

(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2012-208148

(P2012-208148A)

(43) 公開日 平成24年10月25日(2012.10.25)

| | | |
|--------------------------------|---------------|-------------|
| (51) Int.Cl. | F 1 | テーマコード (参考) |
| G 0 2 B 13/00 (2006.01) | G 0 2 B 13/00 | 2 H 0 8 7 |
| G 0 2 B 13/18 (2006.01) | G 0 2 B 13/18 | |

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 31 頁)

| | | | |
|-----------|----------------------------|----------|--------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2011-71476 (P2011-71476) | (71) 出願人 | 000000376 |
| (22) 出願日 | 平成23年3月29日 (2011. 3. 29) | | オリンパス株式会社 |
| | | | 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 |
| | | (74) 代理人 | 100123962 |
| | | | 弁理士 斎藤 圭介 |
| | | (74) 代理人 | 100120204 |
| | | | 弁理士 平山 巖 |
| | | (72) 発明者 | 内田 佳宏 |
| | | | 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ |
| | | | リンパス株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 大津 卓也 |
| | | | 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ |
| | | | リンパス株式会社内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像光学系及びそれを用いた撮像装置

(57) 【要約】

【課題】従来の光学系においてFナンバーをさらに小さくし、かつ光学系のサイズを小さくしようとすると、諸収差の影響、特にコマ収差の影響が大きくなってしま

。【解決手段】 物体側より順に、正の屈折力の第1レンズと、負の屈折力の第2のレンズと、正の屈折力の第3レンズと、正の屈折力の第4レンズと、負の屈折力の第5レンズからなり、最も物体側に絞りが配置され、以下の条件式(1)を満足することを特徴とする撮像光学系。

$$-4.0 < (r6 + r7) / (r6 - r7) < -0.51 \quad (1)$$

但し、

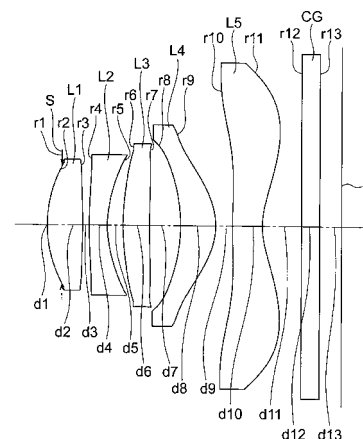
r6は第3レンズの物体側面の近軸曲率半径、

r7は第3レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

【選択図】図1

実施例1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズと、負の屈折力の第 2 のレンズと、正の屈折力の第 3 レンズと、正の屈折力の第 4 レンズと、負の屈折力の第 5 レンズからなり、最も物体側に絞りが配置され、

以下の条件式 (1) を満足することを特徴とする撮像光学系。

$$-4.0 < (r_6 + r_7) / (r_6 - r_7) < -0.51 \quad (1)$$

但し、

r_6 は前記第 3 レンズの物体側面の近軸曲率半径、

r_7 は前記第 3 レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

【請求項 2】

以下の条件式 (2) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像光学系。

$$1.21 < L_{5edmax} / s_t < 6.52 \quad (2)$$

但し、

L_{5edmax} は前記第 5 レンズの有効径、

s_t は前記絞りの径、

である。

【請求項 3】

以下の条件式 (3) を満足することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の撮像光学系。

$$-10.8 < R_9 / d_9 < -1.6 \quad (3)$$

但し、

R_9 は前記第 4 レンズの像側面の近軸曲率半径、

d_9 は前記第 4 レンズと前記第 5 レンズの光軸上の空気間隔、

である。

【請求項 4】

前記第 3 レンズは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 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

【請求項 5】

以下の条件式 (4) を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

$$-12.7 < r_3 / f_1 < -1.6 \quad (4)$$

但し、

r_3 は前記第 1 レンズ像側面の近軸曲率半径、

f_1 は前記第 1 レンズの焦点距離、

である。

【請求項 6】

以下の条件式 (5) を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

$$1.3 < r_7 / f \quad (5)$$

但し、

r_7 は前記第 3 レンズ像側面の近軸曲率半径、

f は前記撮像光学系全系の焦点距離、

である。

【請求項 7】

以下の条件式 (6) を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

$$0.4 < r_6 / f < 2.1 \quad (6)$$

但し、

10

20

30

40

50

r_6 は前記第 3 レンズ物体側面の近軸曲率半径、
 f は前記撮像光学系全系の焦点距離、
 である。

【請求項 8】

以下の条件式 (7) を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

$$1.1 < f_3 / f_4 < 7.6 \quad (7)$$

但し、

f_3 は前記第 3 レンズの焦点距離、
 f_4 は前記第 4 レンズの焦点距離、
 である。

10

【請求項 9】

以下の条件式 (8) を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

$$1.0 < (r_{10} + r_{11}) / (r_{10} - r_{11}) < 3.4 \quad (8)$$

但し、

r_{10} は前記第 5 レンズの物体側面の近軸曲率半径、
 r_{11} は前記第 5 レンズの像側面の近軸曲率半径、
 である。

20

【請求項 10】

以下の条件式 (9) を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

$$0.4 < f_1 / f < 1.8 \quad (9)$$

但し、

f_1 は前記第 1 レンズの焦点距離、
 f は前記撮像光学系全系の焦点距離、
 である。

【請求項 11】

以下の条件式 (10) を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

$$-1.5 < f_5 / f < -0.3 \quad (10)$$

但し、

f_5 は前記第 5 レンズの焦点距離、
 f は前記撮像光学系全系の焦点距離、
 である。

30

【請求項 12】

前記第 1 レンズは両凸レンズであることを特徴とする請求項 1 から請求項 11 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

【請求項 13】

前記第 2 レンズは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 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

40

【請求項 14】

前記第 4 レンズは物体側に凹面を向けたメニスカスレンズであり、
 物体側面の形状は中心部から周辺部にかけて凹面形状であることを特徴とする請求項 1 から請求項 13 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系。

【請求項 15】

請求項 1 から請求項 14 のいずれか 1 項に記載の撮像光学系と、撮像素子を備えることを特徴とする撮像装置。

【請求項 16】

前記撮像光学系と前記撮像素子が一体化していることを特徴とする請求項 15 に記載の

50

撮像装置。

【請求項 17】

前記撮像光学系がオートフォーカス機構と一体化していることを特徴とする請求項 15 または請求項 16 に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像光学系及びそれを用いた撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、携帯電話の薄型化に伴い、光学系の光軸方向の長さを極限まで薄くしたカメラモジュールが求められている。また昨今の撮像素子の大型化、高画素化にともない高解像力のレンズが求められている。この要求に応えるために、非球面レンズ 5 枚で構成された単焦点の光学系が提案されている（特許文献 1、特許文献 2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 264180 号公報

【特許文献 2】特開 2010 - 48996 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 や特許文献 2 の光学系は、高い光学性能を持ち、F ナンバー (FNO) もある程度小さくなっている。しかしながら、これらの光学系は光学系の全長が長く、レンズの最大有効径が大きい。そのため、これらの光学系の F ナンバーをさらに小さくし、かつ光学系のサイズを小さくしようとする、諸収差の影響、特にコマ収差の影響が大きくなってしまふ。その結果、小型でありながら諸収差が良好に補正された光学系を実現するのは困難である。

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、比較的小さい F ナンバーの光学系でありながら、光学系の全長を短く、レンズ径を小さく保ち、諸収差、特にコマ収差が良好に補正された撮像光学系、およびそれを用いた撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の撮像光学系は、物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズと、負の屈折力の第 2 のレンズと、正の屈折力の第 3 レンズと、正の屈折力の第 4 レンズと、負の屈折力の第 5 レンズからなり、最も物体側に絞りが配置され、以下の条件式 (1) を満足することを特徴とする。

$$-4.0 < (r_6 + r_7) / (r_6 - r_7) < -0.51 \quad (1)$$

但し、

r₆ は第 3 レンズの物体側面の近軸曲率半径、

r₇ は第 3 レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

【0007】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件式 (2) を満足することが望ましい。

$$1.21 < L_{5edmax} / s_t < 6.52 \quad (2)$$

但し、

L_{5edmax} は第 5 レンズの有効径、

s_t は絞りの径、

10

20

30

40

50

である。

【 0 0 0 8 】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件式 (3) を満足することが望ましい。

$$- 1 0 . 8 < R 9 / d 9 < - 1 . 6 \quad (3)$$

但し、

R 9 は第 4 レンズの像側面の近軸曲率半径、

d 9 は第 4 レンズと第 5 レンズの光軸上の空気間隔、

である。

【 0 0 0 9 】

10

また、本発明の好ましい態様によれば、第 3 レンズ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望ましい。

【 0 0 1 0 】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件式 (4) を満足することが望ましい。

$$- 1 2 . 7 < r 3 / f 1 < - 1 . 6 \quad (4)$$

但し、

r 3 は第 1 レンズ像側面の近軸曲率半径、

f 1 は第 1 レンズの焦点距離、

である。

20

【 0 0 1 1 】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件式 (5) を満足することが望ましい。

$$1 . 3 < r 7 / f \quad (5)$$

但し、

r 7 は第 3 レンズ像側面の近軸曲率半径、

f は撮像光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 0 1 2 】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件式 (6) を満足することが望ましい。

30

$$0 . 4 < r 6 / f < 2 . 1 \quad (6)$$

但し、

r 6 は第 3 レンズ物体側面の近軸曲率半径、

f は撮像光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 0 1 3 】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件式 (7) を満足することが望ましい。

$$1 . 1 < f 3 / f 4 < 7 . 6 \quad (7)$$

40

但し、

f 3 は第 3 レンズの焦点距離、

f 4 は第 4 レンズの焦点距離、

である。

【 0 0 1 4 】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件式 (8) を満足することが望ましい。

$$1 . 0 < (r 1 0 + r 1 1) / (r 1 0 - r 1 1) < 3 . 4 \quad (8)$$

但し、

r 1 0 は第 5 レンズの物体側面の近軸曲率半径、

50

r_{11} は第 5 レンズの像側面の近軸曲率半径、
である。

【0015】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件式 (9) を満足することが望ましい。
。

$$0.4 < f_1 / f < 1.8 \quad (9)$$

但し、

f_1 は第 1 レンズの焦点距離、

f は撮像光学系全系の焦点距離、

である。

10

【0016】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件式 (10) を満足することが望ましい。
い。

$$-1.5 < f_5 / f < -0.3 \quad (10)$$

但し、

f_5 は第 5 レンズの焦点距離、

f は撮像光学系全系の焦点距離、

である。

【0017】

また、本発明の好ましい態様によれば、第 1 レンズは両凸レンズであることが望ましい。
。

20

【0018】

また、本発明の好ましい態様によれば、第 2 レンズ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望ましい。

【0019】

また、本発明の好ましい態様によれば、第 4 レンズは物体側に凹面を向けたメニスカス
レンズであり、物体側面の形状は中心部から周辺部にかけて凹面形状であることが望まし
い。

【0020】

また、本発明の撮像装置は、上記の撮像光学系と撮像素子を備えることを特徴とする。

30

【0021】

また、本発明の好ましい態様によれば、撮像光学系と撮像素子が一体化していることが
望ましい。

【0022】

また、本発明の好ましい態様によれば、撮像光学系がオートフォーカス機構と一体化し
ていることが望ましい。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、比較的小さい F ナンバーの光学系でありながら、光学系の全長を短く
、レンズ径を小さく保ち、諸収差、特にコマ収差が良好に補正された撮像光学系、及びそ
れを用いた撮像装置を提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図 1】本発明の実施例 1 にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸
に沿う断面図である。

【図 2】実施例 1 にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時における球面収差 (SA)、非
点収差 (AS)、歪曲収差 (DT)、倍率色収差 (CC) を示す図である。

【図 3】本発明の実施例 2 にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸
に沿う断面図である。

【図 4】実施例 2 にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時における球面収差 (SA)、非

50

点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) を示す図である。

【図 5】本発明の実施例 3 にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 6】実施例 3 にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) を示す図である。

【図 7】本発明の実施例 4 にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 8】実施例 4 にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) を示す図である。

【図 9】本発明の実施例 5 にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 10】実施例 5 にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) を示す図である。

【図 11】本発明による光学系を組み込んだデジタルカメラ 40 の外観を示す前方斜視図である。

【図 12】デジタルカメラ 40 の後方斜視図である。

【図 13】デジタルカメラ 40 の光学構成を示す断面図である。

【図 14】本発明の光学系が対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコン 300 のカバーを開いた状態の前方斜視図である。

【図 15】パソコン 300 の撮影光学系 303 の断面図である。

【図 16】パソコン 300 の側面図である。

【図 17】本発明の光学系が撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である携帯電話を示す図であり、(a) は携帯電話 400 の正面図、(b) は側面図、(c) は撮影光学系 405 の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

実施形態の撮像光学系について説明する。本実施形態の撮像光学系は、物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズと、負の屈折力の第 2 のレンズと、正の屈折力の第 3 レンズと、正の屈折力の第 4 レンズと、負の屈折力の第 5 レンズからなり、最も物体側に絞りが配置され、以下の条件式 (1) を満足することを特徴とする。

$$-4.0 < (r_6 + r_7) / (r_6 - r_7) < -0.51 \quad (1)$$

但し、

r_6 は第 3 レンズの物体側面の近軸曲率半径、

r_7 は第 3 レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

【0026】

本実施形態の撮像光学系では、屈折力配置が、物体側から順に正・負・正・正・負となっている。このような屈折力配置を採用することで、撮像光学系の主点の位置を物体側に位置させることができる。その結果、撮像光学系全系の焦点距離に対して、光学系の全長を十分に短くすることが可能となるので、光学系の全長の短縮が実現できる。

【0027】

また、第 4 レンズを正屈折力とし、全体で 5 枚のレンズで光学系を構成することで、軸外光束の発散を第 4 レンズで抑えることができる。よって、光学系のテレセントリック性を確保しつつ、第 5 レンズの径を小さくすることができる。

【0028】

また、本実施形態の撮像光学系では、最も物体側に絞りを配置することで、射出瞳を像面から離すことができる。これにより、光学系のテレセントリック性を確保しつつ、レンズの有効径を小さくすることが可能となる。

【0029】

さらに、本実施形態の撮像光学系は、条件式 (1) を満足する。条件式 (1) は、F ナ

10

20

30

40

50

ンバーを小さくしたときに、光学系の全長を短縮しつつコマ収差を良好に補正するのに好ましい条件式である。条件式(1)を満足することで、Fナンバーを小さくした光学系において、光学系の全長を短縮し、しかもコマ収差を良好に補正することができる。

【0030】

第3レンズの物体側面が凸の状態、条件式(1)の下限値を下回ると、第3レンズの像側面の曲率半径が小さくなり、正の屈折力が小さくなるので、第3レンズの屈折力が強くなりすぎてしまう。その結果、主点位置が像側に位置するので、光学系の全長を短縮することが困難になる。条件式(1)の上限値を上回ると、第3レンズの像側面の負の屈折力が小さくなってしまう。その結果、軸外光束の第3レンズ像側面への入射角が大きくなるので、コマ収差補正が困難になる。

10

【0031】

ここで、条件式(1)に代えて、以下の条件式(1')を満足するのが好ましい。

$$-2.6 < (r_6 + r_7) / (r_6 - r_7) < -0.8 \quad (1')$$

また、条件式(1)に代えて、以下の条件式(1'')を満足するのがより好ましい。

$$-2.2 < (r_6 + r_7) / (r_6 - r_7) < -1 \quad (1'')$$

【0032】

また、本実施形態の撮像光学系は、以下の条件式(2)を満足するのが好ましい。

$$1.21 < L5_{edmax} / s_t < 6.52 \quad (2)$$

但し、

$L5_{edmax}$ は第5レンズの有効径、

s_t は絞りの径、

である。

20

【0033】

条件式(2)は、第5レンズの有効径と絞り径に関する条件式であって、光学系の小型化と像面湾曲を良好に補正するのに好ましい条件式である。条件式(2)を満足することで、光学系の小型化と像面湾曲の良好な補正が可能となる。

【0034】

条件式(2)の上限値を上回ると、絞り径に対して第5レンズの有効径が大きくなる。この場合、テレセントリック性の確保しやすくなるが、光学系の小型化が困難になる。条件式(2)の下限値を下回ると、絞り径に対して第5レンズの有効径が小さくなる。この場合、第5レンズにおける軸上光束と、軸外光束の間隔が狭くなるので、コマ収差や歪曲収差、特に像面湾曲の補正が困難になる。

30

【0035】

ここで、条件式(2)に代えて、以下の条件式(2')を満足するのが好ましい。

$$1.86 < L5_{edmax} / s_t < 4.24 \quad (2')$$

また、条件式(2)に代えて、以下の条件式(2'')を満足するのがより好ましい。

$$2.20 < L5_{edmax} / s_t < 3.59 \quad (2'')$$

【0036】

なお、条件式(2)は、第5レンズの有効径に代えて第5レンズのレンズ径を用いて表すことができる。この場合、本実施形態の撮像光学系は、以下の条件式(2-1)を満足するのが好ましい。

40

$$1.41 < L5_{max} / s_t < 6.72 \quad (2-1)$$

但し、

$L5_{max}$ は第5レンズの径、

s_t は絞りの径、

である。

【0037】

条件式(2-1)についての効果は、条件式(2)と同じである。

【0038】

ここで、条件式(2-1)に代えて、以下の条件式(2-1')を満足するのが好まし

50

い。

$$2.06 < L5_{max} / s t < 4.44 \quad (2-1')$$

また、条件式(2-1)に代えて、以下の条件式(2-1'')を満足するのがより好ましい。

$$2.40 < L5_{max} / s t < 3.79 \quad (2-1'')$$

【0039】

また、本実施形態の撮像光学系は、以下の条件式(3)を満足するのが好ましい。

$$-10.8 < R9 / d9 < -1.6 \quad (3)$$

但し、

R9は第4レンズの像側面の近軸曲率半径、

d9は第4レンズと第5レンズの光軸上の空気間隔、

である。

【0040】

条件式(3)は、第4レンズの像側面の近軸曲率半径と、第4レンズと第5レンズの光軸上の空気間隔に関する条件式で、収差を良好に補正するのに好ましい条件式である。条件式(3)を満足することで、コマ収差の発生、非点収差、像面湾曲及び歪曲収差を良好に補正することができる。

【0041】

条件式(3)の上限値を上回ると、第4レンズと第5レンズ間の空気間隔は小さくなる。ここで、第4レンズと第5レンズの間に空気レンズが存在すると考えると、この空気レンズの屈折力が弱くなるので、像面湾曲や歪曲収差を良好に補正することが困難になる。条件式(3)の下限値を下回ると、第4レンズの像側面の近軸曲率半径は小さくなる。この場合、第4レンズの像側の面への入射光線の角度が大きくなるので、コマ収差が発生し、非点収差の補正が十分にできなくなる。

【0042】

ここで、条件式(3)に代えて、以下の条件式(3')を満足するのが好ましい。

$$-7.0 < R9 / d9 < -2.4 \quad (3')$$

また、条件式(3)に代えて、以下の条件式(3'')を満足するのがより好ましい。

$$-5.9 < R9 / d9 < -2.8 \quad (3'')$$

【0043】

また、本実施形態の撮像光学系は、第3レンズは物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであるのが好ましい。光学系を大口径にすると、軸上色収差の発生が顕著になる。そこで第3レンズを物体側に凸面を向けたメニスカス形状にすることで、光学系を大口径にしても軸上色収差の補正が良好に行える。

【0044】

また、本実施形態の撮像光学系は、以下の条件式(4)を満足するのが好ましい。

$$-12.7 < r3 / f1 < -1.6 \quad (4)$$

但し、

r3は第1レンズ像側面の近軸曲率半径、

f1は第1レンズの焦点距離、

である。

【0045】

条件式(4)は、球面収差やコマ収差を良好に補正するのに好ましい条件式である。条件式(4)を満足することで、球面収差やコマ収差を良好に補正することができる。

【0046】

条件式(4)の上限値を上回ると、第1レンズの像側面の近軸曲率半径が小さくなりすぎる。この場合、軸外光束の第1レンズ像側面への入射角が急になるため、コマ収差の補正が困難になる。条件式(4)の下限値を下回ると、第1レンズの像側面の近軸曲率半径が大きくなるので、球面収差の補正が困難になる。

【0047】

10

20

30

40

50

ここで、条件式(4)に代えて、以下の条件式(4')を満足するのが好ましい。

$$-8.3 < r_3 / f_1 < -2.6 \quad (4')$$

また、条件式(4)に代えて、以下の条件式(4'')を満足するのがより好ましい。

$$-7.0 < r_3 / f_1 < -3.0 \quad (4'')$$

【0048】

また、本実施形態の撮像光学系は、以下の条件式(5)を満足するのが好ましい。

$$1.3 < r_7 / f \quad (5)$$

但し、

r_7 は第3レンズ像側面の近軸曲率半径、

f は撮像光学系全系の焦点距離、

である。

【0049】

条件式(5)は、光学系の全長を短くしつつ、諸収差、特にコマ収差を補正するのに好ましい条件式である。条件式(5)を満足することで、コマ収差を良好に補正することができる。

【0050】

条件式(5)の上限値を上回ると、第3レンズの像側面の近軸曲率半径は大きくなる。ここで、光学系の全長短縮のために、第2レンズと第3レンズ間との間隔を小さくしようとすると、第2レンズの像側面は凹面であるため、第2レンズと第3レンズとの周辺部における間隔が小さくなりすぎる。そのため、第2レンズの像側面の面形状と第3レンズの物体側面の形状が制限されるので、収差、特にコマ収差の補正が困難になる。条件式(5)の下限値を下回ると、第3レンズの像側面の近軸曲率半径は小さくなる。この場合、第3レンズの物体側面への光線入射角度が急になるため、第3レンズで発生するコマ収差が大きくなる。

【0051】

ここで、条件式(5)に代えて、以下の条件式(5')を満足するのが好ましい。

$$2.1 < r_7 / f < 133.3 \quad (5')$$

また、条件式(5)に代えて、以下の条件式(5'')を満足するのがより好ましい。

$$2.5 < r_7 / f < 112.8 \quad (5'')$$

【0052】

また、本実施形態の撮像光学系は、以下の条件式(6)を満足するのが好ましい。

$$0.4 < r_6 / f < 2.1 \quad (6)$$

但し、

r_6 は第3レンズ物体側面の近軸曲率半径、

f は撮像光学系全系の焦点距離、

である。

【0053】

条件式(6)は光学系の全長を短くしつつ、諸収差、特にコマ収差を補正するのに好ましい条件式である。条件式(6)を満足することで、光学系の全長を短くしつつ、諸収差、特にコマ収差を補正することができる。

【0054】

条件式(6)の上限値を上回ると、第3レンズの物体側面の近軸曲率半径が大きくなる。ここで、第2レンズの像側面が像側に凹の面である場合、周辺部における第2レンズと第3レンズとの間隔は狭くなる。そのため、光学系の全長の短縮のために第2レンズと第3レンズ間との間隔を小さくしようとすると、第2レンズの像側面の形状と第3レンズの物体側面の形状が制限されるので、収差、特にコマ収差の補正が困難になる。条件式(6)の下限値を下回ると、第3レンズの物体側面の近軸曲率半径は小さくなる。この場合、第3レンズの物体側の面への光線入射角度が急になるため、第3レンズで発生するコマ収差が大きくなる。

【0055】

ここで、条件式(6)に代えて、以下の条件式(6')を満足するのが好ましい。

$$0.7 < r_6 / f < 1.4 \quad (6')$$

また、条件式(6)に代えて、以下の条件式(6'')を満足するのがより好ましい。

$$0.8 < r_6 / f < 1.1 \quad (6'')$$

【0056】

また、本実施形態の撮像光学系は、以下の条件式(7)を満足するのが好ましい。

$$1.1 < f_3 / f_4 < 7.6 \quad (7)$$

但し、

f_3 は第3レンズの焦点距離、

f_4 は第4レンズの焦点距離、

である。

10

【0057】

条件式(7)は第3レンズと第4レンズの屈折力の配分を適正に分配するのに好ましい条件式である。条件式(7)を満足することで、第3レンズと第4レンズの屈折力の配分を適正にすることができる。その結果、軸外光束の収差を良好に補正し、光学系全長の短縮化にともなう偏心感度の悪化を緩和させることができる。

【0058】

条件式(7)の上限値を上回ると、第3レンズに比べて第4レンズの屈折力が大きくなりすぎてしまう。その結果、第4レンズに屈折力が偏るので、第4レンズの製造誤差感度が高くなる。条件式(7)の下限値を下回ると、第3レンズの屈折力が大きくなるので、第3レンズから出射する軸外光束の射出角が小さくなってしまう。そのため、第4レンズにおいて光線高を十分高くすることができない。この場合、第3レンズにおける軸外光束と第4レンズにおける軸外光束との光線高の差が小さくなってしまう。その結果、コマ収差や高次の像面湾曲の補正が困難になる。

20

【0059】

ここで、条件式(7)に代えて、以下の条件式(7')を満足するのが好ましい。

$$1.7 < f_3 / f_4 < 5.0 \quad (7')$$

また、条件式(7)に代えて、以下の条件式(7'')を満足するのがより好ましい。

$$2.0 < f_3 / f_4 < 4.2 \quad (7'')$$

【0060】

30

また、本実施形態の撮像光学系は、以下の条件式(8)を満足するのが好ましい。

$$1.0 < (r_{10} + r_{11}) / (r_{10} - r_{11}) < 3.4 \quad (8)$$

但し、

r_{10} は第5レンズの物体側面の近軸曲率半径、

r_{11} は第5レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

【0061】

条件式(8)は、第5レンズの小型化、光学系のテレセントリック性の維持、およびコマ収差を良好に補正するうえで好ましい条件式である。条件式(8)を満足すると、像面周辺部における第5レンズと像面との距離を十分に確保することができるので、光学系のテレセントリック性を保つことができる。また、第5レンズの有効径を小さくすることや、コマ収差を良好に補正することができる。

40

【0062】

条件式(8)の上限値を上回ると、第5レンズの主点の位置が物体側に寄ってしまうので、バックフォーカス長が短くなってしまう。その結果、光学系のテレセントリック性を保ちつつ、第5レンズの有効径を小さくすることが困難になる。条件式(8)の下限値を下回ると、第5レンズの像側面の近軸曲率半径が小さくなる。この場合、軸外光束の第5レンズの像側面に対する入射角が大きくなるので、コマ収差補正が困難になる。

【0063】

ここで、条件式(8)に代えて、以下の条件式(8')を満足するのが好ましい。

50

$$1.1 < (r_{10} + r_{11}) / (r_{10} - r_{11}) < 2.2 \quad (8')$$

また、条件式(8)に代えて、以下の条件式(8'')を満足するのがより好ましい。

$$1.3 < (r_{10} + r_{11}) / (r_{10} - r_{11}) < 1.9 \quad (8'')$$

【0064】

また、本実施形態の撮像光学系は、以下の条件式(9)を満足するのが好ましい。

$$0.4 < f_1 / f < 1.8 \quad (9)$$

但し、

f_1 は第1レンズの焦点距離、

f は撮像光学系全系の焦点距離、

である。

10

【0065】

条件式(9)は光学系の全長を短くし、良好な収差補正に好ましい条件である。条件式(9)を満足することで、光学系の全長を短くした上で、諸収差を良好に補正することができる。

【0066】

条件式(9)上限値を上回ると、第1レンズの屈折力は弱くなってしまいうので、光学系の全長の短縮が困難になってしまう。条件式(9)の下限値を下回ると、第1レンズの屈折力は強くなってしまいうので、諸収差が増大し収差補正が困難になる。また製造感度が低くなる。

【0067】

20

ここで、条件式(9)に代えて、以下の条件式(9')を満足するのが好ましい。

$$0.6 < f_1 / f < 1.2 \quad (9')$$

また、条件式(9)に代えて、以下の条件式(9'')を満足するのがより好ましい。

$$0.7 < f_1 / f < 1.0 \quad (9'')$$

【0068】

また、本実施形態の撮像光学系は、以下の条件式(10)を満足するのが好ましい。

$$-1.5 < f_5 / f < -0.3 \quad (10)$$

但し、

f_5 は第5レンズの焦点距離、

f は撮像光学系全系の焦点距離、

である。

30

【0069】

条件式(10)は光学系の全長を短くしつつ、諸収差、特に倍率色収差を補正するのに好ましい条件である。条件式(10)を満足することで、光学系の全長を短くした上で、倍率色収差を良好に補正することができる。

【0070】

条件式(10)の上限値を上回ると、第5レンズの負の屈折力が弱くなってしまいう。この場合、主点の位置を光学系の物体側に位置させるのが困難になるため、光学系の全長の短縮が困難になってしまう。条件式(10)の下限値を下回ると、第5レンズの負の屈折力が強くなってしまいうので、第1レンズから第4レンズまでに発生した諸収差、特に倍率色収差の補正が困難になる。

40

【0071】

ここで、条件式(10)に代えて、以下の条件式(10')を満足するのが好ましい。

$$-0.9 < f_5 / f < -0.5 \quad (10')$$

また、条件式(10)に代えて、以下の条件式(10'')を満足するのがより好ましい。

$$-0.8 < f_5 / f < -0.6 \quad (10'')$$

【0072】

また、本実施形態の撮像光学系では、第1レンズは両凸レンズであるのが好ましい。第1レンズの形状を両凸形状にすることにより、コマ収差の発生が小さくなり、かつ光学系

50

全長の短縮化が可能になる。

【0073】

また、本実施形態の撮像光学系では、第2レンズは物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであるのが好ましい。第2レンズの形状を物体側に凸面を向けたメニスカス形状にすることにより、色収差を良好に補正でき、かつコマ収差、像面湾曲といった軸外収差を良好に補正できる。

【0074】

また、本実施形態の撮像光学系では、第4レンズは物体側に凹面を向けたメニスカスレンズであり、物体側面の形状は中心部から周辺部にかけて凹面形状であるのが好ましい。第4レンズの形状を物体側に凹面を向けたメニスカス形状にすることによって、コマ収差の発生を小さく抑えることができる。

10

【0075】

また、本実施形態の撮像装置は、上記の撮像光学系と撮像素子を備えることが好ましい。比較的小さいFナンバーの光学系でありながら、光学系の全長を短く、レンズ径を小さく保ち、諸収差、特にコマ収差が良好に補正された撮像光学系を用いた撮像装置を実現できる。

【0076】

また、本実施形態の撮像装置は、撮像光学系と撮像素子が一体化していることが好ましい。撮像光学系と撮像素子を一体化させることで、撮像光学系による光学像を電気信号化することができる。また、画像中央部と周辺部で画像の明るさの変化を軽減できる電子撮像素子を選択することで、小型且つ高性能な撮像装置を提供できる。

20

【0077】

また、本実施形態の撮像装置は、撮像光学系がオートフォーカス機構と一体化していることが好ましい。オートフォーカス機構を一体化させることで、あらゆる被写体距離において、合焦することができる。

【0078】

以下に、撮像光学系及び撮像装置の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。また、屈折力の正負は、近軸曲率半径に基づく。また、絞り（実施例では開口絞り）は最も物体側に位置している。ただし、上述のように、絞りは第1レンズの像側面よりも物体側、より具体的には、第1レンズの物体側面と像側面の間に位置している。このような絞りの位置も、「最も物体側に絞りを配置する」に含まれるものとする。

30

【0079】

次に、実施例1にかかる撮像光学系について説明する。図1は実施例1にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【0080】

図2は実施例1にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時における球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）、倍率色収差（CC）を示す図である。また、FIYは像高を示している。なお、収差図における記号は、後述の実施例においても共通である。

40

【0081】

実施例1の撮像光学系は、図1に示すように、物体側より順に、開口絞りSと、正屈折力の第1レンズL1と、負屈折力の第2レンズL2と、正屈折力の第3レンズL3と、正屈折力の第4レンズL4と、負屈折力の第5レンズL5を有している。なお、以下全ての実施例においてレンズ断面中、CGはカバーガラス、Iは撮像素子の撮像面を示している。

【0082】

第1レンズL1は両凸正レンズである。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る。第3レンズL3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズである。第4レンズL4は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズである。第5レンズL

50

5 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである。

【0083】

非球面は、第1レンズL1～第5レンズL5の全てのレンズの両面に設けられている。

【0084】

次に、実施例2にかかる撮像光学系について説明する。図3は実施例2にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【0085】

図4は実施例2にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す図である。

【0086】

実施例2の撮像光学系は、図3に示すように、物体側より順に、開口絞りSと、正屈折力の第1レンズL1と、負屈折力の第2レンズL2と、正屈折力の第3レンズL3と、正屈折力の第4レンズL4と、負屈折力の第5レンズL5を有している。

【0087】

第1レンズL1は両凸正レンズである。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る。第3レンズL3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズである。第4レンズL4は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズである。第5レンズL5は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである。

【0088】

非球面は、第1レンズL1～第5レンズL5の全てのレンズの両面に設けられている。

【0089】

次に、実施例3にかかる撮像光学系について説明する。図5は実施例3にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【0090】

図6は実施例3にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す図である。

【0091】

実施例3の撮像光学系は、図5に示すように、物体側より順に、開口絞りSと、正屈折力の第1レンズL1と、負屈折力の第2レンズL2と、正屈折力の第3レンズL3と、正屈折力の第4レンズL4と、負屈折力の第5レンズL5を有している。

【0092】

第1レンズL1は両凸正レンズである。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る。第3レンズL3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズである。第4レンズL4は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズである。第5レンズL5は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである。

【0093】

非球面は、第1レンズL1～第5レンズL5の全てのレンズの両面に設けられている。

【0094】

次に、実施例4にかかる撮像光学系について説明する。図7は実施例4にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【0095】

図8は実施例4にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す図である。

【0096】

実施例4の撮像光学系は、図7に示すように、物体側より順に、開口絞りSと、正屈折力の第1レンズL1と、負屈折力の第2レンズL2と、正屈折力の第3レンズL3と、正屈折力の第4レンズL4と、負屈折力の第5レンズL5を有している。

【0097】

第1レンズL1は両凸正レンズである。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る。第3レンズL3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズで

10

20

30

40

50

ある。第４レンズＬ４は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズである。第５レンズＬ５は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである。

【００９８】

非球面は、第１レンズＬ１～第５レンズＬ５の全てのレンズの両面に設けられている。

【００９９】

次に、実施例５にかかる撮像光学系について説明する。図９は実施例５にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【０１００】

図１０は実施例５にかかる撮像光学系の無限遠物点合焦時における球面収差（ＳＡ）、非点収差（ＡＳ）、歪曲収差（ＤＴ）、倍率色収差（ＣＣ）を示す図である。

10

【０１０１】

実施例５の撮像光学系は、図９に示すように、物体側より順に、開口絞りＳと、正屈折力の第１レンズＬ１と、負屈折力の第２レンズＬ２と、正屈折力の第３レンズＬ３と、正屈折力の第４レンズＬ４と、負屈折力の第５レンズＬ５を有している。

【０１０２】

第１レンズＬ１は両凸正レンズである。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る。第３レンズＬ３は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズである。第４レンズＬ４は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズである。第５レンズＬ５は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズである。

【０１０３】

20

非球面は、第１レンズＬ１～第５レンズＬ５の全てのレンの両面に設けられている。

【０１０４】

次に、上記各実施例の撮像光学系を構成する光学部材の数値データを掲げる。なお、各実施例の数値データにおいて、 r_1 、 r_2 、...は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 、...は各レンズの肉厚または空気間隔、 nd_1 、 nd_2 、...は各レンズのｄ線での屈折率、 d_1 、 d_2 、...は各レンズのアッペ数、 $Fno.$ はＦナンバー、 f は全系焦点距離、*印は非球面を示している。

【０１０５】

また、非球面形状は、光軸方向を z 、光軸に直交する方向を y にとり、円錐係数を K 、非球面係数を A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} としたとき、次の式で表される。

30

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + K)(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

また、 e は１０のべき乗を表している。なお、これら諸元値の記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。

【０１０６】

数値実施例１

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d |
|-------|---------|------|---------|-------|
| 1(絞り) | | 0.00 | | |
| 2* | 1.899 | 0.58 | 1.53463 | 56.22 |
| 3* | -14.108 | 0.11 | | |
| 4* | 5.542 | 0.30 | 1.61417 | 25.64 |
| 5* | 1.608 | 0.26 | | |
| 6* | 3.352 | 0.44 | 1.53463 | 56.22 |
| 7* | 13.743 | 0.52 | | |
| 8* | -2.408 | 0.58 | 1.53463 | 56.22 |
| 9* | -0.976 | 0.28 | | |
| 10* | 7.126 | 0.49 | 1.53463 | 56.22 |

40

50

| | | | | |
|-----|-------|------|---------|-------|
| 11* | 1.124 | 0.64 | | |
| 12 | | 0.30 | 1.51633 | 64.14 |
| 13 | | 可変 | | |
| 像面 | | 0. | | |

非球面データ

第2面

$$K=-0.881$$

$$A4=1.12361e-02, A6=9.43523e-03, A8=1.63446e-03, A10=-9.07244e-03$$

第3面

$$K=-9.467$$

$$A4=-1.80144e-02, A6=1.30386e-01, A8=-1.72430e-01, A10=6.26790e-02$$

第4面

$$K=-111.241$$

$$A4=-9.47939e-02, A6=2.85846e-01, A8=-3.68682e-01, A10=1.54520e-01$$

第5面

$$K=-8.353$$

$$A4=1.25573e-03, A6=1.68775e-01, A8=-2.03500e-01, A10=7.82501e-02$$

$$A12=3.79830e-04$$

第6面

$$K=-34.149$$

$$A4=2.96394e-02, A6=-7.12671e-02, A8=8.63678e-02, A10=-2.96344e-02$$

第7面

$$K=-75.222$$

$$A4=-7.45335e-03, A6=-1.17206e-02, A8=-1.86648e-02, A10=1.51514e-02$$

第8面

$$K=-0.475$$

$$A4=-8.25793e-03, A6=3.60363e-02, A8=-1.56741e-02, A10=-4.83613e-03,$$

$$A12=9.31825e-04$$

第9面

$$K=-2.258$$

$$A4=-1.52094e-02, A6=-1.06658e-02, A8=2.63124e-02, A10=-5.33786e-03,$$

$$A12=-4.77232e-04$$

第10面

$$K=-578.778$$

$$A4=-4.00372e-02, A6=6.31511e-03, A8=4.42722e-04, A10=-1.48309e-04,$$

$$A12=7.78440e-06, A14=-1.91115e-09$$

第11面

$$K=-7.065$$

$$A4=-4.94843e-02, A6=1.19528e-02, A8=-2.45907e-03, A10=2.22435e-04,$$

$$A12=-5.53516e-06, A14=-1.13545e-07$$

各種データ

像高

2.9

fb (in air)

1.21

全長 (in air)

4.76

焦点距離

$$f=3.82$$

10

20

30

40

50

【 0 1 0 7 】

数値実施例 2

単位 mm

面 データ

| 面 番 号 | r | d | nd | d | |
|-------|---------|-------|---------|-------|----|
| 1(絞リ) | | -0.21 | | | |
| 2* | 2.466 | 0.82 | 1.53463 | 56.22 | |
| 3* | -17.844 | 0.13 | | | |
| 4* | 7.183 | 0.30 | 1.61417 | 25.64 | 10 |
| 5* | 2.175 | 0.46 | | | |
| 6* | 5.332 | 0.63 | 1.53463 | 56.22 | |
| 7* | 28.938 | 0.81 | | | |
| 8* | -2.856 | 0.64 | 1.53463 | 56.22 | |
| 9* | -1.315 | 0.26 | | | |
| 10* | 9.157 | 0.87 | 1.53463 | 56.22 | |
| 11* | 1.575 | 0.86 | | | |
| 12 | | 0.30 | 1.51633 | 64.14 | |
| 13 | | 0.47 | | | |
| 像 面 | | 0. | | | 20 |

非球面データ

第 2 面

K=-0.865

A4=4.98470e-03, A6=1.70004e-03, A8=-2.33550e-05, A10=-6.65461e-04

第 3 面

K=-74.210

A4=-6.69903e-03, A6=2.93033e-02, A8=-2.36324e-02, A10=4.79004e-03

第 4 面

K=-121.991

A4=-3.91275e-02, A6=6.97216e-02, A8=-4.85969e-02, A10=1.08383e-02

第 5 面

K=-8.352

A4=1.42166e-03, A6=4.17708e-02, A8=-2.61007e-02, A10=5.50884e-03

第 6 面

K=-45.007

A4=1.22715e-02, A6=-1.95254e-02, A8=9.76919e-03, A10=-1.50533e-03

第 7 面

K=-620.583

A4=-4.84435e-03, A6=-2.75959e-03, A8=-2.93339e-03, A10=7.95875e-04

第 8 面

K=0.084

A4=-7.53214e-03, A6=8.40059e-03, A8=-1.70900e-03, A10=-2.73910e-04,

A12=-4.70115e-05

第 9 面

K=-1.888

A4=-7.41935e-03, A6=-3.19839e-03, A8=3.26570e-03, A10=-4.51553e-04,

A12=-7.44909e-06

第 10 面

K=-367.084

10

20

30

40

50

A4=-1.66804e-02,A6=1.59274e-03,A8=4.94652e-05,A10=-1.48995e-05,
A12=-1.28361e-07,A14=2.97799e-08

第 1 1 面

K=-6.595

A4=-1.86693e-02,A6=2.62509e-03,A8=-2.99140e-04,A10=1.64284e-05,
A12=-3.17449e-07,A14=-7.92194e-09

各種データ

像高 3.8

fb (in air) 1.52

全長 (in air) 6.45

10

焦点距離

f=5.13

【 0 1 0 8 】

数値実施例 3

単位 mm

面データ

20

| 面番号 | r | d | nd | d |
|-------|---------|-------|---------|-------|
| 1(絞り) | | -0.21 | | |
| 2* | 2.467 | 0.76 | 1.53463 | 56.22 |
| 3* | -18.189 | 0.14 | | |
| 4* | 7.242 | 0.31 | 1.61417 | 25.64 |
| 5* | 2.179 | 0.47 | | |
| 6* | 5.215 | 0.60 | 1.53463 | 56.22 |
| 7* | 26.025 | 0.82 | | |
| 8* | -2.810 | 0.69 | 1.53463 | 56.22 |
| 9* | -1.305 | 0.24 | | |
| 10* | 7.730 | 0.89 | 1.53463 | 56.22 |
| 11* | 1.519 | 0.86 | | |
| 12 | | 0.30 | 1.51633 | 64.14 |
| 13 | | 0.49 | | |
| 像面 | | 0. | | |

30

非球面データ

第 2 面

K=-0.815

A4=5.45292e-03,A6=1.44720e-03,A8=6.89583e-05,A10=-5.42168e-04

40

第 3 面

K=-93.607

A4=-6.37568e-03,A6=2.95462e-02,A8=-2.32960e-02,A10=4.92034e-03

第 4 面

K=-116.116

A4=-3.87946e-02,A6=6.99601e-02,A8=-4.86438e-02,A10=1.09437e-02

第 5 面

K=-8.295

A4=1.93077e-03,A6=4.17066e-02,A8=-2.63609e-02,A10=5.54659e-03

第 6 面

50

K=-45.445

A4=1.22938e-02, A6=-1.94574e-02, A8=9.77219e-03, A10=-1.49434e-03

第 7 面

K=-661.852

A4=-4.70020e-03, A6=-2.60080e-03, A8=-2.84935e-03, A10=8.45016e-04

第 8 面

K=0.054

A4=-7.50810e-03, A6=8.58817e-03, A8=-1.65161e-03, A10=-2.51153e-04,
A12=-3.83267e-05

第 9 面

K=-1.883

A4=-8.16929e-03, A6=-3.29436e-03, A8=3.27140e-03, A10=-4.47868e-04,
A12=-4.63228e-06

第 10 面

K=-232.895

A4=-1.64616e-02, A6=1.62192e-03, A8=5.08558e-05, A10=-1.64509e-05,
A12=-3.29742e-07, A14=6.89537e-08

第 11 面

K=-6.364

A4=-1.93238e-02, A6=2.69864e-03, A8=-3.00378e-04, A10=1.63198e-05,
A12=-3.42117e-07, A14=-7.20261e-09

各種データ

像高 3.9

fb (in air) 1.55

全長 (in air) 6.47

焦点距離

f=5.11

【 0 1 0 9 】

数値実施例 4

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d |
|--------|---------|-------|---------|-------|
| 1 (絞り) | | -0.18 | | |
| 2* | 2.741 | 0.52 | 1.53463 | 56.22 |
| 3* | -14.448 | 0.20 | | |
| 4* | 4.952 | 0.30 | 1.61417 | 25.64 |
| 5* | 1.812 | 0.25 | | |
| 6* | 4.282 | 0.59 | 1.53463 | 56.22 |
| 7* | 500.000 | 0.84 | | |
| 8* | -2.262 | 0.70 | 1.53463 | 56.22 |
| 9* | -1.153 | 0.37 | | |
| 10* | 5.007 | 0.61 | 1.53463 | 56.22 |
| 11* | 1.320 | 0.75 | | |
| 12 | | 0.30 | 1.51633 | 64.14 |
| 13 | | 0.80 | | |

10

20

30

40

50

像面

0.

非球面データ

第2面

K=-1.279

A4=-1.79037e-03, A6=-8.03611e-04, A8=1.02410e-03

第3面

K=-6.609

A4=-1.57927e-02, A6=5.05025e-02, A8=-4.07441e-02, A10=1.26222e-02

第4面

K=-64.772

A4=-6.44405e-02, A6=1.49442e-01, A8=-1.18136e-01, A10=3.30511e-02

第5面

K=-8.807

A4=-5.75049e-03, A6=7.65993e-02, A8=-5.89296e-02, A10=1.36525e-02

第6面

K=-44.123

A4=3.34671e-02, A6=-4.13955e-02, A8=3.10495e-02, A10=-5.81840e-03,
A12=-6.08447e-04

第7面

K=-531.932

A4=5.34756e-03, A6=2.51172e-03, A8=-1.41412e-02, A10=6.90857e-03,
A12=-3.90127e-04

第8面

K=-0.220

A4=-1.30213e-02, A6=2.01165e-02, A8=-3.29704e-03, A10=-2.85694e-04,
A12=-3.91144e-04, A14=8.96023e-05

第9面

K=-1.592

A4=1.24602e-03, A6=-1.09644e-02, A8=7.49208e-03, A10=-1.93250e-04,
A12=-2.67655e-04, A14=1.30913e-05

第10面

K=-103.807

A4=-2.01088e-02, A6=1.88936e-03, A8=2.03766e-04, A10=-3.98138e-05,
A12=2.01700e-06, A14=-2.88183e-08

第11面

K=-5.909

A4=-2.77692e-02, A6=4.79349e-03, A8=-6.73609e-04, A10=5.54594e-05,
A12=-2.17374e-06, A14=2.81129e-08

各種データ

像高 3.9

fb (in air) 1.75

全長 (in air) 6.13

焦点距離

f=4.88

【0 1 1 0】

数値実施例5

単位 mm

面データ

| 面番号 | r | d | nd | d |
|-------|---------|-------|---------|-------|
| 1(絞り) | | -0.31 | | |
| 2* | 1.780 | 0.62 | 1.53463 | 56.22 |
| 3* | -19.519 | 0.10 | | |
| 4* | 9.592 | 0.30 | 1.61417 | 25.64 |
| 5* | 1.880 | 0.28 | | |
| 6* | 3.592 | 0.43 | 1.53463 | 56.22 |
| 7* | 10.750 | 0.49 | | |
| 8* | -2.305 | 0.63 | 1.53463 | 56.22 |
| 9* | -0.949 | 0.27 | | |
| 10* | 5.894 | 0.43 | 1.53463 | 56.22 |
| 11* | 1.097 | 0.62 | | |
| 12 | | 0.30 | 1.51633 | 64.14 |
| 13 | | 0.47 | | |
| 像面 | | 0. | | |

10

非球面データ

20

第2面

K=-0.947

A4=1.73926e-02, A6=1.73904e-02, A8=-4.66447e-03

第3面

K=0.076

A4=-1.11541e-02, A6=1.72217e-01, A8=-2.32228e-01, A10=8.61042e-02

第4面

K=-34.106

A4=-1.02241e-01, A6=3.53432e-01, A8=-4.68458e-01, A10=1.88533e-01

第5面

30

K=-8.046

A4=-6.98161e-04, A6=2.11680e-01, A8=-2.73586e-01, A10=1.15204e-01

第6面

K=-37.662

A4=2.04232e-02, A6=-9.25024e-02, A8=8.94440e-02, A10=-3.01788e-02

第7面

K=-94.854

A4=-8.84589e-03, A6=-1.83717e-02, A8=-2.34008e-02, A10=1.35782e-02

第8面

40

K=-0.651

A4=-4.37690e-03, A6=3.74029e-02, A8=-1.63020e-02, A10=-9.45924e-03,
A12=2.37869e-03

第9面

K=-2.207

A4=-6.80801e-03, A6=-2.32755e-02, A8=3.07158e-02, A10=-7.09722e-03,
A12=-2.22422e-04

第10面

K=-508.945

A4=-3.78877e-02, A6=1.19698e-03, A8=1.02665e-03, A10=-1.62292e-04,
A12=5.03180e-06

50

第 1 1 面

K=-7.412

A4=-4.98596e-02, A6=1.19625e-02, A8=-3.04503e-03, A10=3.63173e-04,
A12=-1.93274e-05

各種データ

像高 2.9
fb (in air) 1.28
全長 (in air) 4.82

焦点距離

f=3.88

【 0 1 1 1 】

各実施例の条件式対応値を以下に示す。

| [条件式] | 実施例 1 | 実施例 2 | 実施例 3 | 実施例 4 | 実施例 5 |
|-----------------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| $(r6+r7)/(r6-r7)$ | -1.65 | -1.45 | -1.50 | -1.02 | -2.00 |
| R9 / d9 | -3.51 | -4.98 | -5.39 | -3.12 | -3.51 |
| r3 / f1 | -4.47 | -4.36 | -4.44 | -3.33 | -6.36 |
| r7 / f | 3.60 | 5.65 | 5.10 | 102.52 | 2.77 |
| r6 / f | 0.88 | 1.04 | 1.02 | 0.88 | 0.93 |
| f3 / f4 | 3.04 | 3.04 | 3.08 | 2.24 | 3.81 |
| $(r10+r11)/(r10-r11)$ | 1.37 | 1.42 | 1.49 | 1.72 | 1.46 |
| f1 / f | 0.83 | 0.80 | 0.80 | 0.89 | 0.79 |
| f5 / f | -0.67 | -0.72 | -0.73 | -0.73 | -0.67 |
| L5edmax/SDIA | 2.74 | 2.60 | 2.64 | 3.26 | 2.42 |

【 0 1 1 2 】

さて、以上のような本発明の結像（撮像）光学系は、物体の像を CCD や CMOS などの電子撮像素子で撮影する撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、携帯端末、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【 0 1 1 3 】

図 1 1 ~ 図 1 3 に本発明による結像光学系をデジタルカメラの撮影光学系 4 1 に組み込んだ構成の概念図を示す。図 1 1 はデジタルカメラ 4 0 の外観を示す前方斜視図、図 1 2 は同後方斜視図、図 1 3 はデジタルカメラ 4 0 の光学構成を示す断面図である。

【 0 1 1 4 】

デジタルカメラ 4 0 は、この例の場合、撮影用光路 4 2 を有する撮影光学系 4 1、ファインダー用光路 4 4 を有するファインダー光学系 4 3、シャッター 4 5、フラッシュ 4 6、液晶表示モニター 4 7 等を含む。そして、撮影者が、カメラ 4 0 の上部に配置されたシャッター 4 5 を押圧すると、それに連動して撮影光学系 4 1、例えば実施例 1 の撮像光学系 4 8 を通して撮影が行われる。

【 0 1 1 5 】

撮影光学系 4 1 によって形成された物体像は、CCD 4 9 の撮像面上に形成される。この CCD 4 9 で受光された物体像は、画像処理手段 5 1 を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター 4 7 に表示される。また、この画像処理手段 5 1 にはメモリ等が配置され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、このメモリは画像処理手段 5 1 と別体に設けてもよいし、フレキシブルディスクやメモリーカード、MO 等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。

【 0 1 1 6 】

さらに、ファインダー用光路 4 4 上には、ファインダー用対物光学系 5 3 が配置されている。このファインダー用対物光学系 5 3 は、カバーレンズ 5 4、第 1 プリズム 1 0、開口絞り 2、第 2 プリズム 2 0、フォーカス用レンズ 6 6 からなる。このファインダー用対物光学系 5 3 によって、結像面 6 7 上に物体像が形成される。この物体像は、像正立部材であるポロプリズム 5 5 の視野枠 5 7 上に形成される。このポロプリズム 5 5 の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球 E に導く接眼光学系 5 9 が配置されている。

【 0 1 1 7 】

このように構成されたデジタルカメラ 4 0 によれば、撮影光学系 4 1 の構成枚数を少なくした小型化・薄型化の撮像光学系を有する電子撮像装置が実現できる。なお、本発明は

10

、上述した沈胴式のデジタルカメラに限られず、屈曲光学系を採用する折り曲げ式のデジタルカメラにも適用できる。

また、撮影光学系 4 1 に一体化されたオートフォーカス機構 5 0 0 を備えている。オートフォーカス機構 5 0 0 を搭載することによって、あらゆる被写体距離において合焦することができる。

【 0 1 1 8 】

また、撮影光学系 4 1 と電子撮像素子チップ（電子撮像素子）とを一体化したことが望ましい。

電子撮像素子を一体化することで、撮像光学系による光学像を電気信号化することができる。また、画像中央部と周辺部で画像の明るさの変化を軽減できる電子撮像素子を選択し

20

【 0 1 1 9 】

次に、本発明の撮像光学系が対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコンを図 1 4 ~ 図 1 6 に示す。図 1 4 はパソコン 3 0 0 のカバーを開いた状態の前方斜視図、図 1 5 はパソコン 3 0 0 の撮影光学系 3 0 3 の断面図、図 1 6 は図 1 4 の側面図である。図 1 4 ~ 図 1 6 に示されるように、パソコン 3 0 0 は、キーボード 3 0 1 と、情報処理手段や記録手段と、モニター 3 0 2 と、撮影光学系 3 0 3 とを有している。

【 0 1 2 0 】

ここで、キーボード 3 0 1 は、外部から操作者が情報を入力するためのものである。情報処理手段や記録手段は、図示を省略している。モニター 3 0 2 は、情報を操作者に表示するためのものである。撮影光学系 3 0 3 は、操作者自身や周辺の像を撮影するためのものである。モニター 3 0 2 は、液晶表示素子や C R T ディスプレイ等であってよい。液晶表示素子としては、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子がある。また、図中、撮影光学系 3 0 3 は、モニター 3 0 2 の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター 3 0 2 の周囲や、キーボード 3 0 1 の周囲のどこであってよい。

30

【 0 1 2 1 】

この撮影光学系 3 0 3 は、撮影光路 3 0 4 上に、例えば実施例 1 の撮像光学系からなる対物光学系 1 0 0 と、像を受光する電子撮像素子チップ 1 6 2 とを有している。これらは

40

【 0 1 2 2 】

鏡枠の先端には、対物光学系 1 0 0 を保護するためのカバーガラス 1 0 2 が配置されている。

電子撮像素子チップ 1 6 2 で受光された物体像は、端子 1 6 6 を介して、パソコン 3 0 0 の処理手段に入力される。そして、最終的に、物体像は電子画像としてモニター 3 0 2 に表示される、図 1 4 には、その一例として、操作者が撮影した画像 3 0 5 が示されている。また、この画像 3 0 5 は、処理手段を介し、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。遠隔地への画像伝達は、インターネットや電話を利用する。

また、対物光学系 1 0 0（撮像光学系）に一体化されたオートフォーカス機構 5 0 0 を備えている。オートフォーカス機構 5 0 0 を搭載することによって、あらゆる被写体距離

50

において合焦することができる。

【 0 1 2 3 】

また、対物光学系 1 0 0 (撮像光学系) と電子撮像素子チップ 1 6 2 (電子撮像素子) とを一体化したことが望ましい。

電子撮像素子を一体化することで、撮像光学系による光学像を電気信号化することができる。また、画像中央部と周辺部で画像の明るさの変化を軽減できる電子撮像素子を選択し、小型且つ高性能なパソコン (撮像装置) を提供できる。

【 0 1 2 4 】

次に、本発明の撮像光学系が撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話を図 1 7 に示す。図 1 7 (a) は携帯電話 4 0 0 の正面図、図 1 7 (b) は側面図、図 1 7 (c) は撮影光学系 4 0 5 の断面図である。図 1 7 (a) ~ (c) に示されるように、携帯電話 4 0 0 は、マイク部 4 0 1 と、スピーカ部 4 0 2 と、入力ダイヤル 4 0 3 と、モニター 4 0 4 と、撮影光学系 4 0 5 と、アンテナ 4 0 6 と、処理手段とを有している。

【 0 1 2 5 】

ここで、マイク部 4 0 1 は、操作者の声を情報として入力するためのものである。スピーカ部 4 0 2 は、通話相手の声を出力するためのものである。入力ダイヤル 4 0 3 は、操作者が情報を入力するためのものである。モニター 4 0 4 は、操作者自身や通話相手等の撮映像や、電話番号等の情報を表示するためのものである。アンテナ 4 0 6 は、通信電波の送信と受信を行うためのものである。処理手段 (不図示) は、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行うためのものである。

【 0 1 2 6 】

ここで、モニター 4 0 4 は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置、特にこれらに限られない。この撮影光学系 4 0 5 は、撮影光路 4 0 7 上に配された対物光学系 1 0 0 と、物体像を受光する電子撮像素子チップ 1 6 2 とを有している。対物光学系 1 0 0 としては、例えば実施例 1 の撮像光学系が用いられる。これらは、携帯電話 4 0 0 に内蔵されている。

【 0 1 2 7 】

鏡枠の先端には、対物光学系 1 0 0 を保護するためのカバーガラス 1 0 2 が配置されている。

電子撮像素子チップ 1 6 2 で受光された物体像は、端子 1 6 6 を介して、図示していない画像処理手段に入力される。そして、最終的に物体像は、電子画像としてモニター 4 0 4 に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、処理手段には信号処理機能が含まれている。通信相手に画像を送信する場合、この機能により、電子撮像素子チップ 1 6 2 で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する。

また、対物光学系 1 0 0 (撮像光学系) に一体化されたオートフォーカス機構 5 0 0 を備えている。オートフォーカス機構 5 0 0 を搭載することによって、あらゆる被写体距離において合焦することができる。

【 0 1 2 8 】

また、対物光学系 1 0 0 (撮像光学系) と電子撮像素子チップ 1 6 2 (電子撮像素子) とを一体化することが望ましい。

電子撮像素子を一体化することで、撮像光学系による光学像を電気信号化することができる。また、画像中央部と周辺部で画像の明るさの変化を軽減できる電子撮像素子を選択し、小型且つ高性能な携帯電話 (撮像装置) を提供できる。

【 0 1 2 9 】

なお、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で様々な変形例をとることができる。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 3 0 】

以上のように、本発明は、諸収差、特にコマ収差が良好に補正された撮像光学系、およびそれを用いた撮像装置に適している。

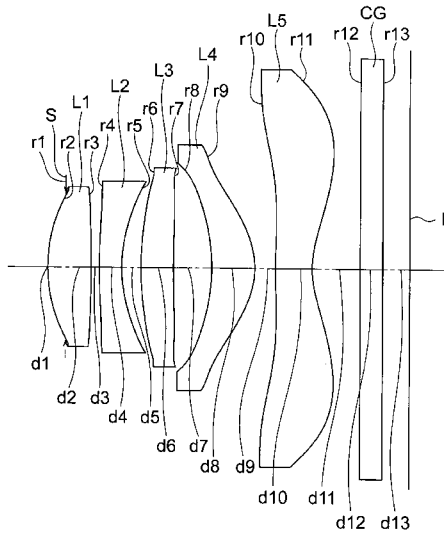
【符号の説明】

【0131】

| | | |
|-------|--------------|----|
| L 1 | 第 1 レンズ | |
| L 2 | 第 2 レンズ | |
| L 3 | 第 3 レンズ | |
| L 4 | 第 4 レンズ | |
| L 5 | 第 5 レンズ | |
| C G | カバーガラス | |
| I | 撮像面 | |
| S | 開口絞り | 10 |
| 4 0 | デジタルカメラ | |
| 4 1 | 撮影光学系 | |
| 4 2 | 撮影用光路 | |
| 4 3 | ファインダー光学系 | |
| 4 4 | ファインダー用光路 | |
| 4 5 | シャッター | |
| 4 6 | フラッシュ | |
| 4 7 | 液晶表示モニター | |
| 4 8 | レンズ | |
| 4 9 | C C D | 20 |
| 5 0 | 撮像面 | |
| 5 1 | 処理手段 | |
| 5 3 | ファインダー用対物光学系 | |
| 5 5 | ポロプリズム | |
| 5 7 | 視野枠 | |
| 5 9 | 接眼光学系 | |
| 6 6 | フォーカス用レンズ | |
| 6 7 | 結像面 | |
| 1 0 0 | 対物光学系 | |
| 1 0 2 | カバーガラス | 30 |
| 1 6 2 | 電子撮像素子チップ | |
| 1 6 6 | 端子 | |
| 3 0 0 | パソコン | |
| 3 0 1 | キーボード | |
| 3 0 2 | モニター | |
| 3 0 3 | 撮影光学系 | |
| 3 0 4 | 撮影光路 | |
| 3 0 5 | 画像 | |
| 4 0 0 | 携帯電話 | |
| 4 0 1 | マイク部 | 40 |
| 4 0 2 | スピーカ部 | |
| 4 0 3 | 入力ダイアル | |
| 4 0 4 | モニター | |
| 4 0 5 | 撮影光学系 | |
| 4 0 6 | アンテナ | |
| 4 0 7 | 撮影光路 | |
| 5 0 0 | オートフォーカス機構 | |

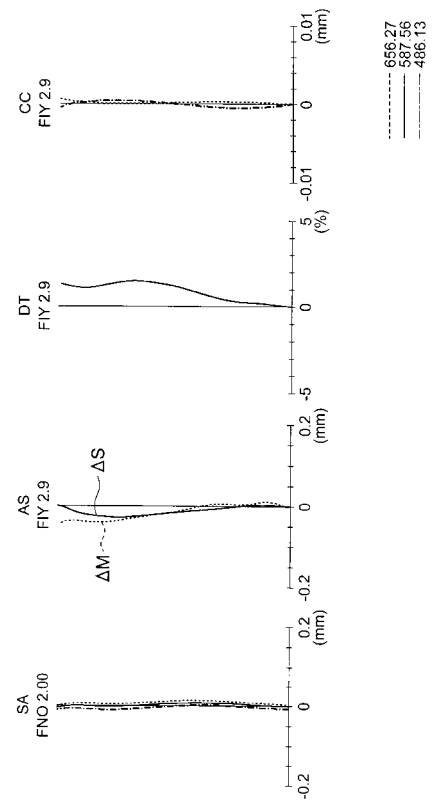
【図 1】

実施例1



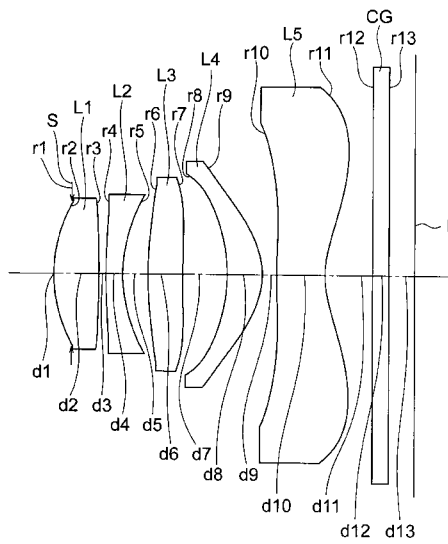
【図 2】

実施例1



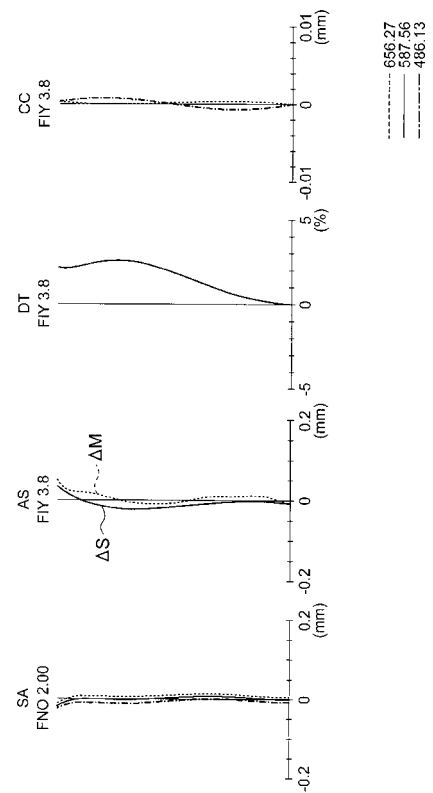
【図 3】

実施例2



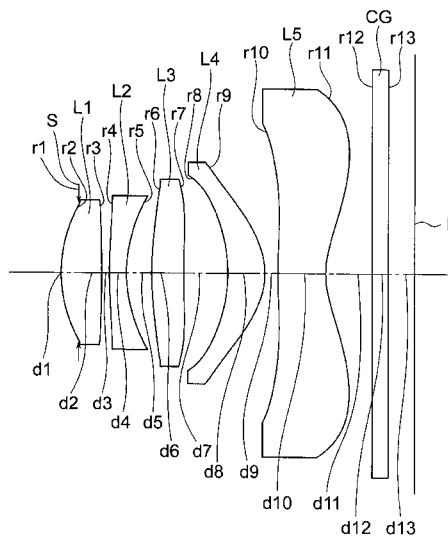
【図 4】

実施例2



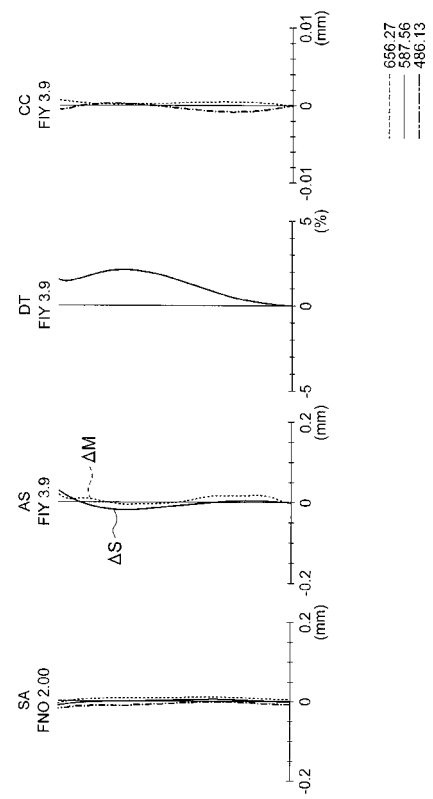
【図 5】

実施例3



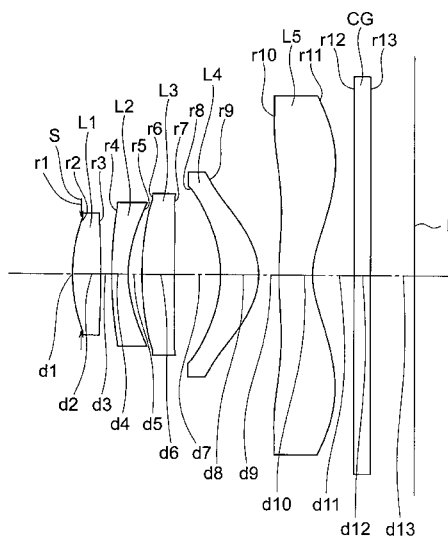
【図 6】

実施例3



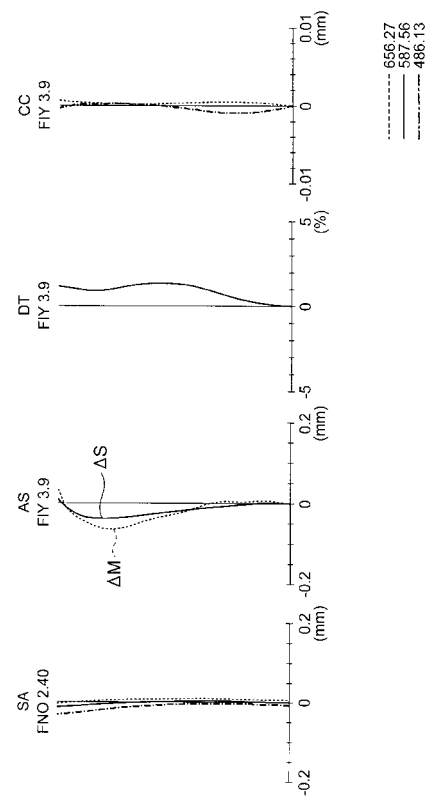
【図 7】

実施例4



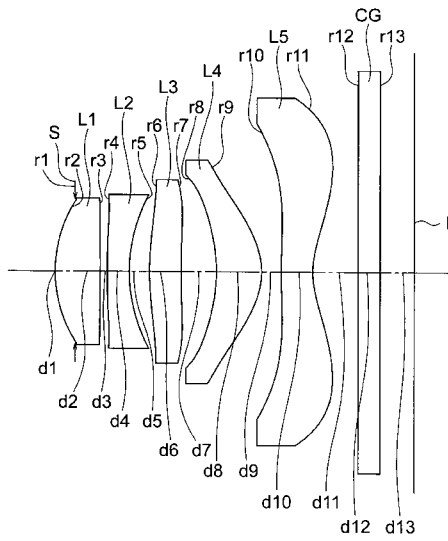
【図 8】

実施例4



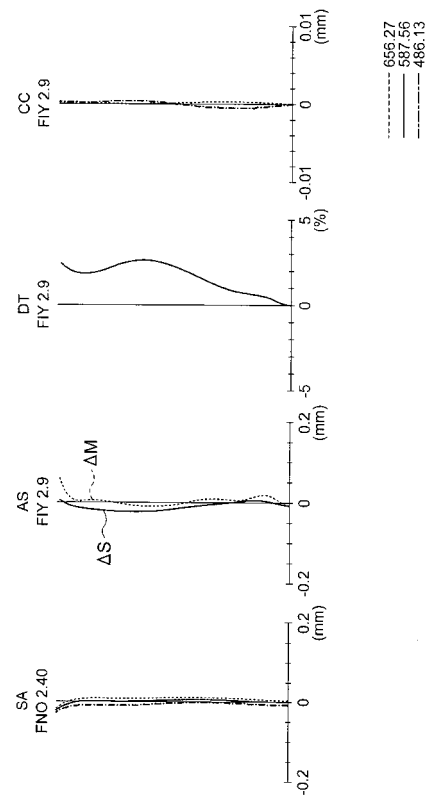
【図 9】

実施例5

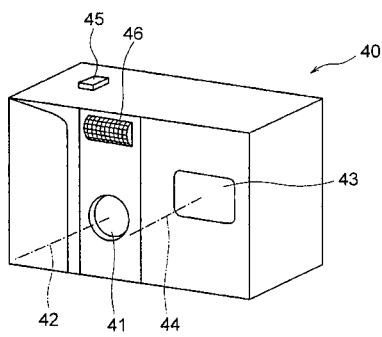


【図 10】

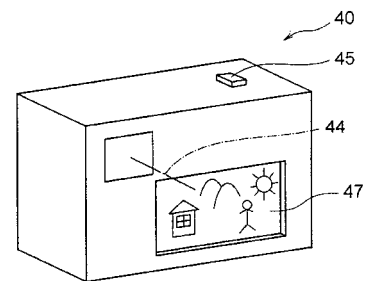
実施例5



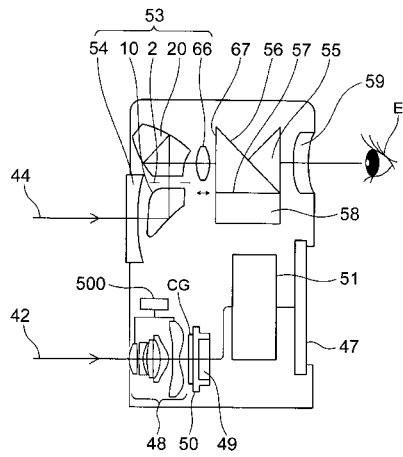
【図 11】



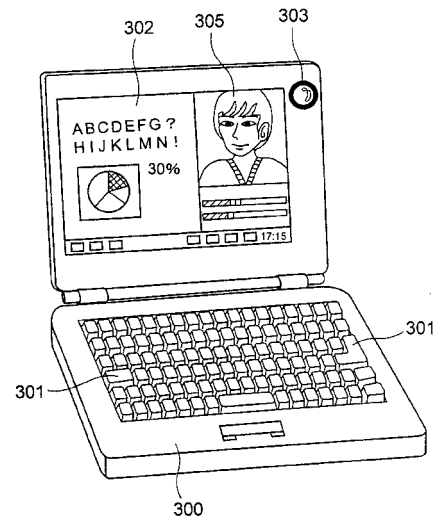
【図 12】



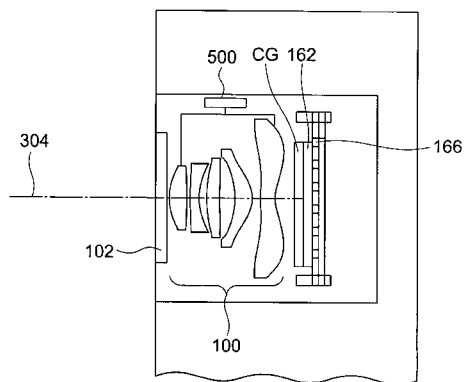
【図 13】



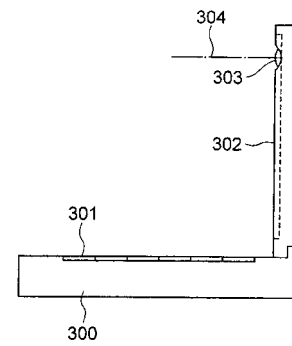
【図 14】



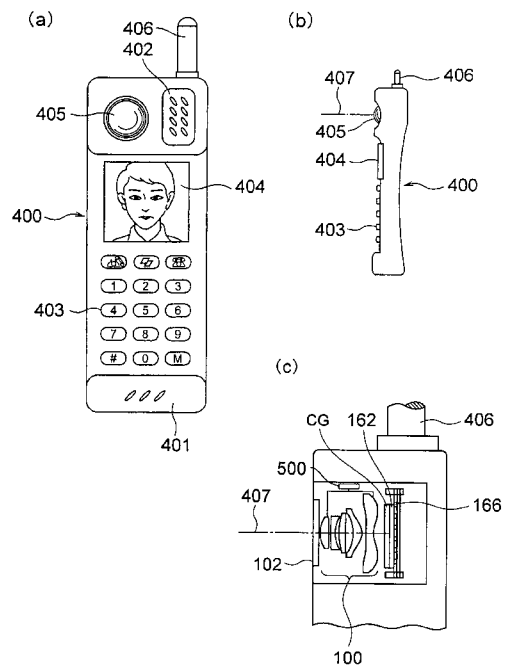
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA01 LA01 NA02 PA05 PA17 PB05 QA02 QA06 QA14 QA22
QA25 QA37 QA41 QA45 RA05 RA12 RA13 RA34 RA42