

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-337691

(P2006-337691A)

(43) 公開日 平成18年12月14日(2006.12.14)

(51) Int.CI.	F 1	テーマコード (参考)
G02B 13/04 (2006.01)	G02B 13/04	D 2H087
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2005-161887 (P2005-161887)	(71) 出願人	504371974 オリンパスイメージング株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(22) 出願日	平成17年6月1日 (2005.6.1)	(74) 代理人	100065824 弁理士 篠原 泰司
		(74) 代理人	100104983 弁理士 藤中 雅之
		(72) 発明者	加茂 裕二 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ リンパスイメージング株式会社内
		F ターム (参考)	2H087 KA01 LA03 LA07 NA02 PA05 PA06 PA18 PA19 PB07 QA02 QA06 QA07 QA17 QA22 QA26 QA32 QA34 QA41 QA46 RA05 RA12 RA13 RA32 RA42 RA43 RA44 UA01

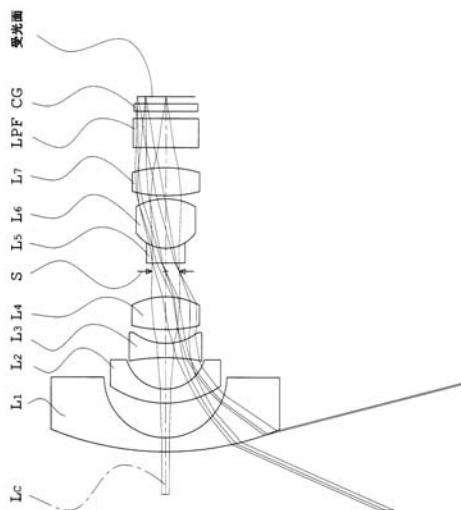
(54) 【発明の名称】結像光学系

(57) 【要約】

【課題】 半画角 90° 以上の広角化にも対応でき、同時に小型化と高性能化を満たすことのできる構成枚数の少ない結像光学系を提供すること。

【解決手段】 物体側から順に、負屈折力のレンズ群、正屈折力のレンズ群、を備える結像光学系であって、前記負屈折力のレンズ群は、物体側から順に、負レンズである第1レンズ、負レンズである第2レンズ、負レンズである第3レンズを有し、前記正屈折力のレンズ群は、物体側から順に、正レンズである第4レンズ、負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズ、正レンズである第7レンズを有し、前記第3レンズが両凹負レンズである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

物体側から順に、負屈折力のレンズ群、正屈折力のレンズ群、を備える結像光学系であって、

前記負屈折力のレンズ群は、物体側から順に、負レンズである第1レンズ、負レンズである第2レンズ、負レンズである第3レンズを有し、前記正屈折力のレンズ群は、物体側から順に、正レンズである第4レンズ、負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズ、正レンズである第7レンズを有し、

前記第3レンズが両凹負レンズであることを特徴とする結像光学系。

【請求項 2】

物体側から順に、負屈折力のレンズ群、正屈折力のレンズ群、を備える結像光学系であって、

前記負屈折力のレンズ群は、物体側から順に、負レンズである第1レンズ、負レンズである第2レンズ、負レンズである第3レンズを有し、前記正屈折力のレンズ群は、物体側から順に、正レンズである第4レンズ、負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズ、正レンズである第7レンズを有し、

前記第5レンズと前記第6レンズとの合成焦点距離が正であることを特徴とする結像光学系。

【請求項 3】

物体側から順に、負屈折力のレンズ群、正屈折力のレンズ群、を備える結像光学系であって、

前記負屈折力のレンズ群は、物体側から順に、負レンズである第1レンズ、負レンズである第2レンズ、負レンズである第3レンズを有し、前記正屈折力のレンズ群は、物体側から順に、正レンズである第4レンズ、負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズ、正レンズである第7レンズを有し、

前記第4レンズと前記第5レンズとの間に明るさ絞りを配置し、

以下の条件式(1)を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$0.3 < d_{4S} / I_h < 2.5 \quad (1)$$

ただし、

d_{4S} ：第4レンズの像側の面から明るさ絞りまでの軸上間隔

I_h ：最大像高

である。

【請求項 4】

物体側から順に、負屈折力のレンズ群、正屈折力のレンズ群、を備える結像光学系であって、

前記負屈折力のレンズ群は、物体側から順に、負レンズである第1レンズ、負レンズである第2レンズ、負レンズである第3レンズを有し、前記正屈折力のレンズ群は、物体側から順に、正レンズである第4レンズ、負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズ、正レンズである第7レンズを有し、

以下の条件式(2)を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$-0.7 < f_N / f_P < -0.05 \quad (2)$$

ただし、

f_N ：負屈折力のレンズ群の合成焦点距離

f_P ：正屈折力のレンズ群の合成焦点距離

である。

【請求項 5】

前記7枚のレンズのみで構成されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の結像光学系。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

10

20

30

40

50

【0001】

本発明はCCDやCMOSなどの固体撮像素子等を用いた撮像装置に採用して好適な結像光学系であって、例えば車載用カメラ、監視用カメラ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、並びに携帯電話、パソコンなどに搭載される小型カメラ等に採用することができる結像光学系に関する。

【0002】

近年、車載用カメラを備えた自動車が普及し始めている。そして当初の車載用カメラは、主に視認用モニタとして使用されていたが、最近では白線検知や車線逸脱の監視、障害物検知、ドライバー監視など、より高度なセンサー用カメラとして使用されるようになっている。そのため、このようなカメラに用いられる光学系には、広い画角、具体的には死角を完全になくすために半画角90°以上の画角と、高い画質とを有していて、且つ、構成枚数が少なくコンパクトであって低コストで作製できる魚眼光学系が要求されている。

【0003】

そして、構成枚数の少ない魚眼光学系の先行例としては、特許文献1、2に記載されている光学系のように6枚のレンズにより構成したものや、特許文献3の実施例12に記載されている光学系のように7枚のレンズにより構成したものがある。また、半画角が90°を超える魚眼光学系の先行例としては、特許文献4、5に記載されている光学系がある。

【特許文献1】特許第2992547号公報

【特許文献2】特開2002-72085号公報

【特許文献3】特開2000-352665号公報

【特許文献4】特公昭51-14017号公報

【特許文献5】特公昭51-2826号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、特許文献1、2に記載された光学系は、それぞれ半画角は90°、84°と比較的広角であるが、共に倍率色収差等の周辺性能が不十分であった。また第1レンズ、第2レンズともに、メニスカス形状の負レンズであるため、入射瞳位置が像面側に移動し、その結果、径が大きくなってしまい、レンズの低コスト化や小型化が困難であった。また、車載用カメラに要求されている90°を超える半画角は達成されていなかった。特許文献3に記載された光学系は、半画角が42°と半画角90°には程遠い光学系であった。特許文献4、5に記載された光学系は、半画角が110°程度であり、十分広角ではあるが、構成枚数が11～12枚と多く、低コスト化や小型化が困難であった。

【0005】

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、半画角90°以上の広角化にも対応でき、同時に小型化と高性能化を満たすことのできる構成枚数の少ない結像光学系を提供することである。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

上記の目的を達成するために、本発明による結像光学系は、物体側から順に、負屈折力のレンズ群、正屈折力のレンズ群、を備える結像光学系であって、前記負屈折力のレンズ群は、物体側から順に、負レンズである第1レンズ、負レンズである第2レンズ、負レンズである第3レンズを有し、前記正屈折力のレンズ群は、物体側から順に、正レンズである第4レンズ、負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズ、正レンズである第7レンズを有し、前記第3レンズが両凹負レンズであるように構成する。

【0007】

また、上記の目的を達成するために、本発明による結像光学系は、物体側から順に、負屈折力のレンズ群、正屈折力のレンズ群、を備える結像光学系であって、前記負屈折力のレンズ群は、物体側から順に、負レンズである第1レンズ、負レンズである第2レンズ、

10

20

30

40

50

負レンズである第3レンズを有し、前記正屈折力のレンズ群は、物体側から順に、正レンズである第4レンズ、負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズ、正レンズである第7レンズを有し、前記第5レンズと前記第6レンズとの合成焦点距離が正であるように構成する。

【0008】

また、上記の目的を達成するために、本発明による結像光学系は、物体側から順に、負屈折力のレンズ群、正屈折力のレンズ群、を備える結像光学系であって、前記負屈折力のレンズ群は、物体側から順に、負レンズである第1レンズ、負レンズである第2レンズ、負レンズである第3レンズを有し、前記正屈折力のレンズ群は、物体側から順に、正レンズである第4レンズ、負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズ、正レンズである第7レンズを有し、前記第4レンズと前記第5レンズとの間に明るさ絞りを配置し、以下の条件式(1)を満たすように構成する。

$$0.3 \leq d_4 S / I_h \leq 2.5 \quad (1)$$

ただし、

$$\begin{aligned} d_4 S &: 第4レンズの像側の面から明るさ絞りまでの軸上間隔 \\ I_h &: 最大像高 \end{aligned}$$

である。

【0009】

また、上記の目的を達成するために、本発明による結像光学系は、物体側から順に、負屈折力のレンズ群、正屈折力のレンズ群、を備える結像光学系であって、前記負屈折力のレンズ群は、物体側から順に、負レンズである第1レンズ、負レンズである第2レンズ、負レンズである第3レンズを有し、前記正屈折力のレンズ群は、物体側から順に、正レンズである第4レンズ、負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズ、正レンズである第7レンズを有し、以下の条件式(2)を満たすように構成する。

$$-0.7 \leq f_N / f_P \leq -0.05 \quad (2)$$

ただし、

$$\begin{aligned} f_N &: 負屈折力のレンズ群の合成焦点距離 \\ f_P &: 正屈折力のレンズ群の合成焦点距離 \end{aligned}$$

である。

【0010】

さらに、上記の本発明の結像光学系は、7枚のレンズのみで構成されていることが望ましい。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、半画角90°以上の広角化にも対応でき、同時に小型化と高性能化を満たすことのできる構成枚数の少ない結像光学系を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

実施例の説明に先立ち、本発明の作用効果について説明する。

【0013】

一般的に広角光学系には、物体側から順に、負屈折力のレンズ群、正屈折力のレンズ群で構成されるレトロフォーカスタイルが採用されている。そのような光学系を採用し半画角が90°程度の超広角を想定する場合は、焦点距離を小さくしなければならないため、負屈折力のレンズ群のパワーを強くして主点位置を像面側に移動させる必要がある。また、そのように構成したことによって発生してしまう収差を補正するために、正屈折力のレンズ群を適切に構成する必要がある。なお、半画角が90°を超える場合、即ち光学系の最も物体側に配置されたレンズの物体側の面よりも後方から入射する光線も屈曲させなければならない場合は、通常よりも大きな収差が生じてしまうため、そのような収差を発生させないように負屈折力のレンズ群と正屈折力のレンズ群を構成する各レンズを適切に配置しなければならない。

10

20

30

40

50

【0014】

そこで、本発明の結像光学系は、物体側から順に、負屈折力のレンズ群、正屈折力のレンズ群を備え、前記負屈折力のレンズ群は、物体側から順に、負レンズである第1レンズ、負レンズである第2レンズ、負レンズである第3レンズを有し、前記正屈折力のレンズ群は、物体側から順に、正レンズである第4レンズ、負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズ、正レンズである第7レンズを有する構成を基本とした。

【0015】

この基本構成により、本発明の結像光学系は、負屈折力のレンズ群を透過し発散する軸上光束を、正屈折力のレンズ群により集光させている。このとき、正屈折力のレンズ群により軸上光束を収斂させる程度が強ければ強いほどに広角化に有利となる。

10

【0016】

また、通常のレトロフォーカスタイルの結像光学系は倍率色収差が出やすい構成である。そのため一般的には、各レンズのアッベ数を適切に配置してそれを補正している。しかしながら、本発明のような超広角にも対応し得る構成にする場合は、倍率色収差の発生に関係の深い周辺の主光線高が高くなるため、その影響がさらに顕著に出てしまう。そのため、アッベ数の設定だけでは補正に限界がある。

【0017】

そこで、本願の第1の発明に係る結像光学系は、上記基本構成において、第3レンズを両凹負レンズとする構成とした。

20

【0018】

倍率色収差の発生を抑えるためには、周辺の主光線高を低くすることが効果的である。そこで、入射瞳位置を適切に設定し、周辺の主光線高を低くするため、負屈折力のレンズ群を構成するレンズの1枚である第3レンズの形状を両凹形状とした。第3レンズをこのような形状とすれば、入射瞳位置を物体側に移動させ、倍率色収差の補正を効果的に行うことができる。また、周辺の主光線高を低くすることにより、第1レンズ、第2レンズ及び第3レンズの3つの負レンズの径を小さくすることができ、レンズの体積を小さくすることができる。その結果、レンズの作製のためのコストを抑えることができ、光学系の小型化、軽量化も同時に達成することができる。

【0019】

また、本願の第2の発明に係る結像光学系は、前記第5レンズと前記第6レンズとの合成焦点距離が正となる構成とした。

30

【0020】

広画角を達成するためには、負屈折力のレンズ群を構成する第1レンズ、第2レンズ及び第3レンズにかなり強い負のパワーを持たせる必要がある。しかし、このようにすると、この負屈折力のレンズ群により収差が生じてしまうため、その収差は正のパワーを有するレンズ群により補正する必要がある。特にペツツバール和はパワーに依存するため、収差を生じさせる負屈折力のレンズ群よりも像面側に、正のパワーを有するレンズ群を配置しないと像面湾曲を補正することが難しくなる。また、画角が大きい光学系の場合、画面周辺部までコマ収差を補正するのは大変難しい。そのため、これらの収差を十分に補正するためには、第4レンズを正レンズとすることに加え、更なる工夫を行うことが好ましい。そこで、第5レンズと第6レンズとの合成焦点距離が正となる構成とした。このように構成することにより、ペツツバール和、コマ収差をより良好に補正することができる。

40

【0021】

また、本願の第3の発明に係る結像光学系は、上記基本構成に加え、さらに前記第4レンズと前記第5レンズとの間に明るさ絞りを備え、以下の条件式(1)を満たす構成とした。

$$0.3 \leq d_4 S / I h \leq 2.5$$

(1)

ただし、

$$d_4 S : 第4レンズの像側の面から明るさ絞りまでの軸上間隔$$

50

I h : 最大像高

である。

【0022】

負屈折力のレンズ群を構成する第1レンズ、第2レンズ及び第3レンズは全て負のパワーを有するレンズであるため収差は残存し、その収差は負屈折力のレンズ群より像面側に配置される正屈折力のレンズ群により補正する必要がある。負屈折力のレンズ群では、コマ収差、非点収差の他、特に倍率色収差が発生しやすい。この収差はパワーだけでなく光線高にも依存する。そのため、負屈折力のレンズに隣接する第4レンズを正のパワーを有するレンズとし、さらに入射光線高を適正化することにより、この収差を効果的に補正することができる。そこで、第4レンズと第5レンズとの間に明るさ絞りを配置し、上記条件式(1)を満たす構成とした。10

【0023】

条件式(1)の上限を上回ると、第4レンズと明るさ絞りとの軸上間隔が大きくなりすぎてしまい、全長が大きくなりやすくなる。下限を下回ると、第4レンズと明るさ絞りとの軸上間隔が小さくなりすぎてしまいコマ収差、非点収差、特に倍率色収差の補正が難しくなる。

【0024】

ここで、上記条件式(1)を、

$$0.5 d_4 S / I h \leq 2 \quad (1')$$

とし、この条件式(1')を満足するようにすると、より好ましくなる。

さらに、上記条件式(1)を、

$$0.7 d_4 S / I h \geq 1.6 \quad (1'')$$

とし、この条件式(1'')を満足するようにすると、さらに好ましくなる。

なお、これらの条件式(1')、(1'')の上限値または下限値のいずれか一方のみを条件式(1)の上限値または下限値としても良い。

【0025】

また、本願の第4の発明に係る結像光学系は、上記基本構成において、以下の条件式(2)を満たす構成とした。

$$-0.7 f_N / f_P \leq -0.05 \quad (2)$$

ただし、

f_N : 負屈折力のレンズ群の合成焦点距離

f_P : 正屈折力のレンズ群の合成焦点距離

である。

【0026】

半画角90°を超える広角化を実現するためには、光学系の主点をかなり像側に移動させなければならない。そのため、レトロフォーカスタイルの結像光学系を用いる場合、物体側には強い負のパワーを有するレンズ群を配置する必要がある。従って、光学系の大きさと性能は負屈折力のレンズ群よりも像側に配置される正屈折力のレンズ群の構成により大きく左右される。そこで、第4乃至第7レンズが上記条件式(2)を満たすような構成とした。40

【0027】

条件式(2)の上限を上回ると、負のパワーが強くなりすぎてしまい、全長が大きくなってしまう。下限を下回ると、正のパワーが強くなりすぎてしまい、コマ収差、非点収差が悪化してしまう。

【0028】

ここで、上記条件式(2)を、

$$-0.5 f_N / f_P \leq -0.1 \quad (2')$$

とし、この条件式(2')を満足するようにすると、より好ましくなる。

さらに、上記条件式(2)を、

$$-0.3 f_N / f_P \leq -0.15 \quad (2'') \quad \text{50}$$

とし、この条件式(2")を満足するようになると、さらに好ましくなる。

なお、これらの条件式(2')、(2")の上限値または下限値のいずれか一方のみを条件式(2)の上限値または下限値としても良い。

【0029】

また、上記の各々の発明は、基本となる7枚のレンズの他に、収差補正等の目的で他のレンズを追加してもよい。ただし、小型化とレンズ枚数の低減のためには、結像光学系中のレンズ枚数を前述の7枚のみとすることが好ましい。

【0030】

なお、本実施例による結像光学系は、以下に述べるような条件を満足するようになると、さらに好ましくなる。10

【0031】

上記第1乃至4の発明に係る結像光学系は、第3レンズが両凹負レンズであり、以下の条件式(3)を満たすようにすると、より好ましくなる。

$$2 \mid r_3 f / f \mid 100 \quad (3)$$

ただし、

$$\begin{aligned} r_3 f &: 第3レンズの物体側の面の近軸曲率半径 \\ f &: 結像光学系全系の焦点距離 \end{aligned}$$

である。

【0032】

条件式(3)の上限を上回ると、入射瞳位置が像側に移動してしまい、効果的に倍率色収差を補正することが困難となり、また、レンズの径が大きくなりやすい。下限を下回ると、レンズのパワーが強くなりすぎてしまい、コマ収差、非点収差、倍率色収差が補正過剰になりやすい。20

【0033】

ここで、上記条件式(3)を、

$$5 \mid r_3 f / f \mid 50 \quad (3')$$

とし、この条件式(3')を満足するようになると、より好ましくなる。

さらに、上記条件式(3)を、

$$8 \mid r_3 f / f \mid 50 \quad (3'')$$

とし、この条件式(3'')を満足するようになると、さらに好ましくなる。30

なお、これらの条件式(3')、(3'')の上限値または下限値のいずれか一方のみを条件式(3)の上限値または下限値としても良い。

【0034】

また、上記第1乃至4の発明に係る結像光学系は、前記第5レンズと前記第6レンズとの合成焦点距離が正であって、以下の条件式(4)を満たすようになると、より好ましくなる。

$$1 f_5 6 / f 50 \quad (4)$$

ただし、

$$\begin{aligned} f_5 6 &: 第5レンズと第6レンズとの合成焦点距離 \\ f &: 結像光学系全系の焦点距離 \end{aligned}$$

である。

【0035】

条件式(4)の上限を上回ると、第5レンズと第6レンズの正のパワーによる補正効果が小さく、像面湾曲、コマ収差の補正が不足しやすい。下限を下回ると、第5レンズと第6レンズの正のパワーによる補正効果が大きくなりすぎてしまい、像面湾曲、コマ収差の補正が過剰となりやすい。40

【0036】

ここで、上記条件式(4)を、

$$5 f_5 6 / f 25 \quad (4')$$

とし、この条件式(4')を満足するようになると、より好ましくなる。50

さらに、上記条件式(4)を、

$$5.5 \quad |r_3 f / f| \quad 1.5 \quad (4'')$$

とし、この条件式(4'')を満足するようにすると、さらに好ましくなる。

なお、これらの条件式(4')、(4'')の上限値または下限値のいずれか一方のみを条件式(4)の上限値または下限値としても良い。

【0037】

また、上記第1乃至4の発明に係る結像光学系は、以下の条件式(5)を満たすようにすると、より好ましくなる。

$$0.3 \quad f_1 / f_2 \quad 1.7 \quad (5)$$

ただし、

f_1 : 第1レンズの焦点距離

f_2 : 第2レンズの焦点距離

である。

【0038】

この条件式(5)を満足することにより、第1レンズ及び第2レンズが広い画角からの光線を屈曲させる役割を効果的に果たすことができる。

【0039】

条件式(5)の上限を上回ると、第1レンズのパワーが強くなりすぎてしまい、コマ収差、非点収差を補正することが困難となる。または、第2レンズのパワーが弱くなりすぎてしまい、レンズ径が大きくなったり倍率色収差を補正することが困難となる。条件式(5)の下限を下回ると、第1レンズのパワーが弱くなりすぎてしまい、レンズ径が大きくなったり倍率色収差を補正することが困難となる。または、第2レンズのパワーが強くなりすぎてしまい、コマ収差、非点収差を補正することが困難となる。

【0040】

ここで、上記条件式(5)を、

$$0.6 \quad f_1 / f_2 \quad 1.5 \quad (5')$$

とし、この条件式(5')を満足するようにすると、より好ましくなる。

さらに、上記条件式(5)を、

$$0.65 \quad f_1 / f_2 \quad 1.2 \quad (5'')$$

とし、この条件式(5'')を満足するようにすると、さらに好ましくなる。

なお、これらの条件式(5')、(5'')の上限値または下限値のいずれか一方のみを条件式(5)の上限値または下限値としても良い。

【0041】

また、上記第1乃至4の発明に係る結像光学系は、以下の条件式(6)を満たすようにすると、より好ましくなる。

$$-5 \quad f_3 / I_h \quad -1 \quad (6)$$

ただし、

f_3 : 第3レンズの焦点距離

I_h : 最大像高

である。

【0042】

本発明の結像光学系に入射した光束は、3つの連続して配置された負屈折力のレンズによって構成される負屈折力のレンズ群により、発散されて拡大する。このような作用を有する負屈折力のレンズ群のうち、最も像側に配置される第3レンズは収差補正において特に重要となる。そこで、本発明の結像光学系は、第3レンズのパワーを規定した条件式である上記条件式(6)を満足するようにすることが好ましい。

【0043】

条件式(6)の上限を上回ると、第3レンズのパワーが弱くなりすぎてしまい、全長が大きくなってしまう。または、第3レンズのパワーに対し、第1レンズ、第2レンズのパワーが相対的に大きくなりすぎてしまい、倍率色収差を補正することが困難となる。下限

を下回ると、第3レンズのパワーが強くなりすぎてしまい、コマ収差を補正することが困難となる。または、第3レンズのパワーに対し、第1レンズ、第2レンズのパワーが相対的に小さくなりすぎてしまい、レンズ径が大きくなってしまう。

【0044】

ここで、上記条件式(6)を、

$$-3.5 \leq f_3 / I_h \leq -1.5 \quad (6')$$

とし、この条件式(6')を満足するようにすると、より好ましくなる。

さらに、上記条件式(6)を、

$$-3.2 \leq f_3 / I_h \leq -1.7 \quad (6'')$$

とし、この条件式(6'')を満足するようにすると、さらに好ましくなる。

なお、これらの条件式(6')、(6'')の上限値または下限値のいずれか一方のみを条件式(6)の上限値または下限値としても良い。

【0045】

また、上記第1乃至4の発明に係る結像光学系は、以下の条件式(7)を満たすようにすると、より好ましくなる。

$$-0.7 \leq f_N / f_4 \leq -0.1 \quad (7)$$

ただし、

f_N : 負屈折力のレンズ群の合成焦点距離

f_4 : 第4レンズの焦点距離

である。

20

【0046】

負屈折力のレンズ群により生じた収差を適切に補正するため、負屈折力のレンズ群の像側に配置される正のパワーを有する第4レンズは、上記条件式(7)を満たすようにすると、より好ましい。

【0047】

条件式(7)の上限を上回ると、第4レンズのパワーが弱くなりすぎてしまい、コマ収差、倍率色収差に対する補正効果が不足してしまいやすくなる。下限を下回ると、第4レンズのパワーが強くなりすぎてしまい、コマ収差、倍率色収差の補正が過剰となりやすい。

【0048】

ここで、上記条件式(7)を、

$$-0.5 \leq f_N / f_4 \leq -0.15 \quad (7')$$

とし、この条件式(7')を満足するようにすると、より好ましくなる。

さらに、上記条件式(7)を、

$$-0.4 \leq f_N / f_4 \leq -0.2 \quad (7'')$$

とし、この条件式(7'')を満足するようにすると、さらに好ましくなる。

なお、これらの条件式(7')、(7'')の上限値または下限値のいずれか一方のみを条件式(7)の上限値または下限値としても良い。

【0049】

また、上記第1乃至4の発明に係る結像光学系は、以下の条件式(8)を満たすようにすると、より好ましくなる。

$$-0.5 \leq f / r_5 f \leq 1 \quad (8)$$

ただし、

f : 結像光学系全系の焦点距離

$r_5 f$: 第5レンズの物体側の面の近軸曲率半径

である。

30

【0050】

条件式(8)の上限を上回ると、第5レンズの物体側の面が強い凸面となり、第5レンズを負レンズとしたことによる球面収差及びコマ収差補正に対する補正効果が不足してしまいやすく、それらの収差の補正が困難となる。下限を下回ると、第5レンズの物体側の

50

面が強い凹面となり、第5レンズを負レンズとしたことによる球面収差及びコマ収差補正に対する補正効果が過剰となりやすく、高次収差が発生しやすくなる。

【0051】

ここで、上記条件式(8)を、

$$-0.25 \leq f/r_5 \leq 0.5 \quad (8')$$

とし、この条件式(8')を満足するようにすると、より好ましくなる。

さらに、上記条件式(8)を、

$$-0.15 \leq f/r_5 \leq 0.3 \quad (8'')$$

とし、この条件式(8'')を満足するようにすると、さらに好ましくなる。

さらに、上記条件式(8)を、

$$-0.08 \leq f/r_5 \leq 0.2 \quad (8''')$$

とし、この条件式(8''')を満足するようにすると、さらに好ましくなる。

なお、これらの条件式(8')、(8'')、(8''')の上限値または下限値のいずれか一方のみを条件式(8)の上限値または下限値としても良い。

【0052】

また、上記第1乃至4の発明に係る結像光学系は、以下の条件式(9)を満たすようにすると、より好ましくなる。

$$3 \leq f_7/I_h \leq 15 \quad (9)$$

ただし、

f_7 ：第7レンズの焦点距離

I_h ：最大像高

である。

【0053】

本発明の結像光学系において最も像側に配置される第7レンズは、入射する光束の光線高が大きいため、その特性が画面周辺の収差補正に大きく影響する。そこで、本発明の結像光学系は、第7レンズのパワーを規定した条件式である上記条件式(9)を満足するようになることが好ましい。

【0054】

条件式(9)の上限を上回ると、第7レンズのパワーが弱くなりすぎてしまい、倍率色収差を補正することが困難となる。下限を下回ると、第7レンズのパワーが強くなりすぎてしまい、上限を上回った場合と同様に倍率色収差の補正が難しくなる。または、相対的に第6レンズのパワーが弱くなりすぎてしまい、コマ収差が生じやすくなる。

【0055】

ここで、上記条件式(9)を、

$$3.5 \leq f_7/I_h \leq 10 \quad (9')$$

とし、この条件式(9')を満足するようにすると、より好ましくなる。

さらに、上記条件式(9)を、

$$4.0 \leq f_7/I_h \leq 8.0 \quad (9'')$$

とし、この条件式(9'')を満足するようにすると、さらに好ましくなる。

なお、これらの条件式(9')、(9'')の上限値または下限値のいずれか一方のみを条件式(9)の上限値または下限値としても良い。

【0056】

また、上記第1、2又は4の発明に係る結像光学系は、第4レンズと第5レンズとの間に明るさ絞りが配置されているようにすると、より好ましくなる。

【0057】

一般的に車載用カメラ、監視カメラ等は、CCDやCMOSといった撮像素子の受光面を像面位置に配置している。そのため、光学系から射出される光線は、できるだけ像面に垂直に近くなる方が良い。また、画角が非常に大きな広角光学系である場合、倍率色収差の補正のために光線高を適切な値とするため、明るさ絞りを適切な位置に配置することが望ましい。そこで、明るさ絞りは第4レンズと第5レンズの間に配置すると良い。

10

20

30

40

50

【0058】

また、上記第1乃至5の発明に係る結像光学系は、第5レンズと第6レンズとが接合しており、第5レンズと第6レンズの間の接合面が負屈折力を有していて、第5レンズのアッベ数が第6レンズのアッベ数よりも小さくなるようにすると、より好ましくなる。

【0059】

上記第1乃至4の発明の構成では、正レンズである第4レンズにおいて軸上色収差が発生しやすくなる。そこで、第5レンズと第6レンズとを接合し、その接合面に負の屈折力を持たせ、同時に、負レンズである第5レンズのアッベ数を正レンズである第6レンズのアッベ数よりも小さくすることにより、第4レンズにおいて発生した軸上色収差と逆方向の軸上色収差を接合面に発生させることができることが好ましい。

10

【0060】

また、上記第1乃至4の発明に係る結像光学系は、レンズ成分が、光軸付近で入射側の面と射出側の面のみが空気と接触し、その間に空間を持たないレンズ、即ち単レンズまたは接合レンズであると定義したとき、物体側から順に、第1レンズ、空間、第2レンズ、空間、第3レンズ、空間、第4レンズ、空間、第5レンズと第6レンズとの接合レンズ、空間、第7レンズの6つのレンズ成分、又は、物体側から順に、第1レンズ、空間、第2レンズ、空間、第3レンズと第4レンズとの接合レンズ、空間、第5レンズと第6レンズとの接合レンズ、空間、第7レンズの6つのレンズ成分からなる構成とすることが好ましい。

20

【0061】

上記第1乃至5の発明に係る結像光学系をこのような構成とすると、各レンズの機能を有効に活用でき、広角でありながら収差の補正や小型化の達成がしやすくなる。

【0062】

また、上記第1乃至4の発明に係る結像光学系は、前記結像光学系の最大半画角が、以下の条件式(10)を満たすことが好ましい。

$$80^\circ \leq \text{条件式(10)} \leq 120^\circ$$

(10)

ただし、

: 結像光学系の最大半画角

である。

30

【0063】

上記条件式(10)の上限を上回ると、コマ収差が悪化しやすくなってしまい、高画質化が困難となる。下限を下回ると、視野が狭くなり死角が生じてしまい、監視カメラ、車載カメラ等で求められる撮像範囲を得られない場合が生じやすくなる。

【0064】

ここで、上記条件式(10)を、

$$85^\circ \leq \text{条件式(10')} \leq 110^\circ$$

(10')

とし、この条件式(10')を満足するようにすると、より好ましくなる。

さらに、上記条件式(10')を、

$$92^\circ \leq \text{条件式(10'')} \leq 107^\circ$$

(10'')

とし、この条件式(10'')を満足するようにすると、さらに好ましくなる。

40

なお、これらの条件式(10')、(10'')の上限値または下限値のいずれか一方のみを条件式(10)の上限値または下限値としても良い。

【0065】

また、上記第1乃至4の発明に係る結像光学系は、第3レンズと第4レンズとを接合すると、より好ましくなる。

【0066】

負レンズである第3レンズと正レンズである第4レンズとを接合することにより、負レンズである第1レンズ及び第2レンズで発生する倍率色収差を効果的に補正することができるようになる。

【0067】

50

さらに、上記した各発明に係る結像光学系のより具体的な構成としては、第1レンズは物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、前記第2レンズは物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、第3レンズは物体側の面の近軸曲率半径絶対値よりも像側の面の近軸曲率半径絶対値が小さい負レンズであり、第4レンズは両凸正レンズであり、第5レンズは物体側の面の近軸曲率半径絶対値よりも像側の面の近軸曲率半径絶対値が小さい負レンズであり、第6レンズは第5レンズに接合された両凸正レンズであり、第7レンズは物体側の面が凸面の正レンズであって、第4レンズと第5レンズとの間に明るさ絞りを有することが好ましい。

【0068】

このような構成とすることで、より広画角でありながら収差を良好に補正することができ、テレセントリック性の確保も行いやすい。負屈折力のレンズ群を構成する第1レンズ、第2レンズ及び第3レンズを上述の形状とすることにより、軸外光束を少しずつ屈折させ、収差の発生を抑えながら広い画角を達成しやすくしている。第4レンズを上記の形状とすることにより、その両面の凸面において、発散する軸上光束乃至軸外光束を低減乃至収斂させ、負屈折力のレンズ群により発生した収差を低減させることができる。そして、明るさ絞り以降に配置された第5レンズ、第6レンズ及び第7レンズをそれぞれ上記の形状とすることにより、テレセントリックに近づけるように光束を折り曲げるが、このとき、第5レンズ及び第6レンズにて色収差を良好に補正するため、それぞれの向かい合う接合面の曲率を強くしている。また、収差の発生を抑えるため、第6レンズの像側の面及び第7レンズの両面において、それぞれ正のパワーを負担している。

【0069】

なお、第3レンズと第4レンズとを接合する場合は、倍率色収差を補正しやすくするため、第4レンズの物体側の面の近軸曲率半径絶対値を、像側の面よりも小さくすることが好ましい。一方、第3レンズと第4レンズとを接合しない場合は、球面収差を抑えるために第4レンズの物体側の面の近軸曲率半径絶対値を、像側の面よりも大きくすることが好ましい。

【0070】

また、上記第1乃至4の発明に係る結像光学系は、物体側から順に、負レンズである第1レンズ、負レンズである第2レンズ、負レンズである第3レンズ、正レンズである第4レンズ、負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズ、正レンズである第7レンズを有し、前記第3レンズと前記第4レンズとが接合すると、より好ましくなる。

【0071】

このような構成とすることで、広角、小型ながら色収差を抑えやすくした結像光学系とし得る。

【0072】

さらに、上記した各発明に係る結像光学系を撮像装置に採用する場合には、結像光学系の像側に受光面が配置されていて、結像光学系により該受光面上に形成された光学像を電気信号に変換する電子撮像素子を備えるようにするのが好ましい。

【0073】

撮像装置に上記いずれかの結像光学系を用いることにより、テレセントリック性を確保することができるため、光線が撮像素子へ斜めに入射することによる悪影響を低減できる。なお、その場合、結像光学系の撮影像高 I_h は、撮像素子上での有効撮像領域の対角長の半分を意味する。有効撮像領域は、電子撮像素子の光電変換面（受光面）のうち、受光した画像について表示、印刷等に使用する撮像領域の最大範囲を意味する。

【0074】

なお、上記の本発明の各々の特徴的な事項のうち複数を同時に満足させようすれば、各々の効果が同時に得られるため、より好ましいものとなる。

【0075】

以下、図示した実施例に基づき、本発明を詳細に説明する。

【0076】

10

20

30

40

50

以下の各実施例におけるレンズの数値データにおいては、Rは各レンズ面の曲率半径、Dは各レンズの肉厚または間隔、Ndは各レンズのd線における屈折率、Vdは各レンズのd線におけるアッペ数、kは円錐係数、A₄, A₆, A₈, A₁₀は非球面係数をそれぞれ示している。

また、各非球面形状は、各実施例における各非球面係数を用いて以下の式で表される。但し、光軸方向の座標をZ、光軸と垂直な方向の座標をYとする。

$$Z = (Y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k) \cdot (Y / r)^2\}^{1/2}] \\ + A_4 Y^4 + A_6 Y^6 + A_8 Y^8 + A_{10} Y^{10}$$

【0077】

また、本発明に係る結像光学系においては、歪曲収差を発生させて、f特性になるように構成している。なお、歪曲収差の定義は理想像高を基準にしているため、90°以上の収差量は定義できず収差図は描画していない。

【実施例1】

【0078】

図1は、本実施例に係る結像光学系の構成を示す図である。図2は、本実施例に係る結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す収差図である。

【0079】

本実施例の結像光学系は、図1に示すように、物体側から順に、第1レンズL₁、第2レンズL₂、第3レンズL₃、第4レンズL₄、明るさ絞りS、第5レンズL₅、第6レンズL₆、第7レンズL₇、IRカットコート面を有するローパスフィルターL_{PF}、カバーガラスCGにより構成されている。

【0080】

本実施例において、第1レンズL₁は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、第2レンズL₂は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、第3レンズL₃は両凹負レンズであり、第4レンズL₄は両凸正レンズであり、第5レンズL₅は両凹負レンズであり、第6レンズL₆は両凸正レンズであり、第7レンズL₇は両凸正レンズである。なお、第5レンズL₅と第6レンズL₆とは接合されており、第7レンズL₇は両面とも非球面である。また、第7レンズL₇はアモルファスポリオレフィン系のゼオネックスにより形成されている。

【0081】

また、本実施例の結像光学系のスペックは、焦点距離1.25mm、最大像高2.01mmであり、半画角105°、Fナンバー2.400である。

【0082】

次に、本実施例に係る撮影光学系を構成するレンズの数値データを示す。

【0083】

面	R	D	Nd	Vd
1	20.3214	1.000	1.78590	44.20
2	4.2461	2.405		
3	6.4906	1.000	1.62041	60.29
4	2.7866	2.200		
5	-14.0681	1.000	1.62041	60.29
6	3.6367	1.000		
7	10.2603	2.300	1.80518	25.42
8	-4.8061	1.780		
9(絞り)		0.615		
10	-31.8452	1.000	1.78472	25.68
11	2.4643	3.500	1.60311	60.64
12	-4.0091	0.200		
13*	8.6154	2.000	1.52542	55.78
14*	-8.8168	1.379		

10

20

30

40

50

15		2.081	1.51633	64.14
16		0.520		
17		0.520	1.51633	64.14
18		0.500		

19 (受光面)

*印：非球面

【0084】

非球面係数

面	R	k	A ₄	A ₆	A ₈	A ₁₀	
13	8.615	0.000	-5.40588 × 10 ⁻³	1.51109 × 10 ⁻³	-2.91534 × 10 ⁻⁴	3.42809 × 10 ⁻⁵	10
14	-8.817	0.000	-3.08060 × 10 ⁻³	9.16385 × 10 ⁻⁵	3.96691 × 10 ⁻⁵	5.94217 × 10 ⁻⁶	

【0085】

また、上記各条件式に係るデータは、

- 条件式(1) : d₄s / Ih = 0.88
 条件式(2) : fN / fP = -0.16
 条件式(3) : |r₃f / f| = -11.25
 条件式(4) : d₅6 / f = 9.32
 条件式(5) : f₁ / f₂ = 0.80
 条件式(6) : f₃ / Ih = -2.26
 条件式(7) : fP / f₄ = -0.29
 条件式(8) : f / r₅f = -0.04
 条件式(9) : f₇ / Ih = 4.29
 条件式(10) : = 105.00°

である。

【実施例2】

【0086】

図3は、本実施例に係る結像光学系の構成を示す図である。図4は、本実施例に係る結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す収差図である。

【0087】

本実施例の結像光学系は、図3に示すように、物体側から順に、第1レンズL₁、第2レンズL₂、第3レンズL₃、第4レンズL₄、明るさ絞りS、第5レンズL₅、第6レンズL₆、第7レンズL₇、IRカットコート面を有するローパスフィルターL_{PF}、カバーガラスCGにより構成されている。

【0088】

本実施例において、第1レンズL₁は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、第2レンズL₂は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、第3レンズL₃は両凹レンズであり、第4レンズL₄は両凸正レンズであり、第5レンズL₅は物体側に凸面を向けた負レンズであり、第6レンズL₆は両凸正レンズであり、第7レンズL₇は両凸正レンズである。なお、第5レンズL₅と第6レンズL₆とは接合されている。また、本実施例に用いられているレンズの面は全て球面である。

【0089】

また、本実施例の結像光学系のスペックは、焦点距離1.25mm、最大像高2.00mmであり、半画角105°、Fナンバー2.400である。

【0090】

次に、本実施例に係る撮影光学系を構成するレンズの数値データを示す。

【0091】

面	R	D	N d	V d	
1	19.3535	1.000	1.78590	44.20	
2	4.0773	2.760			
3	9.0859	1.000	1.65160	58.55	50

4	2.7499	2.200			
5	-118.2435	1.000	1.62041	60.29	
6	3.9697	1.000			
7	27.2010	2.300	1.80518	25.42	
8	-4.6638	1.698			
9 (絞り)		1.442			
10	38.9491	1.000	1.78472	25.68	
11	2.7504	3.400	1.60311	60.64	
12	-4.5678	0.200			
13	7.0225	2.000	1.48749	70.23	10
14	-18.9282	1.379			
15		2.081	1.51633	64.14	
16		0.520			
17		0.520	1.51633	64.14	
18		0.500			

19 (受光面)

【 0 0 9 2 】

また、上記各条件式に係るデータは、

- 条件式(1) : $d_4 s / I h = 0.85$
- 条件式(2) : $f_N / f_P = -0.18$
- 条件式(3) : $|r_3 f / f| = -94.50$
- 条件式(4) : $d_5 6 / f = 8.15$
- 条件式(5) : $f_1 / f_2 = 1.05$
- 条件式(6) : $f_3 / I h = -3.08$
- 条件式(7) : $f_P / f_4 = -0.25$
- 条件式(8) : $f / r_5 f = 0.03$
- 条件式(9) : $f_7 / I h = 5.38$
- 条件式(10) : $= 105.00^\circ$

20

である。

【 実施例 3 】

30

【 0 0 9 3 】

図5は、本実施例に係る結像光学系の構成を示す図である。図6は、本実施例に係る結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す収差図である。

【 0 0 9 4 】

本実施例の結像光学系は、図5に示すように、物体側から順に、第1レンズ L_1 、第2レンズ L_2 、第3レンズ L_3 、第4レンズ L_4 、明るさ絞りS、第5レンズ L_5 、第6レンズ L_6 、第7レンズ L_7 、IRカットコート面を有するローパスフィルター L_{PF} 、カバーガラス CG により構成されている。

【 0 0 9 5 】

本実施例において、第1レンズ L_1 は物体側に凸面向けた負メニスカスレンズであり、第2レンズ L_2 は物体側に凸面向けた負メニスカスレンズであり、第3レンズ L_3 は両凹負レンズであり、第4レンズ L_4 は両凸正レンズであり、第5レンズ L_5 は物体側に凸面向けた負レンズであり、第6レンズ L_6 は両凸正レンズであり、第7レンズ L_7 は両凸正レンズである。なお、第3レンズ L_3 と第4レンズ L_4 とが、第5レンズ L_5 と第6レンズ L_6 とが夫々接合されており、第7レンズ L_7 は両面とも非球面である。また、第7レンズ L_7 はアモルファスボリオレフィン系のゼオネックスにより形成されている。

40

【 0 0 9 6 】

また、本実施例の結像光学系のスペックは、焦点距離1.23mm、最大像高2.05mmであり、半画角105°、Fナンバー2.400である。

【 0 0 9 7 】

50

次に、本実施例に係る撮影光学系を構成するレンズの数値データを示す。

【0098】

面	R	D	N d	V d	
1	17.8762	1.000	1.74400	44.78	
2	3.7932	3.830			
3	38.7777	1.000	1.74400	44.78	
4	3.3886	1.769			
5	-14.0589	1.000	1.74400	44.78	
6	3.3977	4.000	1.75520	27.51	
7	-6.1004	2.910			10
8 (絞り)		1.832			
9	11.6281	1.000	1.80518	25.42	
10	2.7831	3.500	1.62041	60.29	
11	-7.4320	0.200			
12 *	9.3659	2.960	1.52542	55.78	
13 *	-7.3527	1.500			
14		2.000	1.51633	64.14	
15		0.500			
16		0.500	1.51633	64.14	
17		0.500			20
18 (受光面)					

*印：非球面

【0099】

非球面係数

面	R	k	A ₄	A ₆	A ₈	A ₁₀
12	9.366	0.000	-2.44770×10^{-4}	2.81072×10^{-4}	1.30370×10^{-5}	0
13	-7.353	0.000	1.18015×10^{-3}	-3.77233×10^{-5}	3.55811×10^{-5}	2.80212×10^{-6}

【0100】

また、上記各条件式に係るデータは、

- 条件式(1) : $d_4 s / I h = 1.42$
- 条件式(2) : $f_N / f_P = 0.05$
- 条件式(3) : $|r_3 f / f| = -11.43$
- 条件式(4) : $d_5 6 / f = 9.60$
- 条件式(5) : $f_1 / f_2 = 1.32$
- 条件式(6) : $f_3 / I h = -1.75$
- 条件式(7) : $f_P / f_4 = -0.23$
- 条件式(8) : $f / r_5 f = 0.11$
- 条件式(9) : $f_7 / I h = 4.08$
- 条件式(10) : $= 105.00^\circ$

である。

【実施例4】

【0101】

図7は、本実施例に係る結像光学系の構成を示す図である。図8は、本実施例に係る結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す収差図である。

【0102】

本実施例の結像光学系は、図7に示すように、物体側から順に、第1レンズL₁、第2レンズL₂、第3レンズL₃、第4レンズL₄、明るさ絞りS、第5レンズL₅、第6レンズL₆、第7レンズL₇、IRカットコート面を有するローパスフィルターL_{PF}、カバーガラスC_Gにより構成されている。

【0103】

30

40

50

本実施例において、第1レンズ L_1 は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、第2レンズ L_2 は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、第3レンズ L_3 は両凹負レンズであり、第4レンズ L_4 は両凸正レンズであり、第5レンズ L_5 は両凹負レンズであり、第6レンズ L_6 は両凸正レンズであり、第7レンズ L_7 は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズである。なお、第5レンズ L_5 と第6レンズ L_6 とは接合されており、第7レンズ L_7 は両面とも非球面である。また、第7レンズ L_7 はアモルファスポリオレフィン系のゼオネックスにより形成されている。

【0104】

また、本実施例の結像光学系のスペックは、焦点距離1.25mm、最大像高2.01mmであり、半画角105°、Fナンバー2.399である。

10

【0105】

次に、本実施例に係る撮影光学系を構成するレンズの数値データを示す。

【0106】

面	R	D	N d	V d
1	20.8699	1.000	1.78590	44.20
2	4.2162	2.331		
3	5.7856	1.000	1.62041	60.29
4	2.8433	2.200		
5	-53.4948	1.000	1.62041	60.29
6	3.6517	1.000		
7	13.5951	2.300	1.80518	25.42
8	-4.6322	1.515		
9(絞り)		0.954		
10	-35.9658	1.000	1.78472	25.68
11	2.6545	3.500	1.60311	60.64
12	-3.2420	0.200		
13*	4.4322	2.000	1.52542	55.78
14*	11.5126	1.000		
15		1.000	1.51633	64.14
16		0.500		
17		0.500	1.51633	64.14
18		0.500		
19(受光面)				

20

30

40

【0107】

非球面係数

面	R	k	A ₄	A ₆	A ₈	A ₁₀
13	4.432	0.000	-1.20178×10^{-2}	3.41289×10^{-3}	-8.30554×10^{-4}	6.57794×10^{-5}
14	11.513	0.000	-1.42285×10^{-2}	3.31285×10^{-3}	-7.84349×10^{-4}	6.60923×10^{-5}

【0108】

また、上記各条件式に係るデータは、

条件式(1) : $d_{4s}/Ih = 0.75$

条件式(2) : $f_N/f_P = -0.23$

条件式(3) : $|r_3f/f| = -42.79$

条件式(4) : $d_{56}/f = 5.97$

条件式(5) : $f_1/f_2 = 0.67$

条件式(6) : $f_3/Ih = -2.71$

条件式(7) : $f_P/f_4 = -0.32$

条件式(8) : $f/r_5f = -0.04$

条件式(9) : $f_7/Ih = 6.19$

50

条件式(10) : = 105.00°

である。

【0109】

本発明の上記各実施例において、プラスチックで形成しているレンズ(ゼオネックス製のレンズ)をガラスで形成してもかまわない。一方、ガラスで形成しているレンズをプラスチックで形成してもかまわない。また、本実施例に用いたものよりも屈折率の高いガラスを用いれば、さらに高性能を達成できる。一方、本実施例より屈折率の低いガラスを用いれば低コスト化を達成できる。また、特殊低分散ガラスを用いれば色収差の補正に効果的である。さらに、レンズをプラスチックで形成する場合には、低吸湿材料を用いることにより環境変化による性能劣化が軽減されるので好ましい(例えば日本ゼオン社のゼオネックス等がある)。

【0110】

またゴースト、フレア等の不要光をカットするために、明るさ絞り以外にフレア絞りを配置してもかまわない。フレア絞りは、上記各実施例の第1レンズの物体側、第1、2レンズ間、第2、3レンズ間、第3レンズと明るさ絞り間、明るさ絞りと第4レンズ間、第5、6レンズ間、第6レンズから像面間のいずれの場所に配置しても良い。また、枠によりフレア光線をカットするように構成しても良いし、別の部材を用いてカットしても良い。また、光学系に直接印刷、塗装、シールなどを接着することによりカットするようにしてもかまわない。また、その形状は円形、橢円形、矩形、多角形、関数曲線で囲まれる範囲等、いかなる形状でもかまわない。また有害光束をカットするだけでなく画面周辺のコマフレア等の光束をカットできるようにしても良い。

【0111】

また、各レンズには反射防止コートを行い、ゴースト、フレアを軽減するようにしても良い。マルチコートであれば効果的にゴースト、フレアを軽減できるので望ましい。またIRカットコートをレンズ面、カバーガラス等に行ってもかまわない。

【0112】

また、ピント調節を行うためにフォーカシングを行えるようにしても良い。その場合、レンズ系全体を繰り出してフォーカシングを行っても良いし、一部のレンズを繰り出し、もしくは繰り込みをしてフォーカシングするようにしても良い。

【0113】

また、画像周辺部の明るさ低下をCCDのマイクロレンズをシフトすることにより軽減しても良い。例えば、各像高における光線の入射角に合わせてCCDのマイクロレンズの設計を変えても良い。また、画像処理により画像周辺部の低下量を補正しても良い。

【0114】

また、各単レンズや各接合レンズの空気接触面にプラスチック層を形成しても良い。その場合、プラスチック層の空気接触面を非球面とすると、光学性能がより良好となる。なお、本発明において、このようなプラスチック層を持たせたレンズは、プラスチック層の厚さが有効径内において1mm以内(ただし、厚さはプラスチック層を設けたレンズ面の面法線方向での厚さ)である場合、プラスチック層とそのプラスチック層を設けたレンズとが1枚のレンズを構成するものとする。

【0115】

なお、正屈折力のレンズ群の有するパワーは、強いほど広角化に有利となる。そこで、正レンズ群に光軸と平行な光束を入射させた場合に、その光束により形成される焦点が正レンズ群の内部に位置するほど強いパワーを正レンズ群に持たせるようにしても良い。

【0116】

以上のような本発明の結像光学系を用いた撮像装置の例として、車載のステレオ撮像装置の例を説明する。

【0117】

図9は、上記いずれかの実施例に係る結像光学系を用いたステレオ撮像装置を含む、ステレオ撮像システムの構成を示す図である。なお、このステレオ撮像システムは、車両に

10

20

30

40

50

搭載された例として説明する。

【0118】

このステレオ撮像システムは、距離画像入力装置100と、制御装置104、物体認識装置105、警告装置106、運転装置107、表示装置108、車速センサー109、測距レーダ110、照度センサー111、外部カメラ112、GPS(全地球測位システム)113、VICS(渋滞情報取得装置)114、及び、外部通信装置115により構成されている。

【0119】

ここで、上記距離画像入力装置100は、被写体400を撮影する2つの撮像素子102R、102Lとこの撮像素子102R、102Lの前方にそれぞれ対応して取り付けられる結像光学系101R、101Lとを備えたステレオ撮像装置116と、被写体400の距離画像205を計測する距離画像処理装置103と、から構成される。なお、それぞれの結像光学系101R、101Lは、撮像範囲における重複範囲以外に撮影範囲をより広くするため、互いに光軸が非平行とされている。ここでは、互いに外側に光軸が向けられる関係となっている。

【0120】

ステレオ撮像装置116は、一般的のビデオカメラ、デジタルスタイルカメラ等と同様に、撮影絞り調整装置(図示せず)と、撮影フォーカス調整装置(図示せず)と、撮影シャッタ速度調整装置(図示せず)と、感度調整装置(図示せず)とを適宜備えている。

【0121】

また、それぞれの撮像光学系101R、101Lは、撮像素子102R、102Lの前方のフィルター104R、104Lの前に取り付けられ、撮像光学系101R、101Lから入射した異なる視点からの被写体400の像をそれぞれフィルター104R、104Lを介してそれぞれの撮像素子102R、102Lに結像することができるようになっている。

【0122】

このようにしてステレオ撮像装置116で撮影された、すなわち、撮像素子102R、102Lで捕らえたステレオ画像201は、図9に示すように、距離画像処理装置103に供給される。そして、この距離画像処理装置103により処理されて三次元距離画像205となり、制御装置104及び物体認識装置105に出力される。

【0123】

なお、「距離画像」という用語は、本明細書では、被写体画像のピクセルに距離情報を有する画像を意味している。

【0124】

なお、図9中の符号212は露出制御装置をさしており、この露出制御装置212は、ステレオ撮像装置116が備える上記撮影絞り調整装置、撮影フォーカス調整装置、撮影シャッタ、速度調整装置、及び、感度調整装置(何れも図示せず)に接続されている。また、この露出制御装置212は、制御装置104に接続されており、この制御装置104で、撮像素子102からの輝度情報により算出された露出値に応じて撮像装置116を制御する。

【0125】

また、距離画像処理装置103には、上述したように、撮像素子102R、102Lで撮像されたステレオ画像201が入力される。このステレオ画像201は、フレームメモリ213に入力され、デジタル画像202となる。このフレームメモリ213の出力は、レクティフィケーション装置214に入力される。このレクティフィケーション装置214は、距離算出装置215に、左画像203及び右画像204を出力する。距離算出装置215は、距離画像出力216を通して物体認識装置105に、三次元距離画像205を出力する。また、制御装置104に対しても、二次元画像(ステレオ画像201)、距離画像205等も出力する。

【0126】

10

20

30

40

50

なお、距離画像処理装置103には、キャリブレーション装置217が別途存在し、レクティフィケーション装置214に対してはレクティフィケーションパラメータを、距離算出装置215に対しては距離算出用パラメータを、物体認識装置105に対しては、物体認識用パラメータを出力する。物体認識装置105は、入力された三次元距離画像205を利用して、その中にある物体あるいは物体領域を認識し、その結果である物体データ(図示せず)を出力する。

【0127】

なお、距離画像処理装置103内の各装置は、計算機上のソフトウェアで実現してもよい。

【0128】

制御装置104は、画像情報と車両情報を統括する役割を持っており、例えば、距離画像処理装置103で処理された結果を表示装置108に表示したり、距離画像処理装置103で得られた距離情報と車速センサー109等の情報を分析して、警告装置106に警告を発生させたり、運転装置107を制御して運転者に安全運転を促すことができるようになっている。なお、警告装置106は、音声装置や振動装置等からなり、例えば、音声装置はスピーカ等からの音声、振動装置は運転席シートの振動により運転者に警告を発するものである。

【0129】

このように、このステレオ撮像装置を用いたシステムによると、本発明に直接関係しないためその詳細説明は省略するが、本実施例に係るステレオ撮像装置116及び距離画像入力装置100から得られた画像情報と各種センサー等から得られた車両情報を統合することができ、表示装置108による画像情報の表示、警告装置106による警告、運転装置107の制御等により、運転者に安全走行を促すことができる。

【0130】

例えば、前方の被写体に近づきすぎたときに注意を促す表示、警告、さらには運転装置107(例えばブレーキ)の制御を行うことができる。または、道路の分離帯を読み取って自動で運転を制御する等に用いることができる。さらに、車外を観察し、前方や後方の走行車両、障害物、白線検知等に用いる他、車内の運転者、搭乗者の顔の位置、向きを検出し、脇見運転や居眠りの検知、エアバッグ点火時に、大人か子供かや顔の位置方向を判断し、安全にエアバッグを作動させるセンサーとして利用することも可能である。

【0131】

なお、本発明による結像光学系や、それを用いた撮像装置は、車載のステレオ撮像システムの他に、ロボット、鉄道、飛行機、船舶、監視カメラ、遠隔会議システム用カメラ等にも応用ができるものである。

【0132】

以上の本発明の結像光学系は、特許請求の範囲の記載の他に、例えば次のように構成することができる。

【0133】

(1) 前記第3レンズが両凹負レンズであり、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$2 \quad |r_3 f / f| \quad 100$$

(3)

ただし、

$r_3 f$: 第3レンズの物体側の面の近軸曲率半径
 f : 結像光学系全系の焦点距離

である。

【0134】

(2) 以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$1 \quad f_{56} / f \quad 50$$

(4)

ただし、

10

20

30

40

50

$f_{5\ 6}$: 第 5 レンズと第 6 レンズとの合成焦点距離
 f : 結像光学系全系の焦点距離

である。

【0135】

(3) 以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

$$0.3 f_1 / f_2 = 1.7 \quad (5)$$

ただし、

f_1 : 第 1 レンズの焦点距離
 f_2 : 第 2 レンズの焦点距離

10

である。

【0136】

(4) 以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

$$-5 f_3 / I_h = -1 \quad (6)$$

ただし、

f_3 : 第 3 レンズの焦点距離
 I_h : 最大像高

である。

【0137】

(5) 以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

$$-0.7 f_N / f_4 = -0.1 \quad (7)$$

ただし、

f_N : 負屈折力のレンズ群の合成焦点距離
 f_4 : 第 4 レンズの焦点距離

20

である。

【0138】

(6) 以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

30

$$-0.5 f / r_5 f = 1 \quad (8)$$

ただし、

f : 結像光学系全系の焦点距離
 $r_5 f$: 第 5 レンズの物体側の面の近軸曲率半径

【0139】

(7) 以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

$$3 f_7 / I_h = 1.5 \quad (9)$$

ただし、

f_7 : 第 7 レンズの焦点距離
 I_h : 最大像高

40

である。

【0140】

(8) 前記第 4 レンズと前記第 5 レンズとの間に明るさ絞りを配置したことを特徴とする請求項 1、2 又は 4 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

【0141】

(9) 前記第 5 レンズと前記第 6 レンズとが接合しており、前記第 5 レンズと前記第 6 レンズの間の接合面が負屈折力を有していて、前記第 5 レンズのアッベ数が前記第 6 レンズのアッベ数よりも小さいことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

50

【0142】

(10) レンズ成分が、光軸付近で入射側の面と射出側の面のみが空気と接触し、その間に空間を持たないレンズ、即ち単レンズまたは接合レンズであると定義したとき、物体側から順に、第1レンズ、空間、第2レンズ、空間、第3レンズ、空間、第4レンズ、空間、第5レンズと第6レンズとの接合レンズ、空間、第7レンズの6つのレンズ成分、又は、物体側から順に、第1レンズ、空間、第2レンズ、空間、第3レンズと第4レンズとの接合レンズ、空間、第5レンズと第6レンズとの接合レンズ、空間、第7レンズの6つのレンズ成分からなることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の結像光学系。

【0143】

(11) 前記第3レンズが両凹負レンズであることを特徴とする請求項2乃至4のいずれか1項に記載の結像光学系。

【0144】

(12) 前記第5レンズと前記第6レンズとの合成焦点距離が正であることを特徴とする請求項1、3又は4のいずれか1項に記載の結像光学系。

【0145】

(13) 前記結像光学系の最大半画角が、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$80^\circ \leq 105^\circ$$

(10)

ただし、

: 結像光学系の最大半画角

である。

【0146】

(14) 前記第4レンズと前記第5レンズとの間に明るさ絞りを配し、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1、2又は4のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$0.3 \leq d_{4S} / Ih \leq 2.5$$

(1)

ただし、

d_{4S} : 第4レンズの像側の面から明るさ絞りまでの軸上間隔

Ih : 最大像高

である。

30

【0147】

(15) 以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$-0.7 \leq f_N / f_P \leq -0.05$$

(2)

ただし、

f_N : 負屈折力のレンズ群の合成焦点距離

f_P : 正屈折力のレンズ群の合成焦点距離

である。

30

【0148】

(16) 前記第3レンズと前記第4レンズとが接合されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の結像光学系。

40

【0149】

(17) 前記7枚のレンズのみで構成されていることを特徴とする(1)乃至(16)のいずれか1項に記載の結像光学系。

【0150】

(18) 前記第1レンズは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、

前記第2レンズは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、

前記第3レンズは、物体側の面の近軸曲率半径絶対値よりも像側の面の近軸曲率半径絶対値が小さい負レンズであり、

前記第4レンズは、両凸正レンズであり、

50

前記第5レンズは、物体側の面の近軸曲率半径絶対値よりも像側の面の近軸曲率半径絶対値が小さい負レンズであり、

前記第6レンズは、第5レンズに接合された両凸正レンズであり、

前記第7レンズは、物体側の面が凸面の正レンズであり、

前記第4レンズと前記第5レンズとの間に明るさ絞りを有することを特徴とする請求項1乃至6、(1)乃至(17)のいずれか1項に記載の結像光学系。

【0151】

(19) 物体側から順に、負レンズである第1レンズ、負レンズである第2レンズ、負レンズである第3レンズ、正レンズである第4レンズ、負レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズ、正レンズである第7レンズを有し、前記第3レンズと前記第4レンズとが接合されていることを特徴とする請求項1乃至6、(1)乃至(18)のいずれか1項に記載の結像光学系。 10

【0152】

請求項1乃至4、(1)乃至(19)のいずれか1項に記載の結像光学系と、

前記結像光学系の像側に受光面が配置され、且つ、前記結像光学系により該受光面上に形成された光学像を電気信号に変換する電子撮像素子と、を備えたことを特徴とする撮像装置。

【図面の簡単な説明】

【0153】

【図1】本発明の実施例1にかかる結像光学系の構成を示す図である。 20

【図2】本発明の実施例1にかかる結像光学系の収差曲線図である。

【図3】本発明の実施例2にかかる結像光学系の構成を示す図である。

【図4】本発明の実施例2にかかる結像光学系の収差曲線図である。

【図5】本発明の実施例3にかかる結像光学系の構成を示す図である。

【図6】本発明の実施例3にかかる結像光学系の収差曲線図である。

【図7】本発明の実施例4にかかる結像光学系の構成を示す図である。

【図8】本発明の実施例4にかかるズームレンズの収差曲線図である。

【図9】本発明に係る結像光学系を用いたステレオ撮像装置を含む、ステレオ撮像システムの構成を示す図である。

【符号の説明】

【0154】

L P F	ローパスフィルター
C G	カバーガラス
L C	光軸
1 0 0	距離画像入力装置
1 0 1 R、1 0 1 L	結像光学系
1 0 2 R、1 0 2 L	撮像素子
1 0 4	制御装置
1 0 4 R、1 0 4 L	フィルター
1 0 5	物体認識装置
1 0 6	警告装置
1 0 7	運転装置
1 0 8	表示装置
1 0 9	車速センサー
1 1 0	測距レーダ
1 1 1	照度センサー
1 1 2	外部カメラ
1 1 3	G P S
1 1 4	V I C S
1 1 5	外部通信装置

10

20

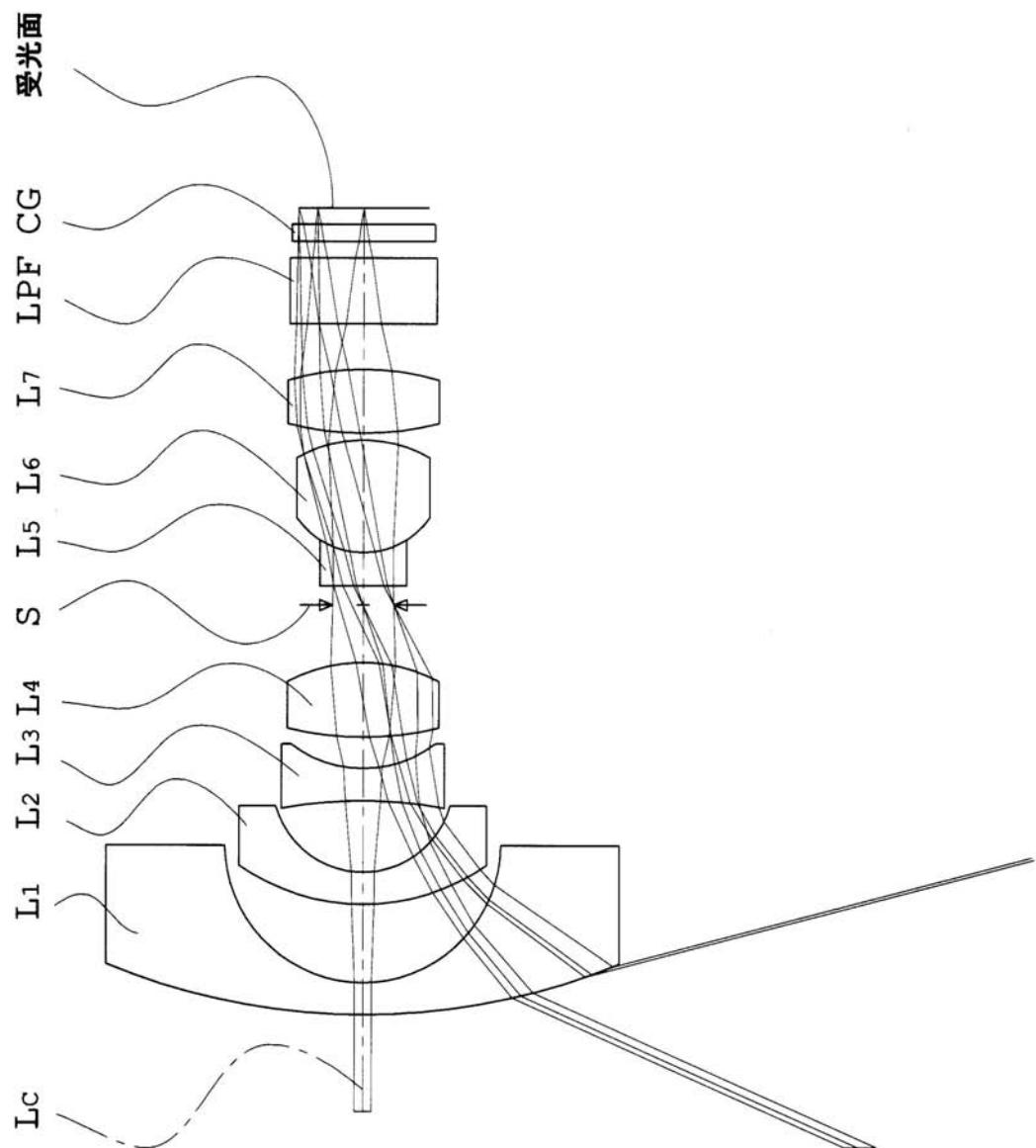
30

40

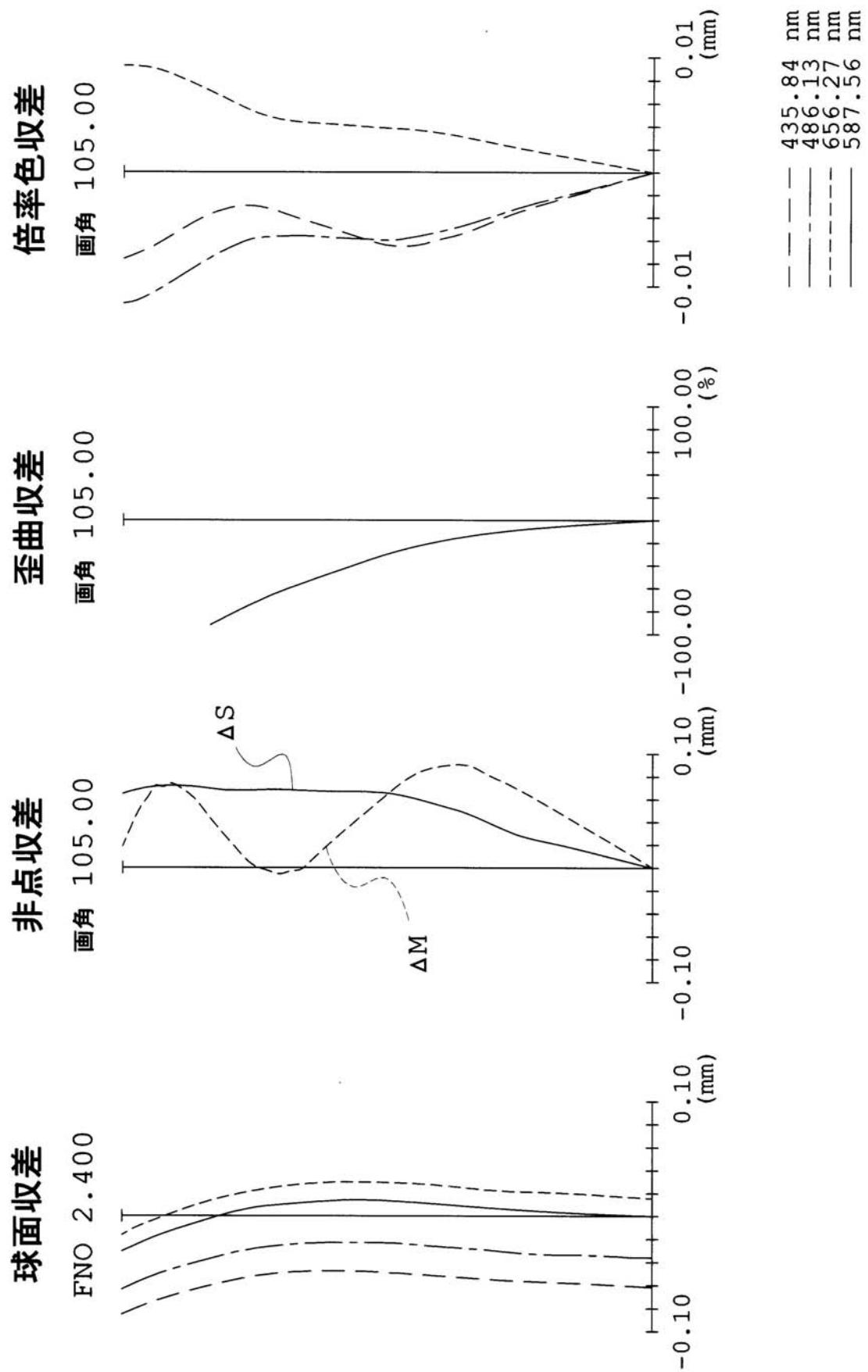
50

1 1 6 ステレオ撮像装置
2 0 1 ステレオ画像
2 0 3 左画像
2 0 4 右画像
2 0 5 距離画像
2 1 2 露出制御装置
2 1 3 フレームメモリ
2 1 4 レクティフィケーション装置
2 1 5 距離算出装置
2 1 6 距離画像出力
2 1 7 キャリブレーション装置
4 0 0 被写体

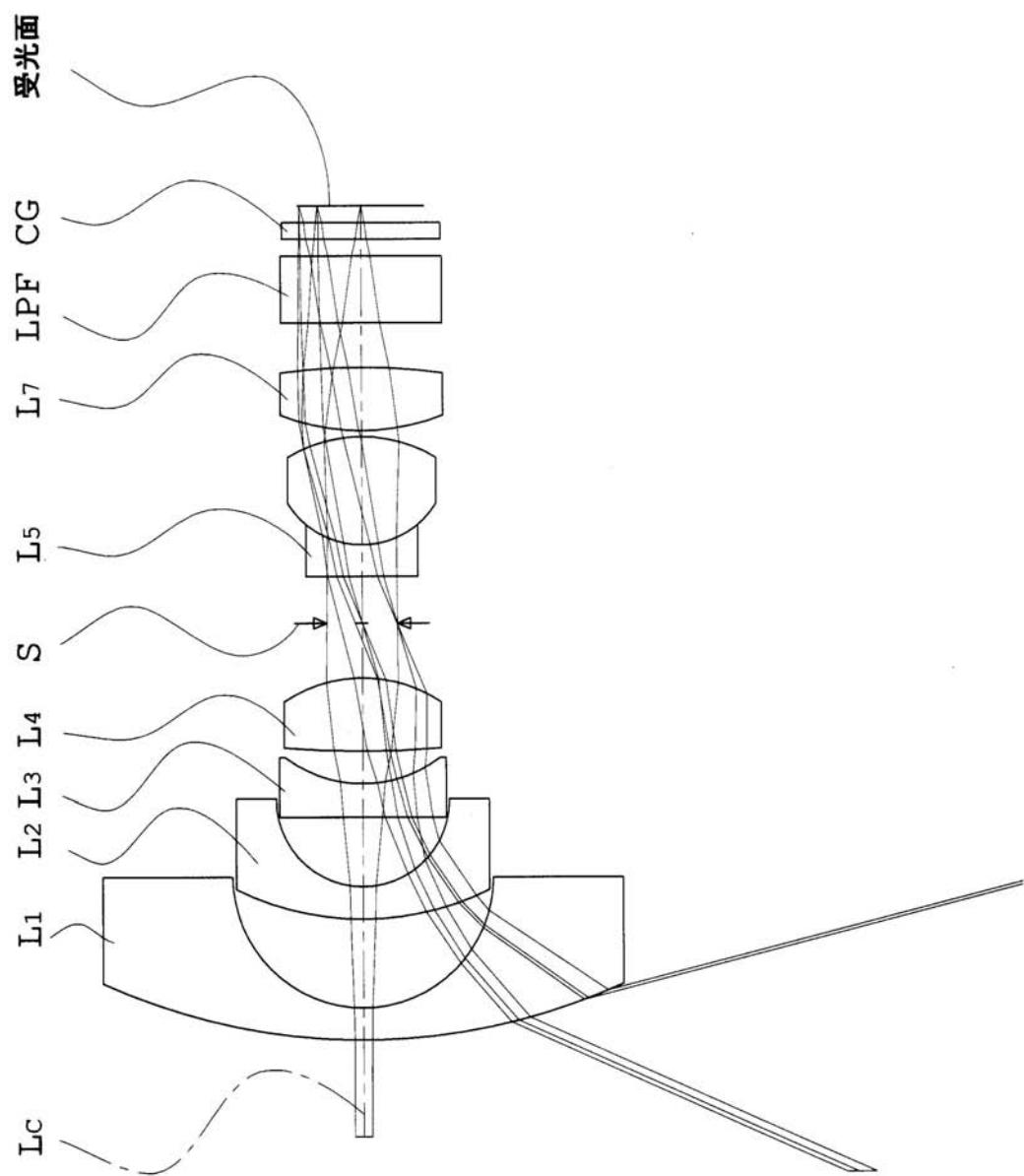
【図1】



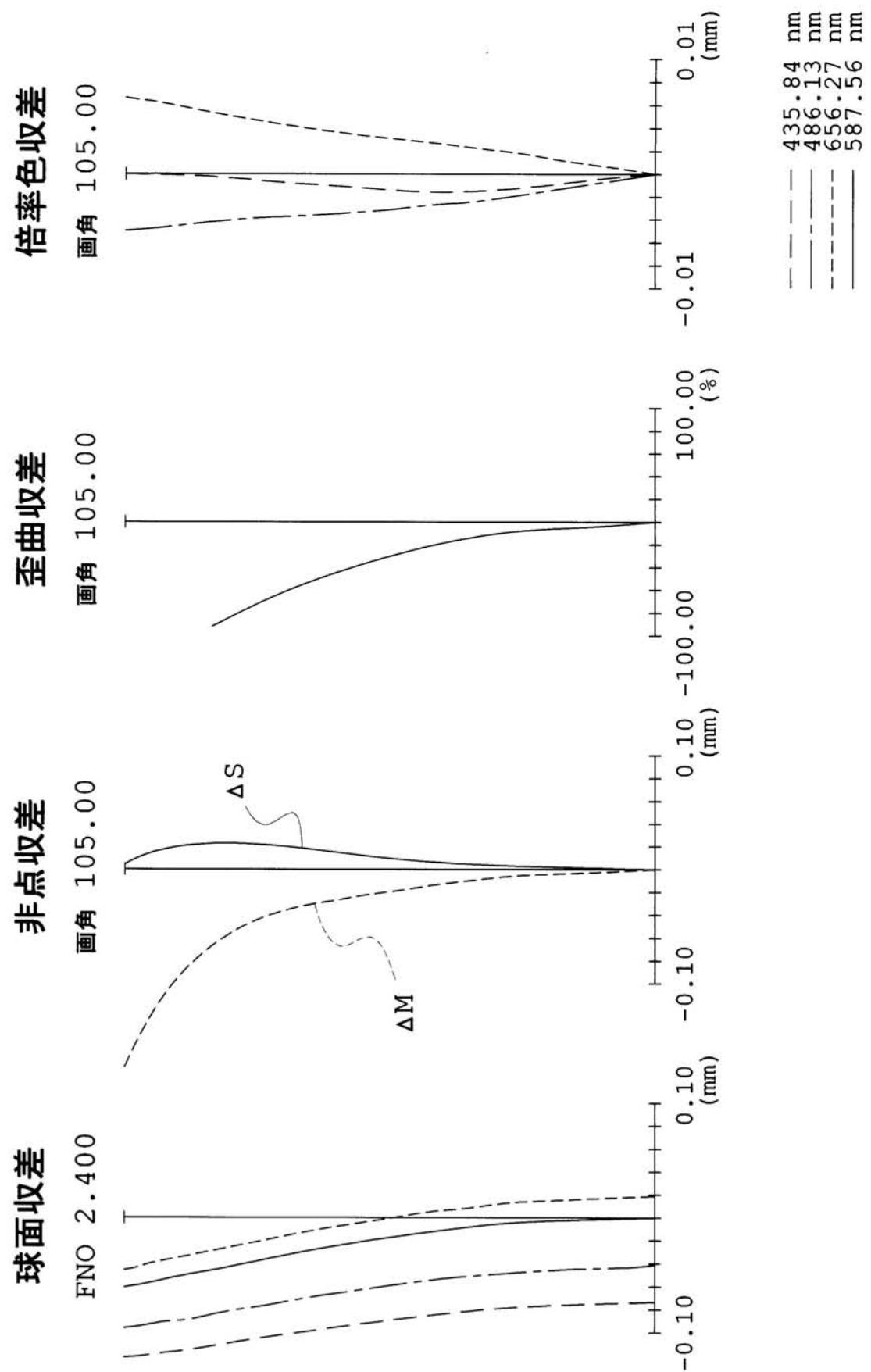
【図2】



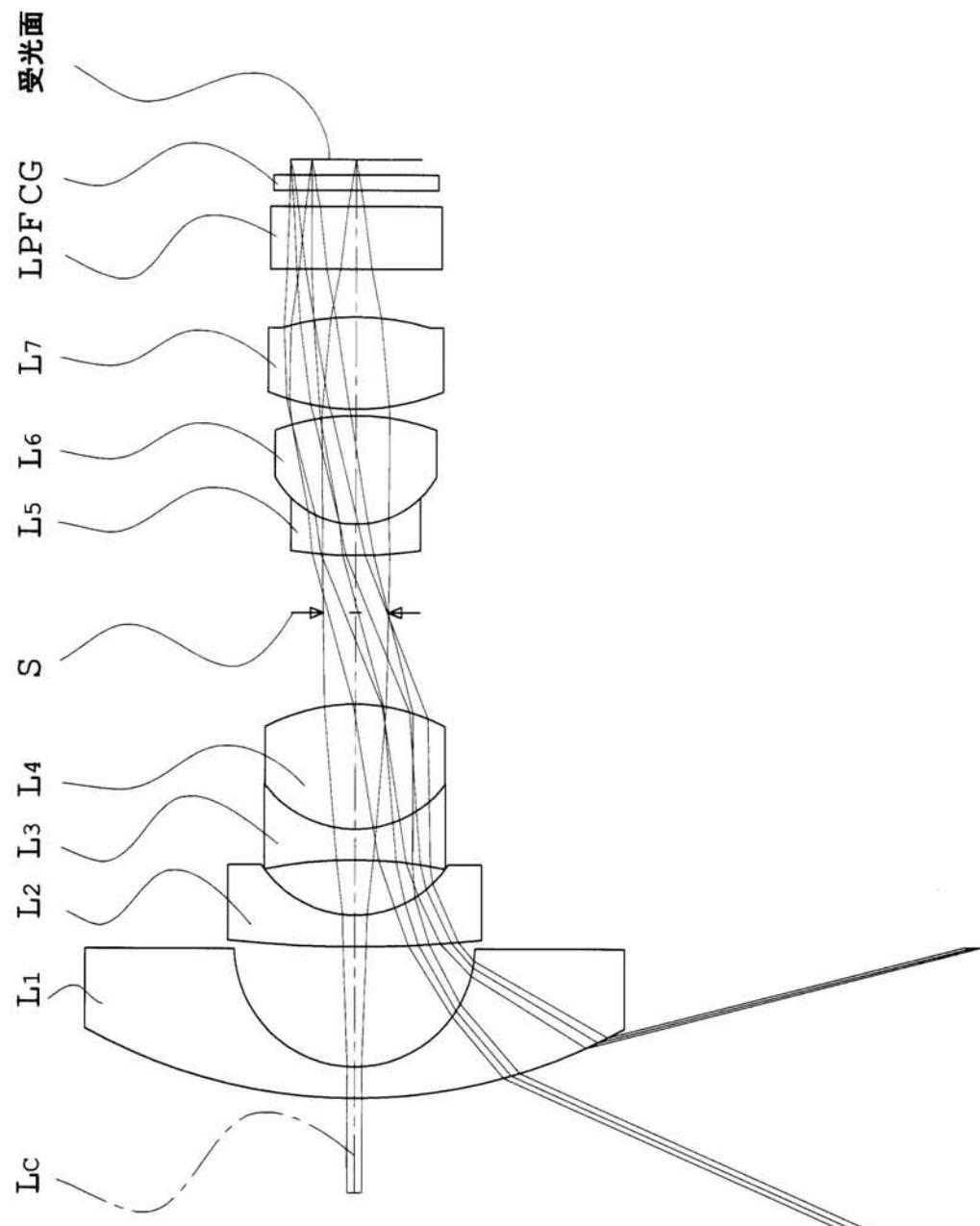
【図3】



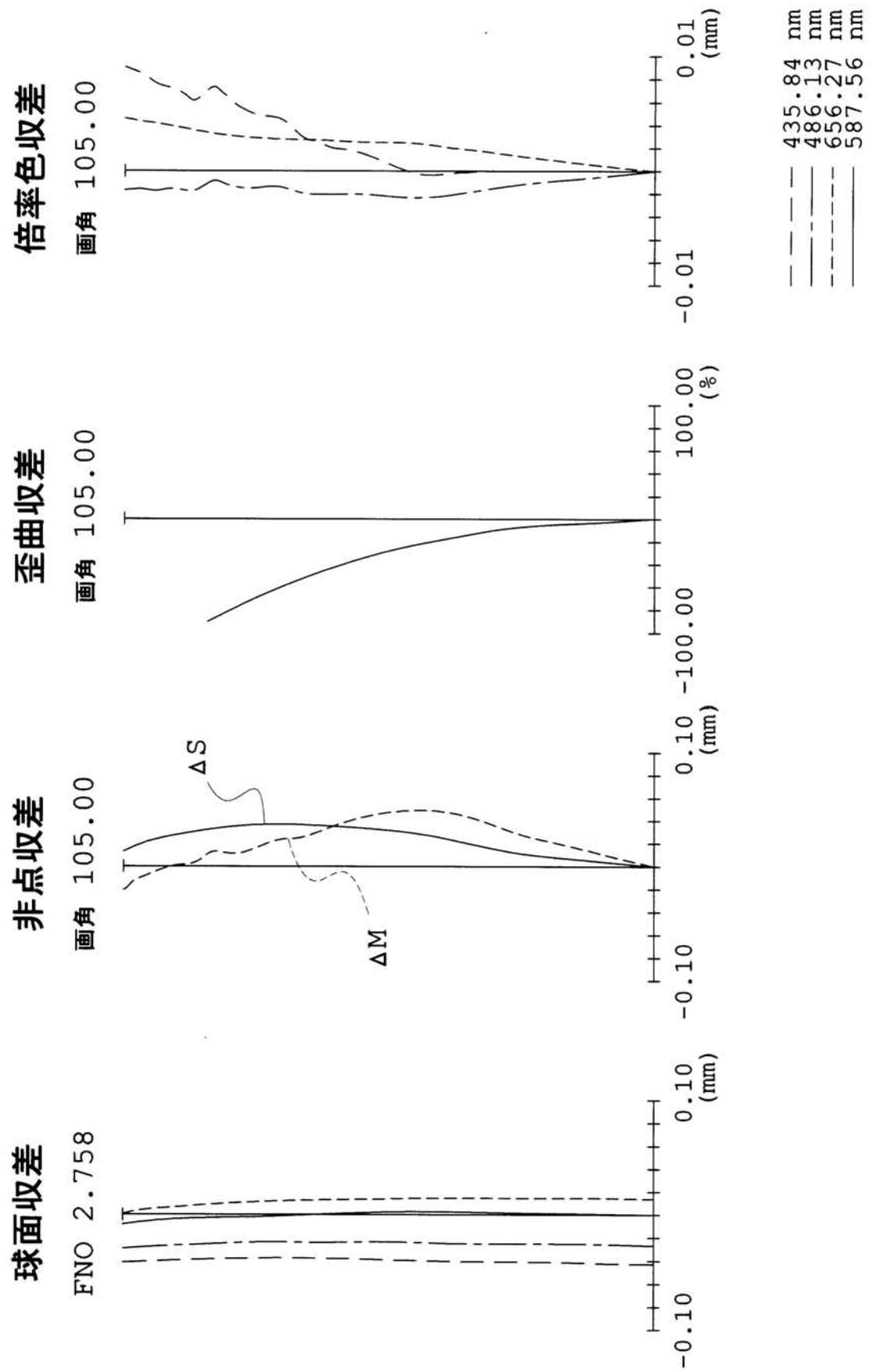
【図4】



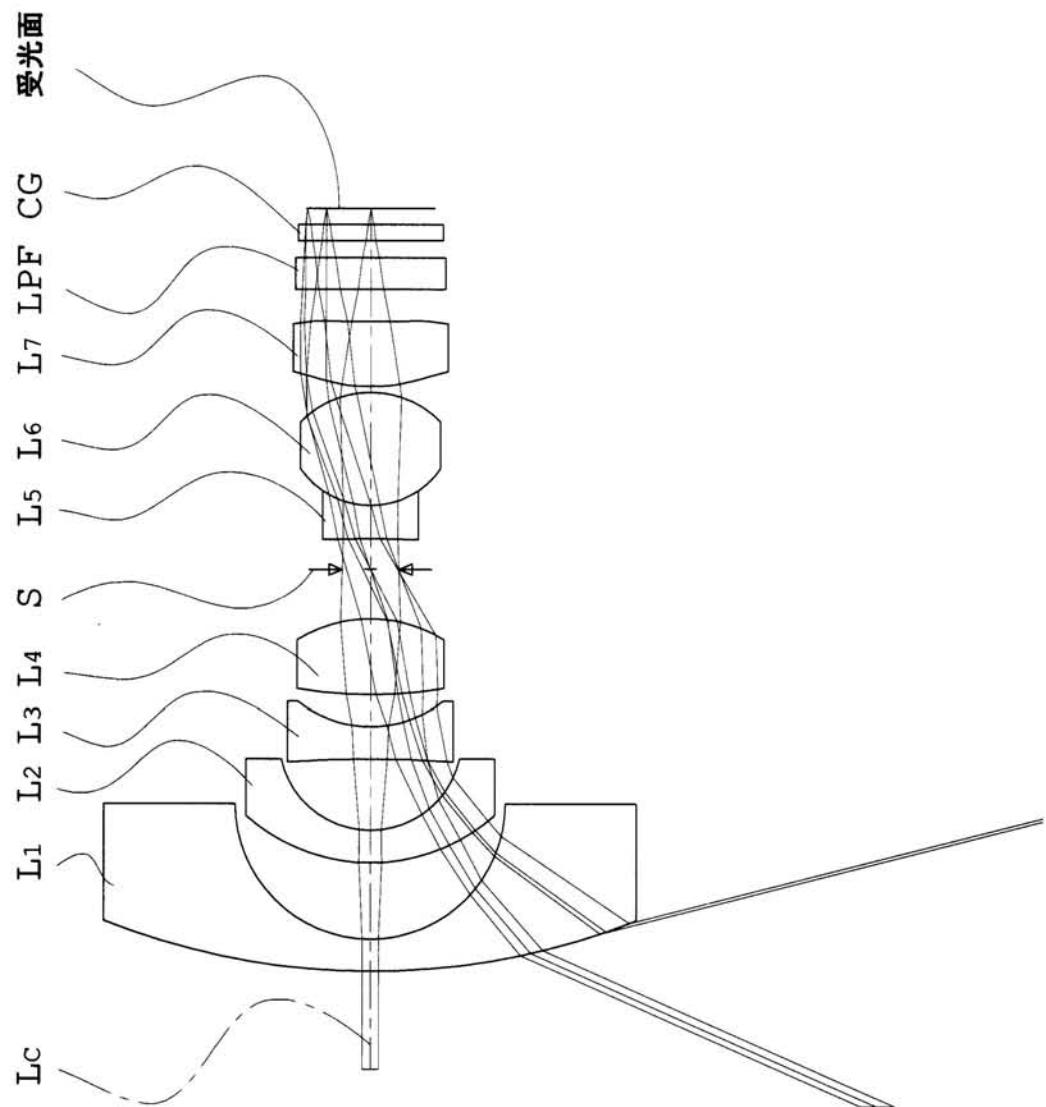
【図5】



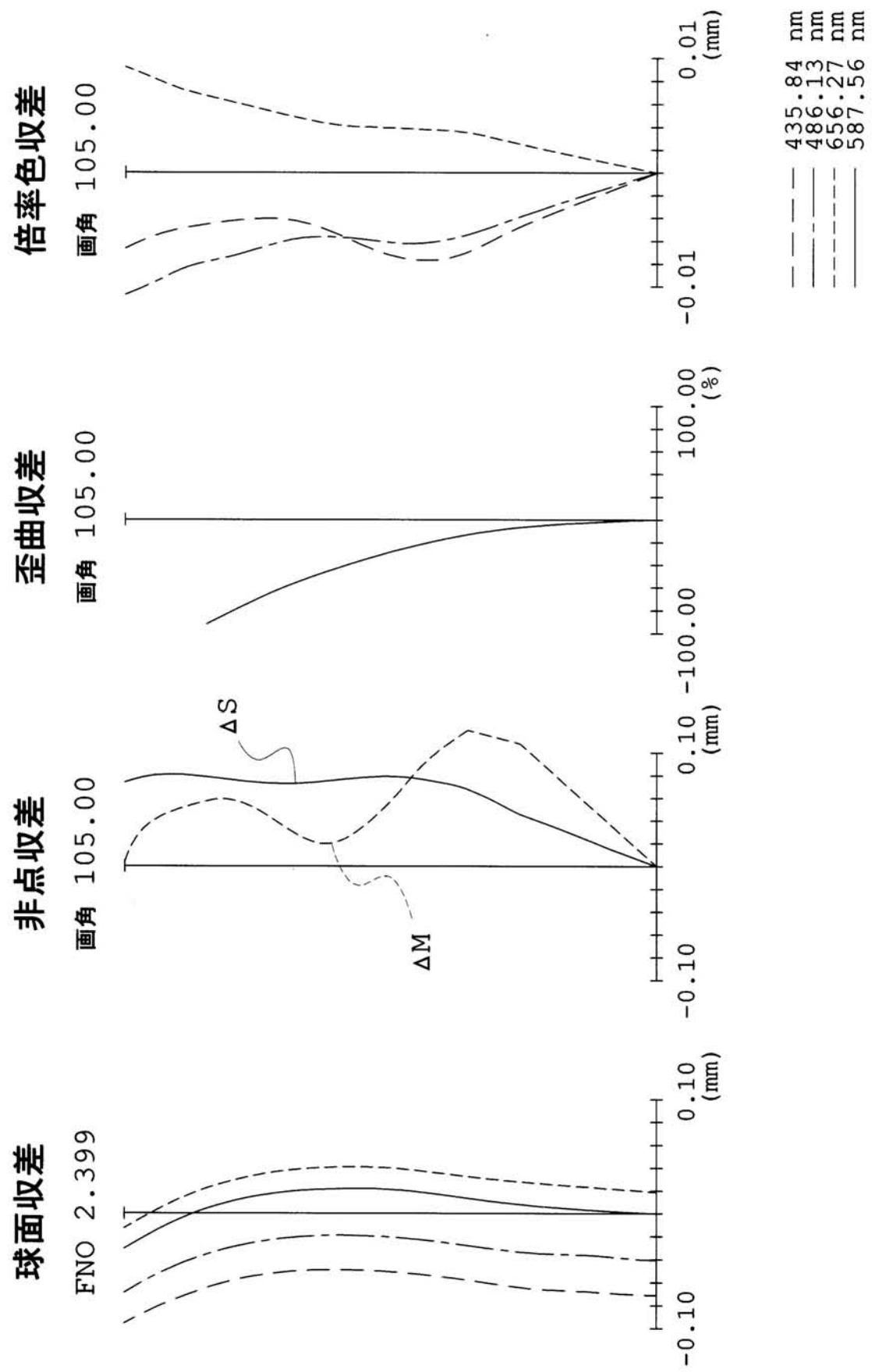
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

