

(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2006-337690

(P2006-337690A)

(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) |
|-----------------------------|------------|---|-------------|
| <b>G02B 13/04</b> (2006.01) | G02B 13/04 | D | 2H087       |
| <b>G02B 13/18</b> (2006.01) | G02B 13/18 |   | 5C122       |
| <b>H04N 5/225</b> (2006.01) | H04N 5/225 | D |             |
| <b>G03B 15/00</b> (2006.01) | G03B 15/00 | S |             |
|                             | G03B 15/00 | V |             |

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 31 頁) 最終頁に続く

|           |                              |            |  |
|-----------|------------------------------|------------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2005-161886 (P2005-161886) | (71) 出願人   | 504371974<br>オリンパスイメージング株式会社<br>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<br>弁理士 篠原 泰司   |
|           |                              | (74) 代理人   | 100104983<br>弁理士 藤中 雅之   |
|           |                              | (72) 発明者   | 加茂 裕二<br>東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ<br>リンパスイメージング株式会社内  |
|           |                              | F ターム (参考) | 2H087 KA02 KA03 LA03 NA02 PA05<br>PA18 PB06 QA02 QA07 QA17<br>QA22 QA25 QA34 QA41 QA46<br>RA04 RA05 RA12 RA13 RA32<br>RA42 RA43 RA44 |

最終頁に続く

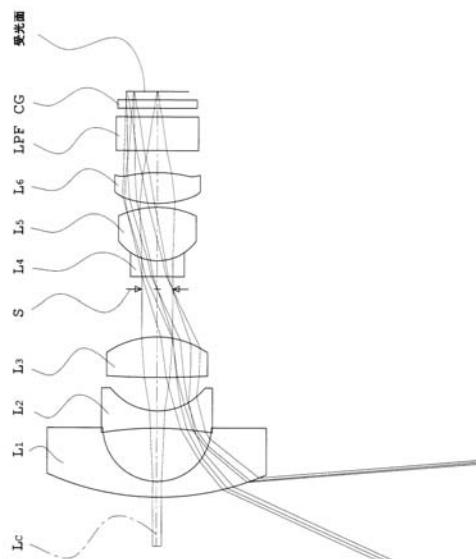
(54) 【発明の名称】結像光学系

## (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3レンズ、負レンズである第4レンズ、正レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズを有し、前記第2レンズが両凹負レンズであり、前記第6レンズが両凸正レンズである。

【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3レンズ、負レンズである第4レンズ、正レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズを有し、

前記第2レンズが両凹負レンズであり、前記第6レンズが両凸正レンズであることを特徴とする結像光学系。

10

## 【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3レンズ、負レンズである第4レンズ、正レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズを有し、

以下の条件式(1)、(2)を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$-1.2 \quad f_N / I_h = -0.5 \quad (1)$$

$$0.85 \quad f_1 / f_2 = 1.5 \quad (2)$$

20

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

$f_N$  : 負屈折力のレンズ群の合成焦点距離

$I_h$  : 最大像高

である。

## 【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3レンズ、負レンズである第4レンズ、正レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズを有し、

30

以下の条件式(3)を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$2.1 \quad f_5 / f_4 \quad (3)$$

ただし、

$f_5$  : 第5レンズの焦点距離

$f$  : 結像光学系全系の焦点距離

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3レンズ、負レンズである第4レンズ、正レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズを有し、

40

前記第3レンズと前記第4レンズとの間に明るさ絞りを配置し、

以下の条件式(4)を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$0.7 \quad d_{3S} / I_h = 2 \quad (4)$$

50

ただし、

$d_{3S}$  : 第3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5】

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3レンズ、負レンズである第4レンズ、正レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズを有し、

10

以下の条件式(5)を満たすことを特徴とする結像光学系。

$$-0.35 \leq f_N / f_P \leq -0.1 \quad (5)$$

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6】

前記6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5のいずれか1項に記載の結像光学系。

20

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

##### 【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。

30

##### 【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がある。また同様に6枚のレンズで構成された広角光学系の先行例としては、特許文献3、4、5、6に記載されている光学系がある。

40

##### 【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】特開平5-264897号公報

##### 【特許文献4】特開2000-352665号公報

##### 【特許文献5】特開2001-281540号公報

##### 【特許文献6】特開2004-317866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、第2負レンズともメニスカス形状であるため、入射瞳位置が像面側に移動し、その結果、径

50

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。また、特許文献3、4、5、6に記載されている光学系は、それぞれ半画角が30°、42°、64°、38°程度であり、半画角90°には程遠い光学系であった。

#### 【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3レンズ、負レンズである第4レンズ、正レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズを有し、前記第2レンズが両凹負レンズであり、前記第6レンズが両凸正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3レンズ、負レンズである第4レンズ、正レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズを有し、以下の条件式(1)、(2)を満たすように構成する。

$$-1.2 \quad f_N / I_h = -0.5 \quad (1)$$

$$0.85 \quad f_1 / f_2 = 1.5 \quad (2)$$

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

$f_N$  : 負屈折力のレンズ群の合成焦点距離

$I_h$  : 最大像高

である。

#### 【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3レンズ、負レンズである第4レンズ、正レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズを有し、以下の条件式(3)を満たすように構成する。

$$2.1 \quad f_5 / f_4 = 4 \quad (3)$$

ただし、

$f_5$  : 第5レンズの焦点距離

$f$  : 結像光学系全系の焦点距離

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3レンズ、負レンズである第4レンズ、正レンズである第5レンズ、正レンズである第6レンズを有し、前記第3レンズと前記第4レンズとの間に明るさ絞りを配置し、以下の条件式(4)を満たす

10

20

30

40

50

ように構成する。

0 . 7 d 3 S / I h 2

( 4 )

ただし、

d 3 S : 第 3 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。

#### 【 0 0 1 0 】

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 3 レンズ、負レンズである第 4 レンズ、正レンズである第 5 レンズ、正レンズである第 6 レンズを有し、以下の条件式(5)を満たすように構成する。

- 0 . 3 5 f N / f P - 0 . 1

( 5 )

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。

#### 【 0 0 1 1 】

さらに、上記の本発明の結像光学系は、前記 6 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 】

#### 【 0 0 1 2 】

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 】

#### 【 0 0 1 3 】

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。

#### 【 0 0 1 4 】

一般的に広角光学系には、物体側から順に、負屈折力を有するレンズ群、正屈折力を有するレンズ群で構成されるレトロフォーカスタイプが採用されている。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。

#### 【 0 0 1 5 】

そこで、本発明の結像光学系は、物体側より、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 3 レンズ、負レンズである第 4 レンズ、正レンズである第 5 レンズ、正レンズである第 6 レンズを有する構成を基本とした。

#### 【 0 0 1 6 】

この基本構成は、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。

#### 【 0 0 1 7 】

また、通常のレトロフォーカスタイプ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

10

20

30

40

50

め、アッベ数の設定だけでは補正に限界がある。

【0018】

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2レンズを両凹負レンズとし、第6レンズを両凸正レンズとする構成とした。

【0019】

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2レンズの形状を両凹形状とした。第2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、2レンズの2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。

【0020】

また、物体側の負屈折力のレンズ群において発生する非点収差やコマ収差は、負屈折力のレンズ群よりも像面側に配置されている正屈折力のレンズ群により適切に補正する必要がある。非点収差やコマ収差も周辺の主光線高に関係しているため、周辺の主光線高の高い第6レンズを両凸正レンズとすることにより、効果的にそれらを補正することができる。つまり、第6レンズを両凸形状とすることにより、第6レンズの有する正屈折力を二つの面に分担させ入射側の面、射出側の面のいずれか一方のみが曲率の強い曲面となるのを避けるようにしているので、非点収差、コマ収差の発生を抑制することができる。特に、結像光学系を6枚とした場合、結像光学系を構成するレンズのうち、第6レンズが最も像面側に位置することになるため、その第6レンズを両凸形状とすることがテレセントリック性の確保と非点収差、コマ収差の補正のためにはより好ましいものとなる。

【0021】

また、本願の第2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(1)、(2)を満たす構成とした。

$$-1.2 \leq f_N / I_h \leq -0.5 \quad (1)$$

$$0.85 \leq f_1 / f_2 \leq 1.5 \quad (2)$$

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

$f_N$  : 負屈折力のレンズ群の合成焦点距離

$I_h$  : 最大像高

である。

【0022】

倍率色収差やコマ収差の補正には物体側に配置される負屈折力のレンズ群の構成が重要になる。そのためそのパワーを適切に設定することが好ましい。よって上記の条件式(1)、(2)を満たすような構成とした。

【0023】

条件式(1)は、負屈折力のレンズ群全体のパワーを規定したものである。この条件式(1)の下限を下回ると、負屈折力のレンズ群のパワーが弱くなりすぎてしまうため、光学系の全長が大きくなってしまう。一方、上限を上回ると、負屈折力のレンズ群のパワーが強くなりすぎ収差発生量が大きくなりすぎてしまうため、正屈折力のレンズ群により補正することが困難となる。

【0024】

条件式(2)は第1レンズと第2レンズのパワーの比を規定したものである。条件式(2)の下限を下回ると、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。上限を上回ると、第

10

20

30

40

50

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。

### 【0025】

ここで、上記条件式(1)を、

$$-1.1 \leq f_N / I_h \leq -0.7 \quad (1')$$

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、

$$-1.05 \leq f_N / I_h \leq -0.9 \quad (1'')$$

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。

### 【0026】

また、上記条件式(2)を、

$$0.9 \leq f_1 / f_2 \leq 1.4 \quad (2')$$

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、

$$1.10 \leq f_1 / f_2 \leq 1.37 \quad (2'')$$

とし、この条件式(2'')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(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。

### 【0027】

また、本願の第3の発明に係る結像光学系は、上記基本構成において、以下の条件式(3)を満たす構成とした。

$$2.1 \leq f_5 / f_4 \quad (3)$$

ただし、

$f_5$  : 第5レンズの焦点距離

$f$  : 結像光学系全系の焦点距離

である。

### 【0028】

倍率色収差の補正には、負屈折力のレンズ群だけでなく、正屈折力のレンズ群の中で像面に近く周辺の光線高が高いレンズも関係してくる。また結像光学系は全体で正のパワーを持つため、正屈折力のレンズ群内の正レンズの構成を適切にしないと、非点収差、コマ収差を良好に補正することが困難となる。そこで、正屈折力のレンズ群を構成するレンズのうち、第5レンズは上記条件式(3)を満たすような構成とした。

### 【0029】

条件式(3)の上限を上回ると、第5レンズによる正のパワーが弱くなりすぎてしまい、非点収差、コマ収差が良好に補正し難くなる。下限を下回ると、第5レンズによる正のパワーが強くなりすぎてしまい、倍率色収差が悪化しやすくなる。

### 【0030】

ここで、上記条件式(3)を、

$$2.2 \leq f_5 / f_4 \leq 3.5 \quad (3')$$

とし、この条件式(3')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(3)を、

$$2.4 \leq f_5 / f_4 \leq 3.1 \quad (3'')$$

とし、この条件式(3'')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(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。

### 【0031】

また、本願の第4の発明に係る結像光学系は、上記基本構成に加え、さらに前記第3レ

10

20

30

40

50

ンズと前記第4レンズとの間に明るさ絞りを備え、以下の条件式(4)を満たす構成とした。

$$0.7 \leq d_3 S / I_h \leq 2$$

(4)

ただし、

$d_3 S$ ：第3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。

#### 【0032】

負屈折力のレンズ群では、コマ収差、非点収差に加え、特に倍率色収差が発生しやすい。このような収差を補正する場合、補正を行うレンズのパワーだけではなく光線高も依存する。すなわち、負屈折力のレンズ群よりも像側に隣接して配置された正レンズである第3レンズの構成を適切にし、適切な位置に明るさ絞りを配置することが、これらの収差を補正するために効果的である。そこで、第3レンズと第4レンズとの間に明るさ絞りを配置し、上記条件式(4)を満たす構成とした。

10

#### 【0033】

条件式(4)の上限を上回ると、第3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3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。

20

#### 【0034】

ここで、上記条件式(4)を、

$$1.1 \leq d_3 S / I_h \leq 1.8$$

(4')

とし、この条件式(4')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(4)を、

$$1.1 \leq d_3 S / I_h \leq 1.6$$

(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。

30

#### 【0035】

また、本願の第5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(5)を満たす構成とした。

$$-0.35 \leq f_N / f_P \leq -0.1$$

(5)

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。

#### 【0036】

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、物体側には強い負屈折力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3乃至第6レンズを有する正屈折力のレンズ群が上記条件式(5)を満たすような構成とした。

40

#### 【0037】

条件式(5)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。

#### 【0038】

ここで、上記条件式(5)を、

$$-0.3 \leq f_N / f_P \leq -0.15$$

(5')

50

とし、この条件式(5')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(5)を、

$$-0.3 f_N / f_P - 0.2 \quad (5'')$$

とし、この条件式(5'')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(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。

#### 【0039】

また、上記の各々の発明は、基本となる6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6枚のみとすることが好ましい。

10

#### 【0040】

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。

#### 【0041】

上記第1乃至5の発明に係る結像光学系は、第2レンズが両凹負レンズであり、以下の条件式(6)を満たすようになると、より好ましくなる。

$$6 | r_2 f / f | 200 \quad (6)$$

ただし、

$$\begin{aligned} r_2 f &: 第2レンズの物体側の面の近軸曲率半径 \\ f &: 結像光学系全系の焦点距離 \end{aligned}$$

20

である。

#### 【0042】

条件式(6)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。

#### 【0043】

ここで、上記条件式(6)を、

$$8 | r_2 f / f | 100 \quad (6')$$

とし、この条件式(6')を満足するようになると、より好ましくなる。

30

さらに、上記条件式(6)を、

$$12 | r_2 f / f | 80 \quad (6'')$$

とし、この条件式(6'')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(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。

#### 【0044】

また、上記第1乃至5の発明に係る結像光学系は、以下の条件式(7)を満たすようになると、より好ましくなる。

$$1.2 f_3 / f_5 2.5 \quad (7)$$

ただし、

$$\begin{aligned} f_3 &: 第3レンズの焦点距離 \\ f_5 &: 第5レンズの焦点距離 \end{aligned}$$

40

である。

#### 【0045】

条件式(7)の上限を上回ると、第3レンズの正のパワーが相対的に弱くなりすぎてしまい、負レンズである第1、2レンズで発生するコマ収差、非点収差、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5レンズの正のパワーが相対的に弱くなりすぎてしまい、球面収差、軸上色収差を補正することが困難となる。

#### 【0046】

ここで、上記条件式(7)を、

50

$$1.4 f_3 / f_5 \leq 2$$

(7')

とし、この条件式(7')を満足するようにと、より好ましくなる。

さらに、上記条件式(7')を、

$$1.6 f_3 / f_5 \leq 1.95$$

(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。

#### 【0047】

また、上記第1乃至5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。

$$1.5 f_4 5 / f_6 \leq 6$$

(8)

ただし、

$f_{45}$ ：第4レンズと第5レンズとの合成焦点距離

$f_6$ ：第6レンズの焦点距離

である。

#### 【0048】

条件式(8)の上限を上回ると、第4、5レンズの正のパワーが弱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。下限を下回ると、第6レンズの補正効果が小さくなりすぎてしまい、非点収差、倍率色収差を補正することが困難となる。

#### 【0049】

ここで、上記条件式(8)を、

$$2 f_{45} / f_6 \leq 4.5$$

(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、

$$2 f_{45} / f_6 \leq 3.5$$

(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'')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。

#### 【0050】

また、上記第1乃至5の発明に係る結像光学系は、前記第6のレンズが両凸正レンズであり、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。

$$-0.8 (r_{6f} + r_{6r}) / (r_{6f} - r_{6r}) \leq 0.8 \quad (9)$$

ただし、

$r_{6f}$ ：第6レンズの物体側の面の近軸曲率半径

$r_{6r}$ ：第6レンズの像側の面の近軸曲率半径

である。

#### 【0051】

条件式(9)の上限を上回ると、第6レンズの入射側の面のパワーが小さくなりすぎてしまうか、射出側の面のパワーが強くなりすぎてしまう。そして、前者の場合は、球面収差、コマ収差を効果的に補正することが困難となり、後者の場合は、高次収差が発生しやすくなる。また、下限を下回ると、入射側の面のパワーが強くなりすぎてしまうか、入射側の面のパワーが小さくなりすぎてしまう。そして、前者の場合は、高次収差が発生しやすくなってしまい、後者の場合は、球面収差、コマ収差を効果的に補正することが困難となる。

#### 【0052】

ここで、上記条件式(9)を、

$$-0.65 (r_{6f} + r_{6r}) / (r_{6f} - r_{6r}) \leq 0.65 \quad (9')$$

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、

$$-0.3 (r_{6f} + r_{6r}) / (r_{6f} - r_{6r}) \leq 0.55 \quad (9'')$$

10

20

30

40

50

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。

#### 【0053】

また、上記第1乃至3、5の発明に係る結像光学系は、第3レンズと第4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。

#### 【0054】

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。明るさ絞りは軸外光束の通過位置を決める機能を持つが、明るさ絞りが物体側に近すぎる位置に配置されると、第5レンズ第6レンズへの光線入射高が高くなり、コマ収差や非点収差の補正が難しくなる。一方、明るさ絞りが像面側に近すぎる位置に配置されると、テレセントリック性の確保が難しくなり、また第1レンズの径も大型化しやすくなる。そこで、明るさ絞りの配置する位置を第3レンズと第4レンズの間とすることにより、画角の確保、光学系のコンパクト化、テレセントリック性の確保、コマ収差の補正、非点収差の補正をそれぞれバランス良く行うことができる。

#### 【0055】

また、上記第1乃至5の発明に係る結像光学系は、第4レンズと第5レンズとが接合しており、第4レンズと第5レンズの間の接合面が負屈折力を有していて、第4レンズのアッベ数が第5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。

#### 【0056】

上記第1乃至5の発明の構成では、正レンズである第3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4レンズと第5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4レンズのアッベ数を正レンズである第5レンズのアッベ数よりも小さくすることにより、第3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。

#### 【0057】

また、上記第1乃至5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レンズと第5レンズとの接合レンズ、空間、第6レンズの5つのレンズ成分からなる構成とすることが好ましい。

#### 【0058】

上記第1乃至5の発明に係る結像光学系をこのよう構成とすると、各レンズの機能を有效地に活用でき、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。

#### 【0059】

また、上記第1乃至5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、以下の条件式を満たすことが好ましい。

80° 105°

(10)

ただし、

: 結像光学系の最大半画角

である。

#### 【0060】

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。

#### 【0061】

ここで、上記条件式(10)を、

10

20

30

40

50

85° 100°

(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、

90° 100°

(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。

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。

#### 【0062】

さらに、上記第1乃至5の発明に係る結像光学系は、以下の条件式(11)を満たすことが好ましい。

0.7 r<sub>1r</sub> / d<sub>1r</sub> 1.5

(11)

ただし、

r<sub>1r</sub> : 第1レンズの像側の面の近軸曲率半径

d<sub>1r</sub> : 第1レンズの像側の面から第2レンズの物体側の面までの軸上間隔である。

#### 【0063】

第1レンズの像側の面の近軸曲率半径は、広角に光線が入射している物体側の面よりも小さいことが好ましい。そのようにすれば、広い画角を維持しながら第2レンズ以降の有効径を小さくすることができる。そこで、この面の曲率半径を小さくするため、第1レンズの像側の面から第2レンズの物体側の面までの軸上間隔を上記のように適度に設定する必要がある。

#### 【0064】

条件式(11)の上限を上回ると、第1レンズの像側の面のパワーが弱くなりすぎるか、第1レンズと2レンズとの間隔が小さくなるため、第1レンズのみで軸外光束を大きく屈折させることができない、全長が大きくなりやすくなる。下限を下回ると、第1レンズの像側の面のパワーが強くなりすぎるため、第1レンズと第2レンズとの間隔が大きくなるため、広画角化した際の軸外光束の確保が難しくなる。

#### 【0065】

ここで、上記条件式(11)を、

0.75 r<sub>1r</sub> / d<sub>1r</sub> 1.3

(11')

とし、この条件式(11')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(11')を、

0.8 r<sub>1r</sub> / d<sub>1r</sub> 1.1

(11'')

とし、この条件式(11'')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(11')、(11'')の上限値または下限値のいずれか一方のみを条件式(11')の上限値または下限値としても良い。

#### 【0066】

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レンズが物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであり、第2レンズが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両凹負レンズであり、第3レンズが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両凸正レンズであり、第4レンズが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5レンズが第4レンズに接合された両凸正レンズであり、第6レンズが両凸正レンズであって、第3レンズと第4レンズとの間に明るさ絞りを有することが好ましい。

#### 【0067】

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。第1レンズと第2レンズと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3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

10

20

30

40

50

、発散する軸上光束乃至軸外光束を低減乃至収斂させ第1レンズと第2レンズとを、負屈折力のレンズ群としたこと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4レンズ、第5レンズ、第6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4レンズ、第5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、第4レンズの像側の面、第6レンズ両面を、収差の発生を抑えるため、それぞれ正のパワーの屈折面としている。

#### 【0068】

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。

#### 【0069】

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。

#### 【0070】

なお、上記の各発明に係る各々の特徴的な事項のうち複数を同時に満足させるようすれば、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。

#### 【0071】

以下、図示した実施例に基づき、本発明を詳細に説明する。

#### 【0072】

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、 $N_d$  は各レンズの  $d$  線における屈折率、 $V_d$  は各レンズの  $d$  線におけるアッペ数、 $K$  は円錐係数、 $A_4, A_6, A_8, A_{10}$  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。

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

#### 【0073】

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】

#### 【0074】

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。

#### 【0075】

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  $L_1$ 、第2レンズ  $L_2$ 、第3レンズ  $L_3$ 、明るさ絞り  $S$ 、第4レンズ  $L_4$ 、第5レンズ  $L_5$ 、第6レンズ  $L_6$ 、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。

#### 【0076】

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  $L_2$  は両凹負レンズであり、第3レンズ  $L_3$  は両凸正レンズであり、第4レンズ  $L_4$  は両凹負レンズであり、第5レンズ  $L_5$  は両凸正レンズであり、第6レンズ  $L_6$  は両凸正レンズである。なお、第4レンズ  $L_4$  と第5レンズ  $L_5$  とは接合されており、第6レンズ  $L_6$  は両面とも非球面である。また、第6レンズ  $L_6$  はアモルファスポリオレフィン系の

10

20

30

40

50

ゼオネックスにより形成されている。

#### 【0077】

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1.91mmであり、半画角95°、Fナンバー2.382である。

#### 【0078】

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。

#### 【0079】

| 面       | R        | D     | N d     | V d   |
|---------|----------|-------|---------|-------|
| 1       | 17.9924  | 1.000 | 1.78590 | 44.20 |
| 2       | 3.3300   | 3.314 |         | 10    |
| 3       | -17.7711 | 1.000 | 1.64000 | 60.08 |
| 4       | 3.6309   | 2.100 |         |       |
| 5       | 109.6532 | 2.500 | 1.80518 | 25.42 |
| 6       | -5.2370  | 2.907 |         |       |
| 7(絞り)   |          | 0.780 |         |       |
| 8       | -45.9612 | 1.000 | 1.78472 | 25.68 |
| 9       | 2.9148   | 3.300 | 1.60311 | 60.64 |
| 10      | -4.8466  | 0.200 |         |       |
| 11*     | 6.4653   | 1.900 | 1.52542 | 55.78 |
| 12*     | -7.8487  | 1.379 |         | 20    |
| 13      |          | 2.081 | 1.51633 | 64.14 |
| 14      |          | 0.520 |         |       |
| 15      |          | 0.520 | 1.51633 | 64.14 |
| 16      |          | 0.500 |         |       |
| 17(受光面) |          |       |         |       |

\*印：非球面

#### 【0080】

非球面係数

| 面  | R      | k      | A <sub>4</sub>            | A <sub>6</sub>            | A <sub>8</sub>            | A <sub>10</sub>           |    |
|----|--------|--------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----|
| 11 | 6.465  | -2.020 | $-1.42152 \times 10^{-3}$ | $1.09596 \times 10^{-3}$  | $-9.15947 \times 10^{-5}$ | $1.08498 \times 10^{-5}$  | 30 |
| 12 | -7.849 | -0.349 | $1.22449 \times 10^{-3}$  | $-4.71123 \times 10^{-4}$ | $2.63636 \times 10^{-4}$  | $-9.93439 \times 10^{-6}$ |    |

#### 【0081】

また、上記各条件式に係るデータは、

条件式(1) :  $f_1 / f_2 = 1.16$

条件式(2) :  $f_N / I_h = -0.95$

条件式(3) :  $f_5 / f = 2.87$

条件式(4) :  $d_{3s} / I_h = 1.52$

条件式(5) :  $f_N / f_P = -0.23$

条件式(6) :  $r_2 f / f = -1.422$

条件式(7) :  $f_3 / f_5 = 1.74$

条件式(8) :  $f_{45} / f_6 = 2.14$

条件式(9) :  $(r_6 f + r_6 r) / (r_6 f - r_6 r) = -0.10$

条件式(10) :  $r_1 r / d_1 r = 1.005$

条件式(11) :  $= 95^{\circ}$

である。

#### 【実施例2】

#### 【0082】

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。

#### 【0083】

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L<sub>1</sub>、第2レンズL<sub>2</sub>、第3レンズL<sub>3</sub>、明るさ絞りS、第4レンズL<sub>4</sub>、第5レンズL<sub>5</sub>、第6レンズL<sub>6</sub>、IRカットコート面を有するローパスフィルターLPF、カバーガラスCGにより構成されている。

#### 【0084】

本実施例において、第1レンズL<sub>1</sub>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<sub>2</sub>は両凹負レンズであり、第3レンズL<sub>3</sub>は両凸正レンズであり、第4レンズL<sub>4</sub>は両凹負レンズであり、第5レンズL<sub>5</sub>は両凸正レンズであり、第6レンズL<sub>6</sub>は両凸正レンズである。なお、第4レンズL<sub>4</sub>と第5レンズL<sub>5</sub>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。

10

#### 【0085】

また、本実施例の結像光学系のスペックは、焦点距離1.28mm、最大像高1.82mmであり、半画角91.5°、Fナンバー2.404である。

#### 【0086】

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。

#### 【0087】

| 面       | R        | D     | N d     | V d   |    |
|---------|----------|-------|---------|-------|----|
| 1       | 14.5023  | 1.000 | 1.65160 | 58.55 |    |
| 2       | 2.8750   | 3.511 |         |       |    |
| 3       | -47.1155 | 1.000 | 1.62041 | 60.29 | 20 |
| 4       | 2.7853   | 2.448 |         |       |    |
| 5       | 31.8922  | 2.600 | 1.80518 | 25.42 |    |
| 6       | -4.9596  | 1.450 |         |       |    |
| 7(絞り)   |          | 0.990 |         |       |    |
| 8       | -13.4649 | 1.000 | 1.80518 | 25.42 |    |
| 9       | 2.5870   | 3.200 | 1.62041 | 60.29 |    |
| 10      | -4.5451  | 0.200 |         |       |    |
| 11      | 6.4859   | 2.600 | 1.48749 | 70.23 |    |
| 12      | -7.0124  | 1.500 |         |       |    |
| 13      |          | 2.000 | 1.51633 | 64.14 | 30 |
| 14      |          | 0.500 |         |       |    |
| 15      |          | 0.500 | 1.51633 | 64.14 |    |
| 16      |          | 0.500 |         |       |    |
| 17(受光面) |          |       |         |       |    |

#### 【0088】

また、上記各条件式に係るデータは、

$$\text{条件式(1)} : f_1 / f_2 = 1.35$$

$$\text{条件式(2)} : f_N / I_h = -0.95$$

$$\text{条件式(3)} : f_5 / f = 2.51$$

$$\text{条件式(4)} : d_{3s} / I_h = 0.80$$

40

$$\text{条件式(5)} : f_N / f_P = -0.26$$

$$\text{条件式(6)} : r_2 f / f = -36.81$$

$$\text{条件式(7)} : f_3 / f_5 = 1.72$$

$$\text{条件式(8)} : f_45 / f_6 = 3.12$$

$$\text{条件式(9)} : (r_6f + r_6r) / (r_6f - r_6r) = -0.04$$

$$\text{条件式(10)} : r_1r / d_1r = 0.819$$

$$\text{条件式(11)} : = 91.5^\circ$$

である。

#### 【実施例3】

#### 【0089】

50

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。

#### 【0090】

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 $L_3$ 、明るさ絞りS、第4レンズ $L_4$ 、第5レンズ $L_5$ 、第6レンズ $L_6$ 、IRカットコート面を有するローパスフィルターLPF、カバーガラスCGにより構成されている。

#### 【0091】

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 $L_2$ は両凹負レンズであり、第3レンズ $L_3$ は両凸正レンズであり、第4レンズ $L_4$ は両凹負レンズであり、第5レンズ $L_5$ は両凸正レンズであり、第6レンズ $L_6$ は両凸正レンズである。なお、第4レンズ $L_4$ と第5レンズ $L_5$ とは接合されており、第6レンズ $L_6$ は物体側の面のみ非球面である。また、第6レンズ $L_6$ 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。

#### 【0092】

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1.91mmであり、半画角95°、Fナンバー2.400である。

#### 【0093】

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。

#### 【0094】

| 面       | R        | D     | N d     | V d   |    |
|---------|----------|-------|---------|-------|----|
| 1       | 17.6037  | 1.000 | 1.74320 | 49.34 |    |
| 2       | 3.2899   | 3.369 |         |       |    |
| 3       | -90.6551 | 1.000 | 1.62041 | 60.29 |    |
| 4       | 3.1186   | 2.200 |         |       |    |
| 5       | 27.4145  | 2.800 | 1.80518 | 25.42 |    |
| 6       | -5.1712  | 2.098 |         |       |    |
| 7(絞り)   |          | 0.533 |         |       |    |
| 8       | -13.1872 | 1.000 | 1.78472 | 25.68 |    |
| 9       | 2.2035   | 3.200 | 1.62041 | 60.29 | 30 |
| 10      | -4.7017  | 0.200 |         |       |    |
| 11*     | 11.7813  | 2.600 | 1.52542 | 55.78 |    |
| 12      | -3.9756  | 1.379 |         |       |    |
| 13      |          | 2.081 | 1.51633 | 64.14 |    |
| 14      |          | 0.520 |         |       |    |
| 15      |          | 0.520 | 1.51633 | 64.14 |    |
| 16      |          | 0.500 |         |       |    |
| 17(受光面) |          |       |         |       |    |

\*印：非球面

#### 【0095】

非球面係数

| 面  | R      | k     | $A_4$                     | $A_6$                    | $A_8$                     |
|----|--------|-------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 11 | 11.781 | 0.000 | $-3.88858 \times 10^{-3}$ | $1.06129 \times 10^{-4}$ | $-1.70031 \times 10^{-5}$ |

#### 【0096】

また、上記各条件式に係るデータは、

- 条件式(1) :  $f_1 / f_2 = 1.16$
- 条件式(2) :  $f_N / I_h = -0.99$
- 条件式(3) :  $f_5 / f = 2.35$
- 条件式(4) :  $d_{3s} / I_h = 1.10$
- 条件式(5) :  $f_N / f_P = -0.25$

10

20

30

40

50

条件式(6) :  $r_2 f / f = -72.51$   
 条件式(7) :  $f_3 / f_5 = 1.91$   
 条件式(8) :  $f_4 f_5 / f_6 = 4.71$   
 条件式(9) :  $(r_6 f + r_6 r) / (r_6 f - r_6 r) = -0.50$   
 条件式(10) :  $r_1 r / d_1 r = 0.977$   
 条件式(11) : = 95°

である。

#### 【0097】

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）。

10

#### 【0098】

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、楕円形、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。

20

#### 【0099】

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。

30

#### 【0100】

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。

#### 【0101】

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。

#### 【0102】

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。

40

#### 【0103】

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の強いパワーを正レンズ群に持たせるようにしても良い。

#### 【0104】

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

50

置の例を説明する。

【0105】

図7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、車両に搭載された例として説明する。

【0106】

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。

【0107】

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。

【0108】

ステレオ撮像装置116は、一般のビデオカメラ、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。

【0109】

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。

【0110】

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7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。

【0111】

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。

【0112】

なお、図7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。

【0113】

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

10

20

30

40

50

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。

#### 【0114】

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。

10

#### 【0115】

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。

#### 【0116】

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。

20

#### 【0117】

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。

20

#### 【0118】

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つ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。

30

#### 【0119】

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。

#### 【0120】

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。

40

#### 【0121】

(1) 前記第2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5のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$6 \quad |r_2 f / f| \quad 200 \quad (6)$$

ただし、

$$\begin{aligned} r_2 f &: 第2レンズの物体側の面の近軸曲率半径 \\ f &: 結像光学系全系の焦点距離 \end{aligned}$$

である。

#### 【0122】

50

(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5のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$1.2 f_3 / f_5 \leq 2.5$$

(7)

ただし、

$$\begin{aligned} f_3 &: 第3レンズの焦点距離 \\ f_5 &: 第5レンズの焦点距離 \end{aligned}$$

である。

【0123】

(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5のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$1.5 f_{45} / f_6 \leq 6$$

(8)

ただし、

$$\begin{aligned} f_{45} &: 第4レンズと第5レンズとの合成焦点距離 \\ f_6 &: 第6レンズの焦点距離 \end{aligned}$$

である。

【0124】

(4) 前記第6のレンズが両凸正レンズであり、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$-0.8 (r_{6f} + r_{6r}) / (r_{6f} - r_{6r}) \leq 0.8 \quad (9)$$

ただし、

$$\begin{aligned} r_{6f} &: 第6レンズの物体側の面の近軸曲率半径 \\ r_{6r} &: 第6レンズの像側の面の近軸曲率半径 \end{aligned}$$

である。

【0125】

(5) 前記第3レンズと前記第4レンズとの間に明るさ絞りが配置されていることを特徴とする請求項1乃至3、5のいずれか1項に記載の結像光学系。

【0126】

(6) 前記第4レンズと前記第5レンズとが接合しており、前記第4レンズと前記第5レンズの間の接合面が負屈折力を有していて、前記第4レンズのアッベ数が前記第5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5のいずれか1項に記載の結像光学系。

【0127】

(7) 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レンズと第5レンズとの接合レンズ、空間、第6レンズの5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5のいずれか1項に記載の結像光学系。

【0128】

(8) 前記第2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5のいずれか1項に記載の結像光学系。

【0129】

(9) 前記第6レンズは両凸正レンズであることを特徴とする請求項2乃至5のいずれか1項に記載の結像光学系。

【0130】

(10) 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5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。

10

20

30

40

50

## 【0131】

(11) 以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1、3乃至5のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$0.85 \leq f_1 / f_2 \leq 1.5 \quad (2)$$

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。

## 【0132】

(12) 以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1、3乃至5のいずれか1項に記載の結像光学系。 10

$$-1.2 \leq f_N / I_h \leq -0.5 \quad (1)$$

ただし、

$f_N$  : 負屈折力のレンズ群の合成焦点距離

$I_h$  : 最大像高

である。

## 【0133】

(13) 以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1、2、4又は5のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$2.1 \leq f_5 / f \leq 4 \quad (3)$$

ただし、

$f_5$  : 第5レンズの焦点距離

$f$  : 結像光学系全系の焦点距離

である。

## 【0134】

(14) 前記第3レンズと前記第4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乃至3、5のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$0.7 \leq d_{3S} / I_h \leq 2 \quad (4)$$

ただし、

$d_{3S}$  : 第3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

30

である。

## 【0135】

(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4のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$-0.35 \leq f_N / f_P \leq -0.1 \quad (5)$$

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

40

である。

## 【0136】

(16) 前記6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(15)のいずれか1つに記載の結像光学系。

## 【0137】

(17) 以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項又は(1)乃至(16)のいずれか1つに記載の結像光学系。

$$0.7 \leq r_{1r} / d_{1r} \leq 1.5 \quad (11)$$

ただし、

$r_{1r}$  : 第1レンズの像側の面の近軸曲率半径

$d_{1r}$  : 第1レンズの像側の面から第2レンズの物体側の面までの軸上間隔

50

である。

**【0138】**

(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両凹負レンズであり、

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両凸正レンズであり、

前記第4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5レンズは、第4レンズに接合された両凸正レンズであり、

10

前記第6レンズは、両凸レンズであり、

前記第3レンズと第4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のいずれか1項又は(1)乃至(17)のいずれか1つに記載の結像光学系。

**【0139】**

(19) 請求項1乃至6のいずれか1項又は(1)乃至(17)のいずれか1つ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】**

20

**【0140】**

【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。

【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】**

30

**【0141】**

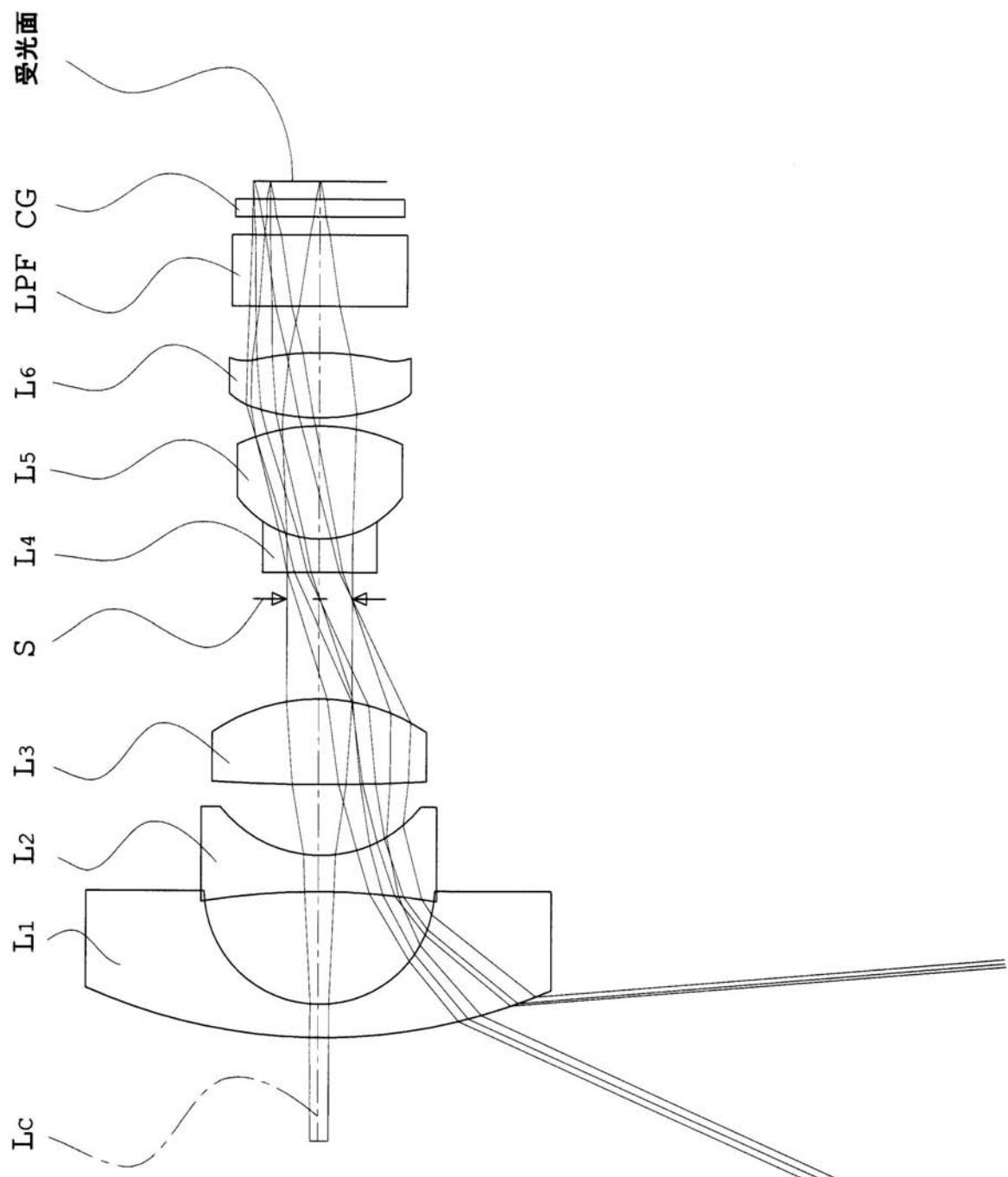
|                 |           |
|-----------------|-----------|
| L P F           | ローパスフィルター |
| C G             | カバーガラス    |
| L C             | 光軸        |
| 1 0 0           | 距離画像入力装置  |
| 1 0 1 R、1 0 1 L | 結像光学系     |
| 1 0 2 R、1 0 2 L | 撮像素子      |
| 1 0 4           | 制御装置      |
| 1 0 4 R、1 0 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    |

40

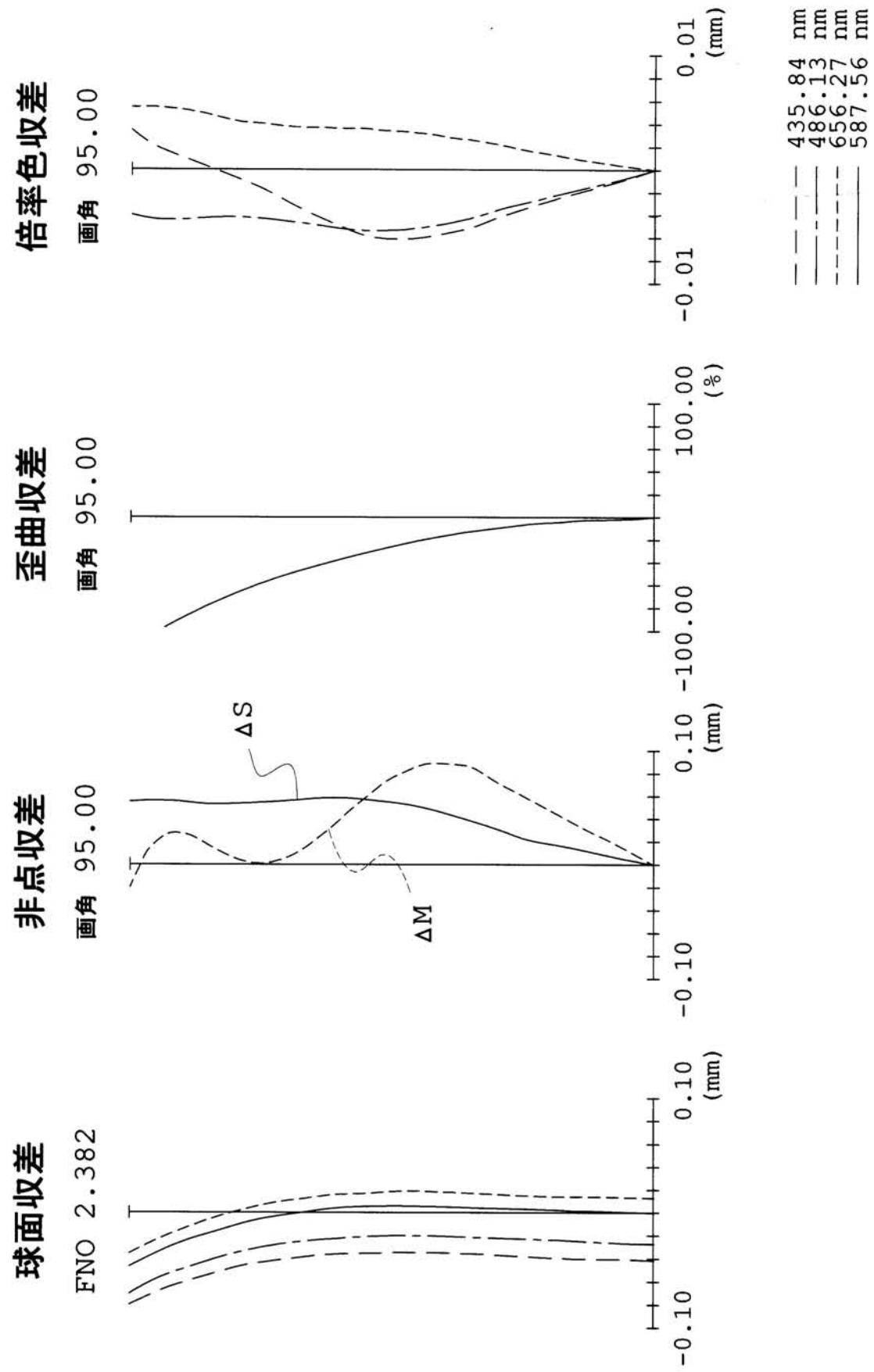
50

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

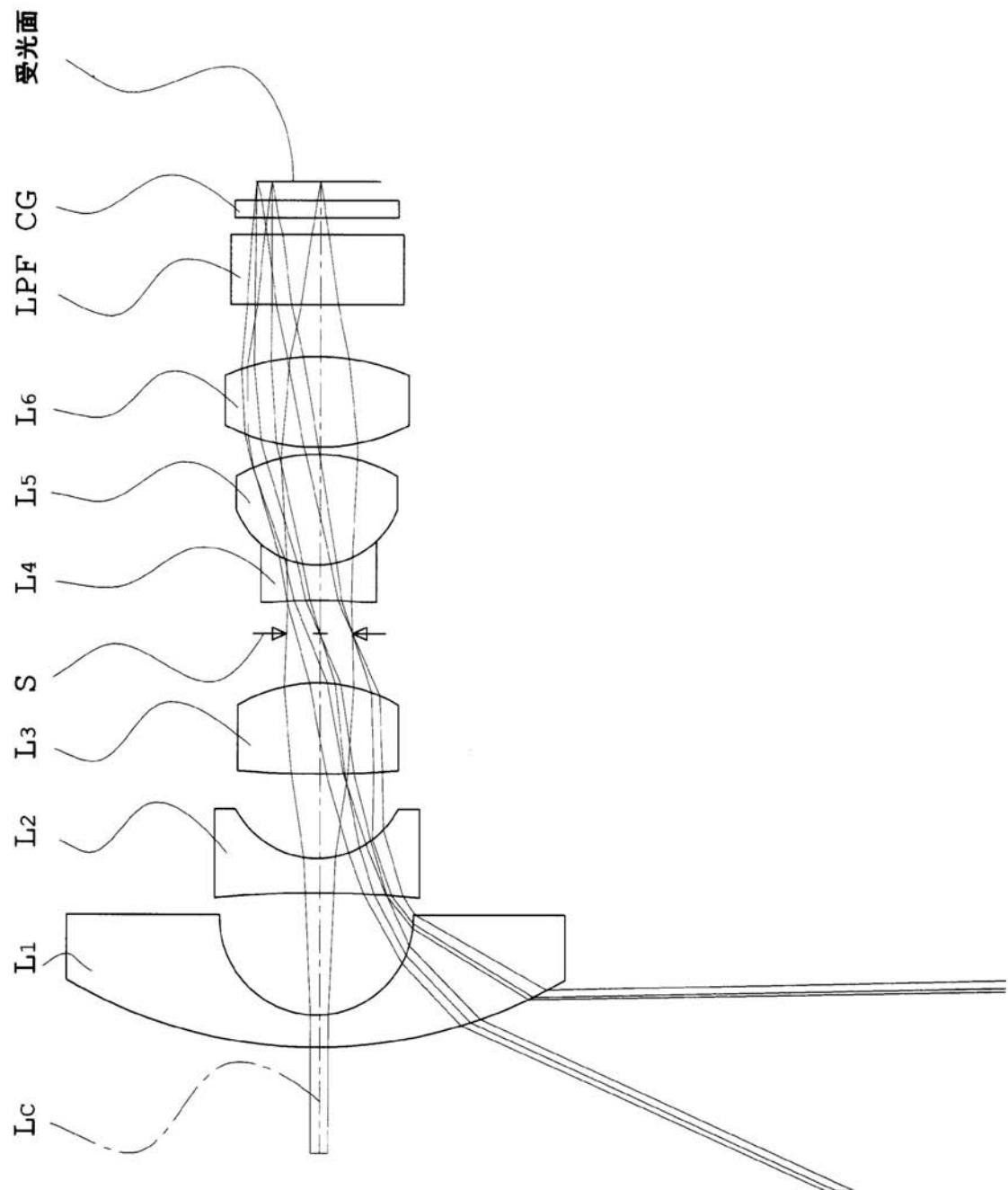
【図1】



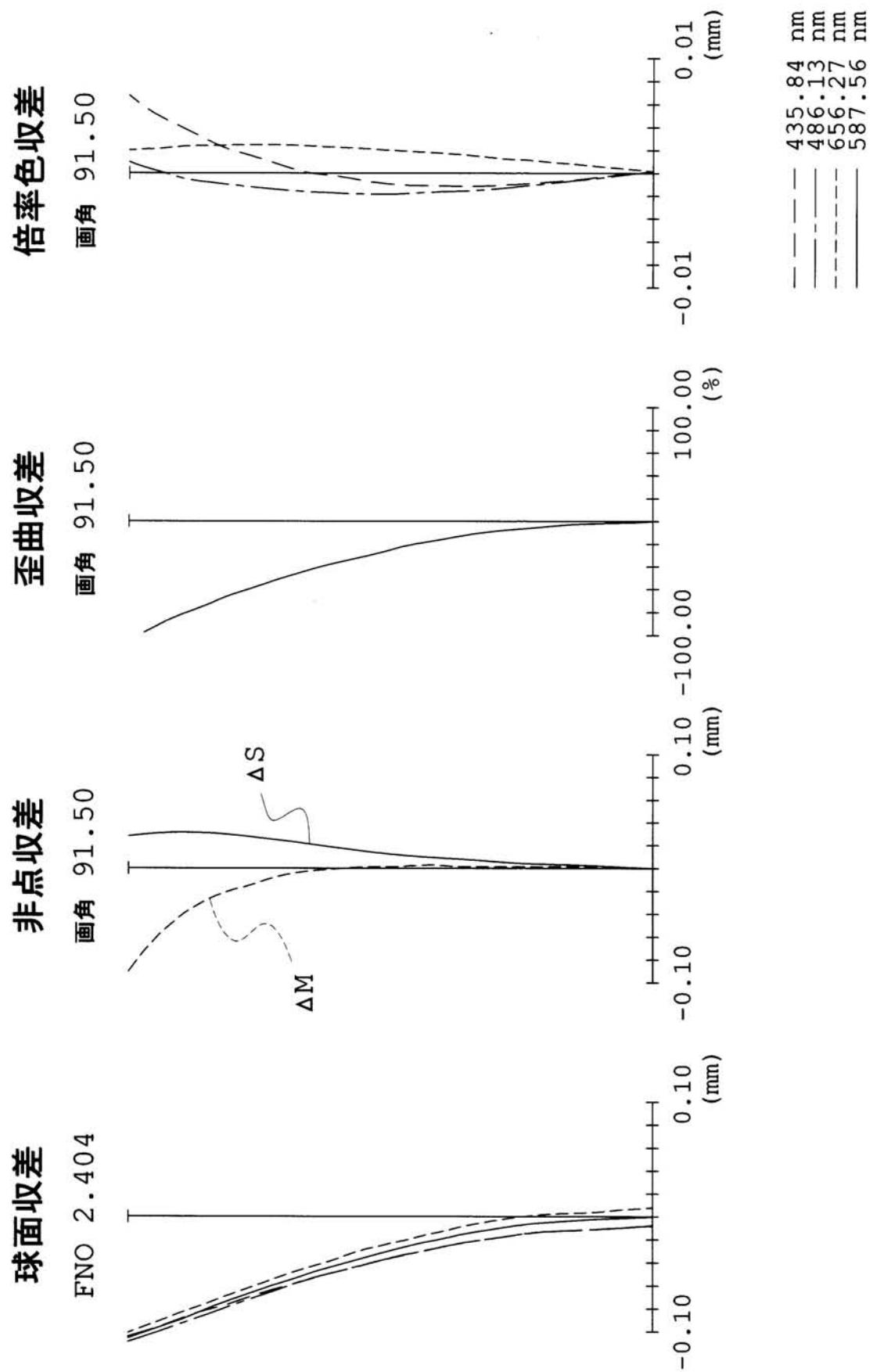
【図2】



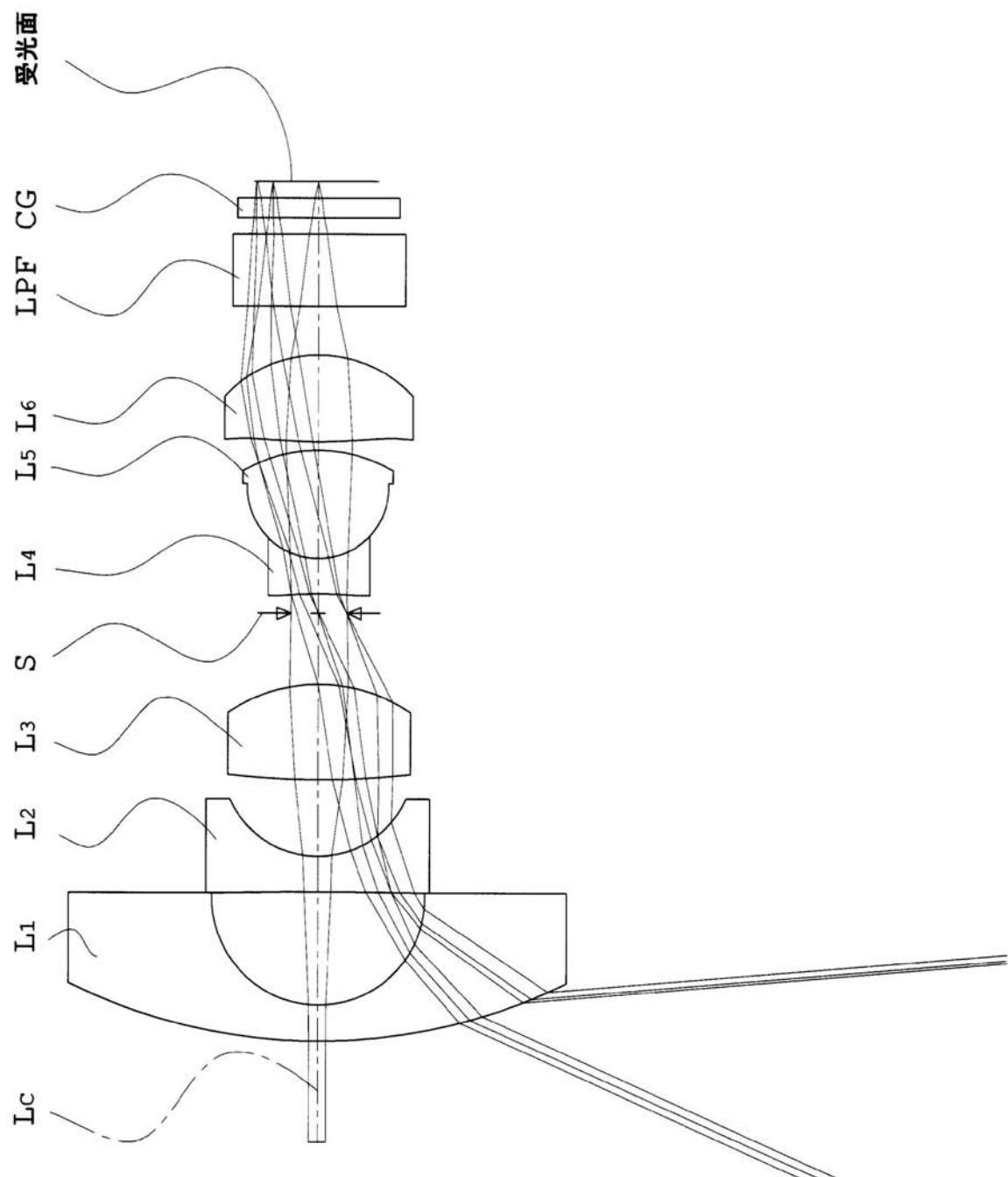
【図3】



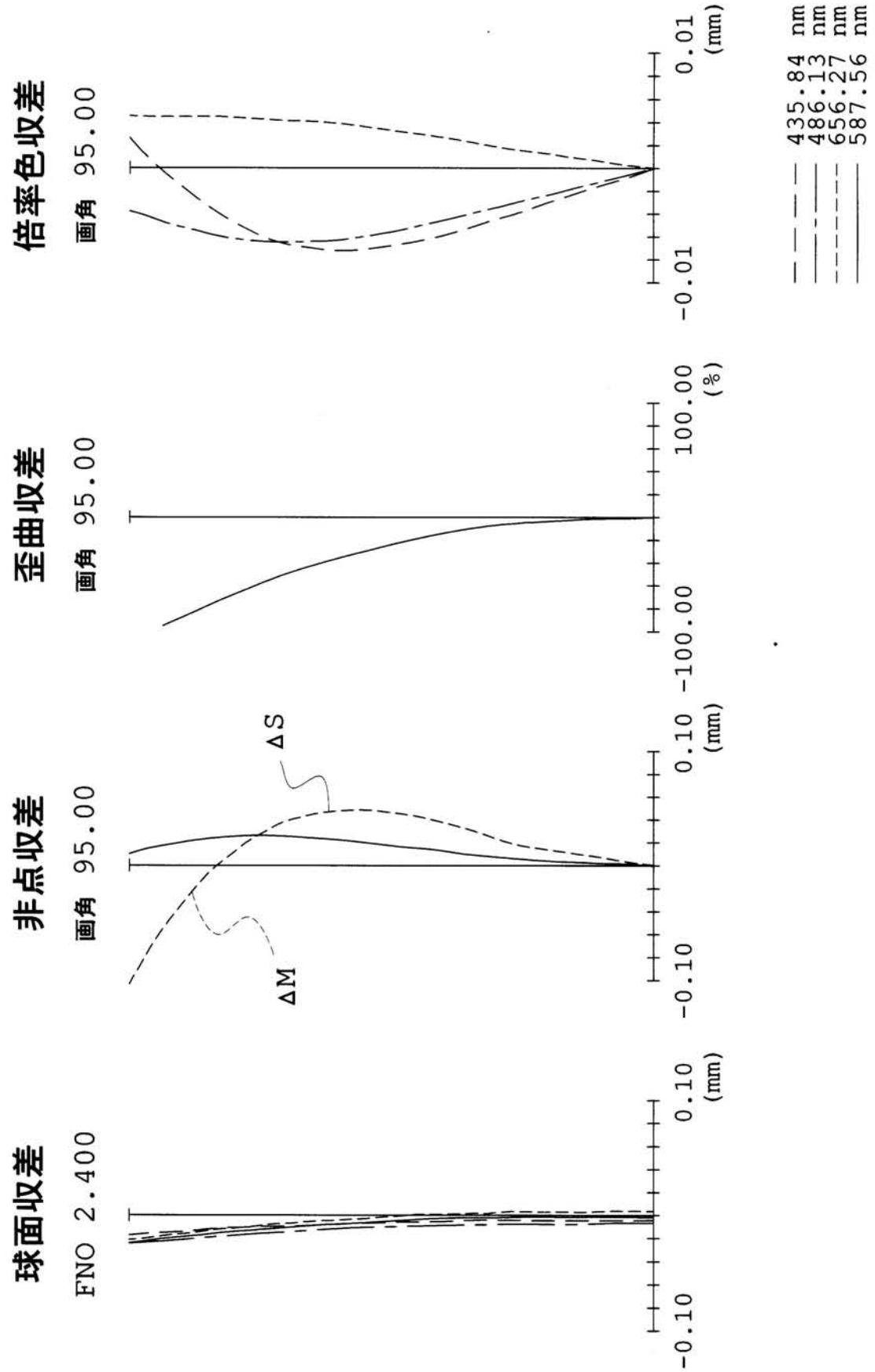
【図4】



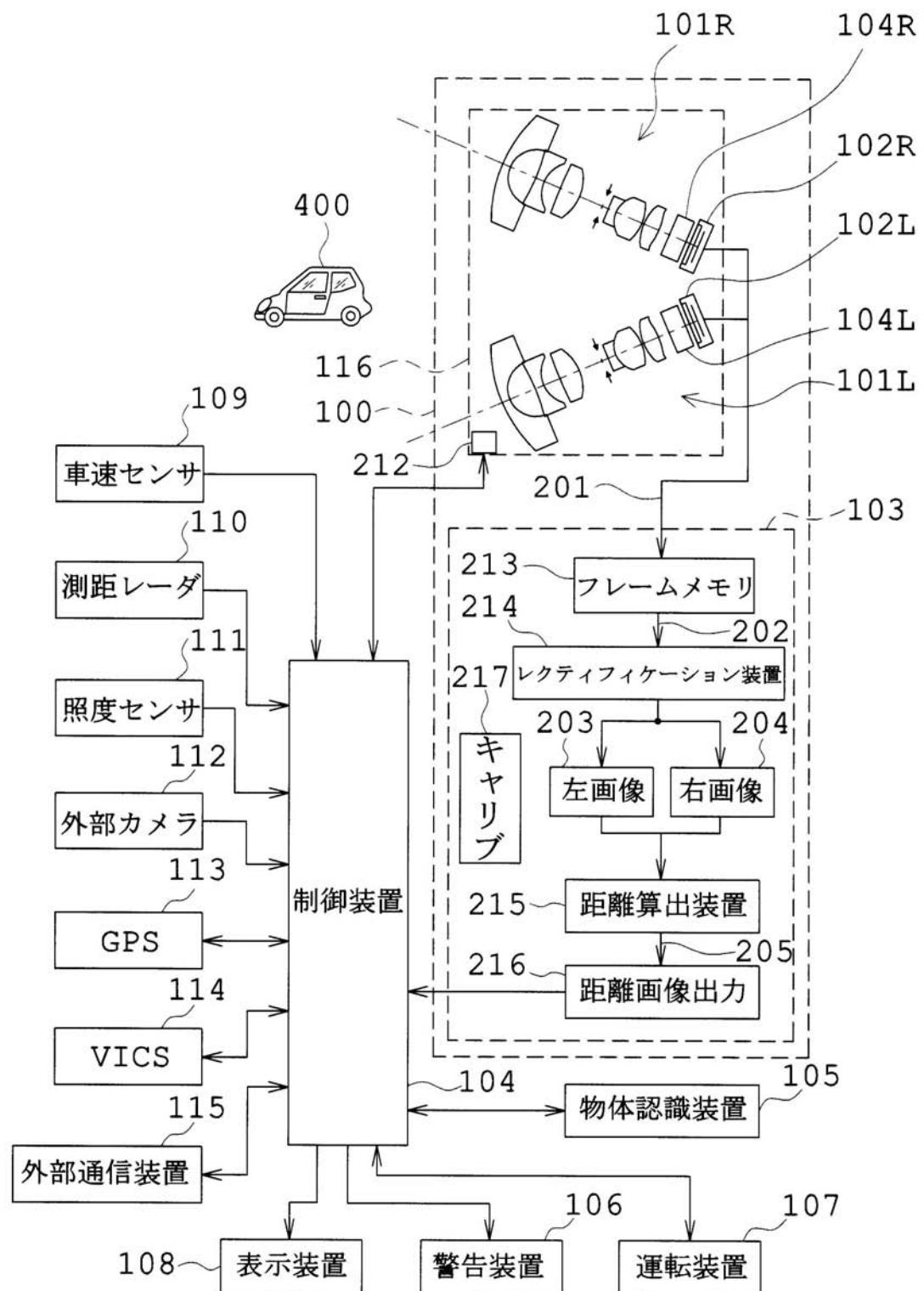
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 03 B 15/00

W

F ターム(参考) 5C122 DA01 EA54 FA02 FB03 FB08 FD00 HB07 HB10