

(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2010-26247

(P2010-26247A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

(51) Int.Cl.

G02B 15/20 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

F 1

G02B 15/20

G02B 13/18

テーマコード (参考)

2H087

審査請求 未請求 請求項の数 20 ○ L (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2008-187617 (P2008-187617)
 (22) 出願日 平成20年7月18日 (2008.7.18)

(71) 出願人 504371974
 オリンパスイメージング株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
 (74) 代理人 100123962
 弁理士 斎藤 圭介
 (72) 発明者 三原 伸一
 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 大橋 聖仁
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ
 リンパスイメージング株式会社内
 (72) 発明者 市川 啓介
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ
 リンパスイメージング株式会社内

最終頁に続く

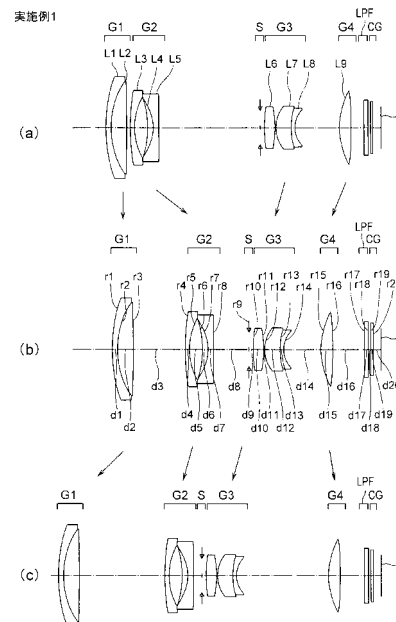
(54) 【発明の名称】 結像光学系及びそれを有する電子撮像装置

(57) 【要約】

【課題】薄型であることと高変倍比であることを両立させつつも、高変倍比化において特に厳しく求められる色収差を良好に行えるズーム光学系及びそれを有する電子撮像装置を提供すること。

【解決手段】 2枚の単レンズもしくは1つのレンズ成分からなり最も物体側にあるレンズ群Iと開口絞りとの間に、正レンズLA、負レンズLBが接合されたレンズ成分を含み、全体として負の屈折力であるレンズ群Aを有し、前記レンズ群Iと前記レンズ群Aとの光軸上の距離がズームングのために変動するズーム光学系であり、前記レンズ成分に非球面からなる接合面を有し、前記非球面の形状について、所定の式で表した場合、正レンズLAの空気接触面の形状及びその非球面成分などが条件式(3a)、(3b)を満足する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

最も物体側にあるレンズ群 I と、

開口絞りと、

前記レンズ群 I と前記開口絞りの間に配置され全体として負の屈折力を有するレンズ群 A を有し、

前記レンズ群 A は、正レンズ LA と負レンズ LB が接合された接合レンズ成分を含み、

前記レンズ群 I と前記レンズ群 A との光軸上の距離がズームングのために変動する結像光学系であり、

前記接合レンズ成分は非球面からなる接合面を有し、

10

光軸方向を z 、光軸に垂直な方向を h とする座標軸とし、 R を球面成分の光軸上における曲率半径、 k を円錐定数、 $A_4, A_6, A_8, A_{10} \dots$ を非球面係数として、非球面の形状を下記の式 (1) で表すと共に、

$$z = h^2 / R [1 + \{ 1 - (1 + k) h^2 / R^2 \}^{1/2}] + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} + \dots \quad \dots (1)$$

偏倚量を下記の式 (2) で表した場合、

$$\Delta z = z - h^2 / R [1 + \{ 1 - h^2 / R^2 \}^{1/2}] \quad \dots (2)$$

以下の条件式 (3a) または条件式 (3b) を満足することを特徴とする結像光学系。

$R_C \neq 0$ のとき

$$\Delta z_C (h) = (\Delta z_A (h) + \Delta z_B (h)) / 2 \quad \text{但し、} h = 2.5a \quad \dots (3a)$$

20

$R_C = 0$ のとき

$$\Delta z_C (h) = (\Delta z_A (h) + \Delta z_B (h)) / 2 \quad \text{但し、} h = 2.5a \quad \dots (3b)$$

ここで、

z_A は前記正レンズ LA の空気接触面の形状であって、式 (1) に従う形状、

z_B は前記負レンズ LB の空気接触面の形状であって、式 (1) に従う形状、

z_C は前記接合面の形状であって、式 (1) に従う形状、

Δz_A は前記正レンズ LA の空気接触面における偏倚量であって、式 (2) に従う量、

Δz_B は前記負レンズ LB の空気接触面における偏倚量であって、式 (2) に従う量、

Δz_C は前記接合面における偏倚量であって、式 (2) に従う量、

R_C は前記接合面の近軸曲率半径、

30

a は以下の条件式 (4) に従う量、

$$a = (y_{10})^2 \cdot \log_{10} Y / fw \quad \dots (4)$$

また、式 (4) において、

y_{10} は最大像高、

fw は前記結像光学系の広角端における全系の焦点距離

Y は前記結像光学系におけるズーム比 (望遠端での全系焦点距離 / 広角端での全系焦点距離)、

また、各面の面頂を原点とするため、常に $z(0) = 0$ である。

【請求項 2】

横軸を vd 、及び縦軸を θ_{gF} とする直交座標系において、

40

$$\theta_{gF} = \alpha \times vd + \beta \quad (\text{但し、} \alpha = -0.00163)$$

で表される直線を設定したときに、以下の条件式 (5) の範囲の下限值であるときの直線、及び上限値であるときの直線で定まる領域と、

以下の条件式 (6) で定まる領域との両方の領域に、前記正レンズ LA の θ_{gF} 及び vd が含まれることを特徴とする請求項 1 に記載の結像光学系。

$$0.6700 < \beta < 0.9000 \quad \dots (5)$$

$$3 < vd < 27 \quad \dots (6)$$

ここで、

θ_{gF} は前記正レンズ LA の部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、

vd は前記正レンズ LA のアッペ数 $(nd - 1) / (n_F - n_C)$ 、

50

n_d 、 n_C 、 n_F 、 n_g は各々、前記正レンズLAのd線、C線、F線、g線の屈折率を表す。

【請求項3】

前記直交座標とは別の、横軸を v_d 、及び縦軸を θ_{hg} とする直交座標系において、

$$\theta_{hg} = \alpha_{hg} \times v_d + \beta_{hg} \quad (\text{但し、} \alpha_{hg} = -0.00225)$$

で表される直線を設定したときに、以下の条件式(7)の範囲の下限値であるときの直線、及び上限値であるときの直線で定まる領域と、

以下の条件式(6)で定まる領域との両方の領域に、前記正レンズLAの θ_{hg} 及び v_d が含まれることを特徴とする請求項1または2に記載の結像光学系。

$$0.6350 < \beta_{hg} < 0.9500 \quad \dots (7)$$

$$3 < v_d < 27 \quad \dots (6)$$

ここで、 θ_{hg} は前記正レンズLAの部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ 、 n_h は前記レンズLAのh線の屈折率を表す。

【請求項4】

以下の条件式(8)を満足することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$0.07 \leq \theta_{gF}(LA) - \theta_{gF}(LB) \leq 0.50 \quad \dots (8)$$

ここで、

$\theta_{gF}(LA)$ は前記正レンズLAの部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、

$\theta_{gF}(LB)$ は前記負レンズLBの部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ である。

【請求項5】

以下の条件式(9)を満足することを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$0.10 \leq \theta_{hg}(LA) - \theta_{hg}(LB) \leq 0.60 \quad \dots (9)$$

ここで、

$\theta_{hg}(LA)$ は前記正レンズLAの部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ 、

$\theta_{hg}(LB)$ は前記負レンズLBの部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ である。

【請求項6】

以下の条件式(10)を満足することを特徴とする請求項4または5に記載の結像光学系。

$$v_d(LA) - v_d(LB) \leq 10 \quad \dots (10)$$

ここで、

$v_d(LA)$ は前記正レンズLAのアッベ数 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ 、

$v_d(LB)$ は前記負レンズLBのアッベ数 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ である。

【請求項7】

以下の条件式(11)を満足することを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$1.55 \leq n_d(LA) \leq 1.90 \quad \dots (11)$$

ここで、 $n_d(LA)$ は前記正レンズLAのd線に対する屈折率である。

【請求項8】

前記正レンズLAの材質はエネルギー硬化型樹脂であり、前記樹脂を前記負レンズLBの光学面へ接触後に硬化して前記レンズLAを形成する方式で前記接合レンズ成分を形成することを特徴とする請求項1～7のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項9】

前記レンズ群Aの最も物体側には負の屈折力からなる前記接合レンズ成分が配置され、その像側には少なくとも1枚の正レンズを配したことを特徴とする請求項1～8のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項10】

前記レンズ群Aの最も物体側には負の単レンズが配置され、

その像側に続いて前記接合レンズ成分を配置したことを特徴とする請求項1～8のい

10

20

30

40

50

れか一項に記載の結像光学系。

【請求項 1 1】

前記レンズ群 A の最も像側に負の屈折力からなる前記接合レンズ成分を配置したことを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項 1 2】

物体側から順に、前記レンズ群 I、前記レンズ群 A に続き、正の屈折力を有するレンズ群 G 3、正の屈折力を有するレンズ群 G 4 の 4 つのレンズ群からなる請求項 1 ~ 1 1 のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項 1 3】

物体側から順に、前記レンズ群 I、前記レンズ群 A に続き、負の屈折力を有するレンズ群 G 3、正の屈折力を有するレンズ群 G 4 の 4 つのレンズ群からなる請求項 1 ~ 1 1 のいずれか一項に記載の結像光学系。

10

【請求項 1 4】

物体側から順に、前記レンズ群 I、前記レンズ群 A に続き、正の屈折力を有するレンズ群 G 3、負の屈折力を有するレンズ群 G 4 の 4 つのレンズ群からなる請求項 1 ~ 1 1 のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項 1 5】

物体側から順に、前記レンズ群 I、前記レンズ群 A に続き、正の屈折力を有するレンズ群 G 3、正の屈折力を有するレンズ群 G 4、負の屈折力を有するレンズ群 G 5 の 5 つのレンズ群からなる請求項 1 ~ 1 1 のいずれか一項に記載の結像光学系。

20

【請求項 1 6】

物体側から順に、前記レンズ群 I、前記レンズ群 A に続き、正の屈折力を有するレンズ群 G 3、負の屈折力を有するレンズ群 G 4、正の屈折力を有するレンズ群 G 5 の 5 つのレンズ群からなる請求項 1 ~ 1 1 のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項 1 7】

物体側から順に、前記レンズ群 I、前記レンズ群 A に続き、正の屈折力を有するレンズ群 G 3、負の屈折力を有するレンズ群 G 4、正の屈折力を有するレンズ群 G 5 の 5 つのレンズ群からなる請求項 1 ~ 1 1 のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項 1 8】

物体側から順に、前記レンズ群 I、前記レンズ群 A に続き、正の屈折力を有するレンズ群 G 3、正の屈折力を有するレンズ群 G 4、正の屈折力を有するレンズ群 G 5 の 5 つのレンズ群からなる請求項 1 ~ 1 1 のいずれか一項に記載の結像光学系。

30

【請求項 1 9】

前記レンズ群 I に反射光学素子を有する請求項 1 ~ 1 8 のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項 2 0】

請求項 1 ~ 1 9 のいずれか一項に記載の結像光学系と、

電子撮像素子と、

前記結像光学系を通じて結像された像を前記電子撮像素子で撮像することによって得られた画像データを加工して前記像の形状を変化させた画像データとして出力する画像処理手段を有し、

40

前記結像光学系がズームレンズであり、

該ズームレンズが、無限遠物点合焦時に以下の条件式 (1 7) を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$0.70 < y_{07} / (f_w \cdot \tan \omega_{07w}) < 0.97 \quad \dots (17)$$

但し、 y_{07} は前記電子撮像素子の有効撮像面内 (撮像可能な面内) で中心から最も遠い点までの距離 (最大像高) を y_{10} としたとき $y_{07} = 0.7 y_{10}$ で表され、 ω_{07w} は広角端における前記撮像面上の中心から y_{07} の位置に結ぶ像点に対応する物点方向の光軸に対する角度、 f_w は広角端における前記結像光学系の全系の焦点距離である。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、特に電子撮像光学系に適した薄型でありながら高変倍比でかつ結像性能に優れた結像光学系（ズーム光学系）及び該結像光学系を有する電子撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

デジタルカメラは高画素数化（高画質化）や小型薄型化において実用レベルを達成し、機能的にも市場的にも銀塩35mmフィルムカメラにとって代わってしまった。そこで、次なる進化の方向の1つとして、そのままの小ささ薄さで高変倍比とともにさらなる高画素数化が強く求められている。

10

【0003】

これまで、高変倍に強いとして用いられてきたズーム光学系として、たとえば、特許文献1に開示された光学系がある。特許文献1では、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、負の屈折力を有する第4レンズ群、正の屈折力を有する第5レンズ群からなる、いわゆる正先行型ズーム光学系が開示されている。

【0004】

この光学系は、ズーム比が5乃至10、広角端におけるF値は2.4でありながら高い結像性能を有している。しかしながら、各レンズ群の光軸方向の厚みが大きい。そのため、沈胴式鏡筒を採用してもカメラ筐体を薄くすることは困難である。なお、沈胴式鏡筒とは、レンズ鏡筒ユニットをカメラ筐体の厚み（奥行き）方向に収納する方式の鏡筒のことである。

20

【0005】

また、特許文献2には、色収差を良好に補正しながらレンズ要素を薄くし、レンズ構成枚数を削減して薄型化を図った光学系が開示されている。このような光学系を実現するため、特許文献2では、従来のガラスにはない有効な分散特性あるいは部分分散特性を有する透明媒質を用いている。しかしながら、前記透明媒質を用いたレンズの形状や配置が必ずしも適切ではないため、十分に薄型化出来ていないと言え難い。

【0006】

30

【特許文献1】特開2003-255228号公報

【特許文献2】特開2006-145823号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上記従来の課題に鑑みてなされたものであり、薄型であることと高変倍比であることを両立させつつも、高変倍比化において特に厳しく求められる色収差を良好に行える結像光学系及びそれを有する電子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】

【0008】

40

上記の課題を解決するため、本発明の結像光学系は、最も物体側のレンズ群Iと、開口絞りと、前記レンズ群Iと前記開口絞りの間に配置され全体として負の屈折力を有するレンズ群Aを有し、前記レンズ群Aは、正レンズLAと負レンズLBが接合された接合レンズ成分を含み、前記レンズ群Iと前記レンズ群Aとの光軸上の距離がズームングを目的として変動する結像光学系であり、前記接合レンズ成分は非球面からなる接合面を有し、光軸方向をz、光軸に垂直な方向をhとする座標軸とし、Rを球面成分の光軸上における曲率半径、kを円錐定数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} ・・・を非球面係数として、非球面の形状を下記の式(1)で表すと共に、

$$z = h^2 / R \left[1 + \left\{ 1 - (1 + k) h^2 / R^2 \right\}^{1/2} \right] + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} + \dots \quad \dots (1)$$

50

偏倚量を下記の式(2)で表した場合、

$$\Delta z = z - h^2 / R [1 + \{ 1 - h^2 / R^2 \}^{1/2}] \quad \dots (2)$$

以下の条件式(3a)または条件式(3b)を満足することを特徴としている。

$R_C \neq 0$ のとき

$$\Delta z_C(h) = (\Delta z_A(h) + \Delta z_B(h)) / 2 \quad \text{但し、} h = 2.5a \quad \dots (3a)$$

$R_C = 0$ のとき

$$\Delta z_C(h) = (\Delta z_A(h) + \Delta z_B(h)) / 2 \quad \text{但し、} h = 2.5a \quad \dots (3b)$$

ここで、

z_A は前記正レンズ LA の空気接触面の形状であって、式(1)に従う形状、

z_B は前記負レンズ LB の空気接触面の形状であって、式(1)に従う形状、

z_C は前記接合面の形状であって、式(1)に従う形状、

Δz_A は前記正レンズ LA の空気接触面における偏倚量であって、式(2)に従う量、

Δz_B は前記負レンズ LB の空気接触面における偏倚量であって、式(2)に従う量、

Δz_C は前記接合面における偏倚量であって、式(2)に従う量、

R_C は前記接合面の近軸曲率半径、

a は以下の条件式(4)に従う量、

$$a = (y_{10})^2 \cdot \log_{10} \gamma / fw \quad \dots (4)$$

また、式(4)において、

y_{10} は最大像高、

fw は前記結像光学系の広角端における全系の焦点距離

γ は前記結像光学系におけるズーム比(望遠端での全系焦点距離 / 広角端での全系焦点距離)、

また、各面の面頂を原点とするため、常に $z(0) = 0$ である。

【0009】

また、本発明の電子撮像装置は、上記の結像光学系と、電子撮像素子と、前記結像光学系を通じて結像された像を前記電子撮像素子で撮像することによって得られた画像データを加工して前記像の形状を変化させた画像データとして出力する画像処理手段を有し、前記結像光学系がズームレンズであり、該ズームレンズが、無限遠物点合焦時に以下の条件式(17)を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$0.70 < y_{07} / (fw \cdot \tan \omega_{07w}) < 0.97 \quad \dots (17)$$

但し、 y_{07} は前記電子撮像素子の有効撮像面内(撮像可能な面内)で中心から最も遠い点までの距離(最大像高)を y_{10} としたとき $y_{07} = 0.7 y_{10}$ で表され、 ω_{07w} は広角端における前記撮像面上の中心から y_{07} の位置に結ぶ像点に対応する物点方向の光軸に対する角度、 fw は広角端における前記結像光学系の全系の焦点距離である。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、薄型であることと高変倍比であることを両立させつつも、高変倍比化において特に厳しく求められる色収差を良好に行える結像光学系及びそれを有する電子撮像装置を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

実施例の説明に先立ち、本実施形態の結像光学系の作用効果について説明する。

光学系を薄型化するためには、光学全長の短縮が必要である。この光学全長の短縮と高変倍率化を両立しようとした場合、色の球面収差や倍率色収差の像高に関する高次成分が大きくなりやすくなる。従来の光学系では、これらの収差の補正が困難であった。ここで、色の球面収差があると、球面収差が基準波長で良く補正されていても、他の波長において補正不足あるいは補正過剰な状態になっている。

【0012】

そこで、本実施形態の結像光学系は、最も物体側のレンズ群 I と、開口絞りと、レンズ群 I と開口絞りの間に配置され全体として負の屈折力を有するレンズ群 A を有し、レンズ

10

20

30

40

50

群 A は、正レンズ L A と負レンズ L B が接合された接合レンズ成分を含み、レンズ群 I とレンズ群 A との光軸上の距離がズームングのために変動する結像光学系であり、接合レンズ成分は非球面からなる接合面を有する。なお、正レンズとは近軸焦点距離が正の値のレンズ、負レンズとは近軸焦点距離が負の値のレンズをさす。

【 0 0 1 3 】

本実施形態の結像光学系では、接合レンズ成分の接合面を非球面とすることで、色の球面収差や倍率色収差を良好に補正することを可能にしている。特に、広角端においては、光学系を通過する光線高がレンズ群 A で最も高くなる。そこで、接合レンズ成分をレンズ群 A に導入すると、広角端において、その倍率色収差の像高に関する高次成分が容易に補正出来る。

10

【 0 0 1 4 】

ただし、接合面を単純な非球面にするだけでは、色の球面収差や倍率色収差を十分に補正することは難しい。つまり、色の球面収差や倍率色収差を十分に補正するには、その非球面の形状が重要である。広角端における倍率色収差の像高に関する高次成分については、この高次成分が発生している場合、短波長（たとえば g 線）に着目すると、正の中間像高にて基準波長（たとえば d 線）に対して負側の値、正の最大像高にて正側の値をとるような状態になる。そこでこの高次成分を補正するためには、色消し作用のある接合面において、より像高の高い主光線に対する位置での面の曲率を、色消し力を弱める方向の曲率にすればよい。

【 0 0 1 5 】

20

すなわち、具体的には、光軸方向を z、光軸に垂直な方向を h とする座標軸とし、R を球面成分の光軸上における曲率半径、k を円錐定数、 $A_4, A_6, A_8, A_{10} \dots$ を非球面係数として、非球面の形状を下記の式 (1) で表すと共に、

$$z = h^2 / R [1 + \{ 1 - (1 + k) h^2 / R^2 \}^{1/2}] + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} + \dots \quad \dots (1)$$

偏倚量を下記の式 (2) で表した場合、

$$\Delta z = z - h^2 / R [1 + \{ 1 - h^2 / R^2 \}^{1/2}] \quad \dots (2)$$

下記の条件式 (3 a) もしくは条件式 (3 b) を満足することが好ましい。

$R_C = 0$ のとき

$$\Delta z_C (h) = (\Delta z_A (h) + \Delta z_B (h)) / 2 \quad \text{但し、} h = 2.5a \quad \dots (3 a)$$

30

$R_C \neq 0$ のとき

$$\Delta z_C (h) = (\Delta z_A (h) + \Delta z_B (h)) / 2 \quad \text{但し、} h = 2.5a \quad \dots (3 b)$$

ここで、

z_A は正レンズ L A の空気接触面の形状であって、式 (1) に従う形状、

z_B は負レンズ L B の空気接触面の形状であって、式 (1) に従う形状、

z_C は接合面の形状であって、式 (1) に従う形状、

Δz_A は正レンズ L A の空気接触面における偏倚量であって、式 (2) に従う量、

Δz_B は負レンズ L B の空気接触面における偏倚量であって、式 (2) に従う量、

Δz_C は接合面における偏倚量であって、式 (2) に従う量、

R_C は接合面の近軸曲率半径、

40

a は以下の条件式 (4) に従う量、

$$a = (y_{10})^2 \cdot \log_{10} y / f w \quad \dots (4)$$

また、式 (4) において、

y_{10} は最大像高、

f w は結像光学系の広角端における全系の焦点距離、

y は結像光学系におけるズーム比（望遠端での全系焦点距離 / 広角端での全系焦点距離）、

また、各面の面頂を原点とするため、常に $z (0) = 0$ である。

【 0 0 1 6 】

これら条件を外れると、接合面に非球面を導入してもその効果を発揮することが出来な

50

い。逆に、以上の構成や条件を満足すれば、小型化薄型化に伴って著しく発生する色収差の補正ができるので、結像性能は維持向上できる。なお、以下に述べる材料の分散特性に関する条件を満たすと、さらに効果的に色収差が補正できる。

【0017】

本実施形態の結像光学系は、横軸を v_d 、及び縦軸を θ_{gF} とする直交座標系において、

$$\theta_{gF} = \alpha \times v_d + \beta \quad (\text{但し、} \alpha = -0.00163)$$

で表される直線を設定したときに、以下の条件式(5)の範囲の下限値であるときの直線、及び上限値であるときの直線で定まる領域と、以下の条件式(6)で定まる領域との両方の領域に、正レンズLAの θ_{gF} 及び v_d が含まれることを特徴とする。

$$0.6700 < \beta < 0.9000 \quad \dots (5)$$

$$3 < v_d < 27 \quad \dots (6)$$

ここで、

θ_{gF} は正レンズLAの部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、

v_d は正レンズLAのアッベ数 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ 、

n_d 、 n_C 、 n_F 、 n_g は各々、正レンズLAのd線、C線、F線、g線の屈折率を表す。

【0018】

条件式(5)の下限値を下回ると、二次スペクトルによる軸上色収差、つまりF線とC線で色消しをしたときのg線の軸上色収差補正が十分でなくなる。そのため、撮像で得た画像において、像の鮮鋭さを確保しづらい。条件式(5)の上限値を上回ると、二次スペクトルによる軸上色収差が補正過剰となる。その結果、上限値を下回った場合と同様に、撮像した画像において、像の鮮鋭さを確保しづらい。

【0019】

条件式(6)の下限値・上限値いずれの側に超えても、F線とC線との色消し自体が困難で、ズーム時の色収差変動が大きくなる。このため、撮像した画像において、像の鮮鋭さを確保しづらい。

【0020】

なお、条件式(5)に代えて、次の条件式(5')を満足すると、より好ましい。

$$0.6850 < \beta < 0.8700 \quad \dots (5')$$

さらに、条件式(5)に代えて、次の条件式(5'')を満足すると、より好ましい。

$$0.7000 < \beta < 0.8500 \quad \dots (5'')$$

【0021】

また、本実施形態の結像光学系は、上記の直交座標とは別に、横軸を v_d 、及び縦軸を θ_{hg} とする直交座標系において、

$$\theta_{hg} = \alpha_{hg} \times v_d + \beta_{hg} \quad (\text{但し、} \alpha_{hg} = -0.00225)$$

で表される直線を設定したときに、以下の条件式(7)の範囲の下限値であるときの直線、及び上限値であるときの直線で定まる領域と、以下の条件式(6)で定まる領域との両方の領域に、正レンズLAの θ_{hg} 及び v_d が含まれることを特徴とする。

$$0.6350 < \beta_{hg} < 0.9500 \quad \dots (7)$$

$$3 < v_d < 27 \quad \dots (6)$$

ここで、

θ_{hg} は正レンズLAの部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ 、

n_h は正レンズLAのh線の屈折率を表す。

【0022】

条件式(7)の下限値を下回ると、二次スペクトルによる軸上色収差、つまりF線とC線で色消しをした場合のh線の軸上色収差補正が十分でなくなる。そのため、撮像した画像において紫の色フレア、色にじみが発生しやすい。条件式(7)の上限値を上回ると、凹レンズに用いたときの二次スペクトルによる軸上色収差、つまりF線とC線で色消しをした場合のh線の軸上色収差補正が十分でなくなる。そのため、撮像した画像において、紫の色フレア、色にじみが発生しやすい。

【0023】

10

20

30

40

50

なお、条件式(7)に代えて、次の条件式(7')を満足すると、より好ましい。

$$0.6700 < \beta_{hg} < 0.9200 \quad \dots (7')$$

さらに、条件式(7)に代えて、次の条件式(7'')を満足すると、より好ましい。

$$0.7000 < \beta_{hg} < 0.9000 \quad \dots (7'')$$

【0024】

また、本実施形態の結像光学系は、以下の条件式(8)を満足することが好ましい。

$$0.07 \leq \theta_{gF}(LA) - \theta_{gF}(LB) \leq 0.50 \quad \dots (8)$$

ここで、

$\theta_{gF}(LA)$ は正レンズLAの部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、

$\theta_{gF}(LB)$ は負レンズLBの部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ である。 10

【0025】

この場合、正レンズ(正レンズLA)と負レンズ(負レンズLB)の組み合わせとなるので、色収差の補正が良好に行える。特に、この組み合わせで上記条件を満足すると、二次スペクトルによる軸上色収差の補正効果は大きく、画像の鮮鋭性が増す。

【0026】

また、上記の条件式(8)に代えて、条件式(8')を満足するのがより望ましい。

$$0.10 \leq \theta_{gF}(LA) - \theta_{gF}(LB) \leq 0.40 \quad \dots (8')$$

さらに、上記の条件式(8)に代えて、条件式(8'')を満足すると最高に良い。

$$0.12 \leq \theta_{gF}(LA) - \theta_{gF}(LB) \leq 0.30 \quad \dots (8'')$$

【0027】 20

また、本実施形態の結像光学系は、以下の条件式(9)を満足することが好ましい。

$$0.10 \leq \theta_{hg}(LA) - \theta_{hg}(LB) \leq 0.60 \quad \dots (9)$$

ここで、

$\theta_{hg}(LA)$ は正レンズLAの部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ 、

$\theta_{hg}(LB)$ は負レンズLBの部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ である。

【0028】

この場合、正レンズ(正レンズLA)と負レンズ(負レンズLB)の組み合わせとなるので、色収差の補正が良好に行える。特に、この組み合わせで上記条件を満足すると、色フレア、色にじみを軽減できる。

【0029】 30

また、上記の条件式(9)に代えて、下記の条件式(9')を満足するのがより望ましい。

$$0.14 \leq \theta_{hg}(LA) - \theta_{hg}(LB) \leq 0.55 \quad \dots (9')$$

さらに、上記の条件式(9)に代えて、下記の条件式(9'')を満足すると最高に良い。

$$0.19 \leq \theta_{hg}(LA) - \theta_{hg}(LB) \leq 0.50 \quad \dots (9'')$$

【0030】

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

$$v_d(LA) - v_d(LB) \leq -1.0 \quad \dots (10)$$

ここで、 40

$v_d(LA)$ は正レンズLAのアッベ数 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ 、

$v_d(LB)$ は負レンズLBのアッベ数 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ である。

【0031】

この場合、正レンズ(正レンズLA)と負レンズ(負レンズLB)の組み合わせとなるので、色収差の補正が良好に行える。特に、この組み合わせで上記条件を満足すると、軸上色収差、倍率色収差のうちのC線とF線の色消しがしやすい。

【0032】

また、上記の条件式(10)に代えて、下記の条件式(10')を満足するのがより望ましい。

$$v_d(LA) - v_d(LB) \leq -1.4 \quad \dots (10')$$

さらに、上記の条件式(10)に代えて、下記の条件式(10'')を満足すると最高に良い。

$$vd(LA) - vd(LB) - 1.8 \dots (10'')$$

【0033】

なお、結像光学系をズームレンズとしたとき、ズームレンズの高変倍化と薄型化を両立させるためにはレンズ群Aの負の屈折力を高める必要がある。そこで、正レンズLAに用いる光学材料のd線のやや低目が好ましい。具体的には、本実施形態の結像光学系は、以下の条件式(11)を満たすとよい。

$$1.55 \leq nd(LA) \leq 1.90 \dots (11)$$

ここで、 $nd(LA)$ は正レンズLAのd線に対する屈折率である。

10

【0034】

条件式(11)の上限を上回ると薄型化の点で不利になりやすい。また、条件式(11)の下限を下回ると非点収差を良好に補正することが困難になる。

【0035】

また、上記の条件式(11)に代えて、下記の条件式(11')を満足するのがより望ましい。

$$1.58 \leq nd(LA) \leq 1.80 \dots (11')$$

さらに、上記の条件式(11)に代えて、下記の条件式(11'')を満足すると最高に良い。

$$1.60 \leq nd(LA) \leq 1.75 \dots (11'')$$

20

【0036】

また、本実施形態の結像光学系は、以下の条件式(12)を満たすと良い。

$$1.52 \leq nd(LB) \leq 2.40 \dots (12)$$

ここで、 $nd(LB)$ は負レンズLBのd線に対する屈折率である。

【0037】

条件式(12)の下限を下回ると薄型化の点で不利になりやすい。また、上限を上回る非点収差を良好に補正することが困難になる。

【0038】

また、上記の条件式(12)に代えて、下記の条件式(12')を満足するのがより望ましい。

30

$$1.58 \leq nd(LB) \leq 2.30 \dots (12')$$

さらに、上記の条件式(12)に代えて、下記の条件式(12'')を満足すると最高に良い。

$$1.67 \leq nd(LB) \leq 2.20 \dots (12'')$$

【0039】

また、条件(11)(12)あるいは(11')(11'')(12')(12'')を満たす場合、正レンズLAと負レンズLBのd線に対する屈折率の差、すなわち、接合面における屈折率の差が0.3以下となるようにしておけば、d線など基準となる波長に対する諸収差を悪化させずに高次の色収差成分を補正することが出来る。

【0040】

40

ところで、条件式(5)、(6)を満足する光学材料を光学ガラスで実現することは困難である。一方、樹脂などの有機材料、あるいは、有機材料に無機微粒子を拡散させて光学特性を変えたものならば、容易に実現できる可能性がある。よって、条件式(5)、(6)を満足する光学材料には、樹脂などの有機材料を用いたものが好ましい。

【0041】

また、正レンズLAの光学材料として上記の有機材料を用いる場合は、正レンズLAを出来る限り薄く加工するのが好ましい。そのため、正レンズLAの材料としてエネルギー硬化型樹脂を用いるのが好ましい。そして、正レンズLAを負レンズLB上に直接成形する方式で接合レンズ成分を形成する方法が良い。

【0042】

50

つまり、まず、エネルギー硬化型樹脂を、負レンズLBの光学面へ向けて吐出する。そして、エネルギー硬化型樹脂を負レンズLBの光学面へ接触させた後に、エネルギー硬化型樹脂を押し広げる。続いて、エネルギー硬化型樹脂を硬化させる。このようにレンズLAを形成する方式で接合レンズ成分を形成する。但し、レンズLBには、あらかじめ表面処理（たとえばコーティング、塗布など）が施されていてもかまわないものとする。この表面処理には、レンズLBを形成する光学材料とは別の物質が用いられる。なお、エネルギー硬化型樹脂としては、紫外線硬化型樹脂、あるいはそれにTiO₂などの無機微粒子を拡散させた複合材料がある。

【0043】

上記の接合レンズの形成方法では、容易に接合面を非球面にすることができる。上記の例では、アッペ数や部分分散比が異なる材料（媒質）を使って、接合面の非球面化を行っている。このような非球面化は、通常の空気接触面の非球面の場合と異なり、倍率色収差の像高に関する高次成分、色コマ収差、色の球面収差といった高次の色収差成分の補正に効果がある。

【0044】

特に、負の屈折力を有するレンズ群Aが開口絞りよりも物体側に位置する構成では、このレンズ群Aの接合面を非球面化するのが好ましい。このとき、上述の条件式(3a)もしくは条件式(3b)を満たすことで、広角側における倍率色収差の像高に関する高次成分、色コマ収差について、著しい補正効果を得ることができる。また、別のレンズ群がレンズ群Aよりも物体側に位置する構成では、特にこの別のレンズ群が正の屈折力を有するものが好ましい。このようにすると、上記の補正効果が顕著にあらわれる。また、条件式(5)～(12)の条件を1つ以上満たせばさらに好ましい。

【0045】

また、本実施形態の結像光学系は、以下の条件式(13)を満足することが望ましい。

$$0.05 \leq |z_A(h) - z_C(h)| / t_A \leq 0.95 \quad \text{但し、} h = 2.5a \text{ のとき} \quad \dots (13)$$

ここで、 t_A は正レンズLAの光軸上の厚みであり、また、常に $z(0) = 0$ である。

【0046】

条件式(13)の下限を下回ると、色収差の補正が不十分になりやすい。また、条件式(13)の上限を上回ると、正レンズを薄く加工することを考えると周辺部の縁肉確保が困難になる。

【0047】

また、上記の条件式(13)に代えて、下記の条件式(13')を満足するのがより望ましい。但し、 $h = 2.5a$ のとき。

$$0.10 \leq |z_A(h) - z_C(h)| / t_A \leq 0.90 \quad \dots (13')$$

さらに、上記の条件式(13)に代えて、下記の条件式(13'')を満足すると最高に良い。但し、 $h = 2.5a$ のとき。

$$0.15 \leq |z_A(h) - z_C(h)| / t_A \leq 0.85 \quad \dots (13'')$$

【0048】

また、本実施形態の結像光学系は、以下の条件を満たすようにするとよい。

$$0.3 \leq t_A / t_B \leq 1.2 \quad \dots (14)$$

ここで、 t_B は負レンズLBの光軸上の厚みである。

【0049】

なお、本実施形態の結像光学系において、正レンズLAと負レンズLBが接合された接合レンズ成分は、下記(A1)乃至(A3)のいずれかに従って配置する使い方が好ましい。このようにすると、色収差補正、高倍率化、非点収差の各々において、それぞれ高いレベル収差補正を実現できる。

(A1) レンズ群Aの最も物体側に負の屈折力として配置し、その像側には少なくとも1枚の正レンズを配置する。

(A2) レンズ群Aの最も物体側にまず負の単レンズを配置し、そのすぐ像側に当該レ

ンズ成分を配置する。

(A3) レンズ群Aの最も像側に当該レンズ成分を配置する。

【0050】

また、レンズ群Aに続くレンズ群の構成は、レンズ群A側から順に、以下の(i)~(vii)の何れかにするのが好ましい。

(i) 正の屈折力を有するレンズ群G3、正の屈折力を有するレンズ群G4の全部で4つのレンズ群から構成する。

(ii) 負の屈折力を有するレンズ群G3、正の屈折力を有するレンズ群G4の全部で4つのレンズ群から構成する。

(iii) 正の屈折力を有するレンズ群G3、負の屈折力を有するレンズ群G4の全部で4つのレンズ群から構成する。

(iv) 正の屈折力を有するレンズ群G3、正の屈折力を有するレンズ群G4、負の屈折力を有するレンズ群G5の全部で5つのレンズ群から構成する。

(v) 正の屈折力を有するレンズ群G3、負の屈折力を有するレンズ群G4、正の屈折力を有するレンズ群G5の全部で5つのレンズ群から構成する。

(vi) 正の屈折力を有するレンズ群G3、負の屈折力を有するレンズ群G4、正の屈折力を有するレンズ群G5の全部で5つのレンズ群から構成する。

(vii) 正の屈折力を有するレンズ群G3、正の屈折力を有するレンズ群G4、正の屈折力を有するレンズ群G5の全部で5つのレンズ群から構成する。

【0051】

なお、いずれの構成においても、最も物体側にレンズ群Iを配置し、このレンズ群Iに反射光学素子を備えることが好ましい。この反射光学素子は、結像に寄与する光線を折り曲げるために用いられる。このようにすると、光学系の奥行きが薄型化が促進できる。

【0052】

次に、画像処理による歪み補正について以下詳述する。無限遠物体を仮に歪曲収差がない光学系で結像したとする。この場合、結像した像に歪曲がないので、

$$f = y / \tan \omega \quad \dots (15)$$

が成立する。

但し、yは像点の光軸からの高さ、fは結像系の焦点距離、 ω は撮像面上の中心からyの位置に結ぶ像点に対応する物点方向の光軸に対する角度である。

【0053】

一方、光学系に広角端近傍の状態のときのみ樽型歪曲収差を許容した場合は、

$$f > y / \tan \omega \quad \dots (16)$$

となる。つまり、 ω とyとを一定の値とするならば、広角端の焦点距離fは長くてよいこととなり、その分収差補正は楽になる。また、前記レンズ群Aに相当するレンズ群を通常2成分以上で構成している理由は歪曲収差と非点収差を両立させるためであるが、それを行う必要がないため、1成分のみで薄く構成することが出来る。

そこで、本発明の電子撮像装置では、電子撮像素子で得られた画像データを、画像処理で加工するようにしている。この加工では、樽型の歪曲収差を補正するように、画像データ(画像の形状)を変化させる。このようにすれば、最終的に得られた画像データは、物体とほぼ相似の形状を持つ画像データとなる。よって、この画像データに基づいて、物体の画像をCRTやプリンターに出力すればよい。

【0054】

そこで、実施形態の電子撮像装置では、電子撮像素子と、結像光学系を通じて結像した像を電子撮像素子で撮像することによって得られた画像データを加工して像の形状を変化させた画像データとして出力する画像処理手段とを有し、結像光学系がズームレンズであり、ズームレンズが、ほぼ無限遠物点合焦時に次の条件式(17)を満足することが望ましい。

$$0.70 < y_{07} / (f_w \cdot \tan \omega_{07w}) < 0.97 \quad \dots (17)$$

ここで、 y_{07} は最大像高を y_{10} としたとき $y_{07} = 0.7 y_{10}$ として表され、 ω_{07w} は広

10

20

30

40

50

角端における撮像面上の中心から y_{07} の位置に結ぶ像点に対応する物点方向の光軸に対する角度である。なお、本実施形態が電子撮像装置の場合、最大像高は、電子撮像素子の有効撮像面内（撮像可能な面内）で中心から最も遠い点までの距離となる。よって、 y_{10} も電子撮像素子の有効撮像面内（撮像可能な面内）で中心から最も遠い点までの距離になる。

【0055】

上記条件式(17)はズーム広角端における樽型歪曲の度合いを規定したものである。条件式(17)を満足すれば、無理なく非点収差の補正が可能となる。なお、樽型に歪んだ像は撮像素子にて光電変換されて、樽型に歪んだ画像データとなる。

【0056】

しかしながら、樽型に歪んだ画像データは、電子撮像装置の信号処理系である画像処理手段にて、電氣的に、像の形状変化に相当する加工が施される。このようにすれば、最終的に画像処理手段から出力された画像データを表示装置にて再生したとしても、歪曲が補正されて被写体形状にほぼ相似した画像が得られる。

【0057】

ここで、条件式(17)の上限値を上回る場合であって、特に、1に近い値をとると、歪曲収差が光学的に良く補正された画像が得られる。そのため、画像処理手段で行う補正が小さくてすむ。しかしながら、非点収差の補正にとっては有利でなくなる。

【0058】

一方、条件式(17)の下限値を下回ると、光学系の歪曲収差による画像歪みを画像処理手段で補正した場合に、画角周辺部の放射方向への引き伸ばし率が高くなりすぎる。その結果、撮像で得た画像において、画像周辺部の鮮鋭度の劣化が目立つようになってしまう。

【0059】

このように、条件式(17)を満足することにより、非点収差が良好に補正しやすくなり、光学系の薄型化と大口径比化（広角端でF/2.8よりも明るくする）の両立が可能となる。

【0060】

なお、条件式(17)の代わりに、次の条件式(17')を満足すると、より好ましい。

$$0.73 < y_{07} / (f_w \cdot \tan \omega_{07w}) < 0.96 \quad \dots (17')$$

さらに、条件式(17)の代わりに、次の条件式(17'')を満足すると、より一層好ましい。

$$0.76 < y_{07} / (f_w \cdot \tan \omega_{07w}) < 0.95 \quad \dots (17'')$$

【0061】

次に、本発明の実施例1にかかるズームレンズについて説明する。図1は本発明の実施例1にかかるズームレンズ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り、(a)は広角端、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での断面図である。

【0062】

図2は実施例1にかかるズームレンズ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)を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での状態を示している。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。

【0063】

実施例1のズームレンズは、図1に示すように、物体側より順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正屈折力の第3レンズ群G3と、正屈折力の第4レンズ群G4を有している。なお、以下全ての実施例において、レンズ断面図中、LPFはローパスフィルター、CGはカバーガラス、Iは電子撮像素子の撮像面を示している。

【0064】

10

20

30

40

50

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と正両凸レンズL2との接合レンズで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0065】

第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。ここで、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4がレンズLAで、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5が負レンズLBである。

【0066】

第3レンズ群G3は、正両凸レンズL6と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL8の接合レンズで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0067】

第4レンズ群G4は、正両凸レンズL9で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0068】

広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は中間位置まではほぼ固定（わずかに像側に移動）、中間位置から物体側に移動し、第2レンズ群G2は中間位置まで像側へ移動し、中間位置からは物体側へ移動し、開口絞りSは物体側へ移動し、第3レンズ群G3は物体側へ移動し、第4レンズ群G4は中間位置までは物体側へ移動し、中間位置からは像側へ移動する。

【0069】

非球面は、第1レンズ群G1中の正両凸レンズL2の像側の面、第2レンズ群G2中の像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4の両面と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5の像側の面、第3レンズ群G3中の正両凸レンズL6の両面、第4レンズ群G4中の正両凸レンズL9の物体側の面の合計7面に設けられている。

【0070】

次に、本発明の実施例2にかかるズームレンズについて説明する。図3は本発明の実施例2にかかるズームレンズ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り、(a)は広角端、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での断面図である。

【0071】

図4は実施例2にかかるズームレンズ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)を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での状態を示している。

【0072】

実施例2のズームレンズは、図3に示すように、物体側より順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正屈折力の第3レンズ群G3と、正屈折力の第4レンズ群G4を有している。

【0073】

第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2との接合レンズで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0074】

第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4と負両凹レンズL5との接合レンズと、正両凸レンズL6で構成されており、全体で負の屈折力を有している。ここで、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4がレンズLAで、負両凹レンズL5が負レンズLBである。

【0075】

第3レンズ群G3は、正両凸レンズL7と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL8と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL9の接合レンズで構成されており、全

10

20

30

40

50

体で正の屈折力を有している。

【0076】

第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL10で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0077】

広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は中間位置までは像側へ移動し、中間位置から物体側へ移動し、第2レンズ群G2は中間位置まで像側へ移動し、中間位置からは物体側へ移動し、開口絞りSは物体側へ移動し、第3レンズ群G3は物体側へ移動し、第4レンズ群G4は中間位置までは物体側へ移動し、中間位置からは像側へ移動する。

10

【0078】

非球面は、第2レンズ群G2中の像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4の両面と負両凹レンズL5の像側の面、第3レンズ群G3中の正両凸レンズL7の両面、第4レンズ群G4中の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL10の物体側の面の合計6面に設けられている。

【0079】

次に、本発明の実施例3にかかるズームレンズについて説明する。図5は本発明の実施例3にかかるズームレンズ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り、(a)は広角端、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での断面図である。

【0080】

図6は実施例3にかかるズームレンズ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)を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での状態を示している。

20

【0081】

実施例3のズームレンズは、図5に示すように、物体側より順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正屈折力の第3レンズ群G3と、正屈折力の第4レンズ群G4を有している。

【0082】

第1レンズ群G1は、正両凸レンズL1で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

30

【0083】

第2レンズ群G2は、負両凹レンズL2と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と負両凹レンズL4との接合レンズとで構成されており、全体で負の屈折力を有している。ここで、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3がレンズLAで、負両凹レンズL4が負レンズLBである。

【0084】

第3レンズ群G3は、正両凸レンズL5と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0085】

第4レンズ群G4は、正両凸レンズL7で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

40

【0086】

広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2はほぼ固定(わずかに物体側へ移動し)、開口絞りSは物体側へ移動し、第3レンズ群G3は物体側へ移動し、第4レンズ群G4は中間位置までは像側へ移動し、中間位置からは物体側へ移動する。

【0087】

非球面は、第1レンズ群G1中の正両凸レンズL1の両面、第2レンズ群G2中の負両凹レンズL2の両面と像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3の両面と負両凹レンズL4の像側の面、第3レンズ群G3中の正両凸レンズL5の両面、第4レンズ群G4中の

50

正両凸レンズ L 7 の物体側の面の合計 10 面に設けられている。

【0088】

次に、本発明の実施例 4 にかかるズームレンズについて説明する。図 7 は本発明の実施例 3 にかかるズームレンズ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り、(a) は広角端、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端での断面図である。

【0089】

図 8 は実施例 4 にかかるズームレンズ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) を示す図であり、(a) は広角端、(b) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端での状態を示している。

【0090】

実施例 4 のズームレンズは、図 7 に示すように、物体側より順に、正屈折力の第 1 レンズ群 G 1 と、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3 と、正屈折力の第 4 レンズ群 G 4 を有している。

【0091】

第 1 レンズ群 G 1 は、正両凸レンズ L 1 で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0092】

第 2 レンズ群 G 2 は、負両凹レンズ L 2 と、負両凹レンズ L 3 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 との接合レンズとで構成されており、全体で負の屈折力を有している。ここで、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 がレンズ LA で、負両凹レンズ L 3 が負レンズ LB である。

【0093】

第 3 レンズ群 G 3 は、正両凸レンズ L 5 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0094】

第 4 レンズ群 G 4 は、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 7 で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0095】

広角端から望遠端へと変倍する際には、第 1 レンズ群 G 1 は物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は物体側へ移動し、開口絞り S は物体側へ移動し、第 3 レンズ群 G 3 は物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は中間位置までは像側へ移動し、中間位置からは固定している。

【0096】

非球面は、第 1 レンズ群 G 1 中の正両凸レンズ L 1 の両面、第 2 レンズ群 G 2 中の負両凹レンズ L 2 の両面と負両凹レンズ L 3 の両面と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 の像側の面、第 3 レンズ群 G 3 中の正両凸レンズ L 5 の両面、第 4 レンズ群 G 4 中の像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 7 の物体側の面の合計 10 面に設けられている。

【0097】

次に、上記各実施例のズームレンズ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、n d 1、n d 2、... は各レンズの d 線での屈折率、v d 1、v d 2、... は各レンズのアッペ数、F n o . は F ナンバー、f は全系焦点距離、D 0 は物体から第 1 面までの距離をそれぞれ表している。また、* は非球面、STO は絞りをそれぞれ示している。

【0098】

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。

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

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 9 9 】

(数値実施例 1)

単位 m m

面 デ ー タ

面 番 号	r	d	nd	v d	
物 面	∞	∞			
1	26.4450	0.8000	1.84666	23.78	10
2	13.8156	2.7000	1.73077	40.51	
3*	-192.7244	可 変			
4	43.7694	0.7000	1.69680	55.53	
5	10.8906	2.2000			
6*	-15.3637	1.0000	1.63494	23.22	20
7*	-6.7944	0.9000	1.74320	49.34	
8*	-208.0010	可 変			
9(絞 り)	∞	可 変			
10*	24.1688	1.8000	1.74250	49.20	
11*	-19.2188	0.1500			
12	5.4497	2.7000	1.69680	55.53	
13	13.4248	0.6000	1.84666	23.78	
14	4.2048	可 変			
15*	10.9456	2.0000	1.58313	59.46	
16	-35.4704	可 変			30
17	∞	0.7580	1.54771	62.84	
18	∞	0.4787			
19	∞	0.3989	1.51633	64.14	
20	∞	1.3603			
像 面	∞				

非 球 面 デ ー タ

第 3 面

K=-0.1059,

A2=0.0000E+00,A4=3.4600E-07,A6=4.6678E-09,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第 6 面

K=-0.6957,

A2=0.0000E+00,A4=-1.2458E-04,A6=3.0542E-06,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第 7 面

K=-0.7528,

A2=0.0000E+00,A4=-4.3041E-04,A6=2.1935E-05,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第 8 面

K=-0.9690,

A2=0.0000E+00,A4=-1.3472E-04,A6=7.2254E-06,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第 10 面

K=3.7659,

A2=0.0000E+00,A4=-3.8282E-04,A6=1.5704E-05,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第 11 面

K=-0.9658,

A2=0.0000E+00,A4=-2.2045E-04,A6=1.4126E-05,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

40

50

第 15 面

K=-0.9236,

A2=0.0000E+00,A4=3.1124E-05,A6=2.9451E-07,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

各種データ

ズーム比

	広角	中間	望遠	
焦点距離	7.00943	15.64607	35.00249	
Fno.	2.8400	2.9504	3.8784	10
画角	30.3 °	12.9 °	5.8 °	
像高	3.6	3.6	3.6	
レンズ全長	46.9634	45.9916	55.4100	
BF	1.36028	1.35268	1.35989	
d3	0.65000	8.83784	14.65673	
d8	17.19034	6.04002	1.50167	
d9	0.80000	0.79787	0.79787	
d14	7.65597	6.42400	15.77566	
d16	2.12115	5.35351	4.13256	20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	36.57282
2	4	-9.33696
3	10	12.64978
4	15	14.57546

〔硝材屈折率テーブル〕・・・本実施例にて使用した媒質の波長別屈折率一覧

GLA	587.56	656.27	486.13	435.84	404.66	
L6	1.742499	1.737967	1.753057	1.761415	1.768384	30
L10	1.547710	1.545046	1.553762	1.558427	1.562262	
L4	1.634940	1.627290	1.654640	1.674080	1.693923	
L2	1.730770	1.725416	1.743456	1.753787	1.762674	
L9	1.583130	1.580140	1.589950	1.595245	1.599635	
L11	1.516330	1.513855	1.521905	1.526213	1.529768	
L3,L7	1.696797	1.692974	1.705522	1.712339	1.718005	
L5	1.743198	1.738653	1.753716	1.762046	1.769040	
L1,L8	1.846660	1.836488	1.872096	1.894186	1.914294	

各面の非球面量

第 6 面

Y	ASP	SPH	Δ z A(h)
3.228	-0.35033	-0.34294	-0.00739

第 8 面

Y	ASP	SPH	Δ z B(h)
3.228	-0.03150	-0.02505	-0.00645

第 7 面

Y	ASP	SPH	Δ z C(h)
3.228	-0.79972	-0.81577	0.01605

【 0 1 0 0 】

数値実施例 2

単位 mm

面 データ

面 番 号	r	d	nd	v d	
物 面	∞	∞			
1	26.8390	0.6000	1.84666	23.78	
2	16.3344	3.8000	1.72000	43.69	
3	251.2140	可 変			10
4	79.0802	0.8000	1.88300	38.50	
5	10.4013	3.9000			
6*	-15.6402	0.5000	1.63494	23.22	
7*	-11.2194	0.8000	1.83481	42.71	
8*	2.084E+04	0.2000			
9	29.3362	2.0000	1.80810	22.76	
10	-42.8587	可 変			
11(絞リ)	∞	0.4000			
12*	12.5777	1.8000	1.69350	51.80	
13*	-87.4358	0.2000			20
14	5.3985	2.4000	1.49700	81.54	
15	9.5055	0.8000	1.84666	23.78	
16	4.5362	可 変			
17*	14.1406	1.6000	1.69350	53.18	
18	39.9405	可 変			
19	∞	0.9010	1.54771	62.84	
20	∞	0.5300			
21	∞	0.5300	1.51633	64.14	
22	∞	1.3601			
像 面	∞				30

非球面 データ

第 6 面

K=-0.0535,

A2=0.0000E+00,A4=3.4485E-05,A6=-3.6491E-08,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第 7 面

K=-0.1837,

A2=0.0000E+00,A4=-6.5454E-06,A6=4.1099E-06,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第 8 面

K=8.5769,

A2=0.0000E+00,A4=6.0909E-05,A6=5.5779E-07,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第 1 2 面

K=-0.6890,

A2=0.0000E+00,A4=1.0899E-04,A6=1.6473E-05,A8=3.5467E-07,A10=0.0000E+00

第 1 3 面

K=0,

A2=0.0000E+00,A4=1.9328E-04,A6=1.9010E-05,A8=4.8815E-07,A10=0.0000E+00

第 1 7 面

K=0,

A2=0.0000E+00,A4=-1.2785E-05,A6=6.0991E-07,A8=-2.5404E-09,A10=0.0000E+00

40

50

各種データ

ズーム比

	広角	中間	望遠	
焦点距離	6.99897	19.80013	56.00002	
Fno.	3.1000	3.7979	5.0423	
画角	31.7 °	10.9 °	3.8 °	
像高	3.8	3.8	3.8	
レンズ全長	67.2592	58.2183	71.9432	10
BF	1.36011	1.36035	1.36027	
d3	0.59976	10.08933	22.11095	
d10	31.33058	8.25005	1.59000	
d16	7.69341	5.84941	21.84350	
d18	4.51433	10.90817	3.27745	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	
1	1	47.20195	
2	4	-12.34780	20
3	12	17.08297	
4	17	30.78406	

〔硝材屈折率テーブル〕・・・本実施例にて使用した媒質の波長別屈折率一覧

GLA	587.56	656.27	486.13	435.84	404.66	
L7	1.693499	1.689469	1.702855	1.710240	1.716386	
L3	1.882998	1.876228	1.899160	1.912305	1.923515	
L11	1.547710	1.545046	1.553762	1.558427	1.562261	
L4	1.634940	1.627290	1.654640	1.673656	1.692736	
L10	1.693500	1.689551	1.702591	1.709739	1.715701	30
L12	1.516330	1.513855	1.521905	1.526213	1.529768	
L8	1.496999	1.495136	1.501231	1.504506	1.507205	
L5	1.834807	1.828975	1.848520	1.859547	1.868911	
L2	1.720000	1.715105	1.731585	1.740976	1.749012	
L6	1.808095	1.798009	1.833513	1.855902	1.876580	
L1, L9	1.846660	1.836488	1.872096	1.894186	1.914294	

各面の非球面量

第6面

Y	ASP	SPH	$\Delta z A(h)$	
4.658	-0.69297	-0.70973	0.01676	40

第8面

Y	ASP	SPH	$\Delta z B(h)$
4.658	0.03489	0.00052	0.03437

第7面

Y	ASP	SPH	$\Delta z C(h)$
4.658	-0.96468	-1.01264	0.04796

【0101】

数値実施例3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d	
物面	∞	∞			
1*	16.4189	2.2423	1.49700	81.54	
2*	-49.9548	可変			
3*	-40.0473	0.7000	1.52542	50.50	
4*	7.1803	1.3239			
5*	-129.9255	0.5752	1.63494	23.22	10
6*	-19.3026	0.8000	1.58313	59.38	
7*	16.3014	可変			
8(絞り)	∞	-0.1000			
9*	4.4912	1.9000	1.74320	49.34	
10*	-40.0312	0.1000			
11	6.2476	1.1000	1.92286	20.10	
12	2.9815	可変			
13*	37.0133	2.4341	1.52542	55.78	
14	-9.2906	可変			
15	∞	1.0000	1.51633	64.14	20
16	∞	1.2014			
像面	∞				

非球面データ

第1面

K=-0.9358,
A2=0.0000E+00,A4=1.7221E-05,A6=-8.4549E-07,A8=2.0978E-08,A10=-3.8409E-11

第2面

K=-1.4315,
A2=0.0000E+00,A4=1.7746E-06,A6=4.2666E-08,A8=1.7609E-08,A10=-1.8044E-10

第3面

K=8.5291,
A2=0.0000E+00,A4=-9.1235E-04,A6=3.3157E-05,A8=-5.2667E-07,A10=4.2126E-09

第4面

K=-1.6973,
A2=0.0000E+00,A4=6.6240E-04,A6=-4.9690E-06,A8=-1.8842E-06,A10=3.4072E-08

第5面

K=122.9470,
A2=0.0000E+00,A4=1.2621E-03,A6=-6.1794E-05,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第6面

K=0,
A2=0.0000E+00,A4=6.0000E-04,A6=-3.0000E-05,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第7面

K=0,
A2=0.0000E+00,A4=0.0000E+00,A6=-2.0000E-05,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第9面

K=-0.8591,
A2=0.0000E+00,A4=1.0435E-04,A6=-1.1049E-07,A8=-1.9982E-06,A10=-2.4152E-07

第10面

K=29.2890,

10

20

30

40

50

A2=0.0000E+00,A4=4.4251E-04,A6=-4.6420E-05,A8=-4.3674E-07,A10=0.0000E+00

第 1 3 面

K=-4.9538,

A2=0.0000E+00,A4=-2.0035E-05,A6=4.9528E-06,A8=-2.3417E-07,A10=3.0514E-09

各種データ

ズーム比

	広角	中間	望遠	
焦点距離	6.77084	12.45173	25.40909	
Fno.	3.6000	4.5950	5.4487	10
画角	32.8 °	17.6 °	8.9 °	
像高	3.84	3.84	3.84	
レンズ全長	31.5188	34.7815	38.2644	
BF	1.20139	1.20499	1.19426	
d2	0.46811	3.55999	6.84730	
d7	10.58492	6.65979	0.80013	
d12	3.53462	8.16389	11.69102	
d14	3.65428	3.11734	5.65619	

ズームレンズ群データ

群	始画	焦点距離	
1	1	25.14596	
2	3	-7.57674	
3	9	9.61953	
4	13	14.39503	20

〔硝材屈折率テーブル〕・・・本実施例にて使用した媒質の波長別屈折率一覧

GLA	587.56	656.27	486.13	435.84	404.66	
L2	1.525419	1.522301	1.532704	1.538508	1.543381	
L6	1.922856	1.909932	1.955840	1.984877	2.011316	30
L3	1.634940	1.627290	1.654640	1.675524	1.697965	
L4	1.583126	1.580139	1.589960	1.595296	1.599721	
L8	1.516330	1.513855	1.521905	1.526213	1.529768	
L1	1.496999	1.495136	1.501231	1.504506	1.507205	
L5	1.743198	1.738653	1.753716	1.762046	1.769040	
L7	1.525420	1.522680	1.532100	1.537050	1.540699	

各面の非球面量

第 5 面

Y	ASP	SPH	Δ z A(h)	
3.128	0.02458	-0.03766	0.06224	40

第 7 面

Y	ASP	SPH	Δ z B(h)
3.128	0.28419	0.30292	-0.01873

第 6 面

Y	ASP	SPH	Δ z C(h)
3.128	-0.22579	-0.25513	0.02934

【 0 1 0 2 】

数値実施例 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d	
物面	∞	∞			
1*	16.7505	2.3212	1.49700	81.54	
2*	-34.9627	可変			
3*	-22.8401	0.7000	1.52542	55.78	
4*	6.4242	1.8740			
5*	-21.1421	0.8000	1.58313	59.38	10
6*	17.8005	0.6046	1.63494	19.00	
7*	131.5083	可変			
8(絞り)	∞	-0.1000			
9*	4.3682	1.8843	1.74320	49.34	
10*	-63.9755	0.1000			
11	5.7772	1.1000	1.92286	18.90	
12	2.9400	可変			
13*	-166.6984	2.3259	1.52542	45.00	
14	-8.1475	可変			
15	∞	1.0000	1.51633	64.14	20
16	∞	1.0793			
像面	∞				

非球面データ

第1面

K=0.2390,

A2=0.0000E+00,A4=-7.2413E-06,A6=-4.0959E-06,A8=6.1260E-11,A10=-2.3019E-09

第2面

K=4.6801,

A2=0.0000E+00,A4=8.0872E-05,A6=-3.3793E-06,A8=-1.8316E-07,A10=2.9694E-09

第3面

K=1.9022,

A2=0.0000E+00,A4=-6.0586E-04,A6=6.1661E-05,A8=-2.1406E-06,A10=2.6928E-08

第4面

K=-0.0906,

A2=0.0000E+00,A4=-6.5916E-04,A6=5.0762E-05,A8=2.5205E-06,A10=-1.1728E-07

第5面

K=0,

A2=0.0000E+00,A4=3.2402E-04,A6=8.4797E-06,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第6面

K=0,

A2=0.0000E+00,A4=-6.0000E-04,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第7面

K=7.1865,

A2=0.0000E+00,A4=-1.6000E-04,A6=0.0000E+00,A8=0.0000E+00,A10=0.0000E+00

第9面

K=-3.0231,

A2=0.0000E+00,A4=3.6716E-03,A6=-1.3025E-04,A8=1.2545E-05,A10=-3.0304E-07

第10面

K=-1.4301,

30

40

50

A2=0.0000E+00,A4=8.5325E-04,A6=2.7829E-05,A8=4.3372E-06,A10=0.0000E+00

第 1 3 面

K=9.6449,

A2=0.0000E+00,A4=-3.3648E-04,A6=2.1031E-05,A8=-8.7568E-07,A10=1.2082E-08

各種データ

ズーム比

	広角	中間	望遠
焦点距離	6.45208	12.51638	25.49743
Fno.	2.9708	4.1804	5.6000
画角	34.1°	17.5°	8.8°
像高	3.84	3.84	3.84
レンズ全長	30.2791	33.2572	38.7555
BF	1.07930	1.13084	1.06664
d2	0.31924	2.25737	5.02792
d7	9.45827	5.36130	1.34833
d12	2.77791	9.11561	15.30831
d14	4.03440	2.78209	3.39431

10

ズームレンズ群データ

群	始画	焦点距離
1	1	23.13109
2	3	-7.05803
3	9	8.95029
4	13	16.22159

20

〔硝材屈折率テーブル〕・・・本実施例にて使用した媒質の波長別屈折率一覧

GLA	587.56	656.27	486.13	435.84	404.66
L7	1.525419	1.521949	1.533624	1.540248	1.545870
L4	1.634937	1.625875	1.659289	1.682219	1.704243
L3	1.583126	1.580139	1.589960	1.595296	1.599721
L8	1.516330	1.513855	1.521905	1.526213	1.529768
L1	1.496999	1.495136	1.501231	1.504506	1.507205
L5	1.743198	1.738653	1.753716	1.762046	1.769040
L6	1.922860	1.909158	1.957996	1.989713	2.019763
L2	1.525420	1.522680	1.532100	1.537050	1.540699

30

各面の非球面量

第 7 面

Y	ASP	SPH	$\Delta z A(h)$
3.410	0.02264	0.04422	-0.02158

40

第 5 面

Y	ASP	SPH	$\Delta z B(h)$
3.410	-0.21967	-0.27681	0.05714

第 6 面

Y	ASP	SPH	$\Delta z C(h)$
3.410	0.24855	0.32968	-0.08113

次に、本実施例の数値データ（諸元値）を掲げる。

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	
f w	7.009	6.999	6.771	6.452	
f 2	-9.337	-12.348	-7.577	-7.058	
y	4.994	8.001	3.753	3.952	
y ₁₀	3.6	3.8	3.84	3.84	
a	1.291	1.863	1.251	1.364	
h (=2.5a)	3.228	4.658	3.128	3.410	
Δ z A(h)	-0.00739	0.01676	0.06224	-0.02158	10
Δ z B (h)	-0.00645	0.03437	-0.01873	0.05714	
Δ z C(h)	0.01605	0.04796	0.02934	-0.08113	
{ Δ zA(h)+ Δ zB(h) } / 2	-0.00692	0.02557	0.02176	0.01778	
RC	-6.794	-11.219	-19.303	17.801	
θ gF(LA)	0.7108	0.6953	0.7636	0.6679	
β (LA)	0.7486	0.7331	0.8014	0.7057	
θ hg(LA)	0.7255	0.6976	0.8205	0.6485	
β hg(LA)	0.7777	0.7498	0.8727	0.7007	
v d(LA)	23.22	23.22	23.22	23.22	
n d(LA)	1.63494	1.63494	1.63494	1.63494	20
θ gF(LB)	0.5528	0.5645	0.5438	0.5438	
θ hg(LB)	0.4638	0.4790	0.4501	0.4501	
v d(LB)	49.34	42.71	59.38	59.38	
n d(LB)	1.74320	1.83481	1.58313	1.58313	
v d(LA) - v d(LB)	-26.12	-19.49	-36.16	-36.16	
θ gF(LA) - θ gF(LB)	0.1580	0.1308	0.2198	0.1241	
θ hg(LA) - θ hg(LB)	0.2617	0.2186	0.3704	0.1984	
zA(h)	-0.3503	-0.6930	0.0344	-0.0129	
zC(h)	-0.7997	-0.9647	-0.2551	0.3297	
zA(h) - zC(h) / tA	0.4494	0.2717	0.2895	0.3426	30
t A	1.0	0.5	0.5752	0.6046	
t A/ t B	1.111	0.625	0.719	0.756	
y ₀₇	2.52	2.66	2.69	2.69	
tan ω _{07w}	0.3819	0.4059	0.4219	0.4412	
y ₀₇ / (f w ・ tan ω _{07w})	0.9414	0.9363	0.9417	0.9450	

【 0 1 0 4 】

さて、以上のような本発明の結像光学系は、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。

40

【 0 1 0 5 】

図 9 ~ 図 1 1 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 9 はデジタルカメラ 4 0 の外観を示す前方斜視図、図 1 0 は同後方斜視図、図 1 1 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 0 6 】

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 のズームレ

50

ンズ４８を通して撮影が行われる。

【０１０７】

撮影光学系４１によって形成された物体像は、ＣＣＤ４９の撮像面上に形成される。このＣＣＤ４９で受光された物体像は、画像処理手段５１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４７に表示される。また、この画像処理手段５１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５１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。

【０１０８】

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。

【０１０９】

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・薄型化のズームレンズ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。

【０１１０】

次に、本発明の結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１２～図１４に示す。図１２はパソコン３００のカバーを開いた状態の前方斜視図、図１３はパソコン３００の撮影光学系３０３の断面図、図１４は図１２の側面図である。図１２～図１４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。

【０１１１】

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よい。

【０１１２】

この撮影光学系３０３は、撮影光路３０４上に、例えば実施例１のズームレンズ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。

【０１１３】

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１２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。

【０１１４】

次に、本発明の結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１５に示す。図１５（ａ）は携帯電話４００の正

10

20

30

40

50

面図、図 15 (b) は側面図、図 15 (c) は撮影光学系 405 の断面図である。図 15 (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。

【0115】

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 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。

10

【0116】

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 のズームレンズが用いられる。これらは、携帯電話 400 に内蔵されている。

【0117】

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。

20

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、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。

【0118】

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。

【図面の簡単な説明】

【0119】

【図 1】本発明の実施例 1 にかかるズームレンズの (a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端における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。

30

【図 2】実施例 1 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端での状態を示している。

【図 3】本発明の実施例 2 にかかるズームレンズの (a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端における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 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端での状態を示している。

【図 5】本発明の実施例 3 にかかるズームレンズの (a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端における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。

40

【図 6】実施例 3 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端での状態を示している。

【図 7】本発明の実施例 4 にかかるズームレンズの (a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端における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 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端での状態を示している。

【図 9】本発明によるズーム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

50

視図である。

【図 1 0】デジタルカメラ 4 0 の後方斜視図である。

【図 1 1】デジタルカメラ 4 0 の光学構成を示す断面図である。

【図 1 2】本発明のズーム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 3 0 0 のカバーを開いた状態の前方斜視図である。

【図 1 3】パソコン 3 0 0 の撮影光学系 3 0 3 の断面図である。

【図 1 4】パソコン 3 0 0 の側面図である。

【図 1 5】本発明のズーム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 4 0 0 の正面図、(b)は側面図、(c)は撮影光学系 4 0 5 の断面図である。

10

【符号の説明】

【 0 1 2 0 】

G 1	第 1 レンズ群
G 2	第 2 レンズ群
G 3	第 3 レンズ群
G 4	第 4 レンズ群
G 5	第 5 レンズ群
L 1 ~ L 1 0	各レンズ
L P F	ローパスフィルタ
C G	カバーガラス
I	撮像面
E	観察者の眼球
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	ズームレンズ
4 9	C C D
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
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

20

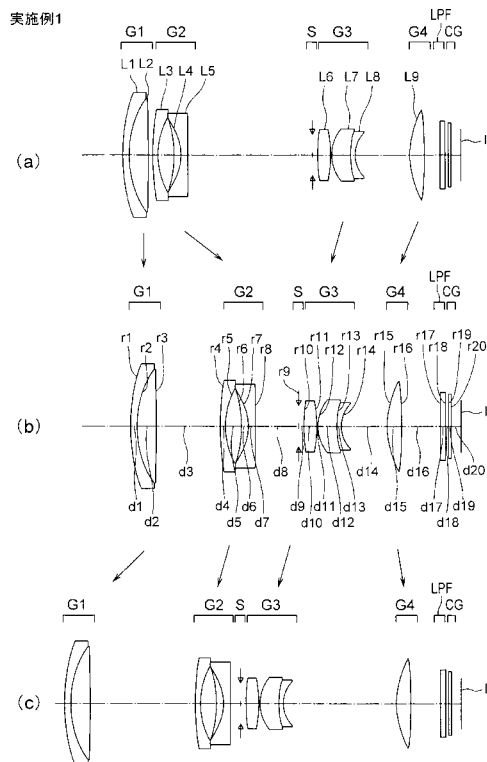
30

40

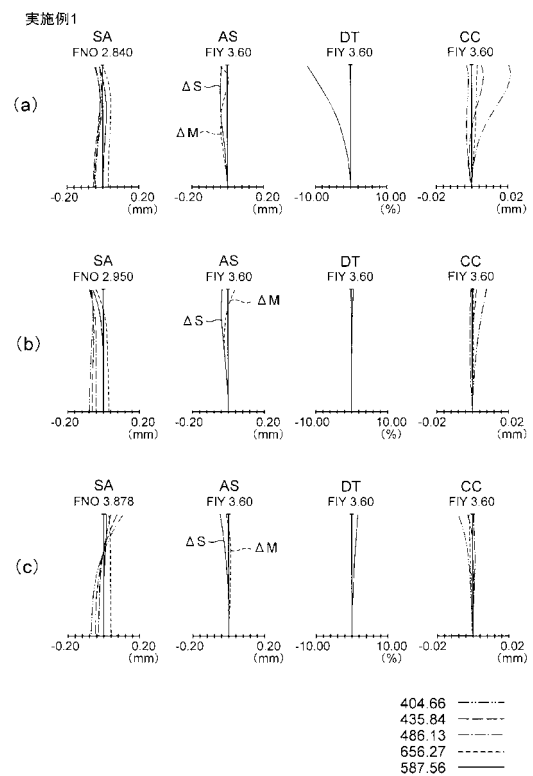
50

4 0 0	携帯電話
4 0 1	マイク部
4 0 2	スピーカ部
4 0 3	入力ダイヤル
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

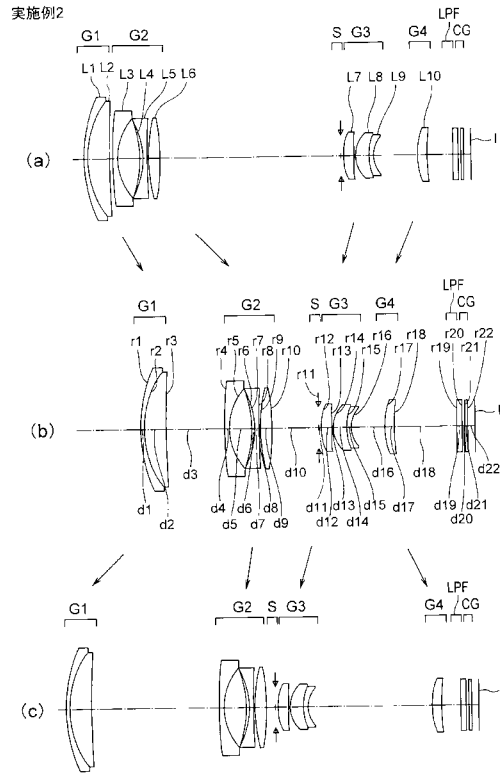
【 図 1 】



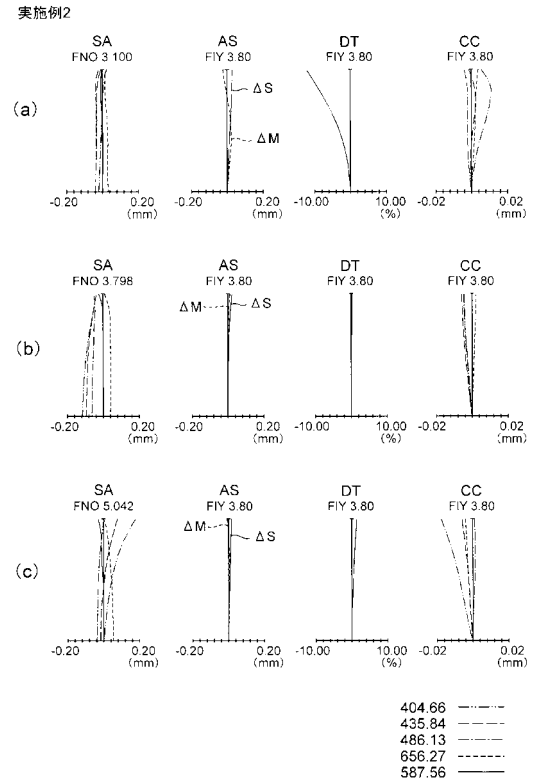
【 図 2 】



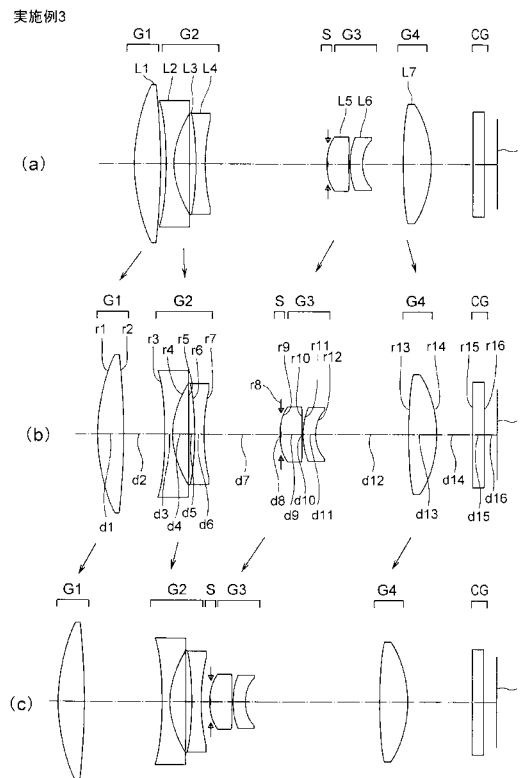
【 図 3 】



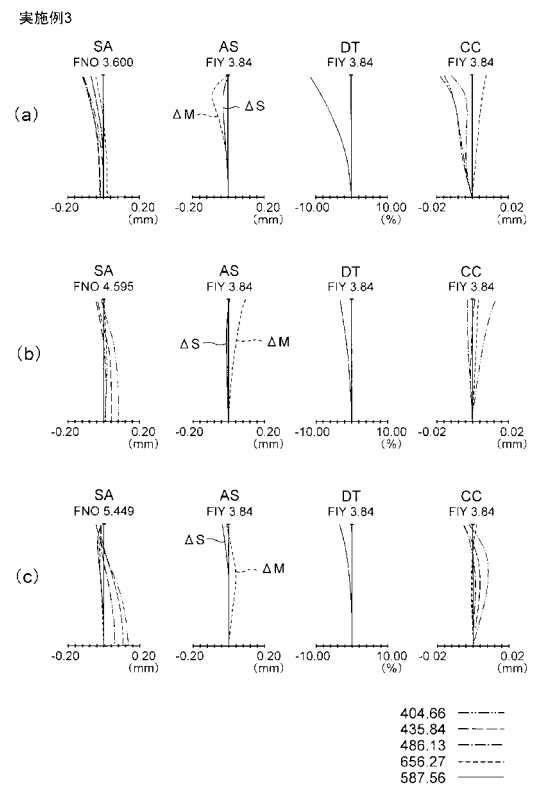
【 図 4 】



【 図 5 】

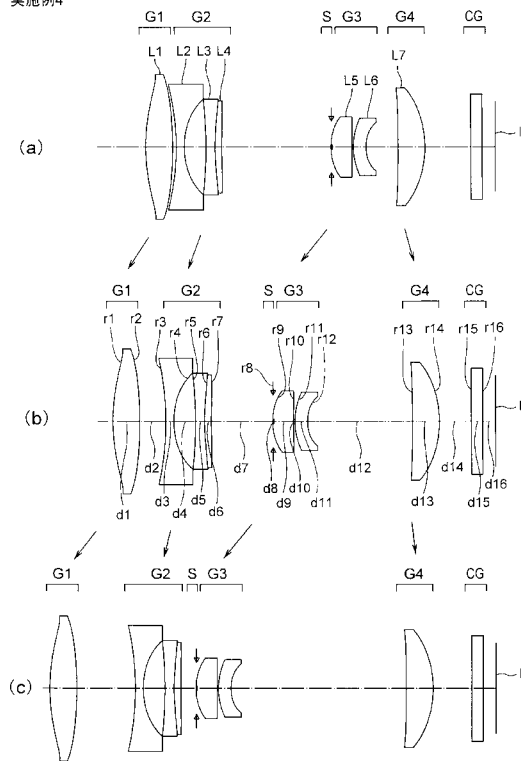


【 図 6 】



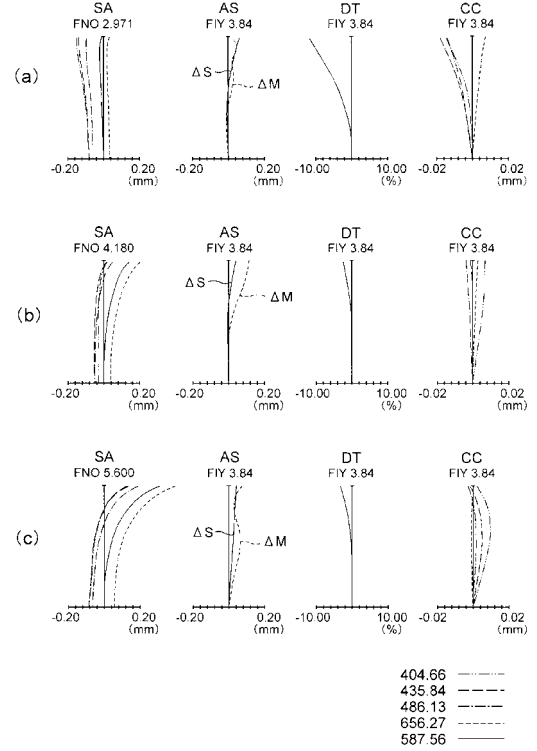
【 図 7 】

実施例4

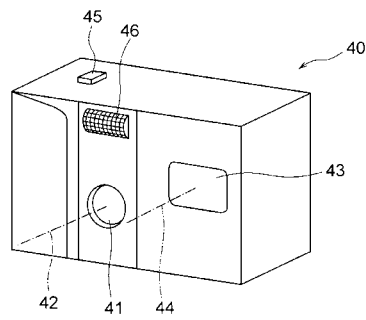


【 図 8 】

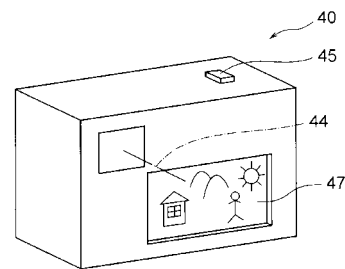
実施例4



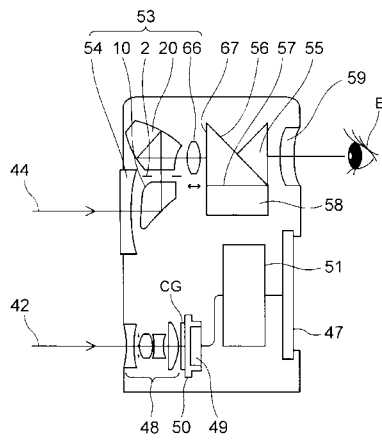
【 図 9 】



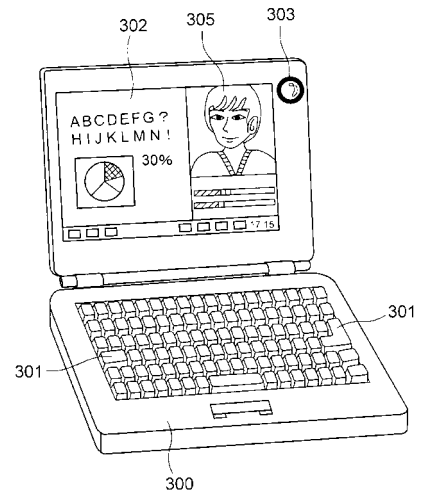
【 図 10 】



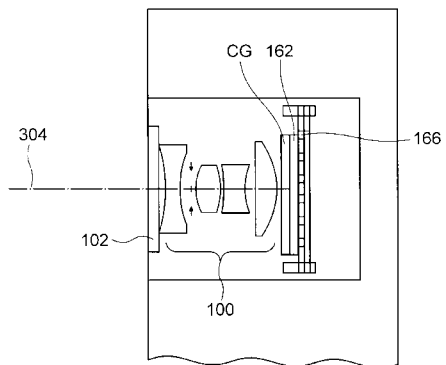
【図 1 1】



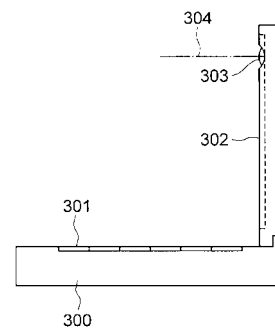
【図 1 2】



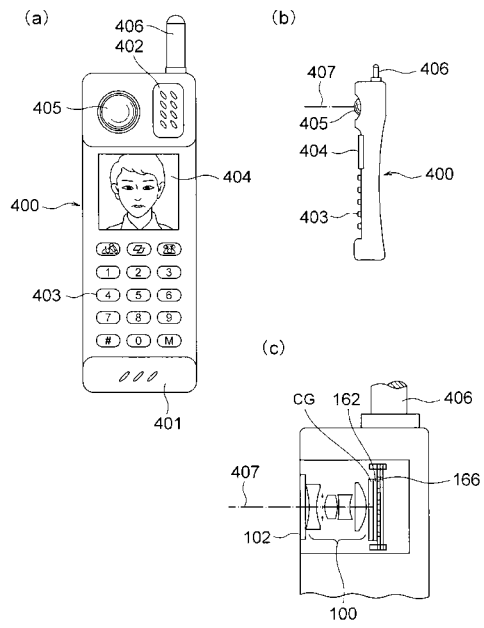
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA01 LA01 PA06 PA07 PA18 PA20 PB07 PB09 PB10 QA02
QA06 QA07 QA12 QA14 QA17 QA21 QA22 QA25 QA26 QA34
QA37 QA42 QA45 RA05 RA12 RA13 RA36 RA41 RA42 RA43
SA23 SA27 SA29 SA32 SA62 SA63 SA64 SA65 SB02 SB03
SB14 SB15 SB23 SB24 SB32