

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5665489号
(P5665489)

(45) 発行日 平成27年2月4日(2015.2.4)

(24) 登録日 平成26年12月19日(2014.12.19)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/20 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/20
G02B 13/18

請求項の数 12 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2010-251844 (P2010-251844)
 (22) 出願日 平成22年11月10日 (2010.11.10)
 (65) 公開番号 特開2012-103480 (P2012-103480A)
 (43) 公開日 平成24年5月31日 (2012.5.31)
 審査請求日 平成25年11月6日 (2013.11.6)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 堀内 昭永
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内

審査官 原田 英信

(56) 参考文献 特開平08-248318 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群より構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第1レンズ群は不動であり、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が減少するよう、前記第2、第4レンズ群が移動するズームレンズにおいて、前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズ、正レンズからなり、前記第3、第4レンズ群は2つ以上のレンズからなり、前記第1、第3レンズ群の焦点距離を各々 f_1 、 f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第1レンズ群の光軸上の厚さを T_1 、広角端における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の主点間隔を H_{12} とするとき、

$$\begin{aligned} -5.0 &< H_{12} / f_w < -0.2 \\ 1.5 &< f_1 / f_3 < 4.0 \\ 2.0 &< T_1 / f_w < 10.0 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

広角端における空気換算でのバックフォーカスを B_{Fw} とするとき、

$$0.5 < B_{Fw} / f_w < 10.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

10

20

【請求項 3】

全系のレンズ全長を $T D$ とするとき、

$$15.0 < T D / f_w < 40.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 2 レンズ群の広角端と望遠端の光軸上での位置の差を M_2 、前記第 3 レンズ群の広角端と望遠端の光軸上の位置の差を M_3 とするとき、

$$0.0 < |M_3 / M_2| < 1.5$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

10

【請求項 5】

前記第 3 レンズ群の広角端と望遠端の光軸上の位置の差を M_3 とするとき、

$$0.0 < |M_3| / f_w < 10.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

$$5.0 < f_1 / f_w < 15.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

20

【請求項 7】

広角端と望遠端における前記第 2 レンズ群の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、広角端と望遠端における前記第 3 レンズ群の横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$ とするとき、

$$1.0 < (2t / 2w) / (3t / 3w) < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記第 2 レンズ群の広角端と望遠端の光軸上での位置の差を M_2 、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

$$2.0 < |M_2 / f_2| < 3.5$$

30

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記第 3 レンズ群の全部又は一部を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させて、撮影画像を光軸に対して垂直方向に移動させることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

前記開口絞りがズーミングに際して移動することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

前記第 2 レンズ群は、物体側より像側へ順に、負レンズ、負レンズ、負レンズ、正レンズより成ることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載のズームレンズ。

40

【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載のズームレンズと該ズームレンズによって形成された像を受光する撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズに関し、特にビデオカメラ、監視カメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、銀塩写真用カメラ等の撮像装置に用いる撮像レンズとして好適なもので

50

ある。

【背景技術】

【0002】

固体撮像素子を用いたビデオカメラ、監視用カメラ、デジタルスチルカメラ等の撮像装置に用いる撮影光学系には、全系が小型で広角化のズームレンズであることが求められている。さらに、固体撮像素子の高精細化に対応できるように全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有したズームレンズであることが要望されている。これらの要求を満足するズームレンズとして、物体側より像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の第1乃至第4レンズ群を有する4群ズームレンズが知られている。

【0003】

10

このうち、第2レンズ群または第2レンズ群と第3レンズ群を移動させて変倍を行い、第4レンズ群を移動させて変倍に伴う像面変動を補正すると共にフォーカシングを行う、所謂リアフォーカスタイルの4群ズームレンズが知られている（特許文献1、2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2004-272187号公報

【特許文献2】特開2002-244045号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

撮像装置に用いる撮影レンズ系（撮影光学系）には、広画角で高ズーム比（高倍率）で全系が小型であることが強く望まれている。また、撮像素子の高画素化に伴い、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有していることが要望されている。広画角化及び高ズーム比化を図りつつ、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るには、ズームタイプ、各レンズ群の屈折力そして各レンズ群のレンズ構成等を適切に設定することが重要になってくる。

【0006】

30

特に前述したズームタイプのリヤーフォーカス式の4群ズームレンズでは、第1レンズ群と第2レンズ群の光軸上の位置関係や、第1、第3レンズ群の屈折力（焦点距離の逆数）、そして第1レンズ群のレンズ構成等を適切に設定することが重要になってくる。この他、好ましくは変倍用の第2、第3レンズ群のズーミングに伴う移動距離（移動量）や結像倍率等を適切に設定することが重要になってくる。これらの構成を適切に設定しないと、全系の小型化を図りつつ、広画角化及び高ズーム比化を図り、全変倍範囲にわたり高い光学性能を得るのが困難になってくる。

【0007】

本発明は全系が小型で広画角かつ高ズーム比で、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有したズームレンズ及びそれを有する撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

40

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群より構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第1レンズ群は不動であり、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が減少するように、前記第2、第4レンズ群が移動するズームレンズにおいて、前記第1レンズ群は物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズ、正レンズからなり、前記第3、第4レンズ群は2つ以上のレンズからなり、前記第1、第3レンズ群の焦点距離を各々 f_1 、 f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第1レンズ群の光軸上の厚さを T_1 、広角端における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の主点間隔を H_{12} とするとき、

1.5 < f1 / f3 < 4.0
2.0 < T1 / fw < 10.0

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、全系が小型で広画角かつ高ズーム比で、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有したズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施例1のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

10

【図2】(A)、(B)、(C) 実施例1のズームレンズの広角端における諸収差図

【図3】実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図4】(A)、(B)、(C) 実施例2のズームレンズの広角端における諸収差図

【図5】実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図6】(A)、(B)、(C) 実施例3のズームレンズの広角端における諸収差図

【図7】実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図8】(A)、(B)、(C) 実施例4のズームレンズの広角端における諸収差図

【図9】実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図10】(A)、(B)、(C) 実施例5のズームレンズの広角端における諸収差図

【図11】(A)、(B) 実施例1のズームレンズの広角端と望遠端における標準状態の横収差図

20

【図12】(A)、(B) 実施例1のズームレンズの広角端と望遠端における防振時の横収差図

【図13】本発明のビデオカメラの要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を用いて本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群を有する。そしてズーミングに際して第1レンズ群は不動であり、少なくとも第2、第4レンズ群が光軸上を移動する。本発明のズームレンズは、第1レンズ群の物体側又は第4レンズ群の像側の少なくとも一方に屈折力のあるレンズ群が配置されていても良い。

30

【0012】

図1は本発明の実施例1のズームレンズの広角端(短焦点距離端)におけるレンズ断面図、図2(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端(長焦点距離端)における収差図である。図3は本発明の実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図4(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0013】

図5は本発明の実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図6(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図7は本発明の実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図8(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

40

【0014】

図9は本発明の実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図10(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例5のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図11(A)、(B)はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、望遠端における防振を行なっていない標準状態の横収差図である。図12(A)、(B)はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端において 3° の、望遠端において 0° の、

50

3°の防振時の横収差図である。図13は本発明のズームレンズを搭載するビデオカメラ(撮像装置)の要部概略図である。

【0015】

実施例1乃至5のズームレンズは撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。レンズ断面図において、左方が物体側で、右方が像側である。レンズ断面図において、L1は正の屈折力の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は正の屈折力の第4レンズ群である。SPは開口絞りであり、第3レンズ群L3の物体側に位置しており、ズーミングに際して不動又は移動している。

【0016】

Gは光学フィルター、フェースプレート等に相当する光学ブロックである。IPは像面であり、デジタルスチルカメラやビデオカメラの撮影光学系として使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子の撮像面が銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。球面収差図において、d、gは各々d線、g線を表している。非点収差図においてM、Sは各々d線におけるメリジオナル像面、サジタル像面を表している。歪曲収差においてはd線を表示し、倍率色収差においてはd線に対するg線の収差を表示している。FnoはFナンバー、は半画角である。

【0017】

尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍レンズ群(第2レンズ群)が機構上光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。各実施例では、広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印のように、第2レンズ群L2を像側に移動させている。また第3レンズ群L3を物体側に単調又は凸状の軌跡で移動することによって変倍を行う。また、第4レンズ群L4を物体側に凸状の軌跡で移動させることで変倍に伴う像面変動を補正している。尚、第3レンズ群L3はズーミングに際して不動であっても良い。

【0018】

広角端から望遠端へのズーミングに際して図1、図3、図5の実施例1、2、3では、第2レンズ群L2が像側へ、第3レンズ群L3が物体側へ、第4レンズ群L4は物体側に凸状の軌跡で移動する。図7の実施例4では第2レンズ群L2が像側へ、第4レンズ群L4は物体側に凸状の軌跡で移動する。図9の実施例5では、第2レンズ群L2が像側へ移動し、第3レンズ群L3は物体側へ凸状の軌跡で移動し、第4レンズ群L4は像側へ移動する。

【0019】

また、第4レンズ群L4を光軸上移動させてフォーカシングを行うリアフォーカス式を採用している。第4レンズ群L4に関する実線の曲線4aと点線の曲線4bは、各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの変倍に伴う像面変動を補正するための移動軌跡である。又、望遠端において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合には、矢印Fに示すように第4レンズ群L4を前方に繰り出すことで行っている。

【0020】

又、撮影時には、第3レンズ群L3の全部または一部を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させる事によって撮影画像を光軸に対して垂直方向に移動させている。これによってズームレンズが振動したときの撮影画像のブレを補正している。即ち防振を行なっている。

【0021】

図11(A)、(B)は実施例1において防振を行なっていない標準状態の横収差図である。図12(A)、(B)は、実施例1において第3レンズ群L3全体で防振を行なったときの広角端(3度の防振)と望遠端(0.3°の防振)での横収差が良好に補正されていることがわかる。各実施例のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、開口絞りSP、正の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4より構成されている。

【0022】

10

20

30

40

50

そして広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1レンズ群L1は不動である。第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔が増大し、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が減少するように、第2、第4レンズ群L4が移動する。第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズ、正レンズからなっている。第3、第4レンズ群L3、L4は2つ以上のレンズからなっている。

【0023】

そして第1、第3レンズ群L1、L3の焦点距離を各々 f_1 、 f_3 とする。広角端における全系の焦点距離を f_w とする。第1レンズ群L1の光軸上の厚さを T_1 とする。広角端における第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の主点間隔を H_{12} とする。このとき、

$$-5.0 < H_{12} / f_w < -0.2 \quad \dots (1)$$

$$1.5 < f_1 / f_3 < 4.0 \quad \dots (2)$$

$$2.0 < T_1 / f_w < 10.0 \quad \dots (3)$$

10

なる条件式を満足している。

【0024】

各実施例では、物体側より像側へ順に、正、負、正、正の屈折力のレンズ群より構成し、ズーミングに際しての各レンズ群の移動条件、第1レンズ群L1のレンズ構成及び第1レンズ群L1と第3レンズ群L3の焦点距離の比等を前述の如く適切に設定している。これにより広画角、高ズーム比化、そして全系の小型化を達成しつつも全ズーム領域で良好な光学性能を得ている。特に入射瞳の位置を物体側に配置させるようにして、諸収差を良好に補正しつつ前玉有効径の小型化を容易にしている。

20

【0025】

また第1レンズ群L1を前述の如く構成している。特に前玉有効径を抑えつつ、広画角化を容易にするため、負レンズが最も物体側に位置するようにしている。そして、第1レンズより出る光線を大きく曲げることにより、第1レンズによって発生した像面湾曲を補正している。また、第3、第4レンズ群L3、L4が2つ以上のレンズを有するようにして、全系を小型化してもズーム全域で良好な性能を維持するとともに、ズーミングに際して発生した色収差、像面湾曲等を良好に補正している。

20

【0026】

ここで条件式(1)は第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の主点間隔と広角端における全系の焦点距離の比を適切に設定するものである。広画角でありながら全系が小型でかつズーム全域において良好な光学性能となるズームレンズを得るためのものである。

30

【0027】

条件式(1)の上限値を超えると、広角端における第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の主点間隔が長くなりすぎてしまい、全長や前玉有効径が大型化してくる。また、下限値を超えると、広角端における第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の主点間隔が短くなりすぎてしまい、望遠端における軸上色収差やズーム全域における像面湾曲の変動を抑えることが困難となる。

【0028】

条件式(2)は第1レンズ群L1と第3レンズ群L3の焦点距離を適切に設定するものである。広画角でありながら全系が小型でかつズーム全域において良好な光学性能となるズームレンズを得るためのものである。条件式(2)の上限値を超えると、第1レンズ群L1の焦点距離が長くなりすぎてしまい、全長や前玉有効径が大型化してくる。また、下限値を超えると、第1レンズ群L1の焦点距離が短くなりすぎてしまい、ズーム全域における非点収差やコマ収差及び像面湾曲の変動を抑えることが困難となる。

40

【0029】

条件式(3)は第1レンズ群の光軸上の厚みと広角端の焦点距離の比を適切に設定するものである。広画角でありながら全系が小型でかつズーム全域において良好な光学性能となるズームレンズを得るためのものである。条件式(3)の上限値を超えると、第1レンズ群L1の光軸上の厚みが長くなりすぎてしまい、全長や前玉有効径が大型化してくる。また、下限値を超えると、第1レンズ群L1の光軸上の厚みが薄くなりすぎてしまい、ま

50

た、正レンズのコバの厚みを十分長く確保するのが困難になり、製造が困難になる。

【0030】

更に好ましくは条件式(1)～(3)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。まず条件式(1)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0031】

$$-3.5 < H12 / fw < -0.3 \dots \dots (1a)$$

条件式(1a)の範囲に設定することで、広角端における第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の主点間隔をより適切に設定することが出来る。この為、全長や前玉有効径が大型化するのを抑制することが容易になる。また、望遠端における軸上色収差やズーム全域における像面湾曲の変動を抑えることが容易となる。また条件式(2)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

10

【0032】

$$1.5 < f1 / f3 < 2.1 \dots \dots (2a)$$

条件式(2a)の範囲に設定することで、第1レンズ群L1と第3レンズ群L3の焦点距離の比をより適切に設定することが出来る為、全長や前玉有効径が大型化するのを、抑制することが容易になる。また、ズーム全域における非点収差やコマ収差及び像面湾曲の変動を抑えることが容易となる。また条件式(3)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

20

【0033】

$$4.0 < T1 / fw < 5.5 \dots \dots (3a)$$

条件式(3a)の範囲に設定することで、第1レンズ群L1の光軸上の厚みと広角端における全系の焦点距離の比をより適切に設定することが出来る。この為、全長や前玉有効径が大型化するのを抑制することが容易となる。また、コバの厚みを確保するのが容易になり、製造することが容易となる。これにより各実施例においては、小型で広画角、高ズーム比としつつもズーム全域で諸収差が良好に補正されたズームレンズを得るのが容易となる。

【0034】

本発明のズームレンズは、以上のような構成を満足することにより実現されるが、高ズーム比及び全系の小型化を維持しつつ更に光学性能を良好に維持するためには、以下の条件式のうち1以上を満足することが望ましい。広角端における空気換算でのバックフォーカスをBFWとする。全系のレンズ全長をTDとする。ここでレンズ全長とは第1レンズ面から最終レンズ面までの距離に空気換算でのバックフォーカスを加えた値である。第2レンズ群L2の広角端と望遠端の光軸上での位置の差をM2とする。第3レンズ群L3の広角端と望遠端における光軸上での位置の差をM3とする。

30

【0035】

ここで位置の差はレンズ群が移動し、広角端に比べて望遠端において物体側に位置するときの符号を負とし、像側に位置するときの符号を正とする。実施例4において第3レンズ群L3は不動であるので位置の差M3は0となる。広角端と望遠端における第2レンズ群L2の横倍率を各々2w、2tとする。広角端と望遠端における第3レンズ群L3の横倍率を3w、3tとする。第2レンズ群L2の焦点距離をf2とする。

40

【0036】

このとき、

$$0.5 < BFW / fw < 10.0 \dots \dots (4)$$

$$15.0 < TD / fw < 40.0 \dots \dots (5)$$

$$0.0 < |M3 / M2| < 1.5 \dots \dots (6)$$

$$0.0 < |M3| / fw < 10.0 \dots \dots (7)$$

$$5.0 < f1 / fw < 15.0 \dots \dots (8)$$

$$1.0 < (2t / 2w) / (3t / 3w) < 5.0 \dots \dots (9)$$

$$2.0 < |M2 / f2| < 3.5 \dots \dots (10)$$

なる条件式のうち1以上を満足するのが良い。

50

【0037】

条件式(4)は広角端のバックフォーカスと広角端における全系の焦点距離の比を適切に設定するものである。広画角でありながら全系が小型でかつズーム全域において良好な光学性能となるズームレンズを得るためにものである。条件式(4)の上限値を超えると、広角端のバックフォーカスが長くなりすぎてしまい、全長や前玉有効径が大型化してくる。また、下限値を超えると、広角端のバックフォーカスが短くなりすぎてしまい、最終レンズと像面との間に光学フィルター等の光学部材を配置することが困難となる。

【0038】

条件式(5)は物体側の第1レンズ面から像面迄の長さと広角端における全系の焦点距離の比を適切に設定するものである。広画角でありながら全系が小型でかつズーム全域において良好な光学性能となるズームレンズを得るためにものである。条件式(5)の上限値を超えると物体側の第1レンズ面から像面迄の長さが長くなりすぎてしまい、前玉有効径が大型化してくる。また、下限値を超えると、各レンズ群の屈折力が強くなりすぎてしまい、望遠端において軸上色収差が増大し、更にズーム全域における像面湾曲の変動を抑えることが困難となる。

10

【0039】

条件式(6)は広角端から望遠端へのズーミングにおける第3レンズ群L3の移動距離と、広角端から望遠端へのズーミングにおける第2レンズ群L2の移動距離の比を適切に設定するものである。広画角でありながら全系が小型でかつズーム全域において良好な光学性能となるズームレンズを得るためにものである。第3レンズ群L3がズーミングに際して不動のときはM3 = 0である。

20

【0040】

条件式(6)の上限値を超えると第3レンズ群L3の移動距離に対し、第2レンズ群L2の移動距離が短くなりすぎてしまい、ズーム全域における非点収差やコマ収差及び像面湾曲の変動を抑えることが困難となる。また、下限値を超えると、第3レンズ群L3の移動距離に対し、第2レンズ群L2の移動距離が長くなりすぎてしまい、全長や前玉有効径が大型化してくる。条件式(7)は広角端から望遠端へのズーミングにおける第3レンズ群L3の移動距離と、広角端における全系の焦点距離の比を適切に設定するものである。広画角でありながら全系が小型でかつズーム全域において良好な光学性能となるズームレンズを得るためにものである。

30

【0041】

条件式(7)の上限値を超えると、第3レンズ群L3の移動距離が長くなりすぎてしまい、ズーム全域における非点収差やコマ収差及び像面湾曲の変動を抑えることが困難となる。また、下限値を超えると、第3レンズ群L3の移動距離が短くなりすぎてしまい、全長が大型化してくる。

【0042】

条件式(8)は第1レンズ群L1と広角端における全系の焦点距離との比を適切に設定するものである。広画角でありながら全系が小型でかつズーム全域において良好な光学性能となるズームレンズを得るためにものである。条件式(8)の上限値を超えると、第1レンズ群L1の焦点距離f1が大きくなりすぎてしまい、収差補正は容易になるが、全長や前玉有効径が大型化してくる。また、下限値を超えると、第1レンズ群L1の焦点距離が小さくなりすぎてしまい、望遠端において球面収差や軸上色収差やコマ収差の補正が困難となる。

40

【0043】

条件式(9)は第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の変倍分担比を適切に設定するものである。変倍を複数のレンズ群に分割するとズーム全域の諸収差を良好に補正することが容易になる。条件式(9)の上限値を超えると、第2レンズ群L2の変倍分担が大きくなりすぎてしまい、ズーム全域における非点収差やコマ収差及び像面湾曲の変動を抑えることが困難となる。また、下限値を超えると、第3レンズ群L3の変倍分担が大きくなりすぎてしまい、全長や前玉有効径が大型化してくる。

50

【0044】

条件式(10)は第2レンズ群L2の移動距離と第2レンズ群L2の焦点距離の比を規定するものである。条件式(10)の上限値を超えると、第2レンズ群L2のズーミングに際して移動距離が多くなりすぎてしまい、全長や前玉有効径が大型化してくる。また、下限値を超えると、第2レンズ群L2のズーミングに際して移動距離が小さくなりすぎてしまい、所定の倍率を得るのに第3レンズ群L3の移動距離を増やせねばならず、全長や前玉有効径が大型化してくる。第2レンズ群L2は物体側より像側へ順に負レンズ、負レンズ、負レンズ、正レンズより構成するのがズーミングの際の収差変動を少なくするのに好ましい。

【0045】

更に好ましくは条件式(4)～条件式(10)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。まず、条件式(4)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0046】

$$1.0 < BFW / fw < 6.0 \quad \dots \quad (4a)$$

条件式(4a)の範囲に設定することで、広角端のバックフォーカスと広角端における全系の焦点距離の比をより適切に設定することが出来る。この為、全長や前玉有効径が大型化するのを抑制することが容易になる。また、光学フィルター等の光学部材を配置することが容易となる。また、条件式(5)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0047】

$$20.0 < TD / fw < 33.0 \quad \dots \quad (5a)$$

20

条件式(5a)の範囲に設定することで、物体側の第1レンズ面から像面迄の長さと広角端における全系の焦点距離の比をより適切に設定することが出来る。この為、全長や前玉有効径が大型化するのを抑制することが容易となる。また、望遠端における軸上色収差やコマ収差及びズーム全域における像面湾曲の変動を抑えることが容易となる。また条件式(6)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0048】

$$0.0 \mid M3 / M2 \mid < 0.7 \quad \dots \quad (6a)$$

条件式(6a)の範囲に設定することで、第3レンズ群L3のズーミングに際しての移動量に対し、第2レンズ群L2のズーミングに際しての移動量をより適切に設定することが出来る。この為、全長や前玉有効径が大型化するのを抑制することが容易になる。また、ズーム全域における非点収差やコマ収差及び像面湾曲の変動を抑えることが容易となる。また、条件式(7)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

30

【0049】

$$0.0 \mid M3 \mid / fw < 6.0 \quad \dots \quad (7a)$$

条件式(7a)の範囲に設定することで広角端から望遠端へのズーミングにおける第3レンズ群L3の最大移動距離と、広角端から望遠端へのズーミングにおける第2レンズ群L2の移動距離の比をより適切に設定することが出来る。この為、全長や前玉有効径が大型化するのを抑制することが容易になる。また、ズーム全域における非点収差やコマ収差及び像面湾曲の変動を抑えることが容易となる。また、条件式(8)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

40

【0050】

$$8.5 < f1 / fw < 12.5 \quad \dots \quad (8a)$$

条件式(8a)の範囲に設定することで、第1レンズ群L1の焦点距離をより適切に設定出来る。この為、全長や前玉有効径が大型化するのを抑制することが容易になる。また、望遠端において、球面収差や軸上色収差やコマ収差の補正をより良好に補正することが容易になる。また、条件式(9)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0051】

$$1.5 < (2t / 2w) / (3t / 3w) < 3.5 \quad \dots \quad (9a)$$

条件式(9a)の範囲に設定することで、第2レンズ群L2の変倍分担をより適切に設定することが出来る。この為、ズーム全域における非点収差やコマ収差及び像面湾曲の変

50

動をより良好に補正することが容易になる。また、全長や前玉有効径が大型化するのを抑制することが容易になる。また、条件式(10)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0052】

$$2.3 < |M_2 / f_2| < 3.4 \quad \dots (10a)$$

条件式(10a)の範囲に設定することで、第2レンズ群L2の移動距離をより適切に設定することが出来る。この為、全長や前玉有効径が大型化するのを抑制し、ズーム全域における非点収差やコマ収差及び像面湾曲の変動をより良好に補正することが容易になる。また、全長や前玉有効径が大型化するのを抑制することが容易になる。各実施例において、収差補正上更に好ましくは、絞りより像側の第3、第4レンズ群L3、L4の全体としてのレンズ枚数を5以上とするのがよい。

【0053】

更に好ましくは、広角端から望遠端へのズーミングに際して絞りSPまたは絞りユニットを物体側に凸状の軌跡で移動させるのがよい。更に好ましくは、第2レンズ群は負レンズ、負レンズ、負レンズ、正レンズを有するのがよい。尚、各実施例において、諸収差のうち歪曲収差の補正を電気的な画像処理によって補正しても良い。

【0054】

以上のように各実施例では、ズームタイプ、各レンズ群の屈折力等を適切に設定している。これにより、広画角化しつつ、広角端から望遠端までの全ズーム範囲にわたり色収差や像面湾曲などを良好に補正している。特にズーミングに際して第1レンズ群L1を不動とし、前述の如く各要素を設定することにより、広画角でありながら全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有した小型のズームレンズを得ている。この他各実施例によれば、画角が80°以上の広画角かつ10~20倍程度の高ズーム比に対応し、小型で広角端から望遠端に至る全ズーム範囲にわたり、又無限遠物体距離から至近物体距離に至る全物体距離にわたり高い光学性能を有したズームレンズを得ている。

【0055】

以下に、実施例1~5に各々対応する数値実施例1~5を示す。各数値実施例において、 i は物体側からの面の順番を示し、 r_i は第*i*番目(第*i*面)の曲率半径、 d_i は第*i*+1面との間の間隔、 n_{di} 、 d_i はそれぞれd線を基準とした第*i*番目の光学部材の材料の屈折率、アッベ数を示す。また、数値実施例1~5では最も像側の2つの面は光学プロックに相当する平面である。非球面形状は光軸からの高さHの位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にしてXとする。光の進行方向を正としRを近軸曲率半径、kを円錐定数、A4、A6、A8を各々非球面係数とする。このとき

【0056】

【数1】

$$X = \frac{H^2 / R}{1 + \sqrt{1 - (1 + k) (H / R)^2}} + A_4 H^4 + A_6 H^6 + A_8 H^8$$

【0057】

なる式で表している。*は非球面形状を有する面を意味している。「e-x」は10-xを意味している。前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表1に示す。

【0058】

数値実施例1

面データ

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	-380.702	1.35	1.90366	31.3

10

20

30

40

50

2	38.575	3.15		
3	115.168	3.13	1.72916	54.7
4	-188.992	0.18		
5	78.282	1.35	1.72825	28.5
6	31.108	5.13	1.83481	42.7
7	-601.451	0.18		
8	30.855	4.04	1.72916	54.7
9	-1814.505	(可変)		
10	211.256	0.70	1.90366	31.3
11	6.994	2.38		10
12	-356.214	0.60	1.92286	18.9
13	29.264	1.63		
14	-12.821	0.60	1.88300	40.8
15	3087.761	0.20		
16	33.849	2.40	1.92286	18.9
17	-16.448	(可変)		
18(絞り)		(可変)		
19*	10.785	2.82	1.58313	59.4
20	-1000.000	6.35		
21	31.263	0.60	1.84666	23.9
22	9.920	0.60		20
23*	19.406	2.05	1.58313	59.4
24	-101.225	(可変)		
25	10.346	3.50	1.51633	64.1
26	-11.860	0.89	1.84666	23.9
27	-27.227	(可変)		
28		0.50	1.54400	60.0
29		2.87		

像面

非球面データ

第19面

K =-6.89675e-001 A 4=-7.92673e-006 A 6= 1.10342e-007 A 8=-1.26501e-009

第23面

K =-1.03383e+000 A 4=-2.31662e-005

各種データ

ズーム比 9.85

	広角	中間	望遠	
焦点距離	3.52	15.88	34.66	
Fナンバー	1.85	2.61	2.88	
半画角(度)	38.18	10.68	4.93	
レンズ全長	90.32	90.32	90.32	

d 9	0.59	18.44	24.80
d17	26.53	8.68	2.32
d18	8.09	2.25	2.03
d24	2.00	3.82	4.50
d27	5.91	9.93	9.46

10

20

30

40

50

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	35.52
2	10	-8.42
3	19	23.58
4	25	19.08

【 0 0 5 9 】

数値実施例 2

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	-99.101	1.35	1.90721	27.9
2	37.844	1.82		
3	42.833	3.36	1.48749	70.4
4	530.218	0.18		
5	126.072	0.55	1.90942	25.4
6	63.150	4.15	1.88300	40.8
7	-62.932	0.18		
8	39.838	3.57	1.88300	40.8
9	343.830	(可変)		
10	68.427	0.70	1.91316	23.6
11	7.135	2.50		
12	-42.334	0.60	1.90253	31.7
13	22.079	1.77		
14	-12.259	1.44	1.88294	40.8
15	-30.772	0.10		
16	53.054	2.28	1.92286	18.9
17	-16.860	(可変)		
18(絞り)		(可変)		
19*	10.555	3.12	1.58313	59.4
20*	-64.128	6.34		
21	59.706	1.00	1.79088	23.2
22	7.065	1.10		
23*	8.610	4.43	1.58313	59.4
24	-500.000	(可変)		
25	9.655	3.31	1.48749	70.4
26	-14.871	1.10	1.92286	18.9
27	-30.439	(可変)		
28		0.50	1.51633	64.1

像面

30

40

非球面データ

第19面

K = 1.47680e-001 A 4=-7.21471e-005 A 6= 4.71537e-009 A 8=-2.68497e-009

第20面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.26534e-005 A 6= 4.87450e-007

50

第23面

K =-2.55240e-001 A 4=-5.41365e-006

各種データ

ズーム比 11.40

	広角	中間	望遠
焦点距離	3.35	16.31	38.20
Fナンバー	1.85	3.07	3.50
<u>半画角(度)</u>	42.11	10.52	4.53
像高	3.03	3.03	3.03
レンズ全長	98.42	98.42	98.42

d 9	0.50	23.04	31.08
d17	32.88	10.34	2.30
d18	10.19	2.28	2.17
d24	5.90	10.22	10.50
d27	3.52	7.10	6.93

10

20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	40.98
2	10	-9.40
3	19	20.49
4	25	19.61

【0060】

数値実施例3

単位 mm

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	-994.625	1.35	1.85997	32.6
2	33.776	3.53		
3	191.930	2.56	1.81382	45.4
4	-361.868	0.18		
5	36.909	1.35	1.90824	26.3
6	30.666	4.21	1.55001	64.1
7	-127.659	0.18		
8	42.705	3.08	1.74733	52.2
9	-182.732	(可変)		
10	349.261	0.70	1.88299	40.8
11	7.885	3.23		
12	-26.984	0.60	1.92286	18.9
13	-110.745	1.16		
14	-16.571	0.60	1.88227	40.8
15	-1925.456	0.23		
16	36.337	2.04	1.92286	18.9
17	-22.749	(可変)		

40

50

18(絞り)	(可変)				
19*	12.991	3.57	1.58313	59.4	
20	-700.184	5.32			
21	27.478	0.60	1.84666	23.9	
22	11.227	0.66			
23*	17.366	2.37	1.58313	59.4	
24	-500.000	(可変)			
25	13.925	3.30	1.48749	70.4	
26	-22.518	1.10	1.84666	23.9	
27	-62.367	(可変)			10
28		0.50	1.51633	64.1	

像面

非球面データ

第19面

K = 6.09674e-001 A 4=-7.30919e-005 A 6=-3.98760e-007 A 8=-4.94478e-009

第23面

K = 1.60236e+000 A 4=-6.13804e-005

20

各種データ

ズーム比 19.53

焦点距離	3.47	25.36	67.78	41.98	11.96
Fナンバー	1.85	3.07	3.50	3.33	2.49
半画角(度)	41.12	6.81	2.56	4.13	14.22
像高	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03
レンズ全長	113.62	113.62	113.62	113.62	113.62

d 9	0.50	23.11	31.17	28.02	12.35	30
d17	33.15	4.73	2.48	2.87	14.20	
d18	20.88	8.30	2.35	5.40	10.92	
d24	7.65	18.73	22.70	18.42	23.91	
d27	9.00	16.31	12.48	16.47	9.82	

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	40.50
2	10	-9.34
4	19	25.27
5	25	30.62

40

【 0 0 6 1 】

数値実施例 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	-72.176	1.35	1.76700	30.6
2	49.925	3.17		
3	533.858	3.27	1.71756	55.1

50

4	-74.913	0.18			
5	49.996	1.35	1.54745	43.1	
6	29.995	5.94	1.48749	70.4	
7	-112.011	0.18			
8	32.296	4.02	1.72916	54.7	
9	714.717	(可变)			
10	41.271	0.70	1.71142	55.3	
11	6.512	3.07			
12	-122.871	0.60	1.92286	18.9	
13	-55.400	0.60			10
14	-23.643	0.60	1.72916	54.7	
15	17.051	0.54			
16	11.776	1.69	1.92286	18.9	
17	23.221	(可变)			
18(絞り)		2.15			
19*	11.229	2.80	1.58313	59.4	
20	-1000.000	2.62			
21	24.582	0.60	1.84666	23.9	
22	12.000	0.60			
23*	22.519	2.01	1.58313	59.4	20
24	-500.000	(可变)			
25	14.491	3.23	1.51633	64.1	
26	-10.716	0.60	1.84666	23.9	
27	-20.786	(可变)			
28		0.50	1.51633	64.1	

像面

非球面データ
第19面
 $K = -1.14265e-001 \quad A_4 = -4.17527e-005 \quad A_6 = -1.37092e-007 \quad A_8 = -4.85474e-009$

第23面
 $K = -9.76842e-001 \quad A_4 = -6.57267e-005$

各種データ
ズーム比 9.77

	広角	中間	望遠	
焦点距離	4.22	17.48	41.24	
Fナンバー	1.85	3.07	3.50	
半画角(度)	35.66	9.83	4.20	
像高	3.03	3.03	3.03	
レンズ全長	90.99	90.99	90.99	
d9	0.50	20.07	27.04	
d17	29.36	9.79	2.82	
d24	9.13	3.68	4.08	
d27	9.64	15.08	14.69	50

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	37.80
2	10	-8.00
3	19	21.69
4	25	22.38

【0 0 6 2】

数値実施例 5

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	-45.656	0.90	2.00060	25.5
2	45.594	1.13		
3	50.301	4.21	1.52679	75.0
4	-47.611	0.18		
5	2172.727	0.55	1.85258	22.8
6	90.235	3.55	1.99334	26.0
7	-76.694	0.18		
8	52.391	2.87	1.88300	40.8
9	-147.508	(可変)		
10	228.099	0.70	1.91554	28.7
11	7.638	3.75		
12*	-11.760	1.00	1.88300	40.8
13*	-66.035	0.86		
14	-39.761	0.60	1.57730	40.1
15	-195.558	1.03		
16	2922.226	2.01	2.00060	25.5
17	-15.808	(可変)		
18(絞り)		(可変)		
19*	11.037	3.89	1.55332	71.7
20*	-32.257	8.55		
21	-495.353	0.23	1.79143	21.6
22	6.397	0.95		
23*	9.687	3.45	1.72685	54.8
24*	-100.000	(可変)		
25*	-66.101	3.89	1.80205	46.4
26	-5.051	1.10	1.77529	22.2
27	-7.710	(可変)		
28		0.50	1.51680	64.2

20

30

40

像面

非球面データ

第12面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.81331e-005 A 6=-3.65398e-007 A 8= 1.91682e-008

第13面

50

K = 0.00000e+000 A 4=-1.39610e-004

第19面

K = 1.15570e-002 A 4=-6.40872e-005 A 6=-6.72903e-008 A 8=-2.87431e-009

第20面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.35012e-005 A 6=-3.75867e-008

第23面

K = 7.74399e-001 A 4= 4.93278e-005

10

第24面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.22558e-005 A 6=-5.51779e-007

第25面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.01364e-003 A 6=-1.09648e-005 A 8=-2.42048e-007

各種データ

ズーム比 11.31

20

	広角	中間	望遠
焦点距離	3.35	20.17	37.88
Fナンバー	1.85	3.07	3.50
<u>半画角(度)</u>	42.12	8.54	4.57
像高	3.03	3.03	3.03
レンズ全長	96.73	96.73	96.73

d 9	0.50	22.47	30.32
d17	32.10	10.13	2.28
d18	11.77	2.62	4.88
d24	2.32	13.35	11.93
d27	3.97	2.10	1.25

30

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	40.76
2	10	-12.77
3	19	20.38
4	25	10.32

【 0 0 6 3 】

40

【表1】

		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
条件式(1)	H12/fw	-0.61	-1.49	-1.12	-0.38	-2.75
条件式(2)	f1/f3	1.51	2.00	1.60	1.74	2.00
条件式(3)	T1/fw	5.26	4.52	4.74	4.61	4.05
条件式(4)	BFw/fw	2.58	1.15	2.69	2.36	1.28
条件式(5)	TD/fw	25.61	29.32	32.69	21.51	28.82
条件式(6)	M3/M2	0.25	0.26	0.60	0.00	0.23
条件式(7)	M3 /fw	1.72	2.39	5.34	0.00	2.06
条件式(8)	f1/fw	10.09	12.23	11.67	8.95	12.17
条件式(9)	(β2t/β2w) (β3t/β3w)	1.80	2.42	2.68	2.26	3.20
条件式(10)	M2/f2	2.88	3.25	3.29	3.32	2.33

【0064】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたビデオカメラの実施例を図13を用いて説明する。図13において、10はビデオカメラ本体、11は本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系である。12は撮影光学系11によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子(光電変換素子)である。13は撮像素子12によって光電変換された被写体像に対応する情報を記憶するメモリ、14は不図示の表示素子によって表示された被写体像を観察するためのファインダーである。このように本発明のズームレンズをビデオカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能を有する撮像装置が実現できる。尚、本発明のズームレンズはデジタルスチルカメラにも同様に適用することができる。

【符号の説明】

【0065】

L1：第1レンズ群 L2：第2レンズ群 L3：第3レンズ群 L4：第4レンズ群

S P：絞り G：ガラスブロック I P：像面 d：d線 g：g線

F n o：Fナンバー : 半画角

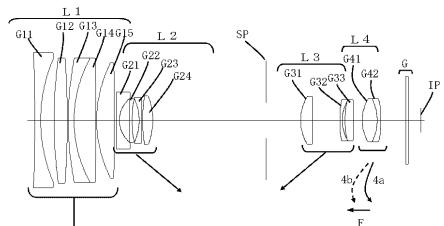
D S：サジタル像面 D M：メリジオナル像面

10

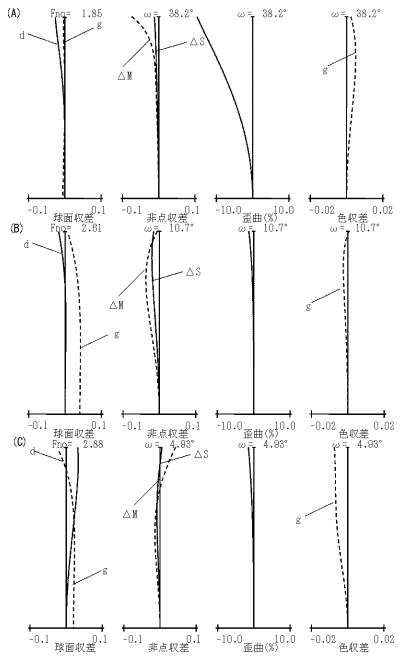
20

30

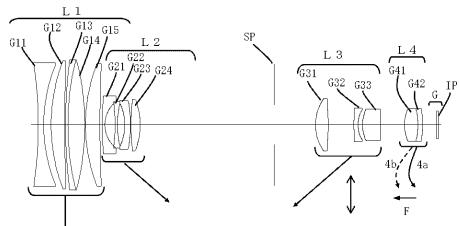
【図1】



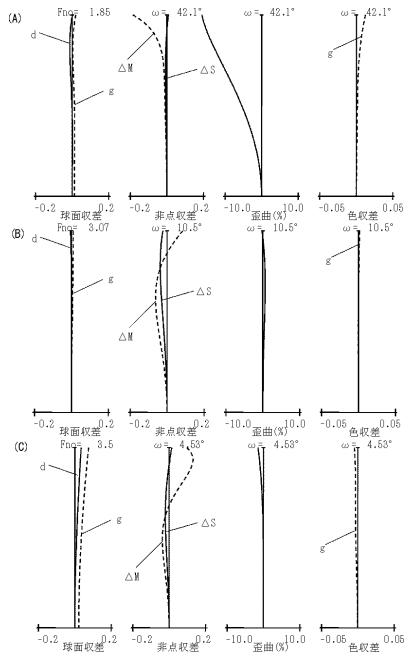
【図2】



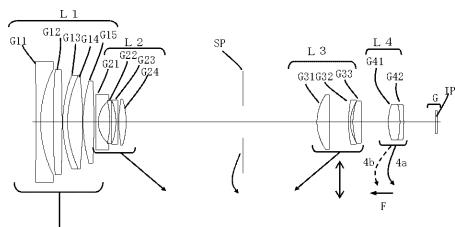
【図3】



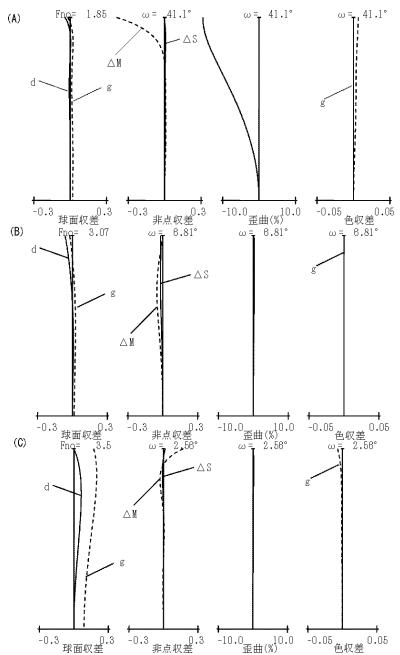
【図4】



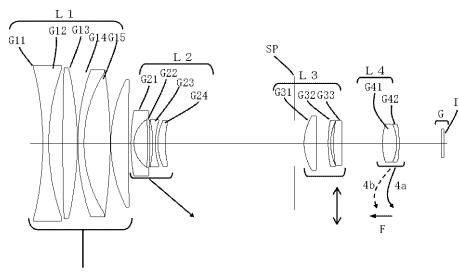
【図5】

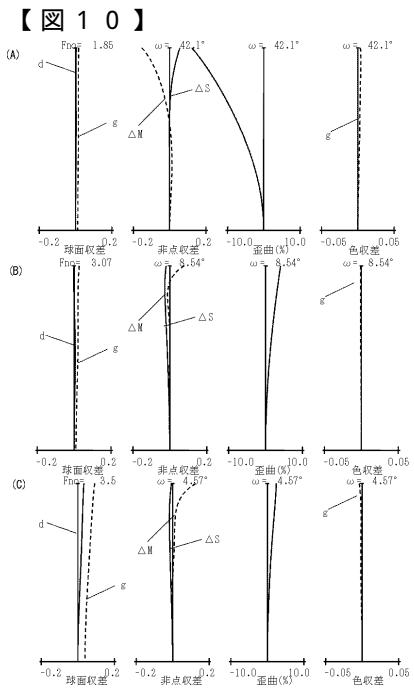
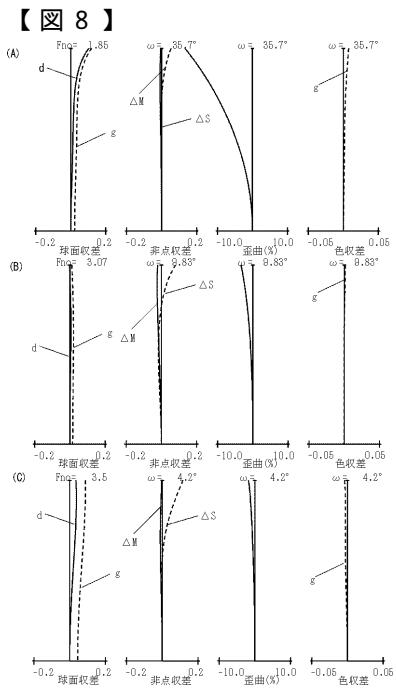
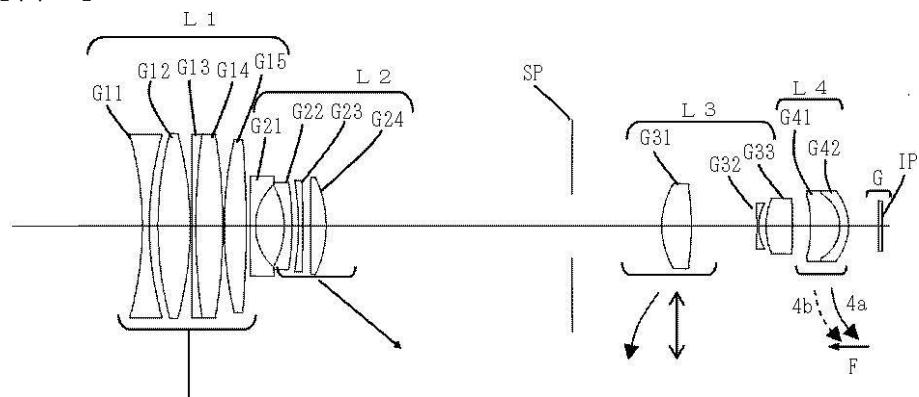


【図6】



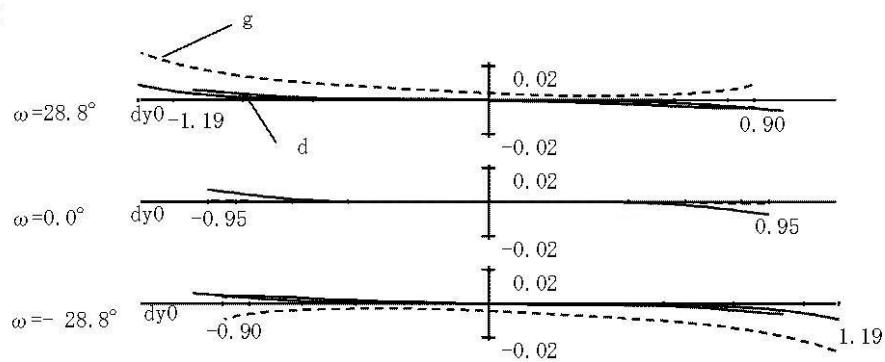
【図7】



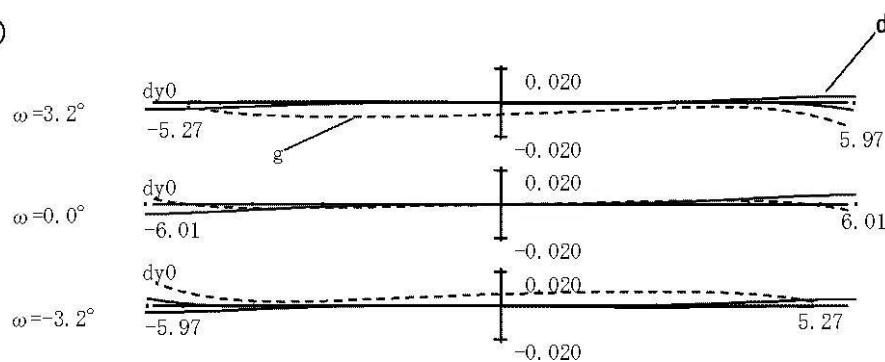
**【図 9】**

【図1-1】

(A)

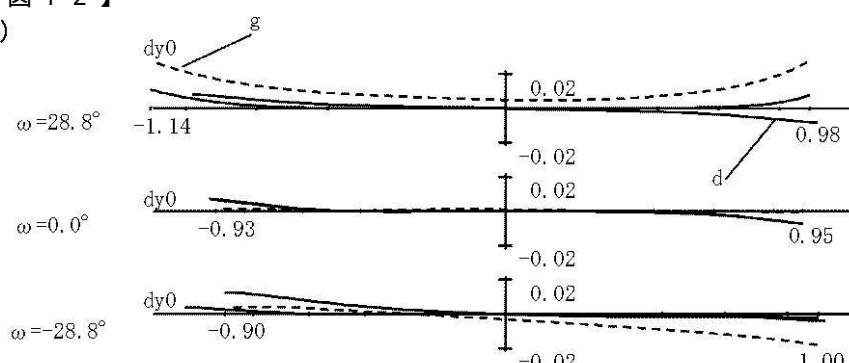


(B)

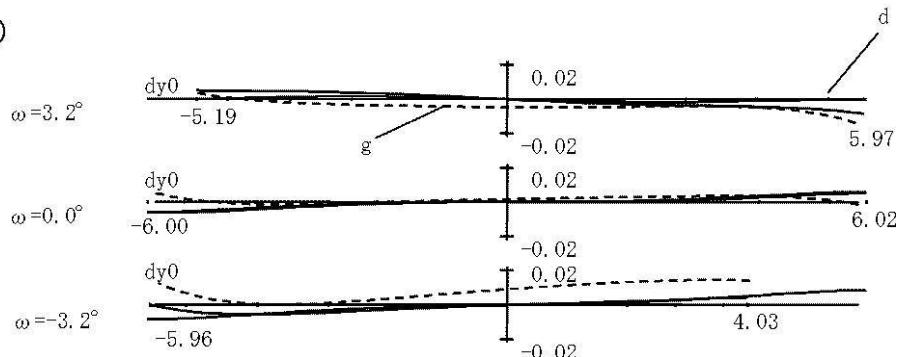


【図1-2】

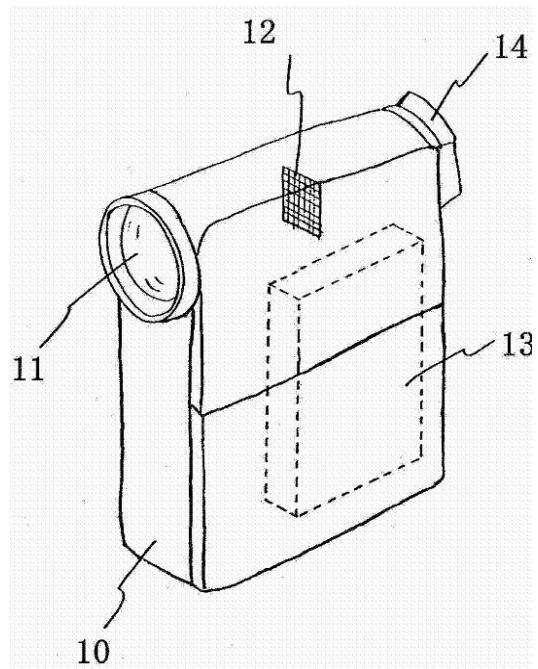
(A)



(B)



【図13】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4