

(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2011-232620

(P2011-232620A)

(43) 公開日 平成23年11月17日(2011.11.17)

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

審査請求 未請求 請求項の数 29 O L (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2010-103730 (P2010-103730)	(71) 出願人	504371974
(22) 出願日	平成22年4月28日 (2010. 4. 28)		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
		(74) 代理人	100120204
			弁理士 平山 巖
		(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

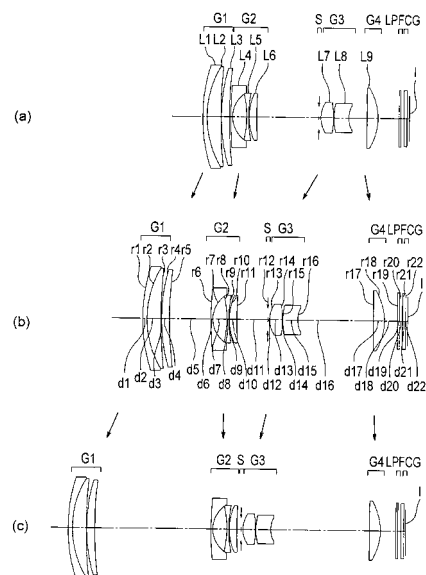
## (57) 【要約】

【課題】小型化と広画角化、変倍比の確保に有利であり、撮影画像の画質も良好に維持し易い結像光学系を提供すること。

【解決手段】全体として4群又は5群からなる結像光学系であって、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔は広がり、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔は狭まり、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔は変動し、第1レンズ群は負メニスカスレンズと正メニスカスレンズと正レンズの3枚のレンズからなり、第2レンズ群は、物体側に凸面をもち像側に凹面をもつ負メニスカスレンズを最も物体側に有し、第2レンズ群の望遠端での位置が広角端での位置より物体側にあり、第3レンズ群と一体で移動する明るさ絞りを有し、第3レンズ群は、正レンズ成分と負レンズ成分を有しており、第4レンズ群は1つのレンズからなる、ことを特徴とする。

【選択図】図1

実施例1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

物体側から像側へ順に、  
正屈折力をもつ第 1 レンズ群と、  
負屈折力をもつ第 2 レンズ群と、  
正屈折力をもつ第 3 レンズ群と、  
屈折力をもつ第 4 レンズ群とを含む全体として 4 群又は 5 群からなる結像光学系であっ  
て、

広角端から望遠端へのズーミングに際して、  
前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔は広がり、  
前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔は狭まり、  
前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔は変動し、  
前記第 1 レンズ群は負メニスカスレンズと正メニスカスレンズと正レンズの 3 枚のレン  
ズからなり、

前記第 2 レンズ群は、物体側に凸面をもち像側に凹面をもつ負メニスカスレンズを最も  
物体側に有し、前記第 2 レンズ群の望遠端での位置が広角端での位置より物体側にあり、  
前記第 3 レンズ群と一体で移動する明るさ絞りを有し、

前記第 3 レンズ群は、正レンズ成分と負レンズ成分を有しており、

前記第 4 レンズ群は 1 つのレンズからなることを特徴とする結像光学系。

**【請求項 2】**

前記第 1 レンズ群の望遠端における位置が、広角端における位置よりも物体側に位置す  
ることを特徴とする請求項 1 に記載の結像光学系。

**【請求項 3】**

前記第 1 レンズ群中の前記負メニスカスレンズが前記第 1 レンズ群中の前記正メニスカ  
スレンズよりも物体側に位置し、

前記第 1 レンズ群中の前記負メニスカスレンズは、物体側面の近軸曲率半径の絶対値よ  
りも小さい近軸曲率半径の絶対値をもつ像側面をもち、前記第 1 レンズ群中の前記正メニ  
スカスレンズは、物体側面の近軸曲率半径の絶対値よりも大きい近軸曲率半径の絶対値を  
もつ像側面をもつことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の結像光学系。

**【請求項 4】**

前記第 1 レンズ群中の前記負メニスカスレンズと前記正メニスカスレンズが、いずれも  
物体側に凸面を持つメニスカスレンズであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか  
一項に記載の結像光学系。

**【請求項 5】**

前記第 1 レンズ群中の前記負メニスカスレンズと前記正メニスカスレンズとが接合され  
ていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の結像光学系。

**【請求項 6】**

前記第 2 レンズ群は、前記負メニスカスレンズよりも像側に配置された正レンズと負レ  
ンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の結像光学系。

**【請求項 7】**

前記第 2 レンズ群は、前記負メニスカスレンズと前記正レンズと前記負レンズとからな  
ることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の結像光学系。

**【請求項 8】**

前記第 2 レンズ群中の前記負レンズが非球面を有することを特徴とする請求項 1 乃至 7  
のいずれか一項に記載の結像光学系。

**【請求項 9】**

前記第 3 レンズ群の望遠端における位置が、広角端における位置よりも物体側に位置す  
ることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の結像光学系。

**【請求項 10】**

前記第 3 レンズ群は、物体側から順に、正レンズと負レンズの 2 枚のレンズからなるこ

10

20

30

40

50

とを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項 1 1】

前記第 3 レンズ群は、物体側から順に、正レンズ、正レンズ、負レンズの 3 枚のレンズからなることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項 1 2】

前記第 3 レンズ群中の前記正レンズは両凸形状であり、前記負レンズは物体側面が凸面で像側面が凹面のメニスカス形状であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項 1 3】

前記第 3 レンズ群中の前記正レンズの物体側面と像側面が共に非球面であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 のいずれか一項に記載の結像光学系。

10

【請求項 1 4】

前記第 3 レンズ群中の前記負レンズの像側面が非球面であることを特徴とする請求項 1 乃至 1 3 のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項 1 5】

前記第 4 レンズ群が移動して、遠距離物から近距離物へのフォーカシングを行うことを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項 1 6】

前記第 4 レンズ群が 1 枚の正レンズからなることを特徴とする請求項 1 乃至 1 5 のいずれか一項に記載の結像光学系。

20

【請求項 1 7】

前記第 4 レンズ群が 1 枚の負レンズからなることを特徴とする請求項 1 乃至 1 5 のいずれか一項に記載の結像光学系。

【請求項 1 8】

前記第 4 レンズ群が、非球面を持つメニスカスレンズからなることを特徴とする請求項 1 6 に記載の結像光学系。

【請求項 1 9】

前記第 4 レンズ群が、非球面を持つ両凹レンズからなることを特徴とする請求項 1 7 に記載の結像光学系。

【請求項 2 0】

30

前記第 1 レンズ群が、以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1 9 のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$-1.0 < (R_{1gf} + R_{1gr}) / (R_{1gf} - R_{1gr}) < -1.5 \quad (1)$$

ここで、

$R_{1gf}$  は、前記第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ面の近軸曲率半径、

$R_{1gr}$  は、前記第 1 レンズ群の最も像側のレンズ面の近軸曲率半径、

である。

【請求項 2 1】

前記第 1 レンズ群が、以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 2 0 のいずれか一項に記載の結像光学系。

40

$$-5.5 < (R_{1f} + R_{1r}) / (R_{1f} - R_{1r}) < -2.5 \quad (2)$$

ここで、

$R_{1f}$  は、前記第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ成分の最も物体面の近軸曲率半径、

$R_{1r}$  は、前記第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ成分の最も像面の近軸曲率半径、

である。

【請求項 2 2】

前記第 2 レンズ群中の前記負メニスカスレンズ成分が、以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 2 1 のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$0.9 < (R_{2nf} + R_{2nr}) / (R_{2nf} - R_{2nr}) < 1.5 \quad (3)$$

ここで、

50

$R_{2nf}$  は、前記第 2 レンズ群中の前記負メニスカスレンズ成分の物体側面の近軸曲率半径、

$R_{2nr}$  は、前記第 2 レンズ群中の前記負メニスカスレンズ成分の像側面の近軸曲率半径、  
である。

【請求項 23】

前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群中の前記負メニスカスレンズ成分とが、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 22 のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$-0.3 < f_{2n} / f_1 < -0.13 \quad (4)$$

ここで、

$f_{2n}$  は、前記第 2 レンズ群中の前記負メニスカスレンズの焦点距離、

$f_1$  は、前記第 1 レンズ群の焦点距離、

である。

【請求項 24】

前記第 3 レンズ群中の前記負レンズが以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 23 のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$0.1 < (R_{3nf} + R_{3nr}) / (R_{3nf} - R_{3nr}) < 4.5 \quad (5)$$

ここで、

$R_{3nf}$  は、前記第 3 レンズ群中の前記負レンズの物体側面の近軸曲率半径、

$R_{3nr}$  は、前記第 3 レンズ群中の前記負レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

【請求項 25】

前記第 3 レンズ群中の前記負レンズが以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 24 のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$1.2 < \gamma_n < 3.5 \quad (6)$$

ここで、

$\gamma_n$  は、前記第 3 レンズ群中の前記負レンズのアッベ数、

である。

【請求項 26】

前記第 3 レンズ群中の前記正レンズと前記負レンズが以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 25 のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$3.0 < \gamma_p - \gamma_n < 7.0 \quad (7)$$

ここで、

$\gamma_p$  は、前記第 3 レンズ群中の前記正レンズのアッベ数、

$\gamma_n$  は、前記第 3 レンズ群中の前記負レンズのアッベ数、

である。

【請求項 27】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 26 のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$7 < f_t / f_w \quad (8)$$

ここで、

$f_w$  は、広角端における前記結像光学系の全系の焦点距離、

$f_t$  は、望遠端における前記結像光学系の全系の焦点距離、

である。

【請求項 28】

結像光学系と、

その像側に配置された撮像面をもち前記結像光学系により形成された前記撮像面上の光学像を電気信号に変換する撮像素子と、を備え、

前記結像光学系が請求項 1 乃至 27 のいずれか一項に記載の結像光学系であることを特徴とする電子撮像装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 29】

前記撮像素子にて撮像して得られた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信号処理回路を備え、

前記結像光学系が広角端且つ最も遠距離に合焦した状態において、以下の条件を満足することを特徴とする請求項 28 に記載の電子撮像装置。

$$0.65 < y_{07} / (f_w \cdot \tan \theta_{07w}) < 0.98 \quad (9)$$

ここで、

$f_w$  は、広角端における結像光学系全系の焦点距離であり、

撮像素子の有効撮像面内で中心から最も遠い点までの距離を  $y_{10}$  としたとき、

$y_{07} = 0.7 \times y_{10}$  で定義され、

有効撮像領域が広角端から望遠端で変化する場合、 $y_{10}$  はとり得る値の最大値とし、 $\theta_{07w}$  は広角端における撮像面上の中心から像高が  $y_{07}$  となる像位置に入射する主光線の物空間における入射光線と光軸とのなす角である。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、結像光学系及びそれを有する電子撮像装置に関するものである。

20

## 【背景技術】

## 【0002】

近年では、銀塩フィルムカメラに代わり、CCDやCMOSのような固体撮像素子を用いて被写体を撮影するようにしたデジタルカメラが主流となっている。更にそれは業務用高機能タイプからコンパクトな普及タイプまで幅広い範囲において、いくつものカテゴリーを有するようになってきている。本発明においては、特にコンパクトな普及タイプのカテゴリーに注目している。

## 【0003】

このような普及タイプのデジタルカメラのユーザーは、いつでもどこでも手軽に幅広いシーンで撮影を楽しみたいという要望をもっている。そのため、小型な商品、特に服やカバンのポケット等への収納性がよく、持ち運びが便利な、厚み方向のサイズが薄型であるタイプのデジタルカメラが好まれるようになってきている。

30

## 【0004】

また、撮影レンズ系にも、より一層の小型化が要望されている。また、多様な撮影シーンに対応できるように、高い変倍比と、広角端での画角を確保したズームレンズが求められている。

## 【0005】

比較的高変倍比を維持しやすいズームレンズが以下の特許文献により知られている。これらのズームレンズは、物体側より正屈折力の第1レンズ群、負屈折力の第2レンズ群、正屈折力の第3レンズ群、正屈折力の第4レンズ群を備え、各レンズ群の間の各間隔の長さを変化させることでズーミングをおこなうタイプである。

40

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【特許文献1】特開2008-102165号公報

【特許文献2】特開平04-104114号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

特許文献1に記載されているズームレンズは、ズームレンズをカメラ本体に収納した際

50

の薄型化には適している。しかしながら、広角端での対角方向の画角が $65^{\circ}$ 程度に止るものである。

【0008】

特許文献2に記載されているズームレンズは、高倍率には適している。しかしながら、カメラ本体に収納した際の薄型化には適していない。広角端での対角方向の画角が $65^{\circ}$ 程度に止るものである。

【0009】

本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、小型化と広画角化、変倍比の確保に有利であり、撮影画像の画質も良好に維持し易い結像光学系の提供を目的とするものである。

10

更には、製造コストも抑えやすい結像光学系の提供を目的とするものである。

更には、そのような結像光学系を備えた電子撮像装置の提供を目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の結像光学系は、物体側から像側へ順に、

正屈折力をもつ第1レンズ群と、

負屈折力をもつ第2レンズ群と、

正屈折力をもつ第3レンズ群と、

屈折力をもつ第4レンズ群とを含む全体として4群又は5群からなる結像光学系であって、

20

広角端から望遠端へのズームングに際して、

第1レンズ群と第2レンズ群との間隔は広がり、

第2レンズ群と第3レンズ群との間隔は狭まり、

第3レンズ群と第4レンズ群との間隔は変動し、

第1レンズ群は負メニスカスレンズと正メニスカスレンズと正レンズの3枚のレンズからなり、

第2レンズ群は、物体側に凸面をもち像側に凹面をもつ負メニスカスレンズを最も物体側に有し、第2レンズ群の望遠端での位置が広角端での位置より物体側にあり、第3レンズ群と一体で移動する明るさ絞りを有し、

30

第3レンズ群は、正レンズ成分と負レンズ成分を有しており、

第4レンズ群は1つのレンズからなることを特徴とする。

【0011】

また、本発明の好ましい態様によれば、第1レンズ群の望遠端における位置が、広角端における位置よりも物体側に位置することが望ましい。

【0012】

また、本発明の好ましい態様によれば、第1レンズ群中の負メニスカスレンズが第1レンズ群中の正メニスカスレンズよりも物体側に位置し、

第1レンズ群中の負メニスカスレンズは、物体側面の近軸曲率半径の絶対値よりも小さい近軸曲率半径の絶対値をもつ像側面をもち、第1レンズ群中の正メニスカスレンズは、物体側面の近軸曲率半径の絶対値よりも大きい近軸曲率半径の絶対値をもつ像側面をもつことが望ましい。

40

【0013】

また、本発明の好ましい態様によれば、第1レンズ群中の負メニスカスレンズと正メニスカスレンズが、いずれも物体側に凸面を持つメニスカスレンズであることが望ましい。

【0014】

また、本発明の好ましい態様によれば、第1レンズ群中の負メニスカスレンズと正メニスカスレンズとが接合されていることが望ましい。

【0015】

また、本発明の好ましい態様によれば、第2レンズ群は、負メニスカスレンズよりも像

50

側に配置された正レンズと負レンズを有することが望ましい。

【0016】

また、本発明の好ましい態様によれば、第2レンズ群は、負メニスカスレンズと正レンズと負レンズとからなることが望ましい。

【0017】

また、本発明の好ましい態様によれば、第2レンズ群中の負レンズが非球面を有することが望ましい。

【0018】

また、本発明の好ましい態様によれば、第3レンズ群の望遠端における位置が、広角端における位置よりも物体側に位置することが望ましい。

10

【0019】

また、本発明の好ましい態様によれば、第3レンズ群は、物体側から順に、正レンズと負レンズの2枚のレンズからなることが望ましい。

【0020】

また、本発明の好ましい態様によれば、第3レンズ群は、物体側から順に、正レンズ、正レンズ、負レンズの3枚のレンズからなることが望ましい。

【0021】

また、本発明の好ましい態様によれば、第3レンズ群中の正レンズは両凸形状であり、負レンズは物体側面が凸面で像側面が凹面のメニスカス形状であることが望ましい。

20

【0022】

また、本発明の好ましい態様によれば、第3レンズ群中の正レンズの物体側面と像側面が共に非球面であることが望ましい。

【0023】

また、本発明の好ましい態様によれば、第3レンズ群中の負レンズの像側面が非球面であることが望ましい。

【0024】

また、本発明の好ましい態様によれば、第4レンズ群が移動して、遠距離物から近距離物へのフォーカシングを行うことが望ましい。

【0025】

また、本発明の好ましい態様によれば、第4レンズ群が1枚の正レンズからなることが望ましい。

30

【0026】

また、本発明の好ましい態様によれば、第4レンズ群が1枚の負レンズからなることが望ましい。

【0027】

また、本発明の好ましい態様によれば、第4レンズ群が、非球面を持つメニスカスレンズからなることが望ましい。

【0028】

また、本発明の好ましい態様によれば、第4レンズ群が、非球面を持つ両凹レンズからなることが望ましい。

40

【0029】

また、本発明の好ましい態様によれば、第1レンズ群が、以下の条件を満足することが望ましい。

$$-1.0 < (R_{1g f} + R_{1g r}) / (R_{1g f} - R_{1g r}) < -1.5 \quad (1)$$

ここで、

$R_{1g f}$  は、第1レンズ群の最も物体側のレンズ面の近軸曲率半径、

$R_{1g r}$  は、第1レンズ群の最も像側のレンズ面の近軸曲率半径、

である。

【0030】

また、本発明の好ましい態様によれば、第1レンズ群が、以下の条件を満足することが

50

望ましい。

$$-5.5 < (R_{1f} + R_{1r}) / (R_{1f} - R_{1r}) < -2.5 \quad (2)$$

ここで、

$R_{1f}$  は、第1レンズ群の最も物体側のレンズ成分の最も物体面の近軸曲率半径、

$R_{1r}$  は、第1レンズ群の最も物体側のレンズ成分の最も像面の近軸曲率半径、

である。

#### 【0031】

また、本発明の好ましい態様によれば、第2レンズ群中の負メニスカスレンズ成分が、以下の条件を満足することが望ましい。

$$0.9 < (R_{2nf} + R_{2nr}) / (R_{2nf} - R_{2nr}) < 1.5 \quad (3)$$

10

ここで、

$R_{2nf}$  は、第2レンズ群中の負メニスカスレンズ成分の物体側面の近軸曲率半径、

$R_{2nr}$  は、第2レンズ群中の負メニスカスレンズ成分の像側面の近軸曲率半径、

である。

#### 【0032】

また、本発明の好ましい態様によれば、第1レンズ群と第2レンズ群中の負メニスカスレンズ成分とが、以下の条件式を満足することが望ましい。

$$-0.3 < f_{2n} / f_1 < -0.13 \quad (4)$$

ここで、

$f_{2n}$  は、第2レンズ群中の負メニスカスレンズの焦点距離、

$f_1$  は、第1レンズ群の焦点距離、

である。

20

#### 【0033】

また、本発明の好ましい態様によれば、第3レンズ群中の負レンズが以下の条件を満足することが望ましい。

$$0.1 < (R_{3nf} + R_{3nr}) / (R_{3nf} - R_{3nr}) < 4.5 \quad (5)$$

ここで、

$R_{3nf}$  は、第3レンズ群中の負レンズの物体側面の近軸曲率半径、

$R_{3nr}$  は、第3レンズ群中の負レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

30

#### 【0034】

また、本発明の好ましい態様によれば、第3レンズ群中の負レンズが以下の条件を満足することが望ましい。

$$1.2 < \gamma_n < 3.5 \quad (6)$$

ここで、

$\gamma_n$  は、第3レンズ群中の負レンズのアップベ数、

である。

#### 【0035】

また、本発明の好ましい態様によれば、第3レンズ群中の正レンズと負レンズが以下の条件を満足することが望ましい。

$$3.0 < \gamma_p - \gamma_n < 7.0 \quad (7)$$

ここで、

$\gamma_p$  は、第3レンズ群中の正レンズのアップベ数、

$\gamma_n$  は、第3レンズ群中の負レンズのアップベ数、

である。

40

#### 【0036】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件式を満足することが望ましい。

$$7 < f_t / f_w \quad (8)$$

ここで、

$f_w$  は、広角端における結像光学系の全系の焦点距離、

50



$f_t$  は、望遠端における結像光学系の全系の焦点距離、である。

【0037】

また、本発明の電子撮像装置は、結像光学系と、

その像側に配置された撮像面をもち結像光学系により形成された撮像面上の光学像を電気信号に変換する撮像素子と、を備え、

結像光学系が上述の結像光学系であることを特徴とする。

【0038】

また、本発明の好ましい態様によれば、撮像素子にて撮像して得られた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信号処理回路を備え、

結像光学系が広角端且つ最も遠距離に合焦した状態において、以下の条件を満足することが望ましい。

$$0.65 < y_{0.7} / (f_w \cdot \tan \theta_{0.7w}) < 0.98 \quad (9)$$

ここで、

$f_w$  は、広角端における結像光学系全系の焦点距離であり、

撮像素子の有効撮像面内で中心から最も遠い点までの距離を  $y_{1.0}$  としたとき、

$y_{0.7} = 0.7 \times y_{1.0}$  で定義され、

有効撮像領域が広角端から望遠端で変化する場合、 $y_{1.0}$  はとり得る値の最大値とし、 $\theta_{0.7w}$  は広角端における撮像面上の中心から像高が  $y_{0.7}$  となる像位置に入射する主光線の物空間における入射光線と光軸とのなす角である。

【発明の効果】

【0039】

本発明によれば、小型化と広画角化、変倍比の確保に有利であり、撮影画像の画質も良好に維持し易い結像光学系を提供できる。

更には、製造コストも抑えやすい結像光学系を提供できる。

更には、そのような結像光学系を備えた電子撮像装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【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。

【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 1 0】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 1 1】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。

【図 1 2】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 1 3】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 4 0 の外観を示す前方斜視図である。

10

【図 1 4】デジタルカメラ 4 0 の後方斜視図である。

【図 1 5】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 6】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 7】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 8】パソコン 3 0 0 の側面図である。

【図 1 9】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。

20

【発明を実施するための形態】

【0 0 4 1】

以下に、本実施形態の結像光学系をズーム光学系に適用した実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。なお、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。

【0 0 4 2】

本実施形態の結像光学系は、  
物体側から像側へ順に、  
正屈折力をもつ第 1 レンズ群と、  
負屈折力をもつ第 2 レンズ群と、  
正屈折力をもつ第 3 レンズ群と、  
屈折力をもつ第 4 レンズ群とを含む全体として 4 群又は 5 群からなる結像光学系であって、

30

広角端から望遠端へのズーミングに際して、  
第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間隔は広がり、  
第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間隔は狭まり、  
第 3 レンズ群と第 4 レンズ群との間隔は変動する。

【0 0 4 3】

このような、正・負・正のレンズ群配置を含むタイプの結像光学系は、変倍比の確保に有利である。また、射出瞳を像面から離しやすく、電子撮像素子を用いた場合に良好な画像の確保に有利となる。

40

【0 0 4 4】

そして、本実施形態の結像光学系では、さらに、  
第 1 レンズ群を負メニスカスレンズと正メニスカスレンズと正レンズの 3 枚のレンズからなる構成としている。これにより、第 1 レンズ群の径方向の小型化に有利となる。さらに、それぞれのレンズ同士が収差をキャンセルしあうことで、第 1 レンズ群での諸収差の補正に有利となる。この結果、レンズを広画角化、高変倍比化、小型化した際の収差変動を抑えやすくしている。

【0 0 4 5】

そして、第 2 レンズ群は、物体側に凸面をもち像側に凹面をもつ負メニスカスレンズを

50

最も物体側に有している。

加えて、第3レンズ群は、正レンズと負レンズを有する構成である。

【0046】

沈胴時の小型のためにはレンズ枚数の低減が効果的である。

ここで、レンズ成分は、光軸上にて空気と接する屈折面が物体側屈折面と像側屈折面の2つのみのレンズ体と定義する。

【0047】

本実施形態の結像光学系においては、第3レンズ群を上述の構成とすることで第3レンズ群の小型化に有利としている。また、第3レンズ群の主点の位置を第2レンズ群側寄りにしている。これにより、小型化しながらも変倍比の確保に有利としている。

10

【0048】

そして、第2レンズ群に十分な負の屈折力の確保しつつ、広画角化にともなう軸外収差の発生を抑えるために、第2レンズ群中のレンズ成分のうち最も物体側のレンズ成分を上述の負メニスカスレンズとしている。これにより、広画角化した際に、広角端付近にてこの負レンズに入射する軸外光線の入射角を抑えやすくなり、軸外収差の低減に有利となる。

【0049】

そして、第4レンズ群を1つの正レンズ成分で構成する。これにより、沈胴時の小型化にいっそう有利となる。

【0050】

上述の発明にて、さらに、以下の構成、条件式のいずれか1つもしくは複数を同時に満足することがより好ましい。

20

【0051】

また、第1レンズ群の望遠端における位置が、広角端における位置よりも物体側に位置することが好ましい。これにより、第2レンズ群による変倍機能を確保しやすくなる。

【0052】

また、第1レンズ群中の負レンズが、第1レンズ群中の正レンズよりも物体側に位置し、第1レンズ群中の負レンズは、物体側面の近軸曲率半径の絶対値よりも小さい近軸曲率半径の絶対値をもつ像側面をもち、第1レンズ群中の正レンズは、物体側面の近軸曲率半径の絶対値よりも大きい近軸曲率半径の絶対値をもつ像側面をもつことが好ましい。

30

これにより、第1レンズ群の光軸上での厚みを抑えつつ、収差低減を行うことに有利となる。

【0053】

更には、第1レンズ群中の負メニスカスレンズと正メニスカスレンズが、ともに物体側に凸面を持つメニスカスレンズであることがより好ましい。

これにより、広角端付近における第1レンズ群中の各レンズ面での軸外光線の入射角を低減でき広画角化時の収差低減に有利となる。

【0054】

正メニスカスレンズと負メニスカスレンズとの相対的な偏心を低減するために、この正メニスカスレンズと負メニスカスレンズとを接合させることがより好ましい。

40

【0055】

また、第2レンズ群の望遠端における位置が、広角端における位置よりも物体側に位置することが好ましい。

【0056】

これにより、第2レンズ群と第3レンズ群による変倍機能を確保しやすくなり、広角端から望遠端の収差変動量を低減に有利となる。

【0057】

また、第2レンズ群は、負メニスカスレンズよりも像側に配置された正レンズと負レンズを有することが好ましい。

これにより、第2レンズ群の収差を低減しつつ負の屈折力を十分に確保しやすくなり広

50

画角化に有利となる。加えて、第2レンズ群の屈折力を確保することで第3レンズ群の変倍負担を抑えやすくなり、変倍時の収差変動の低減に有利となる。

【0058】

また、広角化、小型化のためには、第2レンズ群が負メニスカスレンズと前述の負レンズ及び正レンズとからなる構成とすることがより好ましい。

【0059】

また、第2レンズ群は、負メニスカスレンズと、その負メニスカスレンズよりも像側に配置された負レンズとからなる負の屈折力を有する前側レンズ群と、像側に配置された正レンズ成分からなる正の屈折力を有する後側レンズ群とからなり、後側レンズ群は前述の正レンズを有することがより好ましい。

10

【0060】

これにより、第2レンズ群の主点の位置を物体側寄りにでき、第2レンズ群の径方向の小型化に有利となる。つまり、広画角化した際のサイズの低減に有利となる。

【0061】

加えて、広角端付近にて、第1レンズ群と、第2レンズ群の合成系が、正屈折力（第1レンズ群）、負屈折力（第2レンズ群の前側レンズ群）、正屈折力（第2群の後側レンズ群）の対称的な配置となる。

【0062】

一方、望遠端付近にて、第2レンズ群と、第3レンズ群の合成系が、負屈折力（第2レンズ群の前側レンズ群）、正屈折力（第2群の後側レンズ群）、正屈折力（第3レンズ群中の正レンズ）、負屈折力（第3レンズ群中の負レンズ）の対称的な配置となる。

20

このように、広角端付近、望遠端付近ともに、収差補正上都合の良い、対称的な屈折力配置となる。

【0063】

また、広角端付近では、第1レンズ群、第2レンズ群の合成系内で、ペッツバール和、コマ収差、倍率の色収差を互いに打ち消し合い、画角の確保と性能の確保に有利となる。

【0064】

また望遠端付近では、第2、第3レンズ群の合成系内で、ペッツバール和、コマ収差、倍率の色収差を互いに打ち消し合い、高変倍比化した際の光学性能の確保に有利となる。

【0065】

30

また、第2レンズ群中の負レンズ成分が非球面を有することが好ましい。

この負レンズ成分のレンズ面に非球面を用いることで、軸上収差と軸外収差のバランスをとりつつ、第2レンズ群の厚さを抑えやすくなる。この結果、広画角化や変倍比の確保に有利となる。

【0066】

また、第2レンズ群中に2つめの負レンズを配置することで、負メニスカスレンズ成分と共に、軸上収差と軸外収差のバランスをとりつつ第2レンズ群の負の屈折力の確保に有利となる。

さらに、負レンズが非球面をもつことで、第2レンズ群の厚さを抑えつつ広角端付近での軸外収差の補正にいっそう有利となる。

40

【0067】

また、第3レンズ群の望遠端における位置が、広角端における位置よりも物体側に位置することが好ましい。

これにより、第3レンズ群による変倍機能を確保しやすくなる。

【0068】

このとき、明るさ絞りは、第3レンズ群と一体で移動することが好ましい。

明るさ絞りが広角端よりも望遠端にて物体側に移動することで、第3レンズ群の移動範囲を確保しやすくなる。また、広角端、望遠端ともに明るさ絞りが第3レンズ群の近くとなるので、第3レンズ群の小径化や薄型化に有利となる。

【0069】

50

また、第3レンズ群中に有する正レンズは両凸形状であり、負レンズは像側面が凹面のメニスカス形状であることが好ましい。

これにより、第3レンズ群の主点を物体側に位置させやすくなり、望遠端にて第3レンズ群の主点の位置を、負屈折力の第2レンズ群に近づけやすくなり、変倍比を確保することに有利となる。

【0070】

また、正レンズ成分の両面の凸面と、負成分レンズの物体側面の凸面が、光軸に沿って連続して位置する。これにより、第2レンズ群から発散される軸上光束を収斂して、第3レンズ群の径方向の小型化にいっそう有利となる。

【0071】

そして、負レンズの凹面にて、第3レンズ群の各凸面で発生した収差をキャンセルさせることや、軸外光束を光軸から離れる方向に屈折させて第4レンズ群へ入射する光線高を確保して結像光学系の像側へのテレセントリック性を良好とする機能を持たせやすくなる。

【0072】

また、第3レンズ群中の正レンズ成分の物体側面と像側面が共に非球面であることが好ましい。

これにより、球面収差とコマ収差の補正に有利となり、第3レンズ群中のレンズ枚数を2枚としても光学性能の確保に有利となる。また、レンズ枚数を2枚とすることにより、小型化にも有利になる。

【0073】

第3レンズ群中の負レンズの像側面が非球面であることが好ましい。

これにより、第3レンズ群中の最も像側面を非球面とすることで軸外収差を良好にすることが出来る。

【0074】

また、第4レンズ群が移動して、遠距離物点から近距離物点へのフォーカシングを行うことが好ましい。

これにより、第4レンズ群は軽量化しやすく且つピント感度を小さくしやすい。このため、このレンズ群をフォーカシング時に移動させることでフォーカシング精度の確保が出来好ましい。

【0075】

また、第4レンズ群は、主に射出瞳を調整する機能をもたせる程度でよいので屈折力を低減できる。そのため、第4レンズ群をレンズ1枚の構成とすることで、小型、低コスト化に有利となる。

このとき、このレンズを非球面を持つメニスカスレンズとすることで、軸外収差の補正に有利となる。また、結像光学系中に含まれるレンズ群を、第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の4つのみとすることで、小型化に有利となる。

【0076】

もしくは、第4レンズ群の像側に配置され、且つ、曲面の屈折面を持つ第5レンズ群を有するようにしてもよい。これにより、像面湾曲の補正もしくはテレセントリック性の確保に有利となる。

さらに、第5レンズ群を広角端から望遠端への変倍の際に固定とすると、メカ構成を簡易にしやすい。

【0077】

上述の各発明の結像光学系にて、より好ましい数値条件を以下に示す。

第1レンズ群が、以下の条件式(1)を満足することが好ましい。

$$-1.0 < (R_{1g f} + R_{1g r}) / (R_{1g f} - R_{1g r}) < -1.5 \quad (1)$$

ここで、

$R_{1g f}$  は、第1レンズ群の最も物体側のレンズ面の近軸曲率半径、

$R_{1g r}$  は、第1レンズ群の最も像側のレンズ面の近軸曲率半径

である。

【 0 0 7 8 】

条件式 ( 1 ) は、第 1 レンズ群の好ましい形状を特定するものである。

条件式 ( 1 ) の下限値を下回らず、上限値を上回らないようにすることで、広画角化に伴う像面湾曲のオーバーもしくはアンダーを抑えやすくなる。加えて、望遠端での倍率の色収差の補正に有利となる。

【 0 0 7 9 】

また、第 1 レンズ群が、以下の条件式 ( 2 ) を満足することが好ましい。

$$- 5.5 < ( R_{1f} + R_{1r} ) / ( R_{1f} - R_{1r} ) < - 2.5 \quad ( 2 )$$

ここで、

$R_{1f}$  は、第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ面の近軸曲率半径、

$R_{1r}$  は、第 1 レンズ群の最も像側のレンズ面の近軸曲率半径、

である。

【 0 0 8 0 】

条件式 ( 2 ) は第 1 レンズ群の好ましい形状を特定するものである。

条件式 ( 2 ) の下限値を下回らず、上限値を上回らないようにすることで、広画角化に伴う像面湾曲のオーバーもしくはアンダーを抑えやすくなる。加えて、望遠端での倍率の色収差の補正に有利となる。

【 0 0 8 1 】

また、広角端と望遠端の第 2 レンズ群の位置が、以下の条件式 ( 1 0 ) を満足することが好ましい。

$$0 < ( T_{2w} - T_{2t} ) / ( f_w ) < 2.5 \quad ( 1 0 )$$

ここで、

$T_{2w}$  は、広角端の第 2 レンズ群の物体側面位置と像面位置の距離、

$T_{2t}$  は、望遠端の第 2 レンズ群の物体側面位置と像面位置の距離、

$f_w$  は、広角端における結像光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 0 8 2 】

条件式 ( 1 0 ) は広角端と望遠端での第 2 レンズ群の好ましい位置の関係を特定するものである。

条件式 ( 1 0 ) の下限値を下回らず、上限値を上回らないようにすることで、変倍比確保に伴う像面湾曲のオーバーもしくはアンダーを抑えやすくなる。加えて、望遠端での倍率の色収差の補正に有利となる。

【 0 0 8 3 】

また、第 2 レンズ群中の負メニスカスレンズ成分が、以下の条件を満足することが好ましい。

$$0.9 < ( R_{2nf} + R_{2nr} ) / ( R_{2nf} - R_{2nr} ) < 1.5 \quad ( 3 )$$

ここで、

$R_{2nf}$  は、第 2 レンズ群中の負メニスカスレンズ成分の物体側面の近軸曲率半径、

$R_{2nr}$  は、第 2 レンズ群中の負メニスカスレンズ成分の像側面の近軸曲率半径、

である。

【 0 0 8 4 】

条件式 ( 3 ) は第 2 レンズ群の最も物体側の負メニスカスレンズ成分の好ましい形状を特定するものである。

【 0 0 8 5 】

条件式 ( 3 ) の上限値を上回らないようにして、物体側面を凸面とする。これにより、広角端付近にて、この負メニスカスレンズ成分に入射する軸外光束の入射角度を抑えやすくなり、広角側での収差補正に有利となる。

また、下限値を下回らないようにして、負メニスカスレンズ成分の像側面の曲率を大きくする。これにより、望遠端付近における球面収差の補正に有利となる。

## 【0086】

また、第1レンズ群と第2レンズ群中の負メニスカスレンズ成分とが、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

$$-0.3 < f_{2n} / f_1 < -0.13 \quad (4)$$

ここで、

$f_{2n}$  は、第2レンズ群中の負メニスカスレンズの焦点距離、

$f_1$  は、第1レンズ群の焦点距離、

である。

## 【0087】

条件式(4)は、第1レンズ群と第2レンズ群中の負メニスカスレンズ成分との好ましい屈折力の比を特定するものである。

条件式(4)の下限値を下回らないようにすることで、第1レンズ群と負メニスカスレンズとの合成系の負屈折力を十分に確保できる。これにより、小型化と画角の確保の両立に有利となる。

条件式(4)の上限値を上回らないようにして第1レンズ群の正屈折力を確保することで、像面湾曲の補正に有利となる。

## 【0088】

また、第3レンズ群中の負レンズが以下の条件を満足することが好ましい。

$$0.1 < (R_{3nf} + R_{3nr}) / (R_{3nf} - R_{3nr}) < 4.5 \quad (5)$$

ここで、

$R_{3nf}$  は、第3レンズ群中の負レンズの物体側面の近軸曲率半径、

$R_{3nr}$  は、第3レンズ群中の負レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

## 【0089】

条件式(5)は第3レンズ群中の負レンズの好ましい形状を特定するものである。

条件式(5)の下限値を下回らないようにして、負レンズ群の物体側面を正の屈折力とする。これにより、第3レンズ群の主点の位置を物体寄りにする効果、第3レンズ群の正屈折力を分担する効果を確保できる。この結果、小型化や高変倍比化に有利となる。また、像側面の負の屈折力を確保して第3レンズ群における収差をキャンセルさせやすくなる。

また、条件式(5)の上限値を上回らないようにして、負レンズの像側面の負屈折力が強くなりすぎるのを避けることで、コマ収差や非点収差を抑えやすくなる。

## 【0090】

また、第3レンズ群中の負レンズが以下の条件を満足することが好ましい。

$$1.2 < \gamma_{3n} < 3.5 \quad (6)$$

ここで、 $\gamma_{3n}$  は、第3レンズ群中の負レンズのアッベ数、

である。

## 【0091】

条件式(6)は第3レンズ群中の負レンズの材料の好ましいアッベ数を特定するものである。

条件式(6)の下限値を下回らないようにすることで、負レンズの材料の異常分散性の増大を抑え、色収差の補正機能の過剰を抑えやすくなる。一般に光学材料はアッベ数が1.2を下回ると急激に異常分散性が増し、色収差の補正が出来なくなる。

また、条件式(6)の上限値を上回らないようにして、負レンズの分散を確保することで、第3レンズ群内での色収差の補正に有利となる。

## 【0092】

また、第3レンズ群中の正レンズと負レンズが以下の条件を満足することが好ましい。

$$3.0 < \gamma_p - \gamma_n < 7.0 \quad (7)$$

ここで、

$\gamma_p$  は、第3レンズ群中の正レンズのアッベ数、

10

20

30

40

50

$3_n$  は、第 3 レンズ群中の負レンズのアップベ数、  
である。

【0093】

条件式(7)は第3レンズ群中の正レンズと負レンズの好ましいアップベ数の差を特定するものである。

条件式(7)の下限値を下回らないようにして、2つのレンズのアップベ数差を確保する。これにより、第3レンズ群での色収差の発生を抑えやすくなり、全変倍域での色収差の発生を抑えやすくなる。

また、条件式(7)の上限値を上回らないようにすることで、使用するレンズ材料の低コスト化やレンズ加工の容易さを確保しやすくなる。

【0094】

また、結像光学系が以下の条件式を満足することが好ましい。

$$7 < f_t / f_w \quad (8)$$

ここで、

$f_w$  は、広角端における結像光学系全系の焦点距離、

$f_t$  は、望遠端における結像光学系全系の焦点距離、

である。

【0095】

条件式(8)は結像光学系全系の好ましいズーム比を特定するものである。

条件式(8)の下限値を下回らないようにして、変倍比を確保することで、種々の撮影シーンに対応でき好ましい。

【0096】

また、本発明に係る電子撮像装置は、結像光学系と、その像側に配置された撮像面をもち且つ結像光学系により形成された撮像面上の光学像を電気信号に変換する撮像素子とを備えた電子撮像装置であって、結像光学系を上述のいずれかの結像光学系とするものである。

【0097】

これにより、コンパクトでありながらズーム比や画角の確保、光学性能の確保に有利な結像光学系を備えた電子撮像装置を提供できる。

【0098】

また、撮像素子にて撮像して得られた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信号処理回路を備える。

【0099】

その結像光学系が広角端且つ最も遠距離に合焦した状態にて、以下の条件式(9)を満足することが好ましい。

$$0.65 < y_{0.7} / (f_w \cdot \tan \theta_{0.7w}) < 0.98 \quad (9)$$

ここで、

$f_w$  は、広角端における結像光学系全系の焦点距離であり、

撮像素子の有効撮像面内で中心から最も遠い点までの距離を  $y_{1.0}$  としたとき、

$y_{0.7} = 0.7 \times y_{1.0}$  で定義され、

有効撮像領域が広角端から望遠端で変化する場合は、 $y_{1.0}$  はとり得る値の最大値とし、 $\theta_{0.7w}$  は広角端における撮像面上の中心から像高が  $y_{0.7}$  となる像位置に入射する主光線の物空間における入射光線と光軸とのなす角である。

【0100】

本実施形態のような結像光学系の場合、非点収差補正と樽型歪曲補正とがトレードオフの関係になりやすい点に着目して、歪曲収差の発生をある程度許容して、本実施形態の結像光学系を用いる電子撮像装置に含まれる画像処理機能によって画像形状の歪みを補正することが出来る。この件について、以下詳述する。

【0101】

ここで、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

10

20

30

40

50



た像に歪曲がないので、

$$f = y / \tan \theta \quad (A)$$

が成立する。

【0102】

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、 $\theta$  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。

【0103】

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、

$$f > y / \tan \theta \quad (B)$$

となる。つまり、 $\theta$  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（特に、非点収差）を抑えた設計を行いやすくなる。

10

【0104】

そこで、本発明の電子撮像装置では、撮像素子にて得られた画像データを、画像処理により加工している。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。

【0105】

このような画像データの補正を行う場合、広角端における有効撮像領域は樽型となる。そして樽型の有効撮像領域の画像データをほぼ矩形の画像データに変更する。

20

【0106】

条件式（9）は、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（9）を満足することで、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。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。

【0107】

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。

【0108】

ここで、条件式（9）の下限値を下回らないようにして、結像光学系による歪曲収差の発生を抑えることで、結像光学系の歪曲収差による画像歪みを信号処理回路で補正した場合に修正後の画像の周辺部の放射方向への引き伸ばし率を抑え、画像周辺部の鮮鋭度の劣化を抑えやすくなる。

30

【0109】

また、条件式（9）の上限値を上回らないようにして、結像光学系の歪曲収差を許容することで、結像光学系の非点収差の補正に有利となり、結像光学系の薄型化に有利となる。

なお、歪曲収差を完全に補正するように広角端での有効撮像領域を定めてもよいが、パースペクティブの影響や周辺の画像劣化を考慮して - 3 % 前後、もしくは - 5 % 前後など、適度に樽型の歪曲収差を残して画像データの変更を行ってもよい。

40

【0110】

また、各色信号（例えば R（赤）、G（緑）、B（青））ごとに歪曲収差の補正量を調整すれば、倍率の色収差の補正も可能となる。

上述の結像光学系がフォーカシング機能を有する場合、上述の各構成は、最も遠距離の物体に合焦した状態での値とする。

また、上述の各発明の複数を任意に同時に満足することが好ましい。

【0111】

また、上述の各条件を以下のように変更すると、その効果をより確実にでき好ましい。

条件式（1）の下限値を - 9.5、更には - 9 とすることがより好ましい。

50

条件式(1)の上限値を-2には-2.5とすることがより好ましい。

条件式(2)の下限値を-5、更には-4.5とすることがより好ましい。

条件式(2)の上限値を-2更には-1.8とすることがより好ましい。

条件式(3)の下限値を1、更には1.05とすることがより好ましい。

条件式(3)の上限値を1.4、更には1.3とすることがより好ましい。

条件式(4)の下限値を-0.20、更には-0.19とすることがより好ましい。

条件式(4)の上限値を-0.14、更には-0.15とすることがより好ましい。

条件式(5)の下限値を0.3、更には0.4とすることがより好ましい。

条件式(5)の上限値を4、更には3.5とすることがより好ましい。

条件式(6)の下限値を14、更には16とすることがより好ましい。

条件式(6)の上限値を28、更には20とすることがより好ましい。

条件式(7)の下限値を35、更には38とすることがより好ましい。

条件式(7)の上限値を60、更には51とすることがより好ましい。

条件式(8)の下限値を8、更には9とするとより好ましい。

条件式(8)の上限値を設け、15以上にならないようにすることで、全長の小型化や収差の変動が抑えられ好ましい。

条件式(9)の下限値を0.7、更には0.75とすることがより好ましい。

条件式(9)の上限値を0.96更には0.95とすることがより好ましい。

条件式(10)の上限値を2.0更には2.5とすることがより好ましい。

10

20

#### 【0112】

以下の実施例は、上述の各構成要件が関連しあうことで、7倍程度のズーム比を確保し、広画角でありながら、構成レンズ枚数が少なく、沈胴時のコンパクト化にも有利であり、且つ光学性能も確保しやすい結像光学系となっている。

#### 【0113】

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。

#### 【0114】

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、 $\theta$ は半画角を示している。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。

30

#### 【0115】

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とを有している。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。

#### 【0116】

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の接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

40

#### 【0117】

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L4と、両凹負レンズL5と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL6とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

#### 【0118】

第3レンズ群G3は、両凸正レンズL7と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL8とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

#### 【0119】

第4レンズ群G4は、像面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

50

、全体で正の屈折力を有している。

【 0 1 2 0 】

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 は物体側へ移動した後反転して像側へ移動し、開口絞り S は第 3 レンズ群 G 3 と共に移動し、第 3 レンズ群 G 3 は物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は像面側へ移動した後反転し物体側へ移動する。

【 0 1 2 1 】

非球面は、第 3 レンズ群 G 3 中の正両凸レンズ L 7 の両面、負メニスカスレンズ L 8 の像側の面、第 4 レンズ群 G 4 の正メニスカスレンズ L 9 の両面との、5 面に設けられている。

10

【 0 1 2 2 】

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。

【 0 1 2 3 】

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

【 0 1 2 4 】

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 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 とを有している。

20

【 0 1 2 5 】

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 の接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【 0 1 2 6 】

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 4 と、両凹負レンズ L 5 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 6 とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

30

【 0 1 2 7 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 7 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 8 とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【 0 1 2 8 】

第 4 レンズ群 G 4 は、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 9 で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【 0 1 2 9 】

第 5 レンズ群 G 5 は、像面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。

【 0 1 3 0 】

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 は物体側へ移動した後反転して像側へ移動し、開口絞り S は第 3 レンズ群 G 3 と共に移動し、第 3 レンズ群 G 3 は物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は像面側へ移動した後反転し物体側へ移動し、第 5 レンズ群 G 5 は固定している。

40

【 0 1 3 1 】

非球面は、第 3 レンズ群 G 3 中の正両凸レンズ L 7 の両面、負メニスカスレンズ L 8 の像側の面、第 4 レンズ群 G 4 の正メニスカスレンズ L 9 の像側の面と、第 5 レンズ群 G 5 の正メニスカスレンズ L 10 の物体側の面と、の 5 面に設けられている。

【 0 1 3 2 】

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

50

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。

【0133】

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。

【0134】

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 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 とを有している。

10

【0135】

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 との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0136】

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 4 と、両凹負レンズ L 5 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 6 との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 7 とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

【0137】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 8 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 9 とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

20

【0138】

第 4 レンズ群 G 4 は、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 9 で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0139】

第 5 レンズ群 G 5 は、像面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。

【0140】

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 は物体側へ移動した後反転して像側へ移動し、開口絞り S は第 3 レンズ群 G 3 と共に移動し、第 3 レンズ群 G 3 は物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は像面側へ移動した後反転し物体側へ移動し、第 5 レンズ群 G 5 は固定している。

30

【0141】

非球面は、第 3 レンズ群 G 3 中の正両凸レンズ L 7 の両面、負メニスカスレンズ L 8 の像側の面、第 4 レンズ群 G 4 の正メニスカスレンズ L 9 の像側の面と、第 5 レンズ群 G 5 の正メニスカスレンズ L 10 の物体側の面と、の 5 面に設けられている。

【0142】

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。

40

【0143】

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。

【0144】

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 と、第 5 レンズ群 G 5 とを有している。

【0145】

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

50

向けた正メニスカスレンズL2との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0146】

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L4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

【0147】

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負メニスカスレンズL8とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0148】

第4レンズ群G4は、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズL9で構成されており、全体で負の屈折力を有している。

【0149】

第5レンズ群G5は、両凸正レンズL10で構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0150】

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は物体側へ移動した後反転して像側へ移動し、開口絞りSは第3レンズ群G3と共に移動し、第3レンズ群G3は物体側へ移動し、第4レンズ群G4は物体側へ移動し、第5レンズ群G5は固定している。

【0151】

非球面は、第3レンズ群G3中の正両凸レンズL7の両面、負メニスカスレンズL8の像側の面、第5レンズ群G5の両凸正レンズL10の像側の面と、の5面に設けられている。

【0152】

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。

【0153】

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(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。

【0154】

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。

【0155】

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との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0156】

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L4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

【0157】

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との接合レンズとで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0158】

第4レンズ群G4は、像面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。

【0159】

10

20

30

40

50

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、開口絞りSは第3レンズ群G3と共に移動し、第3レンズ群G3は物体側へ移動し、第4レンズ群G4は像面側へ移動した後反転し物体側へ移動する。

【0160】

非球面は、第3レンズ群G3中の両凸正レンズL7の両面、負メニスカスレンズL9の像側の面、第4レンズ群G4の正メニスカスレンズL9の像側の面との、4面に設けられている。

【0161】

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。

【0162】

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(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。

【0163】

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。

【0164】

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との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0165】

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L4と、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

【0166】

第3レンズ群G3は、両凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と両凹負レンズL9との接合レンズとで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0167】

第4レンズ群G4は、像面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。

【0168】

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、開口絞りSは第3レンズ群G3と共に移動し、第3レンズ群G3は物体側へ移動し、第4レンズ群G4は像面側へ移動した後反転し物体側へ移動する。

【0169】

非球面は、第3レンズ群G3中の両凸正レンズL7の両面、両凹負レンズL9の像側の面、第4レンズ群G4の正メニスカスレンズL10の像側の面との、4面に設けられている。

【0170】

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、 $n_{d1}$ 、 $n_{d2}$ 、...は各レンズのd線での屈折率、 $d_1$ 、 $d_2$ 、...は各レンズのアッペ数、 $F_{no.}$ 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、\*は非球面を示している。

【0171】

10

20

30

40

50

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。

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

また、 $e-n$  は 1.0 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。

【0172】

数値実施例 1

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	27.321	0.70	1.84666	23.78
2	15.861	2.25	1.72916	54.68
3	75.647	0.10		
4	28.092	1.29	1.81600	46.62
5	64.546	可変		
6	60.757	0.30	1.88300	40.76
7	4.613	2.30		
8	-15.657	0.30	1.81600	46.62
9	19.310	0.10		
10	9.524	1.22	1.94595	17.98
11	63.058	可変		
12(絞り)		0.30		
13*	4.259	2.04	1.58313	59.38
14*	-16.341	0.10		
15	10.379	2.40	2.10223	16.77
16*	4.561	可変		
17	-837.462	1.80	1.52542	55.78
18*	-8.355	可変		
19		0.30	1.54771	62.84
20		0.50		
21		0.50	1.51633	64.14
22		0.37		

20

30

像面（撮像面）

非球面データ

第 13 面

$K = -0.862$

$A_4 = 3.83520 \times 10^{-4}$

第 14 面

$K = 0.000$

$A_4 = 1.36330 \times 10^{-4}$

第 16 面

$K = 0.000$

$A_4 = 2.70393 \times 10^{-3}$ ,  $A_6 = 2.83818 \times 10^{-4}$ ,  $A_8 = 1.94964 \times 10^{-5}$

第 18 面

$K = 0.000$

$A_4 = 4.39028 \times 10^{-4}$ ,  $A_6 = -3.27677 \times 10^{-6}$

40

50

## ズームデータ

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.33	13.25	51.96
F N O .	3.24	5.58	6.62
画角 2	90.20	31.62	8.27
fb (in air)	4.79	3.49	3.77
全長 (in air)	33.23	42.76	54.58
d5	0.25	6.78	18.94
d11	10.04	5.03	0.70
d16	2.96	12.26	15.98
d18	3.40	2.12	2.50

10

## 群焦点距離

f1=32.78 f2=-5.33 f3=7.91 f4=16.05

## 【 0 1 7 3 】

## 数値実施例 2

単位 m m

20

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	30.852	0.70	1.84666	23.78
2	17.599	2.30	1.69680	55.53
3	120.183	0.10		
4	31.925	1.25	1.81600	46.62
5	88.067	可変		
6	93.015	0.30	1.88300	40.76
7	4.916	2.33		
8	-17.859	0.30	1.83481	42.71
9	16.203	0.10		
10	9.640	1.33	1.92286	18.90
11	147.640	可変		
12(絞リ)		0.30		
13*	4.385	2.46	1.59201	67.02
14*	-22.373	0.10		
15	9.017	2.20	2.10223	16.77
16*	4.462	可変		
17	-31.183	1.62	1.52542	55.78
18*	-8.000	可変		
19*	-10.000	0.80	1.52542	55.78
20	-10.000	0.05		
21		0.50	1.51633	64.14
22		0.37		

30

40

## 像面 (撮像面)

## 非球面データ

第 1 3 面

50



K=-0.737

A4=2.82606e-04,A6=1.68010e-05

第 1 4 面

K=0.000

A4=1.54761e-04,A6=3.11989e-05,A8=-1.35452e-06

第 1 6 面

K=0.000

A4=2.49197e-03,A6=2.07529e-04,A8=3.29403e-05

第 1 8 面

K=0.000

A4=1.14543e-03,A6=-2.40246e-05

第 1 9 面

K=0.000

A4=2.37052e-03,A6=-7.37213e-05

10

### ズームデータ

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.50	13.77	52.20
F N O .	3.22	5.22	6.17
画角 2	89.40	30.66	8.26
fb (in air)	1.18	1.18	1.21
全長 (in air)	34.84	43.90	54.84

20

d5	0.25	8.05	20.01
d11	10.95	5.35	0.70
d16	2.78	10.97	14.24
d18	3.50	2.16	2.50

### 群焦点距離

f1=34.07 f2=-5.60 f3=8.07 f4=20.00 f5=690.69

30

【 0 1 7 4 】

数値実施例 3

単位 mm

### 面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	30.361	0.60	1.84666	23.78
2	17.252	1.92	1.72916	54.68
3	78.610	0.10		
4	27.023	1.36	1.81600	46.62
5	69.430	可変		
6	66.914	0.30	1.88300	40.76
7	5.025	2.43		
8	-18.682	0.30	1.81600	46.62
9	11.187	1.04	1.84666	23.78
10	24.622	0.10		
11	10.341	1.14	1.92286	18.90
12	32.001	可変		

40

50

13(絞り)	-0.20			
14*	3.967	1.93	1.58313	59.38
15	-19.639	0.10		
16	9.443	2.20	2.10223	16.77
17*	4.128	可変		
18	-616.728	1.80	1.52542	55.78
19	-9.231	可変		
20	-10.000	0.80	1.52542	55.78
21	-10.000	0.50		
22		0.50	1.51633	64.14
23		0.37		

10

像面 (撮像面)

非球面データ

第14面

K=-0.689

A4=2.51117e-04, A6=-4.76981e-06

第17面

K=0.000

A4=3.38109e-03, A6=3.68615e-04, A8=4.46073e-05

20

ズームデータ

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.46	13.64	53.49
F N O .	3.21	5.54	6.48
画角2	89.61	31.63	8.30
fb (in air)	1.19	1.21	1.14
全長 (in air)	34.21	42.69	54.16

d5	0.25	6.45	19.08
d12	10.83	5.11	0.50
d17	2.80	11.81	15.02
d19	3.22	2.19	2.50

30

群焦点距離

f1=32.95    f2=-5.58    f3=8.02    f4=17.82    f5=690.69

【0175】

数値実施例4

40

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	30.028	0.70	1.84666	23.78
2	16.000	2.05	1.69680	55.53
3	48.094	0.10		
4	16.538	1.42	1.81600	46.62
5	38.137	可変		

50

6	36.169	0.30	1.88300	40.76
7	4.346	2.23		
8	-11.600	0.30	1.88300	40.76
9	30.688	0.10		
10	11.304	1.49	1.92286	18.90
11	-57.355	可変		
12(絞リ)		-0.20		
13*	3.697	1.84	1.58313	59.38
14*	-16.650	0.10		
15	7.278	1.42	2.10223	16.77
16*	3.891	可変		
17	-12.000	0.80	1.88300	40.76
18	-17.664	可変		
19	187.382	1.80	1.52542	55.78
20*	-8.689	可変		
21		0.30	1.51633	64.14
22		0.50		
23		0.50	1.51633	64.14
24		0.37		

像面 (撮像面)

10

20

非球面データ

第 1 3 面

K=-0.778

A4=8.78697e-04, A6=-1.49682e-05

第 1 4 面

K=0.000

A4=-5.53777e-05

第 1 6 面

K=0.000

A4=4.10604e-03, A6=3.13834e-04, A8=9.74974e-05, A10=1.16729e-06

第 2 0 面

K=0.000

A4=7.59847e-04, A6=2.77660e-05, A8=-2.26260e-06, A10=3.44022e-08

30

ズームデータ

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.50	13.80	43.20
F N O .	3.05	5.45	6.58
画角 2	87.86	30.40	9.90
fb (in air)	3.58	2.03	1.80
全長 (in air)	32.39	37.53	47.76
d5	0.25	4.57	15.12
d11	10.07	3.97	0.50
d16	2.00	4.23	4.96
d18	2.05	8.30	10.94
d20	2.27	0.52	0.37

40

50

## 群焦点距離

f1=30.49      f2=-5.58      f3=7.15      f4=-45.39      f5=15.85

【 0 1 7 6 】

## 数値実施例 5

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	
物面					10
1	25.153	0.60	1.84666	23.78	
2	15.747	2.07	1.69680	55.53	
3	55.881	0.10			
4	30.860	1.22	1.83481	42.71	
5	70.088	可変			
6	65.046	0.30	1.88300	40.76	
7	5.060	2.57			
8	-17.940	0.30	1.88300	40.76	
9	19.069	0.10			
10	10.573	1.43	1.92286	18.90	20
11	-305.006	可変			
12(絞り)		0.00			
13*	4.152	1.72	1.58313	59.38	
14*	-17.805	0.10			
15	8.529	1.15	1.84666	23.78	
16	20.000	1.08	2.00178	19.32	
17*	3.959	可変			
18	-139.800	1.80	1.52542	55.78	
19*	-8.126	可変			
20		0.30	1.54771	62.84	30
21		0.50			
22		0.50	1.51633	64.14	
23		0.37			

## 像面（撮像面）

## 非球面データ

## 第 1 3 面

K=-0.518

## 第 1 4 面

K=0.000

A4=4.89028e-04

## 第 1 7 面

K=0.000

A4=2.59392e-03, A6=2.31576e-04, A8=5.71554e-05

## 第 1 9 面

K=0.000

A4=5.24849e-04, A6=-4.45630e-06

## ズームデータ

広角

中間

望遠

50

焦点距離	4.33	13.25	50.23
F N O .	3.16	5.42	6.56
画角 2	91.16	31.69	8.54
fb (in air)	4.36	3.38	3.88
全長 (in air)	34.40	42.11	55.87

d5	0.25	6.84	20.73
d11	11.81	5.23	0.50
d17	3.45	12.13	16.22
d19	2.96	2.00	2.50

10

群焦点距離			
f1=36.91	f2=-6.13	f3=8.32	f4=16.34

【 0 1 7 7 】  
 数值実施例 6  
 単位 m m

面 データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	27.449	0.60	1.84666	23.78
2	18.467	1.89	1.71031	70.00
3	74.362	0.10		
4	30.443	1.12	1.88300	40.76
5	56.318	可変		
6	52.865	0.30	1.88300	40.76
7	4.994	2.67		
8	-15.135	0.30	1.88300	40.76
9	22.996	0.10		
10	11.458	1.41	1.92286	18.90
11	-107.086	可変		
12(絞り)		0.00		
13*	4.656	2.15	1.59201	67.02
14*	-14.072	0.10		
15	9.823	1.08	1.84666	23.78
16	-9.019	0.50	1.92286	18.90
17	8.097	0.50	1.58313	59.38
18*	3.790	可変		
19	-294.822	1.80	1.52542	55.78
20*	-8.721	可変		
21		0.30	1.54771	62.84
22		0.50		
23		0.50	1.51633	64.14
24		0.37		

像面 (撮像面)

非球面データ  
 第 1 3 面  
 K=-0.747

20

30

40

50

第 1 4 面

K=0.000

A4=2.99489e-04

第 1 8 面

K=0.000

A4=2.00620e-03, A6=2.56349e-04

第 2 0 面

K=0.000

A4=4.73359e-04, A6=-3.27820e-06

10

ズームデータ

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.33	13.25	50.22
F N O .	3.20	5.52	6.99
画角 2	91.24	31.71	8.54
fb (in air)	4.67	3.37	3.87
全長 (in air)	34.99	42.94	57.70

d5	0.25	6.55	19.93
d11	11.77	5.16	0.50
d18	3.69	13.24	18.79
d20	3.28	2.00	2.50

20

群焦点距離

f1=36.30      f2=-6.07      f3=8.68      f4=17.07

【 0 1 7 8 】

次に、各実施例における条件式の値を掲げる。

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	30
(1) $(R_{1gf} + R_{1gr}) / (R_{1gf} - R_{1gr})$	-2.47	-2.08	-2.55	-8.41	-2.12	-2.90	
(2) $(R_{1f} + R_{1r}) / (R_{1f} - R_{1r})$	-2.13	-1.69	-2.26	-4.32	-2.64	-2.17	
(3) $(R_{2nf} + R_{2nr}) / (R_{2nf} - R_{2nr})$	1.16	1.11	1.16	1.27	1.17	1.21	
(4) $f_{2n} / f_1$	-0.173	-0.173	-0.187	-0.184	-0.169	-0.172	
(5) $(R_{3nf} + R_{3nr}) / (R_{3nf} - R_{3nr})$	2.57	2.96	2.55	3.30	1.49	0.41	
(6) $\gamma_{3n}$	16.77	16.77	16.77	16.77	19.32	18.9	40
(7) $\gamma_{3p} - \gamma_{3n}$	42.61	50.25	42.61	42.61	40.06	48.1	
(8) $f_t / f_w$	12	11.6	12	9.6	11.6	11.6	
(9) $y_{07} / (f_w \cdot \tan \theta_{07w})$	0.925	0.908	0.920	0.933	0.923	0.9120	
(10) $(T_{2w} - T_{2T}) / (f_w)$	0.614	0.0542	0.250	0.111	0.227	0.700	

【 0 1 7 9 】

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。

50

## 【 0 1 8 0 】

図 1 3 ~ 図 1 5 に本発明による結像光学系をデジタルカメラの撮影光学系 4 1 に組み込んだ構成の概念図を示す。図 1 3 はデジタルカメラ 4 0 の外観を示す前方斜視図、図 1 4 は同後方斜視図、図 1 5 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 8 1 】

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 のズームレンズ 4 8 を通して撮影が行われる。

10

## 【 0 1 8 2 】

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

## 【 0 1 8 3 】

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

20

## 【 0 1 8 4 】

このように構成されたデジタルカメラ 4 0 によれば、撮影光学系 4 1 の構成枚数を少なくした小型化・薄型化の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。

## 【 0 1 8 5 】

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 1 6 ~ 図 1 8 に示す。図 1 6 はパソコン 3 0 0 のカバーを開いた状態の前方斜視図、図 1 7 はパソコン 3 0 0 の撮影光学系 3 0 3 の断面図、図 1 8 は図 1 6 の側面図である。図 1 6 ~ 図 1 8 に示されるように、パソコン 3 0 0 は、キーボード 3 0 1 と、情報処理手段や記録手段と、モニター 3 0 2 と、撮影光学系 3 0 3 とを有している。

30

## 【 0 1 8 6 】

ここで、キーボード 3 0 1 は、外部から操作者が情報を入力するためのものである。情報処理手段や記録手段は、図示を省略している。モニター 3 0 2 は、情報を操作者に表示するためのものである。撮影光学系 3 0 3 は、操作者自身や周辺の像を撮影するためのものである。モニター 3 0 2 は、液晶表示素子や 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 3 0 3 は、モニター 3 0 2 の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター 3 0 2 の周囲や、キーボード 3 0 1 の周囲のどこであってよい。

40

## 【 0 1 8 7 】

この撮影光学系 3 0 3 は、撮影光路 3 0 4 上に、例えば実施例 1 のズームレンズからなる対物光学系 1 0 0 と、像を受光する電子撮像素子チップ 1 6 2 とを有している。これらはパソコン 3 0 0 に内蔵されている。

## 【 0 1 8 8 】

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

50

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 16 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。

#### 【0189】

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 19 に示す。図 19 (a) は携帯電話 400 の正面図、図 19 (b) は側面図、図 19 (c) は撮影光学系 405 の断面図である。図 19 (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。

#### 【0190】

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するためのものである。

#### 【0191】

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。

#### 【0192】

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。

なお、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で様々な変形例をとることができる。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0193】

以上のように、本発明に係る結像光学系、及び電子撮像装置は、小型化と広画角化、変倍比の確保に有利であり、撮影画像の画質も良好に維持し易いために有用である。

#### 【符号の説明】

#### 【0194】

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 1	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

10

20

30

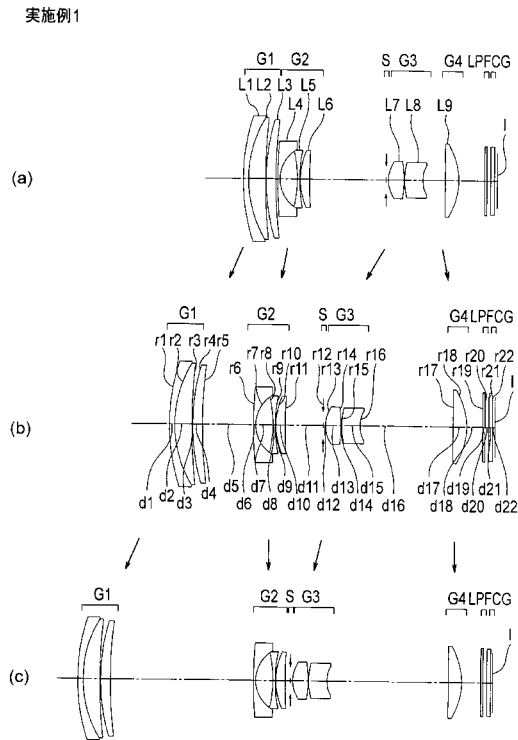
40

50

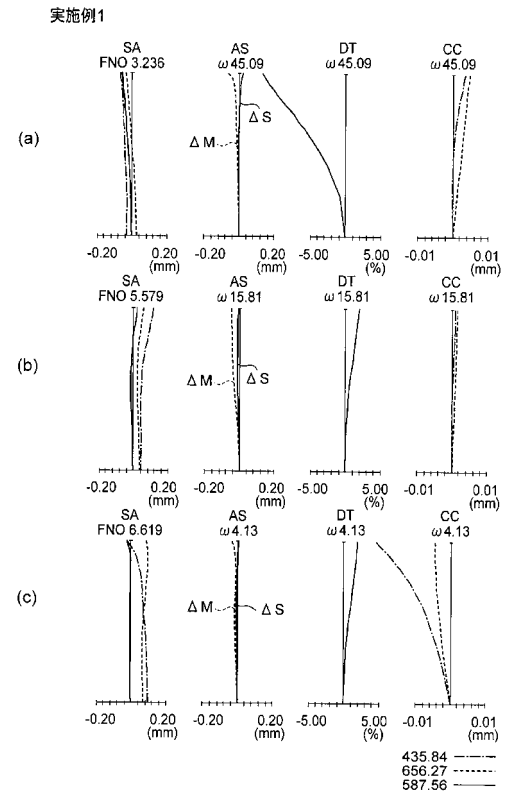


E	観 察 者 の 眼 球	
4 0	デ ジ タ ル カ メ ラ	
4 1	撮 影 光 学 系	
4 2	撮 影 用 光 路	
4 3	フ ァ イ ン ダ ー 光 学 系	
4 4	フ ァ イ ン ダ ー 用 光 路	
4 5	シャ ッ タ ー	
4 6	フ ラ ッ シ ュ	
4 7	液 晶 表 示 モ ニ タ ー	
4 8	ズ ー ム レ ン ズ	10
4 9	C C D	
5 0	撮 像 面	
5 1	処 理 手 段	
5 3	フ ァ イ ン ダ ー 用 対 物 光 学 系	
5 5	ポ ロ プ リ ズ ム	
5 7	視 野 枠	
5 9	接 眼 光 学 系	
6 6	フ ォ ー カ ス 用 レ ン ズ	
6 7	結 像 面	
1 0 0	対 物 光 学 系	20
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	
4 0 0	携 帯 電 話	30
4 0 1	マ イ ク 部	
4 0 2	ス ピ ー カ 部	
4 0 3	入 力 ダ イ ア ル	
4 0 4	モ ニ タ ー	
4 0 5	撮 影 光 学 系	
4 0 6	ア ン テ ナ	
4 0 7	撮 影 光 路	

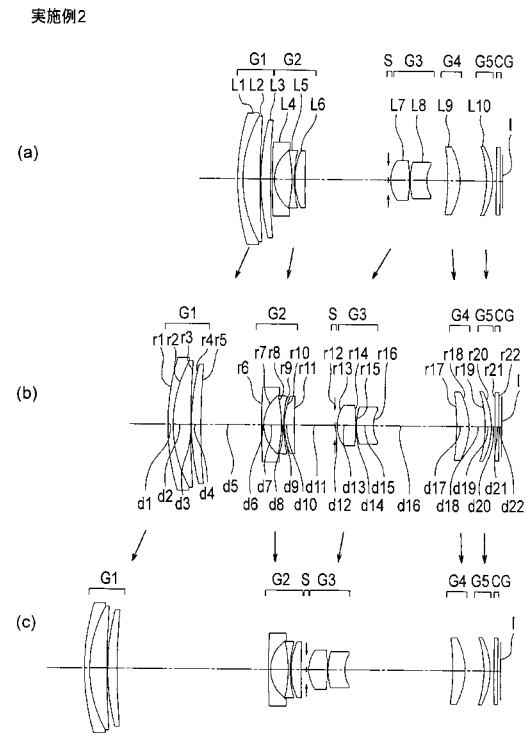
【 図 1 】



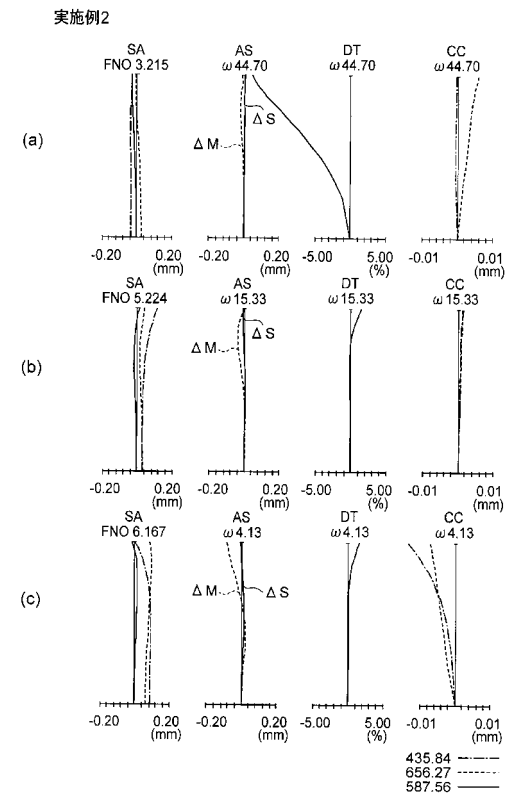
【 図 2 】



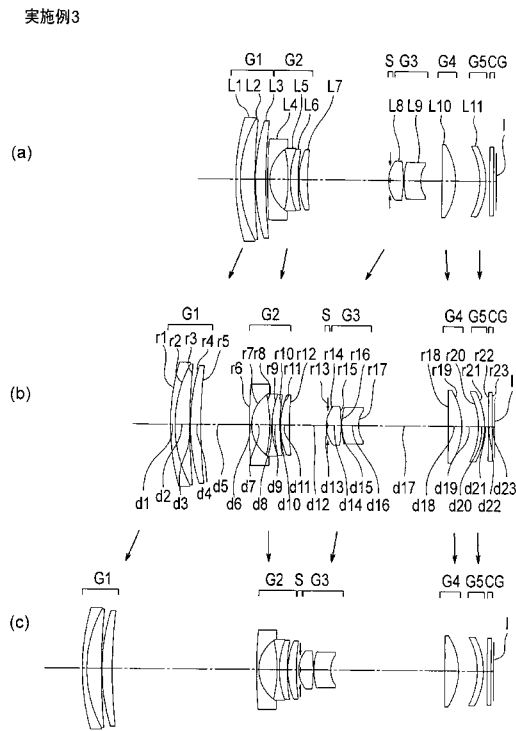
【 図 3 】



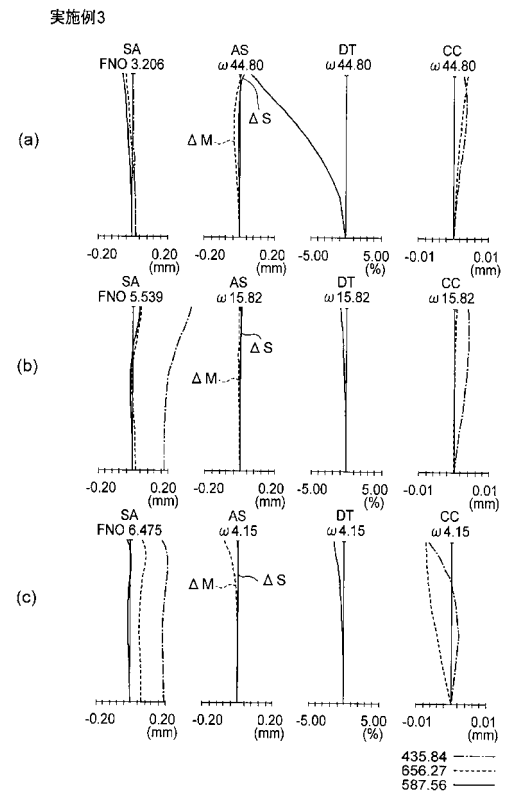
【 図 4 】



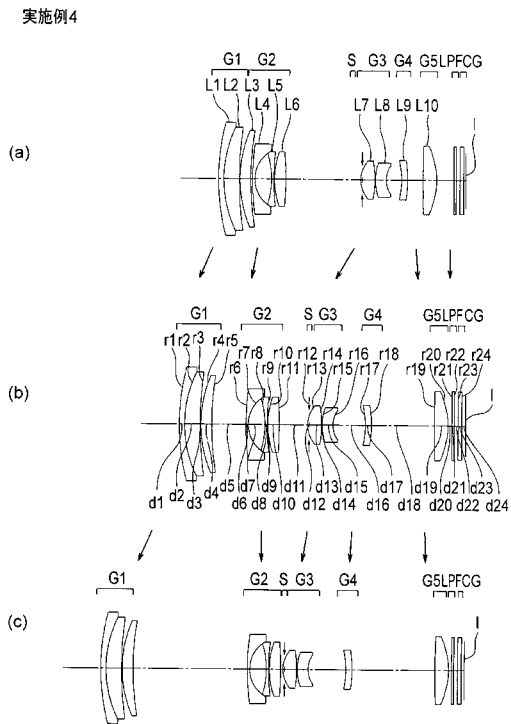
【 図 5 】



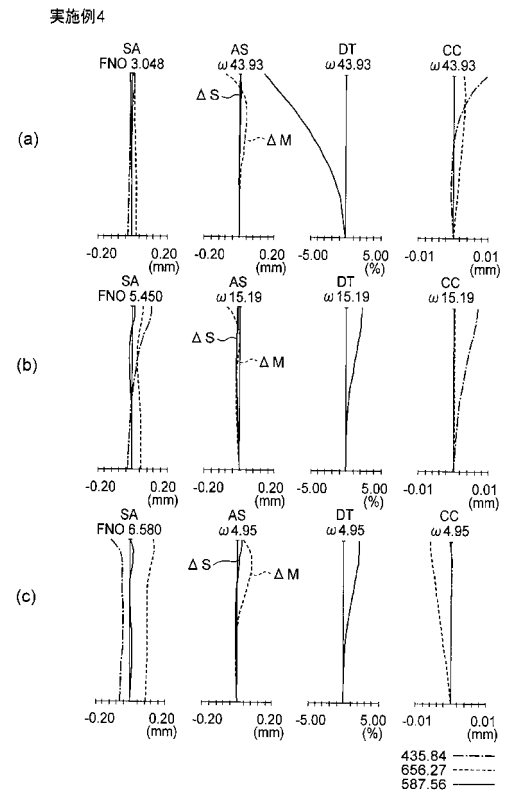
【 図 6 】



【 図 7 】

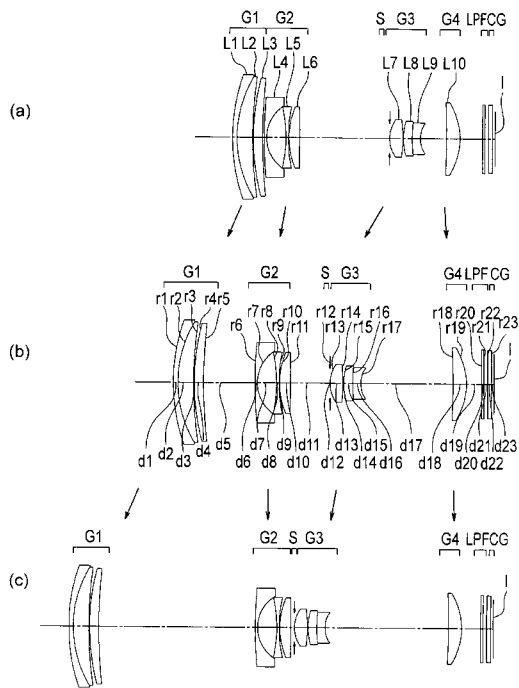


【 図 8 】



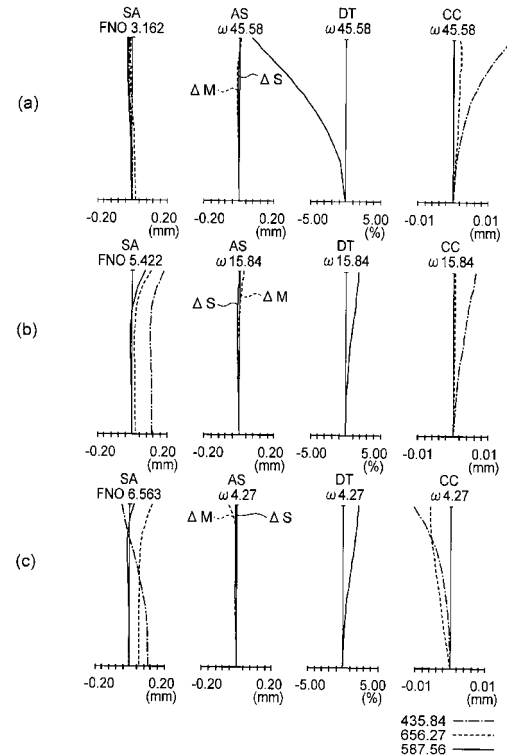
【図 9】

実施例5



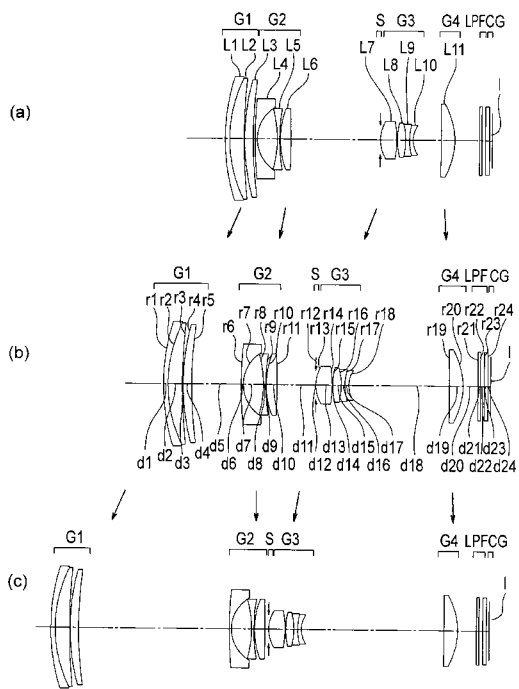
【図 10】

実施例5



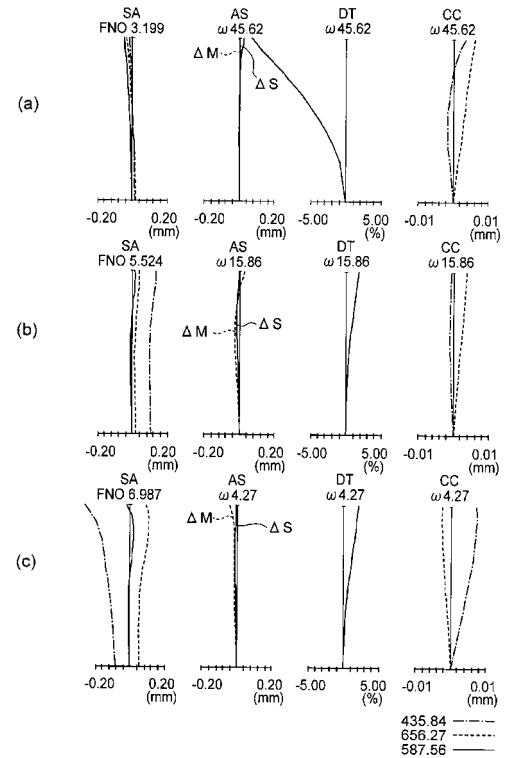
【図 11】

実施例6

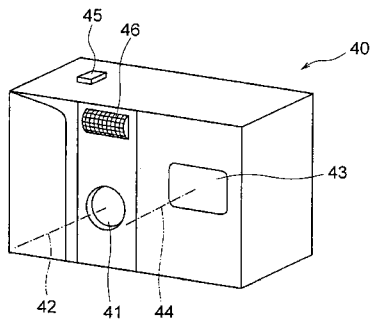


【図 12】

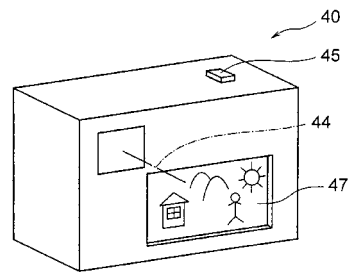
実施例6



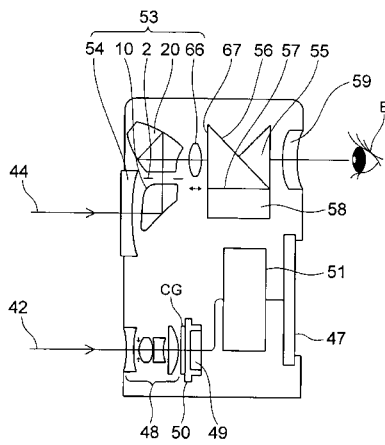
【図 13】



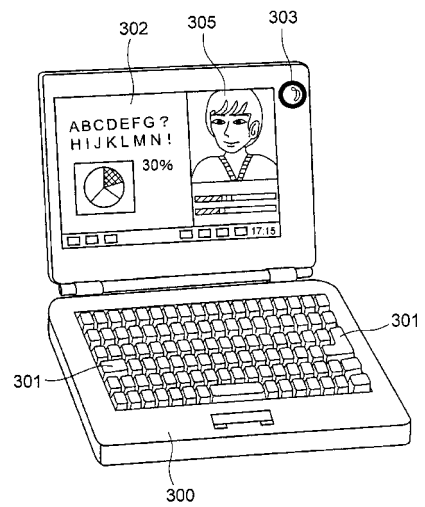
【図 14】



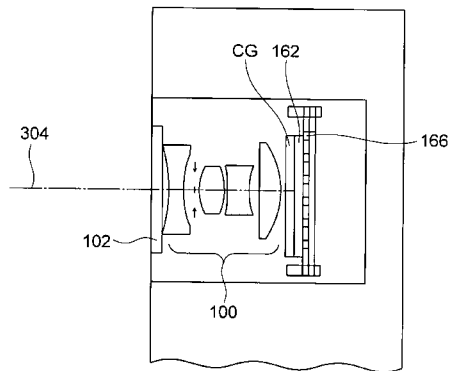
【図 15】



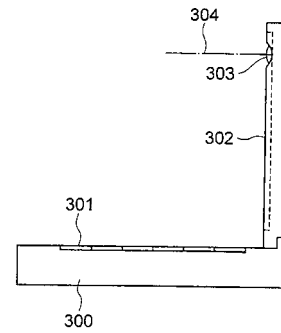
【図 16】



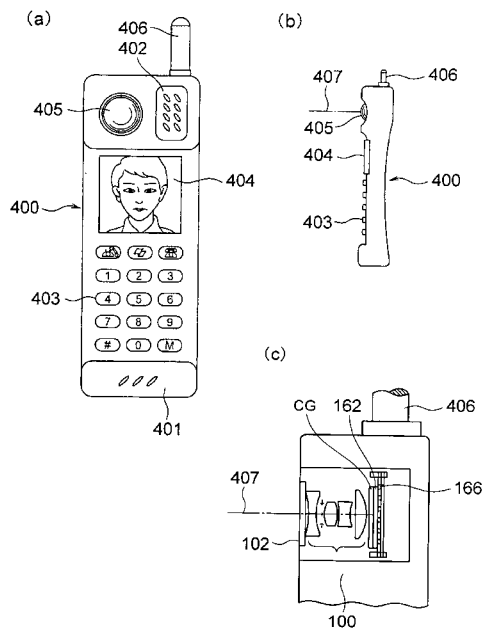
【図 17】



【図 18】



【図 19】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA02 KA03 MA15 NA02 PA08 PA09 PA18 PA19 PA20 PB09  
PB10 PB11 QA02 QA07 QA17 QA21 QA25 QA32 QA34 QA41  
QA42 QA45 QA46 RA05 RA12 RA13 RA36 RA42 RA43 RA44  
SA23 SA27 SA29 SA32 SA43 SA47 SA49 SA52 SA53 SA55  
SA62 SA63 SA64 SA65 SA76 SB04 SB14 SB15 SB23 SB24  
SB25 SB32 SB42