ４１２の各レンズ面の非球面係数を示し、表４Ｃは第３レンズ４２１、第４レンズ４３１、および第５レンズ４４１の各レンズ面の非球面係数を示す。表４Ｂ、表４Ｃにおいても物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。

[0073]

[表4B]

	第3面	第4面
K	0.9419	0.0000
A4	-8.31314E-04	-1.99687E-03
A6	0.00000E+00	0.00000E+00
A8	-8.37785E-06	2.20270E-04
A10	0.00000E+00	0.00000E+00
A12	0.00000E+00	0.00000E+00
A14	0.00000E+00	0.00000E+00
A16	0.00000E+00	0.00000E+00

[0074] [表4C]

	第6面	第7面	第8面	第9面	第10面	第11面
K	-18.2384	0.9139	-2.7300	52.1381	-10.6356	-9.5943
A4	2.46187E-01	-3.32402E-02	-2.41999E-01	-5.07785E-01	1.85174E-03	9.47311E-02
A6	-6.42345E-01	5.25652E-02	2.78515E-01	1.43769E+00	4.44951E-02	-6.16763E-02
A8	7.20341E-01	-9.67462E-02	9.90897E-02	-2.06043E+00	-5.78888E-02	3.49914E-02
A10	-5.70160E-01	-9.46137E-04	-8.31946E-01	1.78188E+00	3.23753E-02	-1.26670E-02
A12	0.00000E+00	0.00000E+00	8.60049E-01	-8.45602E-01	-7.75381E-03	1.74547E-03
A14	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.11841E-01	1.70771E-01	-1.28007E-04	2.67588E-05
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	2.19284E-04	-2.30456E-05

[0075] (作用効果)

本例の撮像レンズ40は条件式(1)～(3)を満たすので、レンズ系の全長を短く抑えるとともに、像面湾曲および色収差を抑制することができる。また、本例では、低分散の材料からなる第3レンズ421と高分散の材料からなる第4レンズ431が隣り合うように配置されるので、色収差を良好に補正できる。

[0076] さらに、本例では、第2レンズ412、第3レンズ421(第2群レンズ42)、第4レンズ431(第3群レンズ43)、第5レンズ441(第4群レンズ44)のそれぞれが、物体側レンズ面412a、421a、431a、441aおよび像側レンズ面412b、421b、431b、441bに非球面形状を備えている。この結果、開口数: $Fno. = 2.4$ となり、撮像レンズ40が明るく構成される。また、本例では、レンズ系の全長Lを11.16mmと短く抑えることができる。

[0077] 図8A～図8Dは撮像レンズ40の軸上色収差図、横収差図、像面湾曲図、歪曲収差図である。図8Aに示すように、本例の撮像レンズ40によれば、軸上の色収差が良好に補正されている。また、図8Bに示すように、色の滲みが抑制される。さらに、図8C、図8Dに示すように、像面湾曲が良好

に補正されている。従って、撮像レンズ40が高解像度になる。

[0078] (実施例5)

図9は実施例5の撮像レンズ50の構成図である。図9に示すように、撮像レンズ50は、物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第1群レンズ51、正のパワーを有する第2群レンズ52、負のパワーを有する第3群レンズ53、および、正のパワーを有する第4群レンズ54からなる。本例の撮像レンズ50は6枚のレンズから構成されており、第1群レンズ51は第1レンズ511および第2レンズ512の2枚のレンズから構成され、第2群レンズ52は第3レンズ521および第4レンズ522の2枚のレンズから構成されている。第3群レンズ53は1枚の第5レンズ531から構成され、第4群レンズ54は1枚の第6レンズ541から構成されている。第2群レンズ52を構成している第3レンズ521と第4レンズ522の間には絞り57が配置されており、第6レンズ541の像側にはカバーガラス58が配置されている。結像面59はカバーガラス58と間隔を開けた位置にある。

[0079] 第1レンズ511は、物体側レンズ面511aが凸形状を備えており、像側レンズ面511bが凹形状を備えている。第2レンズ512は、物体側レンズ面512aおよび像側レンズ面512bがそれぞれ凹形状を備えている。第3レンズ521は、物体側レンズ面521aおよび像側レンズ面521bがそれぞれ凸形状を備えている。第4レンズ522は、物体側レンズ面522aおよび像側レンズ面522bがそれぞれ凸形状を備えている。第5レンズ531は、物体側レンズ面531aが凹形状を備えており、像側レンズ面531bが凸形状を備えている。第6レンズ541は、物体側レンズ面541aおよび像側レンズ面541bがそれぞれ凸形状を備えている。

[0080] 撮像レンズ50の開口数をFno.、半画角を ω 、および、レンズ径の全長をLとすると、これらの値は以下のとおりである。

$$Fno. = 2.2$$

$$\omega = 72.8^\circ$$

$$L = 15.57 \text{ mm}$$

[0081] また、全レンズ系の焦点距離を f 、第1群レンズ51（第1レンズ511および第2レンズ512）の焦点距離を $f f 1$ 、第2群レンズ52（第3レンズ521および第4レンズ522）の焦点距離を $f f 2$ 、第3群レンズ53（第5レンズ531）の焦点距離を $f f 3$ 、第4群レンズ54（第6レンズ541）の焦点距離を $f f 4$ とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f = 1.356$$

$$f f 1 = -3.279$$

$$f f 2 = 2.459$$

$$f f 3 = -1.602$$

$$f f 4 = 2.183$$

[0082] なお、第1群レンズ51を構成している第1レンズ511の焦点距離を $f f 1 1$ 、第2レンズ512の焦点距離を $f f 1 2$ とし、第2群レンズ52を構成している第3レンズ521の焦点距離を $f f 2 1$ 、第4レンズ522の焦点距離を $f f 2 2$ とすると、これらの値は以下のとおりである。

$$f f 1 1 = -14.13$$

$$f f 1 2 = -4.958$$

$$f f 2 1 = 3.649$$

$$f f 2 2 = 2.793$$

[0083] ここで、本例の撮像レンズ50は、以下のとおり、条件式(1)～(3)を満たす。

$$1. \quad 0 \leq f f 2 / f = 1.81 \leq 2.0 \quad (1)$$

$$-2. \quad 0 \leq f f 2 / f f 3 = -1.53 \leq -1.0 \quad (2)$$

$$0.5 \leq f f 4 / f = 1.61 \leq 2.0 \quad (3)$$

[0084] また、本例では、第2群レンズ52（第3レンズ521および第4レンズ522）のうちアッペ数の大きな第4レンズ522のアッペ数を $\nu d 2$ 、第3群レンズ53（第5レンズ531）のアッペ数を $\nu d 3$ としたときに、以

下の条件式（４）および条件式（５）を満たす。

$$\nu_d 2 = 56 \geq 40 \quad (4)$$

$$\nu_d 3 = 23.4 \leq 35 \quad (5)$$

[0085] 次に、表５Ａは撮像レンズ５０の各レンズ面のレンズデータを示す。表５Ａでは物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。星印が付けられたレンズ面は非球面であり、本例では、第２レンズ５１２、第３群レンズ５３のうちの第４レンズ５２２、第５レンズ５３１（第３群レンズ５３）、および第６レンズ５４１（第４群レンズ５４）のそれぞれの物体側レンズ面５１２ａ、５２２ａ、５３１ａ、５４１ａおよび像側レンズ面５１２ｂ、５２２ｂ、５３１ｂ、５４１ｂが非球面形状を備えている。Ｓは絞り５７を示す。なお、１４面および１５面はカバーガラス５８のガラス面である。曲率半径および間隔の単位はミリメートルである。

[0086] [表５Ａ]

面番	曲率半径	間隔	Nd(屈折率)	Vd(アッベ数)
第１面	20.108	1.000	1.5168	64.2
第２面	5.280	1.916		
第３面*	-40.323	1.000	1.5346	56.0
第４面*	2.875	4.468		
第５面	2.566	2.755	1.6200	36.4
第６面	-11.880	0.100		
第７面Ｓ	Infinity	0.101		
第８面*	4.090	1.277	1.5346	56.0
第９面*	-2.109	0.198		
第１０面*	-0.633	0.484	1.6322	23.4
第１１面*	-2.152	0.087		
第１２面*	1.414	0.860	1.5346	56.0
第１３面*	-5.405	0.100		
第１４面	Infinity	0.300		
第１５面	Infinity	0.825		

[0087] 次に、表５Ｂは第２レンズ５１２の各レンズ面の非球面係数を示し、表５Ｃは第４レンズ５２２、第５レンズ５３１、および第６レンズ５４１の各レンズ面の非球面係数を示す。表５Ｂ、表５Ｃにおいても物体側から数えた順番で各レンズ面を特定している。

[0088]

[表5B]

	第3面	第4面
K	0.0000	0.3272
A4	1.22135E-03	-1.50493E-04
A6	0.00000E+00	0.00000E+00
A8	0.00000E+00	0.00000E+00
A10	0.00000E+00	0.00000E+00
A12	0.00000E+00	0.00000E+00
A14	0.00000E+00	0.00000E+00
A16	0.00000E+00	0.00000E+00

[0089] [表5C]

	第8面	第9面	第10面	第11面	第12面	第13面
K	-33.4283	-24.4263	-1.6077	1.8118	-20.8115	0.0000
A4	1.11999E-02	-4.94861E-01	1.00494E-01	-2.59338E-01	-7.72364E-02	-4.23518E-02
A6	-5.61040E-02	5.72189E-01	2.21374E-01	1.36070E+00	5.24617E-02	-3.40797E-03
A8	-1.66559E-02	-2.99204E-01	1.00065E-01	-2.00144E+00	-6.43273E-02	1.89923E-04
A10	2.86662E-03	8.09019E-02	-6.90465E-01	1.71902E+00	2.62442E-02	-2.39820E-03
A12	0.00000E+00	0.00000E+00	7.22800E-01	-8.12671E-01	-6.30518E-04	1.51250E-03
A14	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.40809E-01	1.66304E-01	-8.85557E-04	-2.71444E-04
A16	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	1.81016E-04	6.68224E-05

[0090] (作用効果)

本例の撮像レンズ50は条件式(1)～(3)を満たすので、レンズ系の全長を短く抑えるとともに、像面湾曲および色収差を抑制することができる。また、本例では、低分散の材料からなる第4レンズ522と高分散の材料からなる第5レンズ531が隣り合うように配置されるので、色収差を良好に補正できる。

[0091] さらに、本例では、第2レンズ512、第2群レンズ52の第4レンズ522、第5レンズ531(第3群レンズ53)、第6レンズ541(第4群レンズ54)のそれぞれが、物体側レンズ面512a、522a、531a、541aおよび像側レンズ面512b、522b、531b、541bに非球面形状を備えている。この結果、開口数:Fno.=2.2となり、撮像レンズ50が明るく構成される。また、本例では、レンズ系の全長Lを15.57mmと短く抑えることができる。

[0092] 図10A～図10Dは撮像レンズ50の軸上色収差図、横収差図、像面湾曲図、歪曲収差図である。図10Aに示すように、本例の撮像レンズ50によれば、軸上の色収差が良好に補正されている。また、図10Bに示すように、色の滲みが抑制される。さらに、図10C、図10Dに示すように、像

面湾曲が良好に補正されている。従って、撮像レンズ５０が高解像度になる。

[0093] (撮像装置)

図１１は本発明の撮像レンズ１０を搭載する撮像装置６０の説明図である。図１１に示すように、撮像装置６０は撮像レンズ１０の結像面１９（焦点位置）にセンサ面６１ａを配置した撮像素子６１を備えるものである。撮像素子６１は、ＣＣＤセンサ或いはＣＭＯＳセンサである。

[0094] 本例によれば、撮像レンズ１０の解像度が高いので、撮像素子６１として画素数の多い撮像素子６１を採用することにより、撮像装置６０を高解像度のものとすることができる。また、撮像レンズ１０のレンズ系の全長がＬが短いので、撮像装置６０を小型化することができる。なお、撮像装置６０には、撮像レンズ２０、３０、４０、５０を撮像レンズ１０と同様に搭載することができ、この場合にも同様の効果を得ることができる。

符号の説明

- [0095] １０・２０・３０・４０・５０ 撮像レンズ実施例
１１・２１・３１・４１・５１ 第１群レンズ
１２・２２・３２・４２・５２ 第２群レンズ
１３・２３・３３・４３・５３ 第３群レンズ
１４・２４・３４・４４・５４ 第４群レンズ
１７・２７・３７・４７・５７ 絞り
１８・２８・３８・４８・５８ カバーガラス
１９・２９・３９・４９・５９ 結像面
６０ 撮像装置
６１ 撮像素子
６１ａ センサ面

請求の範囲

- [請求項1] 物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第1群レンズ、正のパワーを有する第2群レンズ、負のパワーを有する第3群レンズ、および、正のパワーを有する第4群レンズからなり、
 前記第1群レンズは、負のパワーを有する1枚のレンズ、または、それぞれが負のパワーを有する2枚のレンズからなり、
 前記第2群レンズは、正のパワーを有する1枚のレンズ、または、それぞれが正のパワーを有する2枚のレンズからなり、
 前記第3群レンズは、負のパワーを有する1枚のレンズからなり、
 前記第4群レンズは、正のパワーを有する1枚のレンズからなり、
 前記第1群レンズを構成するレンズは、像側レンズ面に凹形状を備え、
 前記第2群レンズにおいて前記第3群レンズに隣接配置されているレンズは、像側レンズ面に凸形状を備え、
 前記第3群レンズは、物体側レンズ面に凹形状を備え、
 前記第2群レンズ、前記第3群レンズ、前記第4群レンズを構成するレンズのうちの少なくとも1枚のレンズは、物体側レンズ面および像側レンズ面のうちの少なくとも一方のレンズ面が非球面形状とされており、
 全レンズ系の焦点距離を f 、前記第2群レンズの焦点距離を f_2 としたときに、以下の条件式(1)を満たすことを特徴とする広角レンズ。

$$1. \quad 0 \leq f_2 / f \leq 2.0 \quad (1)$$

- [請求項2] 請求項1において、
 前記第3群レンズの焦点距離を f_3 としたときに、以下の条件式(2)を満たすことを特徴とする広角レンズ。

$$-2. \quad 0 \leq f_2 / f_3 \leq -1.0 \quad (2)$$

- [請求項3] 請求項1または2において、

前記第4群レンズの焦点距離を f_4 としたときに、以下の条件式(3)を満たすことを特徴とする広角レンズ。

$$0.5 \leq f_4 / f \leq 2.0 \quad (3)$$

[請求項4] 請求項1ないし3のうちのいずれかの項において、
前記第2群レンズは、アッベ数が40以上のレンズを備えており、
前記第3群レンズは、アッベ数が35以下のレンズを備えていることを特徴とする広角レンズ。

[請求項5] 請求項1ないし4のうちのいずれかの項において、
対角画角が 100° 以上であることを特徴とする広角レンズ。

[請求項6] 請求項1ないし5のうちのいずれかの項に記載の広角レンズと、
前記広角レンズの焦点位置に配置された撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

補正された請求の範囲
[2013年7月19日 (19.07.2013) 国際事務局受理]

[請求項 1] (補正後) 物体側から像側に向かって順に配置された、負のパワーを有する第 1 群レンズ、正のパワーを有する第 2 群レンズ、負のパワーを有する第 3 群レンズ、および、正のパワーを有する第 4 群レンズからなり、

前記第 1 群レンズは、負のパワーを有する 1 枚のレンズ、または、それぞれが負のパワーを有する 2 枚のレンズからなり、

前記第 2 群レンズは、正のパワーを有する 1 枚のレンズ、または、それぞれが正のパワーを有する 2 枚のレンズからなり、

前記第 3 群レンズは、負のパワーを有する 1 枚のレンズからなり、

前記第 4 群レンズは、正のパワーを有する 1 枚のレンズからなり、

前記第 1 群レンズを構成するレンズは、像側レンズ面に凹形状を備え、

前記第 2 群レンズにおいて前記第 3 群レンズに隣接配置されているレンズは、像側レンズ面に凸形状を備え、

前記第 3 群レンズを構成するレンズは、物体側レンズ面に凹形状を備えたメニスカスであり、

前記第 2 群レンズおよび前記第 3 群レンズを構成するレンズのうちの少なくとも 1 枚のレンズは、物体側レンズ面および像側レンズ面のうちの少なくとも一方のレンズ面が非球面形状とされており、

前記第 4 群レンズを構成するレンズは、物体側レンズ面および像側レンズ面の両方のレンズ面が非球面形状とされており、

全レンズ系の焦点距離を f 、前記第 2 群レンズの焦点距離を f_2 としたときに、以下の条件式 (1) を満たすことを特徴とする広角レンズ。

$$1. \quad 0 \leq f_2 / f \leq 2. \quad 0 \quad (1)$$

[請求項 2] 請求項 1 において、

前記第 3 群レンズの焦点距離を f_3 としたときに、以下の条件式 (2) を満たすことを特徴とする広角レンズ。

$$-2.0 \leq f_{f2} / f_{f3} \leq -1.0 \quad (2)$$

[請求項3] 請求項1または2において、

前記第4群レンズの焦点距離を f_{f4} としたときに、以下の条件式(3)を満たすことを特徴とする広角レンズ。

$$0.5 \leq f_{f4} / f \leq 2.0 \quad (3)$$

[請求項4] 請求項1ないし3のうちのいずれかの項において、

前記第2群レンズは、アッベ数が40以上のレンズを備えており、

前記第3群レンズは、アッベ数が35以下のレンズを備えていることを特徴とする広角レンズ。

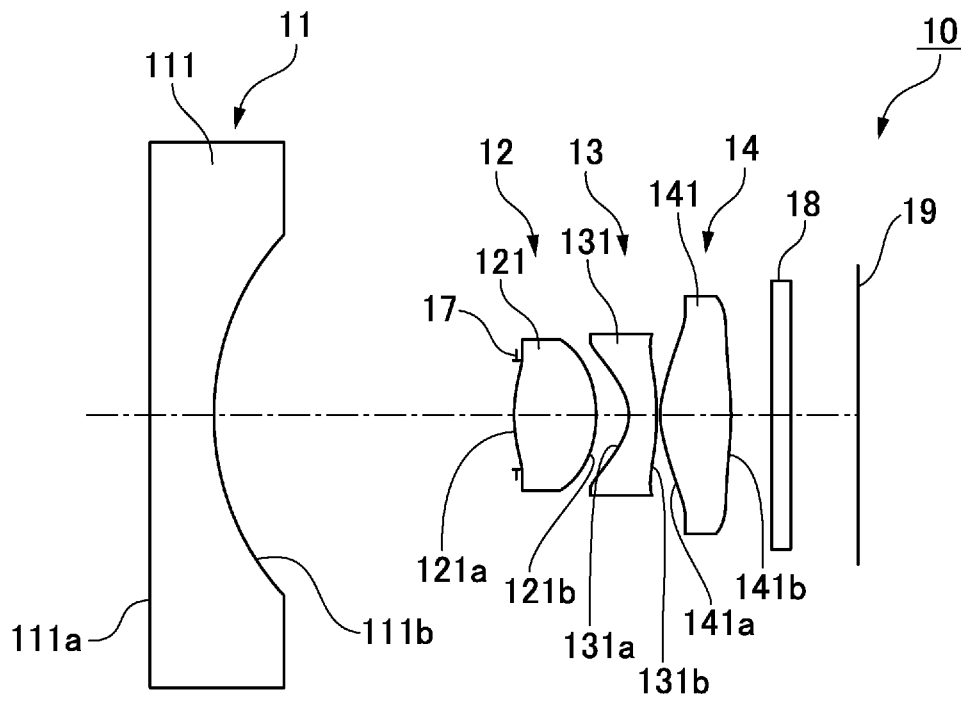
[請求項5] 請求項1ないし4のうちのいずれかの項において、

対角画角が100°以上であることを特徴とする広角レンズ。

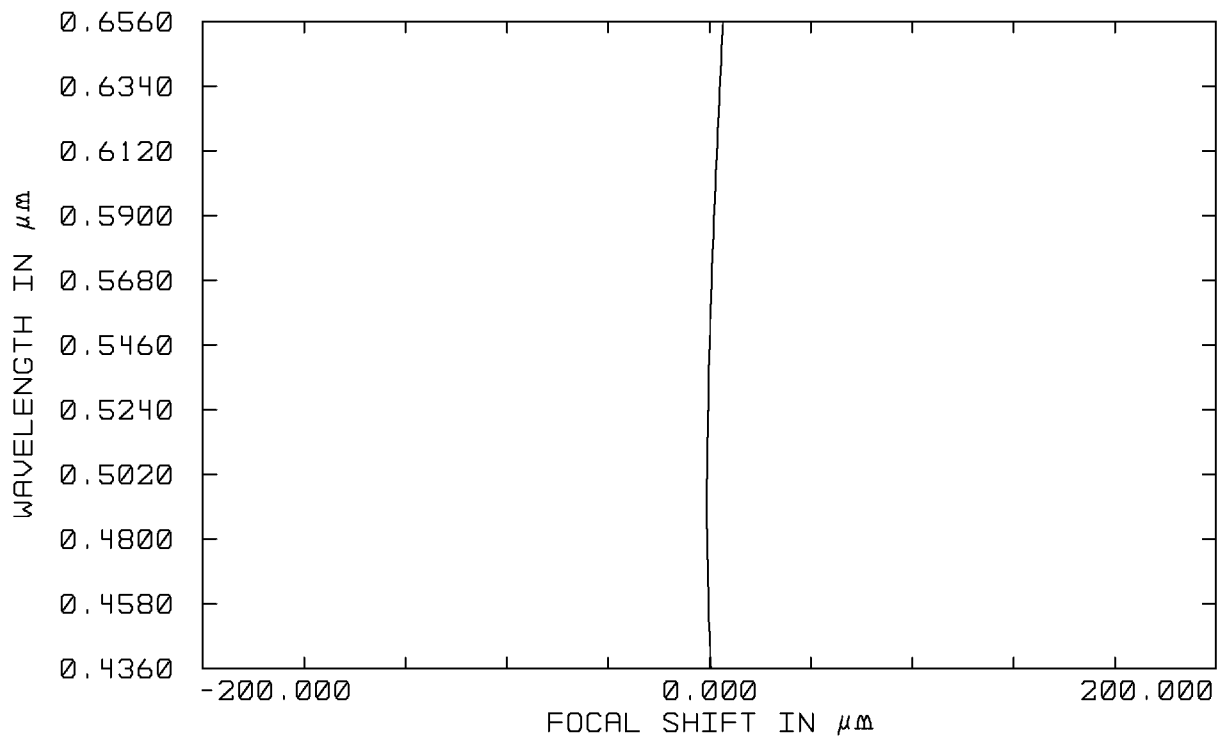
[請求項6] 請求項1ないし5のうちのいずれかの項に記載の広角レンズと、

前記広角レンズの焦点位置に配置された撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

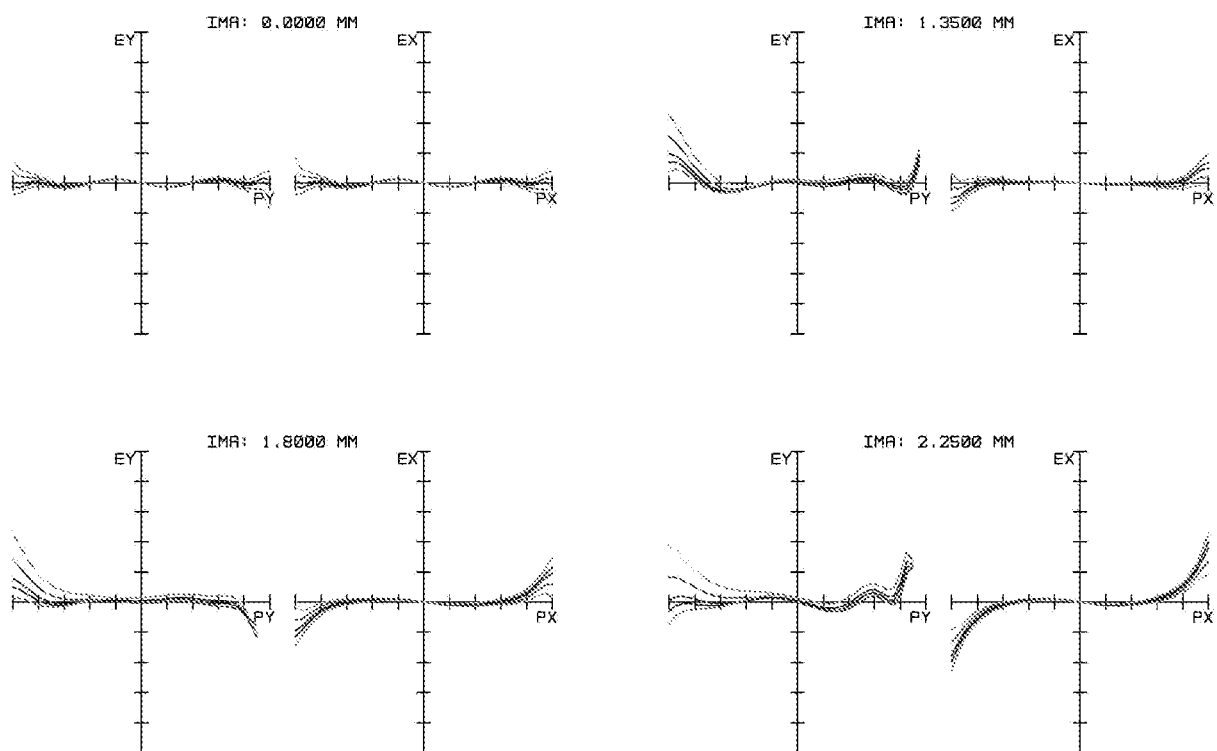
[図1]



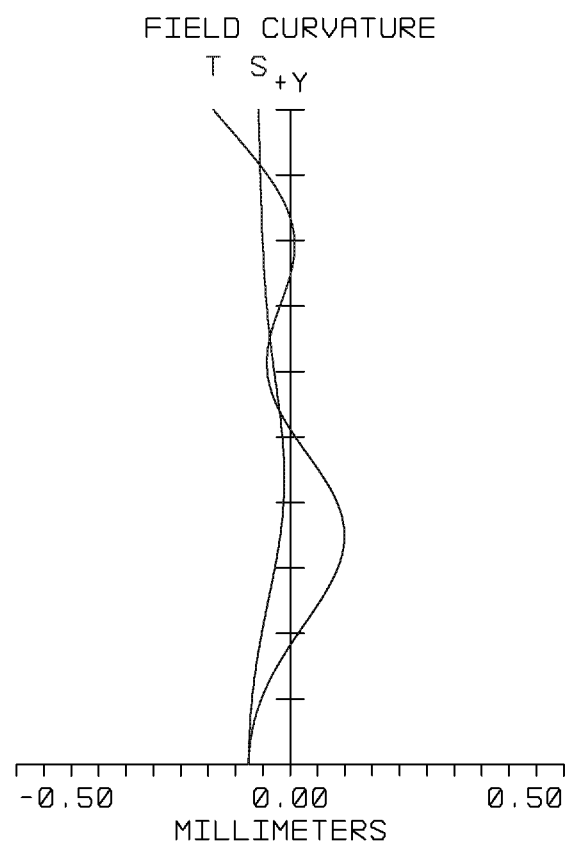
[図2A]



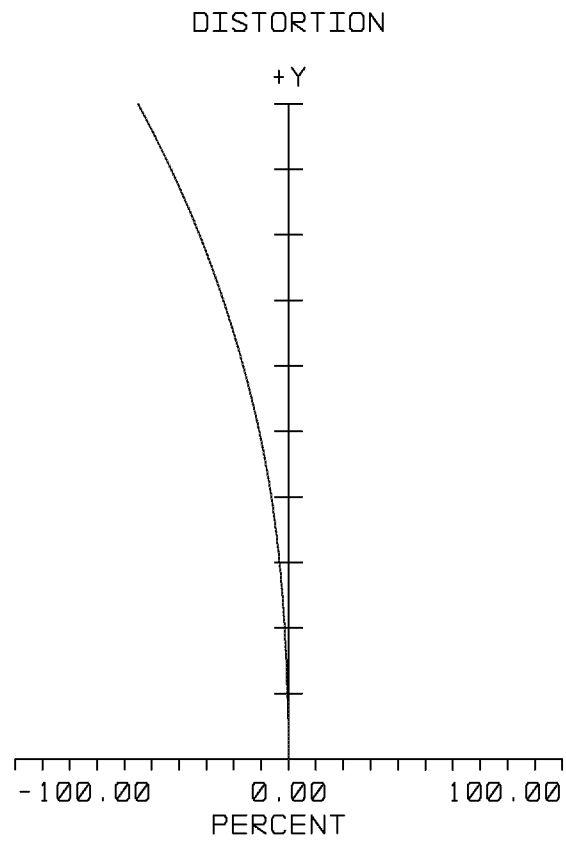
[図2B]



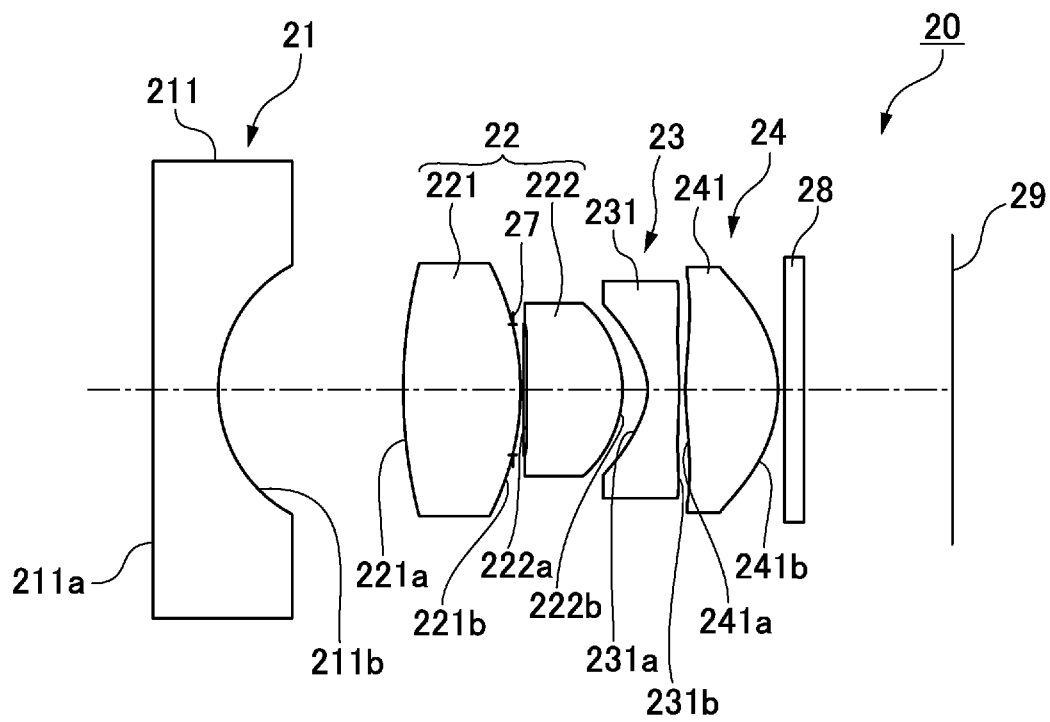
[図2C]



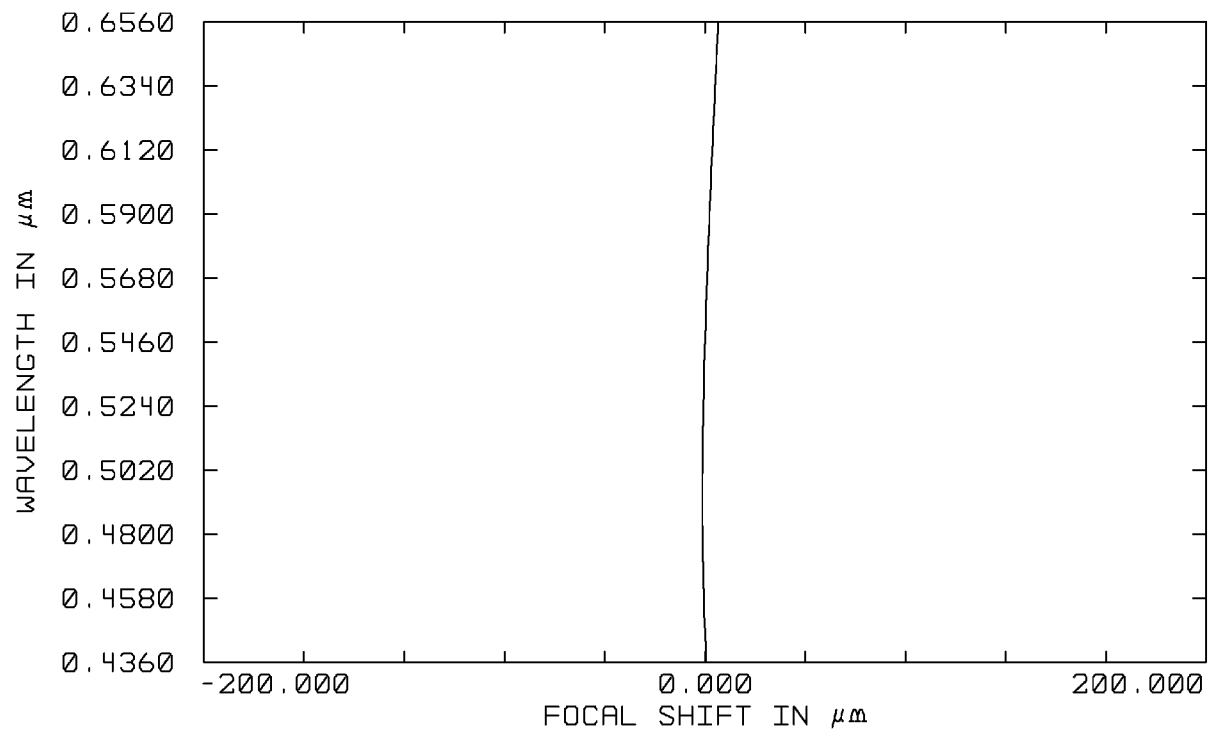
[図2D]



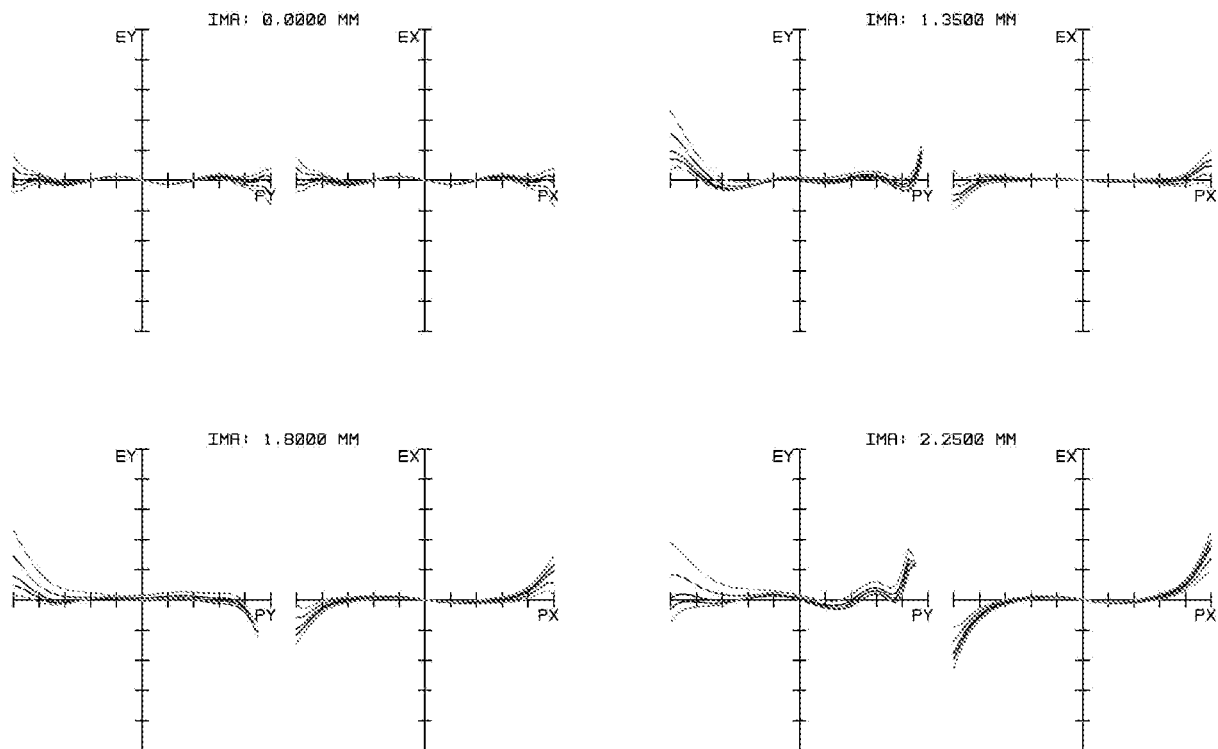
[図3]



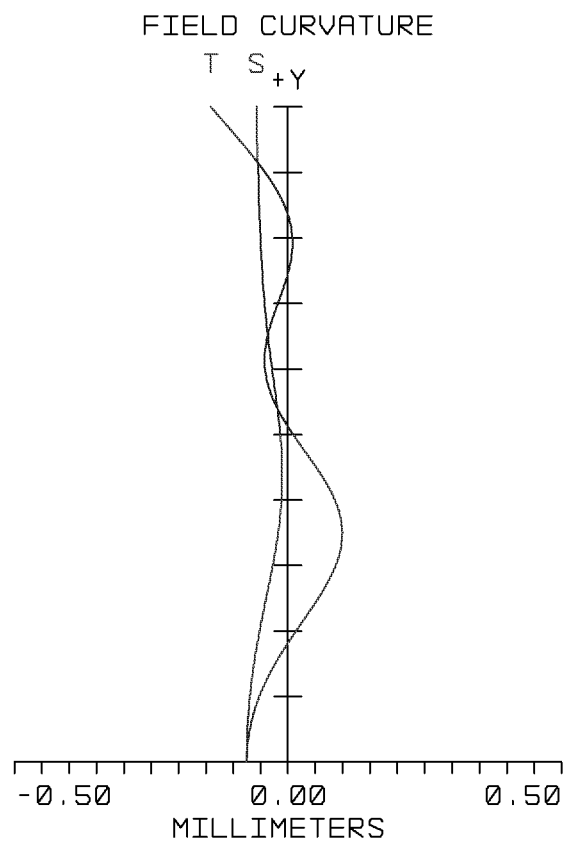
[図4A]



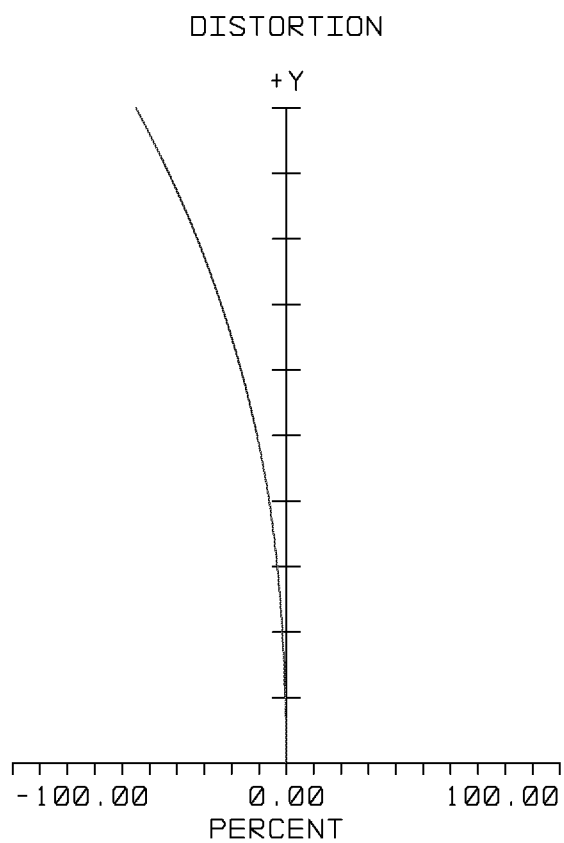
[図4B]



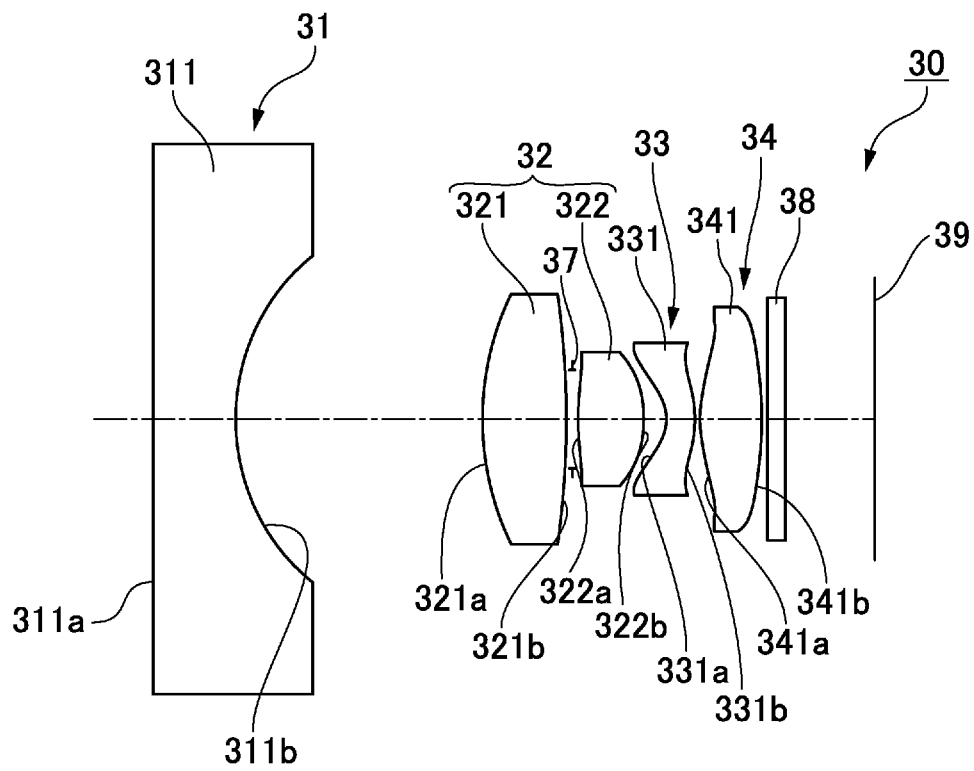
[図4C]



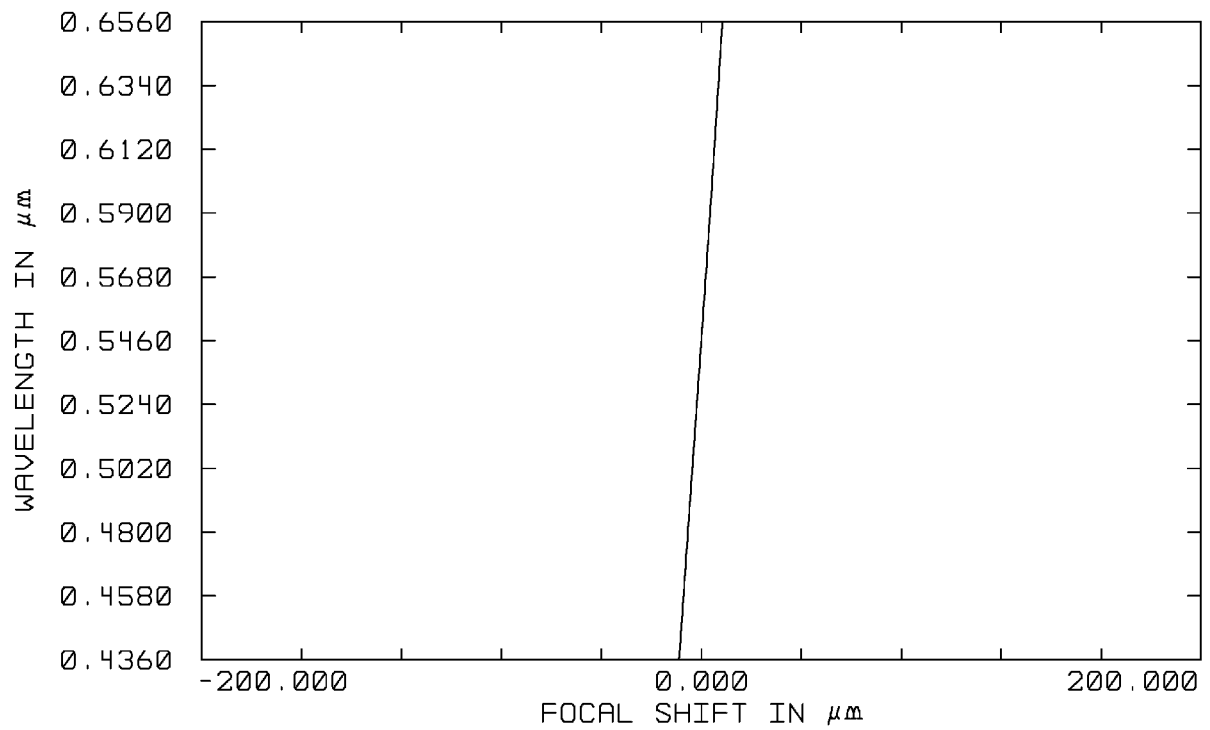
[図4D]



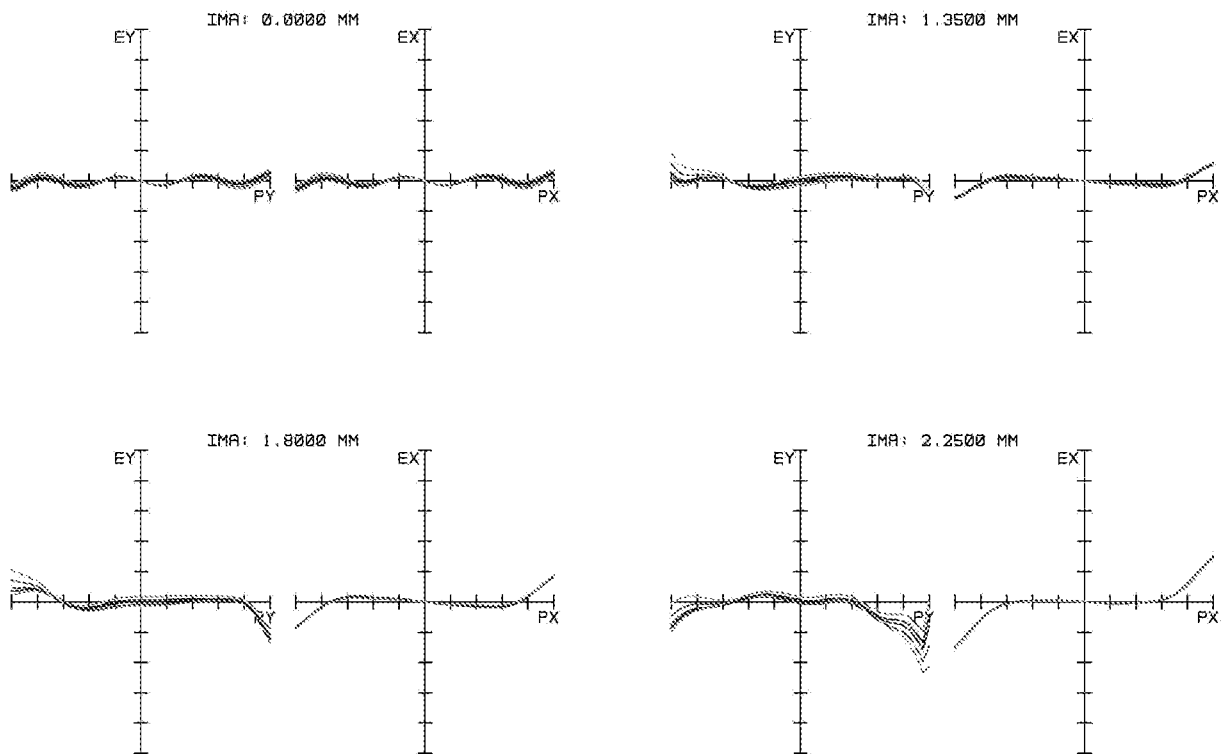
[図5]



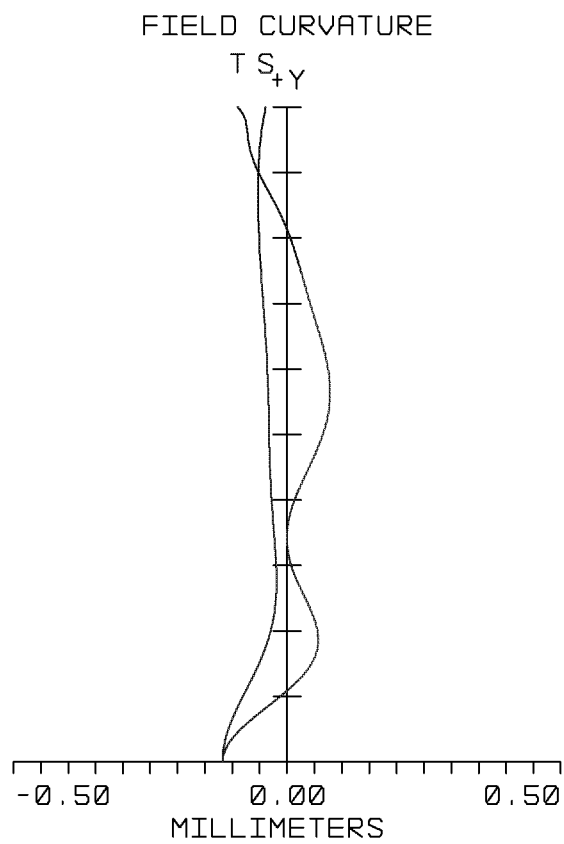
[図6A]



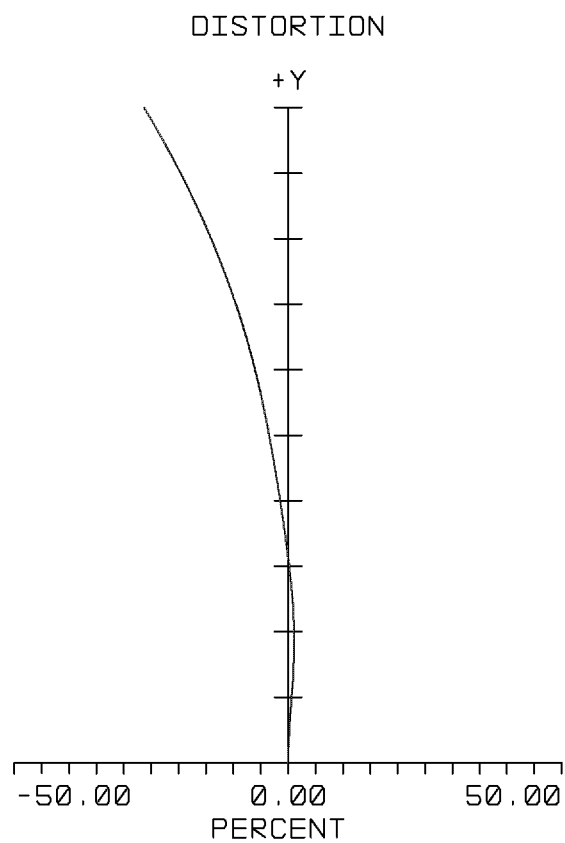
[図6B]



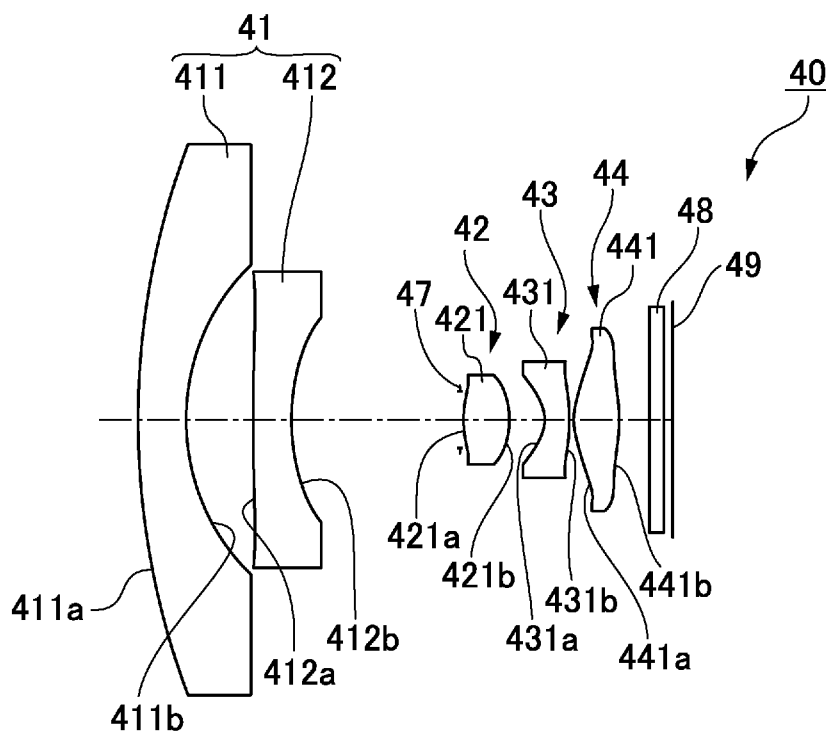
[図6C]



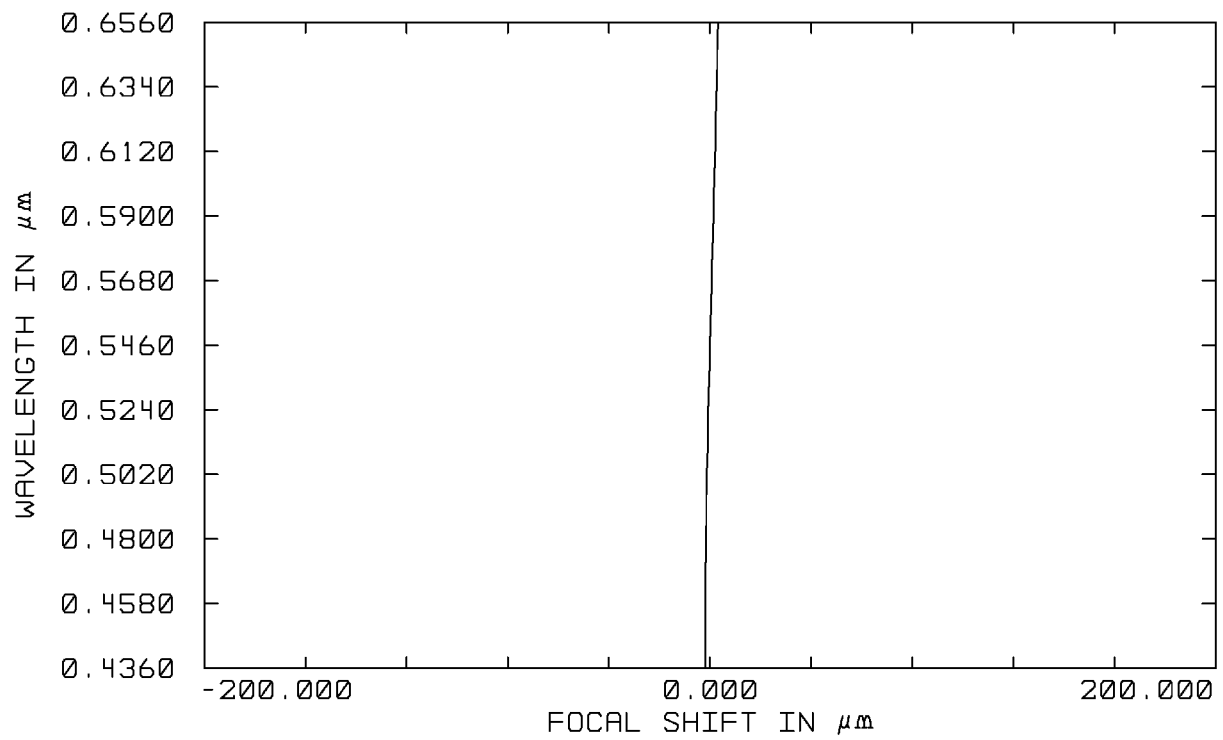
[図6D]



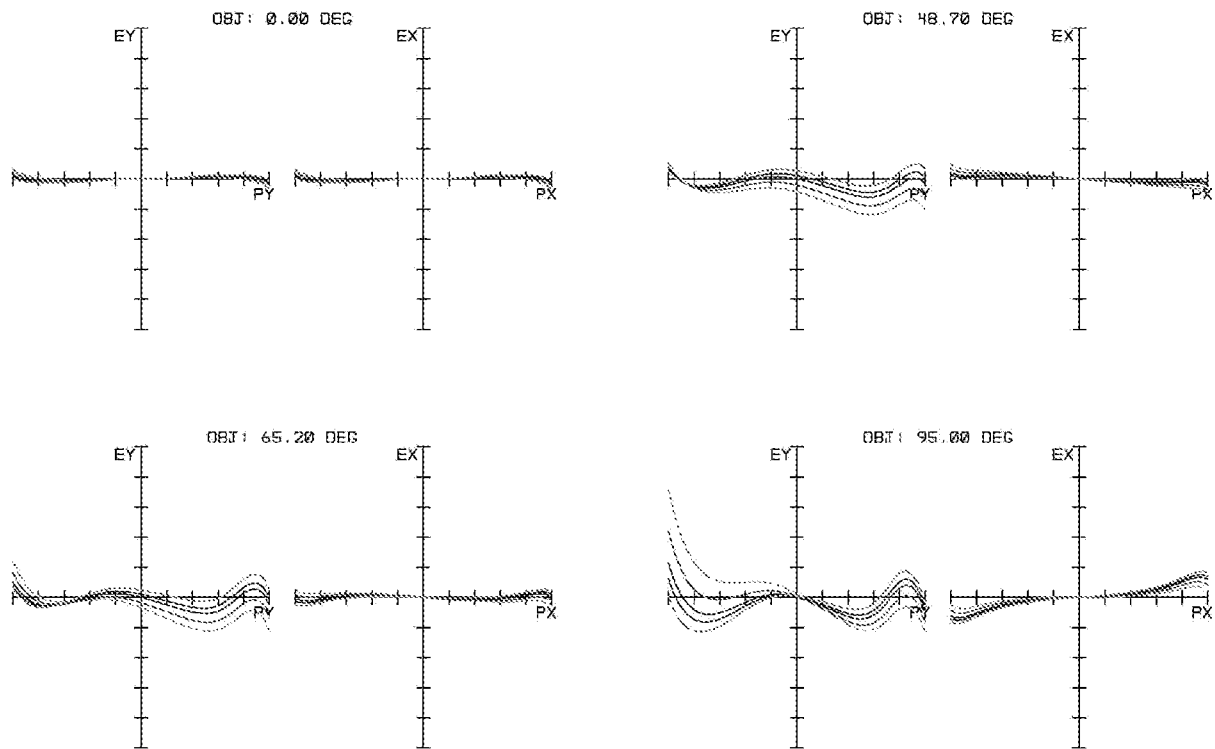
[図7]



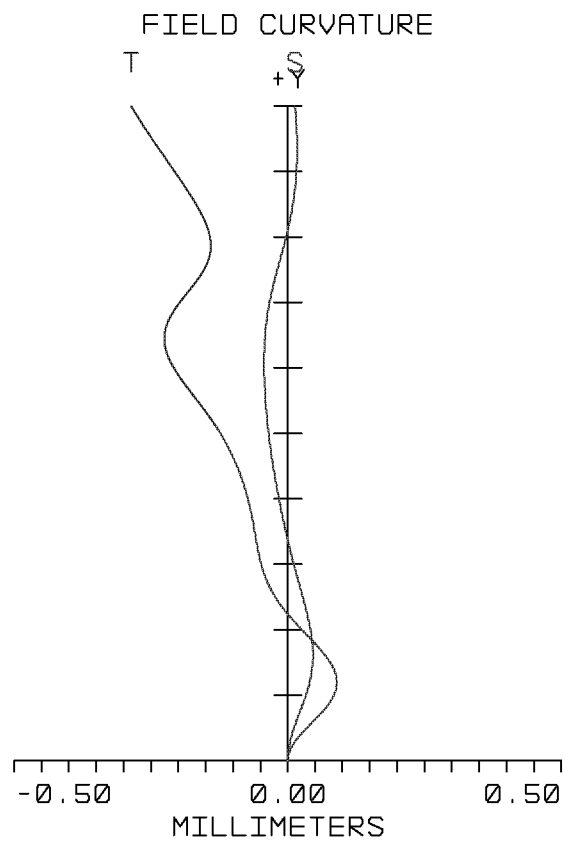
[図8A]



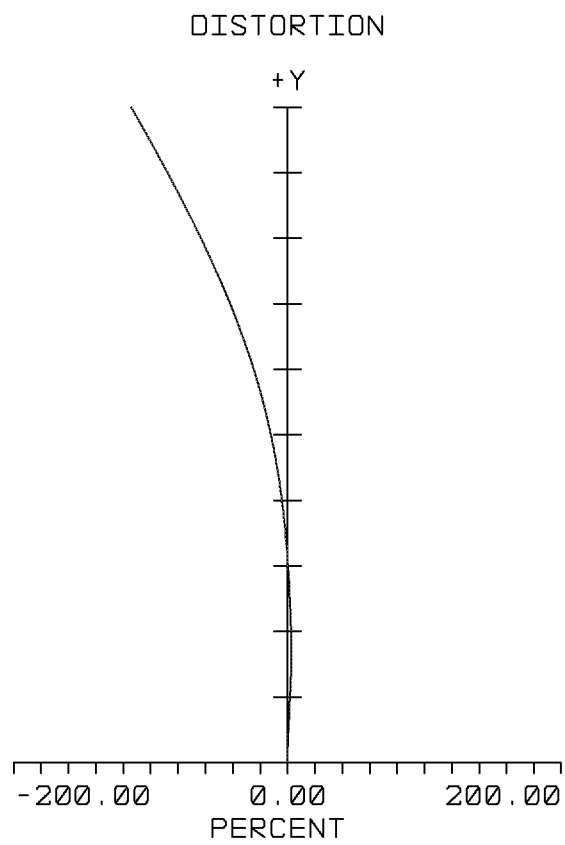
[図8B]



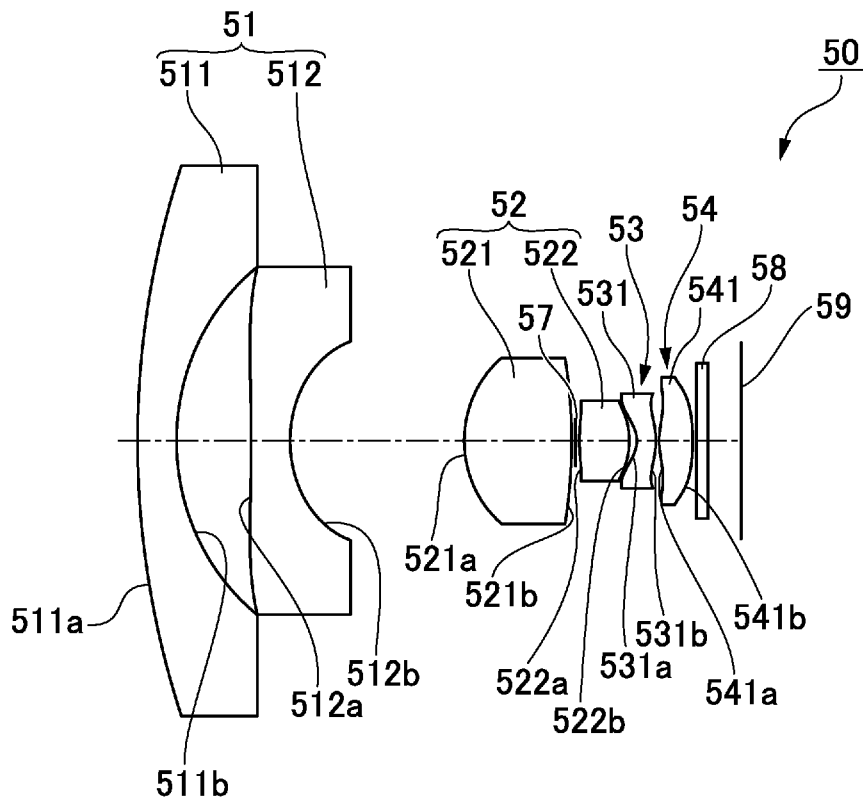
[圖8C]



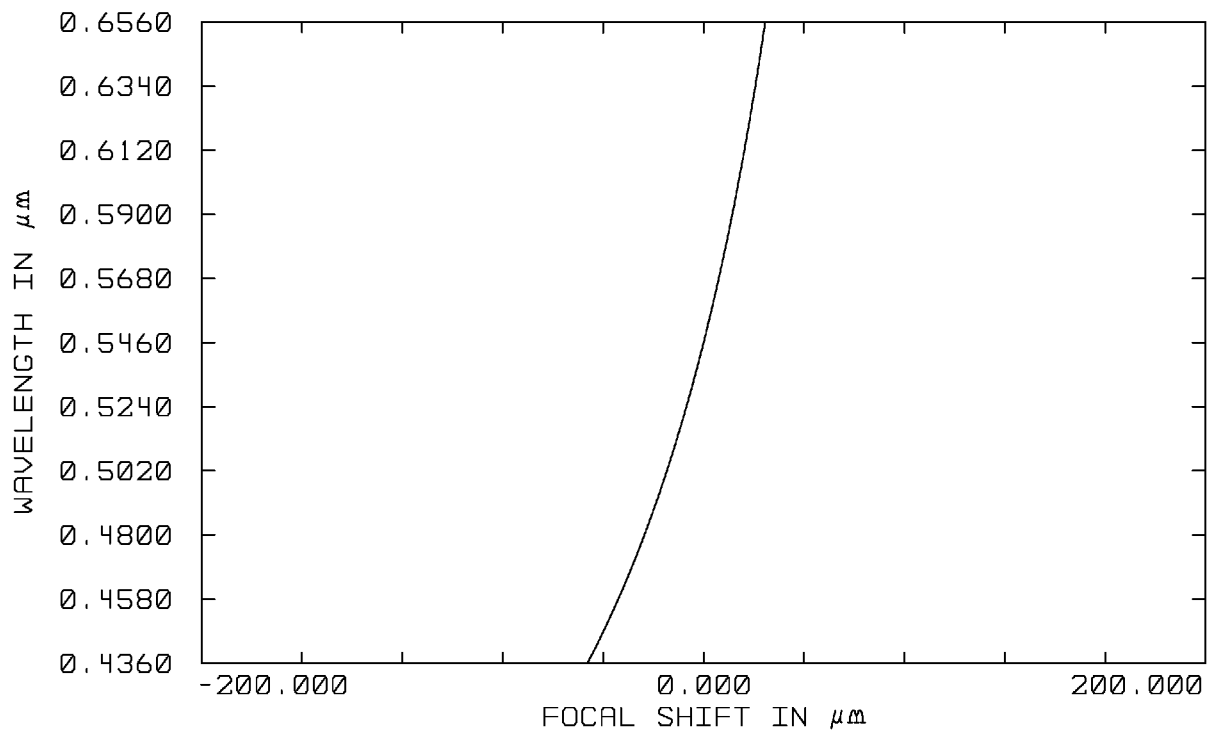
[圖8D]



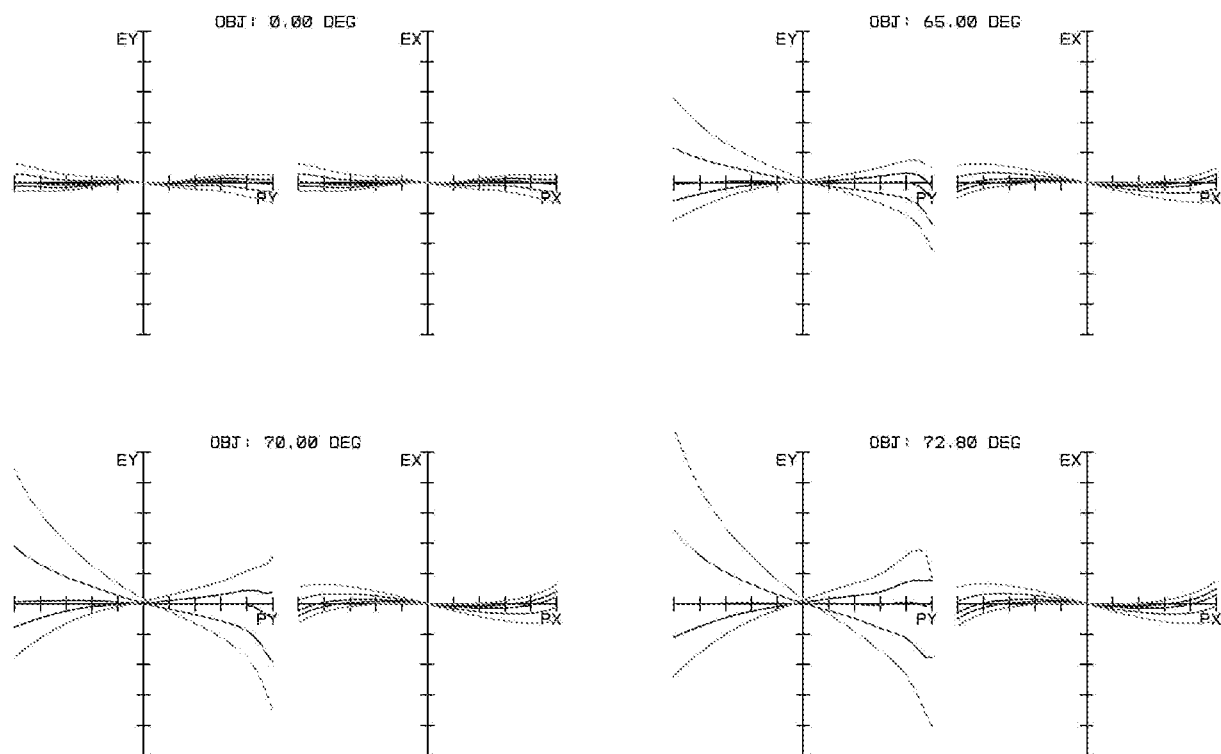
[図9]



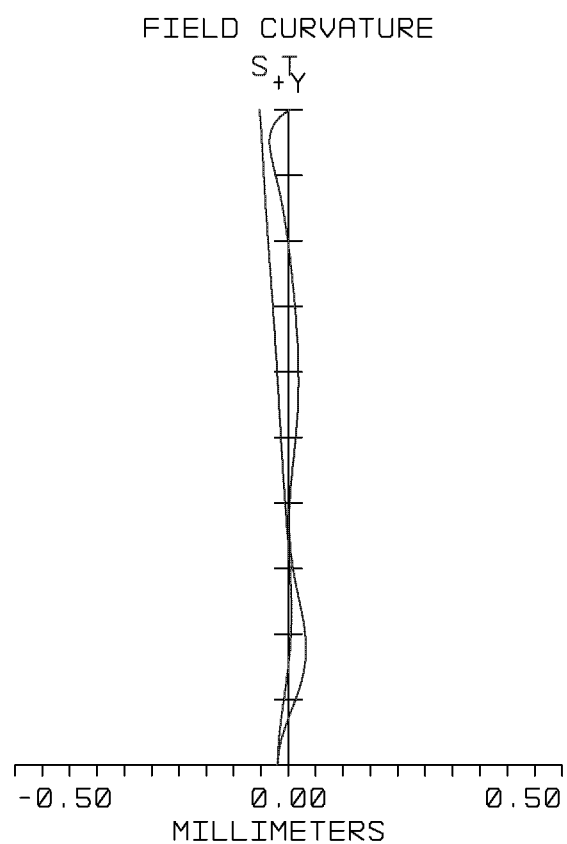
[図10A]



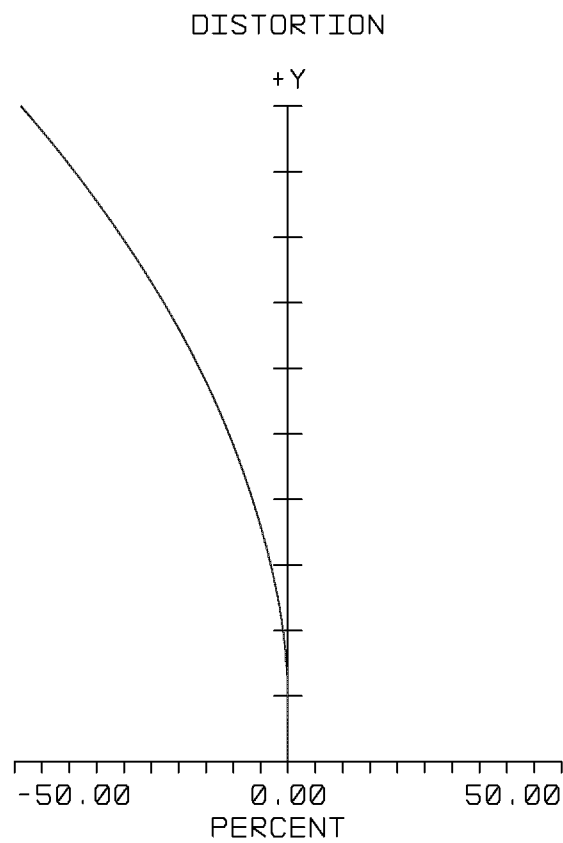
[図10B]



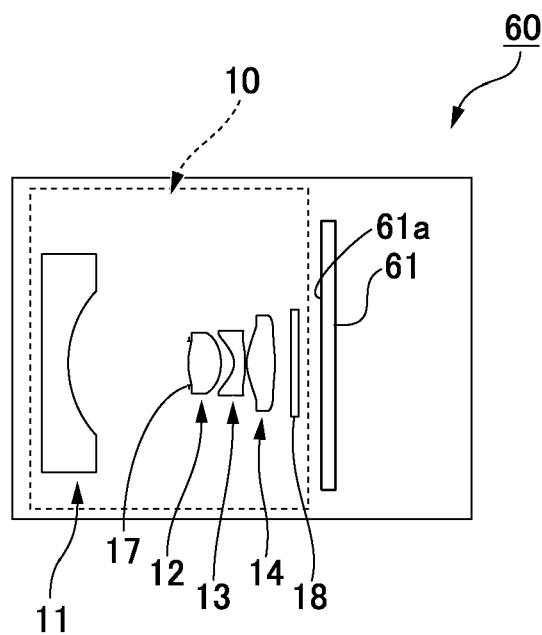
[図10C]



[図10D]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/001035

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B13/04(2006.01) i, G02B13/18(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B13/04, G02B13/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2007-279632 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 25 October 2007 (25.10.2007), entire text; all drawings; particularly, carrying-out modes 5 to 6 (Family: none)	1-6
X	JP 2007-249073 A (Sony Corp.), 27 September 2007 (27.09.2007), entire text; all drawings; particularly, example 2 & US 2007/0217035 A1 & US 7667901 B2 & CN 101038365 A & CN 100480767 C & JP 4929770 B2	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
07 May, 2013 (07.05.13)Date of mailing of the international search report
21 May, 2013 (21.05.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/001035

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2009-14947 A (Olympus Imaging Corp.), 22 January 2009 (22.01.2009), entire text; all drawings; particularly, examples 1 to 3 & US 2009/0052053 A1 & US 7760444 B2	1-6
X	JP 2007-333966 A (Sony Corp.), 27 December 2007 (27.12.2007), entire text; all drawings; particularly, numerical examples 1 to 2 & US 2008/0144193 A1 & US 7623305 B2 & CN 101089672 A & CN 100545694 C	1-6
X	JP 2006-349920 A (Ricoh Co., Ltd.), 28 December 2006 (28.12.2006), entire text; all drawings; particularly, 3rd example & EP 1734393 A1	1-6
X	JP 11-95094 A (Canon Inc.), 09 April 1999 (09.04.1999), entire text; all drawings; particularly, numerical example 3 (Family: none)	1-6
X	JP 9-222558 A (Konica Corp.), 26 August 1997 (26.08.1997), entire text; all drawings; particularly, examples 3 to 4 & US 5774279 A	1-6
X A	JP 2002-296498 A (Fuji Photo Optical Co., Ltd.), 09 October 2002 (09.10.2002), entire text; all drawings; particularly, example 1 & US 2002/0196564 A1 & US 6747816 B2 & JP 4812957 B2	1,3-6 2
X A	JP 2006-276779 A (Pentax Corp.), 12 October 2006 (12.10.2006), entire text; all drawings; particularly, examples 1 to 8 & US 2006/0221457 A1 & US 7379252 B2 & DE 102006014887 A1 & DE 102006014887 B4 & JP 4681921 B2	1,3-6 2
X A	JP 2-208617 A (Hitachi, Ltd.), 20 August 1990 (20.08.1990), entire text; all drawings; particularly, numerical examples 1 to 4 (Family: none)	1,3-6 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/001035

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2010-243709 A (Ricoh Co., Ltd.), 28 October 2010 (28.10.2010), entire text; all drawings; particularly, example 1 & US 2012/0026285 A1 & EP 2414883 A1 & WO 2010/113669 A1 & CN 102369471 A	1, 4-6 2-3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G02B13/04(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B13/04, G02B13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2007-279632 A（松下電器産業株式会社）2007. 10. 25, 全文、全図、特に、実施の形態 5-6（ファミリーなし）	1-6
X	JP 2007-249073 A（ソニー株式会社）2007. 09. 27, 全文、全図、特に、実施例 2 & US 2007/0217035 A1 & US 7667901 B2 & CN 101038365 A & CN 100480767 C & JP 4929770 B2	1-6

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

0 7 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 5 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

森内 正明

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

2 V

9 2 2 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2009-14947 A (オリンパスイメージング株式会社) 2009. 01. 22, 全文、全図、特に、実施例 1-3 & US 2009/0052053 A1 & US 7760444 B2	1-6
X	JP 2007-333966 A (ソニー株式会社) 2007. 12. 27, 全文、全図、特に、数値実施例 1-2 & US 2008/0144193 A1 & US 7623305 B2 & CN 101089672 A & CN 100545694 C	1-6
X	JP 2006-349920 A (株式会社リコー) 2006. 12. 28, 全文、全図、特に、第 3 の実施例 & EP 1734393 A1	1-6
X	JP 11-95094 A (キヤノン株式会社) 1999. 04. 09, 全文、全図、特に、数値実施例 3 (ファミリーなし)	1-6
X	JP 9-222558 A (コニカ株式会社) 1997. 08. 26, 全文、全図、特に、実施例 3-4 & US 5774279 A	1-6
X A	JP 2002-296498 A (富士写真光機株式会社) 2002. 10. 09, 全文、全図、特に、実施例 1 & US 2002/0196564 A1 & US 6747816 B2 & JP 4812957 B2	1, 3-6 2
X A	JP 2006-276779 A (ペンタックス株式会社) 2006. 10. 12, 全文、全図、特に、実施例 1-8 & US 2006/0221457 A1 & US 7379252 B2 & DE 102006014887 A1 & DE 102006014887 B4 & JP 4681921 B2	1, 3-6 2
X A	JP 2-208617 A (株式会社日立製作所) 1990. 08. 20, 全文、全図、特に、数値実施例 1-4 (ファミリーなし)	1, 3-6 2
X A	JP 2010-243709 A (株式会社リコー) 2010. 10. 28, 全文、全図、特に、実施例 1 & US 2012/0026285 A1 & EP 2414883 A1 & WO 2010/113669 A1 & CN 102369471 A	1, 4-6 2-3