

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4217415号
(P4217415)

(45) 発行日 平成21年2月4日(2009.2.4)

(24) 登録日 平成20年11月14日(2008.11.14)

(51) Int.Cl.

F I

GO 2 B 15/16 (2006.01)

GO 2 B 5/00 (2006.01)

GO 2 B 7/10 (2006.01)

GO 2 B 13/18 (2006.01)

GO 2 B 15/16

GO 2 B 5/00 A

GO 2 B 7/10 Z

GO 2 B 13/18

請求項の数 23 (全 94 頁)

(21) 出願番号	特願2002-58518 (P2002-58518)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成14年3月5日 (2002.3.5)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2002-365545 (P2002-365545A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成14年12月18日 (2002.12.18)	(74) 代理人	100097777
審査請求日	平成17年1月20日 (2005.1.20)		弁理士 荏澤 弘
(31) 優先権主張番号	特願2001-105386 (P2001-105386)	(74) 代理人	100088041
(32) 優先日	平成13年4月4日 (2001.4.4)		弁理士 阿部 龍吉
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100092495
			弁理士 蛭川 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】 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、2枚のレンズからなり全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、2枚のレンズからなり全体として正のパワーを持つ第2レンズ群とから構成され、前記第1レンズ群と第2レンズ群との空気間隔を変えることによって全群の焦点距離を変化させることができ、

以下の条件 (a)、(c)、(f)、(h)、(l)、(m) 全てを満足するズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

(a) $7 < d_{NP} \cdot A < 27$

(c) $20 < D_2 \cdot A < 45$

(f) $90 < f_{12} \cdot A < 250$

(h) $0.6 < \frac{r_{21}}{r_w} < 1.05$

(l) $-1 < (R_{21} + R_{22}) / (R_{21} - R_{22}) < 0$

(m) $0.8 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 3.4$

ただし、 $A = 43.2 / L$ (L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長)、 d_{NP} は第1レンズ群の2枚のレンズの光軸上の間隔、 D_2 は第2レンズ群の光軸上の総厚、 f_{12} は第1レンズ群の2枚のレンズの中の像側のレンズの焦点距離、 r_{21} は第2レンズ群の2枚のレンズの中の物体側のレンズの屈折力、 r_w は広角端における全系の屈折力、 R_{21} 、 R_{22} 、 R_{23} 、 R_{24} は第2レンズ群を構成する物体側から順の屈折面の曲率半径である。

【請求項 2】

前記第 1 レンズ群に、屈折面有効部の中の最周辺部が光軸近傍の曲率中心の存在する方向と反対側へ凹形状となる面を少なくとも 1 面含むことを特徴とする請求項 1 記載の電子撮像装置。

【請求項 3】

前記第 1 レンズ群に、屈折面有効部の中の最周辺部が光軸近傍の曲率中心の存在する方向と反対側へ凹形状となる面を少なくとも 2 面含むことを特徴とする請求項 1 記載の電子撮像装置。

【請求項 4】

第 2 レンズ群の最も像側の面が非球面であることを特徴とする請求項 1 記載の電子撮像装置。

10

【請求項 5】

以下の条件 (1 3) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(1 3) \quad (1 / EXP) \cdot (f_w \cdot f_T) < 1$$

ただし、 f_w は広角端における全系の焦点距離（無限遠物点合焦時）、 f_T は望遠端における全系の焦点距離（無限遠物点合焦時）であり、 $(1 / EXP)$ は射出瞳位置の逆数の変化量であり、以下の式で表される。

$$(1 / EXP) = | (1 / EXPT) - (1 / EXPW) |$$

ただし、EXPTは望遠端における射出瞳位置、EXPWは広角端における射出瞳位置である。

20

【請求項 6】

前記ズームレンズの変倍比が 2 . 4 以上であることを特徴とする請求項 1 ~ 5 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面が非球面であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【請求項 8】

前記第 2 レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面が非球面であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【請求項 9】

前記第 1 レンズ群の正レンズの両面が非球面であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

30

【請求項 10】

前記第 1 レンズ群及び前記第 2 レンズ群に含まれる全ての負レンズが物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであることを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【請求項 11】

前記第 2 レンズ群の前記正レンズの物体側の面は像側面よりも強い屈折力を持つ面であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【請求項 12】

前記第 1 レンズ群の前記負レンズが以下の条件 (1 4) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

40

$$(1 4) \quad - 0 . 3 < f_w / R_{11} < 0 . 4$$

ただし、 R_{11} は第 1 レンズ群の物体側から 1 番目のレンズ面の光軸近傍（光軸上）の曲率半径、 f_w は広角端における全系の焦点距離（無限遠物点合焦時）である。

【請求項 13】

前記第 1 レンズ群が以下の条件 (1 6) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(1 6) \quad 0 . 4 < t_1 / L < 2 . 2$$

ただし、 t_1 は第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸

50

上の厚み、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【請求項 14】

以下の条件 (17) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 13 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(17) \quad -1 < f_{11} / R_{11} < 0.5$$

ただし、 f_{11} は第 1 レンズ群の焦点距離、 R_{11} は第 1 レンズ群の最も物体側の面の光軸近傍 (光軸上) の曲率半径である。

【請求項 15】

前記ズームレンズの広角端における半画角 ω が以下の条件 (20) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 14 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(20) \quad 28^\circ < \omega < 40^\circ$$

【請求項 16】

前記ズームレンズの望遠端における開放 F 値 F_T が以下の条件 (21) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 15 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(21) \quad 2.7 < F_T < 5$$

【請求項 17】

前記ズームレンズの広角端から望遠端におけるズーム比 γ が以下の条件 (22) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 16 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(22) \quad 2 < \gamma < 4$$

【請求項 18】

以下の条件 (b) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 17 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(b) \quad 20 < t_1 \cdot A < 50$$

ただし、 $A = 43.2 / L$ (L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長)、 t_1 は第 1 レンズ群の光軸上の総厚である。

【請求項 19】

以下の条件 (e) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 18 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(e) \quad 30 < -f_{11} \cdot A < 70$$

ただし、 $A = 43.2 / L$ (L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長)、 f_{11} は第 1 レンズ群の 2 枚のレンズの中の物体側のレンズの焦点距離である。

【請求項 20】

以下の条件 (g) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 19 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(g) \quad 20 < f_{21} \cdot A < 42$$

ただし、 $A = 43.2 / L$ (L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長)、 f_{21} は第 2 レンズ群の 2 枚のレンズの中の物体側のレンズの焦点距離である。

【請求項 21】

以下の条件 (i) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 20 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(i) \quad 19.5 < R_{21} \cdot A < 45$$

ただし、 $A = 43.2 / L$ (L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長)、 R_{21} は第 2 レンズ群を構成する最も物体側の屈折面の曲率半径である。

【請求項 22】

以下の条件 (j) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 21 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(j) \quad 40 < -f_{22} \cdot A < 140$$

ただし、 $A = 43.2 / L$ (L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長)、 f_{22} は第 2 レンズ群の 2 枚のレンズの中の像側のレンズの焦点距離である。

【請求項 23】

10

20

30

40

50

以下の条件 (k) を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 22 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(k) \quad 0.33 < -\frac{22}{w} < 0.80$$

ただし、 22 、 w はそれぞれ第 2 レンズ群の 2 枚のレンズの中の像側のレンズの、そして広角端における全系の屈折力である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子撮像装置に関し、特に、ズームレンズと CCD 等の電子撮像素子を備えた撮像装置、とりわけ電子画像を得ることが可能なデジタルカメラに関するものである。また、ズームレンズ等光学系部分の工夫により奥行方向の薄型化を実現したビデオカメラやデジタルカメラに関するものである。また、そのズームレンズの一部はリアフォーカスをも可能にならしめたものである。

10

【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】

20

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。

【0004】

カメラの奥行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。

【0005】

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 値等の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）。

30

【0006】

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）。

【0007】

現在知られている中で電子撮像素子用に適しかつズーム比、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 - 194274 号、特開平 11 - 287953 号、特開 2000 - 9997 等のものがある。

40

【0008】

第 1 レンズ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 レンズ群の倍率を高くすることになる。一方、そのために第 2 レンズ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る、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。また、奥行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が駆動系のレイアウト上

50

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ある。

【0009】

ところで、従来より、ズームレンズと電子撮像素子を用いた撮像装置では、ズームレンズを通過する光量を調整するため、開口径を変化させるいわゆる可変絞りをを用いることが主流であった。

【0010】

一方、画質の向上を目指して、昨今の撮像素子の高画素化が進んでいる。撮像素子の画素数が多くなると、光学系に要求される光学性能も高くなる。

【0011】

しかしながら、従来の可変絞りをを用いる場合、絞り径を小さくして光量を調整しようすると、回折の影響により解像度が低下する問題を有しており、光量調整と高画質化の両立が困難であった。また、ズームレンズの全長を小さくしたい場合であっても、可変絞りの機械的構成による厚みが光学系全長の短縮化の制限となる場合もあった。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は以上のような問題点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、機構レイアウト上小型で簡素にしやすい、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、徹底的にズームレンズの薄型化を図り、電子撮像装置を薄型化することである。

【0013】

本発明のもう1つの目的は、回折の影響を抑えて高画質を保ちつつ光量調整が行え、かつ、ズームレンズの全長の短縮化も可能とした電子撮像装置を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の電子撮像装置は、物体側より順に、2枚のレンズからなり全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、2枚のレンズからなり全体として正のパワーを持つ第2レンズ群とから構成され、前記第1レンズ群と第2レンズ群との空気間隔を変えることによって全群の焦点距離を変化させることができ、以下の条件(a)から(n)までの中の1つ以上を満足するズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とするものである。

【0015】

$$(a) \quad 7 < d_{NP} \cdot A < 27$$

$$(b) \quad 20 < t_1 \cdot A < 50$$

$$(c) \quad 20 < D_2 \cdot A < 45$$

$$(d) \quad 30 < (t_1 + D_2) \cdot A < 90$$

$$(e) \quad 30 < -f_{11} \cdot A < 70$$

$$(f) \quad 90 < f_{12} \cdot A < 250$$

$$(g) \quad 20 < f_{21} \cdot A < 42$$

$$(h) \quad 0.6 < t_{21} / w < 1.05$$

$$(i) \quad 19.5 < R_{21} \cdot A < 45$$

$$(j) \quad 40 < -f_{22} \cdot A < 140$$

$$(k) \quad 0.33 < -t_{22} / w < 0.80$$

$$(l) \quad -1 < (R_{21} + R_{22}) / (R_{21} - R_{22}) < 0$$

$$(m) \quad 0.25 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 3.4$$

$$(n) \quad 72 < d_{21} < 100$$

ただし、 $A = 43.2 / L$ (L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長)、 t_1 、 D_2 はそれぞれ第1レンズ群、第2レンズ群の光軸上の総厚、 d_{NP} は第1レンズ群の2枚のレンズの光軸上での間隔、 f_{11} 、 f_{12} 、 f_{21} 、 f_{22} はそれぞれ第1レンズ群の2枚のレンズの

10

20

30

40

50

中の物体側のレンズ、像側のレンズ、第2レンズ群の2枚のレンズの中の物体側のレンズ、像側のレンズの焦点距離、 f_{21} 、 f_{22} 、 f_w はそれぞれ第2レンズ群の2枚のレンズの中の物体側のレンズ、像側のレンズの、そして広角端における全系の屈折力、 R_{21} 、 R_{22} 、 R_{23} 、 R_{24} は第2レンズ群を構成する物体側から順の屈折面の曲率半径、 d_{21} は第2レンズ群の物体側正レンズの媒質のアッペ数である。

【0016】

本発明のもう1つの電子撮像装置は、物体側より順に、負レンズ、正レンズの2枚からなり、全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、物体側より、開口絞り、正レンズ、負レンズの2枚からなり、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群から構成され、広角端から望遠端へ変倍するときに、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が小さくなり、前記第1レンズ群は非球面を有し、前記第2レンズ群は最も物体側の面に非球面を有し、かつ、以下の条件式(1)、(2)を満たすズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とするものである。

10

【0017】

$$(1) \quad 0.6 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 3.0$$

$$(2) \quad 0.08 < t_{2N} / D_2 < 0.28$$

ただし、 R_{23} は第2レンズ群の負レンズの物体側の面の光軸近傍の曲率半径、 R_{24} は第2レンズ群の負レンズの像面側の面の光軸近傍の曲率半径、 D_2 は第2レンズ群の正レンズの物体側の面から第2レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 t_{2N} は第2レンズ群の正レンズの像側の面から第2レンズ群の像側の面までの光軸上の距離である。

20

【0018】

本発明のもう1つの電子撮像装置は、物体側より順に、最も物体側が負レンズで最も像側が正レンズであり全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、物体側より、開口絞り、正レンズ、負レンズの2枚からなり、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群と、正レンズ1枚からなる第3レンズ群とを有し、広角端から望遠端へ変倍するときに、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が小さくなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が大きくなり、前記第1レンズ群は非球面を有し、前記第2レンズ群は最も物体側の面に非球面を有し、かつ、第2レンズ群の負レンズの形状が、以下の条件式(1)を満たすズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とするものである。

30

【0019】

$$(1) \quad 0.6 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 3.0$$

ただし、 R_{23} は第2レンズ群の負レンズの物体側の面の光軸近傍の曲率半径、 R_{24} は第2レンズ群の負レンズの像面側の面の光軸近傍の曲率半径である。

【0020】

本発明のさらにもう1つの電子撮像装置は、物体側より順に、最も物体側が負レンズで最も像側が正レンズであり全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、物体側より、開口絞り、正レンズ、負レンズの2枚からなり、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群と、正レンズ1枚からなる第3レンズ群とを有し、広角端から望遠端へ変倍するときに、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が小さくなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が大きくなり、前記第1レンズ群は非球面を有し、前記第2レンズ群は最も物体側の面に非球面を有し、以下の条件式(2)を満たすズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とするものである。

40

【0021】

$$(2) \quad 0.08 < t_{2N} / D_2 < 0.28$$

ただし、 D_2 は第2レンズ群の正レンズの物体側の面から第2レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 t_{2N} は第2レンズ群の正レンズの像側の面から第2レンズ群の像側の面までの光軸上の距離である。

【0022】

本発明のさらに別の電子撮像装置は、物体側より順に、負レンズ、正レンズの2枚、若し

50

くは、負レンズ、負レンズ、正レンズの3枚からなり、全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、物体側より、開口絞り、正レンズ、負レンズからなり、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群とを有し、広角端から望遠端へ変倍するときに、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が小さくなり、前記第1レンズ群は非球面を有し、前記第2レンズ群は最も物体側の面に非球面を有し、以下の条件式(1)、(2)を満たすズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とするものである。

【0023】

$$(1) \quad 0.6 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 3.0$$

$$(2) \quad 0.08 < t_{2N} / D_2 < 0.28$$

10

ただし、 R_{23} は第2レンズ群の負レンズの物体側の面の光軸近傍の曲率半径、 R_{24} は第2レンズ群の負レンズの像面側の面の光軸近傍の曲率半径、 D_2 は第2レンズ群の正レンズの物体側の面から第2レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 t_{2N} は第2レンズ群の正レンズの像側の面から第2レンズ群の像側の面までの光軸上の距離である。

【0024】

以下に、本発明において上記構成をとる理由と作用を説明する。

【0025】

本発明の電子撮像装置は、物体側より順に、2枚のレンズからなり全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、2枚のレンズからなり全体として正のパワーを持つ第2レンズ群とから構成され、前記第1レンズ群と第2レンズ群との空気間隔を変えることによって全群の焦点距離を変化させることができるズームレンズ、及び、そのズームレンズの像面側に配置された電子撮像素子を有するものである。

20

【0026】

そして、そのズームレンズは、前記の条件(a)から(n)までの中の1つ以上を満足するものである。

【0027】

沈胴時のレンズ長を短くするには、第1レンズ群内の2枚のレンズエレメントの間隔を薄くすると効果があるが、条件(a)の下限の7を越えると、2枚のレンズによる空気レンズの有効光線通過部が物理的に成り立たなくなる。上限の27を越えると、沈胴時のレンズ長が長くなりレンズ枚数を極限まで減らす意味がなくなる。

30

【0028】

なお、条件(a)中のAは、銀塩35mmフィルム1画面の対角長43.2mmに対する電子撮像素子の有効撮像領域の対角長の比であり、像面サイズ換算係数を表す。

【0029】

別の見方をすれば、第1レンズ群全体の厚みを薄くすると効果がある。第1レンズ群全体の光軸上での厚みの条件(b)の下限の20を越えると、レンズ縁肉、中肉あるいは2枚のレンズによる空気レンズの有効光線通過部が物理的に成り立たなくなるし、そうでない場合でも、歪曲収差やコマ収差が補正しきれなくなる。上限の50を越えると、厚くなることで沈胴時のレンズ長が長くなるばかりでなく、入射瞳位置が深くなりレンズ径も大型化し、レンズ枚数を極限まで減らす意味がなくなる。

40

【0030】

あるいは、第2レンズ群についても、全体の厚みを薄くしても同様の効果がある。この場合も、条件(c)の下限の20を越えると、レンズ縁肉、中肉が物理的に成り立たなくなる。上限の45を越えると、沈胴時のレンズ長が長くなり、レンズ枚数を極限まで減らす意味がなくなる。

【0031】

もっと別の見方をすれば、第1レンズ群と第2レンズ群のそれぞれの群の光軸上での総厚の和が条件(d)を満たせばよい。この条件の下限の30、上限の90を超えたときの不具合事項は、以上より自明である。

【0032】

50

レンズエレメントやレンズ群の厚みを薄くする以外に、沈胴時のレンズ長を短くするにはもっと別の方法がある。一つは、第 1 レンズ群の焦点距離を広角端の全系の焦点距離と望遠端の全系の焦点距離との相乗平均近傍まで短くするとよい。それは、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の間隔を変倍全域にわたり短くすることが可能である。すると、鏡枠を短くできることと、第 1 レンズ群の径を小さくそして薄くしやすいため、沈胴時のレンズ長を短くしやすい。つまり、第 1 レンズ群の負レンズの条件 (e) の上限の 70 を越えると、第 1 レンズ群の径が大きくなる等沈胴時のレンズ長を短くするには不利で、下限の 30 を越えると、歪曲収差やコマ収差、像面湾曲あるいは色収差等が発生しやすくなる。

【 0 0 3 3 】

一方、第 1 レンズ群の正レンズは色収差の補正上不可欠であり、条件 (f) の上限 250 を越えると、色収差の補正ができず、下限の 90 を越えると、第 1 レンズ群のパワーをキャンセルし好ましくない。なお、画角が狭くズーム比が小さいうちは、第 1 レンズ群の正レンズにパワーがなくても色収差の補正は可能なため、ズーム比 2.5 以下でかつ広角端画角が 66° 以下の場合は適用しなくても可である。

【 0 0 3 4 】

また、第 2 レンズ群の焦点距離もできるだけ短くするとよい。それは、第 2 レンズ群の広角端から望遠端まで変倍時の総移動量が小さくて済むため、鏡枠を短くできて沈胴時のレンズ長を短くしやすい。つまり、条件 (g) の上限の 42 を越えると、使用状態全長が長くなり沈胴時のレンズ長を短くするのに不利で、下限の 20 を越えると、球面収差やコマ収差あるいは色収差等が発生しやすくなる。

【 0 0 3 5 】

なお、条件 (g) はズーム比 2.5 倍以下の場合に適用し、ズーム比が 2.5 倍以上の場合は、第 2 レンズ群の正レンズのパワーと広角端における全系の焦点距離との比を規定した条件 (h) を適用した方がよい。その条件の下限の 0.6 を越えると、使用状態全長が長くなり沈胴時のレンズ長を短くするのに不利で、上限の 1.05 を越えると、球面収差やコマ収差あるいは色収差等が発生しやすくなる。

【 0 0 3 6 】

もう一つの考え方として、第 2 レンズ群の正レンズの物体側の曲率半径を条件 (i) の範囲で小さくする方法でもよい。その上限の 45 を越えると、使用状態全長が長くなり沈胴時のレンズ長を短くするのに不利で、下限の 19.5 を越えると、球面収差やコマ収差あるいは色収差等が発生しやすくなる。

【 0 0 3 7 】

一方、第 2 レンズ群の負レンズは色収差の補正上不可欠であり、条件 (j) の上限の 140 を越えると、色収差の補正ができず、下限の 40 を越えると、第 2 レンズ群のパワーをキャンセルし好ましくない。なお、ズーム比が 2.5 倍以下では、範囲から外れても問題ないため適用しなくても可である。

【 0 0 3 8 】

あるいは、条件 (k) のように第 2 レンズ群の負レンズのパワーと広角端における全系の焦点距離との比を規定してもよい。その条件の下限の 0.33 を越えると、色収差の補正ができず、上限の 0.80 を越えると、第 2 レンズ群のパワーをキャンセルし好ましくない。なお、ズーム比 2.5 以下でかつ広角端画角が 66° 以下の場合は、範囲から外れても問題ないため適用しなくても可である。

【 0 0 3 9 】

沈胴時のレンズ長を短くするには、各群の厚みを薄くしたりパワーを強めたりするのが効果的であるが、これらを実現しようとする、一般的傾向として収差補正が困難になる。逆に言えば、非球面を導入する等何らかの手段で収差補正ができさえすれば、物理的に可能な限り短くすることができる。つまり、第 2 レンズ群のレンズエレメントの形状を規定するのが効果的である。第 2 レンズ群正レンズの形状を規定する条件 (l) の上限値の 0 を越えると、第 2 レンズ群の主点が像面側に近づくため、倍率が小さくなりやすい。下限値の -1 を越えると、コマ収差がプラス傾向になり、球面収差も増大する。なお、ズーム

10

20

30

40

50

比 2.5 以下の場合は範囲から外れても、球面収差、コマ収差共に十分補正できるため適用しなくても可である。第 2 レンズ群負レンズの形状を規定する条件 (m) の上限値の 3.4 を越えると、像面がフラットに保てなくなり、下限の 0.25 を越えると、高次成分による球面収差が増大する。

【0040】

第 2 レンズ群負レンズの形状を規定する条件 (m) の上限値の 3.4 を越えると、像面がフラットに保てなくなり、下限の 0.25 を越えると、高次成分による球面収差が増大する。

【0041】

あと、色収差についても同様に、条件 (n) の下限値の 7.2 を越えると、軸上色収差、倍率色収差の補正が困難である。上限の 100 を越えると、供給が非常に困難なレンズ材料しかない。なお、画角が狭くズーム比が小さい、つまり、ズーム比 2.5 以下で、かつ、広角端画角が 66° 以下の場合は、条件 (n) を外れても、色収差の補正は可能なため適用しなくても可である。

【0042】

以上述べてきた通り、条件 (a) から (n) までの中、満足する条件が多い程、沈胴時のレンズ長をより短くすることが可能である。

【0043】

なお、各々条件の範囲を個別に又は同時に、次のようにすれば、沈胴時のレンズ長を短くするのにより有利となる。

【0044】

$$(a)' \quad 7 < d_{NP} \cdot A < 24.6$$

$$(b)' \quad 20 < t_1 \cdot A < 45.2$$

$$(c)' \quad 20 < D_2 \cdot A < 42.5$$

$$(d)' \quad 30 < (t_1 + D_2) \cdot A < 84$$

$$(e)' \quad 30 < -f_{11} \cdot A < 66.7$$

$$(f)' \quad 90 < f_{12} \cdot A < 240$$

$$(g)' \quad 20 < f_{21} \cdot A < 41$$

$$(h)' \quad 0.6 < \frac{t_{21}}{w} < 1.02$$

$$(i)' \quad 19.5 < R_{21} \cdot A < 40$$

$$(j)' \quad 47 < -f_{22} \cdot A < 140$$

$$(k)' \quad 0.33 < -\frac{t_{22}}{w} < 0.75$$

$$(l)' \quad -1 < (R_{21} + R_{22}) / (R_{21} - R_{22}) < -0.1$$

$$(m)' \quad 0.5 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 3$$

$$(n)' \quad 7.2 < d_{21} < 96$$

さらに、各々の条件の範囲を以下のように限定すればなお好ましい。

【0045】

$$(a)'' \quad 7 < d_{NP} \cdot A < 20$$

$$(b)'' \quad 20 < t_1 \cdot A < 40$$

$$(c)'' \quad 20 < D_2 \cdot A < 40$$

$$(d)'' \quad 30 < (t_1 + D_2) \cdot A < 80$$

$$(e)'' \quad 30 < -f_{11} \cdot A < 55$$

$$(f)'' \quad 90 < f_{12} \cdot A < 110$$

$$(g)'' \quad 20 < f_{21} \cdot A < 40$$

$$(h)'' \quad 0.6 < \frac{t_{21}}{w} < 0.8$$

$$(i)'' \quad 19.5 < R_{21} \cdot A < 34$$

$$(j)'' \quad 75 < -f_{22} \cdot A < 140$$

$$(k)'' \quad 0.33 < -\frac{t_{22}}{w} < 0.49$$

$$(l)'' \quad -1 < (R_{21} + R_{22}) / (R_{21} - R_{22}) < -0.5$$

$$(m)'' \quad 0.8 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 2.5$$

10

20

30

40

50

(n) " 7 2 < d_{21} < 9 0

次に、本発明において同様な目的の他の電子撮像装置について述べる。

【0046】

本発明のもう1つの電子撮像装置は、物体側より順に、負レンズ、正レンズの2枚からなり、全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、物体側より、開口絞り、正レンズ、負レンズの2枚からなり、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群から構成され、広角端から望遠端へ変倍するときに、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が小さくなり、前記第1レンズ群は非球面を有し、前記第2レンズ群は最も物体側の面に非球面を有し、かつ、以下の条件式(1)、(2)を満たす第1のタイプのズームレンズ、又は、物体側より順に、最も物体側が負レンズで最も像側が正レンズであり全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、物体側より、開口絞り、正レンズ、負レンズの2枚からなり、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群と、正レンズ1枚からなる第3レンズ群とを有し、広角端から望遠端へ変倍するときに、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が小さくなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が大きくなり、前記第1レンズ群は非球面を有し、前記第2レンズ群は最も物体側の面に非球面を有し、かつ、第2レンズ群の負レンズの形状が、以下の条件式(1)を満たす第2のタイプのズームレンズ、又は、物体側より順に、最も物体側が負レンズで最も像側が正レンズであり全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、物体側より、開口絞り、正レンズ、負レンズの2枚からなり、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群と、正レンズ1枚からなる第3レンズ群とを有し、広角端から望遠端へ変倍するときに、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が小さくなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が大きくなり、前記第1レンズ群は非球面を有し、前記第2レンズ群は最も物体側の面に非球面を有し、以下の条件式(2)を満たす第3のタイプのズームレンズ、又は、物体側より順に、負レンズ、正レンズの2枚、若しくは、負レンズ、負レンズ、正レンズの3枚からなり、全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、物体側より、開口絞り、正レンズ、負レンズからなり、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群とを有し、広角端から望遠端へ変倍するときに、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が小さくなり、前記第1レンズ群は非球面を有し、前記第2レンズ群は最も物体側の面に非球面を有し、以下の条件式(1)、(2)を満たす第4のタイプのズームレンズの何れかを採用した電子撮像装置としている。

【0047】

負の第1レンズ群、正の第2レンズ群の構成にすることで、バックフォーカスを長くすることが容易となり、結像面の前にローパスフィルター等を配置するスペースを取りやすくなる。変倍群である第2レンズ群の最も物体側に第2レンズ群と共に移動する開口絞りを設けることで、第2レンズ群の有効径を小さくでき、それによって第2レンズ群の厚さも小さくできるので、薄型化が可能となる。第2レンズ群を正・負の2枚で構成することで色収差が補正でき、かつ、薄型化が可能となる。

【0048】

さらに、本発明の電子撮像装置に採用したズームレンズでは、第1レンズ群は非球面を有し、第2レンズ群は最も物体側の面に非球面を有している。第1レンズ群の非球面は歪曲収差、非点収差、コマ収差に効果があり、第2レンズ群の最も物体側の非球面は球面収差、コマ収差の補正に効果がある。なお、第2レンズ群の最も像面側にも非球面を入れると、非点収差の補正に効果がある。

【0049】

以下、条件(1)、(2)について説明する。

【0050】

$$(1) \quad 0.6 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 3.0$$

$$(2) \quad 0.08 < t_{2N} / D_2 < 0.28$$

ただし、 R_{23} は第2レンズ群の負レンズの物体側の面の光軸近傍の曲率半径、 R_{24} は第2レンズ群の負レンズの像面側の面の光軸近傍の曲率半径、 D_2 は第2レンズ群の正レンズの物体側の面から第2レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 t_{2N} は第2レ

ンズ群の正レンズの像側の面から第2レンズ群の像側の面までの光軸上の距離である。

【0051】

第2レンズ群の負レンズが像側に凹面を持つメニスカス形状をしていることにより、コマ収差を良好に補正できるが、その凹面の曲率がきつすぎると、光線の像面への入射角が大きくなり、シェーディングの問題が起こりやすい。つまり、条件(1)の上限の3.0を越えると、シェーディングが発生しやすく、下限の0.6を越えると、コマ収差の補正が不十分になりやすい。

【0052】

なお、次のようにすればより好ましい。

【0053】

$$(1)' \quad 0.8 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 2.5$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0054】

$$(1)'' \quad 0.9 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 2.0$$

条件(2)は第2レンズ群の正レンズの像側の面から第2レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の距離 t_{2N} を規定したものである。この部位はある程度厚くしないと非点収差が補正しきれないが、光学系の各エレメントの厚みを薄くする目的の場合、これが足枷になる。したがって、非点収差の補正は、その負レンズの像側の面に非球面を導入して補正する。それでも、下限値の0.08を越えると、非点収差は補正しきれなくなる。上限値の0.28を越えると、レンズ全系の厚さが許容できない。

【0055】

なお、次のようにすればより好ましい。

【0056】

$$(2)' \quad 0.1 < t_{2N} / D_2 < 0.25$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0057】

$$(2)'' \quad 0.12 < t_{2N} / D_2 < 0.22$$

また、条件(2)の代わりに若しくは追加して、以下の条件式(3)、(4)の中少なくとも一方を満たすようにしてもよい。

【0058】

$$(3) \quad 0.3 < D_2 / f_w < 1.5$$

$$(4) \quad 0.24 < D_2 / L < 1.2$$

ただし、 D_2 は第2レンズ群の正レンズの物体側の面から第2レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 f_w は広角端での全系での焦点距離(無限遠物点合焦時)、 L は電子撮像素子の有効撮像領域(略矩形)の対角長である。

【0059】

条件(3)、(4)共に下限の0.3乃至0.24より小さいと、非点収差の補正が困難になる。縁肉が小さくなるので製造上も困難である。上限の1.5乃至1.2より大きいと、沈胴したときの厚さが厚くなる。

【0060】

なお、各々個別に又は同時に、次のようにすればより好ましい。

【0061】

$$(3)' \quad 0.5 < D_2 / f_w < 1.4$$

$$(4)' \quad 0.4 < D_2 / L < 1.12$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0062】

$$(3)'' \quad 0.7 < D_2 / f_w < 1.3$$

$$(4)'' \quad 0.56 < D_2 / L < 1.04$$

また、第2レンズ群の正レンズの屈折率 n_{21} は、球面収差、コマ収差、ペッツバール和を良好にしながら小型化する上では高い方がより好ましい。すなわち、

(5) $1.6 < n_{21} < 1.9$

を満足することが好ましい。

【0063】

この条件の下限の1.6を越えると、これらの収差が補正不足になりやすく、補正すると小型化が困難になる。上限の1.9を設定したのは、現実的に使える硝材がないためである。

【0064】

なお、次のようにすればより好ましい。

【0065】

(5)' $1.65 < n_{21} < 1.9$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0066】

(5)" $1.68 < n_{21} < 1.9$

第2レンズ群は何れも空気と接する4つの屈折面からなる訳だが、ズーム全域にわたり収差変動が少なく、良好な収差状態を維持するために各屈折面の形状を適切にすることが重要である。つまり、物体側から順に、各面の光軸近傍の曲率半径 R_{21} 、 R_{22} 、 R_{23} 、 R_{24} が、以下の条件を各々個別に又は同時に満足するとよい。

【0067】

(6) $-1.5 < R_{21} / R_{22} < 0.2$

(7) $-1.0 < R_{22} / R_{23} < 0.5$

(8) $-0.3 < R_{24} / R_{23} < 0.5$

(9) $0.5 < R_{24} / R_{21} < 2.0$

条件(6)の上限値0.2を越えると、球面収差が発生しやすく、下限値の-1.5を越えると、コマ収差が発生しやすい。先述のごとく、第2レンズ群の負レンズが像側に凹面を持つメニスカス形状をしていることにより、コマ収差を良好に補正できる。条件(7)、(8)のそれぞれ上限値0.5、0.5を越えると、コマ収差が悪化しやすく、条件(7)の下限値の-1.0を越えると、球面収差が発生しやすく、条件(8)の下限値の-0.3を越えると、光線の像面への入射角が大きくなり、シェーディングの問題が起こりやすい。第2レンズ群の基本的パワーは R_{21} と R_{24} によって概ね決まっている。条件(9)の下限値の0.5を越えると、球面収差やコマ収差等の補正にはよいが、屈折力が弱まり小型化には好ましくない。上限値の2.0を越えると、球面収差、コマ収差に加えて色収差の補正も不足する。また、上記4つの条件の何れを外れてもズーム全域での収差の安定性が良くない。

【0068】

なお、各々個別に又は同時に、次のようにすればより好ましい。

【0069】

(6)' $-1.2 < R_{21} / R_{22} < 0$

(7)' $-0.7 < R_{22} / R_{23} < 0.35$

(8)' $-0.2 < R_{24} / R_{23} < 0.3$

(9)' $0.7 < R_{24} / R_{21} < 1.5$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0070】

(6)" $-0.9 < R_{21} / R_{22} < -0.2$

(7)" $-0.5 < R_{22} / R_{23} < 0.25$

(8)" $-0.15 < R_{24} / R_{23} < 0.2$

(9)" $0.9 < R_{24} / R_{21} < 1.2$

なお、本発明の電子撮像装置に搭載するズームレンズとして1枚の正レンズで構成される第3レンズ群を有する場合(前記2番目と3番目の発明のタイプ)は、以下の条件を満たすと効果的である。

【0071】

10

20

30

40

50

1つ目は、第3レンズ群にフォーカス機能を持たせる場合に限り、各屈折面は球面のみ又は以下に示す条件を満たす偏奇量の少ない非球面とすることである。

【0072】

$$(10) \quad | \text{abs}(Z) | / L < 1.5 \times 10^{-2}$$

ただし、Lは電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、abs(Z)は光軸からの高さが0.35Lの位置における第3レンズ群の各屈折面の光軸上の曲率半径を有する球面から前記屈折面までの光軸方向への偏奇量である。

【0073】

この第3レンズ群をフォーカス用として使用する場合、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わたり略取り切らねばならない。そのため、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レンズ群の中の特に軸外収差に効果のある最も像側のレンズに非球面を施すのがよい。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（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。

【0074】

条件(10)の上限値の 1.5×10^{-2} を越えると、第3レンズ群によりリアフォーカスをするると非点収差が大きくなり好ましくない。

【0075】

なお、次のようにすればより好ましい。

【0076】

$$(10)' \quad | \text{abs}(Z) | / L < 1.5 \times 10^{-3}$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0077】

$$(10)'' \quad | \text{abs}(Z) | / L < 1.5 \times 10^{-4}$$

その他に、光学系を薄くしながらリアフォーカスを導入してもズーム全域において無限から近距離まで非点収差や色収差等各収差を安定させることを考えた場合、第3レンズ群が以下の条件(11)を満たすようにしてもよい。

【0078】

$$(11) \quad -2.0 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) < 1.0$$

ただし、 R_{31} は第3レンズ群の正レンズの物体側面の光軸上における曲率半径、 R_{32} は第3レンズ群の正レンズの像側面の光軸上における曲率半径である。

【0079】

条件(11)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-2.0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。

【0080】

なお、次のようにすればより好ましい。

【0081】

$$(11)' \quad -1.6 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) < 0.7$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0082】

$$(11)'' \quad -1.2 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) < 0.4$$

また、広角端から望遠端に変倍する際、第3レンズ群のズーム時の物体側への移動量 x_3 が以下の条件を満たすようにすれば、ズーム全域での収差の安定性に優れる。

【0083】

$$(12) - 0.5 < x_3 / (f_W \cdot f_T) < 0.5$$

条件(12)の上限の0.5を越えると、球面収差、コマ収差、非点収差等ズーム全域での収差の安定性が劣化してくる。下限値の-0.5を越えると、広角端と望遠端の射出瞳位置の差が大きくなりすぎ、シェーディングに関しズーム全域において良好に保つことが困難になる。

【0084】

なお、次のようにすればより好ましい。

【0085】

$$(12)' - 0.4 < x_3 / (f_W \cdot f_T) < 0.4$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0086】

$$(12)'' - 0.3 < x_3 / (f_W \cdot f_T) < 0.3$$

また、物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群と、正のパワーを持つ第2レンズ群とを有し、前記第1レンズ群が、光軸上の面がそれぞれ物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと正メニスカスレンズを有し、前記正メニスカスレンズの物体側面は、屈折面有効部の中の最周辺部が、光軸近傍の曲率中心の存在する方向と反対側へ凹形状となる非球面であるズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置として構成することが好ましい。

【0087】

前述の非球面を用いることで、広角端での軸上光束と軸外光束とで収差補正を分担することができる。この際に、第1レンズ群中の負レンズと正レンズの光軸上の面がそれぞれ物体側に凸面を向けることで、軸上光束に対する光線の曲げ角が小さくできるため、広角端から望遠端にかけての軸上収差の補正が良好に行える。

【0088】

また、物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群と、正のパワーを持つ第2レンズ群とを有し、前記第1レンズ群が、像面側に凹面を向けた負レンズと、光軸上の面がそれぞれ物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズを有し、前記正メニスカスレンズの物体側面は、屈折面有効部の中の最周辺部が、光軸近傍の曲率中心の存在する方向と反対側へ凹形状となる非球面であり、かつ、以下の条件(A)を満足するズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置として構成することが好ましい。

【0089】

$$(A) - 5.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -1.7$$

ただし、 R_{13} は前記第1レンズ群の正メニスカスレンズの物体側面の曲率半径、 R_{14} は前記第1レンズ群の正メニスカスレンズの像面側面の曲率半径である。

【0090】

前述の非球面を用いることで、広角端での軸上光束と軸外光束とで収差補正を分担することができる。特に、上述の条件(A)を満足することで、広角端における軸上乃至軸外の収差補正が良好に行える。条件(A)の上限の-1.7を越えると、正レンズの中心部分のメニスカス形状が緩くなり、一方、下限の-5.0を越えると、メニスカス形状が強くなりすぎるため、軸上乃至軸外にかけての収差補正が難しくなる。さらには、条件(A)に代えて、以下の条件(A)'を満足する電子撮像装置とすることがより好ましい。

【0091】

$$(A)' - 5.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2.4$$

このような光学系であっても、上述の種々の条件や構成を複数満足することで、より小型化、高性能化、低コスト化が行える。

【0092】

また、射出瞳位置の変動について、具体的には以下の条件(13)、つまり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際、射出瞳位置の逆数の変化量 $(1/EXP)[=$

10

20

30

40

50

$| (1/EXPT) - (1/EXPW) |$ が、

$$(13) \quad (1/EXP) \cdot (f_W \cdot f_T) < 1$$

を満足するようにする。ただし、EXPTは望遠端における射出瞳位置、EXPWは広角端における射出瞳位置である。

【0093】

この条件(13)の上限の1を越えると、シェーディングに関してズーム全域において良好に保つことが困難になる。

【0094】

なお、次のようにすればより好ましい。

【0095】

$$(13)' \quad (1/EXP) \cdot (f_W \cdot f_T) < 0.8$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0096】

$$(13)'' \quad (1/EXP) \cdot (f_W \cdot f_T) < 0.7$$

なお、以上の条件(1)～(13)''は変倍比が2.4以上若しくは2.8以上のズームレンズを有する電子撮像装置に用いるのが好ましい。

【0097】

また、広角端から望遠端に変倍する際、第3レンズ群のズーム時移動量 x_3 が第2レンズ群と第3レンズ群の空気間隔の変化量 x_{2-3} に対して以下の条件を満たすようにすることが望ましい。

【0098】

$$(B) \quad 0.005 < |x_3 / (x \cdot x_{2-3})| < 0.05$$

ただし、 x は広角端から望遠端までのズーム比である。

【0099】

この条件(B)の下限の0.005を越えて第3レンズ群のズーム時の移動量が小さくなると、射出瞳位置を調整する作用が低減する。一方、上限の0.05を越えると、第3レンズ群の移動量が大きくなり光学系全体が大型化する。

【0100】

さらには、

$$(B)' \quad 0.01 < |x_3 / (x \cdot x_{2-3})| < 0.035$$

とすると、その効果が増す。

【0101】

また、第3レンズ群は、広角端よりも望遠端で像側に移動することが、光学系を小型に構成するためにより好ましい。

【0102】

これから述べることは、今まで述べてきたズームレンズに対し、条件として追加することによって、さらに収差補正を良好にした構成枚数の少ない小型なズームレンズにし得るものである。

【0103】

1つ、

第1レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面に非球面を導入することで、このタイプのズームレンズにありがちな広角側の樽型歪曲収差(特に、第1レンズ群を1枚にすると、パワーの確保上どうしても発生する。)を非点収差、コマ収差そして望遠側の球面収差を悪化させずに補正することができる。特に、両面非球面とすれば効果が高い。

【0104】

1つ、

第2レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面に非球面を導入することで球面収差、コマ収差、非点収差をズーム全域にわたり良好に保つ。さらには、フォーカスについても全域で良好に保つために条件(10)も加えるとよい。

【0105】

10

20

30

40

50

1つ、

第1レンズ群の正レンズの両面に非球面を導入することで、前記同様このタイプのズームレンズにありがちな広角側の樽型歪曲収差を非点収差、コマ収差そして望遠側の球面収差を悪化させずに補正することができる。

【0106】

1つ、

第1レンズ群及び前記第2レンズ群の全ての負レンズが物体側に凸面を持つメニスカス形状とする。第1レンズ群の場合は、広角側の樽型歪曲収差、非点収差、コマ収差補正と望遠側の球面収差の両立に有利であり、第2レンズ群の場合は、全ズーム域にわたって球面収差とコマ収差、非点収差補正の補正が有利である。

【0107】

1つ、

第2レンズ群の正レンズの物体側の面は強い凸面とする。第2レンズ群の正レンズを物体側に強い凸面を持つ形状にすることにより、小型化とコマ収差の補正の両立が容易となる。

【0108】

1つ、

第1レンズ群の負レンズの物体側の面の光軸近傍の曲率半径について以下の条件を満足するようにすることで、前記同様このタイプのズームレンズにありがちな広角側の樽型歪曲収差を非点収差、コマ収差そして望遠側の球面収差を悪化させずに補正することができる。非球面を導入すればなお一層良くなる。

【0109】

(14) $-0.3 < f_w / R_{11} < 0.4$

ただし、 R_{11} は第1レンズ群の物体側から1番目のレンズ面の光軸近傍（光軸上）の曲率半径、 f_w は広角端における全系の焦点距離（無限遠物点合焦時）である。

【0110】

この条件(14)の上限の0.4を越えると、非点収差や望遠側の球面収差の補正が困難で、下限値の-0.3を越えると、広角端での樽型歪曲収差の補正が困難になる。また、第1レンズ群に非球面を導入することで歪曲収差を補正し、残る球面成分で非点収差の補正を行なうのがよい。上限値を越えると、非点収差や望遠側の球面収差の補正には不利になり、下限値を越えると、非球面でも歪曲収差を補正しきれない。

【0111】

なお、次のようにすればより好ましい。

【0112】

(14)' $-0.2 < f_w / R_{11} < 0.3$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0113】

(14)" $-0.15 < f_w / R_{11} < 0.25$

1つ、

第1レンズ群の正レンズの物体側に接する光軸上の空気間隔を以下の条件を満足するようにすることで、第1レンズ群自身を光軸方向に薄くしながらも歪曲収差や非点収差補正を両立させることが可能である。

【0114】

(15) $0.3 < d_{NP} / f_w < 1$

ただし、 d_{NP} は第1レンズ群の正レンズの物体側に接する光軸上の空気間隔である。

【0115】

この条件(15)の上限値の1を越えると、非点収差の補正には有利になるが第1レンズ群の厚みが増し小型化に反する。下限値の0.3を越えると、非点収差の補正が困難となる。

【0116】

10

20

30

40

50

なお、次のようにすればより好ましい。

【0117】

$$(15)' \quad 0.4 < d_{NP} / f_W < 0.9$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0118】

$$(15)'' \quad 0.5 < d_{NP} / f_W < 0.8$$

又は、 d_{NP} を第1レンズ群の焦点距離 f_1 で規定して、以下の条件(15)*、(15)**の何れかを満足するようにしてもよい。

【0119】

$$(15)^* \quad 1 < |d_{NP} / f_1| < 3$$

$$(15)^{**} \quad 1.5 < |d_{NP} / f_1| < 2.5$$

1つ、

第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上での厚みを以下の条件を満足するようにすることで、ズームレンズ系諸仕様、性能を小型、薄型の上で成立させることが可能である。

【0120】

$$(16) \quad 0.4 < t_1 / L < 2.2$$

ただし、 t_1 は第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の厚み、 L は電子撮像素子の有効撮像領域(略矩形)の対角長である。

【0121】

この条件(16)の上限値の2.2を越えると、薄型化の妨げになりやすく、下限値の0.4を越えると、各レンズ面の曲率半径を緩くせざるを得ず、近軸関係の成立や諸収差補正が困難になる。

【0122】

なお、この条件範囲は縁肉、機械的なスペース確保上、 L の値によって変える必要がある。

【0123】

$$(16)' \quad 0.6 < t_1 / L < 2.2 \quad (\text{ただし、} L < 6.2 \text{ mm のとき})$$

$$0.5 < t_1 / L < 2.0 \quad (\text{ただし、} 6.2 \text{ mm} < L < 9.2 \text{ mm のとき})$$

$$0.4 < t_1 / L < 1.8 \quad (\text{ただし、} 9.2 \text{ mm} < L \text{ のとき})$$

1つ、

第1レンズ群に導入する非球面の中少なくとも1面は屈折面有効部の中の最周辺部が光軸近傍の曲率中心の存在する方向と反対側に凹形状となるような形状の面(つまり、光軸を含む断面においてその断面形状が有効部中に1次変曲点を持つ面)とすることで、第1レンズ群の負レンズの構成枚数を1枚にしても、広角側の樽型歪曲収差を始め、非点収差、コマ収差と望遠側の球面収差の両立が可能である。さらには、光軸外の有効面中に面の法線が光軸と平行になる領域を含む面とすることがより好ましい。

【0124】

1つ、

第1レンズ群に導入する非球面の中少なくとも2面は屈折面有効部の中の最周辺部が光軸近傍の曲率中心の存在する方向と反対側に凹形状となるような形状の面とすることで、第1レンズ群の負レンズの構成枚数を1枚にしても、広角側の樽型歪曲収差を始め、非点収差、コマ収差と望遠側の球面収差の両立がさらにやりやすくなる。さらには、その2面が光軸外の有効面中に面の法線が光軸と平行になる領域を含む面とすることがより好ましい。

【0125】

1つ、

以下の条件を満足するとよい。

【0126】

10

20

30

40

50

$$(17) \quad -1 < f_1 / R_{11} < 0.5$$

ただし、 f_1 は第1レンズ群の焦点距離、 R_{11} は第1レンズ群の最も物体側の面の光軸近傍（光軸上）の曲率半径である。

【0127】

この条件(17)の上限値の0.5を越えると、有効範囲中で光軸上以外に極値を有する屈折面を導入しても、樽型歪曲にならなくても複雑な形状の歪曲になったり、その他の軸外収差にかえって悪影響を及ぼす。下限の-1を越えると、その導入効果は小さい。

【0128】

なお、次のようにすればより好ましい。

【0129】

$$(17)' \quad -0.8 < f_1 / R_{11} < 0.3$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0130】

$$(17)'' \quad -0.7 < f_1 / R_{11} < 0.2$$

1つ、

第1レンズ群中の正レンズは、両面共光軸近傍の曲率半径が正の値でかつそれぞれの面の光学的有効範囲中の周辺部に物体側が凹形状となるような部分が存在するようにすると、第1レンズ群の負レンズの構成枚数を1枚にしても、広角側の樽型歪曲収差を始め、非点収差、コマ収差と望遠側の球面収差の両立が可能である。

【0131】

さらに、以下の条件を満足するとよい。

【0132】

$$(18) \quad -2.5 < f_1 / R_{13} < -0.5$$

$$(19) \quad -1.5 < f_1 / R_{14} < 0.5$$

ただし、 f_1 は第1レンズ群の焦点距離、 R_{13} は前記第1レンズ群の正レンズの物体側面の曲率半径、 R_{14} は前記第1レンズ群の正レンズの像面側面の曲率半径である。

【0133】

これら条件(18)、(19)の下限値のそれぞれ-2.5、-1.5を越えると、有効範囲中で光軸上以外に極値を有する屈折面を導入しても、樽型歪曲にならなくても複雑な形状の歪曲になったり、その他の軸外収差にかえって悪影響を及ぼす。上限のそれぞれ-0.5、0.5を越えると、その導入効果は小さい。

【0134】

なお、次のようにすればより好ましい。

【0135】

$$(18)' \quad -2.0 < f_1 / R_{13} < -0.6$$

$$(19)' \quad -1.2 < f_1 / R_{14} < 0.2$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0136】

$$(18)'' \quad -1.7 < f_1 / R_{13} < -0.7$$

$$(19)'' \quad -1 < f_1 / R_{14} < 0$$

なお、以上の本発明のズームレンズの場合、近距離物体にフォーカシングする場合は、第1レンズ群を光軸に沿って物体側に繰り出すのがよい。

【0137】

以上述べてきたズームレンズを電子撮像装置用として用いるためには、これから述べる条件を満足するようにした方が望ましい。

【0138】

まず、仕様面であるが、広角端半画角、望遠端開放F値、ズーム比の適性範囲を以下の条件に示してある。

【0139】

$$(20) \quad 28^\circ < \omega < 40^\circ$$

10

20

30

40

50

$$(21) \quad 2.7 < F_T < 5$$

$$(22) \quad 2 < \quad < 4$$

ただし、 ω は広角端の半画角。 F_T は望遠端の開放F値。 γ はズーム比である。

【0140】

条件(20)は上限の 40° を越えると、軸外収差の補正が困難で、かつ、径や厚みを増大しなくてはならず、小型化と相反する。下限の 28° を越えると、一般ユースとしての広角端画角としては不足である。本発明では、この範囲の画角に十分対応したものである。

【0141】

条件(21)は下限の 2.7 を越えると、軸上収差の補正が困難で、かつ、径や厚みを増大しなくてはならず、小型化と相反する。上限の 5 を越えると、一般ユースとしてのF値としては不足である。特に、小さなイメージャーサイズへの適用を考慮すると、回折や感度の問題が生じやすい。

【0142】

条件(22)は上限の 4 を越えると、ザイデル各収差や色収差補正ができなくなってくる。下限の 2 を越えると、高画素数の単焦点レンズでの画像をトリミングする方式の方が安価で高画質にしやすく、意味がない。

【0143】

次に、フィルター類を薄くする点について言及する。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。上記のズームレンズ系後方にある撮像素子よりも物体側に、 600 nm での透過率が 80% 以上、 700 nm での透過率が 10% 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並みの色再現を得ることができる。一方、補色フィルターの場合、その透過光エネルギーの高さから原色フィルター付きCCDと比べ、実質的感度が高く、かつ解像的にも有利であるため、小型CCDを使用したときのメリットが大である。もう一方のフィルターである光学的ローパスフィルターについても、その総厚 t_{LPF} が以下の条件を満たすようにするとよい。

【0144】

$$(23) \quad 0.15a < t_{LPF} < 0.5a \quad [\text{mm}]$$

ただし、 a は電子撮像素子の水平画素ピッチ(単位 μm)である。

【0145】

沈胴厚を薄くするには光学的ローパスフィルターを薄くすることも効果的であるが、一般的にはモアレ抑制効果が減少して好ましくない。一方、画素ピッチが小さくなるにつれて結像レンズ系の回折の影響により、ナイキスト限界以上の周波数成分のコントラストは減少し、モアレ抑制効果の減少はある程度許容されるようになる。例えば、像面上投影時の方位角度が水平($=0^\circ$)と $\pm 45^\circ$ 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する場合、かなりモアレ抑制効果があることが知られている。この場合のフィルターが最も薄くなる仕様としては、水平に $a\mu\text{m}$ 、 $\pm 45^\circ$ 方向にそれぞれ $\text{SQRT}(1/2) * a\mu\text{m}$ だけずらせるものが知られている。ここで、 SQRT はスクエアルートであり平方根を意味する。このときのフィルター厚は、およそ $[1 + 2 * \text{SQRT}(1/2)] * a / 5.88 (\text{mm})$ となる。

【0146】

これは、ちょうどナイキスト限界に相当する周波数においてコントラストをゼロにする仕様である。これよりは数%乃至数十%程度薄くすると、ナイキスト限界に相当する周波数のコントラストが少し出てくるが、上記回折の影響で抑えることが可能になる。上記以外のフィルター仕様、例えば2枚重ねあるいは1枚で実施する場合も含めて、条件(23)を満足するのがよい。上限値の $0.5a$ を越えると、光学的ローパスフィルターが厚すぎ

10

20

30

40

50

薄型化の妨げになる。下限値の $0.15a$ を越えると、モアレ除去が不十分になる。ただし、これを実施する場合の a の条件は $5\mu\text{m}$ 以下である。

【0147】

a が $4\mu\text{m}$ 以下なら、より回折の影響を受けやすいので、
 $(23)' 0.13a < t_{\text{LPF}} < 0.5a$ [mm]
 としてもよい。また、以下のようにしてもよい。

【0148】

$(23)''$

a が $4\mu\text{m}$ 以上の場合：

$0.3a < t_{\text{LPF}} < 0.5a$ [mm]

(ただし、フィルターが3枚重ね、かつ、 $a < 5\mu\text{m}$ のとき)

$0.2a < t_{\text{LPF}} < 0.28a$ [mm]

(ただし、フィルターが2枚重ね、かつ、 $a < 5\mu\text{m}$ のとき)

$0.1a < t_{\text{LPF}} < 0.16a$ [mm]

(ただし、フィルターが1枚、かつ、 $a < 5\mu\text{m}$ のとき)

a が $4\mu\text{m}$ 以下の場合：

$0.25a < t_{\text{LPF}} < 0.5a$ [mm]

(ただし、フィルターが3枚重ねのとき)

$0.16a < t_{\text{LPF}} < 0.25a$ [mm]

(ただし、フィルターが2枚重ねのとき)

$0.08a < t_{\text{LPF}} < 0.14a$ [mm]

(ただし、フィルターが1枚のとき)

画素ピッチの小さな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、他のものと交換可能とすることで、像面照度を調節することができる電子撮像装置としておき、その複数の開口の中、一部の開口内に 550nm 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、 $a(\mu\text{m}) / F$ 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 550nm 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あるいは 550nm に対する透過率が 91% 以上のダミー媒質としておき、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。

【0149】

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おき、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。

【0150】

さて、前記したように本発明のもう1つの目的は、回折の影響を抑えて高画質を保ちつつ光量調整が行え、かつ、ズームレンズの全長の短縮化も可能とした電子撮像装置を提供することである。そのための構成を以下に説明する。

【0151】

その第1の構成は、各々の間隔を変化させ焦点距離を変更させる複数のレンズ群と、光路中に配されかつ少なくとも軸上光束径を制限する開口絞りとを有するズームレンズ、及び、その像側に配された電子撮像素子を備えた電子撮像装置において、前記開口絞りは絞り形状が固定であり、前記開口絞りの配される空間とは異なる位置の空間の光軸上に透過率変更にて光量調整を行うフィルターを配したことを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 1 5 2 】

このような構成によると、光量調整はフィルターの透過率変更により行い、絞り形状を固定とすることで、従来絞り径を小さくしたときに生じる回折光による電子画像への劣化を抑えることができる。

【 0 1 5 3 】

また、従来の絞り位置で光量を調整する機構では、絞り形状可変とする等の光量調整のための機構が光学系の配置の自由度を妨げる原因となっていたが、このような構成では、絞り形状が固定のものを用いているため、絞り機構自体の厚さを薄くできる。したがって、絞りを挟むレンズ間隔を従来よりも短くすることができ、レンズ全長の短縮化も可能となる。

10

【 0 1 5 4 】

なお、開口絞りは、群の中、つまり、変倍時に間隔が一定のレンズ間にあってもよい。

【 0 1 5 5 】

また、開口絞りは必ずしも円形でなくても構わない。ただし、従前の可変絞りにはあっては、常に円形の絞り形状とするために、多数の絞り板を用いていた。本発明において、さらに開口形状を円形絞りとすることで、光量調整の状態によらず、非合焦部分の画像のムラを抑えたいわゆる綺麗なボケ味を簡易な構成で得ることができるのでより好ましい。

【 0 1 5 6 】

また、開口絞りで決定される軸外光束の主光線は、他の部位でケラレても構わない。つまり、一般に開口絞りの面積を小さくするタイプの光量調整手段では、絞り込んだときの画面周辺部の光量が極端に低下しない位置に配さなければならなかった。しかしながら、本発明ではその必要がないため、設計における自由度を高くすることが可能となる。

20

【 0 1 5 7 】

また、形状が固定の開口絞りに関して、以下の形状とすることで解像度の高い電子画像を得ることができる。

【 0 1 5 8 】

すなわち、第2の構成は、第1の構成において、望遠端における開放FナンバーFが、前記電子撮像素子の最小画素ピッチa（単位mm）に対し、

$$1.5 \times 10^3 \times a / 1 \text{ mm} < F \text{ のとき、}$$

撮像面の垂直方向又は水平方向の前記開口絞りの長さが、撮像面の対角方向の前記開口絞りの長さに対して長い、若しくは、

30

望遠端における開放FナンバーFが、前記電子撮像素子の最小画素ピッチa（単位mm）に対し、

$$1.5 \times 10^3 \times a / 1 \text{ mm} > F \text{ のとき、}$$

撮像面の垂直方向又は水平方向の前記開口絞りの長さが、撮像面の対角方向の前記開口絞りの長さに対して短い、ことを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 1 5 9 】

例えば、画素ピッチの長さが2 μm前半になると、Fナンバーが5.6程度で回折限界になる。本発明では、絞りの形状が常に固定であるので、開口形状を任意に決めることで解像度を高めることが可能となる。

40

【 0 1 6 0 】

レーレー限界周波数は、使用する撮像レンズのFナンバーをF、使用する光の波長を（nm）とすると、おおむね $1 / (1.22 F)$ で表される。

【 0 1 6 1 】

一方、複数の画素を有する撮像素子の解像限界は、 $1 / (2 a)$ （aは画素ピッチ：単位は全てmm）で表される。

【 0 1 6 2 】

したがって、レーレー限界周波数が撮像素子の解像限界を越えて小さくならないようにするためには、

$$1.22 F < 2 a$$

50

つまり、

$$F < 1.64 a /$$

を満足させることが条件となる。

【0163】

ここで、可視光線での撮影を鑑みて使用波長 $\lambda = 546 \text{ (nm)}$ とすると、

$$F < 3.0 \times 10^3 \times a / 1 \text{ mm}$$

がF値の理論限界の条件式となる。

一方、実際には、Fがレーレー限界の4倍の明るさとなる、

$$F < 1.5 \times 10^3 \times a / 1 \text{ mm}$$

を実際の限界とした方が好ましい。

10

【0164】

電子画像は水平・垂直方向の周波数特性を良くすることが画質向上に効果的であるため、開放F値が、

$$1.5 \times 10^3 \times a / 1 \text{ mm} < F \text{ のとき、}$$

回折の影響を受け難いように、

撮像面の垂直方向又は水平方向の前記開口絞りの長さが、撮像面の対角方向の前記開口絞りの長さに対して長い、ことが好ましい。

【0165】

一方、開放F値が、

$$1.5 \times 10^3 \times a / 1 \text{ mm} > F \text{ のとき、}$$

幾何光学収差の影響を受け難いように、

撮像面の垂直方向又は水平方向の前記開口絞りの長さが、撮像面の対角方向の前記開口絞りの長さに対して短い、ことが好ましい。

20

【0166】

さらに、従来使用していたローパスフィルターのカットオフ周波数を上げる、若しくは、ローパスフィルターそのものをなくすことも可能となる。

【0167】

また、レンズ全長の短縮化のために、第3の構成は、第1の構成において、前記ズームレンズにおける可変の空気間隔の中で最小の空気間隔、又は、一定の空気間隔の中で最も長い空気間隔中に、前記フィルターを配したこと特徴とする電子撮像装置である。

30

【0168】

このような構成により、変倍域中常に広い間隔を確保した箇所にフィルターを配することができる。そのため、レンズ全長の短縮化に有利となる。

【0169】

後述するように、シャッターを配する場合でも同様である。

【0170】

また、絞り形状は固定であるため、光量の確保のために絞り形状を大きく設定すると、レンズ鏡筒等による光束のケラレが生じる。そのため、画像の中心部と周辺部とで明るさにムラが生じることがある。

【0171】

そのため、光量調整を行うフィルターにて明るさのムラを抑えるために、第4の構成は、第1の構成において、前記光量調整を行うフィルターは、中心部の透過率に対して周辺部の透過率を高くした透過面を少なくとも1つ有することを特徴とする電子撮像装置である。

40

【0172】

このような構成とすることで、明るさムラを抑えた撮影が可能となる。

【0173】

また、フィルターの反射光によるゴーストを低減させるために、第5の構成は、第1の構成において、前記光量調整を行うフィルターを光軸に対して傾ける配置が可能なことを特徴とする電子撮像装置である。

50

【 0 1 7 4 】

また、本発明の第 6 の構成は、第 1 の構成において、前記開口絞りは、変倍時若しくは合焦点動作の際に、可変の空気間隔を挟む前後のレンズ群の間に配され、前記光量調整を行うフィルターは前記空気間隔とは異なる位置に配されることを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 1 7 5 】

このような構成とすることで、変倍時のレンズ群の移動量を大きくできるため、高変倍化が容易となる。

【 0 1 7 6 】

また、本発明の第 7 の構成は、第 1 から第 6 の構成において、前記開口絞りは、その開口絞りに光軸を下ろした垂線と光軸との交わる位置が、レンズ群中のレンズ媒質内に位置することを特徴とする電子撮像装置である。

10

【 0 1 7 7 】

開口絞りはその開口形状が変化しないため、このような構成が可能となる。この構成により、より一層の小型化が達成できる。

【 0 1 7 8 】

また、本発明の第 8 の構成は、第 7 の構成において、前記開口絞りは、前記レンズ群中の何れかのレンズ面に接して設けられることを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 1 7 9 】

この構成により、絞り位置調整が不要なため精度を高めることが可能となる。特にレンズ面に絞りを黒塗りした構成とすると、より簡易に構成できる。

20

【 0 1 8 0 】

また、本発明の第 9 の構成は、第 1 から第 8 の構成において、前記開口絞りを、光軸側に開口を設けた口径板としたことを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 1 8 1 】

このようにすると、絞りの厚さを薄くすることができる。

【 0 1 8 2 】

また、本発明の第 10 の構成は、第 1 から第 9 の構成において、前記ズームレンズは少なくとも負の屈折力のレンズ群と、その像側直後に配された正の屈折力のレンズ群とを有し、広角端よりも望遠端にて前記負の屈折力のレンズ群と前記正の屈折力のレンズ群との間隔が減少し、前記開口絞りを前記負の屈折力のレンズ群の最も像側面から前記正の屈折力のレンズ群の像側面の間に配し、前記光量調整を行うフィルターを前記開口絞りよりも像面側に配したことを特徴とする電子撮像装置である。

30

【 0 1 8 3 】

ズームレンズ中に負レンズ群、正レンズ群の順で配される構成を含む場合、開口絞りを上記の位置に配する構成とすると、ズームレンズ全体をコンパクト化し、かつ、広角端での画角が確保しやすくなる。

【 0 1 8 4 】

また、このような位置に開口絞りを配すると、それよりも像側の光束の広がりが大きくなりすぎないため、上記の位置に光量調整を行うフィルターを配すると、フィルター自体をコンパクトに構成できるため、小型化に有利である。

40

【 0 1 8 5 】

より具体的には、本発明の第 11 の構成は、第 10 の構成において、前記負のレンズ群を最も物体側に配置したことを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 1 8 6 】

このような構成とすると、広画角化、高変倍比化、全長短縮の少なくとも何れかの効果を奏することができる。

【 0 1 8 7 】

さらには、本発明の第 12 の構成は、第 10 の構成において、前記ズームレンズは、物体側から順に、前記負の屈折力を有するレンズ群と、前記正の屈折力を有するレンズ群とを

50

有し、変倍時に可動のレンズ群は前記負の屈折力を有するレンズ群と前記正の屈折力を有するレンズ群の２つのレンズ群のみであることを特徴とする電子撮像装置である。

【０１８８】

このような構成とすると、広画角高変倍比化、全長短縮の少なくとも何れかの効果を有する。

【０１８９】

さらには、本発明の第１３の構成は、第１０の構成において、前記ズームレンズは、物体側から順に、前記負の屈折力を有するレンズ群と、前記正の屈折力を有するレンズ群との２つのレンズ群のみであることを特徴とする電子撮像装置である。

【０１９０】

このような構成とすることで、さらに構成を簡単にできる。

【０１９１】

また、本発明の第１４の構成は、第１０から第１３の構成において、前記開口絞りは、前記正の屈折力のレンズ群直前の空気間隔中に配されことを特徴とする電子撮像装置である。

【０１９２】

このような構成により、電子撮像素子に入射する光線を撮像面に対して垂直に近づけることができる。

【０１９３】

特に、ズームレンズを、物体側より負レンズ群と正レンズ群の順で構成した場合、望遠端で、第１レンズ群である負のレンズ群を一層第２レンズ群に近づけることが可能となる。それにより、第１レンズ群と第２レンズ群との間隔の減少量以上にズームレンズ全長の短縮化を行うことができる。

【０１９４】

また、正の屈折力のレンズ群と開口絞りが一体で移動するようにすると、鏡枠構成を簡単にできる。

【０１９５】

また、本発明の第１５の構成は、第１０から第１４の構成において、前記光量調整を行うフィルターは、前記正の屈折力のレンズ群の直後の空気間隔中に配することを特徴とする電子撮像装置である。

【０１９６】

このような構成にすると、光線束が余り広がらない位置にフィルターを配することができ、より好ましい。特に、負レンズ群と正レンズ群の２群ズームレンズを用いる場合は、その光線束が余り広がらず好ましい。

【０１９７】

また、本発明の第１６の構成は、第１から第１５の構成において、前記開口絞りとそれよりも像側の前記光量調整を行うフィルターの入射面との光軸上の距離を、前記光量調整を行うフィルターの入射面と前記電子撮像素子における撮像面までの光軸上での距離をとしたときに、常に以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置である。

【０１９８】

(24) $0.01 < \frac{\text{開口絞りの入射面と撮像面との距離}}{\text{フィルターの入射面と撮像面との距離}} < 1.0$

開口絞りに対しフィルターを近くに配すると、フィルター自身の大きさを小さく構成できるためより好ましい。この条件の上限の１．０を越えると、フィルターを小さく構成することが難しくなる。一方、この条件の下限の０．０１を越えると、絞りとフィルターが近くなりすぎ、ズームレンズ全体をコンパクトに構成することが難しくなる。

【０１９９】

この条件式において、下限値を０．１、さらには０．２とすることがより好ましい。また、上限値を０．８、さらには０．６、さらには０．４とすることがより好ましい。

【０２００】

なお、この条件式は、全変倍域で満足することが望ましい。若しくは、変倍域中で最も像

10

20

30

40

50

側に絞りが位置する状態で満たすことが望ましい。

【0201】

また、本発明の第17の構成は、第1から第16の構成において、前記開口絞りの開口の最大開口径（直径）を、前記光量調整を行うフィルターの最大有効径（対角長）をとするときに、以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置である。

【0202】

$$(25) \quad 0.5 < \quad / \quad < 1.5$$

この条件式の下限の0.5を越えると、撮像に用いる光束のケラレが生じる可能性が大きくなる。一方、上限の1.5を越えると、フィルターが大きくなってしまう。

【0203】

この条件式において、下限値を0.7、さらには0.8とすることがより好ましい。また、上限値を1.2、さらには1.05とすることがより好ましい。

【0204】

この条件式は、全変倍域で満足することが望ましい。若しくは、変倍域中で最も像側に絞りが位置する状態で満たすことが望ましい。

【0205】

また、本発明の第18の構成は、第1から第17の構成において、前記開口絞りは可変間隔に配され、前記開口絞りの直前のレンズ面及び直後のレンズ面は共に像側に凹面を向け、前記開口絞りの外形が、光軸から離れる程像側に傾いた漏斗形状であることを特徴とする電子撮像装置である。

【0206】

この構成においては、絞りの外形が前後のレンズ面の形状に沿っているので、前後のレンズ面を近づけることがより容易となる。もちろん、レンズ面に絞り外形を黒塗りしたものもこの概念に含んでいる。

【0207】

なお、本発明の第19の構成は、第1から第18の構成において、前記光量調整を行うフィルターは、光路中に挿脱可能に構成されていることを特徴とする電子撮像装置である。

【0208】

また、本発明の第20の構成は、第19の構成において、前記光量調整を行うフィルターは、光軸上から退避する際に面が光軸と平行に近づく方向に揺動することを特徴とする電子撮像装置である。

【0209】

このように構成すると、ズームレンズの周辺のフィルターの退避するスペースを光軸から離れる方向に大としなくてもよくなり、小型化できる。

【0210】

以上、本発明の第1の構成から第20の構成として、光量調整を行うフィルターを主として説明したが、この他にも、従来の可変絞りがシャッターの役割を持つ場合があった。そのため、フィルターに代えて、若しくは、これに付加してフィルターの近傍にシャッターを設けることが好ましい。若しくは、フィルターとそのシャッターを少なくとも1つのレンズを挟んで別の空間の配することも可能である。

【0211】

例えば、以下の第21から第34の構成のように構成することが可能である。それらの構成の作用については、上記のフィルターに関して説明したものをシャッターに置き換えることで理解できる。

【0212】

すなわち、本発明の第21の構成は、各々の間隔を変化させ焦点距離を変更させる複数のレンズ群と、光路中に配されかつ少なくとも軸上光束径を制限する開口絞りとを有するズームレンズ、及び、その像側に配された電子撮像素子を備えた電子撮像装置において、前記開口絞りは絞り形状が固定であり、前記開口絞りの配される空間とは異なる位置の空間の光軸上にシャッターを配したことを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 2 1 3 】

本発明の第 2 2 の構成は、第 2 1 の構成において、前記開口絞りは、変倍時若しくは合焦点動作の際に、可変の空気間隔を挟む前後のレンズ群の間に配され、前記シャッターは前記空気間隔とは異なる位置に配されることを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 2 1 4 】

本発明の第 2 3 の構成は、第 2 1 又は第 2 2 の構成において、前記開口絞りは、その開口絞りから光軸に下ろした垂線と光軸との交わる位置が、レンズ群中のレンズ媒質内に位置することを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 2 1 5 】

本発明の第 2 4 の構成は、第 2 3 の構成において、前記開口絞りは、前記レンズ群中の何れかのレンズ面に接して設けられることを特徴とする電子撮像装置である。

10

【 0 2 1 6 】

本発明の第 2 5 の構成は、第 2 1 から第 2 4 の構成において、前記開口絞りを、光軸側に開口を設けた口径板としたことを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 2 1 7 】

本発明の第 2 6 の構成は、第 2 1 から第 2 5 の構成において、前記ズームレンズは少なくとも負の屈折力のレンズ群と、その像側直後に配された正の屈折力のレンズ群とを有し、広角端よりも望遠端にて前記負の屈折力のレンズ群と前記正の屈折力のレンズ群との間隔が減少し、前記開口絞りを前記負の屈折力のレンズ群の最も像側面から前記正の屈折力のレンズ群の像側面の間に配し、前記シャッターを前記開口絞りよりも像面側に配したことを特徴とする電子撮像装置である。

20

【 0 2 1 8 】

本発明の第 2 7 の構成は、第 2 6 の構成において、前記負のレンズ群を最も物体側に配置したことを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 2 1 9 】

本発明の第 2 8 の構成は、第 2 6 の構成において、前記ズームレンズは、物体側から順に、前記負の屈折力を有するレンズ群と、前記正の屈折力を有するレンズ群とを有し、変倍時に可動のレンズ群は前記負の屈折力を有するレンズ群と前記正の屈折力を有するレンズ群の 2 つのレンズ群のみであることを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 2 2 0 】

本発明の第 2 9 の構成は、第 2 6 の構成において、前記ズームレンズは、物体側から順に、前記負の屈折力を有するレンズ群と、前記正の屈折力を有するレンズ群との 2 つのレンズ群のみであることを特徴とする電子撮像装置である。

30

【 0 2 2 1 】

本発明の第 3 0 の構成は、第 2 6 から第 2 9 の構成において、前記開口絞りは、前記正の屈折力のレンズ群直前の空気間隔中に配されことを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 2 2 2 】

本発明の第 3 1 の構成は、第 2 6 から第 3 0 の構成において、前記シャッターは、前記正の屈折力のレンズ群の直後の空気間隔中に配することを特徴とする電子撮像装置である。

【 0 2 2 3 】

本発明の第 3 2 の構成は、第 2 1 から第 3 1 の構成において、前記開口絞りとそれよりも像側の前記シャッターとの光軸上の距離を δ 、前記シャッターと前記電子撮像素子における撮像面までの光軸上での距離を L としたときに、常に以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置である。

40

【 0 2 2 4 】

$$(26) \quad 0.01 < \delta / L < 1.0$$

この条件式において、下限値を 0.1、さらには 0.2 とすることがより好ましい。また、上限値を 0.8、さらには 0.6、さらには 0.4 とすることがより好ましい。

【 0 2 2 5 】

この条件式は、全変倍域で満足することが望ましい。若しくは、変倍域中で最も像側に絞

50

りが位置する状態で満たすことが望ましい。

【0226】

本発明の第33の構成は、第21から第32の構成において、前記開口絞りの開口の最大開口径（直径）を、前記シャッターの最大有効径（対角長）を」とするときに、以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置である。

【0227】

$$(27) \quad 0.5 < \quad ' / \quad < 1.5$$

この条件式において、下限値を0.7、さらには0.8とすることがより好ましい。また、上限値を1.2、さらには1.05とすることがより好ましい。

【0228】

この条件式は、全変倍域で満たすことが望ましい。若しくは、変倍域中で最も像側に絞りが位置する状態で満たすことが望ましい。

【0229】

本発明の第34の構成は、第21から第33の構成において、前記開口絞りは可変間隔に配され、前記開口絞りの直前のレンズ面及び直後のレンズ面は共に像側に凹面を向け、前記開口絞りの外形が、光軸から離れる程像側に傾いた漏斗形状であることを特徴とする電子撮像装置である。

【0230】

なお、上記の固定絞りの発明に関する数値実施例は後記の実施例12が相当する。

【0231】

なお、上記の固定絞りの形状については、
実質開放Fナンバーが例えばレーレー限界の4倍の明るさ以上では、
方位角ゼロ近傍のおおむね正方形（一般的には、おおむね水平あるいは垂直方向寸法が最も短い形状）、
実質開放Fナンバーが例えばレーレー限界の4倍の明るさ以下では、
方位角45°近傍のおおむね正方形（一般的には、おおむね水平あるいは垂直方向寸法が最も長い形状）、
としてもよい。その理由は、水平垂直方向の解像度に有利であるからである。

【0232】

なお、以上の絞りとフィルターとの条件式、若しくは、絞りとシャッターとの条件式は、全変倍域で満たすことが望ましい。若しくは、変倍域中で最も像側に絞りが位置する状態で満たすことが望ましい。

【0233】

【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1～12について説明する。これらの実施例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12に示す。各図中、第1群はG1、第2群はG2、第3群はG3、3枚重ねの光学的ローパスフィルターであってその第1面（物体側の表面）に近赤外カットコートが設けられている光学的ローパスフィルターをF、電子撮像素子であるCCDのカバーガラスをC、CCDの像面をIで示してあり、物体側から順に配置された、光学的ローパスフィルターF、カバーガラスCは、第2群G2又は第3群G3と像面Iの間に固定配置されている。なお、実施例1～12中、実施例3、5、10～12は本発明の参考例である。

【0234】

実施例1のズームレンズは、図1に示すように、負屈折力の第1群G1、正屈折力の第2群G2、正屈折力の第3群G3からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第1群G1は一旦像面側へ移動しその後物体側に反転して移動し、望遠端では中間状態の位置より若干物体側になり、第2群G2は物体側に移動して、第1群G1と第2群G2の間隔が小さくなり、第3群G3は像面側へ若干移動する。

【0235】

実施例 1 の第 1 群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ 2 枚と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りと、その後に配置された両凸レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとからなり、第 3 群 G 3 は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ 1 枚からなる。非球面は、第 1 群 G 1 の物体側の負メニスカスレンズの像面側の面、第 2 群 G 2 の両凸レンズの物体側の面、第 2 群 G 2 の負メニスカスレンズの像面側の面の 3 面に用いられている。

【 0 2 3 6 】

実施例 2 のズームレンズは、図 2 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2、正屈折力の第 3 群 G 3 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は一旦像面側へ移動しその後物体側に反転して移動し、望遠端では中間状態の位置より若干物体側になり、第 2 群 G 2 は物体側に移動して、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 の間隔が小さくなり、第 3 群 G 3 は像面側へ若干移動する。

10

【 0 2 3 7 】

実施例 2 の第 1 群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りと、その後に配置された両凸レンズと、両凹レンズとからなり、第 3 群 G 3 は両凸レンズ 1 枚からなる。非球面は、第 1 群 G 1 の負メニスカスレンズの像面側の面、第 2 群 G 2 の両凸レンズの物体側の面、第 2 群 G 2 の両凹レンズの像面側の面の 3 面に用いられている。

【 0 2 3 8 】

実施例 3 のズームレンズは、図 3 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は像面側に移動し、第 2 群 G 2 は物体側に移動して、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 の間隔が小さくなる。

20

【 0 2 3 9 】

実施例 3 の第 1 群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りと、その後に配置された両凸レンズと、両凹レンズとからなる。非球面は、第 1 群 G 1 の 4 面全て、第 2 群 G 2 の両凸レンズの両面、第 2 群 G 2 の両凹レンズの像面側の面の 7 面に用いられている。

【 0 2 4 0 】

実施例 4 のズームレンズは、図 4 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は像面側に移動し、第 2 群 G 2 は物体側に移動して、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 の間隔が小さくなる。ただし、この実施例は、第 1 群 G 1 を構成する負メニスカスレンズと正メニスカスレンズの間の間隔を広角端から望遠端に変倍する際に一端縮小して再度広げている。したがって、この負メニスカスレンズが第 1 群、正メニスカスレンズが第 2 群、そして、第 2 群 G 2 が第 3 群を構成する負・正・正の 3 群ズームレンズと言うこともできる。

30

【 0 2 4 1 】

この実施例 4 の第 1 群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りと、その後に配置された両凸レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとからなる。非球面は、全てのレンズ面 8 面に用いられている。

40

【 0 2 4 2 】

実施例 5 のズームレンズは、図 5 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は像面側に移動し、第 2 群 G 2 は物体側に移動して、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 の間隔が小さくなる。

【 0 2 4 3 】

実施例 5 の第 1 群 G 1 は、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りと、その後に配置された両凸レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとからなる。非球面は、全てのレンズ面 8 面に用いられている。

50

【 0 2 4 4 】

実施例 6 のズームレンズは、図 6 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は像面側に移動し、第 2 群 G 2 は物体側に移動して、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 の間隔が小さくなる。

【 0 2 4 5 】

実施例 6 の第 1 群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りと、その後に配置された両凸レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとからなる。非球面は、全てのレンズ面 8 面に用いられている。

10

【 0 2 4 6 】

実施例 7 のズームレンズは、図 7 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は物体側に凹の軌跡に沿って移動し、望遠端では広角端より像面側の位置になり、第 2 群 G 2 は物体側に移動して、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 の間隔が小さくなる。

【 0 2 4 7 】

実施例 7 の第 1 群 G 1 は、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りと、その後に配置された両凸レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとからなる。非球面は、全てのレンズ面 8 面に用いられている。

【 0 2 4 8 】

実施例 8 のズームレンズは、図 8 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は物体側に凹の軌跡に沿って移動し、望遠端では広角端より像面側の位置になり、第 2 群 G 2 は物体側に移動して、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 の間隔が小さくなる。

20

【 0 2 4 9 】

実施例 8 の第 1 群 G 1 は、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りと、その後に配置された両凸レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとからなる。非球面は、全てのレンズ面 8 面に用いられている。

【 0 2 5 0 】

実施例 9 のズームレンズは、図 9 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は像面側に移動し、第 2 群 G 2 は物体側に移動して、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 の間隔が小さくなる。

30

【 0 2 5 1 】

実施例 9 の第 1 群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りと、その後に配置された両凸レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとからなる。非球面は、全てのレンズ面 8 面に用いられている。

【 0 2 5 2 】

実施例 10 のズームレンズは、図 10 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は像面側に移動し、第 2 群 G 2 は物体側に移動して、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 の間隔が小さくなる。

40

【 0 2 5 3 】

実施例 10 の第 1 群 G 1 は、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りと、その後に配置された両凸レンズと、両凹レンズとからなる。非球面は、全てのレンズ面 8 面に用いられている。

【 0 2 5 4 】

実施例 11 のズームレンズは、図 11 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1

50

は像面側に移動し、第 2 群 G 2 は物体側に移動して、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 の間隔が小さくなる。

【 0 2 5 5 】

実施例 1 1 の第 1 群 G 1 は、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りと、その後に配置された両凸レンズと、両凹レンズとからなる。非球面は、全てのレンズ面 8 面に用いられている。

【 0 2 5 6 】

実施例 1 2 のズームレンズは、図 1 2 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は像面側に移動し、第 2 群 G 2 は物体側に移動して、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 の間隔が小

10

【 0 2 5 7 】

実施例 1 2 の第 1 群 G 1 は、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、開口数が固定の固定絞り S 1 と、その後に配置された両凸レンズと、両凹レンズと、その後に配置されたシャッターあるいは光量を調整するフィルター S 2 (後記の数値データではシャッター) とからなる。非球面は、全てのレンズ面 8 面に用いられている。

【 0 2 5 8 】

なお、この実施例の前記条件式 (2 4) の $\frac{f}{r}$ の値は、 $\frac{f}{r} = 0.395$ であり、条件式 (2 5) の $\frac{f}{r}$ の値は、 $\frac{f}{r} = 0.827$ である。

20

【 0 2 5 9 】

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、 F_{NO} は F ナンバー、 2ω は画角、 WE は広角端、 ST は中間状態、 TE は望遠端、 r_1 、 r_2 ... 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、 ν_{d1} 、 ν_{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。

【 0 2 6 0 】

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

30

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。

【 0 2 6 1 】

(実施例 1)

$r_1 =$	26.2927	$d_1 =$	0.8000	$n_{d1} =$	1.80610	$\nu_{d1} =$	40.92
$r_2 =$	9.0883 (非球面)	$d_2 =$	0.6148				
$r_3 =$	14.1944	$d_3 =$	0.8334	$n_{d2} =$	1.77250	$\nu_{d2} =$	49.60
$r_4 =$	6.9111	$d_4 =$	2.8837				
$r_5 =$	10.5856	$d_5 =$	1.7959	$n_{d3} =$	1.84666	$\nu_{d3} =$	23.78
$r_6 =$	20.0441	$d_6 =$	(可変)				
$r_7 =$	∞ (絞り)	$d_7 =$	0.8000				
$r_8 =$	5.4545 (非球面)	$d_8 =$	3.7931	$n_{d4} =$	1.72916	$\nu_{d4} =$	54.68
$r_9 =$	-20.9087	$d_9 =$	0.0998				
$r_{10} =$	47.4258	$d_{10} =$	0.8000	$n_{d5} =$	1.84666	$\nu_{d5} =$	23.78
$r_{11} =$	6.1276 (非球面)	$d_{11} =$	(可変)				
$r_{12} =$	18.7959	$d_{12} =$	1.4434	$n_{d6} =$	1.72916	$\nu_{d6} =$	54.68
$r_{13} =$	551.0655	$d_{13} =$	(可変)				
$r_{14} =$	∞	$d_{14} =$	1.4400	$n_{d7} =$	1.54771	$\nu_{d7} =$	62.84
$r_{15} =$	∞	$d_{15} =$	0.8000				
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	0.8000	$n_{d8} =$	1.51633	$\nu_{d8} =$	64.14
$r_{17} =$	∞	$d_{17} =$	1.0000				
$r_{18} =$	∞ (像面)						

10

20

非球面係数

第2面

 $K = 0$ $A_4 = -2.0473 \times 10^{-4}$ $A_6 = -6.7749 \times 10^{-8}$ $A_8 = -7.7201 \times 10^{-8}$ $A_{10} = 3.8688 \times 10^{-10}$

第8面

 $K = 0$ $A_4 = -1.6034 \times 10^{-4}$ $A_6 = -1.7070 \times 10^{-5}$

30

40

$$A_8 = 8.1032 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -7.1759 \times 10^{-8}$$

第11面

$$K = 0$$

$$A_4 = 1.9918 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 6.2296 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.1863 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = -1.3691 \times 10^{-7}$$

10

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.20857	9.31762	16.19691
F _{NO}	2.5577	3.3111	4.5000
2ω (°)	65.03	39.22	23.17
d ₆	18.99871	7.84626	1.45849
d ₁₁	3.77564	8.60826	15.35061
d ₁₃	2.44254	1.88102	1.85510

20

【 0 2 6 2 】

(実施例 2)

$r_1 = 1148.3249$	$d_1 = 1.2000$	$n_{d1} = 1.80610$	$\nu_{d1} = 40.92$	
$r_2 = 6.1717$ (非球面)	$d_2 = 3.7760$			
$r_3 = 15.4134$	$d_3 = 1.5933$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 70.9107$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 0.8000$			
$r_6 = 6.0352$ (非球面)	$d_6 = 5.2334$	$n_{d3} = 1.72916$	$\nu_{d3} = 54.68$	
$r_7 = -13.5021$	$d_7 = 0.1639$			10
$r_8 = -69.4120$	$d_8 = 0.8000$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_9 = 6.8167$ (非球面)	$d_9 =$ (可変)			
$r_{10} = 34.9998$	$d_{10} = 1.5217$	$n_{d5} = 1.72916$	$\nu_{d5} = 54.68$	
$r_{11} = -32.6791$	$d_{11} =$ (可変)			
$r_{12} = \infty$	$d_{12} = 1.4400$	$n_{d6} = 1.54771$	$\nu_{d6} = 62.84$	
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.8000$			
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 0.8000$	$n_{d7} = 1.51633$	$\nu_{d7} = 64.14$	20
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 1.0000$			
$r_{16} = \infty$ (像面)				

非球面係数

第2面

$K = 0$

$A_4 = -5.1669 \times 10^{-4}$

$A_6 = -7.7150 \times 10^{-6}$

$A_8 = 1.6525 \times 10^{-7}$

$A_{10} = -1.2782 \times 10^{-8}$

第6面

$K = 0$

$A_4 = -2.1967 \times 10^{-4}$

$A_6 = -1.5855 \times 10^{-5}$

$A_8 = 7.1172 \times 10^{-7}$

$A_{10} = -4.6968 \times 10^{-8}$

10

20

30

40

第9面

$$K = 0$$

$$A_4 = 1.7941 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 3.4075 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.1892 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = -6.1232 \times 10^{-7}$$

ズームデータ (∞)

10

	WE	ST	TE
f (mm)	5.23086	9.31792	16.19444
F _{N0}	2.4099	3.2607	4.5000
2ω (°)	64.81	39.22	23.17
d ₄	18.04672	7.98753	1.45849
d ₉	2.79240	9.20000	16.71529
d ₁₁	3.16900	1.86959	1.81786

20

【 0 2 6 3 】

(実施例 3)

$r_1 =$	76.7196 (非球面)	$d_1 =$	1.2000	$n_{d1} =$	1.78800	$\nu_{d1} =$	47.37
$r_2 =$	6.6378 (非球面)	$d_2 =$	3.0972				
$r_3 =$	10.9897 (非球面)	$d_3 =$	1.2062	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78
$r_4 =$	18.4564 (非球面)	$d_4 =$	(可変)				
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	0.8000				
$r_6 =$	5.1898 (非球面)	$d_6 =$	3.8593	$n_{d3} =$	1.69350	$\nu_{d3} =$	53.21
$r_7 =$	-9.7019 (非球面)	$d_7 =$	0.0000				
$r_8 =$	-1.047×10^5	$d_8 =$	0.8000	$n_{d4} =$	1.80518	$\nu_{d4} =$	25.42
$r_9 =$	5.8643 (非球面)	$d_9 =$	(可変)				
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	1.4400	$n_{d5} =$	1.54771	$\nu_{d5} =$	62.84
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.8000				
$r_{12} =$	∞	$d_{12} =$	0.8000	$n_{d6} =$	1.51633	$\nu_{d6} =$	64.14
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	1.0000				
$r_{14} =$	∞ (像面)						

10

20

非球面係数

第1面

 $K = 0$ $A_4 = 4.6231 \times 10^{-4}$ $A_6 = -9.3090 \times 10^{-6}$ $A_8 = 5.9496 \times 10^{-8}$ $A_{10} = 0$

30

第2面

 $K = 0$ $A_4 = 2.2771 \times 10^{-4}$ $A_6 = -2.1739 \times 10^{-6}$ $A_8 = -3.9590 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

40

第3面

 $K = 0$

$$A_4 = -7.1846 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.2111 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.4843 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第4面

$$K = 0$$

$$A_4 = -7.1646 \times 10^{-4}$$

10

$$A_6 = -1.4283 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -4.2107 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

$$K = 0$$

$$A_4 = -6.7488 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.4547 \times 10^{-5}$$

20

$$A_8 = -8.4502 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.2345 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -2.0213 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -4.5953 \times 10^{-9}$$

30

$$A_{10} = 0$$

第9面

$$K = 0$$

$$A_4 = 3.6259 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 2.3086 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 2.6515 \times 10^{-6}$$

40

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E
f (mm)	5.41072	7.95613	16.01169
F N0	2.8455	3.2387	4.5000
2 ω (°)	63.07	45.30	23.43
d ₄	19.41025	10.42151	0.80861
d ₉	6.59089	8.30259	13.69450

【 0 2 6 4 】
(实施例 4)

$r_1 =$	31.3163 (非球面)	$d_1 =$	1.2000	$n_{d1} =$	1.78800	$\nu_{d1} =$	47.37
$r_2 =$	6.3077 (非球面)	$d_2 =$	(可変)				
$r_3 =$	15.6288 (非球面)	$d_3 =$	1.6305	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78
$r_4 =$	29.8364 (非球面)	$d_4 =$	(可変)				
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	0.8000				
$r_6 =$	6.1475 (非球面)	$d_6 =$	4.3722	$n_{d3} =$	1.69350	$\nu_{d3} =$	53.21
$r_7 =$	-7.5487 (非球面)	$d_7 =$	0.0000				
$r_8 =$	1.278×10^6 (非球面)	$d_8 =$	0.8000	$n_{d4} =$	1.78472	$\nu_{d4} =$	25.68
$r_9 =$	6.1534 (非球面)	$d_9 =$	(可変)				
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	1.4400	$n_{d5} =$	1.54771	$\nu_{d5} =$	62.84
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.8000				
$r_{12} =$	∞	$d_{12} =$	0.8000	$n_{d6} =$	1.51633	$\nu_{d6} =$	64.14
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	1.0000				
$r_{14} =$	∞ (像面)						

10

20

非球面係数

第1面

 $K = 0$ $A_4 = 2.1781 \times 10^{-4}$ $A_6 = -2.4700 \times 10^{-6}$ $A_8 = 6.7661 \times 10^{-9}$ $A_{10} = 0$

30

第2面

 $K = 0$ $A_4 = 2.9274 \times 10^{-6}$ $A_6 = 5.4318 \times 10^{-7}$ $A_8 = -2.7932 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

40

第3面

 $K = 0$

$$A_4 = -6.8760 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -5.4772 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.7113 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第4面

$$K = 0$$

$$A_4 = -7.6115 \times 10^{-4}$$

10

$$A_6 = -5.5172 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.2101 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

$$K = 0$$

$$A_4 = -7.9971 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -3.2700 \times 10^{-5}$$

20

$$A_8 = -5.6059 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0$$

$$A_4 = -6.4906 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.1601 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.3240 \times 10^{-7}$$

30

$$A_{10} = 0$$

第8面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.3589 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 5.4041 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = 2.3274 \times 10^{-6}$$

40

$$A_{10} = 0$$

第9面

$$K = 0$$

$$A_4 = 2.3384 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.3074 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 3.0058 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	W E	S T	T E	10
f (mm)	5.52504	7.90361	15.98209	
F N0	2.9283	3.2981	4.5000	
2 ω (°)	62.00	45.57	23.47	
d ₂	3.15754	2.83342	3.17975	
d ₄	19.07192	10.96142	0.39391	
d ₉	6.86971	8.50151	13.80700	
				20

【 0 2 6 5 】

(実施例 5)

$r_1 =$	-12.193 (非球面)	$d_1 =$	1.20	$n_{d1} =$	1.78800	$\nu_{d1} =$	47.37
$r_2 =$	10.585 (非球面)	$d_2 =$	1.14				
$r_3 =$	6.202 (非球面)	$d_3 =$	0.84	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78
$r_4 =$	7.845 (非球面)	$d_4 =$	(可変)				
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	0.80				
$r_6 =$	3.456 (非球面)	$d_6 =$	3.10	$n_{d3} =$	1.69350	$\nu_{d3} =$	53.21
$r_7 =$	-5.866 (非球面)	$d_7 =$	0.00				
$r_8 =$	59.892 (非球面)	$d_8 =$	0.80	$n_{d4} =$	1.80518	$\nu_{d4} =$	25.42
$r_9 =$	3.400 (非球面)	$d_9 =$	(可変)				
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	1.44	$n_{d5} =$	1.54771	$\nu_{d5} =$	62.84
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.80				
$r_{12} =$	∞	$d_{12} =$	0.80	$n_{d6} =$	1.51633	$\nu_{d6} =$	64.14
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	1.00				
$r_{14} =$	∞ (像面)						

10

20

非球面係数

第1面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 7.28875 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -3.16079 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 5.59240 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

30

第2面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 6.08993 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 7.92220 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -3.77695 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

40

第3面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -8.25212 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.05654 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -5.98956 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第4面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -8.12513 \times 10^{-3}$$

10

$$A_6 = 7.44821 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -4.70205 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -5.56006 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 3.61032 \times 10^{-5}$$

20

$$A_8 = -1.57815 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.56154 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -5.93015 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 8.21499 \times 10^{-5}$$

30

$$A_{10} = 0$$

第8面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.61498 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 2.62229 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 1.11700 \times 10^{-4}$$

40

$$A_{10} = 0$$

第9面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.33711 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 1.83066 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 1.80922 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	10
f (mm)	5.700	7.600	10.500	
FNO	2.84	3.24	3.86	
2ω (°)	60.4	46.4	35.0	
d ₄	5.79	3.28	1.20	
d ₉	3.55	4.78	6.67	

【 0 2 6 6 】

(実施例 6)

20

$r_1 =$	742.482 (非球面)	$d_1 =$	1.20	$n_{d1} =$	1.88300	$\nu_{d1} =$	40.76
$r_2 =$	5.785 (非球面)	$d_2 =$	1.66				
$r_3 =$	7.599 (非球面)	$d_3 =$	1.88	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78
$r_4 =$	16.421 (非球面)	$d_4 =$	(可変)				
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	0.80				
$r_6 =$	4.194 (非球面)	$d_6 =$	3.18	$n_{d3} =$	1.49700	$\nu_{d3} =$	81.54
$r_7 =$	-20.581 (非球面)	$d_7 =$	0.00				
$r_8 =$	13.506 (非球面)	$d_8 =$	0.80	$n_{d4} =$	1.84666	$\nu_{d4} =$	23.78
$r_9 =$	6.472 (非球面)	$d_9 =$	(可変)				
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	1.44	$n_{d5} =$	1.54771	$\nu_{d5} =$	62.84
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.80				
$r_{12} =$	∞	$d_{12} =$	0.80	$n_{d6} =$	1.51633	$\nu_{d6} =$	64.14
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	1.00				
$r_{14} =$	∞ (像面)						

10

20

非球面係数

第1面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 9.25825 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.08555 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.29524 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

30

第2面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.75234 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 6.38980 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.65816 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

40

第3面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.50510 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 3.91584 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.01945 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第4面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.01332 \times 10^{-3}$$

10

$$A_6 = 1.61802 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.03000 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -7.98420 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.86068 \times 10^{-5}$$

20

$$A_8 = -2.94687 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.17134 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -3.36530 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 2.23456 \times 10^{-5}$$

30

$$A_{10} = 0$$

第8面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 3.99355 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -2.87967 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 1.70044 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

40

第9面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 5.40085 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.35135 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 3.54182 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	10
f (mm)	5.472	9.450	16.492	
FNO	2.84	3.49	4.67	
2ω (°)	62.2	38.4	22.8	
d ₄	19.39	9.00	2.90	
d ₉	8.11	11.30	16.96	

【 0 2 6 7 】

(実施例 7)

20

$r_1 =$	-79.529 (非球面)	$d_1 =$	1.20	$n_{d1} =$	1.88300	$\nu_{d1} =$	40.76
$r_2 =$	6.338 (非球面)	$d_2 =$	2.02				
$r_3 =$	9.087 (非球面)	$d_3 =$	2.14	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78
$r_4 =$	25.643 (非球面)	$d_4 =$	(可変)				
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	0.80				
$r_6 =$	4.591 (非球面)	$d_6 =$	3.76	$n_{d3} =$	1.49700	$\nu_{d3} =$	81.54
$r_7 =$	-19.255 (非球面)	$d_7 =$	0.00				
$r_8 =$	13.328 (非球面)	$d_8 =$	0.80	$n_{d4} =$	1.84666	$\nu_{d4} =$	23.78
$r_9 =$	6.340 (非球面)	$d_9 =$	(可変)				
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	1.44	$n_{d5} =$	1.54771	$\nu_{d5} =$	62.84
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.80				
$r_{12} =$	∞	$d_{12} =$	0.80	$n_{d6} =$	1.51633	$\nu_{d6} =$	64.14
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	1.00				
$r_{14} =$	∞ (像面)						

10

20

非球面係数

第1面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 6.90799 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.17782 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 4.88182 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

30

第2面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -4.06939 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 4.52557 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.51312 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

40

第3面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.03153 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 2.22306 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.57487 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第4面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -5.56360 \times 10^{-4}$$

10

$$A_6 = 4.49314 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.08906 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -5.80555 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -3.39765 \times 10^{-6}$$

20

$$A_8 = -2.44132 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.25406 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -2.80904 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 1.27498 \times 10^{-5}$$

30

$$A_{10} = 0$$

第8面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.85554 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -2.15203 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 8.69324 \times 10^{-6}$$

40

$$A_{10} = 0$$

第9面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 3.48116 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 3.63247 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.69137 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	10
f (mm)	5.500	11.000	22.000	
FNO	2.84	3.73	5.53	
2ω (°)	62.2	33.6	17.2	
d ₄	23.03	8.67	1.49	
d ₉	9.02	13.72	23.11	

【 0 2 6 8 】

(実施例 8)

20

$r_1 =$	-60.278 (非球面)	$d_1 =$	1.20	$n_{d1} =$	1.88300	$\nu_{d1} =$	40.76
$r_2 =$	7.222 (非球面)	$d_2 =$	2.07				
$r_3 =$	8.952 (非球面)	$d_3 =$	2.08	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78
$r_4 =$	22.635 (非球面)	$d_4 =$	(可変)				
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	0.80				
$r_6 =$	4.814 (非球面)	$d_6 =$	3.81	$n_{d3} =$	1.49700	$\nu_{d3} =$	81.54
$r_7 =$	-24.368 (非球面)	$d_7 =$	0.00				
$r_8 =$	12.210 (非球面)	$d_8 =$	0.80	$n_{d4} =$	1.84666	$\nu_{d4} =$	23.78
$r_9 =$	6.177 (非球面)	$d_9 =$	(可変)				
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	1.44	$n_{d5} =$	1.54771	$\nu_{d5} =$	62.84
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.80				
$r_{12} =$	∞	$d_{12} =$	0.80	$n_{d6} =$	1.51633	$\nu_{d6} =$	64.14
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	1.00				
$r_{14} =$	∞ (像面)						

10

20

非球面係数

第1面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 6.00951 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -8.43631 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 3.37449 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

30

第2面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -3.72010 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.79016 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -6.20166 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

40

第3面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.09669 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.28385 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -4.91592 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第4面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -6.10641 \times 10^{-4}$$

10

$$A_6 = 3.03012 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 3.35101 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -3.63773 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.22811 \times 10^{-5}$$

20

$$A_8 = -8.74615 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.68273 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.42484 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 6.05817 \times 10^{-6}$$

30

$$A_{10} = 0$$

第8面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 1.58428 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -8.00129 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.87986 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

40

第9面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.15661 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.52232 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 2.48220 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	10
f (mm)	5.500	11.870	26.600	
FNO	2.84	3.79	6.02	
2ω (°)	62.2	30.6	14.2	
d ₄	29.63	10.40	1.20	
d ₉	9.74	15.00	27.15	

【 0 2 6 9 】

(実施例 9)

20

$r_1 =$	72.039 (非球面)	$d_1 =$	1.20	$n_{d1} =$	1.88300	$\nu_{d1} =$	40.76
$r_2 =$	4.217 (非球面)	$d_2 =$	1.62				
$r_3 =$	5.885 (非球面)	$d_3 =$	1.27	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78
$r_4 =$	9.267 (非球面)	$d_4 =$	(可変)				
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	0.80				
$r_6 =$	3.053 (非球面)	$d_6 =$	3.93	$n_{d3} =$	1.49700	$\nu_{d3} =$	81.54
$r_7 =$	-6.282 (非球面)	$d_7 =$	0.00				
$r_8 =$	6.618 (非球面)	$d_8 =$	0.80	$n_{d4} =$	1.84666	$\nu_{d4} =$	23.78
$r_9 =$	3.348 (非球面)	$d_9 =$	(可変)				
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	1.44	$n_{d5} =$	1.54771	$\nu_{d5} =$	62.84
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.80				
$r_{12} =$	∞	$d_{12} =$	0.80	$n_{d6} =$	1.51633	$\nu_{d6} =$	64.14
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	1.00				
$r_{14} =$	∞ (像面)						

10

20

非球面係数

第1面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 3.17076 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.37514 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 1.96035 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

30

第2面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 3.08247 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 3.63679 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -3.34382 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

40

第3面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.89408 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 2.05447 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -6.40061 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第4面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.03988 \times 10^{-3}$$

10

$$A_6 = 1.30917 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -2.56924 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.61253 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -7.47302 \times 10^{-5}$$

20

$$A_8 = -2.30842 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 3.13913 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.53242 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 1.98597 \times 10^{-4}$$

30

$$A_{10} = 0$$

第8面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.43433 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -2.19219 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 6.46815 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

40

第9面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.54578 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -1.19883 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 2.38275 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	10
f (mm)	4.38	6.08	8.45	
FNO	2.84	3.28	3.84	
2ω (°)	74.4	57.2	42.8	
d ₄	6.59	3.46	1.42	
d ₉	2.77	4.13	5.86	

【 0 2 7 0 】

(実施例 1 0)

20

$r_1 =$	-31.474 (非球面)	$d_1 =$	1.20	$n_{d1} =$	1.88300	$\nu_{d1} =$	40.76
$r_2 =$	6.197 (非球面)	$d_2 =$	2.48				
$r_3 =$	10.479 (非球面)	$d_3 =$	2.20	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78
$r_4 =$	47.491 (非球面)	$d_4 =$	(可変)				
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	0.80				
$r_6 =$	3.789 (非球面)	$d_6 =$	3.61	$n_{d3} =$	1.49700	$\nu_{d3} =$	81.54
$r_7 =$	-16.623 (非球面)	$d_7 =$	0.00				
$r_8 =$	-39.726 (非球面)	$d_8 =$	0.80	$n_{d4} =$	1.84666	$\nu_{d4} =$	23.78
$r_9 =$	14.332 (非球面)	$d_9 =$	(可変)				
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	1.44	$n_{d5} =$	1.54771	$\nu_{d5} =$	62.84
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.80				
$r_{12} =$	∞	$d_{12} =$	0.80	$n_{d6} =$	1.51633	$\nu_{d6} =$	64.14
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	1.00				
$r_{14} =$	∞ (像面)						

10

20

非球面係数

第1面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 9.59521 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.72098 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.13583 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

30

第2面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -3.60488 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 3.77368 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.07135 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

40

第3面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.01828 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.27783 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.61699 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第4面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -5.67770 \times 10^{-4}$$

10

$$A_6 = 1.51253 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.26398 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -8.01515 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.76063 \times 10^{-5}$$

20

$$A_8 = -3.86277 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 9.05298 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.86656 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 1.48924 \times 10^{-4}$$

30

$$A_{10} = 0$$

第8面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 9.67002 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.17161 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 7.64468 \times 10^{-5}$$

40

$$A_{10} = 0$$

第9面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 7.85242 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.15922 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 3.78215 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	10
f (mm)	4.380	7.516	12.700	
FNO	2.84	3.42	4.40	
2ω (°)	74.4	48.0	29.4	
d ₄	19.85	8.42	1.91	
d _g	6.61	9.22	13.52	

【 0 2 7 1 】

(実施例 1 1)

20

$r_1 =$	-21.847 (非球面)	$d_1 =$	1.20	$n_{d1} =$	1.88300	$\nu_{d1} =$	40.76
$r_2 =$	6.937 (非球面)	$d_2 =$	2.47				
$r_3 =$	9.213 (非球面)	$d_3 =$	2.21	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78
$r_4 =$	32.046 (非球面)	$d_4 =$	(可変)				
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	0.80				
$r_6 =$	3.998 (非球面)	$d_6 =$	3.54	$n_{d3} =$	1.49700	$\nu_{d3} =$	81.54
$r_7 =$	-21.908 (非球面)	$d_7 =$	0.00				
$r_8 =$	-33.149 (非球面)	$d_8 =$	0.80	$n_{d4} =$	1.84666	$\nu_{d4} =$	23.78
$r_9 =$	17.323 (非球面)	$d_9 =$	(可変)				
$r_{10} =$	∞	$d_{10} =$	1.44	$n_{d5} =$	1.54771	$\nu_{d5} =$	62.84
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.80				
$r_{12} =$	∞	$d_{12} =$	0.80	$n_{d6} =$	1.51633	$\nu_{d6} =$	64.14
$r_{13} =$	∞	$d_{13} =$	1.00				
$r_{14} =$	∞ (像面)						

10

20

非球面係数

第1面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 9.33410 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.30751 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 6.70483 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

30

第2面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -6.18417 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 4.10180 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -7.84432 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

40

第3面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.01784 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 4.66075 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.15224 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第4面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -3.78733 \times 10^{-4}$$

10

$$A_6 = -7.08997 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.63277 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -8.04530 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -3.34025 \times 10^{-5}$$

20

$$A_8 = -6.46621 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 2.52254 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -4.58004 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 3.15723 \times 10^{-5}$$

30

$$A_{10} = 0$$

第8面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 7.40135 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -3.03505 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 1.41481 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

40

第9面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 8.67706 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.94947 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 2.90374 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	10
f (mm)	4.380	8.500	16.900	
FNO	2.84	3.57	5.07	
2ω (°)	74.4	42.2	22.2	
d ₄	25.20	9.37	1.00	
d _g	7.72	11.24	18.43	

【 0 2 7 2 】

(実施例 1 2)

20

$r_1 = -285.835$ (非球面)	$d_1 = 1.20$	$n_{d1} = 1.88300$ $\nu_{d1} = 40.76$
$r_2 = 5.867$ (非球面)	$d_2 = 1.82$	
$r_3 = 8.501$ (非球面)	$d_3 = 1.90$	$n_{d2} = 1.84666$ $\nu_{d2} = 23.78$
$r_4 = 22.434$ (非球面)	$d_4 =$ (可変)	
$r_5 = \infty$ (固定絞り)	$d_5 = -0.85$	
$r_6 = 4.202$ (非球面)	$d_6 = 3.05$	$n_{d3} = 1.49700$ $\nu_{d3} = 81.54$
$r_7 = -16.394$ (非球面)	$d_7 = 0.10$	
$r_8 = -59.287$ (非球面)	$d_8 = 0.80$	$n_{d4} = 1.84666$ $\nu_{d4} = 23.78$
$r_9 = 17.675$ (非球面)	$d_9 = 1.20$	
$r_{10} = \infty$ (シャッター)	$d_{10} =$ (可変)	
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 1.44$	$n_{d5} = 1.54771$ $\nu_{d5} = 62.84$
$r_{12} = \infty$	$d_{12} = 0.80$	
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.80$	$n_{d6} = 1.51633$ $\nu_{d6} = 64.14$
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 1.00$	
$r_{15} = \infty$ (像面)		

10

20

非球面係数

第1面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 7.70010 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.56894 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 9.34888 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第2面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.15782 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 5.84590 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.50813 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第3面

30

40

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -9.83337 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 4.53271 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -5.50922 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第4面

$$K = 0.000$$

10

$$A_4 = -3.78733 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -7.08997 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.63277 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

$$K = 0.000$$

20

$$A_4 = -1.13708 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -3.62429 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.26007 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0.000$$

30

$$A_4 = 1.50876 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -4.75141 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 2.46413 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第8面

$$K = 0.000$$

40

$$A_4 = 7.86320 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -4.05987 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 2.42457 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第9面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 9.22752 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 9.75655 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 3.39493 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

10

	WE	ST	TE
f (mm)	5.484	9.438	16.500
F _{NO}	2.84	3.53	4.76
2ω (°)	62.4	38.8	22.8
d ₄	19.39	9.05	2.90
d ₁₀	6.84	9.90	15.36

20

【0273】

以上の実施例1～3、5、6、9、12の無限遠物点合焦時の収差図をそれぞれ図13～図19に示す。これらの収差図において、(a)は広角端、(b)は中間状態、(c)は望遠端における球面収差SA、非点収差AS、歪曲収差DT、倍率色収差CCを示す。

【0274】

次に、上記各実施例における条件式(a)～(l)、(n)、(1)～(23)、(A)、(B)の値を以下に示す(条件式(m)は条件式(1)と同じ)。

【0275】

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
(a)	18.762	24.567	20.150	20.543
(b)	45.072	42.740	35.805	38.958
(c)	30.532	40.320	30.314	33.650
(d)	75.604	83.060	66.119	72.608
(e)	56.340(*)	50.104	60.451	66.624
(f)	158.574	149.371	194.349	239.601
(g)	41.093	41.955	35.486	36.566
(h)	0.825	0.811	1.019	0.983
(i)	35.487	39.265	33.765	39.996
(j)	54.558	47.469	47.382	51.017
(k)	0.621	0.717	0.743	0.704
(l)	-0.586	-0.382	-0.303	-0.102
(n)	54.68	54.68	53.21	53.21

30

(*)は隣り合った2枚の負レンズで構成されているので、合成焦点距離を示した。

【0276】

条件式	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8
(a)	7.421	10.779	13.164	13.446
(b)	20.694	30.818	34.894	34.786
(c)	25.373	25.894	29.667	29.993
(d)	46.067	56.712	64.561	64.779

40

50

(e)	45.737	42.940	42.940	46.843
(f)	184.120	98.892	102.145	106.699
(g)	23.422	47.494	51.398	55.301
(h)	1.583	0.753	0.696	0.647
(i)	22.485	27.290	29.872	31.320
(j)	29.277	100.843	98.241	102.145
(k)	1.267	0.355	0.364	0.350
(l)	-0.259	-0.661	-0.615	-0.670
(n)	53.21	81.54	81.54	81.54

。

【 0 2 7 7 】

10

条件式	実施例 9	実施例10	実施例11	実施例12
(a)	10.545	16.110	16.091	11.856
(b)	26.615	38.230	38.276	32.004
(c)	30.773	28.692	28.236	25.673
(d)	57.388	66.922	66.512	57.677
(e)	33.181	37.735	37.735	42.275
(f)	105.398	100.843	94.988	99.003
(g)	31.229	42.940	46.193	46.043
(h)	0.913	0.664	0.617	0.775
(i)	19.862	24.649	26.012	27.337
(j)	58.554	80.675	86.530	104.133
(k)	0.487	0.353	0.329	0.343
(l)	-0.346	-0.629	-0.691	-0.592
(n)	81.54	81.54	81.54	81.54

。

【 0 2 7 8 】

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
(1)	1.29675	0.82115	1	1
(2)	0.19174	0.15554	0.17170	0.15467
(3)	0.90100	1.18476	0.86112	0.93614
(4)	0.70676	0.93333	0.70170	0.77895
(5)	1.72916	1.72916	1.69350	1.69350
(6)	-0.26087	-0.44698	-0.53493	-0.81438
(7)	-0.44087	0.19452	0	0
(8)	0.12920	-0.09821	0	0
(9)	1.12340	1.12949	1.12997	1.00096
(10)	0	0	-	-
(11)	-1.07063	0.03429	-	-
(12)	0.06396	0.14680	-	-
(13)	0.50299	0.56783	0.30267	0.27301
(14)	0.19810	0.00456	0.07053	0.17643
(15)	0.55365	0.72187	0.57242	0.57149
(16)	1.04334	0.98935	0.82883	0.90181
(17)	-0.58847	-0.01314	-0.19617	-0.49095
(18)	-1.46166	-0.97864	-1.36946	-0.98374
(19)	-0.77192	-0.21272	-0.81544	-0.51530
(20)	32.51 °	32.40 °	31.53 °	31.00 °
(21)	4.50	4.50	4.50	4.50
(22)	3.10967	3.09594	2.95925	2.89267
(23)	1.44	1.44	1.44	1.44
(aは μ m)	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)

30

40

50

(A) - - -3.94

(B) -0.0163 -0.031 -

。

【 0 2 7 9 】

条件式 実施例 5 実施例 6 実施例 7 実施例 8

(1)	1.120	2.840	2.814	3.048
(2)	0.205	0.201	0.175	0.174
(3)	0.684	0.724	0.829	0.838
(4)	0.587	0.599	0.687	0.694
(5)	1.69350	1.49700	1.49700	1.49700
(6)	-0.589	-0.204	-0.238	-0.198
(7)	-0.098	-1.524	-1.445	-1.996
(8)	0.057	0.479	0.476	0.506
(9)	0.984	1.543	1.381	1.283
(10)	* * *	* * *	* * *	* * *
(11)	* * *	* * *	* * *	* * *
(12)	* * *	* * *	* * *	* * *
(13)	0.219	0.258	0.342	0.391
(14)	-0.467	0.007	-0.069	-0.091
(15)	0.200	0.301	0.368	0.376
(16)	0.482	0.713	0.808	0.805
(17)	0.768	-0.017	0.171	0.256
(18)	-1.511	-1.705	-1.497	-1.727
(19)	-1.194	-0.789	-0.530	-0.683
(20)	30.2 °	31.1 °	31.1 °	31.1 °
(21)	3.86	4.67	5.53	6.02
(22)	1.842	3.000	4.000	4.836
(23)	1.44	1.44	1.44	1.44
(aは μ m)	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)

10

20

【 0 2 8 0 】

条件式 実施例 9 実施例 10 実施例 11 実施例 12

(1)	3.047	0.470	0.314	0.541
(2)	0.169	0.181	0.184	0.228
(3)	1.080	1.007	0.991	0.720
(4)	0.712	0.664	0.654	0.594
(5)	1.49700	1.49700	1.49700	1.49700
(6)	-0.486	-0.228	-0.182	-0.256
(7)	-0.949	0.419	0.661	0.277
(8)	0.506	-0.361	-0.523	-0.298
(9)	1.097	3.783	4.333	4.207
(10)	* * *	* * *	* * *	* * *
(11)	* * *	* * *	* * *	* * *
(12)	* * *	* * *	* * *	* * *
(13)	0.170	0.217	0.264	0.291
(14)	0.061	-0.139	-0.200	-0.019
(15)	0.370	0.565	0.565	0.332
(16)	0.616	0.885	0.886	0.741
(17)	-0.109	0.382	0.592	0.046
(18)	-1.336	-1.147	-1.403	-1.556
(19)	-0.848	-0.253	-0.403	-0.590
(20)	37.2 °	37.2 °	37.2 °	31.2 °

30

40

50

(21)	3.84	4.4	5.86	4.76	
(22)	1.929	2.900	3.858	3.000	
(23)	1.44	1.44	1.44	1.44	
(aは μm)	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)	。

【 0 2 8 1 】

以上の実施例は、例えば、ローパスフィルタを 1 枚で構成する等、前記に記載した構成の範囲で種々変更が可能である。

【 0 2 8 2 】

以上の各実施例において、第 3 群 G 3 の像側には、図示のように、入射面側に近赤外シャープカットコートを施したローパスフィルタ F を有している。こ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されている。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。

【 0 2 8 3 】

基 板	材 質	物理的膜厚 (nm)	/ 4
第 1 層	Al_2O_3	58.96	0.50
第 2 層	TiO_2	84.19	1.00
第 3 層	SiO_2	134.14	1.00
第 4 層	TiO_2	84.19	1.00
第 5 層	SiO_2	134.14	1.00
第 6 層	TiO_2	84.19	1.00
第 7 層	SiO_2	134.14	1.00
第 8 層	TiO_2	84.19	1.00
第 9 層	SiO_2	134.14	1.00
第 10 層	TiO_2	84.19	1.00
第 11 層	SiO_2	134.14	1.00
第 12 層	TiO_2	84.19	1.00
第 13 層	SiO_2	134.14	1.00
第 14 層	TiO_2	84.19	1.00
第 15 層	SiO_2	178.41	1.33
第 16 層	TiO_2	101.03	1.21
第 17 層	SiO_2	167.67	1.25
第 18 層	TiO_2	96.82	1.15
第 19 層	SiO_2	147.55	1.05
第 20 層	TiO_2	84.19	1.00
第 21 層	SiO_2	160.97	1.20
第 22 層	TiO_2	84.19	1.00
第 23 層	SiO_2	154.26	1.15
第 24 層	TiO_2	95.13	1.13
第 25 層	SiO_2	160.97	1.20
第 26 層	TiO_2	99.34	1.18
第 27 層	SiO_2	87.19	0.65

空 気 。

【 0 2 8 4 】

上記の近赤外シャープカットコートの透過率特性は図 20 に示す通りである。

【 0 2 8 5 】

また、ローパスフィルタ F の射出面側には、図 21 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

10

20

30

40

50

の色再現性を高めている。

【0286】

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400nm～700nmで透過率が最も高い波長の透過率に対する420nm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400nmの波長の透過率の比が6%以下であることが好ましい。

【0287】

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。

10

【0288】

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域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域の再生が低くなり、色のバランスが悪くなる。

【0289】

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。

【0290】

上記各実施例では、図21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。

20

【0291】

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。

【0292】

また、ローパスフィルターF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aμm、±45°方向にそれぞれ $\text{SQRT}(1/2) \times a$ だけずらすことで、モアレ抑制を行っている。ここで、SQR 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。

30

【0293】

また、CCDの撮像面I上には、図22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。

【0294】

補色モザイクフィルターは、具体的には、図22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。

40

【0295】

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。

【0296】

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

50

$$\begin{aligned}
 5 \text{ nm} < Y_p - G_p < 35 \text{ nm} \\
 -100 \text{ nm} < C_p - G_p < -5 \text{ nm} \\
 430 \text{ nm} < M_{p1} < 480 \text{ nm} \\
 580 \text{ nm} < M_{p2} < 640 \text{ nm}
 \end{aligned}$$

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530 nm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530 nmでは10%から50%の強度を有することが、色再現性を高める上でより好ましい。

【0297】

上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の一例を図23に示す。グリーンの色フィルターGは525 nm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555 nm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510 nm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445 nmと620 nmにピークを有している。また、530 nm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。

【0298】

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、電氣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。

【0299】

ところで、上記した近赤外シャープカットコート配置位置は、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Fの枚数も前記した通り2枚でも1枚でも構わない。

【0300】

また、各実施例の明るさ絞りの部分についての詳細を図24示す。撮像光学系の第1群G1と第2群G2との間の光軸上の絞り位置に、0段、-1段、-2段、-3段、-4段の明るさ調節を可能とするターレット10を配置している。ターレット10には、0段の調整をする開口形状が直径約4 mmの円形で固定の空間からなる開口1A（波長550 nmに対する透過率は100%）と、-1段補正するために開口1Aの開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の透明な平行平板（波長550 nmに対する透過率は99%）からなる開口1Bと、開口1Bと同じ面積の円形開口部を有し、-2段、-3段、-4段に補正するため、各々波長550 nmに対する透過率が50%、25%、13%のNDフィルターが設けられた開口部1C、1D、1Eとを有している。

【0301】

そして、ターレット10の回転軸11の周りの回動により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0302】

また、実効FナンバーF_{no'}がF_{no'} > a / 0.4 μmとなるとときに、開口内に波長550 nmに対する透過率が80%未満のNDフィルターが配される構成としている。具体的には、実施例1では、望遠端の実効F値が上記式を満たすのは、絞り開放時（0段）に対して-2段とした実行F値が9.0となるとときであり、そのときに対応する開口は1Cとなる。それにより、絞りの回折現象による像の劣化を抑えている。

【0303】

また、図24に示すターレット10に代えて、図25(a)に示すターレット10'を用いた例を示す。撮像光学系の第1群G1と第2群G2との間の光軸上の明るさ絞り位置に

、 0 段、 - 1 段、 - 2 段、 - 3 段、 - 4 段の明るさ調節を可能とするターレット 1 0 ' を配置している。ターレット 1 0 ' には、 0 段の調整をする開口形状が直径約 4 mm の円形で固定の開口 1 A ' と、 - 1 段補正するために開口 1 A ' の開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の開口 1 B ' と、さらに開口面積が順に小さくなり、 - 2 段、 - 3 段、 - 4 段に補正するための形状が固定の開口部 1 C ' 、 1 D ' 、 1 E ' とを有している。そして、ターレット 1 0 ' の回転軸 1 1 の周りの回転により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【 0 3 0 4 】

また、これら複数の開口の中の 1 A ' から 1 D ' にそれぞれ空間周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを配している。そして、図 2 5 (b) に示すように、開口径が小さくなる程光学フィルターの空間周波数特性を高く設定しており、それにより絞り込むことによる回折現象による像の劣化を抑えている。なお、図 2 5 (b) の各曲線は、ローパスフィルターのための空間周波数特性を示すものであり、各絞りの回折も含めた特性は何れも等しくなるように設定しているものである。

【 0 3 0 5 】

次に、本発明の電子撮像装置に用いるズームレンズ中に形状が固定の開口絞り（固定絞り）と光量調整を行うフィルターあるいはシャッターを配置する場合の固定絞りの形状について、前記したように、望遠端における開放 F ナンバー F が、電子撮像素子の最小画素ピッチ a （単位 mm ）に対し、

$$1.5 \times 10^3 \times a / 1 \text{ mm} < F \text{ のとき、}$$

撮像面の垂直方向又は水平方向の開口絞りの長さが、撮像面の対角方向の開口絞りの長さに対して長いように設定することが望ましい。

【 0 3 0 6 】

例えば、図 2 6 (a) ~ (c) の何れかの形状を用いることで、回折の影響を小さくすることが可能となる。例えば、特に水平方向の回折の影響を少なくしたい撮影では、開口絞りに横長の形状を用いることが好ましい。

【 0 3 0 7 】

また、

$$1.5 \times 10^3 \times a / 1 \text{ mm} > F \text{ のとき、}$$

撮像面の垂直方向又は水平方向の開口絞りの長さが、撮像面の対角方向の開口絞りの長さに対して短いように設定することが望ましい。

【 0 3 0 8 】

例えば、図 2 7 (a) ~ (c) の何れかの形状を用いることで、幾何光学収差の影響を小さくすることが可能となる。例えば、特に水平方向の幾何光学収差の影響を少なくしたい撮影では、開口絞りに縦長の形状を用いることが好ましい。

【 0 3 0 9 】

ところで、前記の実施例 1 2 において、固定絞り S 1 と次のレンズ面との間隔がマイナスの値（ - 0 . 8 5 ）となっているのは、そのレンズ面の位置が固定絞り S 1 の位置に対して光軸方向とは逆方向に位置することによる。この数値実施例ではこの固定絞りを平板としているが、もちろん円形の開口を持ったレンズ面への黒塗り（図 3 1 参照）としてもよい。また、図 2 8 のような漏斗状の絞りを凸のレンズ面の傾きに沿って被せるようにしてもよいし、また、レンズを保持する鏡枠によって絞りを形成するようにしてもよい。

【 0 3 1 0 】

また、前記の実施例 1 2 においては、フィルター S 2 は第 2 レンズ群 G 2 の像側の空気間隔に設けている。光量調節に際しては、図 2 9 に示したように、ターレット 1 0 " の開口 1 A " は素通し面又は中空の開口、開口 1 B " は透過率 1 / 2 の ND フィルター、開口 1 C " は透過率 1 / 4 の ND フィルター、開口 1 D " は透過率 1 / 8 の ND フィルター等を設けたターレット状のものをを用いることができる。

【 0 3 1 1 】

また、フィルター S 2 として、光量ムラを抑えるように光量調節が可能なフィルター面を

設けてもよい。例えば、暗い被写体に対しては中心部の光量確保を優先して透過率を均一とし、明るい被写体に対してのみ明るさムラを補うように、図30に示すように、同心円状に光量が中心程低下するフィルターを配する構成としてもよい。

【0312】

さらに、図31に模式的に示すように、フィルターS2を光路中に揺動にて挿脱する構成としてもよい。特に、この実施例12の場合、第2レンズ群G2以降にスペースができるため、スペースを節約したこの揺動構造を用いることができる。

【0313】

また、NDフィルターの反射光によるゴーストを低減させるために、図32に模式的に示すように、光量を調整するフィルターS2を光軸に対して傾けるように構成してもよい。このとき、フィルターS2を揺動構造とすると、揺動時の移動角を鋭角の範囲とできるため、撮影動作を速くできる。

【0314】

また、光量を調整するフィルターS2を2枚の偏光フィルターの偏光方向を変えることにより光量調整を行う構成としてもよい。また、フィルターに代えてシャッターを設けてもよいし、併設させてもよい。シャッターは像面近傍に配した移動幕によるフォーカルプレーンシャッターとしてもよいし、光路途中に設けた2枚羽のレンズシャッター、フォーカルプレーンシャッター、液晶シャッター等、種々のもので構わない。

【0315】

図33にシャッターの一例を示す。図33に示すものは、フォーカルプレーンシャッターの1つであるロータリーフォーカルプレーンシャッターの例であり、図33(a)は裏面側から見た図、図33(b)は表面側から見た図である。15はシャッター基板であり、像面の直前又は任意の光路位置に配される構成となっている。基板15には、光学系の有効光束を透過する開口部16が設けられている。17はロータリーシャッター幕である。18はロータリーシャッター幕17の回転軸であり、回転軸18は基板15に対して回転し、ロータリーシャッター幕17と一体化されている。回転軸18は基板15の表面のギヤ19、20と連結されている。このギヤ19、20は図示しないモーターと連結されている。

【0316】

このような構成において、図示しないモーターの駆動により、ギヤ19、20、回転軸18を介して、ロータリーシャッター幕17が回転軸18を中心に回転するように構成されている。

【0317】

このロータリーシャッター幕17は略半円型に構成され、回転により基板15の開口部16の遮蔽と退避を行い、シャッターの役割を果たしている。シャッタースピードはこのロータリーシャッター幕17の回転するスピードを変えることで調整される。

【0318】

図34(a)～(d)は、ロータリーシャッター幕17が回転する様子を像面側からみた図である。時間を追って図の(a)、(b)、(c)、(d)、(a)の順で移動する。

【0319】

以上のように、ズームレンズ中の異なる位置に形状が固定の開口絞りや光量調整を行うフィルターあるいはシャッターを配置することにより、回折の影響を抑えて高画質を保ちつつ、フィルターやシャッターにより光量調整が行え、かつ、ズームレンズの全長の短縮化も可能とした電子撮像装置を得ることができる。

【0320】

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や銀塩フィルムといった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。

【0321】

図３５～図３７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３５はデジタルカメラ４０の外観を示す前方斜視図、図３６は同後方斜視図、図３７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設けた光学的ローパスフィルターＦ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。

10

【０３２２】

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ー部材５０が配置されている。

20

【０３２３】

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。

【０３２４】

なお、図３７の例では、カバー部材５０として平行平板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよい。

【０３２５】

次に、本発明のズームレンズ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が図３８～図４０に示される。図３８はパソコン３００のカバーを開いた前方斜視図、図３９はパソコン３００の撮影光学系３０３の断面図、図４０は図３８の状態の側面図である。図３８～図４０に示されるように、パソコン３００は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード３０１と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター３０２と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系３０３とを有している。ここで、モニター３０２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や、ＣＲＴディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系３０３は、モニター３０２の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター３０２の周囲や、キーボード３０１の周囲のどこであってもよい。

30

40

【０３２６】

この撮影光学系３０３は、撮影光路３０４上に、本発明によるズームレンズ（図では略記）からなる対物レンズ１１２と、像を受光する撮像素子チップ１６２とを有している。これらはパソコン３００に内蔵されている。

【０３２７】

ここで、撮像素子チップ１６２上には光学的ローパスフィルターＦが付加的に貼り付けられて撮像ユニット１６０として一体に形成され、対物レンズ１１２の鏡枠１１３の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ１１２と撮像素子チップ１６２の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また

50

、鏡枠 113 の先端には、対物レンズ 112 を保護するためのカバーガラス 114 が配置されている。なお、鏡枠 113 中のズームレンズの駆動機構は図示を省いてある。

【0328】

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、電子画像としてモニター 302 に表示される、図 38 には、その一例として、操作者の撮影された画像 305 が示されている。また、この画像 305 は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、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。

【0329】

次に、本発明のズームレンズ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が図 41 に示される。図 41 (a) は携帯電話 400 の正面図、図 41 (b) は側面図、図 41 (c) は撮影光学系 405 の断面図である。図 41 (a) ~ (c) に示されるように、携帯電話 400 は、操作者の声を情報として入力するマイク部 401 と、通話相手の声を出力するスピーカ部 402 と、操作者が情報を入力する入力ダイヤル 403 と、操作者自身や通話相手等の撮影像と電話番号等の情報を表示するモニター 404 と、撮影光学系 405 と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ 406 と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段（図示せず）とを有している。ここで、モニター 404 は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、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 上に配置された本発明によるズームレンズ（図では略記）からなる対物レンズ 112 と、物体像を受光する撮像素子チップ 162 とを有している。これらは、携帯電話 400 に内蔵されている。

【0330】

ここで、撮像素子チップ 162 上には光学的ローパスフィルター F が付加的に貼り付けられて撮像ユニット 160 として一体に形成され、対物レンズ 112 の鏡枠 113 の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ 112 と撮像素子チップ 162 の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠 113 の先端には、対物レンズ 112 を保護するためのカバーガラス 114 が配置されている。なお、鏡枠 113 中のズームレンズの駆動機構は図示を省いてある。

【0331】

撮影素子チップ 162 で受光された物体像は、端子 166 を介して、図示していない処理手段に入力され、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、通信相手に画像を送信する場合、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信号処理機能が処理手段には含まれている。

【0332】

以上の本発明の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。

【0333】

〔1〕 物体側より順に、2 枚のレンズからなり全体として負のパワーを持つ第 1 レンズ群と、2 枚のレンズからなり全体として正のパワーを持つ第 2 レンズ群とから構成され、前記第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との空気間隔を変えることによって全群の焦点距離を変化させることができ、以下の条件 (a) から (n) までの中の 1 つ以上を満足するズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0334】

$$(a) \quad 7 < d_{NP} \cdot A < 27$$

$$(b) \quad 20 < t_1 \cdot A < 50$$

$$(c) \quad 20 < D_2 \cdot A < 45$$

$$(d) \quad 30 < (t_1 + D_2) \cdot A < 90$$

$$(e) \quad 30 < -f_{11} \cdot A < 70$$

$$(f) \quad 90 < f_{12} \cdot A < 250$$

10

20

30

40

50

- (g) $2.0 < f_{21} \cdot A < 4.2$
 (h) $0.6 < \frac{f_{21}}{w} < 1.05$
 (i) $1.9.5 < R_{21} \cdot A < 4.5$
 (j) $4.0 < -f_{22} \cdot A < 1.40$
 (k) $0.33 < -\frac{f_{22}}{w} < 0.80$
 (l) $-1 < (R_{21} + R_{22}) / (R_{21} - R_{22}) < 0$
 (m) $0.25 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 3.4$
 (n) $7.2 < d_{21} < 10.0$

ただし、 $A = 4.3 \cdot 2 / L$ (L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長)、 t_1 、 D_2 はそれぞれ第1レンズ群、第2レンズ群の光軸上の総厚、 d_{NP} は第1レンズ群の2枚のレンズの光軸上での間隔、 f_{11} 、 f_{12} 、 f_{21} 、 f_{22} はそれぞれ第1レンズ群の2枚のレンズの中の物体側のレンズ、像側のレンズ、第2レンズ群の2枚のレンズの中の物体側のレンズ、像側のレンズの焦点距離、 d_{21} 、 d_{22} 、 w はそれぞれ第2レンズ群の2枚のレンズの中の物体側のレンズ、像側のレンズの、そして広角端における全系の屈折力、 R_{21} 、 R_{22} 、 R_{23} 、 R_{24} は第2レンズ群を構成する物体側から順の屈折面の曲率半径、 d_{21} は第2レンズ群の物体側正レンズの媒質のアッペ数である。

【0335】

〔2〕 物体側より順に、負レンズ、正レンズの2枚からなり、全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、物体側より、開口絞り、正レンズ、負レンズの2枚からなり、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群から構成され、広角端から望遠端へ変倍するときに、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が小さくなり、前記第1レンズ群は非球面を有し、前記第2レンズ群は最も物体側の面に非球面を有し、かつ、以下の条件式(1)、(2)を満たすズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0336】

- (1) $0.6 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 3.0$
 (2) $0.08 < t_{2N} / D_2 < 0.28$

ただし、 R_{23} は第2レンズ群の負レンズの物体側の面の光軸近傍の曲率半径、 R_{24} は第2レンズ群の負レンズの像面側の面の光軸近傍の曲率半径、 D_2 は第2レンズ群の正レンズの物体側の面から第2レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 t_{2N} は第2レンズ群の正レンズの像側の面から第2レンズ群の像側の面までの光軸上の距離である。

【0337】

〔3〕 物体側より順に、最も物体側が負レンズで最も像側が正レンズであり全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、物体側より、開口絞り、正レンズ、負レンズの2枚からなり、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群と、正レンズ1枚からなる第3レンズ群とを有し、広角端から望遠端へ変倍するときに、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が小さくなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が大きくなり、前記第1レンズ群は非球面を有し、前記第2レンズ群は最も物体側の面に非球面を有し、かつ、第2レンズ群の負レンズの形状が、以下の条件式(1)を満たすズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0338】

- (1) $0.6 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 3.0$

ただし、 R_{23} は第2レンズ群の負レンズの物体側の面の光軸近傍の曲率半径、 R_{24} は第2レンズ群の負レンズの像面側の面の光軸近傍の曲率半径である。

【0339】

〔4〕 物体側より順に、最も物体側が負レンズで最も像側が正レンズであり全体として負のパワーを持つ第1レンズ群と、物体側より、開口絞り、正レンズ、負レンズの2枚からなり、全体として正のパワーを持つ第2レンズ群と、正レンズ1枚からなる第3レンズ群とを有し、広角端から望遠端へ変倍するときに、前記第1レンズ群と第2レンズ群の間

隔が小さくなり、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が大きくなり、前記第 1 レンズ群は非球面を有し、前記第 2 レンズ群は最も物体側の面に非球面を有し、以下の条件式 (2) を満たすズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0340】

$$(2) \quad 0.08 < t_{2N} / D_2 < 0.28$$

ただし、 D_2 は第 2 レンズ群の正レンズの物体側の面から第 2 レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 t_{2N} は第 2 レンズ群の正レンズの像側の面から第 2 レンズ群の像側の面までの光軸上の距離である。

【0341】

〔5〕 物体側より順に、負レンズ、正レンズの 2 枚、若しくは、負レンズ、負レンズ、正レンズの 3 枚からなり、全体として負のパワーを持つ第 1 レンズ群と、物体側より、開口絞り、正レンズ、負レンズからなり、全体として正のパワーを持つ第 2 レンズ群とを有し、広角端から望遠端へ変倍するときに、前記第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の間隔が小さくなり、前記第 1 レンズ群は非球面を有し、前記第 2 レンズ群は最も物体側の面に非球面を有し、以下の条件式 (1)、(2) を満たすズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0342】

$$(1) \quad 0.6 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 3.0$$

$$(2) \quad 0.08 < t_{2N} / D_2 < 0.28$$

ただし、 R_{23} は第 2 レンズ群の負レンズの物体側の面の光軸近傍の曲率半径、 R_{24} は第 2 レンズ群の負レンズの像面側の面の光軸近傍の曲率半径、 D_2 は第 2 レンズ群の正レンズの物体側の面から第 2 レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 t_{2N} は第 2 レンズ群の正レンズの像側の面から第 2 レンズ群の像側の面までの光軸上の距離である。

【0343】

〔6〕 前記第 1 レンズ群に、屈折面有効部の中の最周辺部が光軸近傍の曲率中心の存在する方向と反対側へ凹形状となる面を少なくとも 1 面含むことを特徴とする上記 1 ~ 5 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【0344】

〔7〕 前記第 1 レンズ群に、屈折面有効部の中の最周辺部が光軸近傍の曲率中心の存在する方向と反対側が凹形状となる面を少なくとも 2 面含むことを特徴とする上記 1 ~ 5 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【0345】

〔8〕 第 2 レンズ群の最も像側の面が非球面であることを特徴とする上記 1 ~ 5 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【0346】

〔9〕 前記条件 (1) に代えて以下の条件 (1)' を満足することを特徴とする上記 2、3、5 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【0347】

$$(1)' \quad 0.8 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 2.5$$

〔10〕 前記条件 (1) に代えて以下の条件 (1)'' を満足することを特徴とする上記 2、3、5 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【0348】

$$(1)'' \quad 0.9 < (R_{23} + R_{24}) / (R_{23} - R_{24}) < 2.0$$

〔11〕 前記条件 (2) に代えて以下の条件 (2)' を満足することを特徴とする上記 2、4、5 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【0349】

$$(2)' \quad 0.1 < t_{2N} / D_2 < 0.25$$

〔12〕 前記条件 (2) に代えて以下の条件 (2)'' を満足することを特徴とする上記 2、4、5 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

10

20

30

40

50

【0350】

(2) ” $0.12 < t_{2N} / D_2 < 0.22$

〔13〕 前記条件(2)に代えて以下の条件(3)を満足することを特徴とする上記2、4、5の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0351】

(3) $0.3 < D_2 / f_w < 1.5$

ただし、 D_2 は第2レンズ群の正レンズの物体側の面から第2レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 f_w は広角端での全系での焦点距離(無限遠物点合焦時)である。

【0352】

〔14〕 前記条件(2)に代えて以下の条件(3)'を満足することを特徴とする上記2、4、5の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0353】

(3)' $0.5 < D_2 / f_w < 1.4$

ただし、 D_2 は第2レンズ群の正レンズの物体側の面から第2レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 f_w は広角端での全系での焦点距離(無限遠物点合焦時)である。

【0354】

〔15〕 前記条件(2)に代えて以下の条件(4)を満足することを特徴とする上記2、4、5の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0355】

(4) $0.24 < D_2 / L < 1.2$

ただし、 D_2 は第2レンズ群の正レンズの物体側の面から第2レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0356】

〔16〕 前記条件(2)に代えて以下の条件(4)'を満足することを特徴とする上記2、4、5の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0357】

(4)' $0.4 < D_2 / L < 1.12$

ただし、 D_2 は第2レンズ群の正レンズの物体側の面から第2レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0358】

〔17〕 前記条件(2)に代えて以下の条件(3)、(4)を満足することを特徴とする上記2、4、5の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0359】

(3) $0.3 < D_2 / f_w < 1.5$

(4) $0.24 < D_2 / L < 1.2$

ただし、 D_2 は第2レンズ群の正レンズの物体側の面から第2レンズ群の負レンズの像側の面までの光軸上の厚さ、 f_w は広角端での全系での焦点距離(無限遠物点合焦時)、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0360】

〔18〕 以下の条件(5)を満足することを特徴とする上記2～17の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0361】

(5) $1.6 < n_{21} < 1.9$

ただし、 n_{21} は第2レンズ群の正レンズの屈折率である。

【0362】

〔19〕 以下の条件(6)を満足することを特徴とする上記2～18の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0363】

10

20

30

40

50

$$(6) \quad -1.5 < R_{21} / R_{22} < 0.2$$

ただし、 R_{21} は第2レンズ群の正レンズの物体側面の光軸上における曲率半径、 R_{22} は第2レンズ群の正レンズの像側面の光軸上における曲率半径である。

【0364】

〔20〕以下の条件(7)を満足することを特徴とする上記2～19の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0365】

$$(7) \quad -1.0 < R_{22} / R_{23} < 0.5$$

ただし、 R_{22} は第2レンズ群の正レンズの像側面の光軸上における曲率半径、 R_{23} は第2レンズ群の負レンズの物体側面の光軸上における曲率半径である。

10

【0366】

〔21〕以下の条件(8)を満足することを特徴とする上記2～20の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0367】

$$(8) \quad -0.3 < R_{24} / R_{23} < 0.5$$

ただし、 R_{24} は第2レンズ群の負レンズの像側面の光軸上における曲率半径、 R_{23} は第2レンズ群の負レンズの物体側面の光軸上における曲率半径である。

【0368】

〔22〕以下の条件(9)を満足することを特徴とする上記2～20の何れか1項記載の電子撮像装置。

20

【0369】

$$(9) \quad 0.5 < R_{24} / R_{21} < 2.0$$

ただし、 R_{24} は第2レンズ群の負レンズの像側面の光軸上における曲率半径、 R_{21} は第2レンズ群の正レンズの物体側面の光軸上における曲率半径である。

【0370】

〔23〕前記第3レンズ群がフォーカシング時に移動する群であり、かつ、第3レンズ群の全ての屈折面が以下に示す条件(1)を満足する偏奇量の小さい屈折面であることを特徴とする上記3又は4記載の電子撮像装置。

【0371】

$$(10) \quad |\text{abs}(Z)| / L < 1.5 \times 10^{-2}$$

30

ただし、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長、 $\text{abs}(Z)$ は光軸からの高さが $0.35L$ の位置における第3レンズ群の各屈折面の光軸上の曲率半径を有する球面から前記屈折面までの光軸方向への偏奇量である。

【0372】

〔24〕前記第3レンズ群がフォーカシング時に移動する群であり、かつ、第3レンズ群の全ての屈折面が球面であることを特徴とする上記3又は4の電子撮像装置。

【0373】

〔25〕前記第3レンズ群がフォーカシング時に移動する群であり、前記第3レンズ群の正レンズが以下の条件(11)を満足することを特徴とする上記3、4、23又は24の何れか1項記載の電子撮像装置。

40

【0374】

$$(11) \quad -2.0 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{31} - R_{32}) < 1.0$$

ただし、 R_{31} は第3レンズ群の正レンズの物体側面の光軸上における曲率半径、 R_{32} は第3レンズ群の正レンズの像側面の光軸上における曲率半径である。

【0375】

〔26〕広角端から望遠端に変倍する際、前記第3レンズ群の移動量 x_3 が以下の条件(12)を満足することを特徴とする上記3、4、23、24又は25の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0376】

$$(12) \quad -0.5 < x_3 / (f_w \cdot f_T) < 0.5$$

50

ただし、 f_W は広角端における全系の焦点距離（無限遠物点合焦時）、 f_T は望遠端における全系の焦点距離（無限遠物点合焦時）である。

【0377】

〔27〕 広角端から望遠端に変倍する際、前記第3レンズ群の移動量 x_3 が前記第2レンズ群と第3レンズ群の空気間隔の変化量 x_{2-3} に対して以下の条件（B）を満足することを特徴とする上記3、4、23、24又は25の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0378】

$$(B) \quad 0.005 < |x_3 / (x_{2-3})| < 0.05$$

ただし、 $|x_3 / (x_{2-3})|$ は広角端から望遠端までのズーム比である。

【0379】

〔28〕 以下の条件（13）を満足することを特徴とする上記1～27の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0380】

$$(13) \quad (1/EXP) \cdot (f_W \cdot f_T) < 1$$

ただし、 f_W は広角端における全系の焦点距離（無限遠物点合焦時）、 f_T は望遠端における全系の焦点距離（無限遠物点合焦時）であり、 $(1/EXP)$ は射出瞳位置の逆数の変化量であり、以下の式で表される。

【0381】

$$(1/EXP) = |(1/EXPT) - (1/EXPW)|$$

ただし、EXPTは望遠端における射出瞳位置、EXPWは広角端における射出瞳位置である。

【0382】

〔29〕 前記ズームレンズの変倍比が2.4以上であることを特徴とする上記1～28の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0383】

〔30〕 前記ズームレンズの変倍比が2.8以上であることを特徴とする上記1～28の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0384】

〔31〕 前記第1レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面が非球面であることを特徴とする上記1～30の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0385】

〔32〕 前記第2レンズ群の最も物体側の面と最も像側の面が非球面であることを特徴とする上記1～30の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0386】

〔33〕 前記第1レンズ群の正レンズの両面が非球面であることを特徴とする上記1～30の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0387】

〔34〕 前記第1レンズ群及び前記第2レンズ群に含まれる全ての負レンズが物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであることを特徴とする上記1～30の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0388】

〔35〕 前記第2レンズ群の前記正レンズの物体側の面は像側面よりも強い屈折力を持つ面であることを特徴とする上記1～30の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0389】

〔36〕 前記第1レンズ群の前記負レンズが以下の条件（14）を満足することを特徴とする上記1～30の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0390】

$$(14) \quad -0.3 < f_W / R_{11} < 0.4$$

ただし、 R_{11} は第1レンズ群の物体側から1番目のレンズ面の光軸近傍（光軸上）の曲率半径、 f_W は広角端における全系の焦点距離（無限遠物点合焦時）である。

【0391】

〔 3 7 〕 前記第 1 レンズ群の前記正レンズの物体側に接する光軸上の空気間隔が以下の条件 (1 5) を満足することを特徴とする上記 2 ~ 3 0 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【 0 3 9 2 】

(1 5) $0.3 < d_{NP} / f_W < 1$

ただし、 d_{NP} は前記第 1 レンズ群の前記正レンズの物体側に接する光軸上の空気間隔、 f_W は広角端における全系の焦点距離 (無限遠物点合焦時) である。

【 0 3 9 3 】

〔 3 8 〕 前記第 1 レンズ群の前記正レンズの物体側に接する光軸上の空気間隔が以下の条件 (1 5) * を満足することを特徴とする上記 2 ~ 3 0 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

10

【 0 3 9 4 】

(1 5) * $1 < | d_{NP} / f_1 | < 3$

ただし、 d_{NP} は前記第 1 レンズ群の前記正レンズの物体側に接する光軸上の空気間隔、 f_1 は第 1 レンズ群の焦点距離である。

【 0 3 9 5 】

〔 3 9 〕 前記第 1 レンズ群が以下の条件 (1 6) を満足することを特徴とする上記 1 ~ 3 0 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【 0 3 9 6 】

(1 6) $0.4 < t_1 / L < 2.2$

20

ただし、 t_1 は第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の厚み、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【 0 3 9 7 】

〔 4 0 〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群と、正のパワーを持つ第 2 レンズ群とを有し、前記第 1 レンズ群が、光軸上の面がそれぞれ物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと正メニスカスレンズを有し、前記正メニスカスレンズの物体側面は、屈折面有効部の中の最周辺部が、光軸近傍の曲率中心の存在する方向と反対側へ凹形状となる非球面であるズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【 0 3 9 8 】

30

〔 4 1 〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群と、正のパワーを持つ第 2 レンズ群とを有し、前記第 1 レンズ群が、像面側に凹面を向けた負レンズと、光軸上の面がそれぞれ物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズを有し、前記正メニスカスレンズの物体側面は、屈折面有効部の中の最周辺部が、光軸近傍の曲率中心の存在する方向と反対側へ凹形状となる非球面であり、かつ、以下の条件 (A) を満足するズームレンズ、及び、前記ズームレンズの像面側に配された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【 0 3 9 9 】

(A) $-5.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -1.7$

ただし、 R_{13} は前記第 1 レンズ群の正メニスカスレンズの物体側面の曲率半径、 R_{14} は前記第 1 レンズ群の正メニスカスレンズの像面側面の曲率半径である。

40

【 0 4 0 0 】

〔 4 2 〕 以下の条件 (1 7) を満足することを特徴とする上記 1 ~ 4 0 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【 0 4 0 1 】

(1 7) $-1 < f_1 / R_{11} < 0.5$

ただし、 f_1 は第 1 レンズ群の焦点距離、 R_{11} は第 1 レンズ群の最も物体側の面の光軸近傍 (光軸上) の曲率半径である。

【 0 4 0 2 】

〔 4 3 〕 前記第 1 レンズ群中の前記正レンズは両面共光軸近傍 (光軸上) の曲率半径が

50

正の値の正メニスカスレンズであり、かつ、それぞれの面の屈折面有効部の中の最周辺部が、光軸近傍の曲率中心の存在する方向と反対側へ凹形状となる非球面であり、第1レンズ群中の負レンズを1枚のみとし、前記第1レンズ群を2枚のレンズで構成したことを特徴とする上記2～42の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0403】

〔44〕 以下の条件(18)、(19)を満足することを特徴とする上記43記載の電子撮像装置。

【0404】

$$(18) \quad -2.5 < f_1 / R_{13} < -0.5$$

$$(19) \quad -1.5 < f_1 / R_{14} < 0.5$$

ただし、 f_1 は第1レンズ群の焦点距離、 R_{13} は前記第1レンズ群の正メニスカスレンズの物体側面の曲率半径、 R_{14} は前記第1レンズ群の正メニスカスレンズの像面側面の曲率半径である。

【0405】

〔45〕 前記ズームレンズの広角端における半画角 ω が以下の条件(20)を満足することを特徴とする上記1～44の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0406】

$$(20) \quad 28^\circ < \omega < 40^\circ$$

〔46〕 前記ズームレンズの望遠端における開放F値 F_T が以下の条件(21)を満足することを特徴とする上記1～45の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0407】

$$(21) \quad 2.7 < F_T < 5$$

〔47〕 前記ズームレンズの広角端から望遠端におけるズーム比 β が以下の条件(22)を満足することを特徴とする上記1～46の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0408】

$$(22) \quad 2 < \beta < 4$$

〔48〕 各々の間隔を変化させ焦点距離を変更させる複数のレンズ群と、光路中に配されかつ少なくとも軸上光束径を制限する開口絞りとを有するズームレンズ、及び、その像側に配された電子撮像素子を備えた電子撮像装置において、前記開口絞りは絞り形状が固定であり、前記開口絞りの配される空間とは異なる位置の空間の光軸上に透過率変更にて光量調整を行うフィルターを配したことを特徴とする電子撮像装置。

【0409】

〔49〕 上記48において、望遠端における開放Fナンバー F が、前記電子撮像素子の最小画素ピッチ a (単位mm) に対し、

$$1.5 \times 10^3 \times a / 1 \text{ mm} < F \text{ のとき、}$$

撮像面の垂直方向又は水平方向の前記開口絞りの長さが、撮像面の対角方向の前記開口絞りの長さに対して長い、若しくは、

望遠端における開放Fナンバー F が、前記電子撮像素子の最小画素ピッチ a (単位mm) に対し、

$$1.5 \times 10^3 \times a / 1 \text{ mm} > F \text{ のとき、}$$

撮像面の垂直方向又は水平方向の前記開口絞りの長さが、撮像面の対角方向の前記開口絞りの長さに対して短い、ことを特徴とする電子撮像装置。

【0410】

〔50〕 上記48において、前記ズームレンズにおける可変の空気間隔の中で最小の空気間隔、又は、一定の空気間隔の中で最も長い空気間隔中に、前記フィルターを配したことを特徴とする電子撮像装置である。

【0411】

〔51〕 上記48において、前記光量調整を行うフィルターは、中心部の透過率に対して周辺部の透過率を高くした透過面を少なくとも1つ有することを特徴とする電子撮像装

10

20

30

40

50

置。

【0412】

〔52〕 上記48において、前記光量調整を行うフィルターを光軸に対して傾ける配置が可能なことを特徴とする電子撮像装置。

【0413】

〔53〕 上記48において、前記開口絞りは、変倍時若しくは合焦点動作の際に、可変の空気間隔を挟む前後のレンズ群の間に配され、前記光量調整を行うフィルターは前記空気間隔とは異なる位置に配されることを特徴とする電子撮像装置。

【0414】

〔54〕 上記48から53の何れか1項において、前記開口絞りは、その開口絞りから光軸に下ろした垂線と光軸との交わる位置が、レンズ群中のレンズ媒質内に位置することを特徴とする電子撮像装置。

10

【0415】

〔55〕 上記54において、前記開口絞りは、前記レンズ群中の何れかのレンズ面に接して設けられることを特徴とする電子撮像装置。

【0416】

〔56〕 上記48から55の何れか1項において、前記開口絞りを、光軸側に開口を設けた口径板としたことを特徴とする電子撮像装置。

【0417】

〔57〕 上記48から56の何れか1項において、前記ズームレンズは少なくとも負の屈折力のレンズ群と、その像側直後に配された正の屈折力のレンズ群とを有し、広角端よりも望遠端にて前記負の屈折力のレンズ群と前記正の屈折力のレンズ群との間隔が減少し、前記開口絞りを前記負の屈折力のレンズ群の最も像側面から前記正の屈折力のレンズ群の像側面の間に配し、前記光量調整を行うフィルターを前記開口絞りよりも像面側に配したことを特徴とする電子撮像装置。

20

【0418】

〔58〕 上記57において、前記負のレンズ群を最も物体側に配置したことを特徴とする電子撮像装置。

【0419】

〔59〕 上記57において、前記ズームレンズは、物体側から順に、前記負の屈折力を有するレンズ群と、前記正の屈折力を有するレンズ群とを有し、変倍時に可動のレンズ群は前記負の屈折力を有するレンズ群と前記正の屈折力を有するレンズ群の2つのレンズ群のみであることを特徴とする電子撮像装置。

30

【0420】

〔60〕 上記57において、前記ズームレンズは、物体側から順に、前記負の屈折力を有するレンズ群と、前記正の屈折力を有するレンズ群との2つのレンズ群のみであることを特徴とする電子撮像装置。

【0421】

〔61〕 上記57から60の何れか1項において、前記開口絞りは、前記正の屈折力のレンズ群直前の空気間隔中に配されことを特徴とする電子撮像装置。

40

【0422】

〔62〕 上記57から61の何れか1項において、前記光量調整を行うフィルターは、前記正の屈折力のレンズ群の直後の空気間隔中に配することを特徴とする電子撮像装置。

【0423】

〔63〕 上記48から62の何れか1項において、前記開口絞りとそれよりも像側の前記光量調整を行うフィルターの入射面との光軸上の距離を、前記光量調整を行うフィルターの入射面と前記電子撮像素子における撮像面までの光軸上での距離をとしたときに、常に以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置。

【0424】

(24) $0.01 < \quad / \quad < 1.0$

50

〔 6 4 〕 上記 4 8 から 6 3 の何れか 1 項において、前記開口絞りの開口の最大開口径（直径）を、前記光量調整を行うフィルターの最大有効径（対角長）を とするときに、以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 2 5 】

〔 2 5 〕 $0.5 < \quad / \quad < 1.5$

〔 6 5 〕 上記 4 8 から 6 4 の何れか 1 項において、前記開口絞りは可変間隔に配され、前記開口絞りの直前のレンズ面及び直後のレンズ面は共に像側に凹面を向け、前記開口絞りの外形が、光軸から離れる程像側に傾いた漏斗形状であることを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 2 6 】

〔 6 6 〕 上記 4 8 から 6 5 の何れか 1 項において、前記光量調整を行うフィルターは、光路中に挿脱可能に構成されていることを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 2 7 】

〔 6 7 〕 上記 6 6 において、前記光量調整を行うフィルターは、光軸上から退避する際に面が光軸と平行に近づく方向に揺動することを特徴とする電子撮像装置。

〔 6 8 〕 各々の間隔を変化させ焦点距離を変更させる複数のレンズ群と、光路中に配されかつ少なくとも軸上光束径を制限する開口絞りとを有するズームレンズ、及び、その像側に配された電子撮像素子を備えた電子撮像装置において、前記開口絞りは絞り形状が固定であり、前記開口絞りの配される空間とは異なる位置の空間の光軸上にシャッターを配したことを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 2 8 】

〔 6 9 〕 上記 6 8 において、前記開口絞りは、変倍時若しくは合焦点動作の際に、可変の空気間隔を挟む前後のレンズ群の間に配され、前記シャッターは前記空気間隔とは異なる位置に配されることを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 2 9 】

〔 7 0 〕 上記 6 8 又は 6 9 において、前記開口絞りは、その開口絞りから光軸に下ろした垂線と光軸との交わる位置が、レンズ群中のレンズ媒質内に位置することを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 3 0 】

〔 7 1 〕 上記 7 0 において、前記開口絞りは、前記レンズ群中の何れかのレンズ面に接して設けられることを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 3 1 】

〔 7 2 〕 上記 6 8 から 7 1 の何れか 1 項において、前記開口絞りを、光軸側に開口を設けた口径板としたことを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 3 2 】

〔 7 3 〕 上記 6 8 から 7 2 の何れか 1 項において、前記ズームレンズは少なくとも負の屈折力のレンズ群と、その像側直後に配された正の屈折力のレンズ群とを有し、広角端よりも望遠端にて前記負の屈折力のレンズ群と前記正の屈折力のレンズ群との間隔が減少し、前記開口絞りを前記負の屈折力のレンズ群の最も像側面から前記正の屈折力のレンズ群の像側面の間に配し、前記シャッターを前記開口絞りよりも像面側に配したことを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 3 3 】

〔 7 4 〕 上記 7 3 において、前記負のレンズ群を最も物体側に配置したことを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 3 4 】

〔 7 5 〕 上記 7 3 において、前記ズームレンズは、物体側から順に、前記負の屈折力を有するレンズ群と、前記正の屈折力を有するレンズ群とを有し、変倍時に可動のレンズ群は前記負の屈折力を有するレンズ群と前記正の屈折力を有するレンズ群の 2 つのレンズ群のみであることを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 3 5 】

10

20

30

40

50

〔 7 6 〕 上記 7 3 において、前記ズームレンズは、物体側から順に、前記負の屈折力を有するレンズ群と、前記正の屈折力を有するレンズ群との 2 つのレンズ群のみであることを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 3 6 】

〔 7 7 〕 上記 7 3 から 7 6 の何れか 1 項において、前記開口絞りは、前記正の屈折力のレンズ群直前の空気間隔中に配されことを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 3 7 】

〔 7 8 〕 上記 7 3 から 7 7 の何れか 1 項において、前記シャッターは、前記正の屈折力のレンズ群の直後の空気間隔中に配することを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 3 8 】

〔 7 9 〕 上記 6 8 から 7 8 の何れか 1 項において、前記開口絞りとそれよりも像側の前記シャッターとの光軸上の距離を ℓ_1 、前記シャッターと前記電子撮像素子における撮像面までの光軸上での距離を ℓ_2 としたときに、常に以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 3 9 】

(2 6) $0.01 < \ell_1 / \ell_2 < 1.0$

〔 8 0 〕 上記 6 8 から 7 9 の何れか 1 項において、前記開口絞りの開口の最大開口径（直径）を ϕ 、前記シャッターの最大有効径（対角長）を ϕ_s とするときに、以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 4 0 】

(2 7) $0.5 < \phi / \phi_s < 1.5$

〔 8 1 〕 上記 6 8 から 8 0 の何れか 1 項において、前記開口絞りは可変間隔に配され、前記開口絞りの直前のレンズ面及び直後のレンズ面は共に像側に凹面を向け、前記開口絞りの外形が、光軸から離れる程像側に傾いた漏斗形状であることを特徴とする電子撮像装置。

【 0 4 4 1 】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、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でのレンズ断面図である。

【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 6 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 7】実施例 7 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 8】実施例 8 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 9】実施例 9 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 1 0】実施例 1 0 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 1 1】実施例 1 1 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【図 1 2】実施例 1 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 1 3】実施例 1 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 1 4】実施例 2 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 1 5】実施例 3 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 1 6】実施例 5 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 1 7】実施例 6 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 1 8】実施例 9 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 19】実施例 12 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図 20】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 21】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 22】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 23】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 24】各実施例の明るさ絞りの部分の一例の詳細を示す斜視図である。

【図 25】各実施例の明るさ絞りの部分の別の例の詳細を示す図である。

【図 26】固定絞りとフィルターあるいはシャッターを配置する本発明によるズームレンズの固定絞りが F 値の理論限界より大きいときの固定絞りの形状例を示す図である。

10

【図 27】固定絞りとフィルターあるいはシャッターを配置する本発明によるズームレンズの固定絞りが F 値の理論限界より小さいときの固定絞りの形状例を示す図である。

【図 28】漏斗状固定絞りの例を示す図である。

【図 29】実施例 12 においては利用可能なターレット状の光量調整フィルターを示す図である。

【図 30】光量ムラを抑えるフィルターの例を示す図である。

【図 31】光路中に揺動にて挿脱するフィルターの例を示す図である。

【図 32】反射光によるゴーストを低減させるフィルターの揺動挿脱構造を示す図である。

【図 33】ロータリーフォーカルプレーンシャッターの例を示す裏面図と表面図である。

20

【図 34】図 33 のシャッターのロータリーシャッター幕が回転する様子を示す図である。

【図 35】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。

【図 36】図 35 のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図 37】図 35 のデジタルカメラの断面図である。

【図 38】本発明によるズームレンズが対物光学系として組み込まれたパソコンのカバーを開いた前方斜視図である。

【図 39】パソコンの撮影光学系の断面図である。

【図 40】図 38 の状態の側面図である。

30

【図 41】本発明によるズームレンズが対物光学系として組み込まれた携帯電話の正面図、側面図、その撮影光学系の断面図である。

【符号の説明】

G 1 ... 第 1 群

G 2 ... 第 2 群

G 3 ... 第 3 群

F ... 光学的ローパスフィルター

C ... カバーガラス

I ... 像面

E ... 観察者眼球

40

S 1 ... 固定絞り

S 2 ... シャッター又は光量調整フィルター

1 A、1 B、1 C、1 D、1 E ... 開口

1 A'、1 B'、1 C'、1 D'、1 E' ... 開口

1 A''、1 B''、1 C''、1 D'' ... 開口

1 0 ... ターレット

1 0' ... ターレット

1 0'' ... ターレット

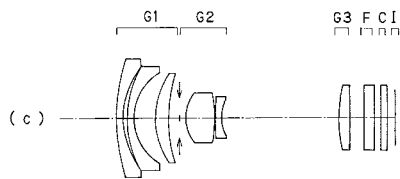
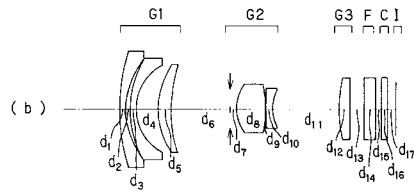
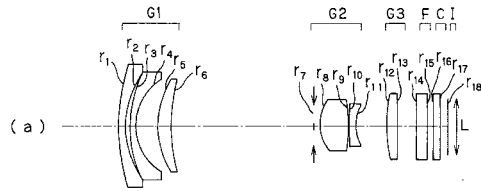
1 1 ... 回転軸

1 5 ... シャッター基板

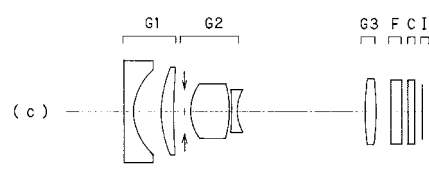
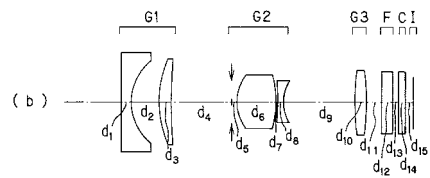
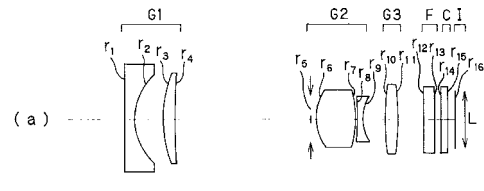
50

1 6 ... 開口部	
1 7 ... ロータリーシャッター幕	
1 8 ... 回転軸	
1 9、2 0 ... ギヤ	
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	10
4 6 ... フラッシュ	
4 7 ... 液晶表示モニター	
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	20
1 1 2 ... 対物レンズ	
1 1 3 ... 鏡枠	
1 1 4 ... カバーガラス	
1 6 0 ... 撮像ユニット	
1 6 2 ... 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	30
3 0 4 ... 撮影光路	
3 0 5 ... 画像	
4 0 0 ... 携帯電話	
4 0 1 ... マイク部	
4 0 2 ... スピーカ部	
4 0 3 ... 入力ダイヤル	
4 0 4 ... モニター	
4 0 5 ... 撮影光学系	
4 0 6 ... アンテナ	
4 0 7 ... 撮影光路	40

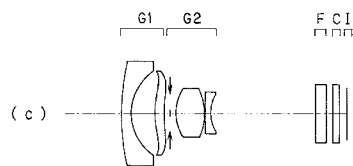
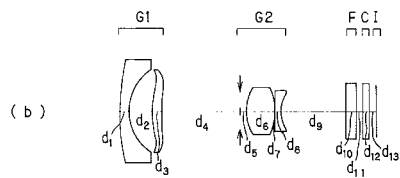
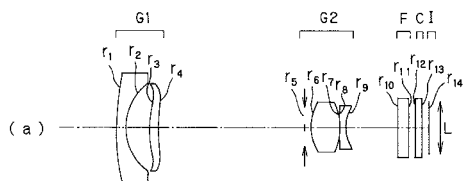
【図 1】



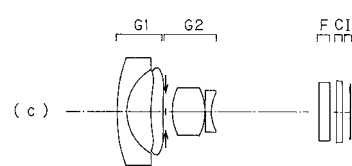
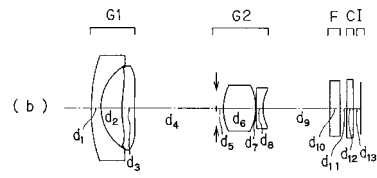
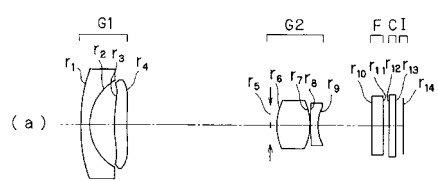
【図 2】



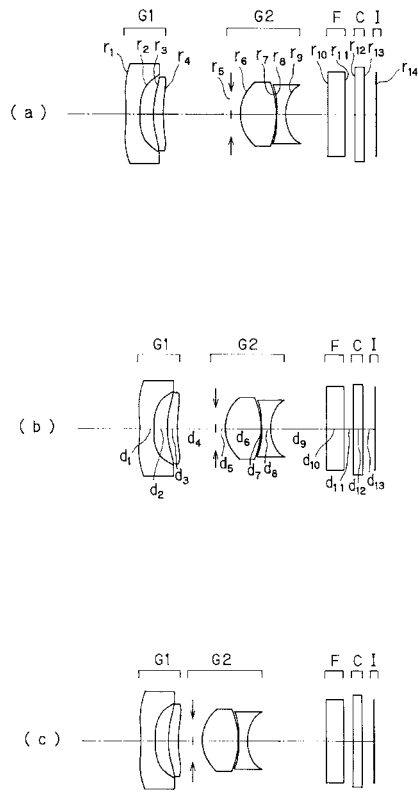
【図 3】



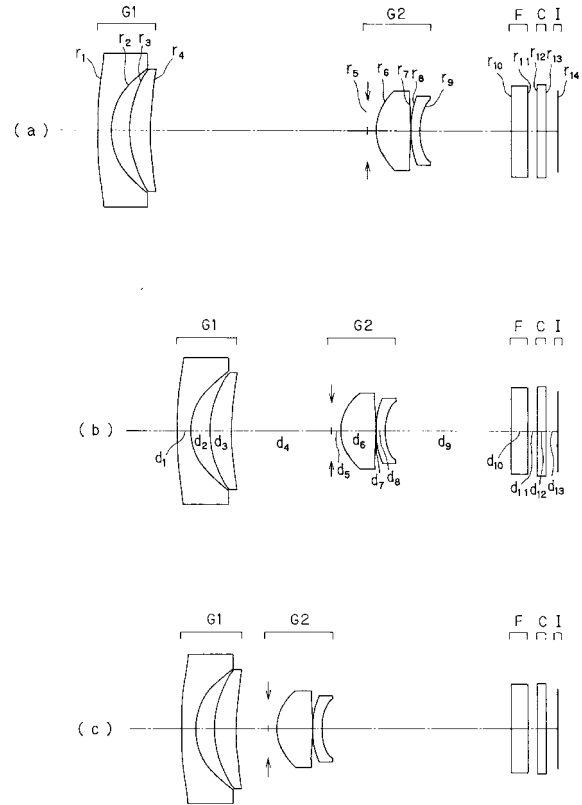
【図 4】



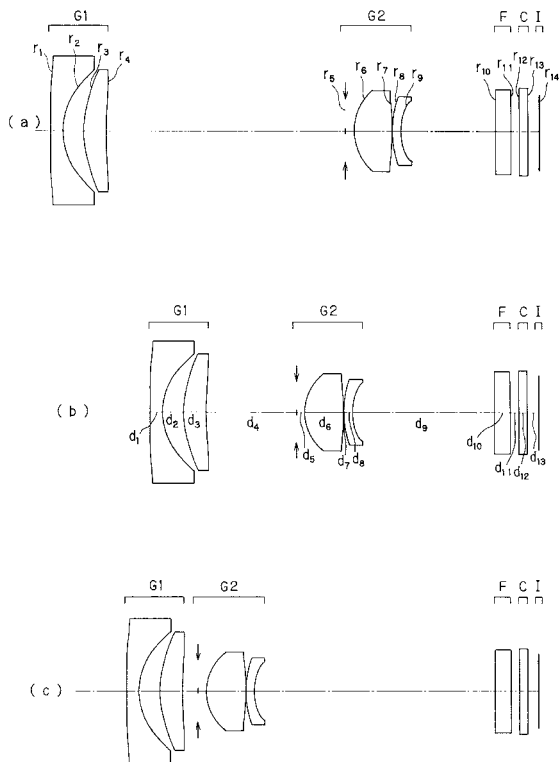
【図 5】



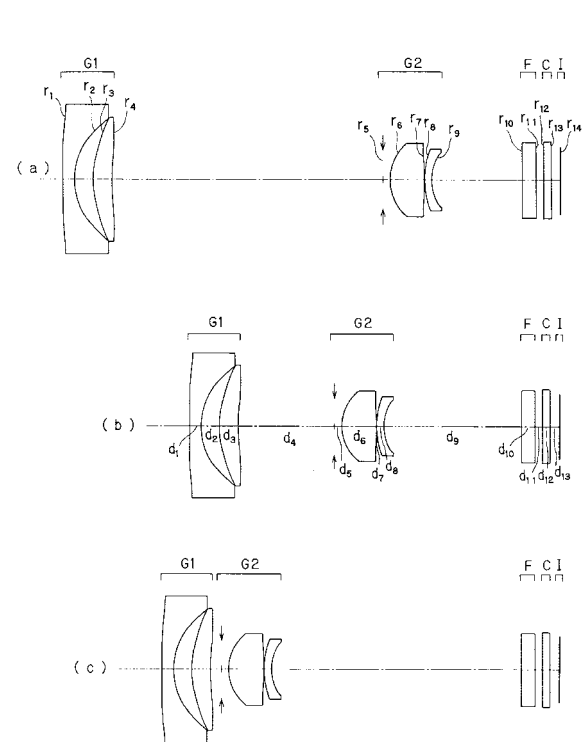
【図 6】



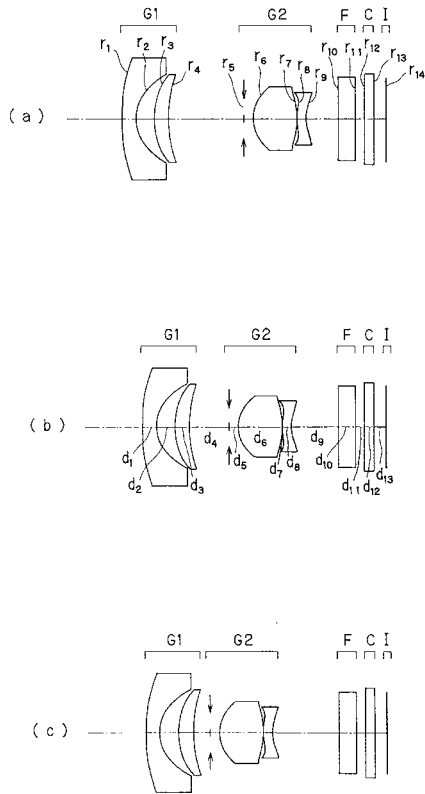
【図 7】



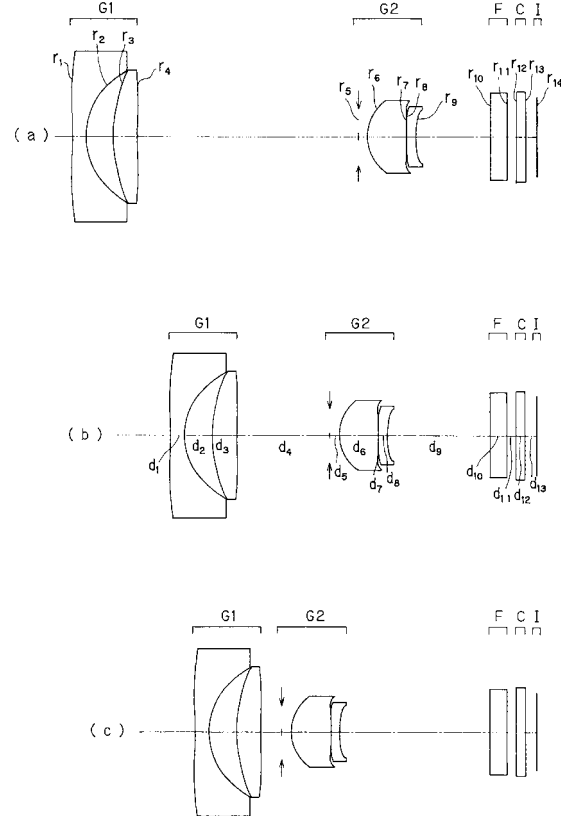
【図 8】



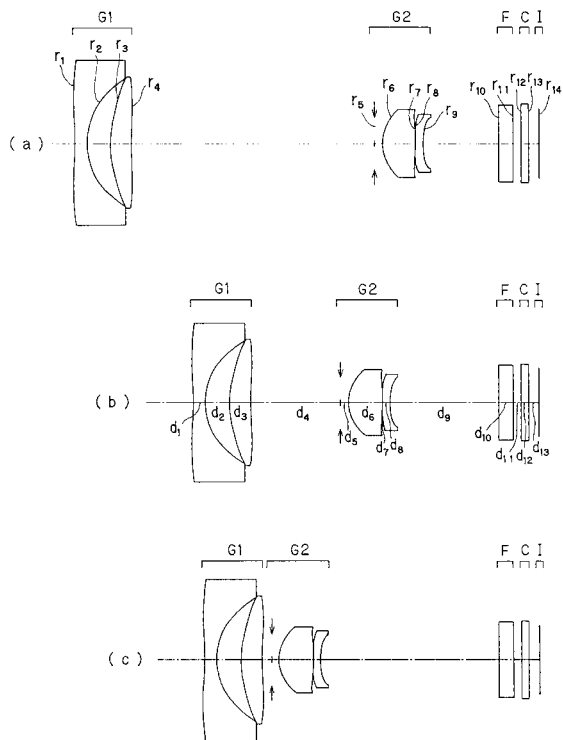
【図 9】



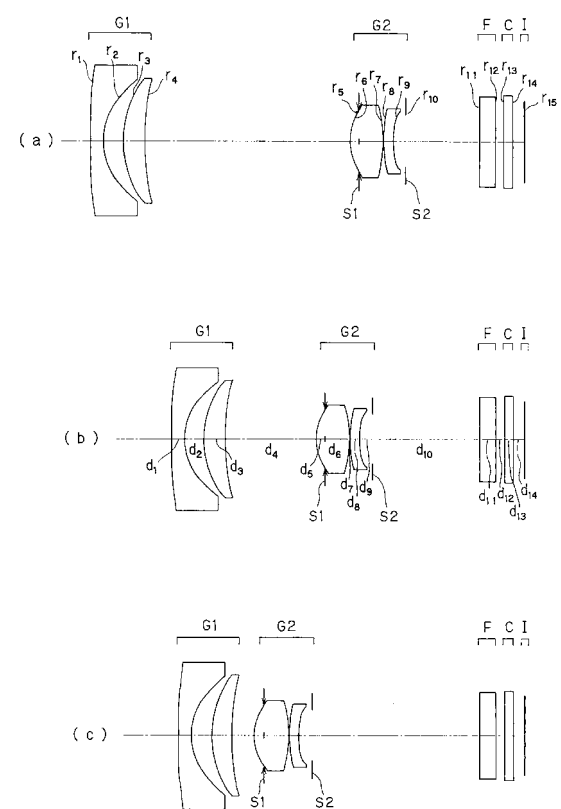
【図 10】



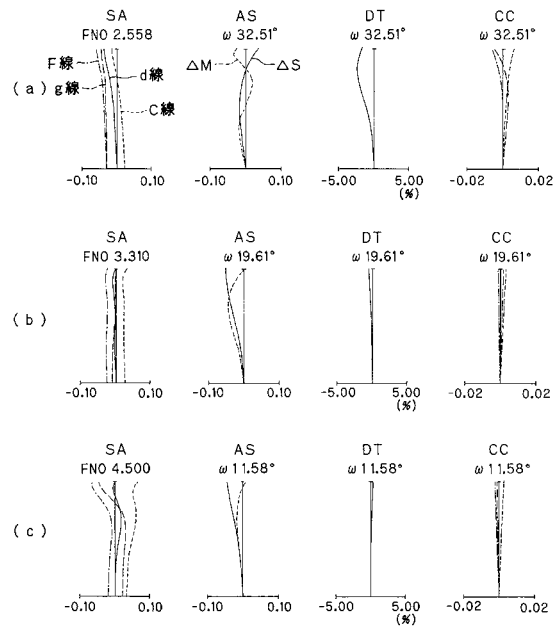
【図 11】



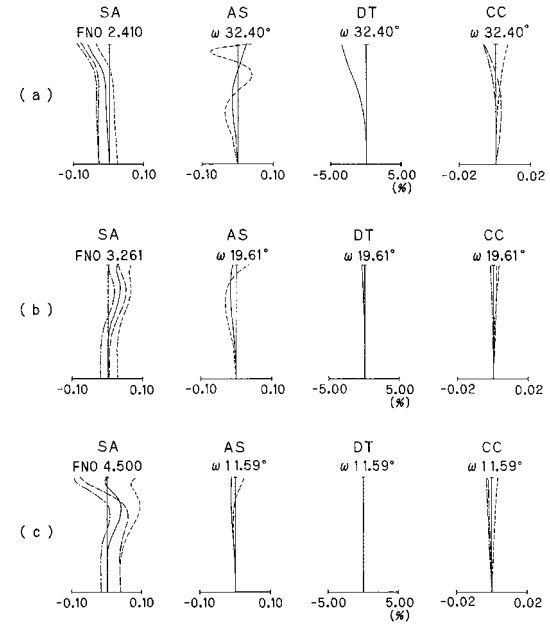
【図 12】



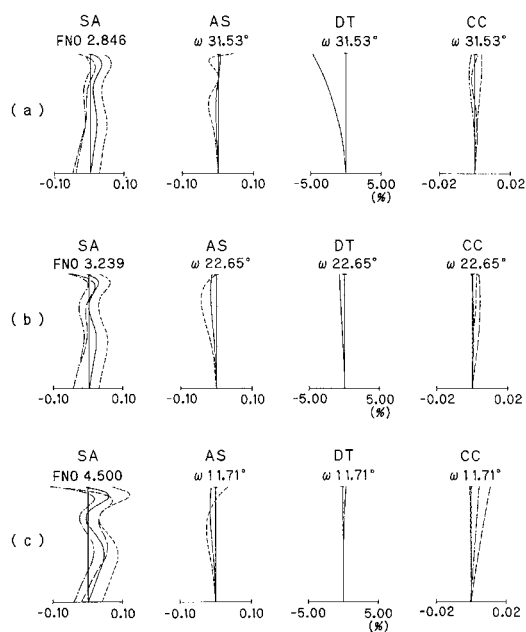
【図 13】



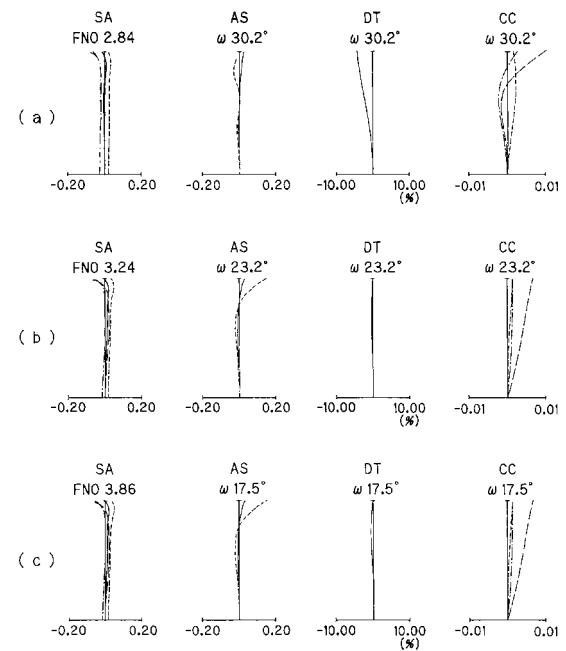
【図 14】



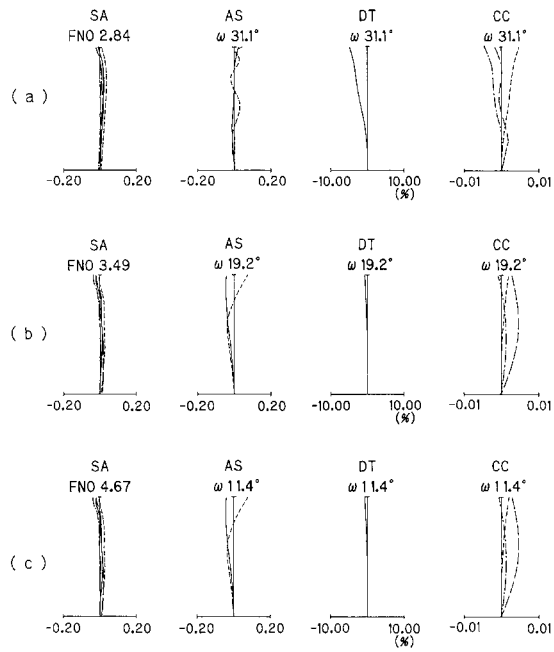
【図 15】



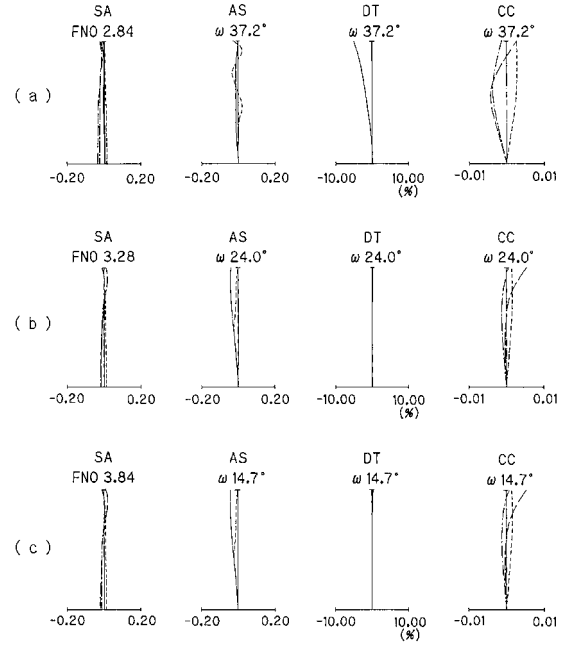
【図 16】



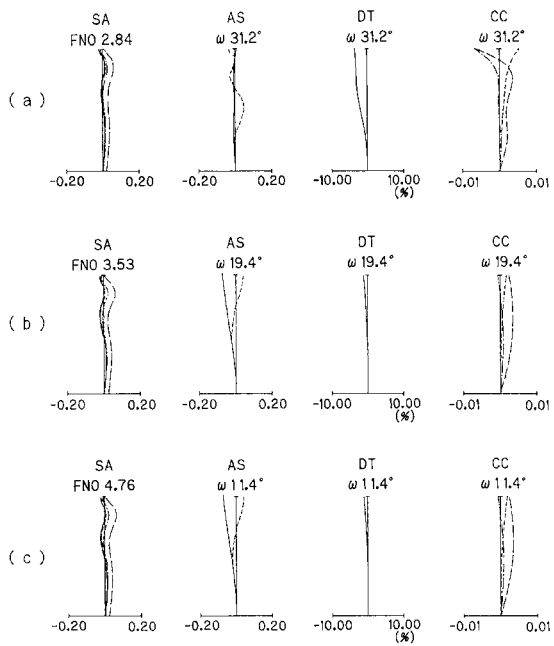
【図 17】



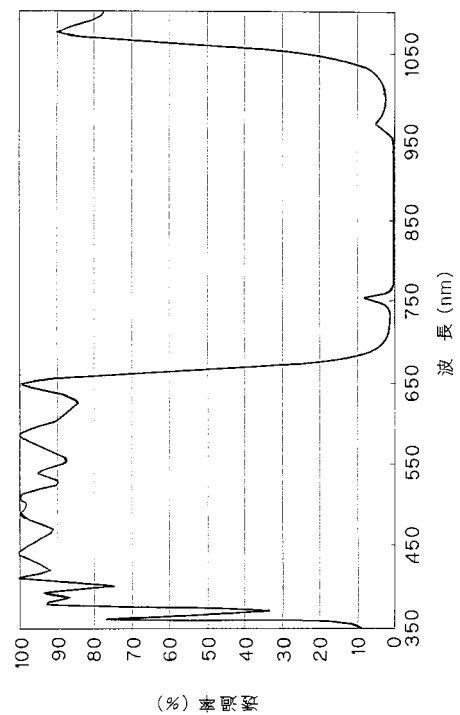
【図 18】



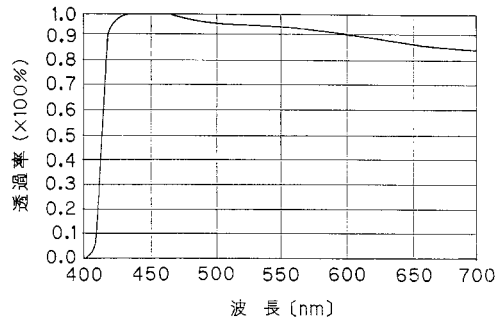
【図 19】



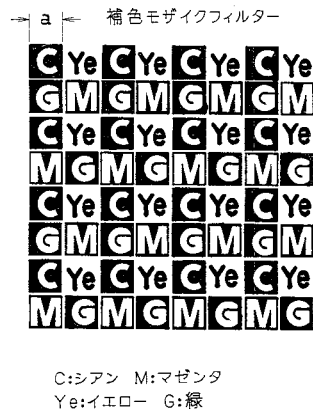
【図 20】



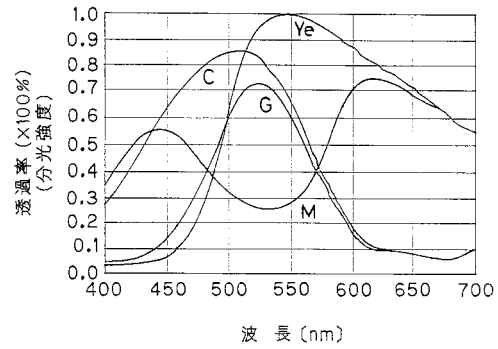
【図 2 1】



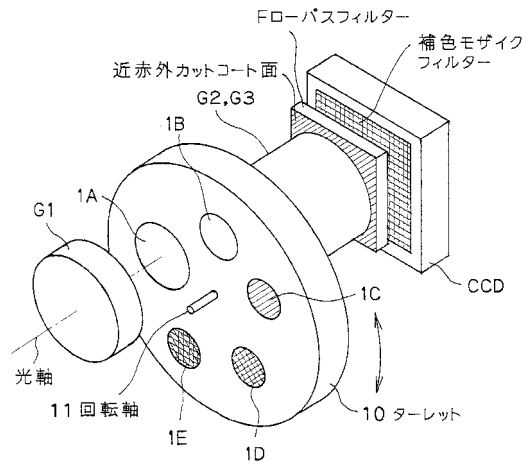
【図 2 2】



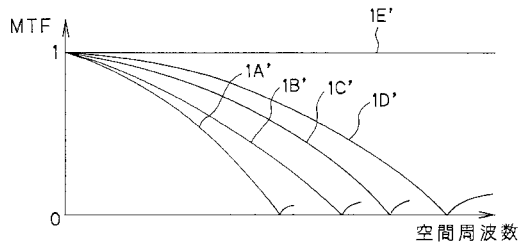
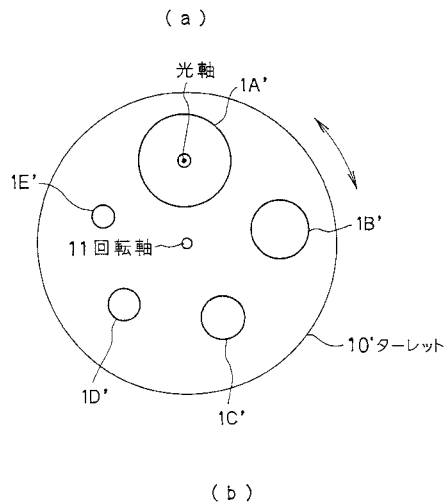
【図 2 3】



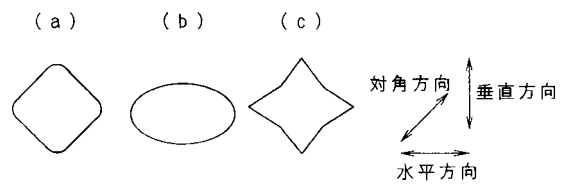
【図 2 4】



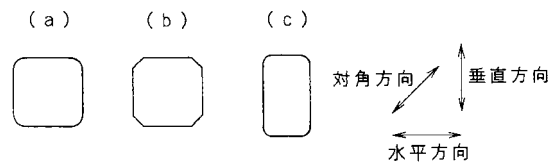
【図 2 5】



【図 2 6】



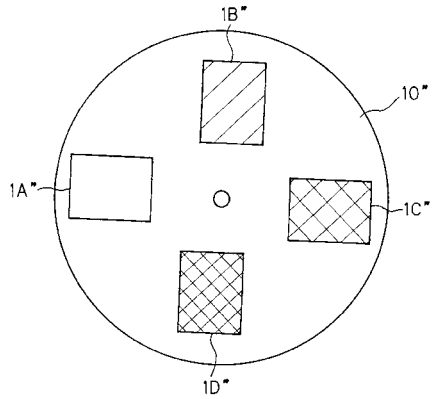
【図 2 7】



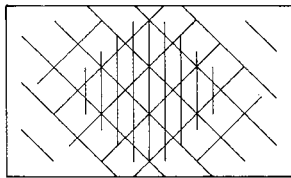
【図 2 8】



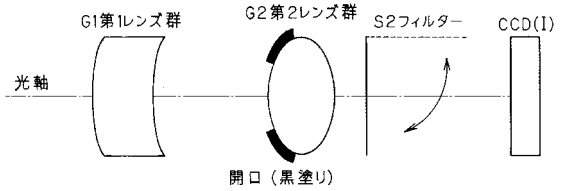
【図 29】



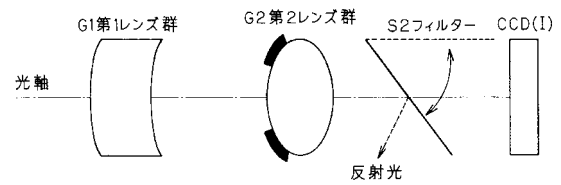
【図 30】



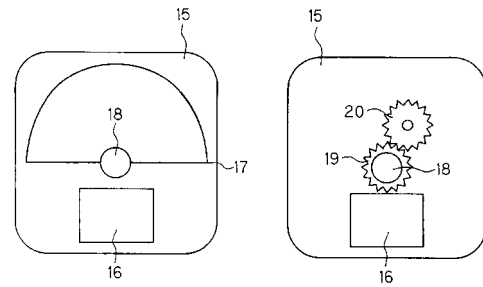
【図 31】



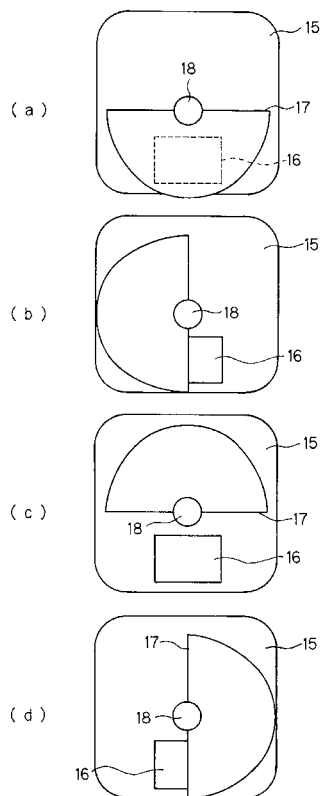
【図 32】



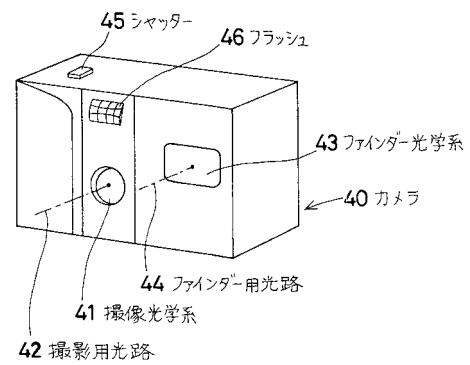
【図 33】



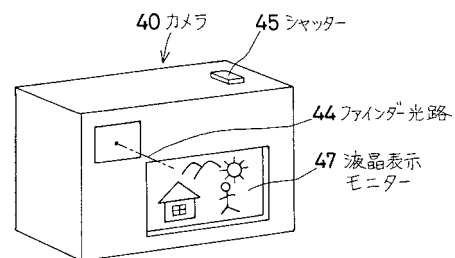
【図 34】



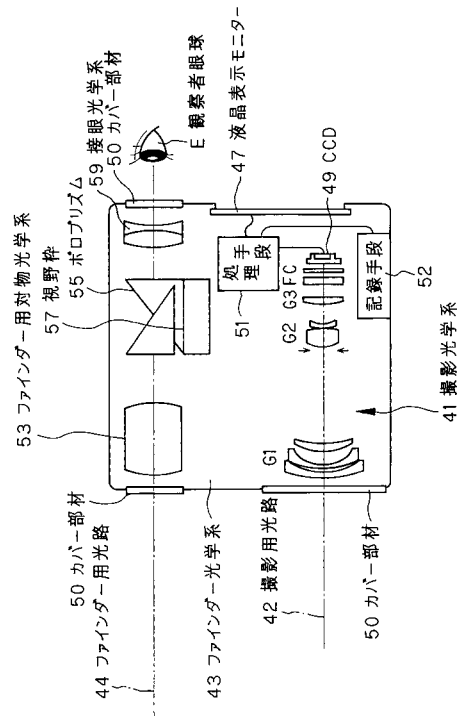
【図 35】



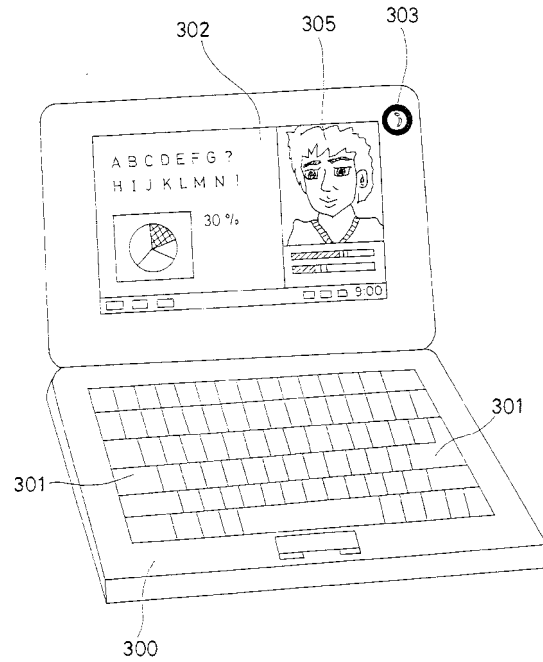
【図 36】



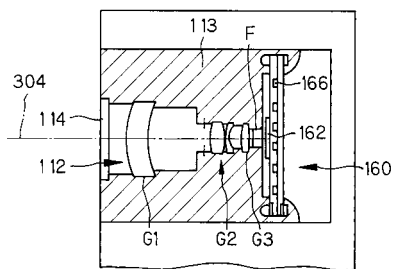
【図 37】



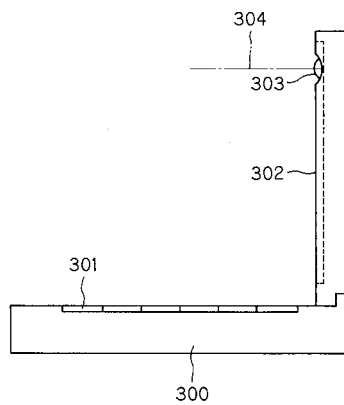
【図 38】



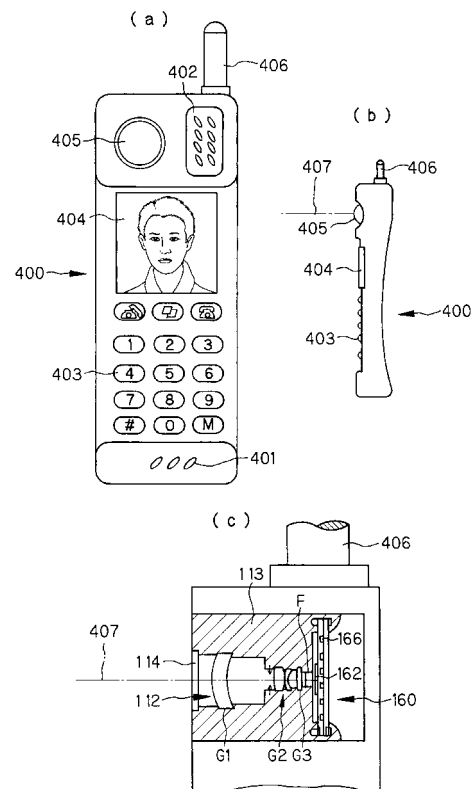
【図 39】



【図 40】



【図 41】



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 宮島 徹
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
オリンパス光学工業株式会社内
- (72)発明者 野沢 敏秀
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
オリンパス光学工業株式会社内
- (72)発明者 後藤 尚志
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
オリンパス光学工業株式会社内
- (72)発明者 渡邊 正仁
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
オリンパス光学工業株式会社内
- (72)発明者 三原 伸一
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
オリンパス光学工業株式会社内
- (72)発明者 宮内 裕司
東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
オリンパス光学工業株式会社内

審査官 原田 英信

- (56)参考文献 特開平 0 9 - 0 3 3 8 1 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 0 5 2 2 3 5 (J P , A)
特開平 0 4 - 0 6 7 1 1 3 (J P , A)
特開平 0 4 - 0 6 7 1 1 2 (J P , A)
特開平 0 4 - 0 4 6 3 0 9 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04