

(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2009-169082

(P2009-169082A)

(43) 公開日 平成21年7月30日(2009.7.30)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 15/20 (2006.01)	G O 2 B 15/20	2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G O 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 57 頁)

(21) 出願番号	特願2008-6871 (P2008-6871)	(71) 出願人	504371974
(22) 出願日	平成20年1月16日 (2008.1.16)		オリンパスイメージング株式会社
		(74) 代理人	100123962
			弁理士 斎藤 圭介
		(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
		(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	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

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】 小型化・薄型化した結像光学系等において、高変倍比化時厳しく求められる色収差を良好に行なえる結像光学系を提供すること。

【解決手段】 最も物体側に配置されたレンズ群と、レンズ群の像側に配置された開口絞りと、レンズ群と開口絞りの間に配置された負の屈折力を有するレンズ群を備え、

負の屈折力を有するレンズ群が、正レンズ L_{AP} と負レンズ L_{AN} が接合された接合レンズ成分を含み、

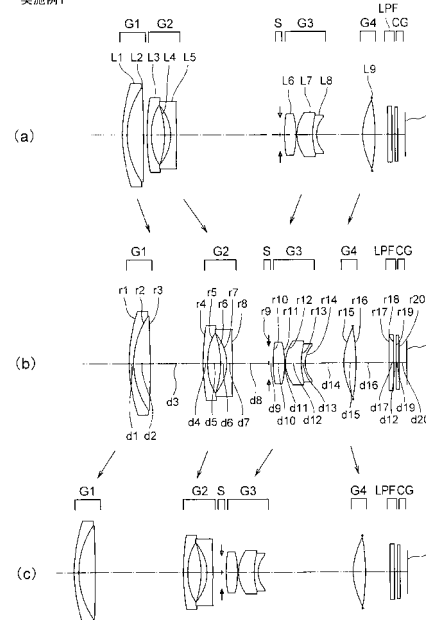
変倍を行う結像光学系であって、

横軸を $v dp$ 、及び縦軸を θgFp とする直交座標系において、

$\theta gFp = \alpha p \times v dp + \beta p$ (但し、 $\alpha p = -0.00163$)

で表される直線を設定したときに、以下の条件式(1)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(2)で定まる領域との両方の領域に、正レンズ L_{AP} の θgF 及び $v dp$ が含まれることを特徴とする。

実施例1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

最も物体側に配置されたレンズ群と、該レンズ群の像側に配置された開口絞りと、前記レンズ群と前記開口絞りの間に配置された負の屈折力を有するレンズ群を備え、

前記負の屈折力を有するレンズ群が、正レンズ L_{AP} と負レンズ L_{AN} が接合された接合レンズ成分を含み、

前記レンズ群と前記負の屈折力を有するレンズ群の間隔を変えて変倍を行う結像光学系であって、

横軸を v_{dp} 、及び縦軸を θ_{gFp} とする直交座標系において、

$$\theta_{gFp} = \alpha_p \times v_{dp} + \beta_p \quad (\text{但し、} \alpha_p = -0.00163) \quad 10$$

で表される直線を設定したときに、以下の条件式 (1) 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 (2) で定まる領域との両方の領域に、前記正レンズ L_{AP} の θ_{gF} 及び v_{dp} が含まれることを特徴とする結像光学系。

$$0.6650 < \beta_p < 0.9000 \quad \cdots (1)$$

$$3 < v_{dp} < 27 \quad \cdots (2)$$

ここで、 θ_{gFp} は部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、 v_{dp} はアッペ数、 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ 、 n_d 、 n_C 、 n_F 、 n_g は各々 d 線、C 線、F 線、g 線の屈折率である。

【請求項 2】

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

$$\theta_{hgp} = \alpha_{hgp} \times v_d + \beta_{hgp} \quad (\text{但し、} \alpha_{hgp} = -0.00225) \quad 20$$

で表される直線を設定したときに、以下の条件式 (3) 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 (2) で定まる領域との両方の領域に、前記正レンズ L_{AP} の θ_{hgp} と v_d 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。

$$0.6200 < \beta_{hgp} < 0.9500 \quad \cdots (3)$$

$$3 < v_d < 27 \quad \cdots (2)$$

ここで、 θ_{hgp} は部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ 、 n_h は h 線の屈折率である。

【請求項 3】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の結像光学系。

$$0.07 \leq \theta_{gFp} - \theta_{gFn} \leq 0.50 \quad \cdots (4) \quad 30$$

ここで、 θ_{gFp} は前記正レンズ L_{AP} の部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、 θ_{gFn} は前記負レンズ L_{AN} の部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ である。

【請求項 4】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 3 に記載の結像光学系。

$$0.10 \leq \theta_{hgp} - \theta_{hgn} \leq 0.60 \quad \cdots (5)$$

ここで、 θ_{hgp} は前記正レンズ L_{AP} の部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ 、 θ_{hgn} は前記負レンズ L_{AN} の部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ である。

【請求項 5】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 3 または請求項 4 に記載の結像光学系。

$$v_{dp} - v_{dn} \leq -10 \quad \cdots (6) \quad 40$$

ここで、 v_{dp} は前記正レンズ L_{AP} のアッペ数 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ 、 v_{dn} は前記負レンズ L_{AN} のアッペ数 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ である。

【請求項 6】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 の何れか 1 項に記載の結像光学系。

$$1.55 \leq n_{dp} \leq 1.80 \quad \cdots (7)$$

ここで、 n_{dp} は前記正レンズ L_{AP} の d 線に対する屈折率である。

【請求項 7】

前記正レンズ L_{AP} の材質はエネルギー硬化型樹脂であり、前記負レンズ L_{AN} 上に直接成形する方式で接合レンズを形成することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 の何れか 1 項 50

に記載の結像光学系。

【請求項 8】

前記接合レンズ成分は、接合面が非球面になっていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 の何れか 1 項に記載の結像光学系。

【請求項 9】

前記正レンズ L_{AP} の面形状は、その近軸曲率半径による球面レンズのときと比べて光軸から離れるほど光束収斂性が弱まる形状であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 の何れか 1 項に記載の結像光学系。

【請求項 10】

前記接合レンズ成分は負の屈折力を有し、

前記負の屈折力を有するレンズ群は、最も物体側に配置された前記接合レンズ成分と、該接合レンズ成分の像側配置された少なくとも 1 枚の正レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 の何れか 1 項に記載の結像光学系。

【請求項 11】

前記負の屈折力を有するレンズ群は、最も物体側に配置された負の単レンズと、該負の単レンズの像側に続いて配置された前記接合レンズ成分を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 の何れか 1 項に記載の結像光学系。

【請求項 12】

前記負の屈折力を有するレンズ群は、最も像側に配置された前記接合レンズ成分を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 の何れか 1 項に記載の結像光学系。

【請求項 13】

請求項 1～12 の何れか 1 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し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、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次の条件式を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$0.7 < y_{07} / (fw \cdot \tan \omega_{07w}) < 0.98 \quad \cdots (17)$$

ここで、 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 $y_{07} = 0.7 \cdot y_{10}$ として表され、 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 は前記ズームレンズの広角端における全系の焦点距離である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像モジュールに使用される結像光学系、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ている。このようなデジタルカメラは、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。

【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 の光学系がある。特許文献 1 の光学系は、正先行型のズーム光学系である。この光学系は、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。そして、実施例には、ズーム比が 5 乃至 10、広角端に

10

20

30

40

50

おける F 値は 2.4 でありながら高い結像性能を有する光学系が開示されている。

【0004】

また、色収差を良好に補正しながら光学系の薄型化を図った例として、特許文献 2 に開示された光学系がある。特許文献 2 では、光学材料として、従来のガラスにはない特性を有する材料を用いている。この光学系では、従来のガラスと異なる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。これにより、色収差を良好に補正しながら、レンズ要素を薄くするかレンズ構成枚数を削減するなどして薄型化を実現している。

【0005】

【特許文献 1】特開 2003-255228 号公報

【特許文献 2】特開 2006-145823 号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

レンズ鏡筒ユニットを収納する方法として、カメラ筐体の厚み（奥行き）方向に収納する方法がある。この方法を用いた構造は、沈胴式鏡筒と呼ばれる。この沈胴式鏡筒は特許文献 1 の光学系にも適用可能である。しかしながら、特許文献 1 の光学系では、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。また、薄型化を行なった場合、色収差の補正も容易ではない。

【0007】

また、特許文献 2 では、透明媒質を用いたレンズの利用（例えば、配置場所）が必ずしも適切ではないため、十分に色収差の補正と薄型化が出来ていないと言い難い。

20

【0008】

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なえる結像光学系およ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】

【0009】

上記目的を達成するため、本発明による光学系は、最も物体側に配置されたレンズ群と、該レンズ群の像側に配置された開口絞りと、前記レンズ群と前記開口絞りの間に配置された負の屈折力を有するレンズ群を備え、前記負の屈折力を有するレンズ群が、正レンズ L_{AP} と負レンズ L_{AN} が接合された接合レンズ成分を含み、前記レンズ群と前記負の屈折力を有するレンズ群の間隔を変えて変倍を行う結像光学系であって、横軸を v_{dp} 、及び縦軸を θ_{gFp} とする直交座標系において、

30

$$\theta_{gFp} = \alpha_p \times v_{dp} + \beta_p \quad (\text{但し、} \alpha_p = -0.00163)$$

で表される直線を設定したときに、以下の条件式 (1) 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 (2) で定まる領域との両方の領域に、前記正レンズ L_{AP} の θ_{gF} 及び v_{dp} が含まれることを特徴とするものである。

$$0.6650 < \beta_p < 0.9000 \quad \dots (1)$$

$$3 < v_{dp} < 27 \quad \dots (2)$$

ここで、 θ_{gFp} は部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、 v_{dp} はアッベ数、 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ 、 n_d 、 n_C 、 n_F 、 n_g は各々 d 線、C 線、F 線、g 線の屈折率である。

40

【0010】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記直交座標とは別の、横軸を v_d 、及び縦軸を θ_{hgp} とする直交座標系において、

$$\theta_{hgp} = \alpha_{hgp} \times v_{dp} + \beta_{hgp} \quad (\text{但し、} \alpha_{hgp} = -0.00225)$$

で表される直線を設定したときに、以下の条件式 (3) 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 (2) で定まる領域との両方の領域に、前記正レンズ L_{AP} の θ_{hgp} と v_{dp} が含まれることを特徴とするものである。

$$0.6200 < \beta_{hgp} < 0.9500 \quad \dots (3)$$

$$3 < v_{dp} < 27 \quad \dots (2)$$

50

ここで、 θ_{hgp} は部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ 、 n_h はh線の屈折率である。

【0011】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件を満足することを特徴とするものである。

$$0.07 \leq \theta_{gFp} - \theta_{gFn} \leq 0.50 \quad \cdots (4)$$

ここで、 θ_{gFp} は前記正レンズ L_{AP} の部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、 θ_{gFn} は前記負レンズ L_{AN} の部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ である。

【0012】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件を満足することを特徴とするものである。

$$0.10 \leq \theta_{hgp} - \theta_{hgn} \leq 0.60 \quad \cdots (5)$$

ここで、 θ_{hgp} は前記正レンズ L_{AP} の部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ 、 θ_{hgn} は前記負レンズ L_{AN} の部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ である。

【0013】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件を満足することを特徴とするものである。

$$v_{dp} - v_{dn} \leq -1.0 \quad \cdots (6)$$

ここで、 v_{dp} は前記正レンズ L_{AP} のアッベ数 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ 、 v_{dn} は前記負レンズ L_{AN} のアッベ数 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ である。

【0014】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件を満足することを特徴とするものである。

$$1.55 \leq n_{dp} \leq 1.80 \quad \cdots (7)$$

ここで、 n_{dp} は前記正レンズ L_{AP} のd線に対する屈折率である。

【0015】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記正レンズ L_{AP} の材質はエネルギー硬化型樹脂であり、前記負レンズ L_{AN} 上に直接成形する方式で接合レンズを形成することを特徴とするものである。

【0016】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記接合レンズ成分は、接合面が非球面になっていることを特徴とするものである。

【0017】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記正レンズ L_{AP} の面形状は、その近軸曲率半径による球面レンズのときと比べて光軸から離れるほど光束収斂性が弱まる形状であることを特徴とするものである。

【0018】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記接合レンズ成分は負の屈折力を有し、前記負の屈折力を有するレンズ群は、最も物体側に配置された前記接合レンズ成分と、該接合レンズ成分の像側配置された少なくとも1枚の正レンズを有することを特徴とするものである。

【0019】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記負の屈折力を有するレンズ群は、最も物体側に配置された負の単レンズと、該負の単レンズの像側に続いて配置された前記接合レンズ成分を有するものである。

【0020】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記負の屈折力を有するレンズ群は、最も像側に配置された前記接合レンズ成分を有することを特徴とするものである。

【0021】

また、本発明の電子撮像装置は、上述した本発明のいずれかの結像光学系と、電子撮像素子と、前記結像光学系を通じて結像した像を前記電子撮像素子で撮像することによって

10

20

30

40

50

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、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次の条件式を満足する。

$$0.7 < y_{07} / (fw \cdot \tan \omega_{07w}) < 0.98 \quad \cdots (17)$$

ここで、 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 $y_{07} = 0.7 \cdot y_{10}$ として表され、 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 は前記ズームレンズの広角端における全系の焦点距離である。

【発明の効果】

【0022】

10

本発明によれば、光学系の薄型化と高変倍比化を両立させつつ、高変倍比化において特に厳しく求められる色収差が良好に補正された結像光学系を獲得することができる。また、電子撮像装置にこのような結像光学系を用いることで、画像の鮮鋭化、色にじみの発生の防止が図れる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

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。なお、近軸焦点距離が正の値のレンズを正レンズ、近軸焦点距離が負の値のレンズを負レンズとする。

【0024】

20

本実施形態の結像光学系は、最も物体側に配置されたレンズ群と、このレンズ群の像側に配置された開口絞りと、レンズ群と開口絞りの間に配置された負の屈折力を有するレンズ群を備えている。そして、負の屈折力を有するレンズ群が、正レンズ L_{AP} と負レンズ L_{AN} が接合された接合レンズ成分を含んでいる。さらに、本実施形態の結像光学系は、最も物体側に配置されたレンズ群と負の屈折力を有するレンズ群の間隔を変えて変倍を行う光学系である。

【0025】

そして、本実施形態の結像光学系では、横軸を vdp 、及び縦軸を θgFp とする直交座標系において、

$$\theta gFp = \alpha p \times vdp + \beta p \quad (\text{但し、} \alpha p = -0.00163)$$

30

で表される直線を設定したときに、以下の条件式（1）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（2）で定まる領域との両方の領域に、前記正レンズ L_{AP} の θgF 及び vdp が含まれている。

$$0.6650 < \beta p < 0.9000 \quad \cdots (1)$$

$$3 < vdp < 27 \quad \cdots (2)$$

ここで、 θgFp は部分分散比 $(ng - nF) / (nF - nC)$ 、 vdp はアッペ数、 $(nd - 1) / (nF - nC)$ 、 nd 、 nC 、 nF 、 ng は各々d線、C線、F線、g線の屈折率である。

【0026】

条件式（1）の上限値を上回る場合、二次スペクトルによる軸上色収差が補正過剰となる。そのため、撮像した画像において、画像の鮮鋭さを確保しづらい。また、条件式（1）の下限値を下回る場合、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、撮像した画像において、画像の鮮鋭さを確保しづらい。

40

【0027】

また、条件式（2）の上限値を上回る場合、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。そのため、撮像した画像において、画像の鮮鋭さを確保しづらい。下限値を下回る場合も、上限値を上回った場合と同じ問題が生じる。

【0028】

なお、条件式（1）に代えて、次の条件式（1'）を満足すると、より好ましい。

$$0.6800 < \beta p < 0.8700 \quad \cdots (1')$$

50

さらに、条件式（１）に代えて、次の条件式（１＂）を満足すると、より一層好ましい。

$$0.6900 < \beta_p < 0.8500 \quad \dots (1'')$$

【００２９】

ところで、条件（１）（２）を満足する光学材料を、ガラス材料のなかから入手するのは困難である。一方、樹脂など有機材料、あるいは、有機・無機材料であれば、条件（１）（２）を満足する光学材料を容易に実現できる可能性がある。ここで、有機・無機材料とは、有機材料に無機微粒子を拡散させて光学特性を変えた材料のことである。よって、正レンズ L_{AP} の光学材料としては、樹脂など有機材料、あるいは、有機・無機材料を用いるのが良い。

10

【００３０】

また、正レンズ L_{AP} の光学材料として、条件（１）（２）を満たす光学材料を用いる場合は、光学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、接合レンズ成分の製造においては、正レンズ L_{AP} を負レンズ L_{AN} 上に直接成形する方式とするのが好ましい。このように、正レンズ L_{AP} にエネルギー硬化型樹脂を用いることで、接合レンズ成分を出来る限り薄く加工（成形）することができる。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 TiO_2 などの無機微粒子を拡散させた複合材料がある。このように、本実施形態では、接合レンズ成分における接合は、従来のような接合剤（接着材）を用いる方法とは異なっている。

【００３１】

また、本実施形態の結像光学系では、上記の直交座標（横軸を v_d 、及び縦軸を θ_{gF} とする直交座標）とは別の、横軸を v_d 、及び縦軸を θ_{hgp} とする直交座標系において、

$$\theta_{hgp} = \alpha_{hgp} \times v_{dp} + \beta_{hgp} \quad (\text{但し、} \alpha_{hgp} = -0.00225)$$

で表される直線を設定したときに、以下の条件式（３）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（２）で定まる領域との両方の領域に、前記正レンズ L_{AP} の θ_{hgp} と v_{dp} が含まれる。

$$0.6200 < \beta_{hgp} < 0.9500 \quad \dots (3)$$

$$3 < v_{dp} < 27 \quad \dots (2)$$

ここで、 θ_{hgp} は部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ 、 n_h は h 線の屈折率である。

【００３２】

条件式（３）の上限値を上回る場合、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 線で色消しをしたときの 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。また、条件式（３）の下限値を下回る場合、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 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。

30

【００３３】

なお、条件式（３）に代えて、次の条件式（３＇）を満足すると、より好ましい。

$$0.6400 < \beta_{hg} < 0.9200 \quad \dots (3')$$

また、条件式（３）に代えて、次の条件式（３＂）を満足すると、より一層好ましい。

$$0.6700 < \beta_{hg} < 0.9000 \quad \dots (3'')$$

40

【００３４】

また、本実施形態の結像光学系では、以下の条件式（４）を満足するのが好ましい。

$$0.07 \leq \theta_{gFp} - \theta_{gFn} \leq 0.50 \quad \dots (4)$$

ここで、 θ_{gFp} は前記正レンズ L_{AP} の部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、 θ_{gFn} は前記負レンズ L_{AN} の部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ である。

【００３５】

条件式（４）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が大きくなる。その結果、撮像した画像において、画像の鮮鋭性が増す。

【００３６】

50

なお、条件式 (4) に代えて、次の条件式 (4') を満足すると、より好ましい。

$$0.09 \leq \theta_{gFp} - \theta_{gFn} \leq 0.40 \quad \dots (4')$$

また、条件式 (4) に代えて、次の条件式 (4'') を満足すると、より一層好ましい。

$$0.11 \leq \theta_{gFp} - \theta_{gFn} \leq 0.30 \quad \dots (4'')$$

【0037】

また、本実施形態の結像光学系では、以下の条件式 (5) を満足するのが好ましい。

$$0.10 \leq \theta_{hgp} - \theta_{hgn} \leq 0.60 \quad \dots (5)$$

ここで、 θ_{hgp} は前記正レンズ L_{AP} の部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ 、 θ_{hgn} は前記負レンズ L_{AN} の部分分散比 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ である。

【0038】

条件式 (5) を満足すると、撮像した画像において、色フレアや色にじみを軽減できる。

【0039】

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。

$$0.13 \leq \theta_{hgp} - \theta_{hgn} \leq 0.55 \quad \dots (5')$$

また、条件式 (5) に代えて、次の条件式 (5'') を満足すると、より一層好ましい。

$$0.16 \leq \theta_{hgp} - \theta_{hgn} \leq 0.50 \quad \dots (5'')$$

【0040】

また、本実施形態の結像光学系では、以下の条件式 (6) を満足するのが好ましい。

$$v_{dp} - v_{dn} \leq -1.0 \quad \dots (6)$$

ここで、 v_{dp} は前記正レンズ L_{AP} のアッベ数 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ 、 v_{dn} は前記負レンズ L_{AN} のアッベ数 $(n_d - 1) / (n_F - n_C)$ である。

【0041】

条件式 (6) を満足すると、軸上色収差、倍率色収差のうちの C 線と F 線の色消しが良好に行なえる。

【0042】

なお、条件式 (6) に代えて、次の条件式 (6') を満足すると、より好ましい。

$$v_{dp} - v_{dn} \leq -1.7 \quad \dots (6')$$

また、条件式 (6) に代えて、次の条件式 (6'') を満足すると、より一層好ましい。

$$v_{dp} - v_{dn} \leq -2.4 \quad \dots (6'')$$

【0043】

また、結像光学系がズーム光学系の場合、高変倍化と薄型化を両立させるためには、負の屈折力を有するレンズ群において、その屈折力を高める必要がある。そこで、本実施形態の結像光学系では、以下の条件式 (7) を満足するのが好ましい。

$$1.55 \leq n_{dp} \leq 1.80 \quad \dots (7)$$

ここで、 n_{dp} は正レンズ L_{AP} の d 線に対する屈折率である。

【0044】

負の屈折力を有するレンズ群の正レンズでは、その光学材料の d 線の屈折率 n_{dp} はやや低目が好ましい。条件式 (7) の上限値を上回ると薄型化の点で不利になりやすい。一方、下限値を下回ると、非点収差を補正する上で不利になりやすい。

【0045】

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。

$$1.58 \leq n_{dp} \leq 1.77 \quad \dots (7')$$

また、条件式 (7) に代えて、次の条件式 (7'') を満足すると、より一層好ましい。

$$1.60 \leq n_{dp} \leq 1.75 \quad \dots (7'')$$

【0046】

また、本実施形態の結像光学系では、以下の条件式 (8) を満足するのが好ましい。

$$1.52 \leq n_{dn} \leq 2.40 \quad \dots (8)$$

ここで、 n_{dn} は負レンズ L_{AN} の d 線に対する屈折率である。

【0047】

10

20

30

40

50

条件式(8)の上限値を上回ると薄型化の点で不利になりやすい。一方、下限値を下回る非点収差を補正する上で不利になりやすい。

【0048】

なお、条件式(8)に代えて、次の条件式(8')を満足すると、より好ましい。

$$1. \quad 58 \leq n_{dn} \leq 2.30 \quad \cdots (8')$$

また、条件式(8)に代えて、次の条件式(8'')を満足すると、より一層好ましい。

$$1. \quad 67 \leq n_{dn} \leq 2.20 \quad \cdots (8'')$$

【0049】

上述のように、本実施形態の結像光学系では、負の屈折力を有するレンズ群が接合レンズ成分を含んでいる。この接合レンズ成分は、正レンズ L_{AP} と負レンズ L_{AN} が接合されたものである。ここで、この接合レンズ成分においては、正レンズ L_{AP} を負レンズ L_{AN} 上に直接成形することが好ましい。このような成形方法の場合は、接合面を非球面にすることが容易である。そこで、このような成形方法を用いることで、本実施形態の結像光学系においても、接合レンズ成分の接合面を非球面とするのが好ましい。

【0050】

本実施形態の結像光学系では、正レンズ L_{AP} に用いられる媒質(光学材料)と負レンズ L_{AN} に用いられる媒質(光学材料)とで、アッベ数や部分分散比が異なる。アッベ数や部分分散比が異なる媒質を接合した場合、その接合面を非球面にすると、倍率色収差の像高に関する高次成分や、高次の色収差成分の補正に効果がある。高次の色収差成分としては、色コマ収差、色の球面収差などである。このように、接合面を非球面にすると、通常

10

20

【0051】

本実施形態の結像光学系では、開口絞りよりも物体側に負レンズ群が位置している。特に、この負レンズ群の接合面を非球面化した場合、広角側(広角端)における倍率色収差の像高に関する高次成分、色コマ収差の補正について、著しい効果を得ることができる。さらに、接合面の非球面化と共に、前記条件(1)から(6)を満たすとより良い。

【0052】

ところで、本実施形態の説明では、接合面の形状を下記の式(9)で表す。

$$z = h^2 / [R \{1 + \{1 - (1 + k) h^2 / R^2\}^{1/2}\}] + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} + \cdots \quad (9)$$

30

【0053】

上述のように、本実施形態の結像光学系は、負の屈折力を有するレンズ群に接合レンズを有する。そして、この接合レンズの接合面に非球面が用いられている。ここで、どのレンズ成分を接合レンズにするかについては、物体側から2番目以降の負レンズ成分を接合レンズにする場合と、物体側から最初の負レンズ成分を接合レンズにする場合とがある。

【0054】

まず、物体側から2番目以降の負レンズ成分を接合レンズにする場合について説明する。この場合、接合レンズの接合面の形状は上記の式(9)に従う形状である。そして、以下の条件式(10)あるいは(11)を満足するのが好ましい。

【0055】

条件式(10)は、接合面の近軸曲率半径 R_{AC} が正の値の場合、すなわち、接合レンズ成分が物体側から負レンズ L_{AN} 、正レンズ L_{AP} の順に構成されている場合である。この場合、以下の条件式(10)を満足するのが好ましい。

$$z_{AC}(h) < h^2 / [R_{AC} \{1 + \{1 - h^2 / R_{AC}^2\}^{1/2}\}] \quad \cdots (10)$$

【0056】

また、条件式(11)は、接合面の近軸曲率半径 R_{AC} が負の値の場合、すなわち、接合レンズ成分が物体側から正レンズ L_{AP} 、負レンズ L_{AN} の順に構成されている場合である。この場合、以下の条件式(11)を満足するのが好ましい。

$$z_{AC}(h) > h^2 / [R_{AC} \{1 + \{1 - h^2 / R_{AC}^2\}^{1/2}\}] \quad \cdots (11)$$

【0057】

40

50

なお、条件式(10)及び(11)において、 z_{AC} は接合レンズにおける接合面の形状であって、上記式(9)に従う形状であり、 $h=2.5a$ である。また、 a は以下の式(12)で表される。また、 y_{10} は本発明のズーム光学系の結像位置近傍に配置された電子撮像素子の有効撮像面内(撮像可能な面内)において、中心から最も遠い点までの距離(最大像高)である。また、 f_w は前記ズーム光学系の広角端における全系の焦点距離で、 γ はズーム比(望遠端での全系焦点距離/広角端での全系焦点距離)である。

$$a = (y_{10})^2 \cdot \log_{10} \gamma / f_w \quad \dots (12)$$

【0058】

次に、物体側から最初の負レンズ成分を接合レンズにする場合について説明する。この場合は、近軸曲率半径 R_{AC} が正負に関係なく、常に条件式(11)を満足するのが好ましい。

10

【0059】

z_{AC} が条件式(10)の上限値を上回る場合、あるいは(11)の下限値を下回る場合、広角端近傍において、倍率色収差の像高に関する高次成分や、色コマ収差の補正効果を十分に得ることができない。なお、条件式(10)あるいは条件式(11)は接合面が非球面の場合に満足することが好ましい。接合面が球面の場合、条件式(10)及び条件式(11)において、左辺の値と右辺の値は同じになる。

【0060】

また、本実施形態の結像光学系は、以下の条件式(13)を満足するのが好ましい。

$$0.05 \leq |z_{AP}(h) - z_{AC}(h)| / t_p \leq 0.96 \quad \dots (13)$$

20

ここで、 z_{AP} は正レンズ L_{AP} の空気接触側面の形状であって、上記式(9)に従う形状であり、 $h=2.5a$ である。また、 a は上記の式(12)で表される。また、 t_p は正レンズ L_{AP} の光軸上の厚みであり、また、常に $z(0)=0$ である。

【0061】

z_{AP} が条件式(13)の上限値を上回ると、正レンズ L_{AP} を薄く加工するときに周辺部の縁肉確保が困難になる。また、下限を下回ると、色収差の補正が不十分になりやすい。

【0062】

なお、条件式(13)に代えて、次の条件式(13')を満足すると、より好ましい。

$$0.10 \leq |z_{AP}(h) - z_{AC}(h)| / t_p \leq 0.93 \quad \dots (13')$$

さらに、条件式(13)に代えて、次の条件式(13'')を満足すると、より一層好ましい。

30

$$0.15 \leq |z_{AP}(h) - z_{AC}(h)| / t_p \leq 0.9 \quad \dots (13'')$$

【0063】

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。

$$0.3 \leq t_p / t_n \leq 1.4 \quad \dots (14)$$

ここで、 t_p は正レンズ L_{AP} の光軸上の厚み、 t_n は負レンズ L_{AN} の光軸上の厚みである。

【0064】

上述のように、本実施形態の結像光学系において、負の屈折力を有するレンズ群は、接合レンズ成分(正レンズ L_{AP} と負レンズ L_{AN})を有する。この接合レンズ成分は、負の屈折力を有するレンズ群中において、下記a乃至cのいずれかとなる配置であるほうが好ましい。

40

a. 接合レンズ成分を負の屈折力とし、最も物体側に配置する。そして、その像側には少なくとも1枚の正レンズを配置する。

b. 最も物体側に負の単レンズを配置する。そして、そのすぐ像側に接合レンズ成分を配置する。

c. 最も像側に接合レンズ成分を配置する。

【0065】

上記の配置であれば、色収差補正、高倍率化、非点収差補正においてそれぞれ高いレベルでの収差補正が実現できるので好ましい。

50

【0066】

なお、本実施形態の結像光学系の構成として、負レンズ群よりも物体側に、別のレンズ群を配置した構成も考えられる。そして、この別のレンズ群を正の屈折力とするのが好ましい。このようにすると、接合レンズ成分において接合面を非球面としたときの効果が、より顕著になる。この別のレンズ群は、最も物体側のレンズ群であっても、最も物体側のレンズ群とは別のレンズ群であっても良い。

【0067】

なお、本実施形態の結像光学系としては、物体側に配置されたレンズ群をG1、負の屈折力を有するレンズ群をG2としたとき、下記の構成をとることができる。

物体側から順に、レンズ群G1、レンズ群G2、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4つのレンズ群からなる構成。

10

【0068】

物体側から順に、レンズ群G1、レンズ群G2、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4つのレンズ群からなる構成。

【0069】

物体側から順に、レンズ群G1、レンズ群G2、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4つのレンズ群からなる構成。

【0070】

物体側から順に、レンズ群G1、レンズ群G2、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5つのレンズ群からなる構成。

20

【0071】

物体側から順に、レンズ群G1、レンズ群G2、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、正の屈折力を有するレンズ群G5の5つのレンズ群からなる構成。

【0072】

物体側から順に、レンズ群G1、レンズ群G2、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5つのレンズ群からなる構成。

【0073】

物体側から順に、レンズ群G1、レンズ群G2、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5つのレンズ群からなる構成。

30

【0074】

ところで、ここで無限遠物体を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、

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

が成立する。

ここで、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。

40

【0075】

一方、光学系に樽型の歪曲収差がある場合は、

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

となる。つまり、fとyとを一定の値とするならば、 ω は大きな値となる。

【0076】

そこで、電子撮像装置には、特に広角端近傍の焦点距離において、意図的に大きな樽型の歪曲収差を有した光学系を用いるのが良い。この場合、歪曲収差を補正しなくて済む分だけ、光学系の広画角化が達成できる。

【0077】

ただし、物体の像は、樽型の歪曲収差を有した状態で電子撮像素子上に結像する。そこ

50

で、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。

【0078】

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。

【0079】

そこで、結像光学系には、ほぼ無限遠物点合焦時に次の条件式（17）を満足するものを採用するのがよい。

$$0.7 < y_{07} / (fw \cdot \tan \omega_{07w}) < 0.98 \quad \cdots (17)$$

ここで、 y_{07} 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（最大像高）を y_{10} としたとき $y_{07} = 0.7 \cdot y_{10}$ として表され、 ω_{07w} は広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、 fw はズームレンズの広角端における全系の焦点距離である。

【0080】

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になる。また、光学系を肥大化させずに、結像光学系を明るい光学系とすることができる。

【0081】

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。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。

【0082】

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、光学系の非点収差の補正が十分に行えない。また、小型化を維持しながら、光学系を広画角化することが困難となる。

【0083】

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。

【0084】

このように、条件式（17）を満足することにより、非点収差を良好にすることができ、加えて、光学系の薄型化と大口径比化（例えば、広角端で $F/2.8$ よりも大きくする）が可能となる。

【0085】

なお、条件式（17）に代えて、次の条件式（17'）を満足すると、より好ましい。

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

さらに、条件式（17）に代えて、次の条件式（17''）を満足すると、より一層好ましい。

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

【0086】

次に、本実施形態の結像光学系について述べる。

本実施形態の結像光学系としては、4群構成の結像光学系と、5群構成の結像光学系とがある。4群構成の結像光学系における屈折力配置としては、以下の3つが考えられる。

正・負・(S)・正・正

10

20

30

40

50

正・負・(S)・負・正

正・負・(S)・正・負

なお、屈折力配置としては、正・負・(S)・正・正が好ましい、よって、実施例には、この屈折力配置の結像光学系が例示されている。

【0087】

また、5群構成の結像光学系における屈折力配置は、以下の4つが考えられる。

正・負・(S)・正・正・負

正・負・(S)・正・負・正

正・負・(S)・正・正・正

正・負・負・(S)・正・正

10

なお、屈折力配置としては、正・負・(S)・正・正・負、あるいは正・負・(S)・正・負・正が好ましい、よって、実施例には、この屈折力配置の結像光学系が例示されている。

【0088】

また、(S)は開口絞りを示している。開口絞りは、レンズ群とは独立である場合もあれば、そうでない場合もある。

【0089】

本実施形態の結像光学系は、群数に関係なく、物体側から正・負・正のレンズ群を順に有する。よって、正・負・正の構成を共通としている。さらに、開口絞りに着目すると、開口絞りよりも物体側に正のレンズ群と負のレンズ群を備えている。よって、本実施形態の結像光学系は、正・負・(S)・正の構成を基本構成としているといえることができる。

20

【0090】

そして、この基本構成において、絞りよりも物体側に配置された負のレンズ群に、下記のレンズ L_{AP} を用いている。

【0091】

なお、開口絞りよりも像側に、更に別のレンズ群を備えている場合は、正のレンズ群の像側、あるいは絞りと正のレンズ群の間に、この別のレンズ群が配置されているとみなすことができる。

【0092】

本実施形態の結像光学系は、正・負・正の3群構成を根源としている。4群構成の結像光学系は、この3群構成の結像光学系に、正レンズ群あるいは負レンズ群が加わったものである。また、5群構成の結像光学系は、正・負・正・正の4群構成の結像光学系に、正レンズ群あるいは負レンズ群が加わったものである。例えば、4群構成の結像光学系の構成を、物体側の3群（正・負・正）と最終群（正）とする。すると、5群構成の結像光学系は、物体側の3群と最終群の間に、正または負のレンズ群を配置したとみなすことができる。あるいは、5群構成の結像光学系は、最終群のさらに後ろに負のレンズ群を配置したとみなすこともできる。なお、正・負・負・(S)・正・正の構成に関しては、基本である正・負・(S)・正のうちの負のレンズ群を2つに分け、変倍時には別々に移動するようにし、その像側に正のレンズ群を加えたと見なせば良い。

30

【0093】

正・負・(S)・正・正の構成では、1番目の正のレンズ群は、1つのレンズ成分を有する。このレンズ成分は、正レンズ1枚、あるいは、正の単レンズと負のレンズを有する。ここで、このレンズ成分が正の単レンズと負のレンズで構成されている場合、このレンズ成分は接合レンズであっても良い。

40

【0094】

開口絞りよりも物体側にある負のレンズ群には、条件式(1)(2)を満足するレンズ L_{AP} が用いられている。なお、レンズ L_{AP} は、(1)に代わって(1')もしくは(1'')、また(2)に代わって(2')もしくは(2'')を満たすレンズであっても良い。なお、負のレンズ群が複数のレンズを接合してなる接合レンズを有し、この接合レンズにレンズ L_{AP} が用いられることが特に好ましい。なお、レンズ L_{AP} が用いられている接合レンズでは、接合面が非球面であることが好ましい。

50

【0095】

ここで、接合レンズは、正レンズと負レンズの接合レンズで構成されているのが好ましい。そして、上述のように、この接合レンズの正レンズには、条件式(1)(2)を満足するレンズ L_{AP} が用いられている。なお、レンズ L_{AP} は、(1)に代わって(1')もしくは(1'')、また(2)に代わって(2')もしくは(2'')を満たすレンズであっても良い。

【0096】

2番目の正のレンズ群は、1つのレンズ成分を有する。このレンズ成分は、正レンズと負レンズを有する。正レンズと負レンズは接合されていても良いが、接合されていなくても(各々が分離していても)良い。いずれにせよ、正レンズが物体側に位置するのが良い。なお、正レンズと負レンズが分離して配置されている場合、正レンズと負レンズのそれぞれを、1つのレンズ成分と見なすことができる。この場合、負のレンズ群は2つのレンズ成分で構成されているといえる。

10

【0097】

また、2番目の正のレンズ群は、更に別のレンズ成分を備えていても良い。この別のレンズ成分は、接合レンズを有するレンズ成分よりも物体側に配置されているのが良い。なお、2番目の正のレンズ群は、最も像側に負レンズがある構成が好ましい。

【0098】

3番目の正のレンズ群は1つのレンズ成分を有する。このレンズ成分は単レンズで構わない。更に別のレンズ成分を備えていても良い。

20

【0099】

この結像光学系では、負のレンズ群に続いて2つの正のレンズ群が配置されている。上述のように、変形例の光学系は、2番目と3番目の正のレンズ群の間に、別のレンズ群が配置されている。この別のレンズ群は、1つのレンズ成分を有する。このレンズ成分は単レンズで構成すればよい。

【0100】

続いて、群構成ごとに説明する。まず、4群構成の結像光学系について説明する。4群構成の結像光学系としては、物体側から順に、正の第1レンズ群G1、負の第2レンズ群G2、開口絞り、正の第3レンズ群G3、正の第4レンズ群G4という4つのレンズ群からなる。

30

【0101】

正の第1レンズ群G1は1つのレンズ成分を有する。このレンズ成分は、正の単レンズか、正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。接合レンズは、物体側から負レンズ、正レンズの順となるように構成するのが好ましい。

【0102】

負の第2レンズ群G2は2つのレンズ成分か3つのレンズ成分を有する。いずれの場合であっても、そのうちの1つのレンズ成分は、正レンズと負レンズで構成されている。

【0103】

レンズ成分が2つの場合、2つのレンズ成分のうち、一方のレンズ成分は負のレンズ成分であることが好ましい。また、他方のレンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。

40

【0104】

一方のレンズ成分が負の単レンズの場合、一方のレンズ成分は他方のレンズ成分よりも物体側に位置する。また、一方のレンズが接合レンズの場合、一方のレンズ成分は他方のレンズ成分よりも像側に位置する。この時、一方のレンズ成分は、正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。

【0105】

レンズ成分が3つの場合、上述のように、1つのレンズ成分は正レンズと負レンズで構成されている。このレンズ成分は、正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。接合レンズは、物体側から正レンズ、負レンズの順となるように構成するのが好ましい。

50

残りの2つのレンズ成分は、それぞれ正の単レンズと負の単レンズで構成されている。

【0106】

また、負の第2レンズ群G2の少なくとも1つの正レンズには、条件(1)、(2)を満足するレンズ L_{AP} が用いられている。なお、レンズ L_{AP} は、(1)に代わって(1')もしくは(1'')、また(2)に代わって(2')もしくは(2'')を満たすレンズであっても良い。なお、レンズ L_{AP} が用いられている接合レンズでは、接合面が非球面であることが好ましい。

【0107】

正の第3レンズ群G3は2つのレンズ成分を有する。2つのレンズ成分のうち、一方のレンズ成分は正のレンズ成分である。また、他方のレンズ成分は負レンズ、あるいは正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。また、一方のレンズ成分が他方のレンズ成分よりも物体側に位置するのが良い。また、正の第3レンズ群G3の最も像側は負レンズとするのが良い。

【0108】

ここで、一方のレンズ成分は、1つの正レンズで構成されている。一方のレンズ成分が1つの正レンズで構成されている場合、一方のレンズ成分は正の単レンズでも構わない。

【0109】

また、他方のレンズ成分は、負の単レンズ、あるいは接合レンズで構成されている。他方のレンズ成分が接合レンズで構成されている場合、この接合レンズは、物体側から正レンズ、負レンズの順となるように構成するのが好ましい。このように、接合レンズの最も像側は負レンズであるのが好ましい。

【0110】

このように、正の第3レンズ群G3は、正のレンズ成分(一方のレンズ成分)、接合レンズを有するレンズ成分(他方のレンズ成分)の順に配置されたレンズ成分を有し、接合レンズの最も像側が負レンズになっている。

【0111】

あるいは、一方のレンズ成分は両凸形状にし、他方のレンズ成分は物体側に凸のメニスカス形状にするのが好ましい。そして、一方のレンズ成分が他方のレンズ成分よりも物体側に位置するのが良い。また、接合レンズの最も像側は負レンズになっている。

【0112】

正の第4レンズ群G4は1つのレンズ成分を有する。このレンズ成分は、1つの正レンズで構成されている。このレンズ成分は正の単レンズでもかまわない。

【0113】

次に、5群構成の結像光学系について説明する。1つ目のタイプの結像光学系は、物体側から順に、正の第1レンズ群G1、負の第2レンズ群G2、開口絞り、正の第3レンズ群G3、正の第4レンズ群G4、負の第5レンズ群G5という5つのレンズ群からなる。

【0114】

正の第1レンズ群G1は1つのレンズ成分を有する。このレンズ成分は、正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。接合レンズは、物体側から負レンズ、正レンズの順となるように構成するのが好ましい。

【0115】

負の第2レンズ群G2は2つのレンズ成分を有する。2つのレンズ成分のうち、一方のレンズ成分は負のレンズ成分であることが好ましい。また、他方のレンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。接合レンズは、物体側から負レンズ、正レンズの順となるように構成するのが好ましい。そして、一方のレンズ成分は他方のレンズ成分よりも物体側に位置する。

【0116】

また、負の第2レンズ群G2の正レンズには、条件(1)、(2)を満足するレンズ L_{AP} が用いられている。なお、レンズ L_{AP} は、(1)に代わって(1')もしくは(1'')、また(2)に代わって(2')もしくは(2'')を満たすレンズであっても良い。なお

10

20

30

40

50

、レンズ L_{AP} が用いられている接合レンズでは、接合面が非球面であることが好ましい。

【0117】

正の第3レンズ群 G_3 は2つのレンズ成分を有する。2つのレンズ成分のうち、一方のレンズ成分は正のレンズ成分である。また、他方のレンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。このとき、一方のレンズ成分が他方のレンズ成分よりも物体側に位置するのが良い。

【0118】

ここで、一方のレンズ成分は、1つの正レンズで構成されている。この一方のレンズ成分は、正の単レンズでも構わない。また、他方のレンズ成分における接合レンズは、物体側から正レンズ、負レンズの順となるように構成するのが好ましい。

10

【0119】

このように、正の第3レンズ群 G_3 は、正のレンズ成分（一方のレンズ成分）、接合レンズを有するレンズ成分（他方のレンズ成分）の順に配置されたレンズ成分を有し、接合レンズの最も像側が負レンズになっている。

【0120】

あるいは、一方のレンズ成分は両凸形状にし、他方のレンズ成分は物体側に凸のメニスカス形状にするのが好ましい。そして、一方のレンズ成分が他方のレンズ成分よりも物体側に位置するのが良い。また、接合レンズの最も像側は負レンズになっている。

【0121】

正の第4レンズ群 G_4 は1つのレンズ成分を有する。このレンズ成分は1つの正レンズで構成されている。このレンズ成分は、正の単レンズでも構わない。

20

【0122】

負の第5レンズ群 G_5 は1つのレンズ成分を有する。このレンズ成分は、1つの負レンズで構成されている。このレンズ成分は、負の単レンズでも構わない。

【0123】

2つ目のタイプの結像光学系は、物体側から順に、正の第1レンズ群 G_1 、負の第2レンズ群 G_2 、開口絞り、正の第3レンズ群 G_3 、負の第4レンズ群 G_4 、正の第5レンズ群 G_5 という5つのレンズ群からなる。

【0124】

正の第1レンズ群 G_1 は3つのレンズ成分を有する。第1のレンズ成分は負のレンズ成分である。第1のレンズ成分は、1つの負レンズで構成されている。この一方のレンズ成分は、負の単レンズでも構わない。

30

【0125】

第2のレンズ成分と第3のレンズ成分は、正のレンズ成分である。これらのレンズ成分は、1つの正レンズで構成されている。また、これらのレンズ成分は、正の単レンズでも構わない。そして、物体側から、第1のレンズ成分、第2のレンズ成分、第3のレンズ成分の順となるように構成するのが好ましい。

【0126】

負の第2レンズ群 G_2 は4つのレンズ成分を有する。第1のレンズ成分は、正レンズと負レンズで構成されている。この第1のレンズ成分は、正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。接合レンズは、物体側から正レンズ、負レンズの順となるように構成するのが好ましい。

40

【0127】

第2のレンズ成分と第3のレンズ成分は負のレンズ成分である。一方、第4のレンズ成分は正のレンズ成分である。これらのレンズ成分は、1つの負レンズあるいは正レンズで構成されている。また、これらのレンズ成分は、負の単レンズあるいは正の単レンズでも構わない。そして、物体側から、第1のレンズ成分、第2のレンズ成分、第3のレンズ成分、第4のレンズ成分の順となるように構成するのが好ましい。

【0128】

また、負の第2レンズ群 G_2 の正レンズには、条件（1）、（2）を満足するレンズ L

50

L_{AP} が用いられている。なお、レンズ L_{AP} は、(1) に代わって (1') もしくは (1'')、また (2) に代わって (2') もしくは (2'') を満たすレンズであっても良い。なお、レンズ L_{AP} が用いられている接合レンズでは、接合面が非球面であることが好ましい。

【0129】

正の第3レンズ群 G_3 は2つのレンズ成分を有する。2つのレンズ成分のうち、一方のレンズ成分は正のレンズ成分である。また、他方のレンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。このとき、一方のレンズ成分が他方のレンズ成分よりも物体側に位置するのが良い。

【0130】

ここで、一方のレンズ成分は、1つの正レンズで構成されている。この一方のレンズ成分は、正の単レンズでも構わない。また、他方のレンズ成分における接合レンズは、物体側から負レンズ、正レンズの順となるように構成するのが好ましい。

【0131】

負の第4レンズ群 G_4 は1つのレンズ成分を有する。このレンズ成分は、正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。接合レンズは、物体側から負レンズ、正レンズの順となるように構成するのが好ましい。

【0132】

正の第5レンズ群 G_5 は2つのレンズ成分を有する。2つのレンズ成分のうち、一方のレンズ成分は正のレンズ成分である。また、他方のレンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズで構成されている。このとき、一方のレンズ成分が他方のレンズ成分よりも物体側に位置するのが良い。

【0133】

ここで、一方のレンズ成分は、1つの正レンズで構成されている。この一方のレンズ成分は、正の単レンズでも構わない。また、他方のレンズ成分における接合レンズは、物体側から正レンズ、負レンズの順となるように構成するのが好ましい。

【0134】

また、上述したように、結像光学系で発生した歪曲収差を電子撮像装置の画像処理機能にて補正すれば、さらに他の収差を良好に補正できると同時に、さらに広角化することも可能である。

【0135】

なお、これまで述べてきた各結像光学系において、条件式 (1)、(2) を満たすレンズは、上述のように正レンズであるのが好ましい。なお、この正レンズは、(1) に代わって (1') もしくは (1'')、また (2) に代わって (2') もしくは (2'') を満たすのが好ましい。

【0136】

また、これまで述べてきた各結像光学系はズームレンズである。このようなズームレンズでは、変倍時には各々のレンズ群の相対的間隔が変化する光学系であるのが好ましい。

【0137】

なお、各結像光学系はプリズムを含んでも良い。各結像光学系のうち、最も物体側のレンズ群がプリズムを含んでいる場合は、広角端から望遠端までの変倍時に、最も物体側のレンズ群は位置が固定であるのが好ましい。また、最も物体側のレンズ群にプリズムを含まない場合は、広角端から望遠端までの変倍時に、最も物体側のレンズ群は光軸に沿って像側に凸状の軌跡を描くか又は物体側に単調に移動する。

【0138】

また、広角端から望遠端への変倍に伴って、物体側から2番目の正レンズ群が物体側に単調に移動する。

【0139】

なお、1つのレンズの屈折力を、複数のレンズに負担させることができる。よって、上記の各レンズ群において、例えば、1つのレンズを2つのレンズに置き換えることもできる。ただし、小型化・薄型化の観点から、置き換えるレンズの個数は2つとするのが好ま

10

20

30

40

50

しい。なお、置き換えは各レンズ群において行っても良いが、小型化・薄型化の観点から、置き換えを行うレンズ群の数は少ないほうが良い。

【0140】

また、接合レンズにレンズ L_{AP} を用いる場合、レンズ L_{AP} はレンズ L_{AN} と接合することになる。このとき、レンズ L_{AP} の光軸中心厚は、レンズ L_{AN} に比べて薄くするのが好ましい。そして、レンズ L_{AP} の光軸中心厚 t_1 が、次の条件式 (18) を満足することが好ましい。

$$0.1 < t_1 < 2.5 \quad \cdots (18)$$

【0141】

上記条件を満足することで、光学系の小型化が実現できる。また、このレンズ L_{AP} を成形によって得る場合、安定した成形が行える。

【0142】

なお、条件式 (18) に代えて、次の条件式 (18') を満足すると、より好ましい。

$$0.2 < t_1 < 2.0 \quad \cdots (18')$$

さらに、条件式 (18) に代えて、次の条件式 (18'') を満足すると、より一層好ましい。

$$0.3 < t_1 < 1.5 \quad \cdots (18'')$$

【0143】

なお、レンズ L_{AP} は、少なくとも一方の面が非球面であるのがよい。両面が非球面であるとなおよい。

【0144】

ところで、2次スペクトルによる色収差には、軸上色収差（焦点位置の色収差）と倍率色収差がある。このうち、上記の条件や構成は、ズーム全域の軸上色収差と望遠側の倍率色収差の補正には大変有効である一方で、画角などの仕様によっては広角側の倍率色収差に対して逆効果になることがある。しかしながら、倍率色収差のような像高に関する高次成分の収差については、別の手段によって改善することができる。一例としては、画像処理によって収差を改善する手段がある。

【0145】

ここで、電子撮像装置には、上記の結像光学系、電子撮像素子、画像処理ユニットが搭載されているとする。そして、画像処理ユニットは、画像データを加工して、形状を変化させた画像データとして出力することが可能になっている。このような電子撮像装置を用いて、被写体の像を撮像する。撮像によって得られた画像データは、画像処理ユニットによって色分解され、色ごとの画像データになる。続いて、各々の画像データごとに、形状（被写体の像の大きさ）を変化させた後、これらの画像データを合成する。そのことにより、倍率色収差による画像周辺部の鮮鋭度劣化や、色にじみ発生を防ぐことが出来る。この方法は、特に色分解用モザイクフィルターを設けた電子撮像素子を有する電子撮像装置に対して有効である。なお、電子撮像装置が複数の（色ごとに）電子撮像素子を有する場合は、得られた画像データに対して色分解を行う必要はなくなる。

【0146】

本発明の結像光学系は、以上述べた条件式や構成上の特徴を、個々に、満足あるいは備えることにより、結像光学系の小型化・薄型化をともに達成することが可能となると共に、良好な収差補正が実現できる。また、本発明の結像光学系は、上記条件式や構成上の特徴を、組み合わせて備える（満足する）こともできる。この場合、結像光学系の一層の小型化・薄型化、あるいは、より良好な収差補正と光学系の広角化を達成できる。

【0147】

また、本発明の結像光学系を有する電子撮像装置は、このような結像光学系を備えることにより、撮像された画像において、画像の鮮鋭化、色にじみの防止が図れる。

【0148】

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

10

20

30

40

50

）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。なお、レンズ断面図に記載されている r_1 、 r_2 、…における数字、及び d_1 、 d_2 …における数字は、後述する数値データにおける面番号の欄の数字に対応している。

【0149】

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、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。

【0150】

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、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、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。

【0151】

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。

【0152】

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、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。像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4は正レンズL_{AP}に対応し、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5は負レンズL_{AN}に対応する。

【0153】

第3レンズ群G3は、正両凸レンズL6、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。

【0154】

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。

【0155】

広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は一旦像側に移動したあと移動方向が反転して物体側へ移動し、第2レンズ群G2は一旦像側に移動したあと移動方向が反転して物体側へ移動し、第3レンズ群G3は開口絞りSと一体的に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側に移動したあと移動方向が反転して像側へ移動する。

【0156】

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、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の両側の面、第4レンズ群G4中の正両凸レンズL9の物体側の面に設けられている。このように、本実施例では、正レンズL_{AP}と負レンズL_{AN}の接合面に非球面が用いられている。

【0157】

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。

【0158】

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、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）は中間焦点距離状態、（c）は望遠端での状態を示している。

【0159】

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、第1レンズ群G1と

10

20

30

40

50

、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4と、第5レンズ群G5を有している。

【0160】

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。

【0161】

第2レンズ群G2は、負両凹レンズL3、負両凹レンズL4と正両凸レンズ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。正両凸レンズL5は正レンズ L_{AP} に対応し、負両凹レンズL4は負レンズ L_{AN} に対応する。

【0162】

第3レンズ群G3は、正両凸レンズL6、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。

【0163】

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L9で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0164】

第5レンズ群G5は、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10で構成されており、全体で負の屈折力を有している。

【0165】

広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は一旦像側に移動したあと移動方向が反転して物体側へ移動し、第2レンズ群G2は像側へ移動し、第3レンズ群G3は開口絞りSと一体的に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側に移動したあと移動方向が反転して像側へ移動し、第5レンズ群G5は固定である。

【0166】

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中の負両凹レンズL4の両面、正両凸レンズL5の像側の面、第3レンズ群G3中の正両凸レンズL6の両側の面、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L9の物体側の面、第5レンズ群G5中の像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10の物体側の面に設けられている。このように、本実施例では、正レンズ L_{AP} と負レンズ L_{AN} の接合面に非球面が用いられている。

【0167】

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。

【0168】

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、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)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での状態を示している。

【0169】

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、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。

【0170】

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。

【0171】

第2レンズ群G2は、負両凹レンズL3と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4との接合レンズ、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5と像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL6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

10

20

30

40

50

。凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 は正レンズ L_{AP} に対応し、負両凹レンズ L 3 は負レンズ L_{AN} に対応する。

【0172】

第3レンズ群 G 3 は、正両凸レンズ L 7、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 8 と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 9 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。

【0173】

第4レンズ群 G 4 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 10 で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0174】

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 は像側へ移動し、第3レンズ群 G 3 は開口絞り S と一体的に物体側へ移動し、第4レンズ群 G 4 は一旦物体側に移動したあと移動方向が反転して像側へ移動する。

【0175】

非球面は、第1レンズ群 G 1 中の正両凸レンズ L 2 の像側の面、第2レンズ群 G 2 中の負両凹レンズ L 3 の両面、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 6 の両側の面、第4レンズ群 G 4 中の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 9 の物体側の面に設けられている。このように、本実施例では、正レンズ L_{AP} と負レンズ L_{AN} の接合面に非球面が用いられている。

【0176】

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 4 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。

【0177】

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、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) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端での状態を示している。

【0178】

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、第1レンズ群 G 1 と、第2レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、第3レンズ群 G 3 と、第4レンズ群 G 4 を有している。

【0179】

第1レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 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。

【0180】

第2レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 と負両凹レンズ（平凹レンズに近い）L 5 との接合レンズ、正両凸レンズ L 6 で構成されており、全体で負の屈折力を有している。像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 は正レンズ L_{AP} に対応し、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 は負レンズ L_{AN} に対応する。

【0181】

第3レンズ群 G 3 は、正両凸レンズ L 7、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 8 と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 9 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。

【0182】

第4レンズ群 G 4 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 10 で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0183】

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 は一旦像側に移動したあと移

10

20

30

40

50

動方向が反転して物体側へ移動し、第2レンズ群G2は一旦像側に移動したあと移動方向が反転して物体側へ移動し、第3レンズ群G3は開口絞りSと一体的に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側に移動したあと移動方向が反転して像側へ移動する。

【0184】

非球面は、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L3の両面、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の両側の面、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の物体側の面に設けられている。このように、本実施例では、正レンズL_{AP}と負レンズL_{AN}の接合面に非球面が用いられている。

【0185】

次に、本発明の実施例5にかかるズームレンズについて説明する。図9は本発明の実施例5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。

【0186】

図10は実施例5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)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での状態を示している。

【0187】

実施例5のズームレンズは、図9に示すように、物体側より順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。

【0188】

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。

【0189】

第2レンズ群G2は、正両凸レンズL3と負両凹レンズL4との接合レンズ、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5、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。正両凸レンズL3は正レンズL_{AP}に対応し、負両凹レンズL4は負レンズL_{AN}に対応する。

【0190】

第3レンズ群G3は、正両凸レンズL7、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。

【0191】

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。

【0192】

広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は一旦像側に移動したあと移動方向が反転して物体側へ移動し、第2レンズ群G2は一旦像側に移動したあと移動方向が反転して物体側へ移動し、第3レンズ群G3は開口絞りSと一体的に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は一旦物体側に移動したあと移動方向が反転して像側へ移動する。なお、第2レンズ群G2は、中間での位置と望遠端での位置の差はわずかである。

【0193】

非球面は、第2レンズ群G2中の正両凸レンズL3の両面、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の両側の面、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の物体側の面に設けられている。このように、本実施例では、正レンズL_{AP}と負レンズL_{AN}の接合面に非球面が用いられている。

【0194】

次に、本発明の実施例6にかかるズームレンズについて説明する。図11は本発明の実

10

20

30

40

50

施例 6 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。

【0195】

図 12 は実施例 6 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) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端での状態を示している。

【0196】

実施例 6 のズームレンズは、図 11 に示すように、物体側より順に、第 1 レンズ群 G 1 と、第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、第 3 レンズ群 G 3 と、第 4 レンズ群 G 4 と、第 5 レンズ群 G 5 を有している。

【0197】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0198】

第 2 レンズ群 G 2 は、正両凸レンズ L 4 と負両凹レンズ L 5 との接合レンズ、負両凹レンズ L 6、負両凹レンズ L 7、正両凸レンズ L 8 で構成されており、全体で負の屈折力を有している。正両凸レンズ L 4 は正レンズ L_{AP} に対応し、負両凹レンズ L 5 は負レンズ L_{AN} に対応する。

【0199】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 9、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 10 と正両凸レンズ L 11 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。

【0200】

第 4 レンズ群 G 4 は、負両凹レンズ L 12 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 13 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。

【0201】

第 5 レンズ群 G 5 は、正両凸レンズ L 14、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 15 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 16 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。

【0202】

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 は一旦像側に移動したあと移動方向が反転して物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は像側へ移動し、開口絞り S は固定、第 3 レンズ群 G 3 は物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は一旦物体側に移動したあと移動方向が反転して像側へ移動し、第 5 レンズ群 G 5 は一旦物体側に移動したあと移動方向が反転して像側へ移動する。

【0203】

非球面は、第 2 レンズ群 G 2 中の正両凸レンズ L 4 の両面、負両凹レンズ L 7 の物体側の面、第 3 レンズ群 G 3 中の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 9 の物体側の面、第 5 レンズ群 G 5 中の正両凸レンズ L 14 の物体側の面に設けられている。このように、本実施例では、正レンズ L_{AP} と負レンズ L_{AN} の接合面に非球面が用いられている。

【0204】

次に、本発明の実施例 7 にかかるズームレンズについて説明する。図 13 は本発明の実施例 7 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。

【0205】

図 14 は実施例 7 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) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端での状態を示している。

【0206】

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

【0207】

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。

【0208】

第 2 レンズ群 G 2 は、負両凹レンズ L 2、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と負両凹レンズ L 4 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。像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 は正レンズ L_{AP} に対応し、負両凹レンズ L 4 は負レンズ L_{AN} に対応する。

【0209】

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

【0210】

第 4 レンズ群 G 4 は、正両凸レンズ L 7 で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0211】

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、第 3 レンズ群 G 3 は開口絞り S と一体的に物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は一旦像側に移動したあと移動方向が反転して物体側へ移動する。

【0212】

非球面は、第 1 レンズ群 G 1 中の正両凸レンズ L 1 の両側の面、第 2 レンズ群 G 2 中の負両凹レンズ L 2 の両面、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 の物体側の面、第 3 レンズ群 G 3 中の正両凸レンズ L 5 の両側の面、第 4 レンズ群 G 4 中の正両凸レンズ L 7 の物体側の面に設けられている。なお、本実施例では、正レンズ L_{AP} と負レンズ L_{AN} の接合面に非球面は用いられていない。

【0213】

次に、本発明の実施例 8 にかかるズームレンズについて説明する。図 1 5 は本発明の実施例 8 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。

【0214】

図 1 6 は実施例 8 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) は中間焦点距離状態、(c) は望遠端での状態を示している。

【0215】

実施例 8 のズームレンズは、図 1 5 に示すように、物体側より順に、第 1 レンズ群 G 1 と、第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、第 3 レンズ群 G 3 と、第 4 レンズ群 G 4 とを有している。

【0216】

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。

【0217】

第 2 レンズ群 G 2 は、負両凹レンズ L 2、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 との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 は正レンズ L_{AP} に対応し、負両凹レンズ L 3 は負レンズ L_{AN} に対応する。

【0218】

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

【0219】

第4レンズ群G4は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0220】

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は物体側へ移動し、第3レンズ群G3は開口絞りSと一体的に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は一旦像側に移動したあと移動方向が反転して物体側へ移動する。

【0221】

非球面は、第1レンズ群G1中の正両凸レンズL1の両側の面、第2レンズ群G2中の負両凹レンズL2の両面、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4の像側の面、第3レンズ群G3中の正両凸レンズL5の両側の面、第4レンズ群G4中の像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7の物体側の面に設けられている。なお、本実施例では、正レンズL_{AP}と負レンズL_{AN}の接合面に非球面は用いられていない。

10

【0222】

次に、本発明の実施例9にかかるズームレンズについて説明する。図17は本発明の実施例9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。

【0223】

図18は実施例9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)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での状態を示している。

20

【0224】

実施例9のズームレンズは、図17に示すように、物体側より順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。

【0225】

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。

【0226】

第2レンズ群G2は、負両凹レンズL2、負両凹レンズL3と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4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。物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4は正レンズL_{AP}に対応し、負両凹レンズL3は負レンズL_{AN}に対応する。

30

【0227】

第3レンズ群G3は、正両凸レンズL5、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL6と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL7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。

【0228】

第4レンズ群G4は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL8で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

40

【0229】

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は像側へ移動し、第3レンズ群G3は開口絞りSと一体的に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は一旦像側に移動したあと移動方向が反転して物体側へ移動する。なお、第2レンズ群G2は、中間での位置と望遠端での位置の差はわずかである。

【0230】

非球面は、第1レンズ群G1中の正両凸レンズL1の両側の面、第2レンズ群G2中の負両凹レンズL2の両面、3レンズ群G3中の正両凸レンズL5の両側の面、第4レンズ群G4中の像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7の物体側の面に設けられている。なお、本実施例では、正レンズL_{AP}と負レンズL_{AN}の接合面に非球面は用いられていない

50

。

【0231】

次に、本発明の実施例10にかかるズームレンズについて説明する。図19は本発明の実施例10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。

。

【0232】

図20は実施例10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)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での状態を示している。

10

【0233】

実施例10のズームレンズは、図19に示すように、物体側より順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。

【0234】

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で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0235】

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、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ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。物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4は正レンズL_{AN}に対応し、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5は負レンズL_{AP}に対応する。

20

【0236】

第3レンズ群G3は、正両凸レンズL6、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。

【0237】

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。

30

【0238】

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は像側へ移動し、第3レンズ群G3は開口絞りSと一体的に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は一旦像側に移動したあと移動方向が反転して物体側へ移動する。

【0239】

非球面は、第2レンズ群G2中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3の両面、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4の両面、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5の像側の面、第3レンズ群G3中の正両凸レンズL6の両側の面に設けられている。このように、本実施例では、正レンズL_{AP}と負レンズL_{AN}の接合面に非球面が用いられている。

40

【0240】

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の欄は各レンズ面の曲率半径、dの欄は各レンズの肉厚または空気間隔、n_dの欄は各レンズのd線での屈折率、v_dの欄は各レンズのアッベ数をそれぞれ表している。また、*印は非球面、ST0は絞りをそれぞれ示している。

【0241】

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。

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

50

ここで、非球面データにおいて、Eは10のべき乗を表している。また、非球面係数が記載されていないものは、その非球面係数における値はゼロである。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。

【0242】

(実施例1)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
物面	∞	∞		
1	26.4450	0.8000	1.84666	23.78
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
7*	-6.7944	0.9000	1.74320	49.34
8*	-208.0010	可変		
9(絞り)	∞	0.8000		
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		
17	∞	0.7580	1.54771	62.84
18	∞	0.4787		
19	∞	0.3989	1.51633	64.14
20	∞	1.3603		
像面	∞			

10

20

30

【0243】

非球面係数

第3面

$K=-0.1059, A2=0.0000E+00, A4=3.4600E-07, A6=4.6678E-09$

第6面

$K=-0.6957, A2=0.0000E+00, A4=-1.2458E-04, A6=3.0542E-06$

第7面

$K=-0.7528, A2=0.0000E+00, A4=-4.3041E-04, A6=2.1935E-05$

第8面

$K=-0.9690, A2=0.0000E+00, A4=-1.3472E-04, A6=7.2254E-06$

40

第10面

$K=3.7659, A2=0.0000E+00, A4=-3.8282E-04, A6=1.5704E-05$

第11面

$K=-0.9658, A2=0.0000E+00, A4=-2.2045E-04, A6=1.4126E-05$

第15面

$K=-0.9236, A2=0.0000E+00, A4=3.1124E-05, A6=2.9451E-07$

【0244】

各種データ

ズーム比

4.99

広角

中間

望遠

50

焦点距離	7.00943	15.64607	35.00249
F ナンバー	2.8400	2.9504	3.8784
画角	30.3 °	12.9 °	5.8 °
像高	3.600	3.600	3.600
レンズ全長	46.9634	45.9916	55.4100
B F	1.36028	1.36028	1.36028

d3	0.65000	8.83784	14.65673
d8	17.19034	6.04002	1.50167
d14	7.65597	6.42400	15.77566
d16	2.12115	5.35351	4.13256

10

【0 2 4 5】

ズーム群データ

群	始面	焦点距離
1	1	36.57282
2	4	-9.33696
4	10	12.64978
5	15	14.57546

【0 2 4 6】

〔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

20

レンズ	587.56	656.27	486.13	435.84	404.66
L6	1.742499	1.737967	1.753057	1.761415	1.768384
LPF	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
CG	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

30

【0 2 4 7】

(実施例2)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
物面	∞	∞		
1	20.6255	0.8000	1.84666	23.78
2	13.9081	2.7000	1.72916	54.68
3*	-429.2393	可変		
4	-71.3036	0.7000	1.83400	47.50
5	7.0567	2.3000		
6*	-17.7280	0.9000	1.52540	56.25
7*	38.4125	1.0000	1.63494	23.22
8*	-24.7821	可変		
9(絞り)	∞	0.8000		
10*	46.7651	1.8000	1.74250	49.20
11*	-13.7731	0.1500		
12	5.4388	2.7000	1.72916	54.68
13	14.9607	0.6000	1.84666	23.78
14	4.0856	可変		

40

50

15*	12.5033	2.0000	1.80610	40.92
16	178.6526	可変		
17*	-16.6330	0.7000	1.68893	31.07
18	-495.0834	1.2000		
19	∞	0.3989	1.51633	64.14
20	∞	1.3599		
像面	∞			

【0248】

非球面係数

第3面

10

K=-2.6460,A2=0.0000E+00,A4=7.0048E-06,A6=-7.8418E-09

第6面

K=-0.0888,A2=0.0000E+00,A4=-6.0756E-04,A6=-1.1968E-05

第7面

K=-0.0352,A2=0.0000E+00,A4=9.0930E-04,A6=-9.5327E-05

第8面

K=0.1403,A2=0.0000E+00,A4=-4.4746E-04,A6=-1.8325E-05

第10面

K=3.7752,A2=0.0000E+00,A4=-6.4542E-04,A6=-1.8902E-05

第11面

20

K=-0.9643,A2=0.0000E+00,A4=-5.0209E-04,A6=-1.5123E-05

第15面

K=-0.9310,A2=0.0000E+00,A4=3.1658E-05,A6=-1.0681E-06

第17面

K=0.2901,A2=0.0000E+00,A4=6.7915E-05,A6=1.2105E-05

【0249】

各種データ

ズーム比	5.00		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.99779	15.65043	34.99934
Fナンバー	2.8485	2.9580	3.3281
画角	30.4°	13.0°	5.8°
像高	3.600	3.600	3.600
レンズ全長	46.3860	46.0724	49.0017
B F	1.35992	1.35992	1.35992

30

d3	0.65000	8.14584	13.69497
d8	16.04662	6.82665	1.49962
d14	7.67358	6.43891	10.47855
d16	1.90694	4.55291	3.22220

40

【0250】

ズーム群データ

群	始面	焦点距離
1	1	29.12695
2	4	-7.90511
3	10	12.31786
4	15	16.58901
5	17	-24.99746

【0251】

〔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

50

	587.56	656.27	486.13	435.84	404.66
L4	1.525399	1.522577	1.531916	1.537043	1.541302
L6	1.742499	1.737967	1.753057	1.761415	1.768384
L3	1.833998	1.828719	1.846274	1.855936	1.863939
L5	1.634940	1.627290	1.654640	1.675046	1.696625
CG	1.516330	1.513855	1.521905	1.526213	1.529768
L9	1.806098	1.800248	1.819945	1.831173	1.840781
L2,L7	1.729157	1.725101	1.738436	1.745696	1.751731
L1,L8	1.846660	1.836488	1.872096	1.894186	1.914294
L10	1.688931	1.682495	1.704665	1.717973	1.729809

10

【0 2 5 2】

(実施例3)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
物面	∞	∞		
1	22.3011	0.8000	1.84666	23.78
2	14.5807	2.7000	1.72916	54.68
3*	-123.6163	可変		
4*	-150.0110	0.7000	1.83481	41.20
5*	6.2675	0.7000	1.63494	23.22
6*	8.4255	2.2000		
7	-5.4484	0.5000	1.73077	40.51
8	-21.1624	1.7000	1.84666	23.78
9	-8.9634	可変		
9(絞り)	∞	0.8000		
11*	46.9891	1.8000	1.74250	49.20
12*	-12.9980	0.1500		
13	4.8319	2.7000	1.72916	54.68
14	13.0488	0.6000	1.84666	23.78
15	3.4629	可変		
16*	11.4921	2.0000	1.80610	40.92
17	31.5683	可変		
18	∞	0.7000	1.51633	64.14
19	∞	1.2000		
20	∞	0.3989	1.51633	64.14
21	∞	1.3606		
像面	∞			

20

30

【0 2 5 3】

非球面係数

40

第3面

K=-2.6001,A2=0.0000E+00,A4=9.4098E-06,A6=-1.0705E-08

第4面

K=-5.6535,A2=0.0000E+00,A4=-3.2210E-04,A6=1.5806E-05

第5面

K=0.1554,A2=0.0000E+00,A4=1.4592E-03,A6=-1.1506E-04

第6面

K=-0.0369,A2=0.0000E+00,A4=-1.4646E-03,A6=6.8925E-05

第11面

K=-4.5289,A2=0.0000E+00,A4=-5.9132E-04,A6=-1.3420E-05

50

第 1 2 面

K=-0.9753,A2=0.0000E+00,A4=-4.1911E-04,A6=-1.0659E-05

第 1 6 面

K=-0.9276,A2=0.0000E+00,A4=1.0972E-04,A6=1.9456E-06

【 0 2 5 4 】

各種 データ

ズーム比	5.00		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.99739	15.64844	35.00010
F ナンバー	2.8574	3.2489	3.3981
画角	30.4 °	13.1 °	5.8 °
像高	3.600	3.600	3.600
レンズ全長	44.4352	46.2219	48.9999
B F	1.36057	1.36057	1.36057

d3	1.00000	7.25094	13.61920
d9	13.20900	5.59593	1.00016
d15	7.70269	7.43689	10.04045
d17	1.51403	4.92959	3.33339

【 0 2 5 5 】

ズーム群データ

群	始面	焦点距離
1	1	28.11859
2	4	-7.20124
4	11	11.36437
5	16	21.46279

【 0 2 5 6 】

〔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

	587.56	656.27	486.13	435.84	404.66
L7	1.742499	1.737967	1.753057	1.761415	1.768384
L3	1.834808	1.828801	1.849061	1.860573	1.870337
L4	1.634940	1.627290	1.654640	1.674562	1.695271
L5	1.730770	1.725416	1.743456	1.753787	1.762674
LPG,CG	1.516330	1.513855	1.521905	1.526213	1.529768
L10	1.806098	1.800248	1.819945	1.831173	1.840781
L2,L8	1.729157	1.725101	1.738436	1.745696	1.751731
L1,L6,L9	1.846660	1.836488	1.872096	1.894186	1.914294

【 0 2 5 7 】

(実施例 4)

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		
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

10

20

30

40

50

8*	2.084E+04	0.2000			
9	29.3362	2.0000	1.80810	22.76	
10	-42.8587	可変			
11(絞り)	∞	0.4000			
12*	12.5777	1.8000	1.69350	51.80	
13*	-87.4358	0.2000			
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	10
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	∞				

【0258】

非球面係数

第6面

K=-0.0535,A2=0.0000E+00,A4=3.4485E-05,A6=-3.6491E-08,A8=0.0000E+00 20

第7面

K=-0.1837,A2=0.0000E+00,A4=-6.5454E-06,A6=4.1099E-06,A8=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

第12面

K=-0.6890,A2=0.0000E+00,A4=1.0899E-04,A6=1.6473E-05,A8=3.5467E-07

第13面

K=0,A2=0.0000E+00,A4=1.9328E-04,A6=1.9010E-05,A8=4.8815E-07

第17面

K=0,A2=0.0000E+00,A4=-1.2785E-05,A6=6.0991E-07,A8=-2.5404E-09 30

【0259】

各種データ

ズーム比	8.00		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.99897	19.80013	56.00002
Fナンバー	3.1000	3.7979	5.0423
画角	31.7°	10.9°	3.8°
像高	3.800	3.800	3.800
レンズ全長	67.2592	58.2183	71.9432
B F	1.36011	1.36011	1.36011

40

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

【0260】

ズーム群データ

群	始面	焦点距離
1	1	47.20195
2	4	-12.34780

50

3 12 17.08297
4 17 30.78406

【0 2 6 1】

〔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

	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
LPF	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
CG	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

10

【0 2 6 2】

(実施例5)

単位 mm

面データ

20

面番号	r	d	nd	v d
物面	∞	∞		
1	27.5413	0.6000	1.84666	23.78
2	16.5179	4.5000	1.72000	43.69
3	312.5610	可変		
4*	54.8906	0.4000	1.63494	23.22
5*	-233.0859	0.8000	1.88300	40.76
6*	9.6383	3.7563		
7	-13.6251	0.8000	1.83481	42.71
8	-430.1497	0.2000		
9	37.4857	2.0000	1.80810	22.76
10	-26.9458	可変		
11(絞り)	∞	0.4000		
12*	13.4238	1.8000	1.69350	53.18
13*	-63.0741	0.2000		
14	5.3574	2.4000	1.50507	81.59
15	9.2802	0.8000	1.84666	23.78
16	4.4759	可変		
17*	14.2543	1.6000	1.69350	53.18
18	40.5776	可変		
19	∞	0.9010	1.54771	62.84
20	∞	0.5300		
21	∞	0.5300	1.51633	64.14
22	∞	1.3602		
像面	∞			

30

40

【0 2 6 3】

非球面係数

第4面

K=-7.4305,A2=0.0000E+00,A4=-6.7057E-05,A6=2.9509E-07,A8=0.0000E+00

第5面

50

K=-1.3338,A2=0.0000E+00,A4=1.1949E-05,A6=1.3329E-06,A8=0.0000E+00

第 6 面

K=0.5245,A2=0.0000E+00,A4=-1.1579E-04,A6=-8.2780E-07,A8=0.0000E+00

第 1 2 面

K=-0.6884,A2=0.0000E+00,A4=1.0136E-04,A6=8.9099E-06,A8=4.1660E-07

第 1 3 面

K=0,A2=0.0000E+00,A4=1.8512E-04,A6=1.0246E-05,A8=5.2639E-07

第 1 7 面

K=0,A2=0.0000E+00,A4=-9.4780E-06,A6=4.4573E-07,A8=3.0169E-09

【 0 2 6 4 】

各種 データ

ズーム比	8.00		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.99886	19.80054	55.99975
F ナンバー	3.1000	3.8542	5.0463
画角	31.7 °	10.9 °	3.8 °
像高	3.800	3.800	3.800
レンズ全長	67.7300	58.7396	72.2818
B F	1.36020	1.36020	1.36020

d3	0.59975	9.65798	22.10322
d10	31.42721	8.26304	1.59000
d16	7.61604	6.48435	21.73368
d18	4.50946	10.75577	3.27721

【 0 2 6 5 】

ズーム群データ

群	始面	焦点距離
1	1	47.59866
2	4	-12.35247
3	12	17.03460
4	17	30.91484

【 0 2 6 6 】

〔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

	587.56	656.27	486.13	435.84	404.66
L8	1.505071	1.503181	1.509371	1.512779	1.515662
LPF	1.547710	1.545046	1.553762	1.558427	1.562261
L3	1.634940	1.627290	1.654640	1.673243	1.691579
L7	1.693500	1.689551	1.702591	1.709739	1.715701
CG	1.516330	1.513855	1.521905	1.526213	1.529768
L5	1.834807	1.828975	1.848520	1.859547	1.868911
L4	1.882997	1.876560	1.898221	1.910495	1.920919
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

【 0 2 6 7 】

(実施例 6)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
物面	∞	∞		

10

20

30

40

50

1	73.8912	1.5000	1.84666	23.78	
2	51.1458	0.2000			
3	55.7971	4.7000	1.49700	81.54	
4	840.8341	0.1500			
5	36.9883	4.8000	1.49700	81.54	
6	164.5963	可変			
7*	141.6525	0.9000	1.68500	15.80	
8*	-571.5929	0.9000	1.88300	40.76	
9	12.4510	5.5000			
10	-23.1044	0.9000	1.80610	40.92	10
11	63.5490	1.0000			
12*	-55.4565	0.9000	1.69350	53.21	
13	37.0080	0.1500			
14	31.6843	4.0000	1.68893	31.07	
15	-21.2907	可変			
16(絞り)	∞	可変			
17*	13.7548	2.2000	1.49700	81.54	
18	857.8901	0.1500			
19	20.4868	0.7000	1.77250	49.60	
20	9.4621	3.3000	1.49700	81.54	20
21	-53.6516	可変			
22	-35.9945	0.6000	1.51633	64.14	
23	9.8199	1.2000	1.84666	23.78	
24	13.7888	可変			
25*	23.8489	2.7000	1.49700	81.54	
26	-13.6215	0.1500			
27	-375.2738	2.2000	1.49700	81.54	
28	-9.9864	0.7000	1.84666	23.78	
29	-28.5726	可変			
30	∞	1.0000	1.54771	62.84	30
31	∞	0.7000			
32	∞	0.6000	1.51633	64.14	
33	∞	2.1601			
像面	∞				

【0 2 6 8】

非球面係数

第7面

K=0.0923, A2=0.0000E+00, A4=-1.2157E-05, A6=3.4591E-08, A8=0.0000E+00

第8面

K=-0.0228, A2=0.0000E+00, A4=-1.1619E-06, A6=4.2726E-08, A8=0.0000E+00

第12面

K=0, A2=0.0000E+00, A4=3.3500E-05, A6=-6.8444E-08, A8=-8.4140E-10

第17面

K=0, A2=0.0000E+00, A4=-5.1388E-05, A6=6.6096E-09, A8=-2.0803E-10

第25面

K=0, A2=0.0000E+00, A4=-5.1827E-05, A6=-6.6588E-08, A8=7.8406E-09

【0 2 6 9】

各種データ

ズーム比

10.01

広角

中間

望遠

焦点距離	4.99739	15.80048	50.00009
F ナンバー	2.8000	3.3617	3.2912
画角	39.3 °	12.9 °	4.1 °
像高	3.600	3.600	3.600
レンズ全長	109.5633	101.6083	112.6630
B F	2.16006	2.16006	2.16006
絞り有効半径	3.40414	3.41519	4.79195

d6	0.79902	20.30685	38.78629
d15	36.38664	8.92234	1.49911
d16	12.61615	7.00134	1.00004
d21	1.20217	4.22149	11.35576
d24	4.50134	3.75306	3.29433
d29	10.09792	13.44572	12.76740

10

【 0 2 7 0 】

ズーム群データ

群	始面	焦点距離
1	1	73.15236
2	7	-12.39847
3	17	19.21443
4	22	-24.10352
5	25	20.11327

20

【 0 2 7 1 】

〔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

	587.56	656.27	486.13	435.84	404.66
LPF	1.547710	1.545046	1.553762	1.558428	1.562262
L4	1.684996	1.673486	1.716835	1.747796	1.778192
L12,CG	1.516330	1.513855	1.521905	1.526214	1.529768
L2,L3,L9,L11,L14,L15	1.496999	1.495138	1.501233	1.504509	1.507203
L6	1.806098	1.800248	1.819945	1.831174	1.840781
L5	1.882997	1.876560	1.898221	1.910497	1.920919
L10	1.772499	1.767798	1.783374	1.791972	1.799174
L7	1.693501	1.689548	1.702582	1.709715	1.715662
L1,L13,L16	1.846660	1.836491	1.872096	1.894187	1.914278
L8	1.688931	1.682495	1.704665	1.717975	1.729809

30

【 0 2 7 2 】

(実施例7)

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
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

40

50

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
16	∞	1.2014		
像面	∞			

【0 2 7 3】

非球面係数

10

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=-5.1794E-05,A8=4.4515E-08,
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,A2=0.0000E+00,A4=4.4251E-04,A6=-4.6420E-05,A8=-4.3674E-07,
A10=0.0000E+00

第13面

K=-4.9538,A2=0.0000E+00,A4=-2.0035E-05,A6=4.9528E-06,A8=-2.3417E-07,
A10=3.0514E-09

【0 2 7 4】

各種データ

ズーム比	3.75		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.77084	12.45173	25.40909
Fナンバー	3.6000	4.5950	5.4487
画角	32.6°	17.6°	8.9°
像高	3.840	3.840	3.840
レンズ全長	31.5188	34.7815	38.2644
B F	1.20139	1.20139	1.20139

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

【0 2 7 5】

40

50

ズーム群データ

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

【0276】

〔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

	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
L3	1.634940	1.627290	1.654640	1.675524	1.697965
L4	1.583126	1.580139	1.589960	1.595296	1.599721
CG	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

10

【0277】

(実施例8)

単位 mm

20

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
6	17.8005	0.6046	1.63494	23.22
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	55.78
14	-8.1475	可変		
15	∞	1.0000	1.51633	64.14
16	∞	1.0793		

30

像面

40

【0278】

非球面係数

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=-4.8586E-04, A6=5.9661E-05, A8=-2.1406E-06,

50

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 7 面

K=7.1865,A2=0.0000E+00,A4=-3.2402E-04,A6=-8.4797E-06,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,A2=0.0000E+00,A4=8.5325E-04,A6=2.7829E-05,A8=4.3372E-06,
A10=0.0000E+00第 13 面
K=9.6449,A2=0.0000E+00,A4=-3.3648E-04,A6=2.1031E-05,A8=-8.7568E-07,
A10=1.2082E-08

【0279】

各種データ

ズーム比	3.95		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.45208	12.51638	25.49743
F ナンバー	2.9708	4.1804	5.6000
画角	33.8 °	17.4 °	8.8 °
像高	3.840	3.840	3.840
レンズ全長	30.2791	38.7554	38.7554
B F	1.13082	1.13082	1.13082

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

【0280】

ズーム群データ

群	始面	焦点距離
1	1	23.13109
2	3	-7.05804
3	9	8.95029
4	13	16.22156

【0281】

〔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

	587.56	656.27	486.13	435.84	404.66
L4	1.634940	1.627290	1.654640	1.672908	1.690644
L3	1.583126	1.580139	1.589960	1.595296	1.599721
CG	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,L7	1.525420	1.522680	1.532100	1.537050	1.540699

【0282】

(実施例9)

単位 mm

10

20

30

40

50

面 データ

面 番号	r	d	nd	v d	
物 面	∞	∞			
1*	20.3861	2.5000	1.49700	81.54	
2*	-30.1760	0.2679			
3*	-12.0719	0.8000	1.52542	55.78	
4*	29.9980	1.2048			
5	-20.0364	0.8000	1.77250	49.60	
6	10.1199	0.9000	1.63494	23.22	
7	94.6054	11.2642			10
8(絞り)	∞	0			
9*	4.3099	1.7167	1.74320	49.34	
10*	-14.9302	0.1000			
11	13.1231	0.9000	1.77250	49.60	
12	89.8778	0.6000	1.78472	25.68	
13	2.9574	2.7615			
14*	-32.0113	1.8000	1.80610	40.92	
15	-8.6669	4.1237			
16	∞	1.0000	1.51633	64.14	
17	∞	1.1127			20
像面	∞				

【 0 2 8 3 】

非球面係数

第 1 面

K=0.2510,A2=0.0000E+00,A4=-5.1052E-05,A6=-1.8664E-07,A8=-1.0788E-08,
A10=-1.7609E-10

第 2 面

K=-1.1747,A2=0.0000E+00,A4=-2.4058E-05,A6=1.2824E-06,A8=-6.4526E-08,
A10=7.1872E-10

第 3 面

K=-0.8816,A2=0.0000E+00,A4=9.8622E-04,A6=-1.3495E-05,A8=8.5475E-08,
A10=-3.0437E-10

第 4 面

K=-0.3662,A2=0.0000E+00,A4=5.5069E-04,A6=8.8765E-06,A8=-8.9154E-08,
A10=-6.1767E-09

第 9 面

K=-0.9539,A2=0.0000E+00,A4=-2.0028E-05,A6=-7.9938E-05,A8=-3.2148E-07,
A10=1.8380E-07

第 1 0 面

K=-1.3462,A2=0.0000E+00,A4=6.6323E-04,A6=-1.2474E-04,A8=-4.8038E-06,
A10=5.3203E-07

第 1 4 面

K=-4.8773,A2=0.0000E+00,A4=-1.2615E-04,A6=5.7485E-06,A8=-2.4527E-07,
A10=3.6035E-09

【 0 2 8 4 】

各種 データ

ズーム比	3.98		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.44354	12.80633	25.66297
F ナンバー	3.4886	4.5702	5.6000

画角	32.7 °	16.6 °	8.6 °
像高	3.840	3.840	3.840
レンズ全長	31.8515	34.3023	37.4800
B F	1.11270	1.11270	1.11270

d2	0.26789	3.50597	6.77948
d7	11.26421	6.19999	0.96590
d13	2.76146	7.42578	11.44462
d15	4.12374	3.75284	4.82735

【 0 2 8 5 】

10

ズーム群データ

群	始面	焦点距離
1	1	24.88880
2	3	-7.84990
3	9	9.48778
4	14	14.25278

【 0 2 8 6 】

〔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

	587.56	656.27	486.13	435.84	404.66
L4	1.634940	1.627290	1.654640	1.672908	1.690644
CG	1.516330	1.513855	1.521905	1.526213	1.529768
L1	1.496999	1.495136	1.501231	1.504506	1.507205
L8	1.806098	1.800248	1.819945	1.831173	1.840781
L3,L6	1.772499	1.767798	1.783374	1.791971	1.799174
L5	1.743198	1.738653	1.753716	1.762046	1.769040
L7	1.784723	1.775965	1.806519	1.825342	1.842388
L2	1.525420	1.522680	1.532100	1.537050	1.540699

20

【 0 2 8 7 】

(実施例 10)

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	nd	v d
物面	∞	∞		
1	18.3434	0.9000	1.92286	20.88
2	12.0213	0.0500		
3	12.1943	2.5000	1.77250	49.60
4	156.8354	0.5003		
5*	80.6534	0.7000	1.74320	49.34
6*	5.3837	2.1002		
7*	26.4437	0.8000	1.58313	59.38
8*	4.9844	1.0000	1.63387	23.38
9*	16.6289	10.3183		
10(絞り)	∞	0		
11*	6.0040	1.9999	1.58313	59.38
12*	-7.7105	0.1500		
13	6.0294	1.1984	1.57099	50.80
14	7.7745	0.5000	1.92286	20.88
15	3.5080	4.0066		
16	127.0367	1.5000	1.58313	59.38
17	-24.7245	4.2823		

40

50

18	∞	0.5000	1.51633	64.14
19	∞	0.4999		
像面	∞			

【0288】

非球面係数

第5面

K=5.2501, A2=0.0000E+00, A4=8.9072E-04, A6=-3.1699E-05, A8=3.1989E-07,
A10=0.0000E+00

第6面

K=0.1555, A2=0.0000E+00, A4=1.2429E-03, A6=4.2142E-05, A8=6.1900E-07,
A10=0.0000E+00

第7面

K=36.7740, A2=0.0000E+00, A4=-8.6035E-04, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,
A10=0.0000E+00

第8面

K=-5.7568, A2=0.0000E+00, A4=-4.7835E-04, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,
A10=0.0000E+00

第9面

K=-6.9032, A2=0.0000E+00, A4=-1.5346E-03, A6=0.0000E+00, A8=0.0000E+00,
A10=0.0000E+00

第11面

K=0.0017, A2=0.0000E+00, A4=-2.5030E-03, A6=-1.0297E-04, A8=-3.0400E-05,
A10=0.0000E+00

第12面

K=-1.2426, A2=0.0000E+00, A4=-1.1249E-03, A6=-1.5896E-04, A8=-1.3731E-05,
A10=0.0000E+00

【0289】

各種データ

ズーム比	4.82		
	広角	中間	望遠
焦点距離	6.59943	14.49978	31.79959
Fナンバー	3.3000	4.4199	5.3644
画角	31.6°	14.5°	6.7°
像高	3.840	3.840	3.840
レンズ全長	33.5057	37.3628	41.8617
B F	0.4999	0.4999	0.4999

d4	0.50026	5.66462	11.11080
d9	10.31827	5.36588	0.99977
d15	4.00656	10.21939	13.30831
d17	4.28226	1.71477	2.04461

【0290】

ズーム群データ

群	始面	焦点距離
1	1	30.55444
2	5	-7.18292
3	10	8.48655
4	16	35.62198

【0291】

〔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

10

20

30

40

50

	587.56	656.27	486.13	435.84	404.66
L1,L8	1.922860	1.910380	1.954570	1.982810	2.009196
L5	1.633870	1.626381	1.653490	1.671610	1.688826
L7	1.570989	1.567616	1.578856	1.585136	1.590445
L4,L6,L9	1.583126	1.580139	1.589960	1.595296	1.599721
L10	1.516330	1.513855	1.521905	1.526213	1.529768
L2	1.772499	1.767798	1.783374	1.791971	1.799174
L3	1.743198	1.738653	1.753716	1.762046	1.769040

【 0 2 9 2 】

次に、各実施例におけるパラメータの値を掲げる（-）は該当する数値がないことを示す。

10

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
f w	7.009	6.998	6.997	6.999	6.999
y ₁₀	3.6	3.6	3.6	3.8	3.8
n dp	1.63494	1.63494	1.63494	1.63494	1.63494
v dp	23.22	23.22	23.22	23.22	23.22
θ gFp	0.7108	0.7461	0.7284	0.6953	0.6802
β p	0.7486	0.7839	0.7662	0.7331	0.7180
θ hgp	0.7255	0.7890	0.7572	0.6976	0.6704
β hgp	0.7777	0.8412	0.8094	0.7498	0.7226
n dn	1.74320	1.52540	1.83481	1.83481	1.88300
v dn	49.34	56.25	41.20	42.71	40.76
θ gFn	0.5528	0.5490	0.5682	0.5645	0.5669
θ hgn	0.4638	0.4560	0.4819	0.4790	0.4811
y ₀₇	2.52	2.52	2.52	2.66	2.66
tan ω _{07w}	0.3819	0.3801	0.3835	0.4059	0.4058
t p	1.0	1.0	0.7	0.5	0.4
t n	0.9	0.9	0.7	0.8	0.8
R _{AC}	-6.794	38.413	6.268	-11.219	-233.086
z _{AC} (h)	-0.7997	0.1268	0.9411	-0.9647	-0.0273
(10) 式の右辺	(-)	0.1367	(-)	(-)	(-)
(11) 式の右辺	-0.8158	(-)	0.9012	-1.0127	-0.0466
a	1.291	1.295	1.295	1.863	1.863
h (=2.5a)	3.228	3.238	3.238	4.658	4.658
γ	4.994	5.001	5.002	8.001	8.001
z _{AP} (h)	-0.3503	-0.2829	0.5645	-0.6930	0.1669

20

30

【 0 2 9 3 】

	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10
f w	4.997	6.771	6.452	6.444	6.599
y ₁₀	3.6	3.84	3.84	3.84	3.84
n dp	1.68500	1.63494	1.63494	1.63494	1.63387
v dp	15.80	23.22	23.22	23.22	23.38
θ gFp	0.7142	0.7636	0.6679	0.6679	0.6684
β p	0.7400	0.8014	0.7057	0.7057	0.7065
θ hgp	0.7012	0.8205	0.6485	0.6485	0.6351
β hgp	0.7364	0.8727	0.7007	0.7007	0.6877
n dn	1.88300	1.58313	1.58313	1.77250	1.58313
v dn	40.76	59.38	59.38	49.60	59.38
θ gFn	0.5669	0.5438	0.5438	0.5523	0.5438
θ hgn	0.4811	0.4501	0.4501	0.4624	0.4501

40

50

y_{07}	2.52	2.69	2.69	2.69	2.69
$\tan \omega_{07w}$	0.5391	0.4219	0.4412	0.4387	0.4218
t_p	0.9	0.5752	0.6046	0.9	1.0
t_n	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8
R_{AC}	-571.593	-19.303	17.801	10.120	4.984
$z_{AC}(h)$	-0.0357	-0.2551	0.3297	0.6001	0.8899
(10) 式の右辺	(-)	(-)	(-)	(-)	1.7766
(11) 式の右辺	-0.0368	(-)	(-)	(-)	(-)
a	2.594	1.251	1.364	1.373	1.526
$h (=2.5a)$	6.485	3.128	3.410	3.433	3.815
γ	10.005	3.753	3.952	3.983	4.819
$z_{AP}(h)$	0.1296	0.0344	-0.0129	0.0623	0.0830

【0294】

次に、各実施例における条件式の値を掲げる。(－)は条件に該当しないことを示す。

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	
(1) β_p	0.7486	0.7839	0.7662	0.7331	0.7180	
(2) v_{dp}	23.22	23.22	23.22	23.22	23.22	
(3) β_{hgp}	0.7777	0.8412	0.8094	0.7498	0.7226	
(4) $\theta_{gFp} - \theta_{gFn}$	0.1580	0.1971	0.1602	0.1308	0.1133	
(5) $\theta_{hgp} - \theta_{hgn}$	0.2617	0.3330	0.2753	0.2186	0.1893	20
(6) $v_{dp} - v_{dn}$	-26.12	-33.03	-17.98	-19.49	-17.54	
(7) n_{dp}	1.63494	1.63494	1.63494	1.63494	1.63494	
(8) n_{dn}	1.74320	1.52540	1.83481	1.83481	1.88300	
(10) $z_{AC}(h) <$	(-)	0.1268	(-)	(-)	(-)	
右辺	(-)	0.1367	(-)	(-)	(-)	
(11) $z_{AC}(h) >$	-0.7997	(-)	0.9411	-0.9647	-0.0273	
右辺	-0.8158	(-)	0.9012	-1.0127	-0.0466	
(13) $ z_{AP}(h) - z_{AC}(h) $ / t_p	0.4494	0.4097	0.5380	0.5434	0.4855	
(14) t_p / t_n	1.111	1.111	1.0	0.625	0.5	30
(17) $y_{07} / (f_w \cdot \tan \omega_{07w})$	0.9414	0.9474	0.9391	0.9363	0.9366	

【0295】

	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10	
(1) β_p	0.7400	0.8014	0.7057	0.7057	0.7065	
(2) v_{dp}	15.80	23.22	23.22	23.22	23.38	
(3) β_{hgp}	0.7364	0.8727	0.7007	0.7007	0.6877	
(4) $\theta_{gFp} - \theta_{gFn}$	0.1473	0.2198	0.1241	0.1156	0.1246	
(5) $\theta_{hgp} - \theta_{hgn}$	0.2201	0.3704	0.1984	0.1861	0.1850	
(6) $v_{dp} - v_{dn}$	-24.96	-36.16	-36.16	-26.38	-36.00	
(7) n_{dp}	1.68500	1.63494	1.63494	1.63494	1.63387	40
(8) n_{dn}	1.88300	1.58313	1.58313	1.77250	1.58313	
(10) $z_{AC}(h) <$	(-)	(-)	(-)	(-)	0.8899	
右辺	(-)	(-)	(-)	(-)	1.7766	
(11) $z_{AC}(h) >$	-0.0357	(-)	(-)	(-)	(-)	
右辺	-0.0368	(-)	(-)	(-)	(-)	
(13) $ z_{AP}(h) - z_{AC}(h) $ / t_p	0.1837	0.5033	0.5667	0.5976	0.8069	
(14) t_p / t_n	1.0	0.719	0.756	1.125	1.25	
(17) $y_{07} / (f_w \cdot \tan \omega_{07w})$	0.9355	0.9417	0.9450	0.9515	0.9657	

【0296】

(実施例 10)

さて、以上のような本発明の結像光学系は、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。

【0297】

図 21～図 23 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 41 に組み込んだ構成の概念図を示す。図 21 はデジタルカメラ 40 の外観を示す前方斜視図、図 22 は同後方斜視図、図 23 はデジタルカメラ 40 の光学構成を示す断面図である。

【0298】

デジタルカメラ 40 は、この例の場合、撮影用光路 42 を有する撮影光学系 41、ファインダー用光路 44 を有するファインダー光学系 43、シャッター 45、フラッシュ 46、液晶表示モニター 47 等を含む。そして、撮影者が、カメラ 40 の上部に配置されたシャッター 45 を押圧すると、それに連動して撮影光学系 41、例えば実施例 1 のズームレンズ 48 を通して撮影が行われる。

【0299】

撮影光学系 41 によって形成された物体像は、CCD 49 の撮像面上に形成される。この CCD 49 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。

【0300】

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。

【0301】

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。

【0302】

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 24～図 26 に示す。図 24 はパソコン 300 のカバーを開いた状態の前方斜視図、図 25 はパソコン 300 の撮影光学系 303 の断面図、図 26 は図 2 の側面図である。図 24～図 26 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。

【0303】

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。

【0304】

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。

【0305】

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 24 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。

10

【0306】

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 27 に示す。図 27 (a) は携帯電話 400 の正面図、図 257 (b) は側面図、図 27 (c) は撮影光学系 405 の断面図である。図 27 (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。

【0307】

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つたものである。

20

【0308】

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。

30

【0309】

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、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。

【0310】

40

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】

【0311】

【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。

【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。

50

【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。

【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。

10

【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】本発明の実施例 5 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 10】実施例 5 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 11】本発明の実施例 6 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。

20

【図 12】実施例 6 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 13】本発明の実施例 7 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 14】実施例 7 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 15】本発明の実施例 8 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 16】実施例 8 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 17】本発明の実施例 9 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 18】実施例 9 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 19】本発明の実施例 10 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 20】実施例 10 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 21】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視図である。

【図 22】デジタルカメラ 40 の後方斜視図である。

【図 23】デジタルカメラ 40 の光学構成を示す断面図である。

【図 24】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 300 のカバーを開いた状態の前方斜視図である。

【図 25】パソコン 300 の撮影光学系 303 の断面図である。

50

【図 26】パソコン 300 の側面図である。

【図 27】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 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。

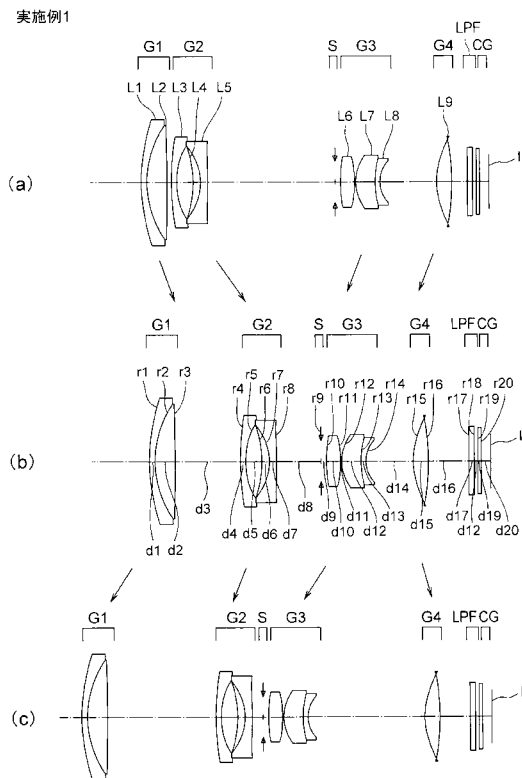
【符号の説明】

【0312】

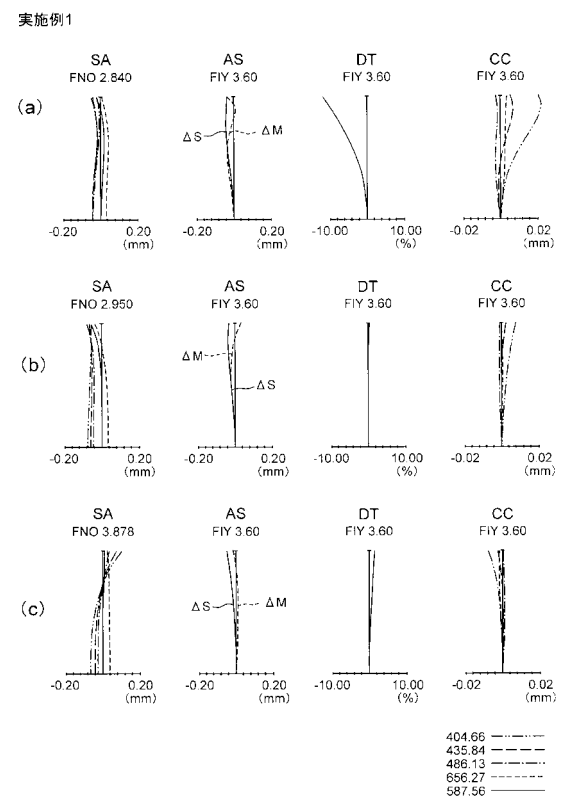
G 1	第 1 レンズ群	
G 2	第 2 レンズ群	
G 3	第 3 レンズ群	
G 4	第 4 レンズ群	10
G 5	第 5 レンズ群	
L 1 ~ L 1 2	各レンズ	
L P F	ローパスフィルタ	
C G	カバーガラス	
I	撮像面	
E	観察者の眼球	
4 0	デジタルカメラ	
4 1	撮影光学系	
4 2	撮影用光路	
4 3	ファインダー光学系	20
4 4	ファインダー用光路	
4 5	シャッター	
4 6	フラッシュ	
4 7	液晶表示モニター	
4 8	ズームレンズ	
4 9	C C D	
5 0	撮像面	
5 1	処理手段	
5 3	ファインダー用対物光学系	
5 5	ポロプリズム	30
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	40
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	
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	50

4 0 6 アンテナ
4 0 7 撮影光路

【図 1】

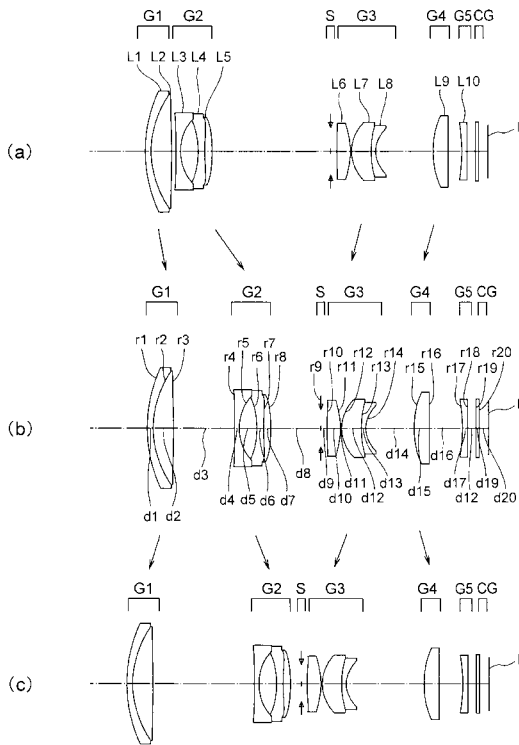


【図 2】



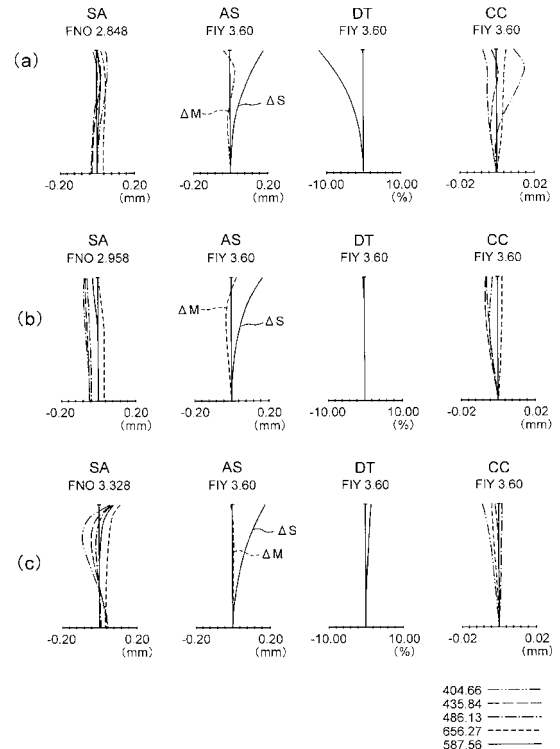
【図 3】

実施例2



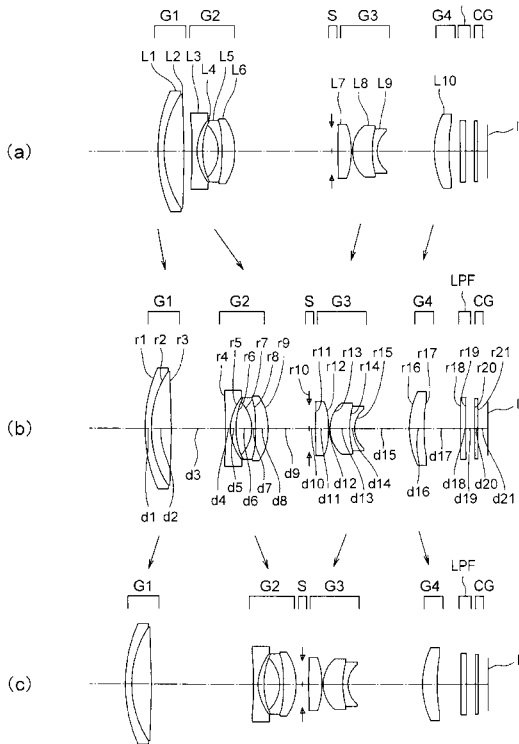
【図 4】

実施例2



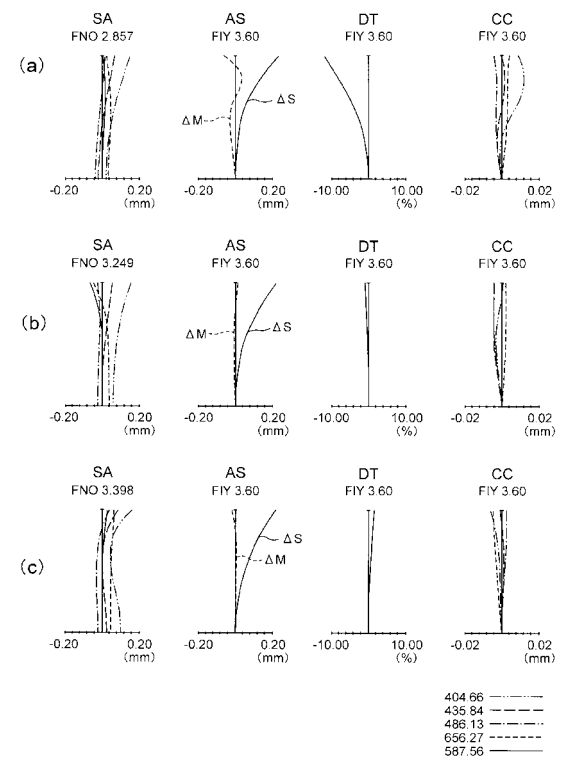
【図 5】

実施例3

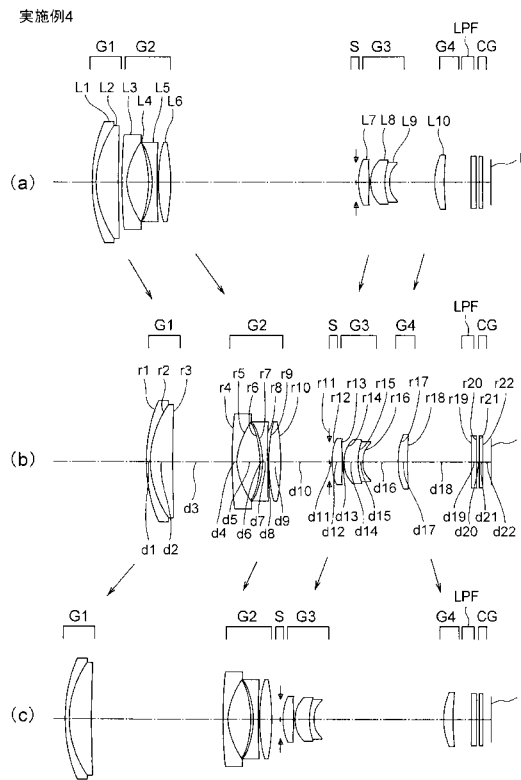


【図 6】

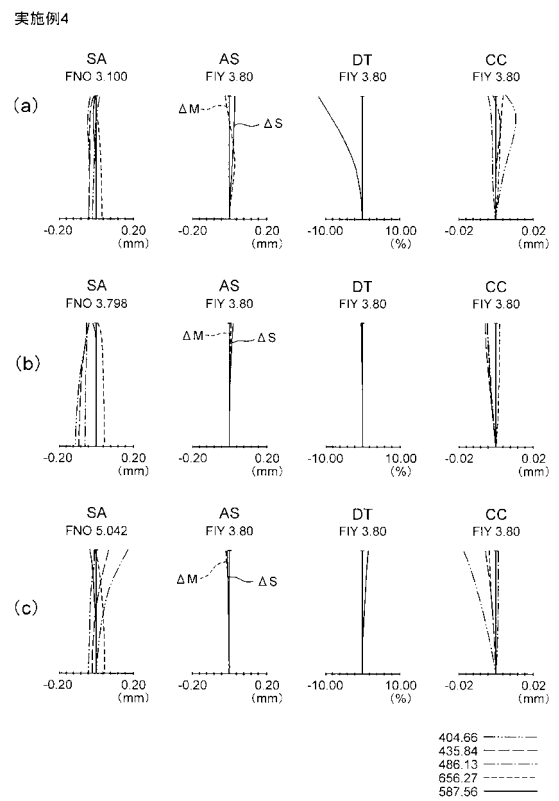
実施例3



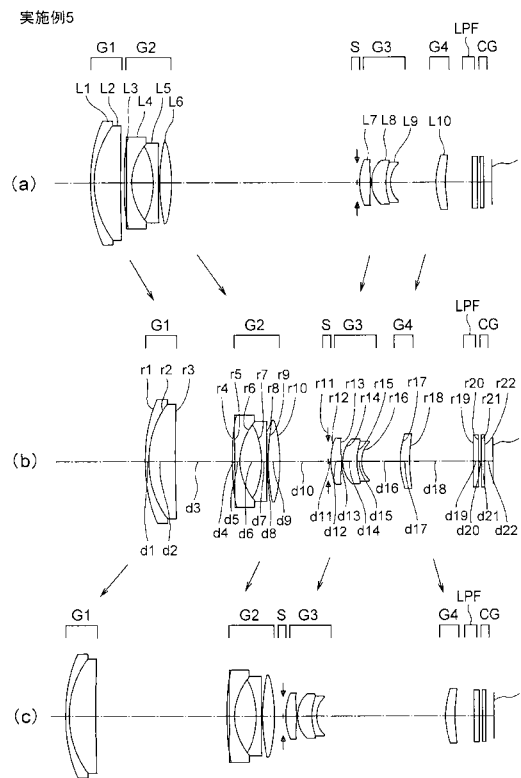
【図 7】



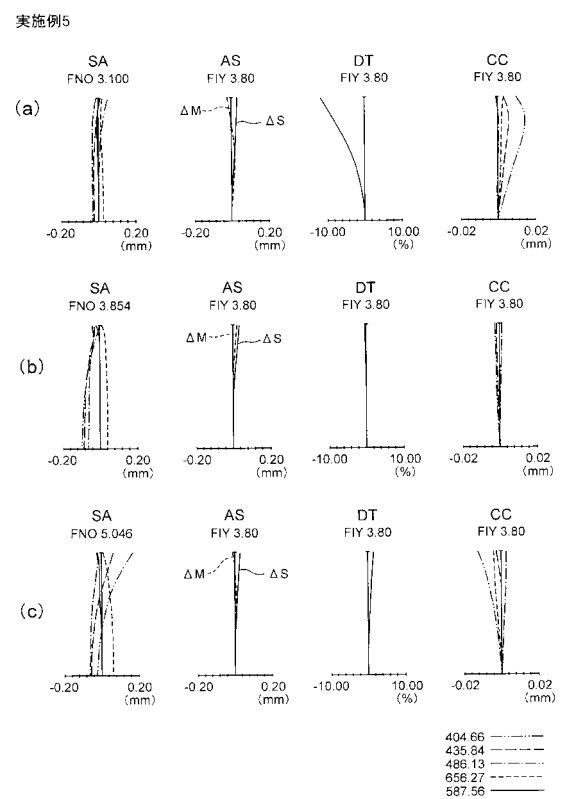
【図 8】



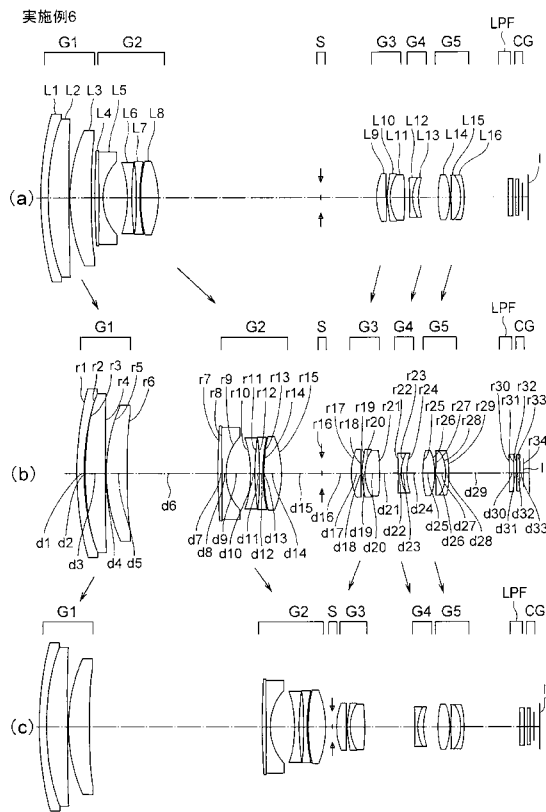
【図 9】



【図 10】

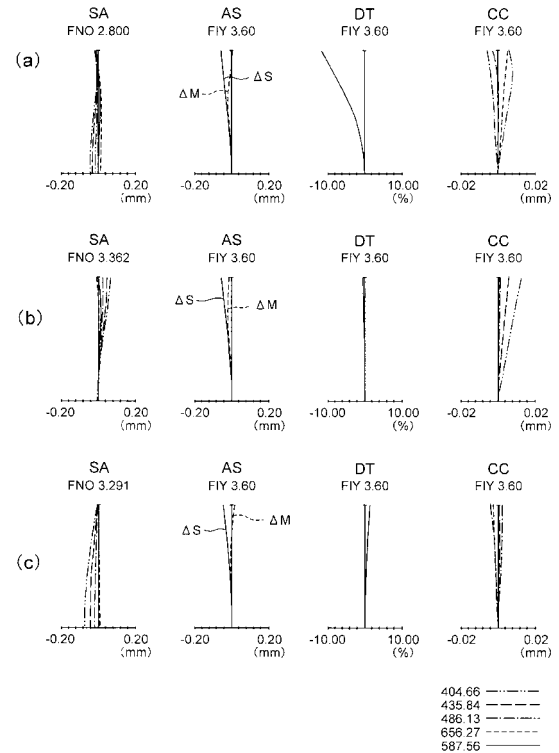


【図 1 1】

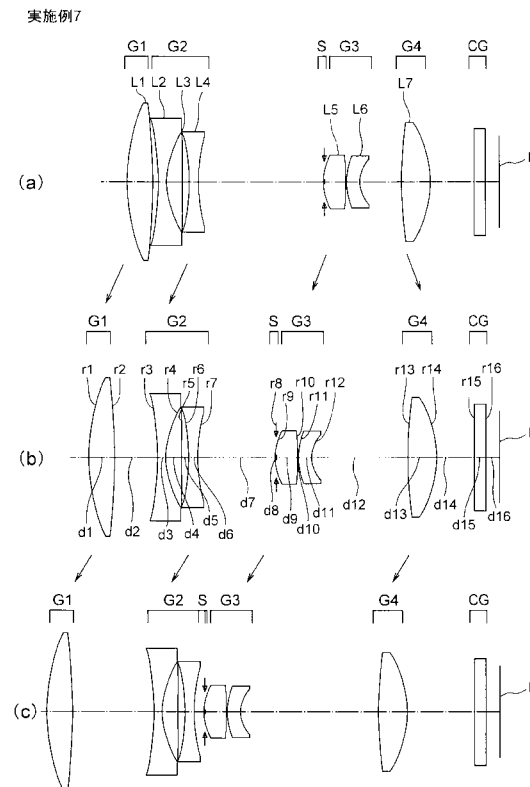


【図 1 2】

実施例6

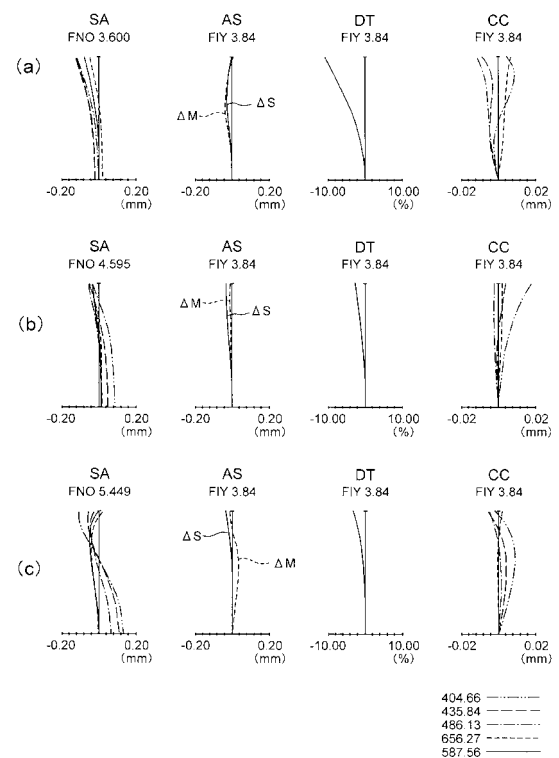


【図 1 3】

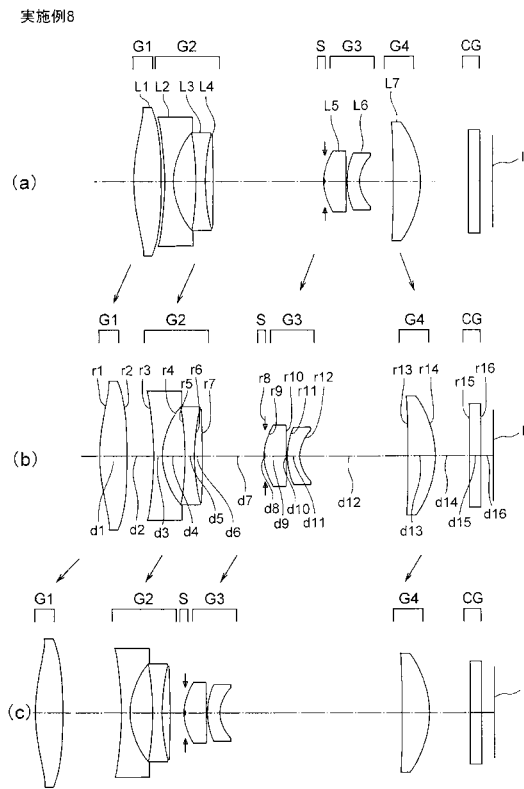


【図 1 4】

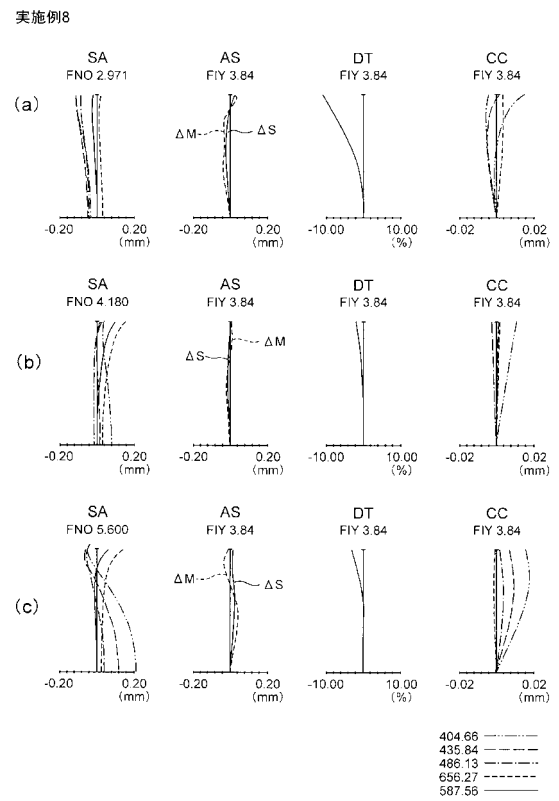
実施例7



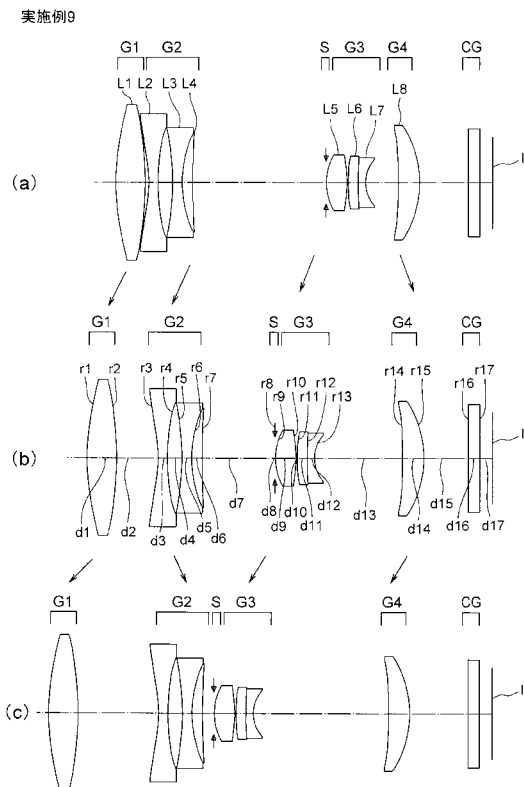
【図 15】



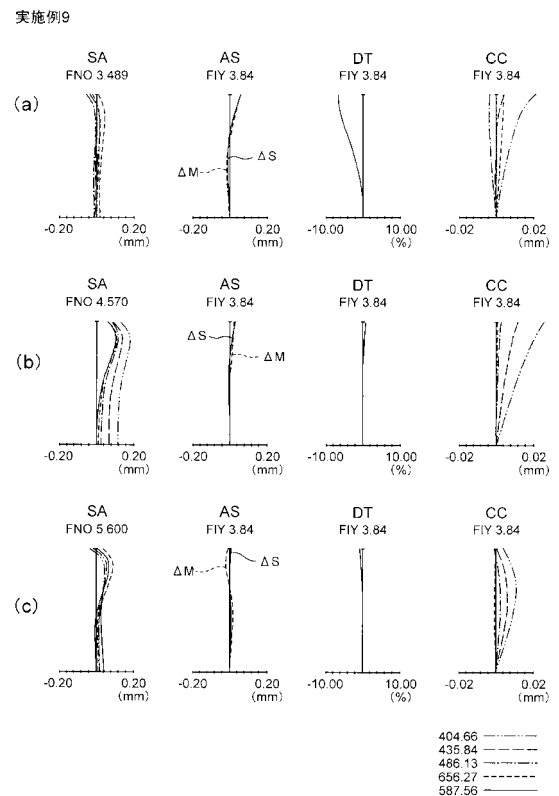
【図 16】



【図 17】

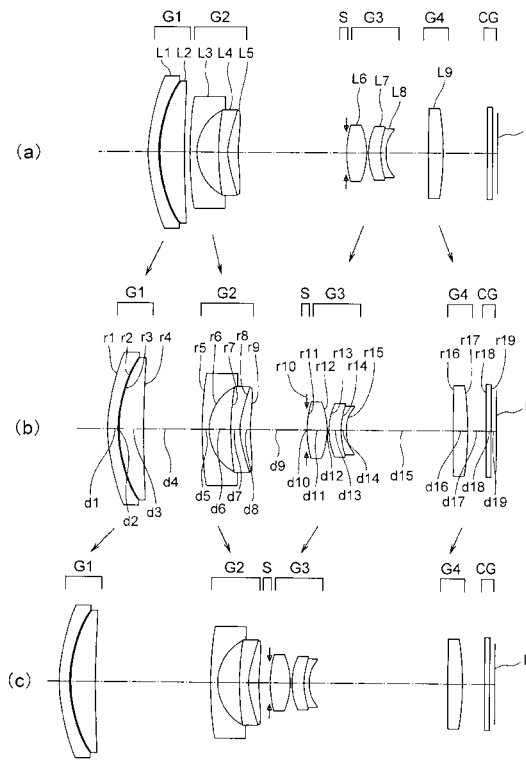


【図 18】

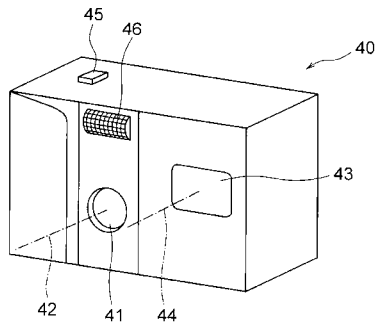


【図 19】

実施例10

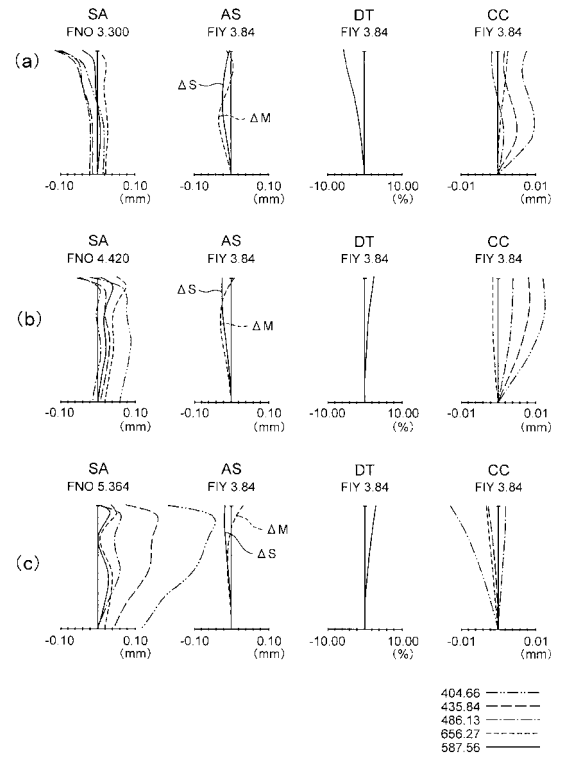


【図 21】

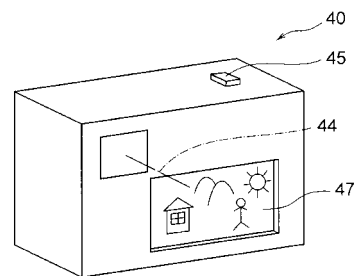


【図 20】

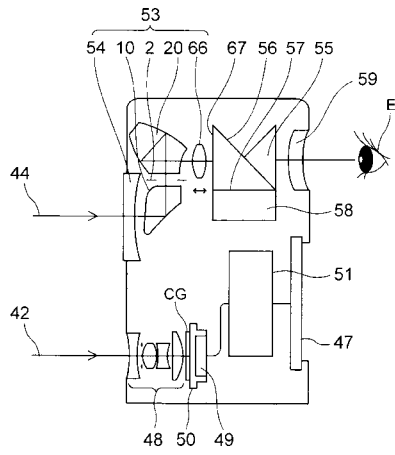
実施例10



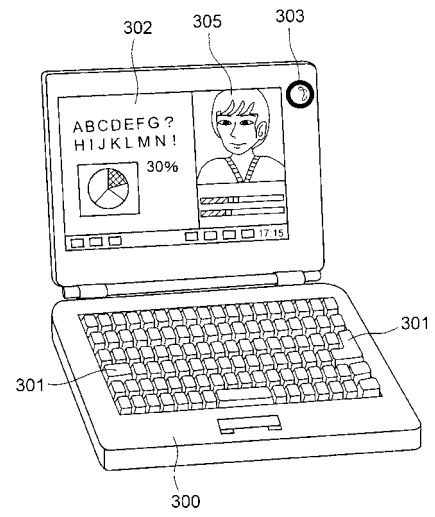
【図 22】



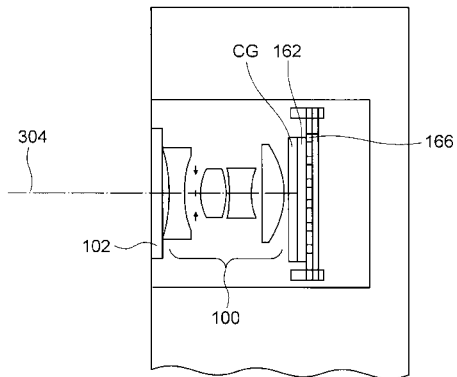
【図 2 3】



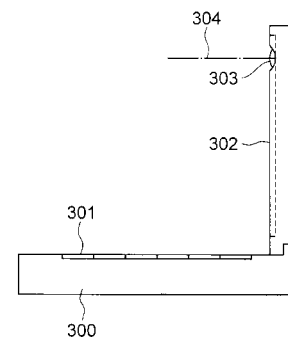
【図 2 4】



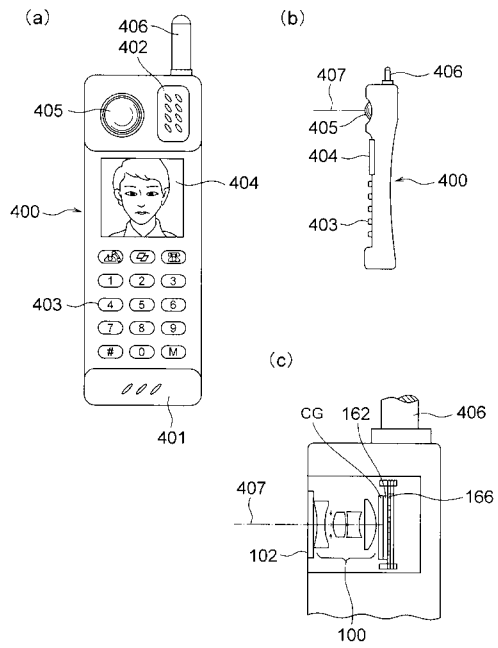
【図 2 5】



【図 2 6】



【図 27】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA02 KA03 KA22 LA01 NA15 PA06 PA07 PA11 PA16 PA18
PA19 PA20 PB07 PB08 PB09 PB10 PB16 QA02 QA06 QA07
QA14 QA17 QA21 QA22 QA25 QA26 QA32 QA34 QA37 QA41
QA42 QA45 QA46 RA05 RA12 RA13 RA32 RA36 RA42 RA43
RA44 SA23 SA27 SA29 SA32 SA43 SA47 SA49 SA52 SA53
SA55 SA56 SA62 SA63 SA64 SA65 SA66 SA76 SB02 SB03
SB04 SB14 SB15 SB16 SB23 SB24 SB25 SB32 SB33 SB42
SB44 UA00 UA01 UA06

【要約の続き】

$$0.6650 < \beta_p < 0.9000 \quad \dots (1)$$

$$3 < v_{dp} < 27 \quad \dots (2)$$

【選択図】 図1