

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5752850号
(P5752850)

(45) 発行日 平成27年7月22日(2015.7.22)

(24) 登録日 平成27年5月29日(2015.5.29)

(51) Int.Cl. F 1
GO 2 B 13/00 (2006.01) GO 2 B 13/00
GO 2 B 13/18 (2006.01) GO 2 B 13/18

請求項の数 18 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2014-509046 (P2014-509046)	(73) 特許権者	306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(86) (22) 出願日	平成25年3月29日(2013.3.29)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/002171	(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
(87) 国際公開番号	W02013/150755	(72) 発明者	篠原 義和 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324 番地 富士フイルム株式会社内
(87) 国際公開日	平成25年10月10日(2013.10.10)	(72) 発明者	長 倫生 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324 番地 富士フイルム株式会社内
審査請求日	平成26年7月8日(2014.7.8)		
(31) 優先権主張番号	61/637,589		
(32) 優先日	平成24年4月24日(2012.4.24)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	特願2012-83859 (P2012-83859)		
(32) 優先日	平成24年4月2日(2012.4.2)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像レンズおよび撮像レンズを備えた撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、
 正の屈折力を有し、かつ、物体側に凸面を向けた第1レンズと、
 負の屈折力を有し、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズである第2レンズと、
 正の屈折力を有する第3レンズと、
 正の屈折力を有する第4レンズと、
 負の屈折力を有し、かつ、物体側に凹面を向けた第5レンズと、
 負の屈折力を有し、かつ、像側の面が光軸近傍で像側に凹形状となり、周辺部で凸形状となる非球面形状である第6レンズと、
 から構成される実質的に6個のレンズからなり、下記条件式を満足することを特徴とする撮像レンズ。

$$-4.0 < f / f_6 < -0.8 \quad (1)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f₆ : 前記第6レンズの焦点距離

とする。

【請求項2】

前記第1レンズが物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであることを特徴とする請求項1に記載の撮像レンズ。

【請求項 3】

前記第 4 レンズが物体側に凹面を向けたメニスカスレンズであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の撮像レンズ。

【請求項 4】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の撮像レンズ。

$$d_5 < 3.5 \quad (2)$$

ただし、

d_5 : 前記第 5 レンズの d 線に関するアッベ数

とする。

10

【請求項 5】

前記第 5 レンズが変曲点を有する非球面形状であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

【請求項 6】

さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

$$0.8 < f_{123} / f_1 < 1.3 \quad (3)$$

ただし、

f_{123} : 前記第 1 レンズから前記第 3 レンズまでの合成焦点距離

とする。

20

【請求項 7】

さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

$$1 < f_3 / f_1 < 5 \quad (4)$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズの焦点距離、

f_3 : 前記第 3 レンズの焦点距離

とする。

【請求項 8】

さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

$$0.15 < f_6 / f_2 < 1.30 \quad (5)$$

ただし、

f_2 : 前記第 2 レンズの焦点距離、

f_6 : 前記第 6 レンズの焦点距離

とする。

30

【請求項 9】

さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

$$-3.0 < f / f_6 < -1.0 \quad (1-1)$$

40

【請求項 10】

さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 9 に記載の撮像レンズ。

$$-2.0 < f / f_6 < -1.1 \quad (1-2)$$

【請求項 11】

さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

$$d_5 < 3.1 \quad (2-2)$$

ただし、

d_5 : 前記第 5 レンズの d 線に関するアッベ数

とする。

50

【請求項 1 2】

さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

$$0.85 < f / f_{123} < 1.1 \quad (3-1)$$

ただし、

f_{123} ：前記第 1 レンズから前記第 3 レンズまでの合成焦点距離とする。

【請求項 1 3】

さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 2 に記載の撮像レンズ。

$$0.9 < f / f_{123} < 1.0 \quad (3-2)$$

10

【請求項 1 4】

さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

$$1.5 < f_3 / f_1 < 4 \quad (4-1)$$

ただし、

f_1 ：前記第 1 レンズの焦点距離、

f_3 ：前記第 3 レンズの焦点距離

とする。

【請求項 1 5】

さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 4 に記載の撮像レンズ。

$$2 < f_3 / f_1 < 3 \quad (4-2)$$

20

【請求項 1 6】

さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 5 のいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

$$0.2 < f_6 / f_2 < 0.7 \quad (5-1)$$

ただし、

f_2 ：前記第 2 レンズの焦点距離、

f_6 ：前記第 6 レンズの焦点距離

とする。

【請求項 1 7】

さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 6 に記載の撮像レンズ。

$$0.25 < f_6 / f_2 < 0.5 \quad (5-2)$$

30

【請求項 1 8】

請求項 1 から 1 7 のいずれか 1 項に記載された撮像レンズを備えたことを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、CCD (Charge Coupled Device) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子上に被写体の光学像を結像させる固定焦点の撮像レンズ、およびその撮像レンズを搭載して撮影を行うデジタルスチルカメラやカメラ付き携帯電話機および情報携帯端末 (PDA: Personal Digital Assistance)、スマートフォン、携帯型ゲーム機等の撮像装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

近年、パーソナルコンピュータの一般家庭等への普及に伴い、撮影した風景や人物像等の画像情報をパーソナルコンピュータに入力することができるデジタルスチルカメラが急速に普及している。また、携帯電話、スマートフォンに画像入力用のカメラモジュールが搭載されることも多くなっている。このような撮像機能を有する機器には、CCD や CMOS などの撮像素子が用いられている。近年、これらの撮像素子のコンパクト化が進み、

50

撮像機器全体ならびにそれに搭載される撮像レンズにも、コンパクト性が要求されている。また同時に、撮像素子の高画素化も進んでおり、撮像レンズの高解像、高性能化が要求されている。例えば5メガピクセル以上、よりさらに好適には8メガピクセル以上の高画素に対応した性能が要求されている。

【0003】

このような要求に対しては、例えば全長の短縮化および高解像化を図るためにレンズ枚数が比較的多い5枚または6枚構成とすることが考えられる（特許文献1および2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0004】

【特許文献1】韓国公開特許第2010-0040357号公報

【特許文献2】中国実用新案公告第202067015号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、上記のように比較的多いレンズ枚数から構成され、特に携帯端末に用いられるようなレンズ全長の短縮化が要求される撮像レンズにおいて、従来使用されていたものと同程度の大きいサイズの撮像素子にも対応可能な大きいイメージサイズを有する撮像レンズの実現が求められている。

20

【0006】

上記要求に応えるために、上記特許文献1に記載の6枚構成の撮像レンズは、全長をさらに短縮化することが求められる。上記特許文献2に記載のレンズは、撮像素子のサイズに対して全長の割合が大きく、比較的大きいサイズの撮像素子に比例拡大して適用すると全長が長くなってしまいうため、やはり全長をさらに短縮化することが求められる。

【0007】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、全長の短縮化を図りつつ、イメージサイズが大きく、中心画角から周辺画角まで高い結像性能を実現することができる撮像レンズ、およびその撮像レンズを搭載して高解像の撮像画像を得ることができる撮像装置を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の撮像レンズは、物体側から順に、正の屈折力を有し、かつ、物体側に凸面を向けた第1レンズと、負の屈折力を有し、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズである第2レンズと、正の屈折力を有する第3レンズと、正の屈折力を有する第4レンズと、負の屈折力を有し、かつ、物体側に凹面を向けた第5レンズと、負の屈折力を有し、かつ、像側の面が光軸近傍で像側に凹形状となり、周辺部で凸形状となる非球面形状である第6レンズと、から構成される実質的に6個のレンズからなり、下記条件式を満足することを特徴とする。

$$-4.0 < f/f_6 < -0.8 \quad (1)$$

40

ただし、

f：全系の焦点距離

f₆：第6レンズの焦点距離

とする。

【0009】

本発明の撮像レンズによれば、全体として6枚というレンズ構成において、各レンズ要素の構成を最適化し、特に第1レンズ、第5レンズおよび第6レンズの形状を好適に構成したので、全長を短縮化しながらも、イメージサイズが大きく、高解像性能を有するレンズ系を実現することができる。

【0010】

50

なお、上記本発明の撮像レンズにおいて、「実質的に6個のレンズからなり、」とは、本発明の撮像レンズが、6個のレンズ以外に、実質的にパワーを有さないレンズ、絞りやカバーガラス等レンズ以外の光学要素、レンズフランジ、レンズパレル、撮像素子、手振れ補正機構等の機構部分、等を持つものも含むことを意味する。

【0011】

本発明の撮像レンズにおいて、さらに、次の好ましい構成を採用して満足することで、光学性能をより良好なものとすることができる。

【0013】

本発明の撮像レンズにおいて、第1レンズが物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであることが好ましい。

10

【0014】

本発明の撮像レンズにおいて、第4レンズが物体側に凹面を向けたメニスカスレンズであることが好ましい。

【0015】

また、本発明の撮像レンズにおいて、第5レンズが変曲点を有する非球面形状であることが好ましい。

【0016】

本発明の撮像レンズは、以下の条件式(1-1)から(5-2)のいずれかを満足することが好ましい。なお、好ましい態様としては、条件式(1-1)から(5-2)のいずれか一つを満たすものでもよく、あるいは任意の組合せを満たすものでもよい。

20

$$-3.0 < f/f_6 < -1.0 \quad (1-1)$$

$$-2.0 < f/f_6 < -1.1 \quad (1-2)$$

$$d_5 < 3.5 \quad (2)$$

$$d_5 < 3.1 \quad (2-2)$$

$$0.8 < f/f_{123} < 1.3 \quad (3)$$

$$0.85 < f/f_{123} < 1.1 \quad (3-1)$$

$$0.9 < f/f_{123} < 1.0 \quad (3-2)$$

$$1 < f_3/f_1 < 5 \quad (4)$$

$$1.5 < f_3/f_1 < 4 \quad (4-1)$$

$$2 < f_3/f_1 < 3 \quad (4-2)$$

30

$$0.15 < f_6/f_2 < 1.30 \quad (5)$$

$$0.2 < f_6/f_2 < 0.7 \quad (5-1)$$

$$0.25 < f_6/f_2 < 0.5 \quad (5-2)$$

ただし、

f：全系の焦点距離

f₁：第1レンズの焦点距離

f₂：第2レンズの焦点距離

f₃：第3レンズの焦点距離

f₆：第6レンズの焦点距離

f₁₂₃：第1レンズから第3レンズまでの合成焦点距離

40

d₅：第5レンズのd線に関するアッペ数

とする。

【0017】

本発明による撮像装置は、本発明の撮像レンズを備えている。

【0018】

本発明による撮像装置では、本発明の撮像レンズによって得られた高解像の光学像に基づいて高解像の撮像信号を得ることができる。

【発明の効果】

【0019】

本発明の撮像レンズによれば、全体として6枚というレンズ構成において、各レンズ要

50

素の構成を最適化し、特に第1レンズと第6レンズの形状を好適に構成したので、全長を短縮化しながらも、イメージサイズが大きく、さらに中心画角から周辺画角まで高い結像性能を有するレンズ系を実現できる。

【0020】

また、本発明の撮像装置によれば、上記本発明の高い結像性能を有する撮像レンズによって形成された光学像に応じた撮像信号を出力するようにしたので、高解像の撮影画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の一実施の形態に係る撮像レンズの第1の構成例を示すものであり、実施例1に対応するレンズ断面図である。 10

【図2】本発明の一実施の形態に係る撮像レンズの第2の構成例を示すものであり、実施例2に対応するレンズ断面図である。

【図3】本発明の一実施の形態に係る撮像レンズの第3の構成例を示すものであり、実施例3に対応するレンズ断面図である。

【図4】本発明の一実施の形態に係る撮像レンズの第4の構成例を示すものであり、実施例4に対応するレンズ断面図である。

【図5】本発明の一実施の形態に係る撮像レンズの第5の構成例を示すものであり、実施例5に対応するレンズ断面図である。

【図6】本発明の一実施の形態に係る撮像レンズの第6の構成例を示すものであり、実施例6に対応するレンズ断面図である。 20

【図7】本発明の一実施の形態に係る撮像レンズの第7の構成例を示すものであり、実施例7に対応するレンズ断面図である。

【図8】本発明の一実施の形態に係る撮像レンズの第8の構成例を示すものであり、実施例8に対応するレンズ断面図である。

【図9】本発明の実施例1に係る撮像レンズの諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差(像面湾曲)、(C)は歪曲収差、(D)は倍率色収差を示す。

【図10】本発明の実施例2に係る撮像レンズの諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差(像面湾曲)、(C)は歪曲収差、(D)は倍率色収差を示す 30

【図11】本発明の実施例3に係る撮像レンズの諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差(像面湾曲)、(C)は歪曲収差、(D)は倍率色収差を示す。

【図12】本発明の実施例4に係る撮像レンズの諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差(像面湾曲)、(C)は歪曲収差、(D)は倍率色収差を示す。

【図13】本発明の実施例5に係る撮像レンズの諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差(像面湾曲)、(C)は歪曲収差、(D)は倍率色収差を示す。

【図14】本発明の実施例6に係る撮像レンズの諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差(像面湾曲)、(C)は歪曲収差、(D)は倍率色収差を示す 40

【図15】本発明の実施例7に係る撮像レンズの諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差(像面湾曲)、(C)は歪曲収差、(D)は倍率色収差を示す。

【図16】本発明の実施例8に係る撮像レンズの諸収差を示す収差図であり、(A)は球面収差、(B)は非点収差(像面湾曲)、(C)は歪曲収差、(D)は倍率色収差を示す 50

【図17】本発明に係る撮像レンズを備えた携帯電話端末である撮像装置を示す図。

【図18】本発明に係る撮像レンズを備えたスマートフォンである撮像装置を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0023】

図1は、本発明の一実施の形態に係る撮像レンズの第1の構成例を示している。この構成例は、後述の第1の数値実施例(表1、表9)のレンズ構成に対応している。同様に、後述の第2乃至第8の数値実施例(表2～表8および表10～表16)のレンズ構成に対応する第2乃至第8の構成例の断面構成を、図2～図8に示す。図1～図8において、符号 R_i は、最も物体側のレンズ要素の面を1番目として、像側(結像側)に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目の面の曲率半径を示す。符号 D_i は、 i 番目の面と $i+1$ 番目の面との光軸 Z_1 上の面間隔を示す。なお、各構成例共に基本的な構成は同じであるため、以下では、図1に示した撮像レンズの構成例を基本にして説明し、必要に応じて図2～図8の構成例についても説明する。

10

【0024】

本発明の実施の形態に係る撮像レンズ L は、CCDやCMOS等の撮像素子を用いた各種撮像機器、特に、比較的小型の携帯端末機器、例えばデジタルスチルカメラ、カメラ付き携帯電話機、スマートフォン、およびPDA等に用いて好適なものである。この撮像レンズ L は、光軸 Z_1 に沿って、物体側から順に、第1レンズ L_1 と、第2レンズ L_2 と、第3レンズ L_3 と、第4レンズ L_4 と、第5レンズ L_5 と、第6レンズ L_6 とを備えている。

20

【0025】

図17に、本発明の実施の形態にかかる撮像装置1である携帯電話端末の概観図を示す。本発明の実施の形態に係る撮像装置1は、本実施の形態に係る撮像レンズ L と、この撮像レンズ L によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力するCCDなどの撮像素子100(図1参照)とを備えて構成される。撮像素子100は、この撮像レンズ L の結像面(像面 R_{16})に配置される。

【0026】

図18に、本発明の実施の形態にかかる撮像装置501であるスマートフォンの概観図を示す。本発明の実施の形態に係る撮像装置501は、本実施の形態に係る撮像レンズ L と、この撮像レンズ L によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力するCCDなどの撮像素子100(図1参照)とを有するカメラ部541を備えて構成される。撮像素子100は、この撮像レンズ L の結像面(撮像面)に配置される。

30

【0027】

第6レンズ L_6 と撮像素子100との間には、レンズを装着するカメラ側の構成に応じて、種々の光学部材CGが配置されていても良い。例えば撮像面保護用のカバーガラスや赤外線カットフィルタなどの平板状の光学部材が配置されていても良い。この場合、光学部材CGとして例えば平板状のカバーガラスに、赤外線カットフィルタやNDフィルタ等のフィルタ効果のあるコートが施されたものを使用しても良い。

【0028】

また、光学部材CGを用いずに、第6レンズ L_6 にコートを施す等して光学部材CGと同等の効果を持たせるようにしても良い。これにより、部品点数の削減と全長の短縮を図ることができる。

40

【0029】

この撮像レンズ L はまた、第2レンズ L_2 の物体側の面より物体側に配置された開口絞り S_t を備えることが好ましい。このように、開口絞り S_t を第2レンズの物体側の面よりも物体側に配置したことにより、特に結像領域の周辺部において、光学系を通過する光線の結像面(撮像素子)への入射角が大きくなるのを抑制することができる。この効果をより高めるために、開口絞り S_t が光軸方向において第1レンズの物体側の面よりも物体側に配置されることがさらに好ましい。なお、開口絞り S_t が「第2レンズの物体側の面より物体側に配置され」とは、光軸方向における開口絞りの位置が、軸上マージナル光線

50

と第2レンズL2の物体側の面の交点と同じ位置かそれより物体側にあることを意味し、開口絞りStが「第1レンズの物体側の面より物体側に配置され」とは、光軸方向における開口絞りの位置が、軸上マージナル光線と第1レンズL1の物体側の面の交点と同じ位置かそれより物体側にあることを意味する。本実施の形態において、第1乃至第8の構成例のレンズ(図1~図8)が、開口絞りStが第1レンズL1の物体側の面より物体側に配置された構成例である。本実施の形態において、開口絞りStは第1レンズL1の面頂点よりも像側に配置されているが、これに限定されず、開口絞りStを第1レンズL1の面頂点よりも物体側に配置されていてもよい。開口絞りStが第1レンズL1の面頂点よりも物体側に配置されている場合には、開口絞りStが第1レンズL1の面頂点よりも像側に配置されている場合より周辺光量の確保の観点からはやや不利であるが、結像領域の周辺部において、光学系を通過する光線の結像面(撮像素子)への入射角が大きくなるのをさらに好適に抑制することができる。

10

【0030】

この撮像レンズLにおいて、第1レンズL1は光軸近傍において正の屈折力を有している。第1レンズL1は、光軸近傍において物体側に凸面を向けている。このように、第1レンズL1を物体側に凸面を向けたものとするにより、レンズ系の最も物体側の面を物体側に凸形状とすることとなるため、後側主点位置をより物体側に位置させることができ、全長を好適に短縮化できる。また、第1レンズL1を光軸近傍において物体側に凸面を向けたメニスカスレンズとすることが好ましく、この場合には、同効果をさらに高めることができる。

20

【0031】

第2レンズL2は、光軸近傍において負の屈折力を有している。また、第2レンズL2は、光軸近傍において物体側に凸面を向けていることが好ましい。第2レンズL2が光軸近傍において物体側に凸面を向けていることにより、より全長を好適に短縮化でき、かつ、異なる波長の光線に対して、波長ごとに球面収差が異なったものとなることを抑制することができる。また、第2レンズL2は、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであることが好ましい。

【0032】

第3レンズL3は、光軸近傍において正の屈折力を有している。また、第3レンズL3は、光軸近傍において物体側に凸面を向けていることが好ましい。第3レンズL3を光軸近傍において物体側に凸面を向けたものとするにより、像側に凹面を向けた第2レンズL2と対応した形状となるため、第2レンズL2と第3レンズL3の光軸上の距離を短くすることができ、全長をより短縮化することができる。また、第3レンズL3を光軸近傍において両凸形状とすることが更に好ましい。第3レンズL3の像側の面を像側に凸面とすることにより、光学系の周辺部を通過する光線の収差に及ぼす影響を抑制しつつ、第1レンズL1から第3レンズL3までの屈折力をより強いものとすることができ、より好適に全長の短縮化を実現することができる。

30

【0033】

第4レンズL4は、光軸近傍において正の屈折力を有している。また、第4レンズL4は、光軸近傍において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズであることが好ましい。第4レンズL4を光軸近傍において物体側に凹面を向けたメニスカスレンズとすることにより、良好に非点収差を補正することができる。

40

【0034】

第5レンズL5は、光軸近傍において負の屈折力を有している。また、第5レンズL5は、光軸近傍において物体側に凹面を向けていることが好ましい。この撮像レンズLにおいて第5レンズL5を光軸近傍で物体側に凹面を向けた構成とすることにより、非点収差を良好に補正できる。また、第5レンズL5を有効径内に変曲点を有する非球面形状とすることが好ましい。第5レンズL5の物体側の面における「変曲点」とは、第5レンズL5の物体側の面形状が物体側に対して凸形状から凹形状(または凹形状から凸形状)に切り替わる点を意味する。変曲点の位置は、第5レンズL5の物体側の面の有効径内であれ

50

ば光軸から半径方向外側の任意の位置に配置することができ、好ましくは、周辺部に配置することが好ましい。なお、ここでいう周辺部は、最大有効半径の略6割より半径方向外側を意味する。第5レンズL5の物体側の面に変曲点を有する非球面形状とすることにより、良好に像面湾曲を補正することができる。本明細書における各実施形態では、変曲点を周辺部に設けているため、同効果をより高めることができる。

【0035】

第6レンズL6は、光軸近傍において負の屈折力を有している。また、第6レンズL6は、光軸近傍において像側に凹面を向けている。この撮像レンズLにおいて第6レンズL6を光軸近傍で像側に凹面を向けた構成とすることにより、好適に全長の短縮化を実現することができる。さらに、第6レンズL6は像側の面が光軸近傍で像側に凹形状であるとともに周辺部で凸形状を有する非球面形状である。第6レンズL6を像側の面が光軸近傍で像側に凹形状であるとともに周辺部で凸形状を有する非球面形状とすることにより特に結像領域の周辺部において、光学系を通過する光線の結像面（撮像素子）への入射角が大きくなるのを抑制することができ、全長の短縮化を実現しつつ、結像領域の周辺部における受光効率の低下を抑えることができる。なお、ここでいう周辺部は、最大有効半径の略6割より半径方向外側を意味する。

10

【0036】

この撮像レンズLは、正の屈折力の第1レンズL1、負の屈折力の第2レンズL2、正の屈折力の第3レンズL3が、レンズ系全体の主たる屈折力を構成している。上述の第1レンズL1から第3レンズL3の構成により、画素サイズに対して好適に全長を短縮化しながらも、大きいイメージサイズを実現できる。また、この第1レンズL1から第3レンズL3の構成によれば、軸上色収差および球面収差を良好に補正することができる。さらに、この撮像レンズLにおいて、第4レンズL4を備えて屈折力をより強いものとし、第4レンズL4に像側に隣接して、負の屈折力を有する第5レンズL5および第6レンズL6を備えることにより、レンズ全系の後側主点をより物体側に位置させることができ、良好に全長を短縮化することができる。

20

【0037】

この撮像レンズLは、高性能化のために、第1レンズL1乃至第6レンズL6のそれぞれのレンズの少なくとも一方の面に、非球面を用いることが好適である。

【0038】

また、上記撮像レンズLを構成する各レンズL1乃至L6は接合レンズでなく単レンズとすることが好ましい。各レンズL1乃至L6のいずれかを接合レンズとした場合よりも、非球面数が多いため、各レンズの設計自由度が高くなり、好適に全長の短縮化を図ることができるからである。

30

【0039】

次に、以上のように構成された撮像レンズLの条件式に関する作用および効果をより詳細に説明する。

【0040】

また、全系の焦点距離 f および第6レンズL6の焦点距離 f_6 は、以下の条件式(1)を満足する。

40

$$-4.0 < f / f_6 < -0.8 \quad (1)$$

条件式(1)は、全系の焦点距離 f および第6レンズL6の焦点距離 f_6 の好ましい数値範囲を規定するものである。条件式(1)の下限を下回る場合には、全系の屈折力に対して第6レンズL6の負の屈折力が強くなりすぎて、像面湾曲が補正過剰となりやすい。また、条件式(1)の上限を上回ると、全系の屈折力に対して第6レンズL6の負の屈折力が弱くなりすぎて、全長の短縮化が実現しにくくなる。このため、条件式(1)の範囲を満たすことで、好適にレンズ系全体の長さを短縮化できるとともに像面湾曲を良好に補正することができる。この効果をより高めるために、条件式(1-1)を満たすことがより好ましく、条件式(1-2)を満たすことがよりさらに好ましい。

$$-3.0 < f / f_6 < -1.0 \quad (1-1)$$

50

$$-2.0 < f / f_6 < -1.1 \quad (1-2)$$

【0041】

まず、第5レンズL5のd線に関するアッペ数 d_5 は、以下の条件式(2)を満足する。

$$d_5 < 3.5 \quad (2)$$

条件式(2)は、第5レンズL5のd線に関するアッペ数 d_5 の好ましい数値範囲をそれぞれ規定する。条件式(2)の上限を上回ると、軸上色収差が補正不足になりやすくなる、または、結像領域の周辺部の倍率色収差がオーバーになりやすくなるため、軸上色収差または倍率色収差を十分に補正することが難しくなってしまう。条件式(2)を満足することで、第5レンズL5を高分散の材質により構成することにより、軸上色収差および結像領域の周辺部の倍率色収差を良好に補正することができる。上記観点から、下記条件式(2-1)を満たすことがより好ましく、条件式(2-2)を満たすことがよりさらに好ましい。

$$d_5 < 3.3 \quad (2-1)$$

$$d_5 < 3.1 \quad (2-2)$$

【0042】

また、全系の焦点距離 f および第1レンズから第3レンズまでの合成焦点距離 f_{123} は、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$0.8 < f / f_{123} < 1.3 \quad (3)$$

条件式(3)は、全系の焦点距離 f および第1レンズから第3レンズまでの合成焦点距離 f_{123} の好ましい数値範囲を規定するものである。条件式(3)の下限を下回る場合には、全系の屈折力に対して第1レンズL1から第3レンズL3の3枚のレンズによる屈折力が弱くなりすぎて、全長の短縮化が実現しにくくなる。また、条件式(3)の上限を上回ると、全系の屈折力に対して第1レンズL1から第3レンズL3の3枚のレンズによる屈折力が強くなりすぎて、全長の短縮化には有利であるものの第3レンズL3より像側に位置する第4レンズL4ないし第6レンズL6の3枚のレンズによる負の屈折力を増大させる必要が生じるため、像面湾曲が補正不足となりやすい。このため、条件式(3)の範囲を満たすことで、好適にレンズ系全体の長さを短縮化できるとともに像面湾曲を良好に補正することができる。この効果をより高めるために、条件式(3-1)を満たすことがより好ましく、条件式(3-2)を満たすことがよりさらに好ましい。

$$0.85 < f / f_{123} < 1.1 \quad (3-1)$$

$$0.9 < f / f_{123} < 1.0 \quad (3-2)$$

【0043】

また、第3レンズL3の焦点距離 f_3 および第1レンズL1の焦点距離 f_1 は、以下の条件式(4)を満足する。

$$1 < f_3 / f_1 < 5 \quad (4)$$

条件式(4)は、第3レンズL3の焦点距離 f_3 および第1レンズL1の焦点距離 f_1 の好ましい数値範囲を規定するものである。条件式(4)の下限を下回る場合には、第3レンズL3の正の屈折力に対して第1レンズL1の正の屈折力が弱くなりすぎて、全長の短縮化が難しくなる。また、条件式(4)の上限を上回ると、第3レンズL3の正の屈折力に対して第1レンズL1の正の屈折力が強くなりすぎて、第3レンズL3より像側に位置する第4レンズL4ないし第6レンズL6の3枚のレンズによる負の屈折力を増大させる必要が生じるため、像面湾曲の補正が過剰なものとなりやすい。このため、条件式(4)の範囲を満たすことで、好適にレンズ系全体の長さを短縮化できるとともに像面湾曲を良好に補正することができる。この効果をより高めるために、条件式(4-1)を満たすことがより好ましく、条件式(4-2)を満たすことがよりさらに好ましい。

$$1.5 < f_3 / f_1 < 4 \quad (4-1)$$

$$2 < f_3 / f_1 < 3 \quad (4-2)$$

【0044】

また、第6レンズL6の焦点距離 f_6 および第2レンズL2の焦点距離 f_2 は、以下の

10

20

30

40

50

条件式(5)を満足する。

$$0.15 < f_6 / f_2 < 1.30 \quad (5)$$

条件式(5)は、第6レンズL6の焦点距離 f_6 と第2レンズL2の焦点距離 f_2 の好ましい数値範囲を規定するものである。条件式(5)の上限を上回る場合には、第6レンズL6の屈折力に対して第2レンズL2の屈折力が強すぎて、像面湾曲の補正が補正不足になりやすい。条件式(5)の下限を下回る場合には、第2レンズL2の屈折力が第6レンズL6の屈折力に対して弱すぎて、軸上色収差の補正が補正不足になりやすい。このため、条件式(5)の範囲を満たすことで、像面湾曲および軸上色収差を良好に補正することができる。この効果をより高めるために、条件式(5-1)を満たすことがより好ましく、条件式(5-2)を満たすことがよりさらに好ましい。

$$0.2 < f_6 / f_2 < 0.7 \quad (5-1)$$

$$0.25 < f_6 / f_2 < 0.5 \quad (5-2)$$

【0045】

以上説明したように、本発明の実施の形態に係る撮像レンズLによれば、全体として6枚というレンズ構成において、各レンズ要素の構成を最適化し、特に第1レンズと第6レンズの形状を好適に構成したので、全長を短縮化しながらも、イメージサイズが大きく、高解像性能を有するレンズ系を実現できる。

【0046】

また、適宜好ましい条件を満足することで、より高い結像性能を実現できる。また、本実施の形態に係る撮像装置によれば、本実施の形態に係る高性能の撮像レンズLによって形成された光学像に応じた撮像信号を出力するようにしたので、中心画角から周辺画角まで高解像の撮影画像を得ることができる。

【0047】

次に、本発明の実施の形態に係る撮像レンズの具体的な数値実施例について説明する。以下では、複数の数値実施例をまとめて説明する。

【0048】

後掲の表1および表9は、図1に示した撮像レンズの構成に対応する具体的なレンズデータを示している。特に表1にはその基本的なレンズデータを示し、表9には非球面に関するデータを示す。表1に示したレンズデータにおける面番号 S_i の欄には、実施例1に係る撮像レンズについて、最も物体側のレンズ要素の面を1番目(開口絞り S_t を1番目)として、像側に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目の面の番号を示している。曲率半径 R_i の欄には、図1において付した符号 R_i に対応させて、物体側から i 番目の面の曲率半径の値(mm)を示す。面間隔 D_i の欄についても、同様に物体側から i 番目の面 S_i と $i+1$ 番目の面 S_{i+1} との光軸上の間隔(mm)を示す。 N_{dj} の欄には、物体側から j 番目の光学要素の d 線(587.56nm)に対する屈折率の値を示す。 d_j の欄には、物体側から j 番目の光学要素の d 線に対するアッペ数の値を示す。また、表1には、諸データとして、全系の焦点距離 f (mm)と、バックフォーカス Bf (mm)と、Fナンバー $Fno.$ と、全画角 2θ ($^\circ$)と、レンズ全長 TL (mm)をそれぞれ示す。なお、上記バックフォーカス Bf は空気換算した値を表し、レンズ全長 TL についてバックフォーカス Bf 分は空気換算した値を用いるものとする。

【0049】

この実施例1に係る撮像レンズは、第1レンズL1乃至第6レンズL6の両面がすべて非球面形状となっている。表1の基本レンズデータには、これらの非球面の曲率半径として、光軸近傍の曲率半径(近軸曲率半径)の数値を示している。

【0050】

表9には実施例1の撮像レンズにおける非球面データを示す。非球面データとして示した数値において、記号“E”は、その次に続く数値が10を底とした“べき指数”であることを示し、その10を底とした指数関数で表される数値が“E”の前の数値に乗算されることを示す。例えば、「 $1.0E-02$ 」であれば、「 1.0×10^{-2} 」であることを示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

非球面データとしては、以下の式 (A) によって表される非球面形状の式における各係数 A_i , K の値を記す。 Z は、より詳しくは、光軸から高さ h の位置にある非球面上の点から、非球面の頂点の接平面 (光軸に垂直な平面) に下ろした垂線の長さ (mm) を示す。

【 0 0 5 2 】

$$Z = C \cdot h^2 / \{ 1 + (1 - K \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2} \} + A_i \cdot h^i \dots\dots (A)$$

ただし、

Z : 非球面の深さ (mm)

h : 光軸からレンズ面までの距離 (高さ) (mm)

C : 近軸曲率 = $1 / R$

(R : 近軸曲率半径)

A_i : 第 i 次 (i は 3 以上の整数) の非球面係数

K : 非球面係数

【 0 0 5 3 】

以上の実施例 1 の撮像レンズと同様にして、図 2 に示した撮像レンズの構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 2 として、表 2 および表 10 に示す。また同様にして、図 3 ~ 図 8 に示した撮像レンズの構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 3 乃至実施例 8 として、表 3 ~ 8 および表 11 ~ 16 に示す。これらの実施例 1 ~ 8 に係る撮像レンズでは、第 1 レンズ L_1 乃至第 6 レンズ L_6 の両面がすべて非球面形状となっている。

【 0 0 5 4 】

図 9 (A) ~ (D) はそれぞれ、実施例 1 の撮像レンズにおける球面収差、非点収差、ディストーション (歪曲収差)、倍率色収差 (倍率の色収差) 図を示している。球面収差、非点収差 (像面湾曲)、ディストーション (歪曲収差) を表す各収差図には、 d 線 (波長 587.56 nm) を基準波長とした収差を示す。球面収差図、倍率色収差図には、 F 線 (波長 486.1 nm)、 C 線 (波長 656.27 nm) についての収差も示す。また、球面収差図には、 g 線 (波長 435.83 nm) についての収差も示す。非点収差図において、実線はサジタル方向 (S)、破線はタンジェンシャル方向 (T) の収差を示す。また、 $Fno.$ は F ナンバーを、 θ は半画角をそれぞれ示す。

【 0 0 5 5 】

同様に、実施例 2 の撮像レンズについての諸収差を図 10 (A) ~ (D) に示す。同様にして、実施例 3 乃至実施例 8 の撮像レンズについての諸収差を図 11 (A) ~ (D) 乃至図 16 (A) ~ (D) に示す。

【 0 0 5 6 】

また、表 17 には、本発明に係る各条件式 (1) ~ (5) に関する値を、各実施例 1 ~ 8 についてそれぞれまとめたものを示す。

【 0 0 5 7 】

以上の各数値データおよび各収差図から分かるように、各実施例について、全長を短縮化しながらも、イメージサイズが大きく、高い結像性能が実現されている。

【 0 0 5 8 】

なお、本発明の撮像レンズには、上記実施の形態および各実施例に限定されず種々の変形実施が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔、屈折率、アッペ数、非球面係数の値などは、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得る。

【 0 0 5 9 】

また、上記各実施例では、すべて固定焦点で使用する前提での記載とされているが、フォーカス調整可能な構成とすることも可能である。例えばレンズ系全体を繰り出したり、一部のレンズを光軸上で動かしてオートフォーカス可能な構成とすることも可能である。

【表 1】

実施例1

f=4.518, Bf=0.867, FNo.=2.43, $2\omega=75.0$, TL=5.466

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1(開口絞り)	∞	-0.169		
*2	1.8752	0.650	1.53391	55.89
*3	15.9866	0.100		
*4	5.1292	0.350	1.63351	23.63
*5	2.2174	0.283		
*6	5.0229	0.550	1.53391	55.89
*7	134.2462	0.432		
*8	-6.5626	0.829	1.53391	55.89
*9	-1.3461	0.108		
*10	-2.0863	0.450	1.63351	23.63
*11	-3.6229	0.239		
*12	-51.8168	0.607	1.53391	55.89
*13	1.5621	0.700		
14	∞	0.110	1.51633	64.14
15	∞	0.095		
16(像面)	∞			

*: 非球面

10

【表 2】

実施例2

f=4.464, Bf=0.834, FNo.=2.43, $2\omega=75.0$, TL=5.466

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1(開口絞り)	∞	-0.169		
*2	1.8779	0.650	1.53391	55.89
*3	16.7496	0.100		
*4	5.1228	0.350	1.63351	23.63
*5	2.2273	0.291		
*6	4.9917	0.552	1.53391	55.89
*7	67.8269	0.404		
*8	-6.6614	0.860	1.53391	55.89
*9	-1.3436	0.108		
*10	-2.0897	0.459	1.63351	23.63
*11	-3.6142	0.242		
*12	-65.3422	0.614	1.53391	55.89
*13	1.5538	0.700		
14	∞	0.110	1.51633	64.14
15	∞	0.064		
16(像面)	∞			

*: 非球面

20

30

【表 3】

実施例3

f=4.504, Bf=0.849, FNo=2.43, $2\omega=74.6$, TL=5.491

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1(開口絞り)	∞	-0.169		
*2	1.8790	0.652	1.53391	55.89
*3	16.7399	0.104		
*4	5.1576	0.351	1.63351	23.63
*5	2.2254	0.292		
*6	5.0221	0.554	1.53391	55.89
*7	63.8957	0.403		
*8	-6.6578	0.861	1.53391	55.89
*9	-1.3435	0.111		
*10	-2.0881	0.457	1.63351	23.63
*11	-3.6136	0.243		
*12	-67.0762	0.614	1.53391	55.89
*13	1.5518	0.700		
14	∞	0.110	1.51633	64.14
15	∞	0.076		
16(像面)	∞			

*: 非球面

【表 4】

実施例4

f=4.535, Bf=0.868, FNo=2.43, $2\omega=74.0$, TL=5.505

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1(開口絞り)	∞	-0.169		
*2	1.8826	0.653	1.53391	55.89
*3	16.7286	0.103		
*4	5.1365	0.350	1.63351	23.63
*5	2.2251	0.294		
*6	5.0361	0.558	1.53391	55.89
*7	68.9726	0.400		
*8	-6.6232	0.865	1.53391	55.89
*9	-1.3426	0.112		
*10	-2.0771	0.450	1.63351	23.63
*11	-3.6313	0.240		
*12	-79.5581	0.612	1.53391	55.89
*13	1.5517	0.700		
14	∞	0.110	1.51633	64.14
15	∞	0.095		
16(像面)	∞			

*: 非球面

10

20

30

【表 5】

実施例5

f=4.560, Bf=0.858, FNo=2.43, $2\omega=73.0$, TL=5.515

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1(開口絞り)	∞	-0.169		
*2	1.8810	0.690	1.53391	55.89
*3	16.9436	0.101		
*4	5.1260	0.350	1.63351	23.63
*5	2.2211	0.292		
*6	5.0492	0.555	1.53391	55.89
*7	68.0528	0.400		
*8	-6.4843	0.866	1.53391	55.89
*9	-1.3472	0.113		
*10	-2.0734	0.450	1.63351	23.63
*11	-3.6255	0.238		
*12	-90.5233	0.603	1.53391	55.89
*13	1.5446	0.700		
14	∞	0.110	1.51633	64.14
15	∞	0.085		
16(像面)	∞			

*: 非球面

【表 6】

実施例6

f=4.471, Bf=0.720, FNo=2.43, $2\omega=70.0$, TL=5.515

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1(開口絞り)	∞	-0.169		
*2	1.8866	0.745	1.53391	55.89
*3	17.1512	0.100		
*4	5.4124	0.350	1.63351	23.63
*5	2.2390	0.263		
*6	5.0339	0.585	1.53391	55.89
*7	-45.3211	0.459		
*8	-5.6888	0.881	1.53391	55.89
*9	-1.4142	0.100		
*10	-1.9112	0.450	1.63351	23.63
*11	-2.9214	0.333		
*12	-223.2467	0.528	1.53391	55.89
*13	1.5404	0.450		
14	∞	0.110	1.51633	64.14
15	∞	0.198		
16(像面)	∞			

*: 非球面

10

20

30

【表 7】

実施例7

f=4.216, Bf=0.805, FNo.=2.43, $2\omega=77.0$, TL=5.406

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1(開口絞り)	∞	-0.169		
*2	1.8844	0.649	1.53391	55.89
*3	15.7650	0.100		
*4	5.1724	0.354	1.63351	23.63
*5	2.1887	0.311		
*6	4.8121	0.539	1.53391	55.89
*7	85.1822	0.420		
*8	-7.7531	0.815	1.53391	55.89
*9	-1.3596	0.171		
*10	-2.0916	0.604	1.63351	23.63
*11	-3.7728	0.221		
*12	-58.0006	0.417	1.53391	55.89
*13	2.0636	0.300		
14	∞	0.110	1.51633	64.14
15	∞	0.433		
16(像面)	∞			

* : 非球面

【表 8】

実施例8

f=4.541, Bf=0.609, FNo.=2.43, $2\omega=75.6$, TL=5.389

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1(開口絞り)	∞	-0.169		
*2	1.9313	0.699	1.53391	55.89
*3	22.1920	0.100		
*4	5.7091	0.350	1.63351	23.63
*5	2.1923	0.265		
*6	4.6227	0.516	1.53391	55.89
*7	105.5956	0.423		
*8	-8.8296	0.762	1.53391	55.89
*9	-1.3971	0.127		
*10	-1.8639	0.634	1.58364	30.27
*11	-2.5446	0.457		
*12	-23.4435	0.447	1.53391	55.89
*13	0.9067	0.291		
14	∞	0.110	1.51633	64.14
15	∞	0.245		
16(像面)	∞			

* : 非球面

10

20

30

【表 9】

実施例1・非球面データ					
面番号	K	A3	A4	A5	A6
2	5.193109E-01	-5.447354E-02	2.292691E-01	-4.427620E-01	5.114856E-01
3	5.000000E+01	1.543536E-03	-2.799014E-02	5.965590E-02	-9.392961E-03
4	-4.834840E+00	3.631121E-02	-2.888645E-01	6.500453E-01	-9.680495E-01
5	-1.991332E+01	5.744030E-02	-8.074278E-02	5.551735E-01	-1.221753E+00
6	2.323272E+00	3.118464E-02	-9.413811E-02	-7.916748E-02	5.320772E-01
7	-5.000000E+01	-1.902592E-01	9.177869E-01	-2.688716E+00	4.791208E+00
8	9.060323E+00	-1.779618E-02	3.698928E-02	5.935935E-02	-3.345528E-01
9	-1.086102E+01	2.825335E-01	-3.895047E-01	-8.225720E-02	2.781320E-01
10	-3.708039E+01	3.300025E-01	-2.117554E-01	-2.354852E-01	1.308170E-01
11	-5.000000E+01	2.011025E-01	-1.215072E-01	-1.245902E-01	5.805158E-02
12	5.000001E+01	1.628297E-01	-4.879558E-01	2.705169E-01	-5.021173E-03
13	-6.185330E+00	5.186734E-02	-2.628894E-01	2.290197E-01	-7.993293E-02
	A7	A8	A9	A10	
2	-3.218191E-01	1.334849E-01	-6.204166E-02	2.532968E-02	
3	-1.781365E-02	-5.077875E-03	9.837076E-03	-1.977382E-03	
4	9.606194E-01	-6.096039E-01	2.128046E-01	-3.774622E-02	
5	1.346759E+00	-7.809080E-01	2.086885E-01	-1.482585E-02	
6	-8.019909E-01	5.270956E-01	-1.230446E-01	-1.540664E-04	
7	-5.606875E+00	4.249326E+00	-1.924712E+00	3.995757E-01	
8	4.194717E-01	-2.204471E-01	3.072058E-02	3.865754E-03	
9	-1.268307E-01	4.540316E-02	-2.232770E-02	4.625191E-03	
10	5.821524E-02	-3.125579E-02	-4.412599E-03	2.430382E-03	
11	2.501786E-02	-1.049155E-02	-1.561480E-03	6.329388E-04	
12	-4.466052E-02	2.144666E-02	-5.249010E-03	5.577315E-04	
13	9.233303E-04	8.076087E-03	-2.437536E-03	2.401122E-04	

10

20

【表 10】

実施例2・非球面データ					
面番号	K	A3	A4	A5	A6
2	5.139557E-01	-5.228226E-02	2.272512E-01	-4.488526E-01	5.194808E-01
3	1.000000E+00	-1.759574E-03	-2.830239E-02	6.295776E-02	-9.005610E-03
4	-4.915803E+00	3.411811E-02	-2.889386E-01	6.537888E-01	-9.704512E-01
5	-1.985191E+01	5.527058E-02	-8.075274E-02	5.598232E-01	-1.226838E+00
6	2.598139E+00	3.114726E-02	-9.699387E-02	-8.037441E-02	5.384692E-01
7	1.000000E+00	-1.893655E-01	9.133743E-01	-2.685346E+00	4.783731E+00
8	6.794719E+00	-1.683145E-02	3.377313E-02	5.772894E-02	-3.292496E-01
9	-1.094277E+01	2.843494E-01	-3.934877E-01	-8.210970E-02	2.839862E-01
10	-3.716815E+01	3.296948E-01	-2.103225E-01	-2.340913E-01	1.302677E-01
11	-5.000001E+01	2.004386E-01	-1.219345E-01	-1.251501E-01	5.844234E-02
12	1.000000E+00	1.674636E-01	-4.903304E-01	2.686648E-01	-4.285135E-03
13	-6.185480E+00	5.691795E-02	-2.606303E-01	2.277898E-01	-8.013343E-02
	A7	A8	A9	A10	
2	-3.162373E-01	1.247383E-01	-6.610419E-02	3.052971E-02	
3	-1.907486E-02	-5.204214E-03	9.972907E-03	-1.950937E-03	
4	9.610967E-01	-6.106226E-01	2.136715E-01	-3.794279E-02	
5	1.351893E+00	-7.849332E-01	2.099441E-01	-1.486701E-02	
6	-8.074963E-01	5.306347E-01	-1.245342E-01	4.126426E-05	
7	-5.591039E+00	4.235805E+00	-1.920355E+00	3.993472E-01	
8	4.147531E-01	-2.177597E-01	3.010953E-02	3.864735E-03	
9	-1.304960E-01	4.672722E-02	-2.304395E-02	4.803991E-03	
10	5.757226E-02	-3.104894E-02	-4.373892E-03	2.417269E-03	
11	2.517882E-02	-1.055096E-02	-1.583451E-03	6.394320E-04	
12	-4.452678E-02	2.141531E-02	-5.263180E-03	5.601866E-04	
13	1.036812E-03	8.095976E-03	-2.445080E-03	2.400271E-04	

30

40

50

【表 1 1】

実施例3・非球面データ					
面番号	K	A3	A4	A5	A6
2	5.145555E-01	-5.126994E-02	2.275450E-01	-4.524428E-01	5.218909E-01
3	1.000000E+00	-1.590221E-03	-2.835960E-02	6.255643E-02	-9.036198E-03
4	-5.722260E+00	3.451848E-02	-2.889244E-01	6.527461E-01	-9.697904E-01
5	-1.988303E+01	5.468075E-02	-8.080219E-02	5.605577E-01	-1.226541E+00
6	2.686679E+00	3.075399E-02	-9.813869E-02	-7.934149E-02	5.399130E-01
7	1.000000E+00	-1.881716E-01	9.127142E-01	-2.684704E+00	4.777738E+00
8	6.904223E+00	-1.751010E-02	3.427419E-02	5.818161E-02	-3.295497E-01
9	-1.090094E+01	2.843673E-01	-3.934744E-01	-8.157869E-02	2.829076E-01
10	-3.770394E+01	3.300695E-01	-2.115305E-01	-2.347197E-01	1.308406E-01
11	-5.000001E+01	1.992809E-01	-1.221163E-01	-1.245696E-01	5.843930E-02
12	1.000000E+00	1.701222E-01	-4.914378E-01	2.692740E-01	-4.393523E-03
13	-6.196767E+00	5.551786E-02	-2.501276E-01	2.165948E-01	-7.580895E-02
	A7	A8	A9	A10	
2	-3.125776E-01	1.221513E-01	-6.780068E-02	3.158211E-02	
3	-1.890413E-02	-5.126162E-03	9.911293E-03	-1.951214E-03	
4	9.605503E-01	-6.094396E-01	2.129129E-01	-3.781955E-02	
5	1.351093E+00	-7.845234E-01	2.097154E-01	-1.477974E-02	
6	-8.092272E-01	5.310966E-01	-1.245003E-01	2.705227E-05	
7	-5.582014E+00	4.230276E+00	-1.918378E+00	3.988871E-01	
8	4.148069E-01	-2.178141E-01	3.011585E-02	3.870792E-03	
9	-1.296385E-01	4.627437E-02	-2.289144E-02	4.781882E-03	
10	5.780987E-02	-3.117496E-02	-4.397722E-03	2.426291E-03	
11	2.505056E-02	-1.053494E-02	-1.576036E-03	6.382421E-04	
12	-4.479166E-02	2.161262E-02	-5.316457E-03	5.654416E-04	
13	1.138911E-03	7.480604E-03	-2.244030E-03	2.175701E-04	

10

20

【表 1 2】

実施例4・非球面データ					
面番号	K	A3	A4	A5	A6
2	5.139480E-01	-4.736959E-02	2.252655E-01	-4.607237E-01	5.300326E-01
3	1.000000E+00	-2.662826E-03	-2.756643E-02	6.297201E-02	-1.017412E-02
4	-5.651138E+00	3.397578E-02	-2.902042E-01	6.539294E-01	-9.684177E-01
5	-1.986481E+01	5.390472E-02	-8.112521E-02	5.605883E-01	-1.223993E+00
6	2.673968E+00	3.098342E-02	-1.016831E-01	-8.043919E-02	5.436782E-01
7	1.000000E+00	-1.873971E-01	9.102506E-01	-2.690764E+00	4.788555E+00
8	6.933558E+00	-1.781659E-02	3.294899E-02	5.814100E-02	-3.315773E-01
9	-1.088113E+01	2.835860E-01	-3.907164E-01	-8.241134E-02	2.807972E-01
10	-3.758625E+01	3.324405E-01	-2.113678E-01	-2.362586E-01	1.308282E-01
11	-5.000001E+01	1.990467E-01	-1.208289E-01	-1.238662E-01	5.794407E-02
12	1.000000E+00	1.716799E-01	-4.884708E-01	2.666080E-01	-4.286719E-03
13	-6.184650E+00	5.179683E-02	-2.325857E-01	1.978766E-01	-6.867460E-02
	A7	A8	A9	A10	
2	-3.032658E-01	1.108685E-01	-7.065496E-02	3.579819E-02	
3	-1.873208E-02	-4.838716E-03	9.964282E-03	-2.029884E-03	
4	9.609424E-01	-6.113912E-01	2.133919E-01	-3.767461E-02	
5	1.347544E+00	-7.819827E-01	2.085289E-01	-1.451134E-02	
6	-8.070396E-01	5.278226E-01	-1.244953E-01	4.696010E-04	
7	-5.589037E+00	4.235752E+00	-1.922079E+00	3.997674E-01	
8	4.181951E-01	-2.197509E-01	3.028683E-02	3.960866E-03	
9	-1.288506E-01	4.630922E-02	-2.274705E-02	4.716840E-03	
10	5.838513E-02	-3.125027E-02	-4.434849E-03	2.429582E-03	
11	2.489031E-02	-1.048742E-02	-1.555971E-03	6.344253E-04	
12	-4.425513E-02	2.133392E-02	-5.242688E-03	5.568106E-04	
13	1.245139E-03	6.539876E-03	-1.933594E-03	1.826361E-04	

30

40

【表 1 3】

実施例5・非球面データ					
面番号	K	A3	A4	A5	A6
2	5.141717E-01	-4.542022E-02	2.227971E-01	-4.637770E-01	5.362708E-01
3	1.000000E+00	-3.552389E-03	-2.690950E-02	6.413825E-02	-1.071136E-02
4	-5.651141E+00	3.241612E-02	-2.892348E-01	6.548667E-01	-9.679633E-01
5	-1.986467E+01	5.366396E-02	-8.288844E-02	5.649746E-01	-1.232282E+00
6	2.673981E+00	3.060458E-02	-1.018024E-01	-8.112926E-02	5.452568E-01
7	1.000000E+00	-1.865238E-01	9.113655E-01	-2.694372E+00	4.791181E+00
8	6.933568E+00	-1.928485E-02	3.339912E-02	5.935725E-02	-3.327654E-01
9	-1.088132E+01	2.861973E-01	-3.904652E-01	-8.384052E-02	2.813597E-01
10	-3.758622E+01	3.330488E-01	-2.102184E-01	-2.372912E-01	1.298247E-01
11	-5.000001E+01	2.009924E-01	-1.192349E-01	-1.256311E-01	5.766910E-02
12	1.000000E+00	1.715498E-01	-4.828053E-01	2.630428E-01	-4.335033E-03
13	-6.184508E+00	5.195024E-02	-2.309797E-01	1.959186E-01	-6.795436E-02
	A7	A8	A9	A10	
2	-2.999838E-01	1.018924E-01	-7.059193E-02	3.877648E-02	
3	-1.948448E-02	-4.498803E-03	9.999419E-03	-2.039262E-03	
4	9.575763E-01	-6.083143E-01	2.124178E-01	-3.759785E-02	
5	1.360768E+00	-7.932216E-01	2.126767E-01	-1.497397E-02	
6	-8.077608E-01	5.281818E-01	-1.250287E-01	6.825983E-04	
7	-5.592787E+00	4.240654E+00	-1.923964E+00	3.997009E-01	
8	4.184911E-01	-2.199863E-01	3.049038E-02	3.917494E-03	
9	-1.287938E-01	4.636963E-02	-2.281636E-02	4.729575E-03	
10	5.859805E-02	-3.079854E-02	-4.494786E-03	2.391999E-03	
11	2.528992E-02	-1.046181E-02	-1.588111E-03	6.353772E-04	
12	-4.357778E-02	2.099193E-02	-5.140682E-03	5.434476E-04	
13	1.223607E-03	6.476056E-03	-1.909037E-03	1.793178E-04	

10

20

【表 1 4】

実施例6・非球面データ					
面番号	K	A3	A4	A5	A6
1	5.490595E-01	-3.192993E-02	1.732194E-01	-3.834406E-01	4.728799E-01
2	1.000000E+00	-6.116964E-03	-3.353068E-02	6.784365E-02	-3.225177E-03
4	-4.917048E+00	2.362363E-02	-2.928375E-01	6.438034E-01	-9.344855E-01
5	-1.984595E+01	5.242250E-02	-9.347578E-02	5.386133E-01	-1.145899E+00
6	2.581306E+00	2.629078E-02	-8.392240E-02	-7.844016E-02	5.003376E-01
7	1.000000E+00	-1.888956E-01	9.054225E-01	-2.662125E+00	4.782695E+00
8	6.955446E+00	-4.131907E-02	4.078593E-02	6.519721E-02	-3.383379E-01
9	-1.093747E+01	3.076950E-01	-3.996958E-01	-9.358216E-02	2.919023E-01
10	-3.718850E+01	3.039595E-01	-1.867865E-01	-2.218448E-01	1.197189E-01
11	-4.993413E+01	1.706364E-01	-9.530724E-02	-1.013609E-01	4.209292E-02
12	1.000000E+00	1.340894E-01	-3.518146E-01	1.796512E-01	-3.728605E-03
13	-6.230841E+00	1.555044E-02	-1.269283E-01	1.008677E-01	-3.035390E-02
	A7	A8	A9	A10	
1	-2.766208E-01	7.919794E-02	-3.613448E-02	2.227974E-02	
2	-2.028685E-02	-7.575531E-03	1.035606E-02	-1.768155E-03	
4	9.329141E-01	-5.954530E-01	2.050944E-01	-3.538356E-02	
5	1.265376E+00	-7.388771E-01	1.960971E-01	-1.286422E-02	
6	-7.419228E-01	4.858953E-01	-1.138503E-01	-1.084614E-04	
7	-5.616677E+00	4.253222E+00	-1.916252E+00	3.950292E-01	
8	4.191454E-01	-2.190629E-01	3.063043E-02	3.720446E-03	
9	-1.274069E-01	4.411206E-02	-2.303454E-02	4.981183E-03	
10	5.637874E-02	-2.851166E-02	-4.413282E-03	2.170967E-03	
11	1.938199E-02	-6.873954E-03	-1.158546E-03	3.720302E-04	
12	-2.539501E-02	1.148123E-02	-2.598364E-03	2.517666E-04	
13	9.893289E-05	2.213694E-03	-5.203307E-04	3.885395E-05	

30

40

50

【表 1 5】

実施例7・非球面データ					
面番号	K	A3	A4	A5	A6
2	5.147340E-01	-5.044962E-02	2.284568E-01	-4.438802E-01	5.113400E-01
3	4.892535E+01	-1.350735E-03	-2.604294E-02	6.179051E-02	-7.299938E-03
4	-4.808875E+00	3.700628E-02	-2.896247E-01	6.454663E-01	-9.678768E-01
5	-1.990603E+01	5.821098E-02	-8.001037E-02	5.566437E-01	-1.220848E+00
6	2.316260E+00	3.061448E-02	-9.370240E-02	-7.909435E-02	5.319752E-01
7	-3.323701E+04	-1.868140E-01	9.170755E-01	-2.689060E+00	4.790919E+00
8	1.024513E+01	-2.676350E-02	3.891735E-02	5.960856E-02	-3.350216E-01
9	-1.089811E+01	2.855957E-01	-3.908204E-01	-8.230664E-02	2.780919E-01
10	-3.669288E+01	3.324415E-01	-2.110745E-01	-2.354438E-01	1.308189E-01
11	-5.039519E+01	2.009570E-01	-1.215653E-01	-1.245869E-01	5.805318E-02
12	6.801886E+01	1.617696E-01	-4.880019E-01	2.705158E-01	-5.022005E-03
13	-6.002671E+00	5.858718E-02	-2.628532E-01	2.289331E-01	-7.996140E-02
	A7	A8	A9	A10	
2	-3.212543E-01	1.341251E-01	-6.192107E-02	2.696919E-02	
3	-1.711780E-02	-4.415550E-03	1.156494E-02	5.483393E-04	
4	9.656284E-01	-6.021492E-01	2.168046E-01	-4.668295E-02	
5	1.337199E+00	-7.706932E-01	2.140498E-01	-2.327551E-02	
6	-8.018510E-01	5.271437E-01	-1.231141E-01	-3.332056E-04	
7	-5.606950E+00	4.249287E+00	-1.924759E+00	3.995238E-01	
8	4.196185E-01	-2.203374E-01	3.075581E-02	3.897703E-03	
9	-1.268654E-01	4.538595E-02	-2.233627E-02	4.620578E-03	
10	5.821255E-02	-3.125881E-02	-4.414368E-03	2.428079E-03	
11	2.501876E-02	-1.049170E-02	-1.561444E-03	6.329665E-04	
12	-4.466006E-02	2.144690E-02	-5.249028E-03	5.577392E-04	
13	9.149897E-04	8.073035E-03	-2.438329E-03	2.399016E-04	

10

20

【表 1 6】

実施例8・非球面データ					
面番号	K	A3	A4	A5	A6
2	4.542177E-01	-4.517282E-02	2.140508E-01	-4.392219E-01	5.204446E-01
3	1.129655E+02	-8.758040E-03	-9.813681E-03	6.438027E-02	-7.316891E-03
4	-4.535967E+00	3.309442E-02	-2.838651E-01	6.441052E-01	-9.566389E-01
5	-1.990621E+01	5.853392E-02	-8.205568E-02	5.521457E-01	-1.232915E+00
6	2.352916E+00	2.681427E-02	-9.379135E-02	-7.968788E-02	5.305567E-01
7	-2.082223E+05	-1.916082E-01	9.144492E-01	-2.690038E+00	4.788986E+00
8	7.145863E+00	-2.471848E-02	5.057512E-02	5.977556E-02	-3.388618E-01
9	-9.987260E+00	3.117311E-01	-3.908306E-01	-8.308982E-02	2.778568E-01
10	-4.162862E+01	3.164430E-01	-2.066387E-01	-2.337212E-01	1.312042E-01
11	-1.029164E+02	2.079876E-01	-1.231036E-01	-1.250226E-01	5.795268E-02
12	4.868783E+01	1.602896E-01	-4.877838E-01	2.706570E-01	-4.986616E-03
13	-9.901993E+00	4.907455E-02	-2.590934E-01	2.297695E-01	-7.980681E-02
	A7	A8	A9	A10	
2	-3.173928E-01	1.298594E-01	-7.530875E-02	3.629082E-02	
3	-2.081266E-02	-2.910226E-04	1.117349E-02	1.548474E-03	
4	9.807403E-01	-5.985192E-01	1.699997E-01	-2.133761E-02	
5	1.380648E+00	-7.464214E-01	1.300810E-01	1.276997E-02	
6	-8.016374E-01	5.271667E-01	-1.234345E-01	-8.401109E-04	
7	-5.607526E+00	4.248615E+00	-1.925369E+00	3.989982E-01	
8	4.191656E-01	-2.198686E-01	3.143550E-02	4.414800E-03	
9	-1.269126E-01	4.540132E-02	-2.230781E-02	4.642301E-03	
10	5.812375E-02	-3.130111E-02	-4.479031E-03	2.397618E-03	
11	2.499908E-02	-1.049878E-02	-1.562976E-03	6.326398E-04	
12	-4.464538E-02	2.145186E-02	-5.248360E-03	5.579262E-04	
13	9.359499E-04	8.068648E-03	-2.440841E-03	2.387624E-04	

30

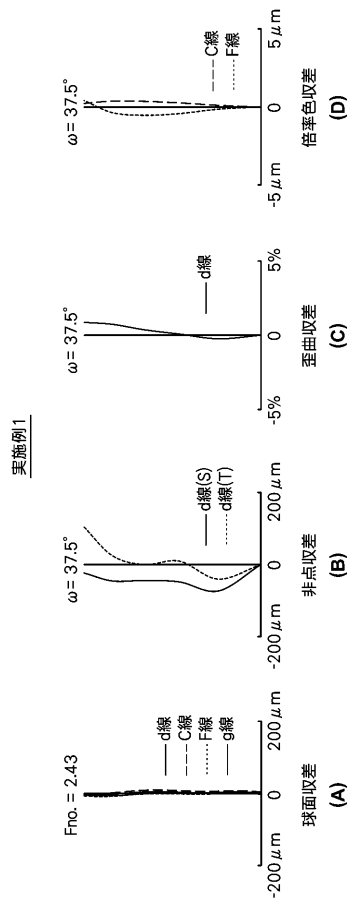
40

50

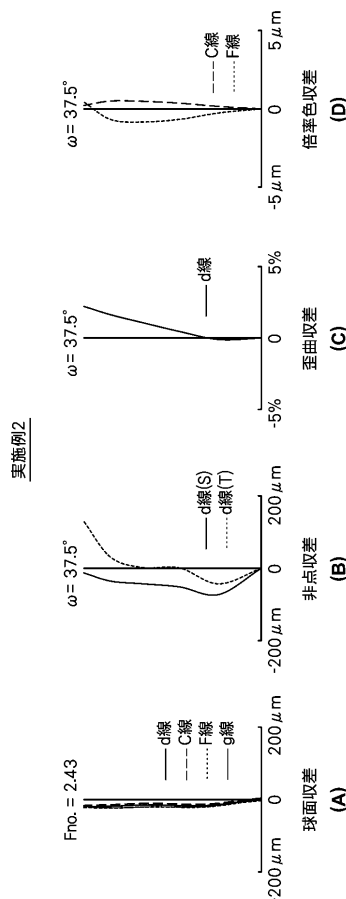
【表 17】

条件式に関する値									
式番号	条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8
1	f/f_6	-1.597	-1.576	-1.590	-1.595	-1.606	-1.562	-1.132	-2.795
2	νd_5	23.63	23.63	23.63	23.63	23.63	23.63	23.63	30.27
3	f_{123}	0.970	0.958	0.958	0.965	0.973	0.998	0.889	0.945
4	f_3/f_1	2.492	2.578	2.606	2.592	2.611	2.182	2.416	2.309
5	f_6/f_2	0.437	0.434	0.437	0.437	0.437	0.455	0.593	0.278

【図 9】

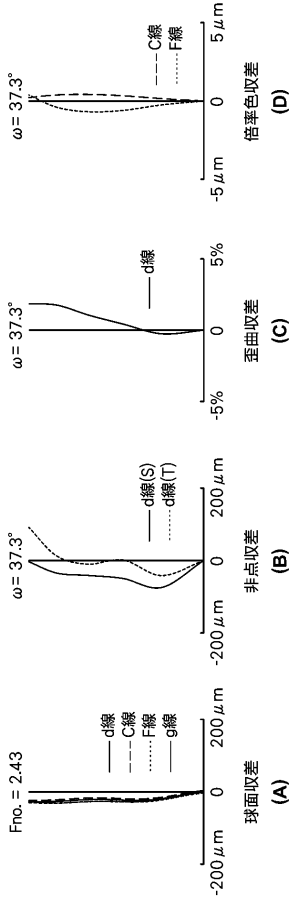


【図 10】



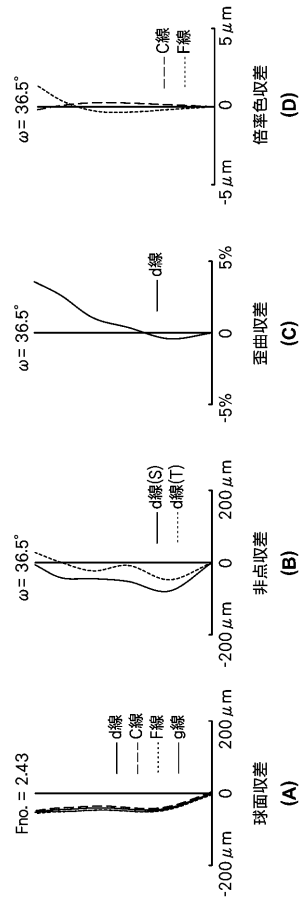
【 図 1 1 】

実施例3



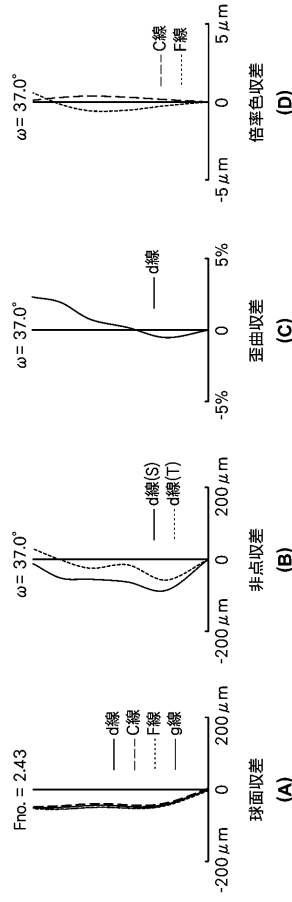
【 図 1 3 】

実施例5



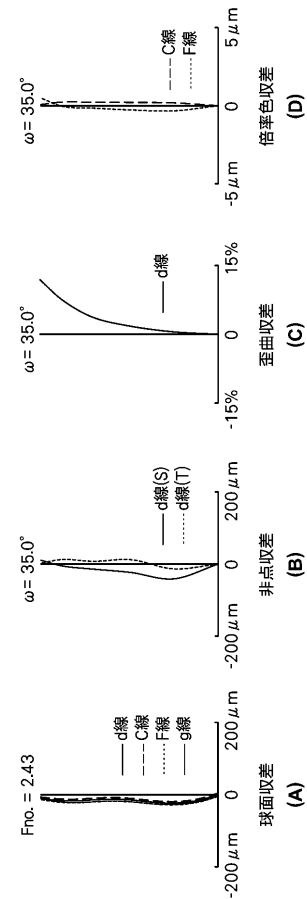
【 図 1 2 】

実施例4



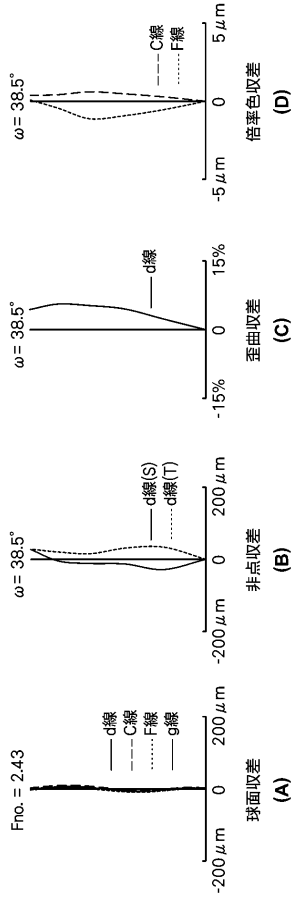
【 図 1 4 】

実施例6

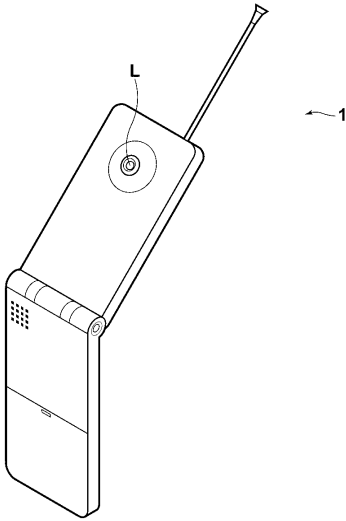


【 図 15 】

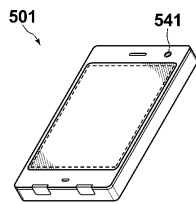
実施例7



【 図 17 】

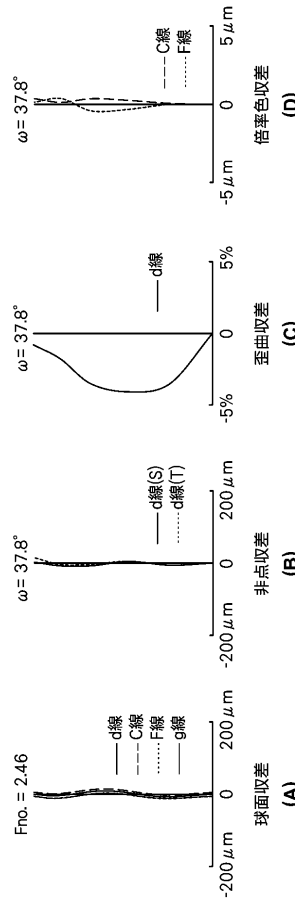


【 図 18 】



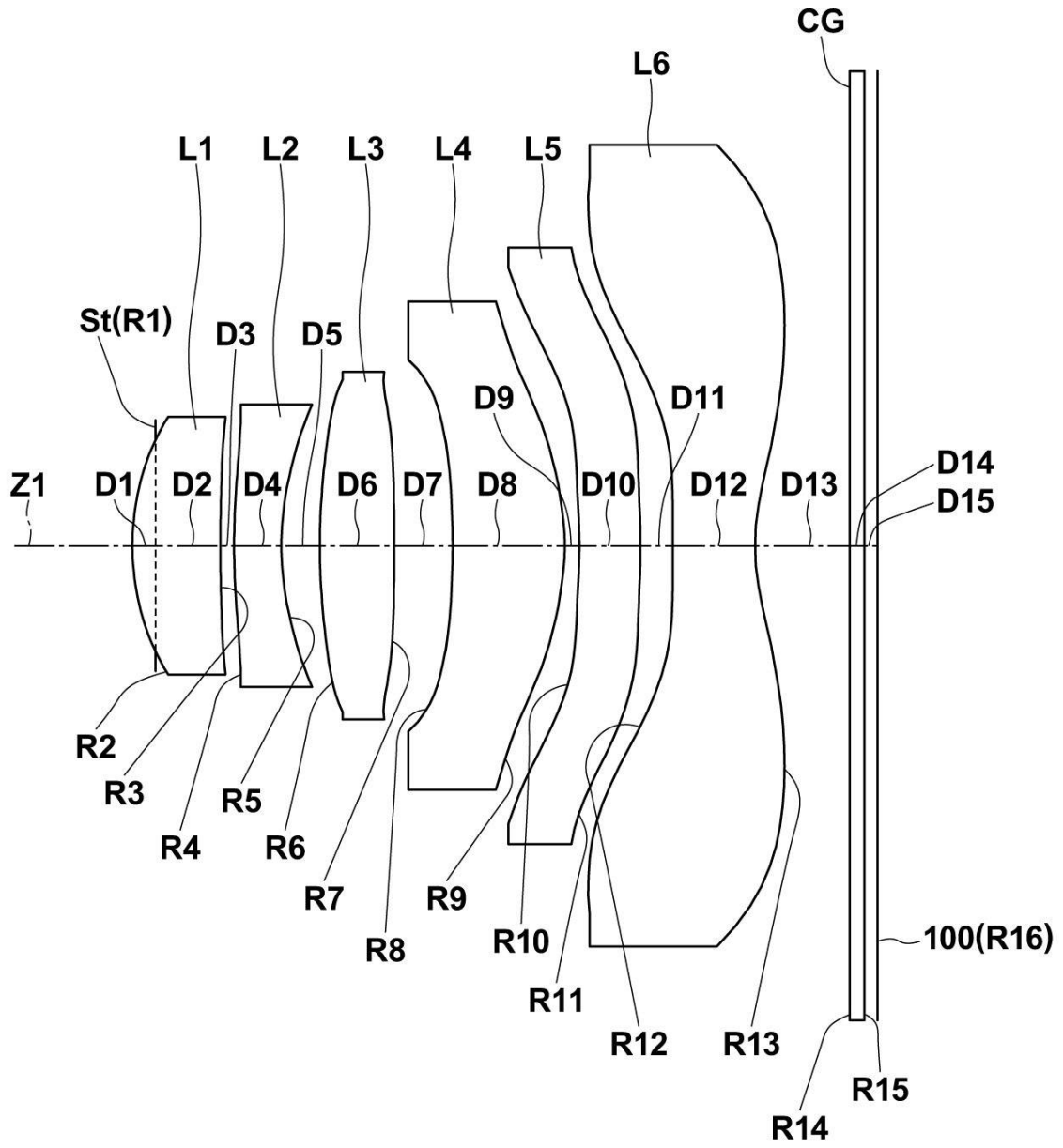
【 図 16 】

実施例8



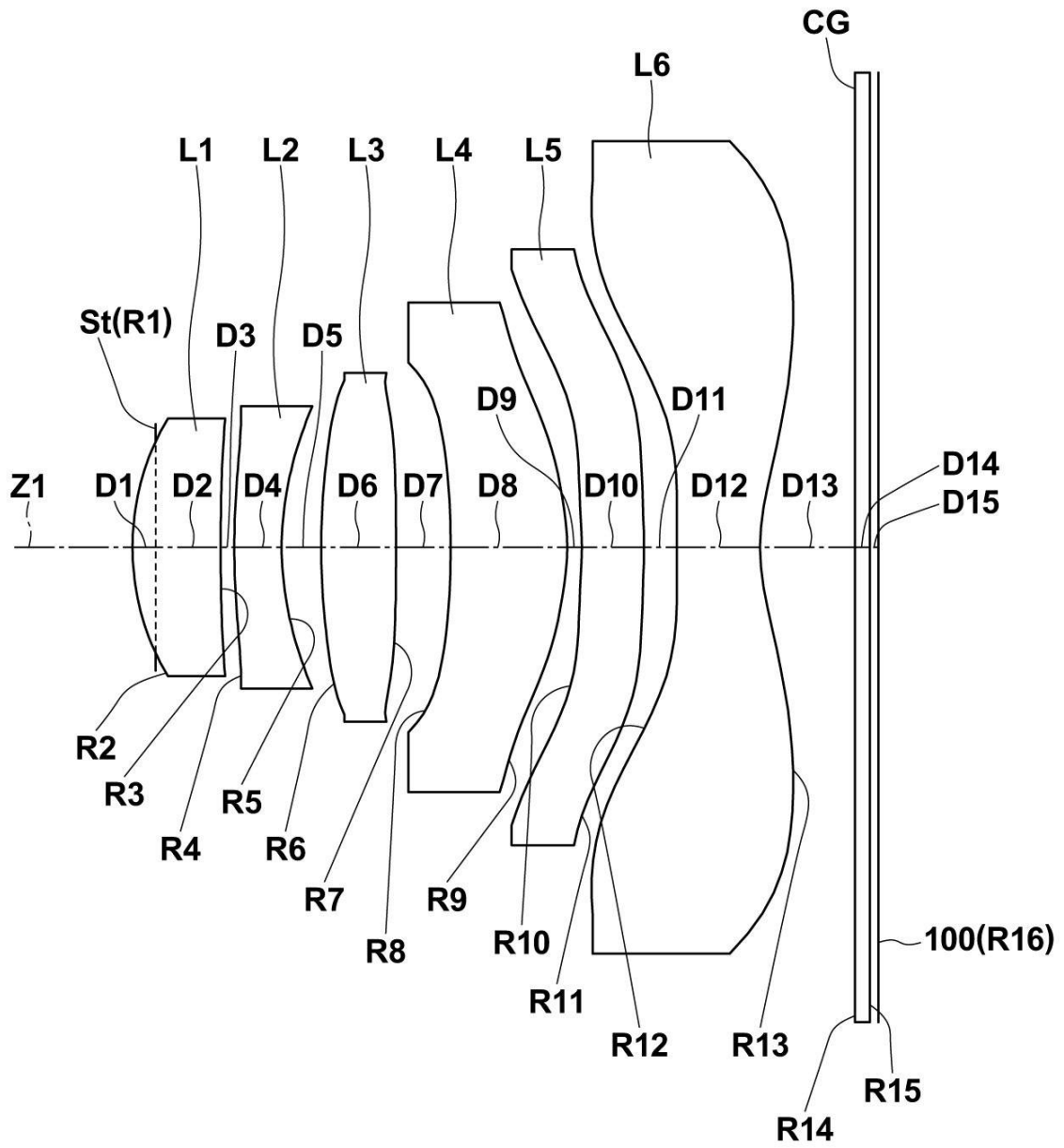
【図1】

実施例1



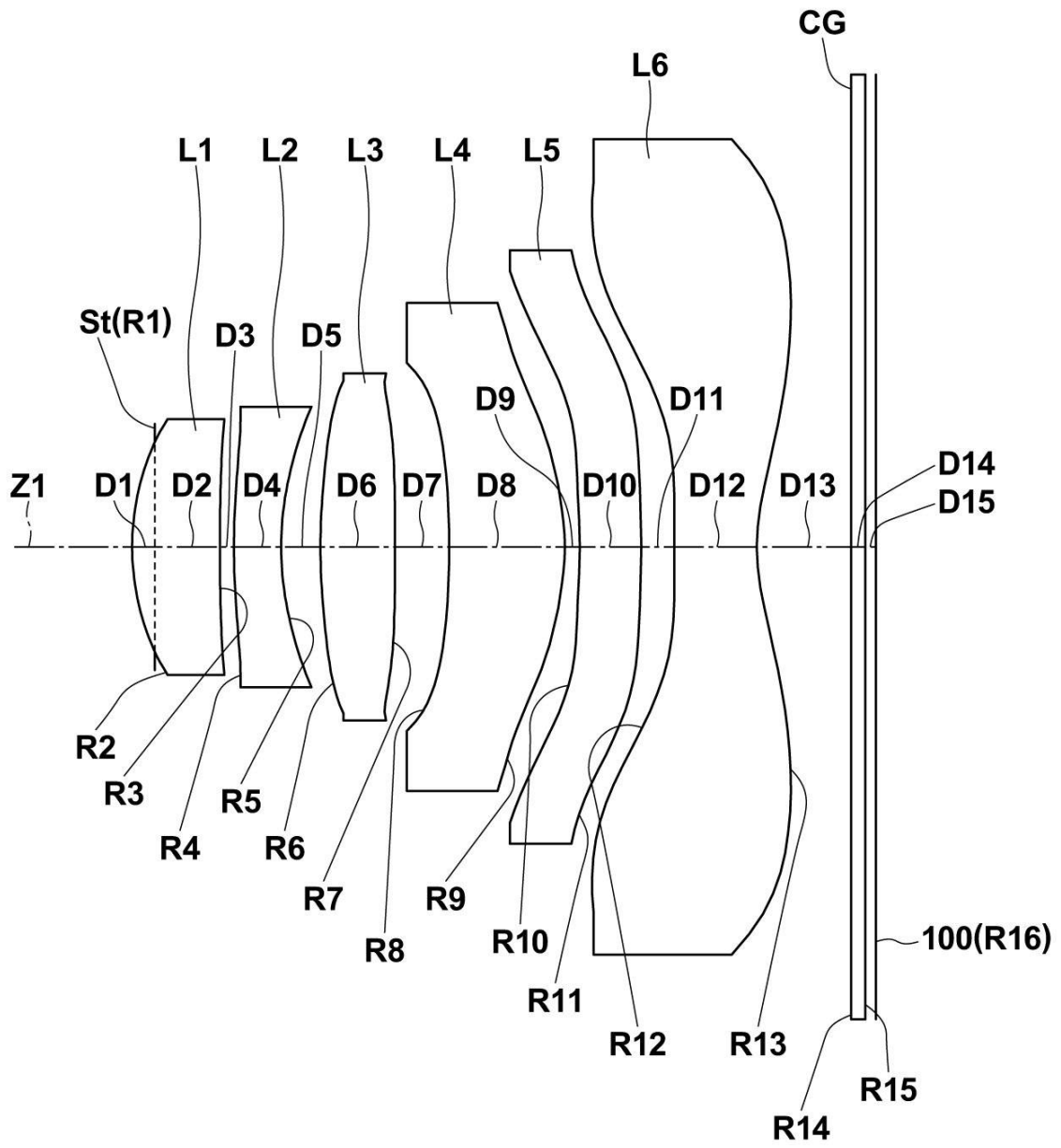
【 図 2 】

実施例2



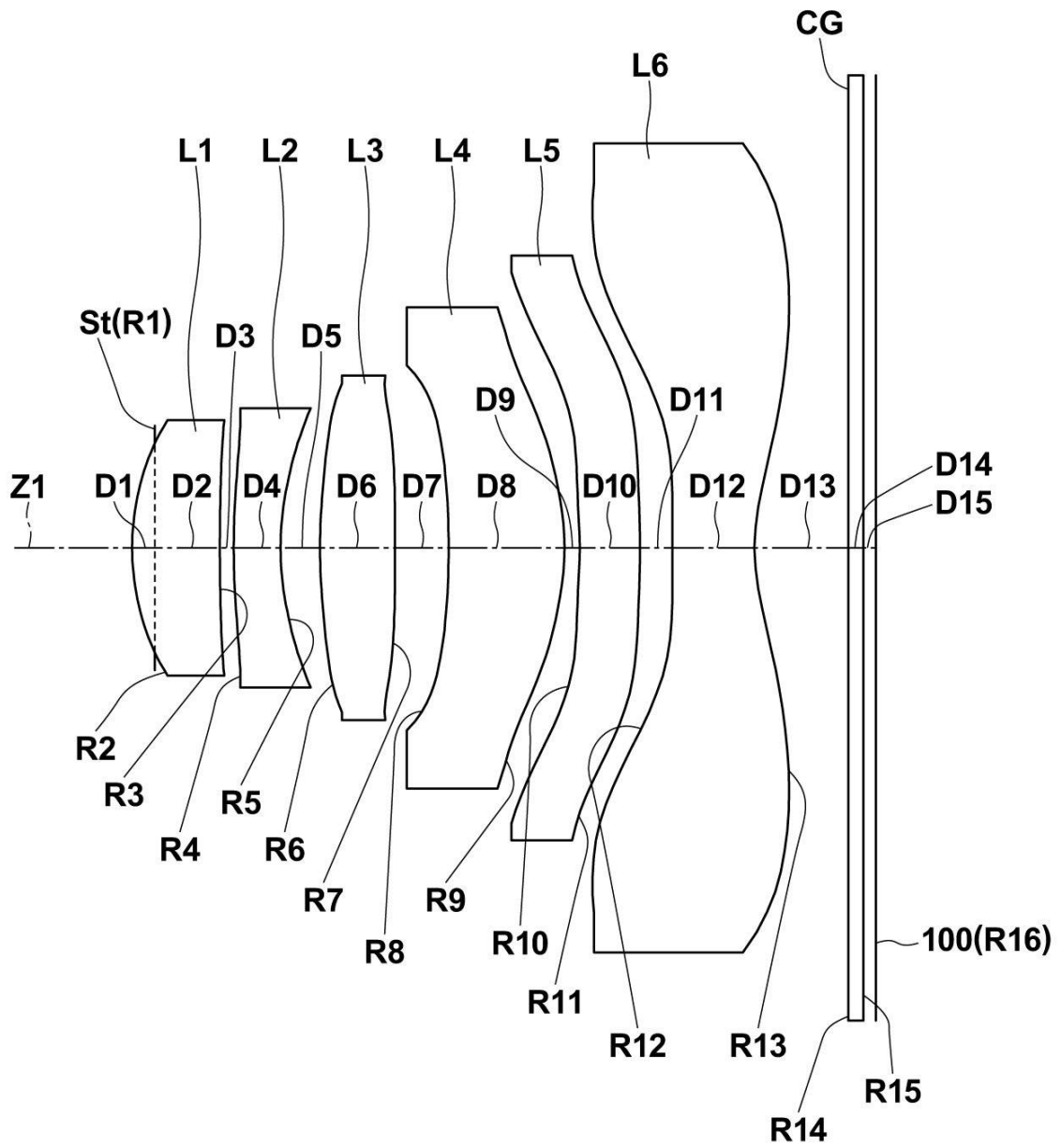
【 図 3 】

実施例3



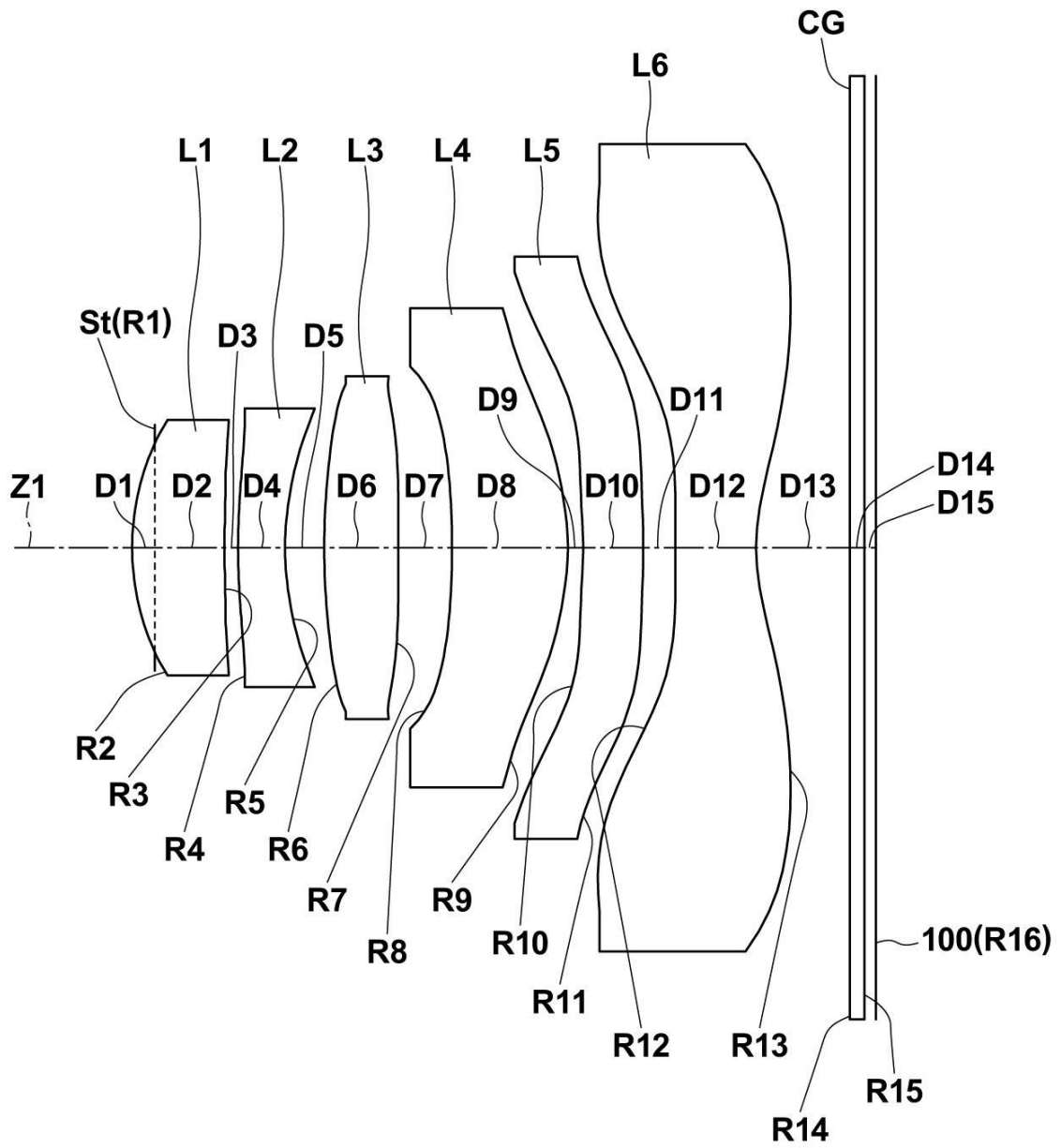
【 図 4 】

実施例4



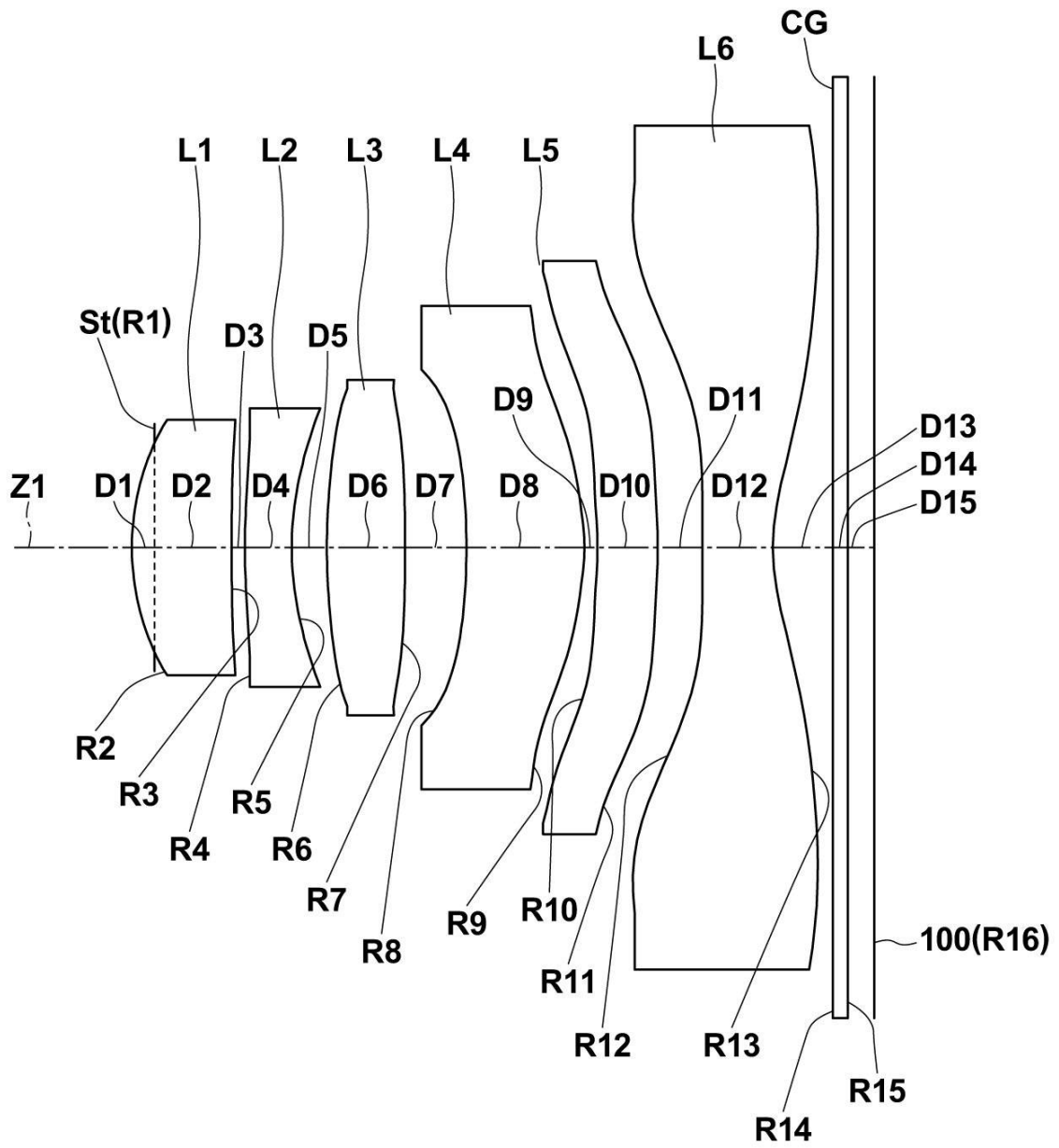
【図5】

実施例5



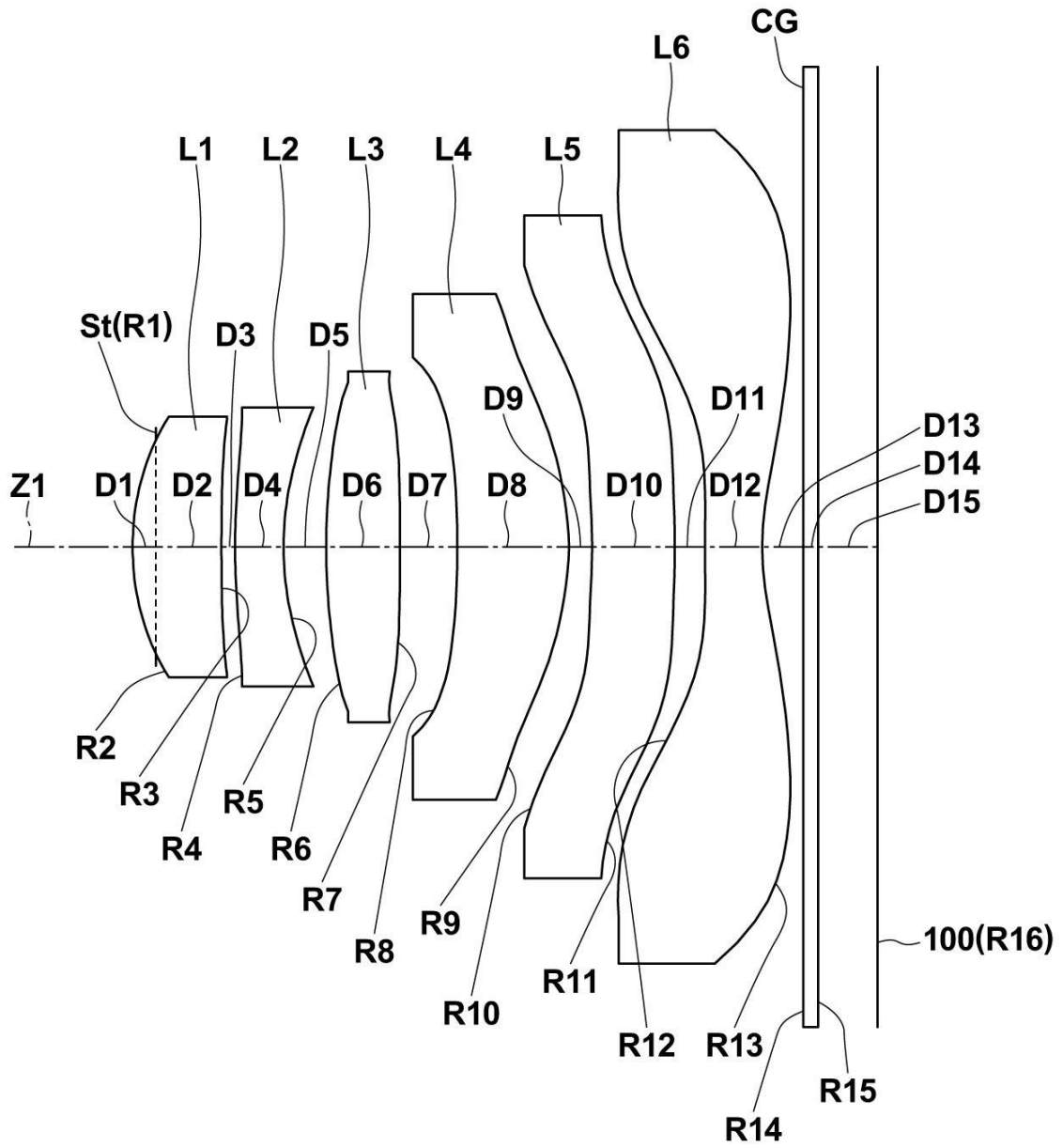
【 図 6 】

実施例6



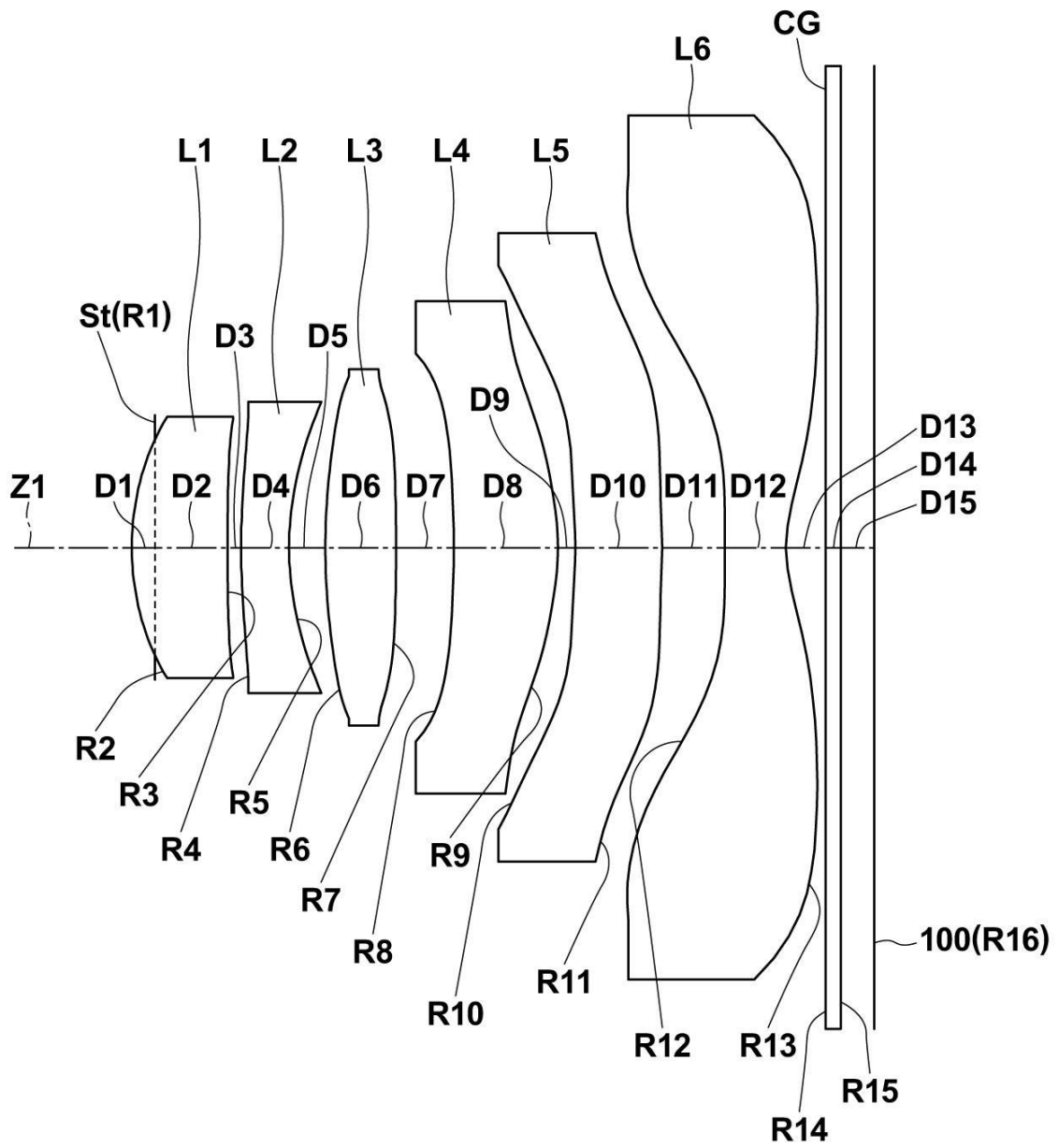
【図7】

実施例7



【 図 8 】

実施例8



フロントページの続き

(72)発明者 西畑 純弘

埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 富士フイルム株式会社内

審査官 殿岡 雅仁

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0243108(US, A1)

中国実用新案第202067015(CN, U)

中国実用新案第202049277(CN, U)

韓国公開特許第10-2010-0040357(KR, A)

特開2008-250136(JP, A)

特開2011-232449(JP, A)

国際公開第2011/118554(WO, A1)

国際公開第2013/145547(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08

G02B 21/02 - 21/04

G02B 25/00 - 25/04