

(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.

G02B 13/00 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)

F 1

G02B 13/00
G02B 13/18

テーマコード(参考)

2 H 0 8 7

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)

(22) 出願日

平成23年3月29日 (2011.3.29)

(71) 出願人 000000376

オリンパス株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43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 延

(72) 発明者 内田 佳宏

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43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43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う。

【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。

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

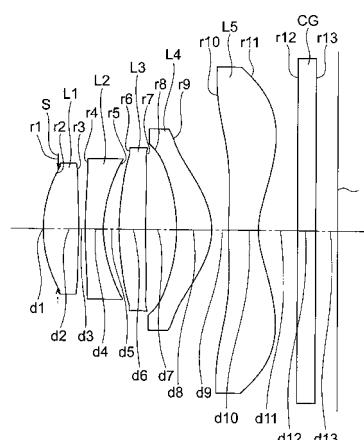
但し、

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。

【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、

10

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。

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

但し、

$L_{5\text{edmax}}$ 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、

20

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、

30

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。

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

40

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。

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

40

但し、

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。

【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。

【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 10 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。

【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。

【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

10

20

30

40

50

撮像装置。

【請求項 1 7】

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 1 5 または請求項 1 6 に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

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】

【0 0 0 2】

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）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特開 2007-264180 号公報

【特許文献 2】特開 2010-48996 号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

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う。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。

【0 0 0 5】

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。

30

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 6】

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、

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、

40

である。

【0 0 0 7】

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。

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

但し、

$L_{5 \text{ edmax}}$ は第 5 レンズの有効径、

s_t は絞りの径、

50

である。

【0008】

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。

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

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。

【0009】

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。

【0010】

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。

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

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。

【0011】

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。

【0012】

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。

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

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。

【0013】

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。

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

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。

【0014】

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。

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

但し、

r_{10} は第5レンズの物体側面の近軸曲率半径、

10

20

30

40

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。

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

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。

20

【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。

【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 (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 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 (S A)、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できる。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できる。

【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で、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。

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

但し、

$L_{5\text{edmax}}$ は第5レンズの有効径、

20

st は絞りの径、

である。

【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。

30

【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。

$$1.86 < L_{5\text{edmax}} / st < 4.24 \quad (2')$$

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。

$$2.20 < L_{5\text{edmax}} / st < 3.59 \quad (2'')$$

【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。

$$1.41 < L_{5\text{max}} / st < 6.72 \quad (2-1)$$

40

但し、

$L_{5\text{max}}$ は第5レンズの径、

st 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。

$$2.06 < L_5 \max / s_t < 4.44 \quad (2-1')$$

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。

$$2.40 < L_5 \max / s_t < 3.79 \quad (2-1")$$

【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。

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

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。

【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。

$$-7.0 < R_9 / d_9 < -2.4 \quad (3')$$

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。

$$-5.9 < R_9 / d_9 < -2.8 \quad (3")$$

【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。

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

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。

【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、

10

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。

20

【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。

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

30

【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、

30

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。

40

【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】

50

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、

10

である。

【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。

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

30

【0060】

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、

40

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。

【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つつつ、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

$$1.1 < (r10 + r11) / (r10 - r11) < 2.2 \quad (8')$$

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。

$$1.3 < (r10 + r11) / (r10 - r11) < 1.9 \quad (8")$$

【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。

$$0.4 < f1 / f < 1.8 \quad (9)$$

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】

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。

$$0.6 < f1 / f < 1.2 \quad (9')$$

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。

$$0.7 < f1 / f < 1.0 \quad (9")$$

20

【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。

$$-1.5 < f5 / f < -0.3 \quad (10)$$

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、

30

である。

【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。

$$-0.9 < f5 / f < -0.5 \quad (10')$$

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。

。

$$-0.8 < f5 / f < -0.6 \quad (10")$$

【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。

【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。

【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。

【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。

【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

10

20

30

40

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。

20

【0103】

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。

【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、r1、r2、…は各レンズ面の曲率半径、d1、d2、…は各レンズの肉厚または空気間隔、nd1、nd2、…は各レンズのd線での屈折率、d1、d2、…は各レンズのアッベ数、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。

20

【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A4、A6、A8、A10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		可变		
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(絞り)		-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

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 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	10
全長 (in air)	6.45	

焦点距離

f=5.13

【 0 1 0 8 】

数値実施例 3

単位 mm

面データ

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.		

20

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

50

第 6 面

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

10

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

20

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

30

【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		

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

$K = -5.909$

$A4 = -2.77692e-02, A6 = 4.79349e-03, A8 = -6.73609e-04, A10 = 5.54594e-05,$

$A12 = -2.17374e-06, A14 = 2.81129e-08$

10

20

30

40

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】

数值実施例 5

50

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	10
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.			

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

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

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

30

40

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

10

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	20
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 C C D や C M O S 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。

30

【 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。

30

【 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。

40

【 0 1 1 5 】

撮影光学系 4 1 によって形成された物体像は、C C D 4 9 の撮像面上に形成される。この C C D 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、M O 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。

50

【0116】

さらに、ファインダー用光路44上には、ファインダー用対物光学系53が配置されている。このファインダー用対物光学系53は、カバーレンズ54、第1プリズム10、開口絞り2、第2プリズム20、フォーカス用レンズ66からなる。このファインダー用対物光学系53によって、結像面67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55の視野枠57上に形成される。このポロプリズム55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59が配置されている。

【0117】

このように構成されたデジタルカメラ40によれば、撮影光学系41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、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。

10

また、撮影光学系41に一体化されたオートフォーカス機構500を備えている。オートフォーカス機構500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。

【0118】

また、撮影光学系41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。

20

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、小型且つ高性能なデジタルカメラ(撮像装置)を提供できる。

【0119】

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14～図16に示す。図14はパソコン300のカバーを開いた状態の前方斜視図、図15はパソコン300の撮影光学系303の断面図、図16は図14の側面図である。図14～図16に示されるように、パソコン300は、キーボード301と、情報処理手段や記録手段と、モニター302と、撮影光学系303とを有している。

【0120】

ここで、キーボード301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302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303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302は、液晶表示素子やCRT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303は、モニター302の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター302の周囲や、キーボード301の周囲のどこであってもよい。

30

【0121】

この撮影光学系303は、撮影光路304上に、例えば実施例1の撮像光学系からなる対物光学系100と、像を受光する電子撮像素子チップ162とを有している。これらはパソコン300に内蔵されている。

40

【0122】

鏡枠の先端には、対物光学系100を保護するためのカバーガラス102が配置されている。

電子撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、パソコン300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302に表示される、図14には、その一例として、操作者が撮影した画像305が示されている。また、この画像305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100(撮像光学系)に一体化されたオートフォーカス機構500を備えている。オートフォーカス機構500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。

【0123】

また、対物光学系100(撮像光学系)と電子撮像素子チップ162(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。

【0124】

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17に示す。図17(a)は携帯電話400の正面図、図17(b)は側面図、図17(c)は撮影光学系405の断面図である。図17(a)~(c)に示されるように、携帯電話400は、マイク部401と、スピーカ部402と、入力ダイアル403と、モニター404と、撮影光学系405と、アンテナ406と、処理手段とを有している。

10

【0125】

ここで、マイク部401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402は、通話相手の声を出力するためのものである。入力ダイアル403は、操作者が情報を入力するためのものである。モニター404は、操作者自身や通話相手等の撮影像や、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406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。

20

【0126】

ここで、モニター404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405は、撮影光路407上に配された対物光学系100と、物体像を受光する電子撮像素子チップ162とを有している。対物光学系100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400に内蔵されている。

30

【0127】

鏡枠の先端には、対物光学系100を保護するためのカバーガラス102が配置されている。

電子撮影素子チップ162で受光された物体像は、端子166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404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162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100(撮像光学系)に一体化されたオートフォーカス機構500を備えている。オートフォーカス機構500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。

【0128】

また、対物光学系100(撮像光学系)と電子撮像素子チップ162(電子撮像素子)とを一体化することが望ましい。

40

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。

【0129】

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】

【0130】

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。

50

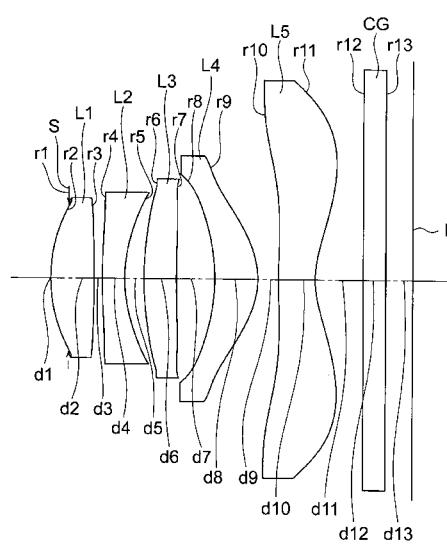
【符号の説明】

【0 1 3 1】

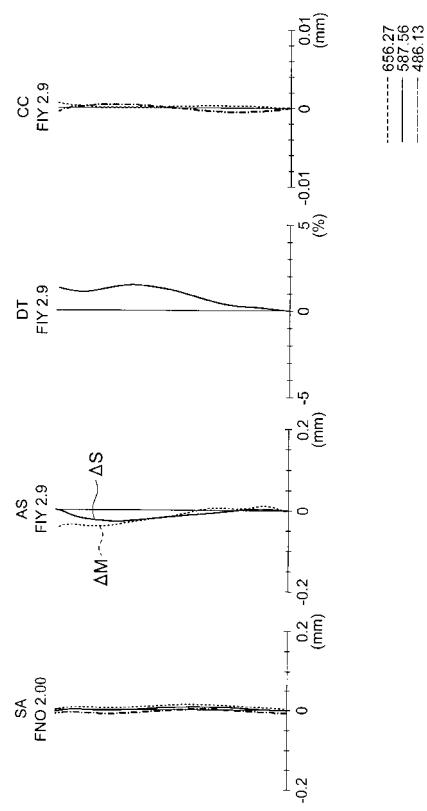
L 1	第1レンズ	
L 2	第2レンズ	
L 3	第3レンズ	
L 4	第4レンズ	
L 5	第5レンズ	
C G	カバーガラス	
I	撮像面	
S	開口絞り	10
4 0	デジタルカメラ	
4 1	撮影光学系	
4 2	撮影用光路	
4 3	ファインダー光学系	
4 4	ファインダー用光路	
4 5	シャッター	
4 6	フラッシュ	
4 7	液晶表示モニター	
4 8	レンズ	
4 9	C C D	20
5 0	撮像面	
5 1	処理手段	
5 3	ファインダー用対物光学系	
5 5	ポロプリズム	
5 7	視野枠	
5 9	接眼光学系	
6 6	フォーカス用レンズ	
6 7	結像面	
1 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

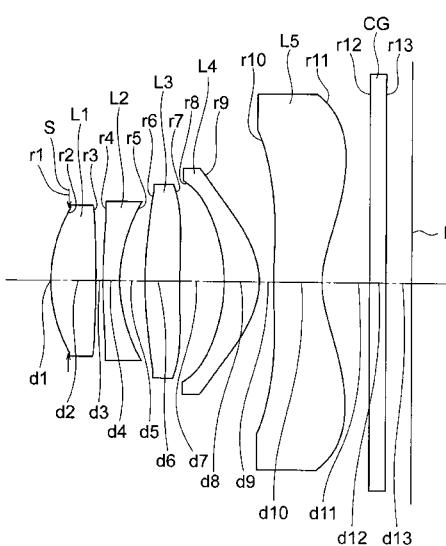


【図2】

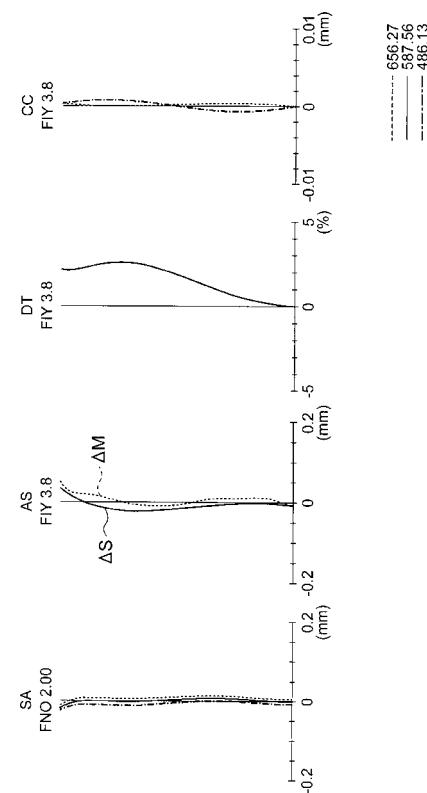


【図3】

実施例2

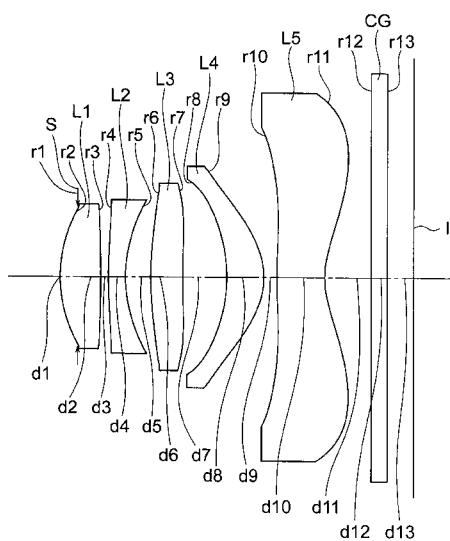


【図4】

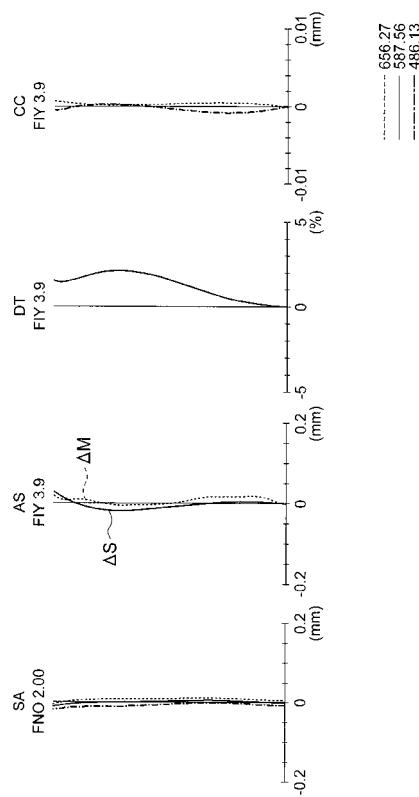


【図5】

実施例3

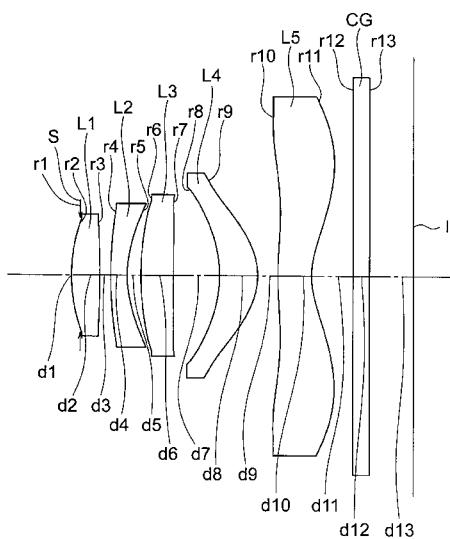


【図6】

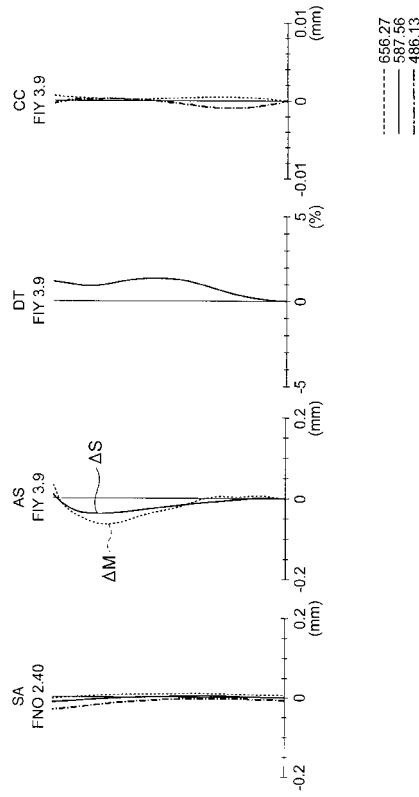


【図7】

実施例4



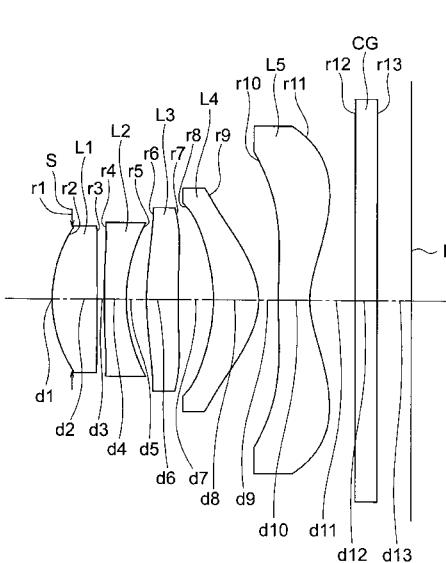
実施例3



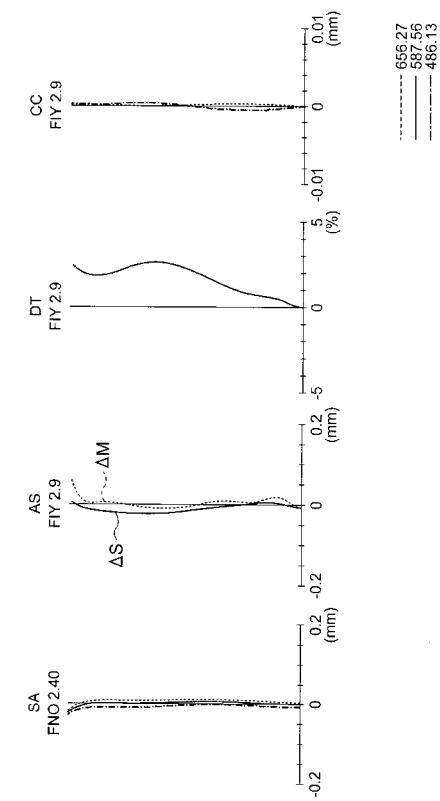
実施例4

【図 9】

実施例5

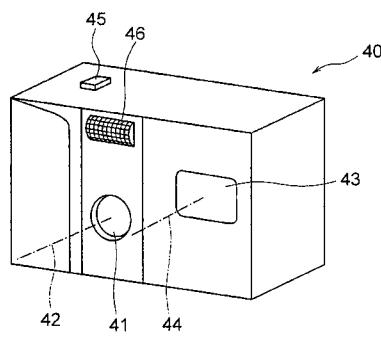


【図 10】

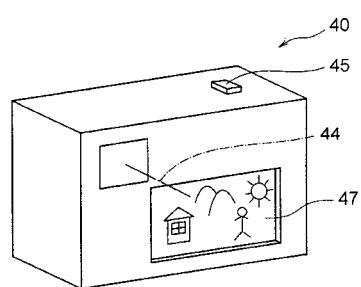


実施例5

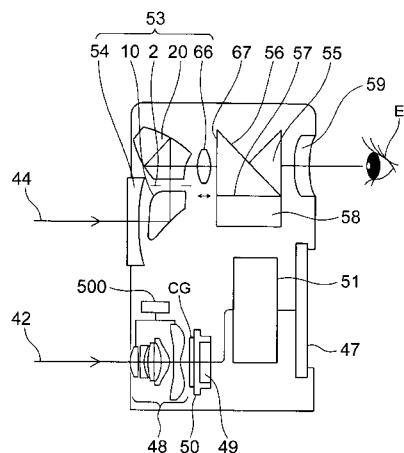
【図 11】



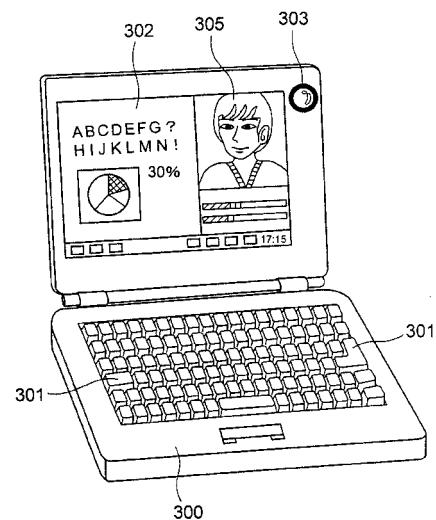
【図 12】



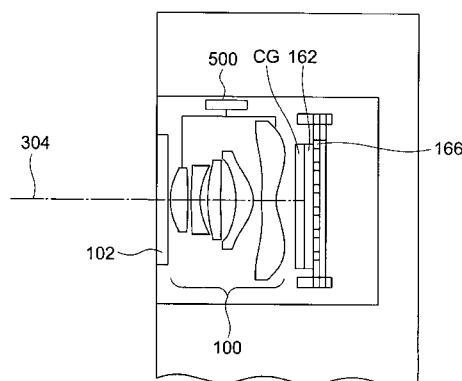
【図13】



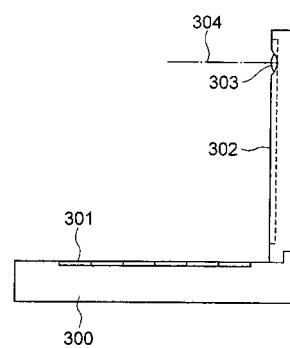
【図14】



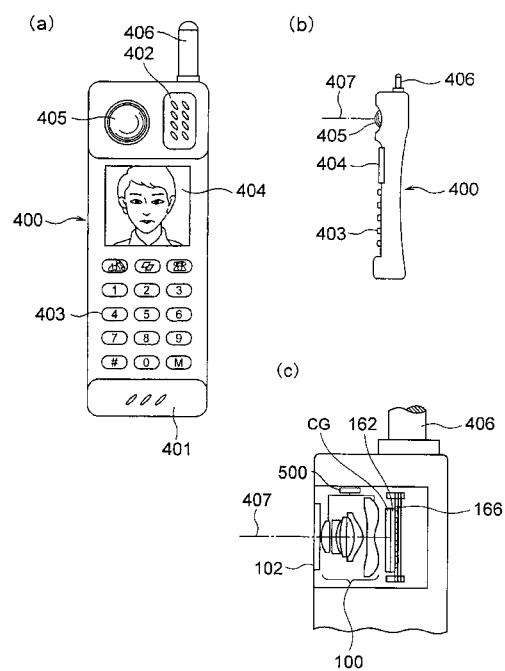
【図15】



【図16】



【図 1 7 】



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