

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4112210号
(P4112210)

(45) 発行日 平成20年7月2日(2008.7.2)

(24) 登録日 平成20年4月18日(2008.4.18)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/163 (2006.01)

G02B 15/163

G02B 13/18 (2006.01)

G02B 13/18

H04N 5/225 (2006.01)

H04N 5/225

D

請求項の数 26 (全 41 頁)

(21) 出願番号

特願2001-341737 (P2001-341737)

(22) 出願日

平成13年11月7日 (2001.11.7)

(65) 公開番号

特開2003-140043 (P2003-140043A)

(43) 公開日

平成15年5月14日 (2003.5.14)

審査請求日

平成16年9月28日 (2004.9.28)

(73) 特許権者 000000376

オリンパス株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(74) 代理人 100097777

弁理士 垣澤 弘

(74) 代理人 100088041

弁理士 阿部 龍吉

(74) 代理人 100092495

弁理士 蝶川 昌信

(74) 代理人 100095120

弁理士 内田 亘彦

(74) 代理人 100095980

弁理士 菅井 英雄

(74) 代理人 100094787

弁理士 青木 健二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを用いた電子撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群よりなり、

無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化させつつ、前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、前記第3レンズ群は前記第2レンズ群とは異なる軌跡で移動し、

前記第1レンズ群は、非球面を含む負レンズ及び正レンズの2枚のレンズで構成され、前記第2レンズ群は、物体側レンズ成分と像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、その中一方のレンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズ成分、他方のレンズ成分は正の単レンズのみからなり、かつ、前記物体側レンズ成分の物体側面が非球面で構成され、

前記第3レンズ群は、1つの正屈折力を持つレンズ成分からなり、

前記第2レンズ群の物体側レンズ成分が以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(1) \quad 0.65 < R_{2FF} / R_{2FR} < 0.95$$

ただし、 R_{2FF} 、 R_{2FR} はそれぞれ第2レンズ群の物体側レンズ成分の物体側面及び像側面における光軸上の曲率半径である。

【請求項 2】

物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ

10

20

群と、正の屈折力を有する第3レンズ群よりなり、

無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化させつつ、前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、前記第3レンズ群は前記第2レンズ群とは異なる軌跡で移動し、

前記第1レンズ群は、非球面を含む負レンズ及び正レンズの2枚のレンズで構成され、

前記第2レンズ群は、物体側レンズ成分と像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、その中一方のレンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズ成分、他方のレンズ成分は正の単レンズのみからなり、かつ、前記物体側レンズ成分の物体側面が非球面で構成され、

前記第3レンズ群は、1つの正屈折力を持つレンズ成分からなり、

前記第2レンズ群の物体側レンズ成分、像側レンズ成分が以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(1) \quad 0.6 < R_{2RF} / R_{2FF} < 1.0$$

$$(5) \quad -1.5 < (R_{2RF} + R_{2RR}) / (R_{2RF} - R_{2RR}) < 0.05$$

ただし、 R_{2FF} 、 R_{2RF} はそれぞれ第2レンズ群の物体側レンズ成分の物体側面及び像側面における光軸上の曲率半径、 R_{2RF} 、 R_{2RR} はそれぞれ第2レンズ群の像側レンズ成分の物体側の面及び像側の面の光軸上の曲率半径である。

【請求項3】

前記第2レンズ群の前記像側レンズ成分が前記接合レンズ成分で構成され、以下の条件を満足することを特徴とする請求項2記載のズームレンズ。

$$(6) \quad 0.01 < n_{2RN} - n_{2RP} < 0.2$$

$$(7) \quad 1.0 < \frac{n_{2RP}}{n_{2RN}} - \frac{n_{2RN}}{n_{2RP}}$$

ただし、 n_{2RP} 、 n_{2RN} はそれぞれ第2レンズ群の像側レンズ成分の正レンズ及び負レンズにおけるd線での屈折率、 n_{2RP} 、 n_{2RN} はそれぞれ第2レンズ群の像側レンズ成分の正レンズ及び負レンズにおけるd線基準でのアッベ数である。

【請求項4】

前記第3レンズ群における前記正レンズ成分は、以下の条件を満足することを特徴とする請求項1から3の何れか1項記載のズームレンズ。

$$(8) \quad -1.0 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.0$$

ただし、 R_{3F} 、 R_{3R} はそれぞれ第3レンズ群の正レンズ成分における物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径である。

【請求項5】

前記第3レンズ群は正の単レンズ1枚からなることを特徴とする請求項4記載のズームレンズ。

【請求項6】

前記第3レンズ群は屈折面が全て球面から構成されていることを特徴とする請求項1から5の何れか1項記載のズームレンズ。

【請求項7】

無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、前記第3レンズ群が像側に凸の軌跡で移動することを特徴とする請求項1から6の何れか1項記載のズームレンズ。

【請求項8】

前記第1レンズ群における前記負レンズおよび前記正レンズが、以下の条件を満足することを特徴とする請求項1から7の何れか1項記載のズームレンズ。

$$(9) \quad 2.0 < \frac{1_1}{1_2} - \frac{1_2}{1_1}$$

$$(10) \quad -1.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2.0$$

ただし、 1_1 は第1レンズ群の負レンズのd線基準アッベ数、 1_2 は第1レンズ群の正レンズのd線基準アッベ数、 R_{13} 、 R_{14} はそれぞれ第1レンズ群の正レンズの物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径である。

【請求項9】

10

20

30

40

50

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間に絞りを配したことを特徴とする請求項1から8の何れか1項記載のズームレンズ。

【請求項10】

変倍時に前記絞りが前記第2レンズ群と一緒に移動することを特徴とする請求項9記載のズームレンズ。

【請求項11】

前記第3レンズ群の移動により近距離物点への合焦を行うことを特徴とする請求項1から10の何れか1項記載のズームレンズ。

【請求項12】

請求項1から11の何れか1項記載のズームレンズと、その像面側に配された撮像素子とを備えたことを特徴とする電子撮像装置。 10

【請求項13】

前記撮像素子の有効撮像領域の対角長Lが以下の条件を満足することを特徴とする請求項12記載の電子撮像装置。

$$3.0 \text{ mm} < L < 12.0 \text{ mm}$$

【請求項14】

前記ズームレンズの前記第1レンズ群が、物体側から順に、空気間隔を挟んで非球面を有する負レンズ、正レンズの2枚のレンズにて構成され、以下の条件を満足することを特徴とする請求項12又は13記載の電子撮像装置。 20

$$(11) \quad 0.2 < d_{11} / L < 0.65$$

ただし、 d_{11} は第1レンズ群の負レンズと正レンズの光軸上の空気間隔、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【請求項15】

ズームレンズ及びその像側に配された撮像素子を備えた電子撮像装置において、

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群よりなり、

無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化させつつ、前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、前記第3レンズ群は前記第2レンズ群とは異なる軌跡で移動し、

前記第1レンズ群は、非球面を含む負レンズ及び正レンズの2枚のレンズで構成され、 30

前記第2レンズ群は、物体側レンズ成分と像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、前記物体側レンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズ成分、前記像側レンズ成分は正の単レンズのみからなり、かつ、前記物体側レンズ成分の物体側面が非球面で構成され、

前記第3レンズ群は、1つの正屈折力を持つレンズ成分からなり、

前記第2レンズ群の物体側レンズ成分が以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$(1) \quad 0.65 < R_{2FR} / R_{2FF} < 0.95$$

$$(2) \quad 0 < L / R_{2FC} < 1.0$$

$$(3) \quad 0.01 < n_{2FN} - n_{2FP} < 0.2$$

$$(4) \quad n_{2FN} < 26.5$$

ただし、 R_{2FF} 、 R_{2FR} はそれぞれ第2レンズ群の物体側レンズ成分の物体側面及び像側面における光軸上の曲率半径、 R_{2FC} は第2レンズ群の物体側レンズ成分の接合面における光軸上の曲率半径、 n_{2FP} 、 n_{2FN} はそれぞれ第2レンズ群の物体側レンズ成分の正レンズ及び負レンズにおけるd線での屈折率、 n_{2FN} は第2レンズ群の物体側レンズ成分の負レンズにおけるd線基準でのアッベ数、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。 40

【請求項16】

前記第2レンズ群の像側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15記載の電子撮像装置。

$$(5) \quad -1.5 < (R_{2RF} + R_{2RR}) / (R_{2RF} - R_{2RR}) < 0.05$$

ただし、 R_{2RF} 、 R_{2RR} はそれぞれ第2レンズ群の像側レンズ成分の物体側の面及び像側の面の光軸上での曲率半径である。

【請求項17】

前記第3レンズ群における前記正レンズ成分は、以下の条件を満足することを特徴とする請求項15又は16記載の電子撮像装置。

$$(8) -1.0 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.0$$

ただし、 R_{3F} 、 R_{3R} はそれぞれ第3レンズ群の正レンズ成分における物体側面及び像側面の光軸上での曲率半径である。

【請求項18】

前記第3レンズ群は正の単レンズ1枚からなることを特徴とする請求項17記載の電子撮像装置。 10

【請求項19】

前記第3レンズ群は屈折面が全て球面から構成されていることを特徴とする請求項15から18の何れか1項記載の電子撮像装置。

【請求項20】

無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、前記第3レンズ群が物体側に凸の軌跡で移動することを特徴とする請求項15から19の何れか1項記載の電子撮像装置。

【請求項21】

前記第1レンズ群における前記負レンズおよび前記正レンズが、以下の条件を満足することを特徴とする請求項15ないし20の何れか1項記載の電子撮像装置。 20

$$(9) 2.0 < \frac{d_{11}}{d_{12}}$$

$$(10) -1.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2.0$$

ただし、 d_{11} は第1レンズ群の負レンズのd線基準アッベ数、 d_{12} は第1レンズ群の正レンズのd線基準アッベ数、 R_{13} 、 R_{14} はそれぞれ第1レンズ群の正レンズの物体側面及び像側面の光軸上での曲率半径である。

【請求項22】

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間に絞りを配したことを特徴とする請求項15から21の何れか1項記載の電子撮像装置。

【請求項23】

変倍時に前記絞りが前記第2レンズ群と一緒に移動することを特徴とする請求項22記載の電子撮像装置。 30

【請求項24】

前記第3レンズ群の移動により近距離物点への合焦を行うことを特徴とする請求項15から23の何れか1項記載の電子撮像装置。

【請求項25】

前記撮像素子の有効撮像領域の対角長Lが以下の条件を満足することを特徴とする請求項15から24の何れか1項記載の電子撮像装置。

$$3.0 \text{ mm} < L < 12.0 \text{ mm}$$

【請求項26】

前記ズームレンズの第1レンズ群が、物体側から順に、空気間隔を挟んで非球面を有する負レンズ、正レンズの2枚のレンズにて構成され、以下の条件を満足することを特徴とする請求項15から25の何れか1項記載の電子撮像装置。 40

$$(11) 0.2 < d_{11} / L < 0.65$$

ただし、 d_{11} は第1レンズ群の負レンズと正レンズの光軸上での空気間隔、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ズームレンズ及びそれを用いた電子撮像装置に関し、特に、ズームレンズ等の 50

光学系部分の工夫により奥行き方向の薄型化を実現したズームレンズ及びそれを用いたビデオカメラやデジタルカメラ等の電子撮像装置に関するものである。また、そのズームレンズはリアフォーカスを可能にならしめたものに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、銀塩35mmフィルム（通称ライカ版）カメラに代わる次世代カメラとしてデジタルカメラ（電子カメラ）が注目されてきている。さらに、それは業務用高機能タイプからポータブルな普及タイプまで幅広い範囲でいくつものカテゴリーを有するようになってきている。

【0003】

本発明においては、特にポータブルな普及タイプのカテゴリーに注目し、高画質を確保しながら奥行きの薄いビデオカメラ、デジタルカメラを実現する技術を提供することをねらっている。カメラの奥行き方向を薄くするのに最大のネックとなっているのは、光学系、特にズームレンズ系の最も物体側の面から撮像面までの厚みである。最近では、撮影時に光学系をカメラボディ内からせり出し携帯時に光学系をカメラボディ内に収納するいわゆる沈胴式鏡筒を採用することが主流になっている。

【0004】

しかしながら、使用するレンズタイプやフィルターによって光学系沈胴時の厚みが大きく異なる。特にズーム比やF値等、仕様を高く設定するには、最も物体側のレンズ群が正の屈折力を有するいわゆる正先行型ズームレンズは、各々のレンズエレメントの厚みやデッドースペースが大きく、沈胴してもたいして厚みが薄くならない（特開平11-258507号）。負先行型で特に2乃至3群構成のズームレンズはその点有利であるが、群内構成枚数が多かったり、エレメントの厚みが大きかったり、最も物体側のレンズが正レンズの場合も沈胴しても薄くならない（特開平11-52246号）。現在知られている中で電子撮像素子用に適しあるズーム比、画角、F値等を含めた結像性能が良好で沈胴厚を最も薄くできる可能性を有するものの例として、特開平11-287953号、特開2000-267009、特開2000-275520等のものがある。

【0005】

第1群を薄くするには入射瞳位置を浅くするのがよいが、そのためには第2群の倍率を高くすることになる。一方、そのために第2群の負担が大きくなりそれ自身を薄くすることが困難になるばかりでなく、収差補正の困難さや製造誤差の効きが増大し好ましくない。薄型化、小型化を実施するには、撮像素子を小さくすればよいが、同じ画素数とするためには画素ピッチを小さくする必要があり、感度不足を光学系でカバーしなければならない。回折の影響も然りである。

【0006】

また、奥行きの薄いカメラボディにするために、合焦時のレンズ移動を前群ではなくいわゆるリアフォーカスで行うのが駆動系のレイアウト上有効である。すると、リアフォーカスを実施したときの収差変動が少ない光学系を選択する必要が出てくる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は従来技術のこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、構成枚数が少なく、リアフォーカス方式等機構レイアウト上小型で簡素にしやすく、無限遠から近距離まで安定した高い結像性能を有するズーム方式あるいはズーム構成を選択し、さらには、レンズエレメントを薄くして各群の総厚を薄くしたり、フィルター類の選択をも考慮して、ビデオカメラやデジタルカメラの徹底的薄型化を図ることである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明のズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群よりなり、

10

20

30

40

50

無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化させつつ、前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、前記第3レンズ群は前記第2レンズ群とは異なる軌跡で移動し、

前記第1レンズ群は、非球面を含む負レンズ及び正レンズの2枚のレンズで構成され、

前記第2レンズ群は、物体側レンズ成分と像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、その中一方のレンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズ成分、他方のレンズ成分は正の単レンズのみからなり、かつ、前記物体側レンズ成分の物体側面が非球面で構成され、

前記第3レンズ群は、1つの正屈折力を持つレンズ成分からなり、

前記第2レンズ群の物体側レンズ成分が以下の条件を満足することを特徴とするものである。 10

$$(1) \quad 0.65 < R_{2FR} / R_{2FF} < 0.95$$

ただし、 R_{2FF} 、 R_{2FR} はそれぞれ第2レンズ群の物体側レンズ成分の物体側面及び像側面における光軸上の曲率半径である。

【0009】

本発明のもう1つのズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群よりなり、

無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化させつつ、前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、前記第3レンズ群は前記第2レンズ群とは異なる軌跡で移動し、 20

前記第1レンズ群は、非球面を含む負レンズ及び正レンズの2枚のレンズで構成され、

前記第2レンズ群は、物体側レンズ成分と像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、その中一方のレンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズ成分、他方のレンズ成分は正の単レンズのみからなり、かつ、前記物体側レンズ成分の物体側面が非球面で構成され、

前記第3レンズ群は、1つの正屈折力を持つレンズ成分からなり、

前記第2レンズ群の物体側レンズ成分、像側レンズ成分が以下の条件を満足することを特徴とするものである。 30

$$(1) \quad 0.6 < R_{2FR} / R_{2FF} < 1.0$$

$$(5) \quad -1.5 < (R_{2RF} + R_{2RR}) / (R_{2RF} - R_{2RR}) < 0.05$$

ただし、 R_{2FF} 、 R_{2FR} はそれぞれ第2レンズ群の物体側レンズ成分の物体側面及び像側面における光軸上の曲率半径、 R_{2RF} 、 R_{2RR} はそれぞれ第2レンズ群の像側レンズ成分の物体側の面及び像側の面の光軸上の曲率半径である。

また、本発明の電子撮像装置は、ズームレンズ及びその像側に配された撮像素子を備えた電子撮像装置において、

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群よりなり、

無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化させつつ、前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、前記第3レンズ群は前記第2レンズ群とは異なる軌跡で移動し、 40

前記第1レンズ群は、非球面を含む負レンズ及び正レンズの2枚のレンズで構成され、

前記第2レンズ群は、物体側レンズ成分と像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、前記物体側レンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズ成分、前記像側レンズ成分は正の単レンズのみからなり、かつ、前記物体側レンズ成分の物体側面が非球面で構成され、

前記第3レンズ群は、1つの正屈折力を持つレンズ成分からなり、

前記第2レンズ群の物体側レンズ成分が以下の条件を満足することを特徴とするものである。 50

$$(1) \quad 0.65 < R_{2FR} / R_{2FF} < 0.95$$

$$(2) \quad 0 < L / R_{2FC} < 1.0$$

$$(3) \quad 0.01 < n_{2FN} - n_{2FP} < 0.2$$

$$(4) \quad r_{2FN} < 26.5$$

ただし、 R_{2FF} 、 R_{2FR} はそれぞれ第 2 レンズ群の物体側レンズ成分の物体側面及び像側面における光軸上の曲率半径、 R_{2FC} は第 2 レンズ群の物体側レンズ成分の接合面における光軸上の曲率半径、 n_{2FP} 、 n_{2FN} はそれぞれ第 2 レンズ群の物体側レンズ成分の正レンズ及び負レンズにおける d 線での屈折率、 r_{2FN} は第 2 レンズ群の物体側レンズ成分の負レンズにおける d 線基準でのアッベ数、L は撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0010】

以下、本発明において上記構成をとる理由と作用について説明する。

【0011】

本発明のズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群よりなり、無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化させつつ、第 2 レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、第 3 レンズ群は第 2 レンズ群とは異なる軌跡で移動するズームレンズにおいて、第 1 レンズ群は、非球面を含む負レンズ及び正レンズの 2 枚のレンズで構成され、第 2 レンズ群は、物体側レンズ成分と像側レンズ成分の 2 つのレンズ成分からなり、その中一方のレンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズ成分、他方のレンズ成分は正の単レンズのみからなり、かつ、物体側レンズ成分の物体側面が非球面で構成されたズームレンズを採用しており、

さらに、その物体側のレンズ成分が以下の条件を満足するとよい。

【0012】

$$(1) \quad 0.6 < R_{2FR} / R_{2FF} < 1.0$$

ただし、 R_{2FF} 、 R_{2FR} はそれぞれ第 2 レンズ群の物体側レンズ成分の物体側面及び像側面における光軸上の曲率半径である。

【0013】

なお、本発明において、レンズとは、単一の媒質からなるレンズを一単位とし、接合レンズは複数のレンズからなるものとする。また、レンズ成分は、間に空気間隔を配さないレンズ群を意味し、単レンズ又は接合レンズを意味する。

【0014】

古くから銀塩フィルムカメラ用ズームレンズとしてよく使用される負正の 2 群ズームレンズにおいて、それを小型化するために各焦点距離における正の後群（第 2 レンズ群）の倍率を高くするのがよいが、そのために、第 2 レンズ群のさらに像側に正レンズ成分を第 3 レンズ群として加え、広角端から望遠端に変倍する際に第 2 レンズ群との間隔を変化させるという方法がよく知られている。また、この第 3 レンズ群はフォーカス用としても使用できる可能性を有している。

【0015】

そして、本発明の目的の達成、つまり、沈胴収納時のレンズ部総厚を薄くしてなおかつ第 3 レンズ群にてフォーカスをする際、非点収差を始めとする軸外収差の変動を抑制するために、第 2 レンズ群を、物体側から順に、物体側レンズ成分と像側レンズ成分の 2 つのレンズ成分からなり、その中一方のレンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズ成分、他方のレンズ成分は正の単レンズのみからなる合計 3 枚から構成し、物体側レンズ成分の物体側面が非球面とし、特に、物体側レンズ成分は、物体側に凸面を向け両面の曲率半径が近い強いメニスカス形状としている。

【0016】

第 3 レンズ群にてフォーカスをする場合、収差変動が問題になるが、第 3 レンズ群に必要以上の量の非球面が入ると、その効果を出すために第 1 レンズ群・第 2 レンズ群で残存する非点収差を第 3 レンズ群にて補正することになり、ここで第 3 レンズ群がフォーカスのために動くと、そのバランスが崩れてしまい好ましくない。したがって、第 3 レンズ群でフォーカスする場合は、第 1 レンズ群・第 2 レンズ群で非点収差をズーム全域に亘り略取り切らねばならない。

10

20

30

40

50

【0017】

よって、第3レンズ群は球面系又は少ない非球面量にて構成し、開口絞りを第2レンズ群の物体側に配し、第2レンズ群は、2つの正レンズ成分で合計3枚から構成し、最も物体側の面を非球面とし、特に、物体側レンズ成分は物体側に凸面を向け両面の曲率半径が近い強いメニスカス形状とするのがよい。

【0018】

また、このタイプでは、前玉径が大きくなり難いので、開口絞りを第2レンズ群と一体（本発明の後記の実施例では、第2レンズ群の直前に配置し、第2レンズ群と一体）とした方が、機構上単純であるばかりでなく、沈胴時のデッドスペースが発生し難く、広角端と望遠端のF値差が小さい。

10

【0019】

また、第2レンズ群は合計3枚構成であるが、一方のレンズ成分を接合レンズ成分としたのは、特に負レンズの正レンズに対する相対的偏心による収差の発生を抑制するためである。接合する場合は、できるだけ接合レンズ成分内で収差をキャンセルして偏心敏感度を小さくするのがよい。そして、残る単独の正レンズ成分との相対偏心敏感度を少なくするのがねらいである。

【0020】

さらに、その物体側のレンズ成分が以下の条件を満足するとよい。

【0021】

$$(1) \quad 0.6 < R_{2FR} / R_{2FF} < 1.0$$

20

ただし、 R_{2FF} 、 R_{2FR} はそれぞれ第2レンズ群の物体側レンズ成分の物体側面及び像側面における光軸上の曲率半径である。

【0022】

条件(1)の上限の1.0を越えると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正には有利だが、接合による偏心敏感度の緩和の効果が少ない。下限の0.6を越えると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正が困難になりやすい。

【0023】

なお、以下のようにするとよりよい。

【0024】

$$(1)' \quad 0.65 < R_{2FR} / R_{2FF} < 0.95$$

30

さらに、以下のようにすると最もよい。

【0025】

$$(1)'' \quad 0.7 < R_{2FR} / R_{2FF} < 0.9$$

また、物体側レンズ成分と像側レンズ成分の2つのレンズ成分の中、接合成分を物体側レンズ成分とした場合、さらに以下の条件を満足するとよい。

【0026】

$$(2) \quad 0 < L / R_{2FC} < 1.0$$

$$(3) \quad 0.01 < n_{2FN} - n_{2FP} < 0.2$$

$$(4) \quad n_{2FN} < 26.5$$

ただし、 R_{2FC} は第2レンズ群の物体側レンズ成分の接合面における光軸上の曲率半径、 n_{2FP} 、 n_{2FN} はそれぞれ第2レンズ群の物体側レンズ成分の正レンズ及び負レンズにおけるd線での屈折率、 n_{2FN} は第2レンズ群の物体側レンズ成分の負レンズにおけるd線基準でのアッペ数、Lは撮像素子の有効撮像領域（略矩形）の対角長である。

40

【0027】

条件(2)は、軸上・倍率色収差の補正に関する規定であって、その条件の上限の1.0を越えると、第2レンズ群の接合レンズの厚みを薄くしやすいが、軸上色収差の補正が困難になる。下限の0を越えると、軸上色収差の補正には有利だが、接合レンズの厚みを厚くせざるを得ず、沈胴厚を薄くするのに足枷となる。

【0028】

条件(3)は、第2レンズ群の物体側レンズ成分の正レンズ、負レンズの媒質屈折率差を

50

規定したもので、下限値の 0.01 を越えると、第 2 レンズ群内の 2 つの成分間の相対偏心敏感度を小さくする効果はあるが、コマ収差等の全体的な補正が困難になる。上限値の 0.2 を越えると、ズーム全域各収差の補正には有利であるが、第 2 レンズ群内の 2 つの成分間の相対偏心敏感度の改善には不利である。

【0029】

条件(4)は、軸上・倍率色収差の補正に関する規定であって、その条件の上限の 2.6.5 を越えると、軸上色収差の補正不足を招く。下限はそれ以下に現実に適した媒質が存在しないため特に設けないが、あえて下限値を付けるとすれば、下限値を 2.0 とし、 n_{2FN} がそれ以上となるようにするとよい。下限値 2.0 を越えると、レンズ材料が高価となる。

【0030】

なお、条件(2)～(4)の何れか 1 つ以上あるいは全てを以下のようにするとよりよい。

【0031】

$$(2)' \quad 0.1 < L / R_{2FC} < 0.95$$

$$(3)' \quad 0.02 < n_{2FN} - n_{2FP} < 0.18$$

$$(4)' \quad n_{2FN} < 2.6$$

さらに、条件(2)～(4)の何れか 1 つ以上を以下のようにするとさらによい。特に全てを以下のようにすると最もよい。

【0032】

$$(2)" \quad 0.2 < L / R_{2FC} < 0.9$$

$$(3)" \quad 0.03 < n_{2FN} - n_{2FP} < 0.16$$

$$(4)" \quad n_{2FN} < 2.5.5$$

なお、第 2 レンズ群の 2 つのレンズ成分の中、接合成分が像側のレンズ成分である場合は、以下の条件を満足するとよい。

【0033】

$$(5) \quad -1.5 < (R_{2RF} + R_{2RR}) / (R_{2RF} - R_{2RR}) < 0.05$$

$$(6) \quad 0.01 < n_{2RN} - n_{2RP} < 0.2$$

$$(7) \quad 1.0 < n_{2RP} - n_{2RN}$$

ただし、 R_{2RF} 、 R_{2RR} はそれぞれ第 2 レンズ群の像側レンズ成分の物体側の面及び像側の面の光軸上での曲率半径、 n_{2RP} 、 n_{2RN} はそれぞれ第 2 レンズ群の像側レンズ成分の正レンズ及び負レンズにおける d 線での屈折率、 n_{2RP} 、 n_{2RN} はそれぞれ第 2 レンズ群の像側レンズ成分の正レンズ及び負レンズにおける d 線基準でのアッベ数である。

【0034】

条件(5)は、第 2 レンズ群の像側成分(接合成分)の形状ファクターに関する規定である。下限の -1.5 を越えると、第 2 レンズ群の 2 つのレンズ成分の空気間隔 d_{2FR} を薄くしやすいが、コマ収差・非点収差の補正が困難になる。上限値の 0.05 を越えると、2 つのレンズ成分の機械的干渉で d_{2FR} が大きくなりがちで、沈胴厚を薄くするのに足枷となる。なお、この条件は第 2 レンズ群の物体側レンズ成分の方が接合の場合に満たしても、効果がある。

【0035】

条件(6)は、第 2 レンズ群の像側成分(接合成分)の正レンズと負レンズの媒質屈折率差を規定したもので、下限値の 0.01 を越えると、コマ収差の補正が困難になりやすい。上限の 0.2 を越えると、ペツツバール和が正の大きな値になる。

【0036】

条件(7)の下限を越えると、軸上色収差・倍率色収差共に補正不足となる。上限はそれ以上に現実に適した媒質の組み合わせが存在しないため特に設けないが、あえて上限値を付けるとすれば、上限値を 7.5 とし、 $n_{2RP} - n_{2RN}$ がそれ以下となるようにするとよい。上限値 7.5 を越えると、レンズ材料が高価となる。

【0037】

なお、条件(5)～(7)の何れか 1 つ以上あるいは全てを以下のようにするとよりよい。

10

20

30

40

50

。

【 0 0 3 8 】

$$(5)' -1.3 < (R_{2RF} + R_{2RR}) / (R_{2RF} - R_{2RR}) < -0.1$$

$$(6)' 0.02 < n_{2RN} - n_{2RP} < 0.18$$

$$(7)' 1.2 < \frac{n_{2RP}}{n_{2RN}}$$

さらに、条件(5)～(7)の何れか1つ以上を以下のようにするとさらによい。特に全てを以下のようにすると最もよい。

【 0 0 3 9 】

$$(5)" -1.1 < (R_{2RF} + R_{2RR}) / (R_{2RF} - R_{2RR}) < -0.25$$

$$(6)" 0.03 < n_{2RN} - n_{2RP} < 0.16$$

$$(7)" 1.4 < \frac{n_{2RP}}{n_{2RN}}$$

一方、第3レンズ群は1つの正レンズ成分で構成可能である。そして、以下の条件を満足するとよい。

【 0 0 4 0 】

$$(8) -1.0 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.0$$

ただし、 R_{3F} 、 R_{3R} はそれぞれ第3レンズ群の正レンズ成分における物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径である。

【 0 0 4 1 】

条件(8)の上限値の1.0を越えると、リアフォーカスによる非点収差の変動が大きくなりすぎ、無限物点で非点収差を良好に補正し得ても、近距離物点に対しては非点収差が悪化しやすい。下限値の-1.0を越えると、リアフォーカスによる非点収差変動は少ないが、無限物点に対する収差補正が困難となる。

【 0 0 4 2 】

なお、広角端から望遠端に変倍する際、第3レンズ群は像側に凸の軌跡を動くようにすると、特に出来栄え誤差によるピント位置のばらつきの大きな望遠端における調整余裕量の確保が容易になる。

【 0 0 4 3 】

また、第3レンズ群は正レンズ1枚で構成してもよい。実用的な収差レベルの補正是可能であり、薄型化に貢献する。

【 0 0 4 4 】

なお、以下のようにするとよりよい。

【 0 0 4 5 】

第2レンズ群の物体側レンズ成分が接合の場合：

$$(8-1)' 0.1 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 0.9$$

第2レンズ群の像側レンズ成分が接合の場合：

$$(8-2)' -0.9 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 0.4$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

【 0 0 4 6 】

第2レンズ群の物体側レンズ成分が接合の場合：

$$(8-1)" 0.2 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 0.8$$

第2レンズ群の像側レンズ成分が接合の場合：

$$(8-2)" -0.8 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 0.2$$

次に、第1レンズ群は、以下の条件を満足しつつ、非球面を含む負レンズと正レンズの2枚のみで構成すれば、色収差や各ザイデル軸外収差は良好に補正可能であるため、薄型化に貢献する。

【 0 0 4 7 】

$$(9) 2.0 < \frac{n_{11} - n_{12}}{d_{11}}$$

$$(10) -1.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2.0$$

ただし、 n_{11} は第1レンズ群の負レンズのd線基準アッベ数、 n_{12} は第1レンズ群の正レンズのd線基準アッベ数、 R_{13} 、 R_{14} はそれぞれ第1レンズ群の正レンズの物体側面及び

10

20

30

40

50

像側面の光軸上の曲率半径である。

【0048】

条件(9)は、変倍時における軸上・倍率色収差の変動に関して規定したものである。下限値の20を越えると、軸上・倍率色収差の変動が大きくなりやすい。上限はそれ以上に現実に適した媒質が存在しないため特に設けないが、あえて上限値を付けるとすれば、上限値を75とし、 $r_{11} - r_{12}$ がそれ以下となるようにするといい。上限値75を越えると、レンズ材料が高価となる。

【0049】

条件(10)は、第1レンズ群の正レンズのシェーブファクターを規定したものである。下限の-10を越えると、非点収差の補正上不利になる他、変倍時の機械的干渉を回避するため第2レンズ群との間隔を余分に必要とする点も不利になる。上限の-2.0を越えると、歪曲収差の補正が不利になりやすい。

10

【0050】

なお、条件(9)、(10)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0051】

$$(9)' \quad 2.2 < r_{11} - r_{12}$$

$$(10)' \quad -9 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2.5$$

さらに、条件(9)、(10)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

20

【0052】

$$(9)'' \quad 2.4 < r_{11} - r_{12}$$

$$(10)'' \quad -8 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -3$$

また、以下の条件を満たすとよい。

【0053】

$$(11) \quad 0.2 < d_{11} / L < 0.65$$

ただし、 d_{11} は第1レンズ群の負レンズと正レンズの光軸上の空気間隔、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

30

【0054】

この条件の上限の0.65を越えると、コマ収差・非点収差・歪曲収差の補正には有利であるが、光学系が分厚くなり、下限値の0.2を越えると、これらの収差が非球面を導入したにも係わらず補正が困難になる。

【0055】

なお、以下のようにするとよりよい。

【0056】

$$(11)' \quad 0.25 < d_{11} / L < 0.6$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

【0057】

$$(11)'' \quad 0.3 < d_{11} / L < 0.55$$

なお、本発明のズームレンズは、広角域を含む電子撮像装置を構成する上で有利である。特に、広角端における対角方向の半画角 w が以下の条件を満足する電子撮像装置に用いることが好ましい（後記の各実施例に記載の広角端半画角は w に相当する。）。

40

【0058】

$$27^\circ < w < 42^\circ$$

この条件の下限値の27°を越えて広角端半画角が狭くなると、収差補正上は有利になるが、実用的な広角端での画角ではなくなる。一方、上限値の42°を越えると、歪曲収差・倍率の色収差が発生しやすくなり、レンズ枚数が増加する。

【0059】

また、本願発明の電子撮像素子に用いるズームレンズは、軸外主光線を垂直に近い状態で撮像素子に導けるので、画像の周辺部まで良好な像が得られる。そのとき、撮像素子の有効撮像領域の対角長Lが3.0mm乃至12.0mmであることが、良好な画質と小型化

50

を両立する上でより好ましい。

【0060】

この条件の下限値の3.0mmを越えて撮像素子が小さくなると、感度不足がカバーし難くなる。一方、上限値の12.0mmを越えて撮像素子が大きくなると、それに付随してズームレンズも大きくなる傾向にあり、薄型化の効果が薄れる。

【0061】

以上、ズームレンズ部について沈胴厚を薄くしつつも結像性能を良好にする手段を提供した。

【0062】

次に、フィルター類を薄くする件について言及する。電子撮像装置には、通常、赤外光が撮像面に入射しないように一定の厚みのある赤外吸収フィルターを撮像素子よりも物体側に挿入している。これを厚みのないコーティングに置き換えることを考える。当然その分薄くなる訳だが、副次的効果がある。ズームレンズ系後方にある撮像素子よりも物体側に、波長600nmでの透過率(τ_{600})が80%以上、700nmでの透過率(τ_{700})が8%以下の近赤外シャープカットコートを導入すると、吸収タイプよりも700nm以上の近赤外領域の透過率が低く、かつ、相対的に赤側の透過率が高くなり、補色モザイクフィルターを有するCCD等の固体撮像素子の欠点である青紫側のマゼンタ化傾向がゲイン調整により緩和され、原色フィルターを有するCCD等の固体撮像素子並みの色再現を得ることができる。

【0063】

すなわち、

$$(12) \quad 600 / 550 \quad 0.8$$

$$(13) \quad 700 / 550 \quad 0.08$$

を満たすことが望ましい。ただし、 τ_{550} は波長550nmでの透過率である。

【0064】

なお、条件(12)、(13)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0065】

$$(12)' \quad 600 / 550 \quad 0.85$$

$$(13)' \quad 700 / 550 \quad 0.05$$

さらに、条件(12)、(13)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

【0066】

$$(12)" \quad 600 / 550 \quad 0.9$$

$$(13)" \quad 700 / 550 \quad 0.03$$

CCD等の固体撮像素子のもう1つの欠点は、近紫外域の波長550nmに対する感度が人間の眼のそれよりもかなり高いことである。これも、近紫外域の色収差による画像のエッジ部の色にじみを目立たせている。特に光学系を小型化すると致命的である。したがって、波長400nmでの透過率(τ_{400})の550nmでのそれ(τ_{550})に対する比が0.08を下回り、440nmでの透過率(τ_{440})の550nmでのそれ(τ_{550})に対する比が0.4を上回るような吸収体あるいは反射体を光路上に挿入すれば、色再現上必要な波長域を失わず(良好な色再現を保ったまま)、色にじみなどのノイズがかなり軽減される。

【0067】

すなわち、

$$(14) \quad 400 / 550 \quad 0.08$$

$$(15) \quad 440 / 550 \quad 0.4$$

を満たすことが望ましい。

【0068】

なお、条件(14)、(15)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0069】

10

20

30

40

50

ただし、3枚重ねかつ $a < 4$ (μm) のとき、

$$0.16 < t_{LPF} / a < 0.25$$

ただし、2枚重ねかつ $a < 4$ (μm) のとき、

$$0.08 < t_{LPF} / a < 0.14$$

ただし、1枚のみかつ $a < 4$ (μm) のとき。

【0078】

画素ピッチの小さな電子撮像素子を使用する場合、絞り込みによる回折効果の影響で画質が劣化する。したがって、開口サイズが固定の複数の開口を有し、その中の1つを第1レンズ群の最も像側のレンズ面と第3レンズ群の最も物体側のレンズ面の間の何れかの光路内に挿入でき、かつ、他の開口と交換可能とすることで像面照度の調節することができる電子撮像装置としており、その複数の開口の中、一部の開口内に 550 nm に対する透過率がそれぞれ異なり、かつ、80%未満であるような媒体を有するようにして光量調節を行なうのがよい。あるいは、 a (μm) / Fナンバー < 0.4 となるような F 値に相当する光量になるように調節を実施する場合は、開口内に 550 nm に対する透過率がそれぞれ異なりかつ 80%未満の媒体を有する電子撮像装置とするのがよい。例えば、開放値から上記条件の範囲外ではその媒体なしもあるいは 550 nm に対する透過率が 91%以上のダミー媒質としており、範囲内のときは回折の影響が出る程に開口絞り径を小さくするのではなく、ND フィルターのようなもので光量調節するのがよい。

10

【0079】

また、その複数の開口をそれぞれ径を F 値に反比例して小さくしたものにして揃えており、ND フィルターの代わりにそれぞれ周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを開口内に入れておくのでもよい。絞り込むにつれて回折劣化が大きくなるので、開口径が小さくなる程光学的ローパスフィルターの周波数特性を高く設定しておく。

20

【0080】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の電子撮像装置に用いられるズームレンズの実施例 1 ~ 5 について説明する。実施例 1 ~ 5 の無限遠物点合焦時の広角端 (a)、中間状態 (b)、望遠端 (c) でのレンズ断面図をそれぞれ図 1 ~ 図 5 に示す。図中、第1レンズ群は G1、絞りは S、第2レンズ群は G2、第3レンズ群は G3、赤外カット吸収フィルターは IF、ローパスフィルターは LF、電子撮像素子である CCD のカバーガラスは CG、CCD の像面は I で示してある。なお、赤外カット吸収フィルター IF に代えて、透明平板の入射面に近赤外シャープカットコートとしたものを用いてもよいし、ローパスフィルター LF に直接近赤外シャープカットコートを施してもよい。

30

【0081】

実施例 1 のズームレンズは、図 1 に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群 G1、開口絞り S、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸レンズとからなる正屈折力の第2レンズ群 G2、両凸正レンズ 1 枚からなる正屈折力の第3レンズ群 G3 からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群 G1 は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より像面側の位置になり、第2レンズ群 G2 は開口絞り S と一緒に物体側に移動し、第3レンズ群 G3 は像面側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より像面側の位置になる。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群 G3 は物体側に繰り出される。

40

【0082】

非球面は、第1レンズ群 G1 の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群 G2 の接合レンズの物体側の面の 2 面に用いられている。

【0083】

実施例 2 のズームレンズは、図 2 に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群 G1、開口絞り S、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸

50

レンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2、両凸正レンズ1枚からなる正屈折力の第3レンズ群G3とからなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より像面側の位置になり、第2レンズ群G2は開口絞りSと一緒に物体側に移動し、第3レンズ群G3は像面側に移動する。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G3は物体側に繰り出される。

【0084】

非球面は、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の接合レンズの物体側の面、両凸レンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0085】

実施例3のズームレンズは、図3に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸レンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2、両凸正レンズ1枚からなる正屈折力の第3レンズ群G3とからなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より像面側の位置になり、第2レンズ群G2は開口絞りSと一緒に物体側に移動し、第3レンズ群G3は像面側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より物体側の位置になる。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G3は物体側に繰り出される。

10

【0086】

非球面は、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の接合レンズの物体側の面、両凸レンズの像面側の面の3面に用いられている。

20

【0087】

実施例4のズームレンズは、図4に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと、物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸レンズの接合レンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2、両凸正レンズ1枚からなる正屈折力の第3レンズ群G3とからなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より像面側の位置になり、第2レンズ群G2は開口絞りSと一緒に物体側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より物体側の位置になる。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G3は物体側に繰り出される。

30

【0088】

非球面は、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズの物体側の面の2面に用いられている。

【0089】

実施例5のズームレンズは、図5に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2、物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸レンズの接合レンズからなる第3レンズ群G3とからなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より像面側の位置になり、第2レンズ群G2は開口絞りSと一緒に物体側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より物体側の位置になる。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G3は物体側に繰り出される。

40

【0090】

非球面は、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズの物体側の面の2面に用いられている。

【0091】

以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、 f は全系焦点距離、 θ は半画角、 F_{NO} はFナンバー、WEは広角端、STは中間状態、TEは望遠端、 r_1 、 r_2

50

...は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 ...は各レンズ面間の間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} ...は各レンズの d 線の屈折率、 n_{d1} 、 n_{d2} ...は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、 x を光の進行方向を正とした光軸とし、 y を光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

【0092】

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

ただし、 r は近軸曲率半径、 K は円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0093】

実施例 1

$r_1 = 79.4668$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$	
$r_2 = 5.0248$ (非球面)	$d_2 = 2.0000$			
$r_3 = 7.7722$	$d_3 = 1.8000$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 12.8300$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 3.8190$ (非球面)	$d_6 = 2.0000$	$n_{d3} = 1.80610$	$\nu_{d3} = 40.92$	10
$r_7 = 14.0000$	$d_7 = 0.7000$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_8 = 3.2333$	$d_8 = 0.4000$			
$r_9 = 13.6941$	$d_9 = 1.3000$	$n_{d5} = 1.69350$	$\nu_{d5} = 53.21$	
$r_{10} = -13.6343$	$d_{10} =$ (可変)			
$r_{11} = 41.4339$	$d_{11} = 1.8000$	$n_{d6} = 1.48749$	$\nu_{d6} = 70.23$	
$r_{12} = -10.8130$	$d_{12} =$ (可変)			
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.8000$	$n_{d7} = 1.51633$	$\nu_{d7} = 64.14$	20
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 1.5000$	$n_{d8} = 1.54771$	$\nu_{d8} = 62.84$	
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 0.8000$			
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.7500$	$n_{d9} = 1.51633$	$\nu_{d9} = 64.14$	
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.2098$			
$r_{18} = \infty$ (像面)				

非球面係数

第 2 面

$K = 0$

$A_4 = -6.4687 \times 10^{-4}$

$A_6 = 7.9816 \times 10^{-6}$

$A_8 = -2.0304 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 0.0000$

第 6 面

$K = 0$

$A_4 = -9.5187 \times 10^{-4}$

30

40

$$A_6 = -4.3656 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -7.0479 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	
f (mm)	4.52153	8.69162	12.89380	
F No	2.6748	3.6906	4.5245	10
ω (°)	33.1	18.2	12.5	
d_4	13.11868	5.07598	1.50000	
d_{10}	2.53628	8.72101	13.15846	
d_{12}	1.40000	0.50385	0.99490	.
【 0 0 9 4 】				

実施例 2

$r_1 = 80.2647$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$	
$r_2 = 4.9513$ (非球面)	$d_2 = 2.0000$			
$r_3 = 7.8753$	$d_3 = 1.8000$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 13.2881$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 3.8515$ (非球面)	$d_6 = 2.0000$	$n_{d3} = 1.80610$	$\nu_{d3} = 40.92$	10
$r_7 = 14.0000$	$d_7 = 0.7000$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_8 = 3.1393$	$d_8 = 0.5000$			
$r_9 = 9.1010$ (非球面)	$d_9 = 1.3000$	$n_{d5} = 1.69350$	$\nu_{d5} = 53.21$	
$r_{10} = -19.7779$	$d_{10} =$ (可変)			
$r_{11} = 28.0001$	$d_{11} = 1.8000$	$n_{d6} = 1.48749$	$\nu_{d6} = 70.23$	
$r_{12} = -12.5799$	$d_{12} =$ (可変)			
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.8000$	$n_{d7} = 1.51633$	$\nu_{d7} = 64.14$	20
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 1.5000$	$n_{d8} = 1.54771$	$\nu_{d8} = 62.84$	
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 0.8000$			
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.7500$	$n_{d9} = 1.51633$	$\nu_{d9} = 64.14$	
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.2091$			
$r_{18} = \infty$ (像面)				

非球面係数

第 2 面

$K = 0$

$A_4 = -7.9213 \times 10^{-4}$

$A_6 = 1.7679 \times 10^{-5}$

$A_8 = -2.5601 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 0.0000$

第 6 面

$K = 0$

$A_4 = -7.4431 \times 10^{-4}$

30

40

$$A_6 = -1.2221 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -8.7692 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第9面

$$K = 0$$

$$A_4 = -4.3402 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -5.4817 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 5.0694 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	S T	T E	
f (mm)	4.50952	8.69055	12.89705	
F NO	2.6690	3.6034	4.5310	
ω (°)	33.2	18.2	12.4	20
d ₄	13.01029	4.54940	1.50000	
d ₁₀	2.53628	8.12854	13.40352	
d ₁₂	1.40000	1.12760	0.99575	.
【 0 0 9 5 】				

実施例3

$r_1 = 50.3217$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$	
$r_2 = 5.1310$ (非球面)	$d_2 = 2.0000$			
$r_3 = 7.3250$	$d_3 = 1.8000$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 10.7444$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 3.5068$ (非球面)	$d_6 = 2.0000$	$n_{d3} = 1.74320$	$\nu_{d3} = 49.34$	10
$r_7 = 6.7000$	$d_7 = 0.7000$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_8 = 2.8220$	$d_8 = 0.5000$			
$r_9 = 5.8112$	$d_9 = 1.3000$	$n_{d5} = 1.69350$	$\nu_{d5} = 53.21$	
$r_{10} = -316.5015$ (非球面)	$d_{10} =$ (可変)			
$r_{11} = 50.4943$	$d_{11} = 1.8000$	$n_{d6} = 1.48749$	$\nu_{d6} = 70.23$	
$r_{12} = -9.6629$	$d_{12} =$ (可変)			
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.8000$	$n_{d7} = 1.51633$	$\nu_{d7} = 64.14$	20
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 1.5000$	$n_{d8} = 1.54771$	$\nu_{d8} = 62.84$	
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 0.8000$			
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.7500$	$n_{d9} = 1.51633$	$\nu_{d9} = 64.14$	
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.2097$			
$r_{18} = \infty$ (像面)				

非球面係数

第2面

$K = 0$

$A_4 = -5.8527 \times 10^{-4}$

$A_6 = 1.5379 \times 10^{-5}$

$A_8 = -1.9096 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 0.0000$

第6面

$K = 0$

$A_4 = -8.0840 \times 10^{-4}$

30

40

$$A_6 = -4.5549 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -9.3085 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第10面

$$K = 0$$

$$A_4 = 8.5670 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.2791 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -4.7133 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	S T	T E	
f (mm)	4.51584	8.69133	12.89440	
F NO	2.6701	3.6212	4.4921	
ω (°)	33.2	18.2	12.5	20
d ₄	13.49243	4.82848	1.50000	
d ₁₀	2.53628	7.60532	12.14512	
d ₁₂	0.92173	0.70991	0.99439	.

【 0 0 9 6 】

実施例 4

$r_1 = 41.9195$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$	
$r_2 = 5.3599$ (非球面)	$d_2 = 2.0000$			
$r_3 = 7.4865$	$d_3 = 1.8000$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 10.5929$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 3.5376$ (非球面)	$d_6 = 2.3000$	$n_{d3} = 1.74320$	$\nu_{d3} = 49.34$	10
$r_7 = 3.0341$	$d_7 = 0.6000$			
$r_8 = 6.8380$	$d_8 = 0.7000$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_9 = 3.4711$	$d_9 = 1.3000$	$n_{d5} = 1.69680$	$\nu_{d5} = 55.53$	
$r_{10} = -65.6495$	$d_{10} =$ (可変)			
$r_{11} = 17.8464$	$d_{11} = 1.8000$	$n_{d6} = 1.60311$	$\nu_{d6} = 60.64$	
$r_{12} = -22.3809$	$d_{12} =$ (可変)			
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.8000$	$n_{d7} = 1.51633$	$\nu_{d7} = 64.14$	20
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 1.5000$	$n_{d8} = 1.54771$	$\nu_{d8} = 62.84$	
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 0.8000$			
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.7500$	$n_{d9} = 1.51633$	$\nu_{d9} = 64.14$	
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.2136$			
$r_{18} = \infty$ (像面)				

非球面係数

第 2 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -5.8655 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.7946 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.4627 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.2212 \times 10^{-3}$$

30

40

$$A_6 = 5.9361 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.9068 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	
f (mm)	4.53237	8.68547	12.88317	
F No	2.7511	3.4823	4.5092	10
ω (°)	33.2	18.2	12.4	
d_4	14.13300	4.01510	1.50000	
d_{10}	2.53628	6.12697	12.36017	
d_{12}	0.92173	1.84607	1.01036	.
【 0 0 9 7 】				

実施例 5

$r_1 = 68.1830$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$	
$r_2 = 5.2637$ (非球面)	$d_2 = 2.0000$			
$r_3 = 8.9627$	$d_3 = 1.8000$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 15.6301$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 3.2578$ (非球面)	$d_6 = 2.0000$	$n_{d3} = 1.74320$	$\nu_{d3} = 49.34$	10
$r_7 = 2.7435$	$d_7 = 0.6000$			
$r_8 = 8.2026$	$d_8 = 2.0000$	$n_{d4} = 1.76200$	$\nu_{d4} = 40.10$	
$r_9 = -3.5116$	$d_9 = 0.6500$	$n_{d5} = 1.84666$	$\nu_{d5} = 23.78$	
$r_{10} = -34.7761$	$d_{10} =$ (可変)			
$r_{11} = 16.7864$	$d_{11} = 0.6500$	$n_{d6} = 1.84666$	$\nu_{d6} = 23.78$	
$r_{12} = 9.4111$	$d_{12} = 1.8000$	$n_{d7} = 1.80100$	$\nu_{d7} = 34.97$	
$r_{13} = -70.1350$	$d_{13} =$ (可変)			20
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 0.8000$	$n_{d8} = 1.51633$	$\nu_{d8} = 64.14$	
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 1.5000$	$n_{d9} = 1.54771$	$\nu_{d9} = 62.84$	
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.8000$			
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 0.7500$	$n_{d10} = 1.51633$	$\nu_{d10} = 64.14$	
$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 1.2107$			
$r_{19} = \infty$ (像面)				

非球面係数

30

第2面

$$K = 0$$

$$A_4 = -7.4871 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.6887 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.7692 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第6面

$$K = 0$$

40

$$A_4 = -1.1760 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 5.5788 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.4495 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	S T	T E	
f (mm)	4.51735	8.68968	12.89107	10
F NO	2.7264	3.4585	4.5154	
ω (°)	33.2	18.3	12.4	
d ₄	14.10503	3.87916	1.50000	
d ₁₀	2.53628	6.24913	13.18371	
d ₁₃	0.92173	2.00866	0.98271	.

【 0 0 9 8 】

上記実施例 1 の無限遠にフォーカシングした場合の収差図を図 6 に、第 3 レンズ群 G 3 を物体側に移動することで撮影距離 10 cm にフォーカシングした場合の収差図を図 7 にそれぞれ示す。実施例 4 の同様の収差図を図 8 と図 9 に、実施例 5 の同様の収差図を図 10 と図 11 にそれぞれ示す。これら収差図の (a) は広角端、(b) は中間状態、(c) は望遠端での収差を表し、“ S A ” は球面収差、“ A S ” は非点収差、“ D T ” は歪曲収差、“ C C ” は倍率色収差を示す。また、各収差図中、“ F I Y ” は像高を示す。

20

【 0 0 9 9 】

次に、上記各実施例における条件 (1) ~ (16) の値及び L の値を示す。

実施例	1	2	3	4	5	
(1)	0.84663	0.81508	0.80471	0.85765	0.84214	
(2)	0.40000	0.40000	0.83582	—	—	
(3)	0.04056	0.04056	0.10346	—	—	
(4)	23.78000	23.78000	23.78000	—	—	
(5)	0.00219	-0.36971	-0.96394	-0.81133	-0.61830	
(6)	—	—	—	0.14986	0.08466	10
(7)	—	—	—	31.75000	16.32000	
(8)	0.58608	0.37999	0.67875	-0.11272	-0.61376	
(9)	25.56000	25.56000	25.56000	25.56000	25.56000	
(10)	-4.07334	-3.90982	-5.28445	-5.82016	-3.68850	
(11)	0.35714	0.35714	0.35714	0.35714	0.35714	
(12)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
(13)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	20
(14)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
(15)	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	
(16)	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	
	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)	
L	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	

【0100】

30

なお、実施例1～5のローパスフィルターの総厚 t_{LPF} は何れも1.500(m m)で3枚重ねで構成している。もちろん、上述の実施例は、例えばローパスフィルターLFを1枚で構成する等、前記した構成の範囲内で種々変更可能である。

【0101】

40

ここで、有効撮像面の対角長Lと画素間隔aについて説明しておく。図12は、撮像素子の画素配列の1例を示す図であり、画素間隔aでR(赤)、G(緑)、B(青)の画素あるいはシアン、マゼンダ、イエロー、グリーン(緑)の4色の画素(図12)がモザイク状に配されている。有効撮像面は撮影した映像の再生(パソコン上の表示、プリンターによる印刷等)に用いる撮像素子上の光電変換面内における領域を意味する。図中に示す有効撮像面は、光学系の性能(光学系の性能が確保し得るイメージサークル)に合わせて、撮像素子の全光電変換面よりも狭い領域に設定されている。有効撮像面の対角長Lは、この有効撮像面の対角長である。なお、映像の再生に用いる撮像範囲を種々変更可能としてよいが、そのような機能を有する撮像装置に本発明のズームレンズを用いる際は、その有効撮像面の対角長Lが変化する。そのような場合は、本発明における有効撮像面の対角長Lは、Lのとり得る範囲における最大値とする。

【0102】

また、赤外カット手段については、赤外カット吸収フィルターIFと赤外シャープカットコートとがあり、赤外カット吸収フィルターIFはガラス中に赤外吸収体が含有される場合で、赤外シャープカットコートは吸収でなく反射によるカットである。したがって、前記したように、この赤外カット吸収フィルターIFを除去して、ローパスフィルターLF

50

に直接赤外シャープカットコートを施してもよいし、ダミー透明平板上に施してもよい。

【0103】

この場合の近赤外シャープカットコートは、波長 600 nm での透過率が 80 % 以上、波長 700 nm での透過率が 10 % 以下となるように構成することが望ましい。具体的には、例えば次のような 27 層の層構成からなる多層膜である。ただし、設計波長は 780 nm である。

【0104】

基 板	材 質	物 理 的 膜 厚 (n m)	/ 4	
第 1 層	Al ₂ O ₃	58.96	0.50	10
第 2 層	TiO ₂	84.19	1.00	
第 3 层	SiO ₂	134.14	1.00	
第 4 层	TiO ₂	84.19	1.00	
第 5 层	SiO ₂	134.14	1.00	
第 6 层	TiO ₂	84.19	1.00	
第 7 层	SiO ₂	134.14	1.00	
第 8 层	TiO ₂	84.19	1.00	
第 9 层	SiO ₂	134.14	1.00	
第 10 层	TiO ₂	84.19	1.00	
第 11 层	SiO ₂	134.14	1.00	20
第 12 层	TiO ₂	84.19	1.00	
第 13 层	SiO ₂	134.14	1.00	
第 14 层	TiO ₂	84.19	1.00	
第 15 层	SiO ₂	178.41	1.33	
第 16 层	TiO ₂	101.03	1.21	
第 17 层	SiO ₂	167.67	1.25	
第 18 层	TiO ₂	96.82	1.15	
第 19 层	SiO ₂	147.55	1.05	
第 20 层	TiO ₂	84.19	1.00	
第 21 层	SiO ₂	160.97	1.20	30
第 22 层	TiO ₂	84.19	1.00	
第 23 层	SiO ₂	154.26	1.15	
第 24 层	TiO ₂	95.13	1.13	
第 25 层	SiO ₂	160.97	1.20	
第 26 层	TiO ₂	99.34	1.18	
第 27 层	SiO ₂	87.19	0.65	

空 気

。

【0105】

上記の近赤外シャープカットコートの透過率特性は図 13 に示す通りである。

40

【0106】

また、ローパスフィルター LF の射出面側には、図 14 に示すような短波長域の色の透過を低減する色フィルターを設けるか若しくはコーティングを行うことで、より一層電子画像の色再現性を高めている。

【0107】

具体的には、このフィルター若しくはコーティングにより、波長 400 nm ~ 700 nm で透過率が最も高い波長の透過率に対する 420 nm の波長の透過率の比が 15 % 以上であり、その最も高い波長の透過率に対する 400 nm の波長の透過率の比が 6 % 以下であることが好ましい。

【0108】

50

それにより、人間の目の色に対する認識と、撮像及び再生される画像の色とのずれを低減させることができる。言い換えると、人間の視覚では認識され難い短波長側の色が、人間の目で容易に認識されることによる画像の劣化を防止することができる。

【0109】

上記の400nmの波長の透過率の比が6%を越えると、人間の目では認識され難い単波長城が認識し得る波長に再生されてしまい、逆に、上記の420nmの波長の透過率の比が15%よりも小さいと、人間の認識し得る波長城の再生が低くなり、色のバランスが悪くなる。

【0110】

このような波長を制限する手段は、補色モザイクフィルターを用いた撮像系においてより効果を奏するものである。 10

【0111】

上記各実施例では、図14に示すように、波長400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を90%、440nmにて透過率のピーク100%となるコーティングとしている。

【0112】

前記した近赤外シャープカットコートとの作用の掛け合わせにより、波長450nmの透過率99%をピークとして、400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を80%、600nmにおける透過率を82%、700nmにおける透過率を2%としている。それにより、より忠実な色再現を行っている。 20

【0113】

また、ローパスフィルターLFは、像面上投影時の方位角度が水平(=0°)と±45°方向にそれぞれ結晶軸を有する3種類のフィルターを光軸方向に重ねて使用しており、それぞれについて、水平に $a\mu m$ 、±45°方向にそれぞれ $SQRT(1/2) \times a$ だけずらすことでのモアレ抑制を行っている。ここで、S Q R Tは前記のようにスクエアルートであり平方根を意味する。

【0114】

また、CCDの撮像面I上には、図15に示す通り、シアン、マゼンダ、イエロー、グリーン(緑)の4色の色フィルターを撮像画素に対応してモザイク状に設けた補色モザイクフィルターを設けている。これら4種類の色フィルターは、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応しないようにモザイク状に配置されている。それにより、より忠実な色再現が可能となる。 30

【0115】

補色モザイクフィルターは、具体的には、図15に示すように少なくとも4種類の色フィルターから構成され、その4種類の色フィルターの特性は以下の通りであることが好ましい。

【0116】

グリーンの色フィルターGは波長 G_p に分光強度のピークを有し、イエローの色フィルター Y_e は波長 Y_p に分光強度のピークを有し、シアンの色フィルターCは波長 C_p に分光強度のピークを有し、マゼンダの色フィルターMは波長 M_{p1} と M_{p2} にピークを有し、以下の条件を満足する。 40

【0117】

$$510\text{nm} < G_p < 540\text{nm}$$

$$5\text{nm} < Y_p - G_p < 35\text{nm}$$

$$-100\text{nm} < C_p - G_p < -5\text{nm}$$

$$430\text{nm} < M_{p1} < 480\text{nm}$$

$$580\text{nm} < M_{p2} < 640\text{nm}$$

さらに、グリーン、イエロー、シアンの色フィルターはそれぞれの分光強度のピークに対して波長530nmでは80%以上の強度を有し、マゼンダの色フィルターはその分光強度のピークに対して波長530nmでは10%から50%の強度を有することが、色再現 50

性を高める上でより好ましい。

【0118】

上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の一例を図16に示す。グリーンの色フィルターGは525nmに分光強度のピークを有している。イエローの色フィルターY_eは555nmに分光強度のピークを有している。シアンの色フィルターCは510nmに分光強度のピークを有している。マゼンダの色フィルターMは445nmと620nmにピークを有している。また、530nmにおける各色フィルターは、それぞれの分光強度のピークに対して、Gは99%、Y_eは95%、Cは97%、Mは38%としている。

【0119】

このような補色フィルターの場合、図示しないコントローラー（若しくは、デジタルカメラに用いられるコントローラー）で、電気的に次のような信号処理を行い、

輝度信号

$$Y = | G + M + Y_e + C | \times 1 / 4$$

色信号

$$R - Y = | (M + Y_e) - (G + C) |$$

$$B - Y = | (M + C) - (G + Y_e) |$$

の信号処理を経てR（赤）、G（緑）、B（青）の信号に変換される。

【0120】

ところで、上記した近赤外シャープカットコートの配置位置は、光路上のどの位置であってもよい。また、ローパスフィルターLFの枚数も前記した通り2枚でも1枚でも構わない。

【0121】

さて、以上のような本発明の電子撮像装置は、ズームレンズで物体像を形成しその像をCCD等の電子撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、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、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。

【0122】

図17～図19は、本発明によるズームレンズ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17はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図18は同後方斜視図、図19はデジタルカメラ40の構成を示す断面図である。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等を含み、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のズームレンズを通して撮影が行われる。撮影光学系41によって形成された物体像が、近赤外カットコートをダミー透明平板上に施してなる赤外カット吸収フィルターIF、光学的ローパスフィルターLFを介してCCD49の撮像面上に形成される。このCCD49で受光された物体像は、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、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよいし、フロッピー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。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0123】

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が配置してある。このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、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。なお、撮影光学系41及びファインダー用対物光学系53の入射側、接眼光学系59の射出側にそれぞれカバ一部材50が配置されている。

【0124】

10

20

30

40

50

このように構成されたデジタルカメラ40は、撮影光学系41が広画角で高変倍比であり、収差が良好で、明るく、フィルター等が配置できるバックフォーカスの大きなズームレンズであるので、高性能・低コスト化が実現できる。

【0125】

なお、図19の例では、カバー部材50として平行平面板を配置しているが、パワーを持つたレンズを用いてもよい。

【0126】

以上の本発明のズームレンズ及びそれを用いた電子撮像装置は例えば次のように構成することができる。

【0127】

(1) 物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群よりなり、

無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化させつつ、前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、前記第3レンズ群は前記第2レンズ群とは異なる軌跡で移動し、

前記第1レンズ群は、非球面を含む負レンズ及び正レンズの2枚のレンズで構成され、前記第2レンズ群は、物体側レンズ成分と像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、その中一方のレンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズ成分、他方のレンズ成分は正の単レンズのみからなり、かつ、前記物体側レンズ成分の物体側面が非球面で構成され、前記第3レンズ群は、1つの正屈折力を持つレンズ成分からなり、

前記第2レンズ群の物体側レンズ成分が以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【0128】

$$(1) \quad 0.6 < R_{2FF} / R_{2FF} < 1.0$$

ただし、 R_{2FF} 、 R_{2FR} はそれぞれ第2レンズ群の物体側レンズ成分の物体側面及び像側面における光軸上の曲率半径である。

【0129】

(2) 前記第2レンズ群の前記像側レンズ成分が、以下の条件を満足することを特徴とする上記1記載のズームレンズ。

【0130】

$$(5) \quad -1.5 < (R_{2RF} + R_{2RR}) / (R_{2RF} - R_{2RR}) < 0.05$$

ただし、 R_{2RF} 、 R_{2RR} はそれぞれ第2レンズ群の像側レンズ成分の物体側の面及び像側の面の光軸上での曲率半径である。

【0131】

(3) 前記第2レンズ群の前記像側レンズ成分が前記接合レンズ成分で構成され、以下の条件を満足することを特徴とする上記1記載のズームレンズ。

【0132】

$$(5) \quad -1.5 < (R_{2RF} + R_{2RR}) / (R_{2RF} - R_{2RR}) < 0.05$$

$$(6) \quad 0.01 < n_{2RN} - n_{2RP} < 0.2$$

$$(7) \quad 1.0 < n_{2RP} - n_{2RN}$$

ただし、 R_{2RF} 、 R_{2RR} はそれぞれ第2レンズ群の像側レンズ成分の物体側の面及び像側の面の光軸上での曲率半径、 n_{2RP} 、 n_{2RN} はそれぞれ第2レンズ群の像側レンズ成分の正レンズ及び負レンズにおけるd線での屈折率、 n_{2RP} 、 n_{2RN} はそれぞれ第2レンズ群の像側レンズ成分の正レンズ及び負レンズにおけるd線基準でのアッペ数である。

【0133】

(4) 前記第3レンズ群における前記正レンズ成分は、以下の条件を満足することを特徴とする上記1から3の何れか1項記載のズームレンズ。

【0134】

$$(8) \quad -1.0 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.0$$

ただし、 R_{3F} 、 R_{3R} はそれぞれ第3レンズ群の正レンズ成分における物体側面及び像側面

10

20

30

40

50

の光軸上の曲率半径である。

【0135】

〔5〕 前記第3レンズ群は正の単レンズ1枚からなることを特徴とする上記4記載のズームレンズ。

【0136】

〔6〕 前記第3レンズ群は屈折面が全て球面から構成されていることを特徴とする上記1から5の何れか1項記載のズームレンズ。

【0137】

〔7〕 無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、前記第3レンズ群が像側に凸の軌跡で移動することを特徴とする上記1から6の何れか1項記載のズームレンズ。 10

【0138】

〔8〕 前記第1レンズ群における前記負レンズおよび前記正レンズが、以下の条件を満足することを特徴とする上記1から7の何れか1項記載のズームレンズ。

【0139】

$$(9) \quad 2.0 < \frac{d_{11} - d_{12}}{d}$$

$$(10) \quad -1.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2.0$$

ただし、 d_{11} は第1レンズ群の負レンズのd線基準アッペ数、 d_{12} は第1レンズ群の正レンズのd線基準アッペ数、 R_{13} 、 R_{14} はそれぞれ第1レンズ群の正レンズの物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径である。 20

【0140】

〔9〕 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間に絞りを配したことを特徴とする上記1から8の何れか1項記載のズームレンズ。

【0141】

〔10〕 変倍時に前記絞りが前記第2レンズ群と一緒に移動することを特徴とする上記9記載のズームレンズ。

【0142】

〔11〕 前記第3レンズ群の移動により近距離物点への合焦を行うことを特徴とする上記1から10の何れか1項記載のズームレンズ。

【0143】

〔12〕 上記1から11の何れか1項記載のズームレンズと、その像面側に配された撮像素子とを備えたことを特徴とする電子撮像装置。 30

【0144】

〔13〕 前記撮像素子の有効撮像領域の対角長Lが以下の条件を満足することを特徴とする上記12記載の電子撮像装置。

【0145】

$$3.0 \text{ mm} < L < 12.0 \text{ mm}$$

〔14〕 前記ズームレンズの前記第1レンズ群が、物体側から順に、空気間隔を挟んで非球面を有する負レンズ、正レンズの2枚のレンズにて構成され、以下の条件を満足することを特徴とする上記12又は13記載の電子撮像装置。 40

【0146】

$$(11) \quad 0.2 < d_{11} / L < 0.65$$

ただし、 d_{11} は第1レンズ群の負レンズと正レンズの光軸上での空気間隔、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0147】

〔15〕 ズームレンズ及びその像側に配された撮像素子を備えた電子撮像装置において、

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群よりなり、

無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化 50

させつつ、前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、前記第3レンズ群は前記第2レンズ群とは異なる軌跡で移動し、

前記第1レンズ群は、非球面を含む負レンズ及び正レンズの2枚のレンズで構成され、前記第2レンズ群は、物体側レンズ成分と像側レンズ成分の2つのレンズ成分からなり、前記物体側レンズ成分は正レンズと負レンズの接合レンズ成分、前記像側レンズ成分は正の単レンズのみからなり、かつ、前記物体側レンズ成分の物体側面が非球面で構成され、前記第3レンズ群は、1つの正屈折力を持つレンズ成分からなり、

前記第2レンズ群の物体側レンズ成分が以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置。

【0148】

10

$$(1) \quad 0.6 < R_{2FR} / R_{2FF} < 1.0$$

$$(2) \quad 0 < L / R_{2FC} < 1.0$$

$$(3) \quad 0.01 < n_{2FN} - n_{2FP} < 0.2$$

$$(4) \quad n_{2FN} < 26.5$$

ただし、 R_{2FF} 、 R_{2FR} はそれぞれ第2レンズ群の物体側レンズ成分の物体側面及び像側面における光軸上の曲率半径、 R_{2FC} は第2レンズ群の物体側レンズ成分の接合面における光軸上の曲率半径、 n_{2FP} 、 n_{2FN} はそれぞれ第2レンズ群の物体側レンズ成分の正レンズ及び負レンズにおけるd線での屈折率、 n_{2FN} は第2レンズ群の物体側レンズ成分の負レンズにおけるd線基準でのアッベ数、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0149】

20

〔16〕 前記第2レンズ群の像側レンズ成分が以下の条件を満足することを特徴とする上記15記載の電子撮像装置。

【0150】

$$(5) \quad -1.5 < (R_{2RF} + R_{2RR}) / (R_{2RF} - R_{2RR}) < 0.05$$

ただし、 R_{2RF} 、 R_{2RR} はそれぞれ第2レンズ群の像側レンズ成分の物体側の面及び像側の面の光軸上での曲率半径である。

【0151】

〔17〕 前記第3レンズ群における前記正レンズ成分は、以下の条件を満足することを特徴とする上記15又は16記載の電子撮像装置。

【0152】

30

$$(8) \quad -1.0 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.0$$

ただし、 R_{3F} 、 R_{3R} はそれぞれ第3レンズ群の正レンズ成分における物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径である。

【0153】

〔18〕 前記第3レンズ群は正の単レンズ1枚からなることを特徴とする上記17記載の電子撮像装置。

【0154】

〔19〕 前記第3レンズ群は屈折面が全て球面から構成されていることを特徴とする上記15から18の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0155】

40

〔20〕 無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、前記第3レンズ群が物体側に凸の軌跡で移動することを特徴とする上記15から19の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0156】

〔21〕 前記第1レンズ群における前記負レンズおよび前記正レンズが、以下の条件を満足することを特徴とする上記15ないし20の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0157】

$$(9) \quad 20 < n_{11} - n_{12}$$

$$(10) \quad -1.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2.0$$

ただし、 n_{11} は第1レンズ群の負レンズのd線基準アッベ数、 n_{12} は第1レンズ群の正レ

50

ンズの d 線基準アッベ数、 R_{13} 、 R_{14} はそれぞれ第 1 レンズ群の正レンズの物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径である。

【0158】

〔22〕 前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間に絞りを配したことを特徴とする上記 15 から 21 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【0159】

〔23〕 変倍時に前記絞りが前記第 2 レンズ群と一緒に移動することを特徴とする上記 22 記載の電子撮像装置。

【0160】

〔24〕 前記第 3 レンズ群の移動により近距離物点への合焦を行うことを特徴とする上記 15 から 23 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。 10

【0161】

〔25〕 前記撮像素子の有効撮像領域の対角長 L が以下の条件を満足することを特徴とする上記 15 から 24 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【0162】

$$3.0 \text{ mm} < L < 12.0 \text{ mm}$$

〔26〕 前記ズームレンズの第 1 レンズ群が、物体側から順に、空気間隔を挟んで非球面を有する負レンズ、正レンズの 2 枚のレンズにて構成され、以下の条件を満足することを特徴とする上記 15 から 25 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【0163】

$$(11) \quad 0.2 < d_{11} / L < 0.65$$

ただし、 d_{11} は第 1 レンズ群の負レンズと正レンズの光軸上の空気間隔、 L は撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0164】

【発明の効果】

本発明により、沈胴厚が薄く収納性に優れ、かつ、高倍率でリアフォーカスにおいても結像性能の優れたズームレンズを得ることができ、ビデオカメラやデジタルカメラの徹底的薄型化を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の電子撮像装置に用いられるズームレンズの実施例 1 の無限遠物点合焦時の広角端 (a)、中間状態 (b)、望遠端 (c) でのレンズ断面図である。 30

【図 2】実施例 2 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 3】実施例 3 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 4】実施例 4 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 5】実施例 5 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 6】実施例 1 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 7】実施例 1 の被写体距離 10 cm 合焦時の収差図である。

【図 8】実施例 4 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 9】実施例 4 の被写体距離 10 cm 合焦時の収差図である。

【図 10】実施例 5 の無限遠物点合焦時の収差図である。 40

【図 11】実施例 5 の被写体距離 10 cm 合焦時の収差図である。

【図 12】電子撮像素子にて撮影を行う場合の有効撮像面の対角長について説明するための図である。

【図 13】近赤外シャープカットコートの一例の透過率特性を示す図である。

【図 14】ローパスフィルターの射出面側に設ける色フィルターの一例の透過率特性を示す図である。

【図 15】補色モザイクフィルターの色フィルター配置を示す図である。

【図 16】補色モザイクフィルターの波長特性の一例を示す図である。

【図 17】本発明によるズームレンズを組み込んだデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。 50

【図18】図17のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図19】図17のデジタルカメラの断面図である。

【符号の説明】

G 1 ... 第1レンズ群

G 2 ... 第2レンズ群

G 3 ... 第3レンズ群

S ... 開口絞り

I F ... 赤外カット吸収フィルター

L F ... ローパスフィルター

C G ... カバーガラス

10

I ... 像面

E ... 観察者眼球

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

20

4 9 ... C C D

5 0 ... カバー部材

5 1 ... 処理手段

5 2 ... 記録手段

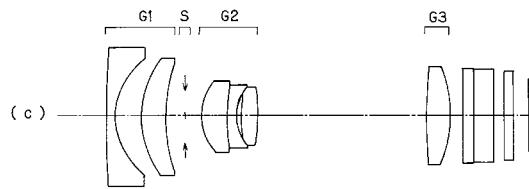
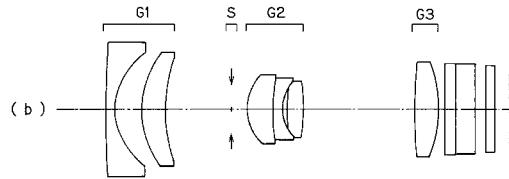
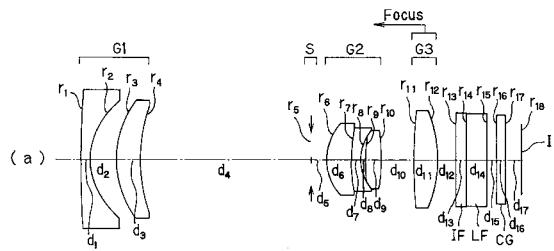
5 3 ... ファインダー用対物光学系

5 5 ... ポロプリズム

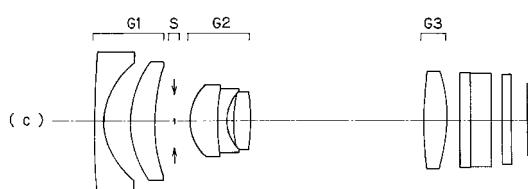
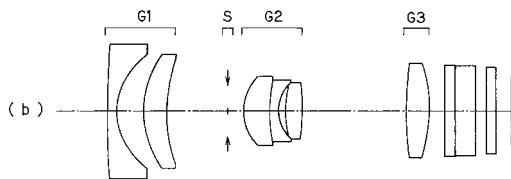
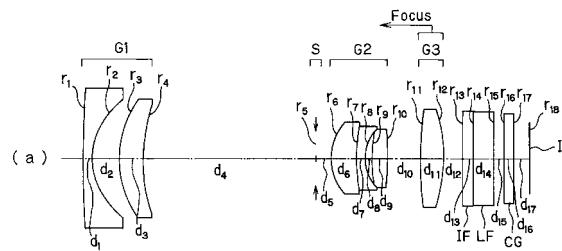
5 7 ... 視野枠

5 9 ... 接眼光学系

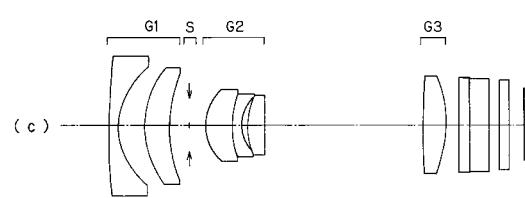
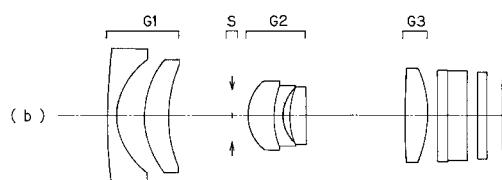
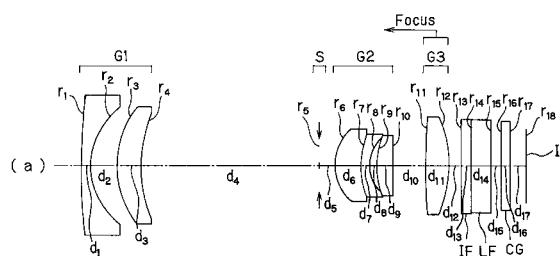
【図1】



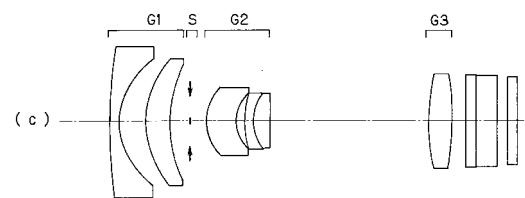
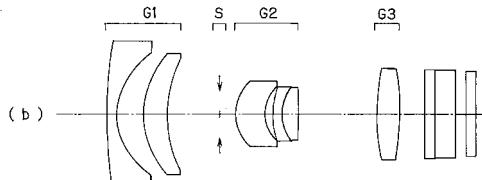
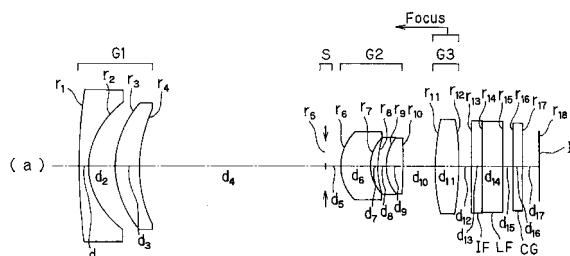
【図2】



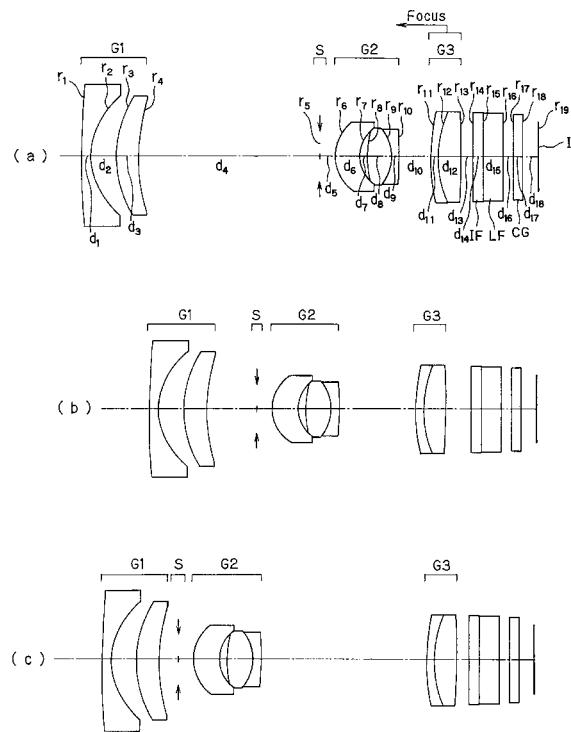
【図3】



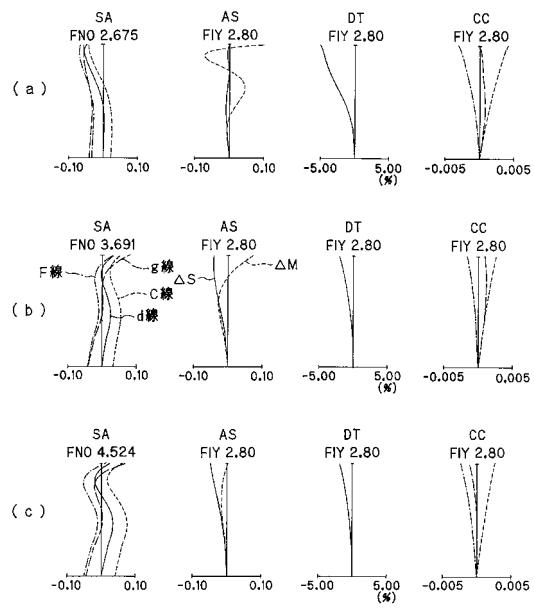
【図4】



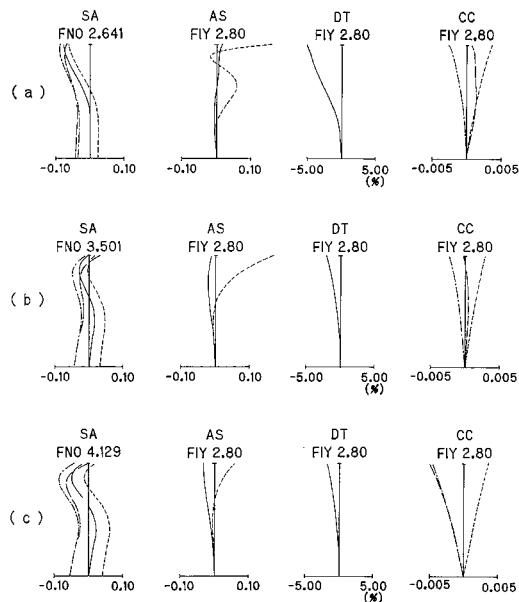
【図5】



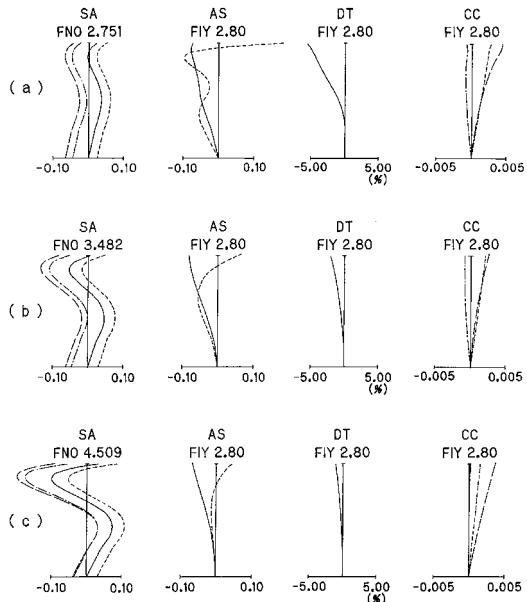
【図6】



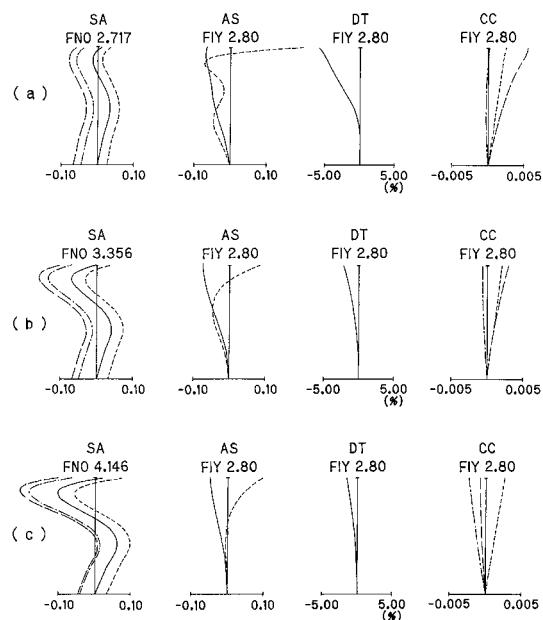
【図7】



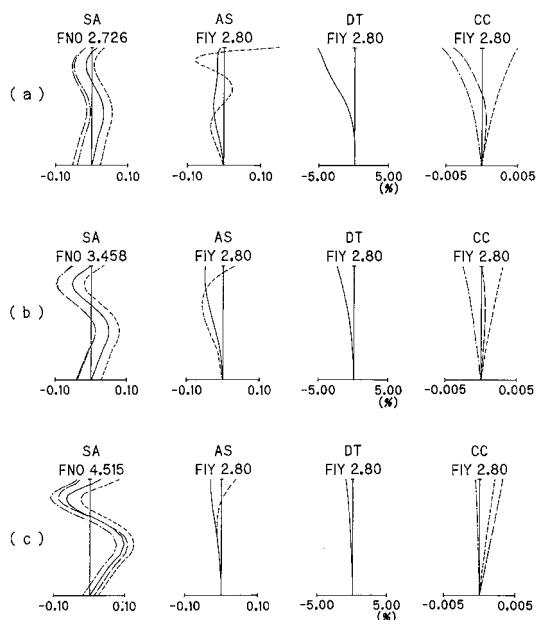
【図8】



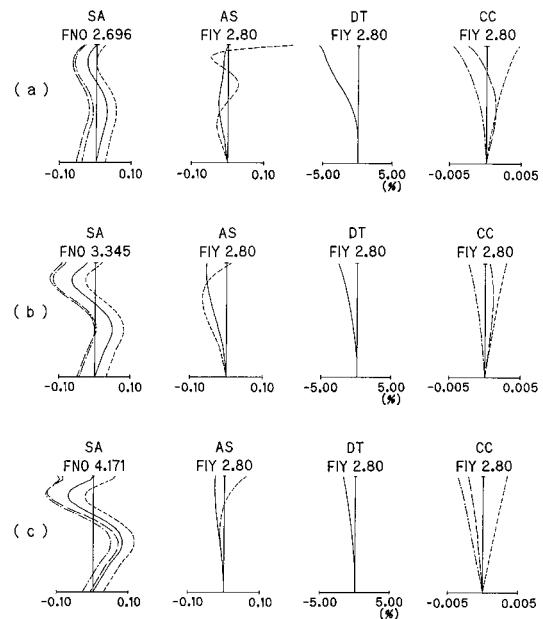
【図9】



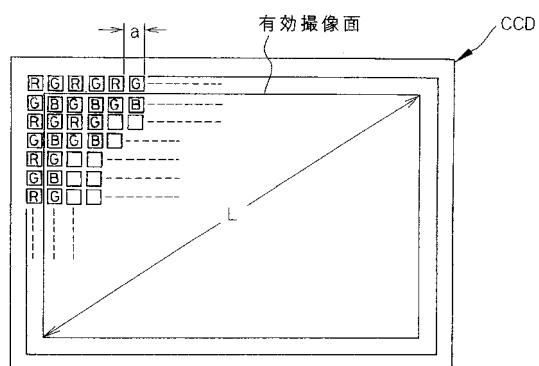
【図10】



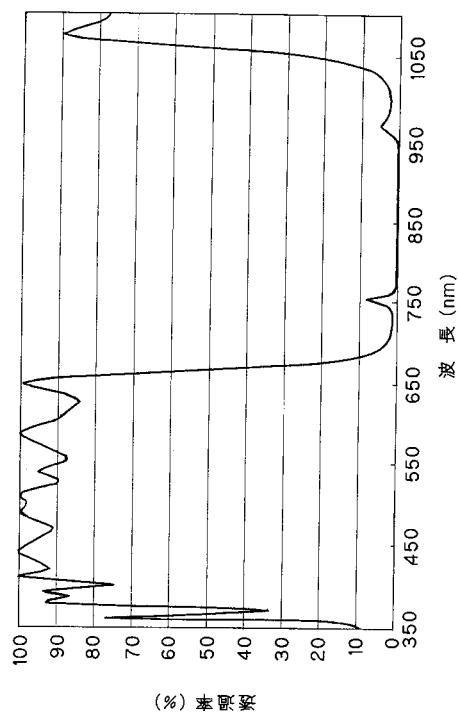
【図11】



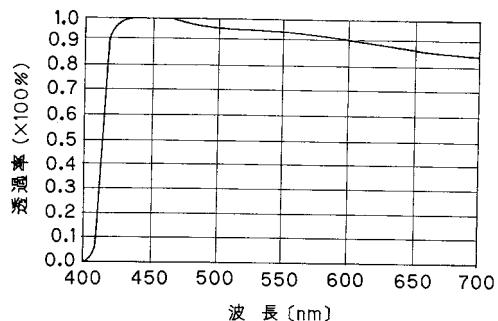
【図12】



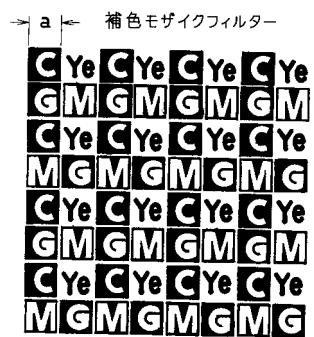
【図13】



【図14】

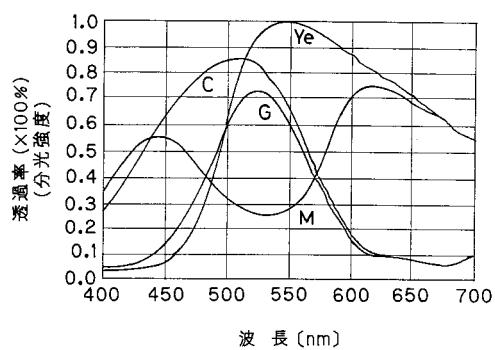


【図15】

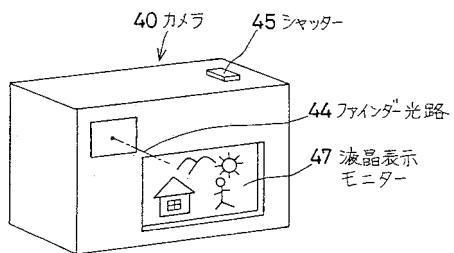


C:シアン M:マゼンタ
Ye:イエロー G:緑

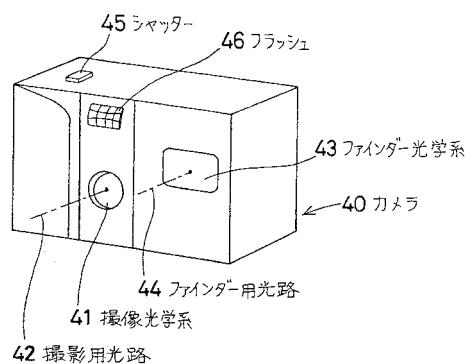
【図16】



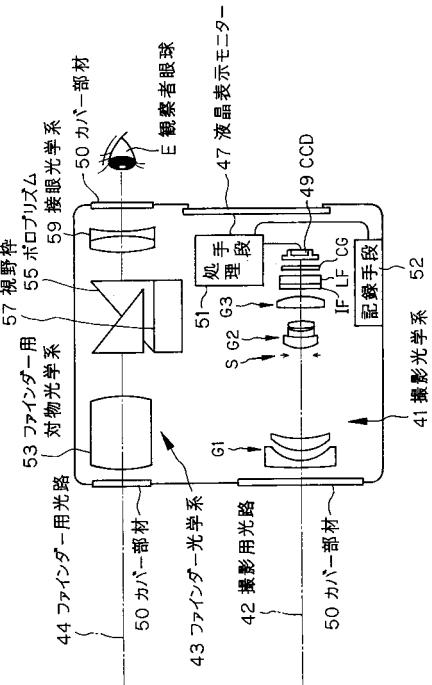
【図18】



【図17】



【図19】



フロントページの続き

(74)代理人 100091971

弁理士 米澤 明

(72)発明者 三原 伸一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

オリンパス光学工業株式会社内

審査官 瀬川 勝久

(56)参考文献 特開2001-272602 (JP, A)

特開2001-296475 (JP, A)

特開平03-288113 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00-17/08