

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5615127号
(P5615127)

(45) 発行日 平成26年10月29日(2014.10.29)

(24) 登録日 平成26年9月19日(2014.9.19)

(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 9 (全 46 頁)

(21) 出願番号 特願2010-233433 (P2010-233433)
 (22) 出願日 平成22年10月18日 (2010.10.18)
 (65) 公開番号 特開2011-107693 (P2011-107693A)
 (43) 公開日 平成23年6月2日 (2011.6.2)
 審査請求日 平成25年10月17日 (2013.10.17)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-240325 (P2009-240325)
 (32) 優先日 平成21年10月19日 (2009.10.19)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 100094112
 弁理士 岡部 譲
 (74) 代理人 100096943
 弁理士 白井 伸一
 (74) 代理人 100101498
 弁理士 越智 隆夫
 (74) 代理人 100107401
 弁理士 高橋 誠一郎
 (74) 代理人 100106183
 弁理士 吉澤 弘司
 (74) 代理人 100128668
 弁理士 齋藤 正巳

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】

ズームレンズは物体側から像側へ順に、ズーミングのためには不動の正の屈折力の第1レンズ群、ズーミングに際し移動する負の屈折力の第2レンズ群、ズーミングに際し移動する負の屈折力の第3レンズ群、ズーミングに際し移動する正の屈折力の第4レンズ群、ズーミングのためには不動の正の屈折力の第5レンズ群から構成されるズームレンズにおいて、広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第2レンズ群は像側に移動し、前記第3レンズ群は物体側に凸状の軌跡を描くように移動し、広角端における全系の焦点距離を f_w 、ズーム比を Z 、前記第3レンズ群が最も物体側に位置するズームポジションでの全系の焦点距離を f_z 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$f_w \times Z^{0.07} < f_z < f_w \times Z^{0.5}$$

$$4.0 < |f_1 / f_2| < 7.0$$

$$1.1 < |f_1 / f_3| < 2.0$$

$$0.9 < f_1 / f_4 < 4.0$$

なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

$$4.20 < |f_1 / f_2| < 7.0$$

なる条件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。

【請求項 3】

10

20

前記第2レンズ群の広角端における結像倍率を $2w$ 、焦点距離 f_z のズーム位置における前記第2レンズ群の結像倍率を $2z$ とするとき、

$$0.03 < 2w / 2z / Z < 0.12$$

なる条件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。

【請求項4】

広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第4レンズ群は物体側へ凸状の軌跡を描いて移動することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項5】

前記第1レンズ群の一部のレンズ群を物体側へ移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカスを行うことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のズームレンズ。 10

【請求項6】

前記第5レンズ群の一部のレンズ群を物体側へ移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカスを行うことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項7】

前記第4レンズ群が物体距離無限遠から至近に掛けて物体側から像側に繰り出すようにフォーカスを行うことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のズームレンズ。 20

【請求項8】

請求項1乃至7のいずれか1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した像を受光する固体撮像素子と、を有していることを特徴とする撮像装置。

【請求項9】

前記固体撮像素子のイメージサイズの対角長を 7 とするとき、

$$0.45 < fw / 7 < Z$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項8に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、特に放送用テレビカメラ、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、銀塩写真用カメラ等に好適であって、広角、高倍率且つ小型軽量なズームレンズに関するものである。 30

【背景技術】

【0002】

近年、テレビカメラ、銀塩フィルム用カメラ、デジタルカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置には、広画角、高ズーム比でしかも高い光学性能を有したズームレンズが要望されている。広画角、高ズーム比のズームレンズとして、最も物体側に正の屈折力のレンズ群を配置した5つのレンズ群より成るポジティブリード型の5群ズームレンズが知られている。このポジティブリード型のズームレンズで、バリエータとコンペンセータの機能を持つ変倍レンズ群を3つの可動レンズ群で構成し、互いに異なった軌跡で移動した特にテレビカメラに好適な5群ズームレンズが知られている（特許文献1、2）。 40

【0003】

特許文献1では、正の屈折力の第1レンズ群、変倍用の負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群、そして結像用の正の屈折力の第5レンズ群から構成されたズームレンズが提案されている。また特許文献2では、変倍用の第2レンズ群（バリエータ）を負の屈折力の第2Aレンズ群と正の屈折力の第2Bレンズ群で構成され、ズーミングに際してそれぞれが異なる軌跡で移動する5群ズームレンズが提案されている。

更に、第1レンズ群以外でフォーカシングを行う所謂リヤフォーカス方式のズームレン

50

ズが種々提案されている。例えば特許文献3では、正の屈折力の第1レンズ群、変倍用の負の屈折力の第2レンズ群、像面補正用の第3レンズ群、結像用の正の屈折力の第4レンズ群から構成され、第4レンズ群によりフォーカシングを行う方式が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平01-126614号公報

【特許文献2】特開平10-031157号公報

【特許文献3】特開2005-292605号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

5群ズームレンズにおいて、広画角化及び高ズーム比化を維持しつつ、高い光学性能を得るには変倍レンズ群としての第2、第3、第4レンズ群の屈折力やズーミングの際の移動条件等を適切に設定することが重要になってくる。特に変倍用の第2レンズ群の結像倍率や移動軌跡、そして第3レンズ群の広角端から中間のズーム位置に至る移動軌跡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、広画角かつ高ズーム比で全ズーム範囲にわたり高い光学性能のズームレンズを得るのが難しくなってくる。

【0006】

また、従来のテレビカメラ用の4群ズームレンズにおいて、更なる広角、高倍率と小型軽量化の両立を達成しようとした場合、各群の屈折力を増大させる必要があり、諸収差の変動が増大してしまうという問題点が発生する。

特許文献1において、広角端から望遠端にかけて変倍を行う際に、2つの変倍群を異なった軌跡で移動させることにより、ズーム中間ポジションにおける光学性能を良好に補正しているが、小型軽量化は達成されていなかった。また、従来のテレビカメラ用の4群ズームレンズにおいて、第1レンズ群の小型軽量化を達成しようとした場合、第1レンズ群の枚数を削減するか、屈折力を増大させる必要があるため、フォーカシングによる諸収差の変動を抑制することが困難となる。

特許文献3において、リヤフォーカス方式により第1レンズの小型軽量化が達成できる。しかしながら、放送用ズームレンズでは一般的に結像用の第4レンズ群の内部に焦点距離変換光学系が装脱可能な状態で配置されるため、焦点距離変換光学系装着時の望遠、物体距離至近側におけるフォーカシングによる繰り出し量が増大してしまう問題点があった。

【0007】

本発明は、以上に鑑みて、広画角、高ズーム比でしかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、ズーミングのためには不動の正の屈折力の第1レンズ群、ズーミングに際し移動する負の屈折力の第2レンズ群、ズーミングに際し移動する負の屈折力の第3レンズ群、ズーミングに際し移動する正の屈折力の第4レンズ群、及びズーミングのためには不動の正の屈折力の第5レンズ群、から構成されるズームレンズにおいて、広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第2レンズ群は像側に移動し、前記第3レンズ群は物体側に凸状の軌跡を描くように移動し、広角端における全系の焦点距離を f_w 、ズーム比を Z 、前記第3レンズ群が最も物体側に位置するズームポジションでの全系の焦点距離を f_z 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$f_w \times Z^{0.07} < f_z < f_w \times Z^{0.5}$$

$$4.0 < |f_1 / f_2| < 7.0$$

10

20

30

40

50

$$\begin{array}{ccccccc}
 1.1 & < & |f_1 / f_3| & < & 2.0 \\
 0.9 & < & f_1 / f_4 & < & 4.0
 \end{array}$$

なる条件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、広画角、高ズーム比でしかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有する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の広角端のレンズ断面図である。

10

【図2】図中A～Cは、各々実施例1の広角端、焦点距離 f_z 、望遠端での収差図である。

【図3】実施例2の広角端のレンズ断面図である。

【図4】図中A～Cは、実施例2の広角端、焦点距離 f_z 、望遠端での収差図である。

【図5】実施例3の広角端のレンズ断面図である。

【図6】図中A～Cは、実施例3の広角端、焦点距離 f_z 、望遠端での収差図である。

【図7】実施例4の広角端のレンズ断面図である。

【図8】図中A～Cは、実施例4の広角端、焦点距離 f_z 、望遠端での収差図である。

【図9】実施例5の広角端のレンズ断面図である。

【図10】図中A～Cは、実施例5の広角端、焦点距離 f_z 、望遠端での収差図である。

20

【図11】実施例6の広角端のレンズ断面図である。

【図12】図中A～Cは、実施例6の広角端、焦点距離 f_z 、望遠端での収差図である。

【図13】実施例1から実施例6のズームレンズの近軸屈折力配置の説明図である。

【図14】実施例7の広角端のレンズ断面図である。

【図15】図中A～Eは、実施例7の広角端且つ物体距離3.5m、焦点距離 $f_z = 14.77\text{mm}$ 且つ物体距離3.5m、望遠端且つ物体距離3.5m、望遠端且つ物体距離無限遠、及び望遠端且つ物体距離至近(0.8m)での収差図である。

【図16】実施例8の広角端のレンズ断面図である。

【図17】図中A～Eは、実施例8の広角端且つ物体距離3.0m、焦点距離 $f_z = 17.84\text{mm}$ 且つ物体距離3.0m、望遠端且つ物体距離3.0m、望遠端且つ物体距離無限遠、及び望遠端且つ物体距離至近(0.9m)での収差図である。

30

【図18】実施例9の広角端のレンズ断面図である。

【図19】図中A～Eは、実施例9の広角端且つ物体距離2.5m、焦点距離 $f_z = 16.41\text{mm}$ 且つ物体距離2.5m、望遠端且つ物体距離2.5m、望遠端且つ物体距離無限遠、及び望遠端且つ物体距離至近(0.8m)での収差図である。

【図20】実施例10の広角端のレンズ断面図である。

【図21】図中A～Eは、実施例10の広角端且つ物体距離2.5m、焦点距離 $f_z = 11.26\text{mm}$ 且つ物体距離2.5m、望遠端且つ物体距離2.5m、望遠端且つ物体距離無限遠、及び望遠端且つ物体距離至近(0.8m)での収差図である。

【図22】実施例11の広角端のレンズ断面図である。

40

【図23】図中A～Eは、実施例11の広角端且つ物体距離2.5m、焦点距離 $f_z = 18.57\text{mm}$ 且つ物体距離2.5m、望遠端且つ物体距離2.5m、望遠端且つ物体距離無限遠、及び望遠端且つ物体距離至近(0.6m)での収差図である。

【図24】実施例12の広角端のレンズ断面図である。

【図25】図中A～Eは、実施例12の広角端且つ物体距離2.5m、焦点距離 $f_z = 10.25\text{mm}$ 且つ物体距離2.5m、望遠端且つ物体距離2.5m、望遠端且つ物体距離無限遠、及び望遠端且つ物体距離至近(0.8m)での収差図である。

【図26】実施例13の広角端のレンズ断面図である。

【図27】図中A～Eは、実施例13の広角端及び物体距離6.0m、焦点距離 $f_z = 63.13\text{mm}$ 且つ物体距離6.0m、望遠端且つ物体距離6.0m、望遠端且つ物体距離

50

無限遠、及び望遠端且つ物体距離至近(2.8m)での収差図である。

【図28】実施例7から実施例13のズームレンズの近軸屈折力配置の説明図である。

【図29】従来の4群ズームレンズの光路図である。

【図30】実施例14の広角端のレンズ断面図である。

【図31】図中A～Eは、実施例14の広角端且つ物体距離3.0m、焦点距離 $f_z = 14.77\text{mm}$ 且つ物体距離3.0m、望遠端且つ物体距離3.0m、望遠端且つ物体距離無限遠、及び望遠端且つ物体距離至近(0.9m)での収差図である。

【図32】本発明の一実施形態である撮像装置の要部概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

10

以下に、本発明の実施の形態を添付の図面に基づいて説明する。本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、ズーミングのためには不動の或いは変倍中には固定の正の屈折力の第1レンズ群を有する。更に変倍用の負の屈折力の第2レンズ群、変倍用の負の屈折力の第3レンズ群、変倍に伴う像面変動を補正する正の屈折力の第4レンズ群、及びズーミングのためには不動の或いは変倍中には固定の正の屈折力の第5レンズ群から構成されている。広角端(短焦点距離端)から望遠端(長焦点距離端)へのズーミングに際して前記第2レンズ群は像側に移動し、前記第3レンズ群は物体側に凸状の軌跡を描くように移動する。

【0012】

20

本発明は広画角、高ズーム比でしかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

上述したように、本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、第1、2、3、4、5レンズ群を備えており、これらの第1、2、3、4、5レンズ群は、それぞれ正の屈折力、負の屈折力、負の屈折力、正の屈折力、正の屈折力を有している。ここで、第1、5レンズ群は、ズーミングのためには不動であり、第2、3、4レンズ群はズーミングに際して移動する。広角端(短焦点距離端)から望遠端(長焦点距離端)へのズーミングに際して第2レンズ群は像側へ移動し、第3、第4レンズ群は物体側に凸状の軌跡を描いて移動する。

本実施例のズームレンズは、レンズ群としては、上記の第1～5レンズ群の5つのレンズ群のみを備えるズームレンズであるが、本発明はこれに限定されない。たとえば、第2レンズ群と第3レンズ群との間に、ズーミングに際して移動する負(又は正)の屈折力のレンズ群が配置されていても構わない。また第1レンズ群と第2レンズ群との間や、第3レンズ群と第4レンズ群との間や、第4レンズ群と第5レンズ群との間に、別のレンズ群が配置されていても構わない。但し、本発明のズームレンズにおいて、最も物体側に配置されたレンズ群が第1レンズ群であり、例えば後述する実施例1から6に関しては、最も像側に配置されたレンズ群が第5レンズ群であり、本実施例の第2レンズ群は第1レンズ群と隣接していることが望ましい。また、これら実施例に関しては、第1レンズ群をフォーカスの際にインナーフォーカスに用い、第5レンズ群10移動させている。

【0013】

30

図1は本発明の実施例1(数値実施例1)であるズームレンズの広角端で無限遠物体に合焦しているときのレンズ断面図である。図2(A)、(B)、(C)は、数値実施例1の広角端、焦点距離20.67mm、望遠端における無限遠物体に合焦しているときの縦収差図である。数値実施例1は広角端の撮影画角35.19度(焦点距離7.8mm)、ズーム比21.88のズームレンズである。但し、焦点距離や物体距離の値は、後述する数値実施例をmm単位で表したときの値である。物体距離は像面からの距離である。これらは以下の各実施例において、全て同じである。図3は本発明の実施例2(数値実施例2)であるズームレンズの広角端で無限遠物体に合焦しているときのレンズ断面図である。図4(A)、(B)、(C)は、数値実施例2の広角端、焦点距離16.45mm、望遠端における無限遠物体に合焦しているときの縦収差図である。数値実施例2は広角端の撮影画角34.51度(焦点距離8.0mm)、ズーム比17.00のズームレンズである

50

。

【0014】

図5は本発明の実施例3(数値実施例3)であるズームレンズの広角端で無限遠物体に合焦しているときのレンズ断面図である。図6(A)、(B)、(C)は、数値実施例3の広角端、焦点距離10.51mm、望遠端における無限遠物体に合焦しているときの縦収差図である。数値実施例3は広角端の撮影画角34.51度(焦点距離8.0mm)、ズーム比20.65のズームレンズである。図7は本発明の実施例4(数値実施例4)であるズームレンズの広角端で無限遠物体に合焦しているときのレンズ断面図である。図8(A)、(B)、(C)は、数値実施例4の広角端、焦点距離18.66mm、望遠端における無限遠物体に合焦しているときの縦収差図である。数値実施例4は広角端の撮影画角38.16度(焦点距離7.0mm)、ズーム比19.54のズームレンズである。

【0015】

図9は本発明の実施例5(数値実施例5)であるズームレンズの広角端で無限遠物体に合焦しているときのレンズ断面図である。図10(A)、(B)、(C)は、数値実施例5の広角端、焦点距離10.34mm、望遠端における無限遠物体に合焦しているときの縦収差図である。数値実施例5は広角端の撮影画角35.19度(焦点距離7.8mm)、ズーム比21.94のズームレンズである。図11は本発明の実施例6(数値実施例6)であるズームレンズの広角端で無限遠物体に合焦しているときのレンズ断面図である。図12(A)、(B)、(C)は、数値実施例6の広角端、焦点距離56.74mm、望遠端における無限遠物体に合焦しているときの縦収差図である。数値実施例6は広角端の撮影画角27.65度(焦点距離10.5mm)、ズーム比37.12のズームレンズである。図13は、これら実施例1から6のズームレンズの各レンズ群のズーミングに伴う移動軌跡の説明図である。なお、図14から図28に示す実施例7から実施例13に関しては後に詳述する。

図32は本発明の撮像装置の概略図である。この撮像装置は、被写体の像を結ぶ撮影光学系としてのズームレンズと、このズームレンズが結んだ被写体像を受光する撮像素子(CCD等の光電変換素子)とを備えている。勿論、この撮像装置が備えているズームレンズは、上記の実施例1から6及び後述する実施例7から13のいずれかのズームレンズである。この図32において、左方が物体側(前方、被写体側)で、右方が像側(後方、撮像素子側)である。図13のズームレンズの近軸屈折力配置の説明図において、矢印は広角端から望遠端へのズーミングにおける各レンズ群の移動軌跡を示している。

【0016】

各レンズ断面図と図13において、G1は正の屈折力の第1レンズ群である。G2は変倍用の負の屈折力のバリエータ(第2レンズ群)であり、光軸上を像面側或いは像側へ移動させることにより、広角端から望遠端への変倍を行っている。G3は変倍用の負の屈折力のバリエータ(第3レンズ群)であり、広角端から望遠端にかけて、物体側に凸状の軌跡を描くような軌跡で移動する。G4は正の屈折力のコンペンセータ(第4レンズ群)であり、変倍に伴う像面変動を補正するために光軸上を非直線的に(物体側に凸状の軌跡を描いて)移動している。各実施例では、変倍に伴う像面変動を補正するレンズ群を第4レンズ群としているが、第3レンズ群を像面変動の補正用のレンズ群としても良い。SPは開口絞りであり、第4レンズ群G4の像側に配置されている。G5はズーミングのために不動の結像作用を有する正の屈折力のリレー群(第5レンズ群)である。第5レンズ群G5内の空気間隔には、全系の焦点距離変換用のコンバータ(変倍光学系)が装着されている場合がある。Pは色分解プリズムや光学フィルター等であり、同図ではガラスプロックとして示している。Iは像面であり、固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面に相当している。

【0017】

収差図において、球面収差は、g線とe線とC線を示している。非点収差はe線のメリディオナル像面(M)とe線のサジタル像面(S)を示している。倍率色収差はg線とC線によってあらわしている。FnoはFナンバー、は半画角である。各実施例のズーム

10

20

30

40

50

レンズは、広角端から望遠端へのズーミングに際して第2レンズ群G2は像側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に凸状の軌跡を描くように移動する。第4レンズ群G4は物体側へ凸の奇跡を描いて移動する。これにより高ズーム比化を容易にしている。広角端における全系の焦点距離をfw、ズーム比をZ、第3レンズ群G3が最も物体側に位置するズームポジションfMでの全系の焦点距離をfzとする。このとき、なる条件を満足する。

$$fw \times Z^{0.07} < fz < fw \times Z^{0.5} \quad \dots \quad (1)$$

【0018】

放送用テレビカメラには多くの場合、高ズーム比化が容易な4群ズームレンズが用いられている。この4群ズームレンズは、物体側から像側へ順に、ズーミングのためには不動の或いは変倍中固定の正の屈折力の第1レンズ群と、広角端から望遠端へのズーミングに際して、像側へ移動する変倍用の負の屈折力の第2レンズ群を有する。更に、第2レンズ群の移動に連動して光軸上を移動し、変倍に伴う像面変動を補正する正又は負の屈折力の第3レンズ群と、ズーミングに際して不動の或いは変倍中固定の結像作用をする正の屈折力の第4レンズ群と、を有する。この4群ズームレンズにおいて、広角側で増倍をするためには、第2レンズ群を像側に大きく移動させなければならない。そうすると第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が増大して、第1レンズ群へ入射する軸外光線の入射高さが増大する。この理由により、第1レンズ群へ入射する軸外光線の入射高さは広角端から少し望遠側へ入ったズームポジションfMにおいて最も高くなる。第1レンズ群の有効径は、このズームポジションfMにおいて決定される。

10

【0019】

また、4群ズームレンズにおいては、ズーミングに際しての第3レンズ群の移動軌跡は像点補正のために一意に決定される。具体的には、第3レンズ群は物体側に凸状の軌跡を描くように移動し、第2レンズ群の結像倍率が-1を通過するズームポジションにおいて最も物体側に移動する。これに対して、本発明のような変倍レンズ群が3つの可動レンズ群で構成されている場合、変倍に伴う像面変動の補正を第4レンズ群G4で補正を行う構成にすれば、ズーミングに際しての第3レンズ群の移動軌跡を任意に設定することができる。各実施例ではズーミングに際して第2レンズ群G2、第3レンズ群G3の移動軌跡を適切に設定することにより、第1レンズ群G1の有効径を縮小し、全系を小型化している。

20

【0020】

各実施例のズームレンズにおいては、ズームポジションfMにおいて第3レンズ群G3が、より物体側に移動する軌跡で構成されている。第3レンズ群G3がより物体側に移動することにより、第3レンズ群G3による増倍効果が得られる。第3レンズ群G3が増倍することにより第2レンズ群G2のズーミングの際の増倍分担値が減少し、第2レンズ群G2の移動量を低減することができる。その結果、ズームポジションfMにおいて第1レンズ群G1へ入射する軸外光線の入射高さが減少し、第1レンズ群G1の有効径を小さくすることができる。また、第1レンズ群G1の有効径の減少に伴い、必然的にレンズ厚も薄くなる為、レンズ質量に支配的な第1レンズ群G1の小型軽量化することができる。

30

【0021】

図13では本発明のズームレンズにおける広角端から望遠端へのズーミングにかけての第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4の移動軌跡を実線の矢印で示している。また、参考のために前述した4群ズームレンズにおいて広角端から望遠端へのズーミングに際しての第2レンズ群G2、第3レンズ群G3の移動軌跡を点線で示している。本発明のズームレンズにおいては、4群ズームレンズに対して、ズームポジションfMにおける第2レンズ群G2の移動量が減少し、第3レンズ群G3の移動量が増大していることが確認できる。

40

【0022】

以下、条件式(1)の技術的意味について詳述する。条件式(1)は第3レンズ群G3が移動し最も物体側に位置するズームポジションfMにおける全系の焦点距離fzの範囲

50

を規定するものである。焦点距離 f_z をズームポジション f_z 又はその近傍に設定することにより、第1レンズ群 G1 の小型軽量化を容易にしている。条件式(1)の上限を上回ると、第1レンズ群 G1 の有効径の縮小効果が減少し、小型軽量化が困難となる。条件式(1)の下限を下回ると、第3レンズ群 G3 の広角側における急峻な移動により球面収差、コマ収差等の変動が増大し、これらの収差を抑制することが困難となる。各実施例において更に好ましくは以下の条件式のうち 1 以上を満足するのが良い。これによれば、各条件式に対応した効果を得ることができる。第2レンズ群 G2 の広角端における結像倍率を $2w$ 、第2レンズ群 G2 の焦点距離 f_z のズーム位置における結像倍率を $2z$ とする。

【0023】

10

第1レンズ群 G1 の焦点距離を f_1 、第2レンズ群 G2 の焦点距離を f_2 、第3レンズ群 G3 の焦点距離を f_3 、第4レンズ群 G4 の焦点距離を f_4 とする。このとき、

$$\begin{aligned} 0.03 &< 2w / 2z / Z &< 0.12 \dots (2) \\ 4.0 &< |f_1 / f_2| &< 7.0 \dots (3) \\ 1.1 &< |f_1 / f_3| &< 2.0 \dots (4) \\ 0.9 &< f_1 / f_4 &< 4.0 \dots (5) \end{aligned}$$

なる条件のうち 1 以上を満足すると尚好ましい。条件式(2)は、第2レンズ群 G2 の広角端及び、ズームポジション f_z における結像倍率を規定している。条件式(2)の上限を上回ると、ズームポジション f_z における第2レンズ群 G2 の変倍の際の増倍分担値が増大するため、ズーミングに際しての第2レンズ群 G2 の移動量が増大する。これにより、第1レンズ群 G1 と第2レンズ群 G2 の間隔が増大するため、第1レンズ群 G1 へ入射する軸外光線の入射高さが増大してしまう。条件式(2)の下限値を下回ると、第2レンズ群 G2 の変倍の際の増倍分担値が過剰に小さくなるため、第3レンズ群 G3 の増倍分担値を過剰に増大させる必要がある。これにより、ズーミングに際して第3レンズ群 G3 の急峻な移動が必要となり、球面収差、コマ収差等のズーミングに伴う変動が増大し、これらの収差の抑制が困難となる。

20

【0024】

30

条件式(3)、(4)、(5)は、第1レンズ群 G1 の焦点距離に対する第2レンズ群 G2、第3レンズ群 G3、第4レンズ群 G4 の焦点距離の比を規定するものである。各レンズ群の屈折力は各レンズ群の焦点距離の逆数で定義される。条件式(3)の上限を上回ると、第2レンズ群 G2 の屈折力が第1レンズ群 G1 の屈折力に対して相対的に強くなり過ぎ、ズーミングに際して諸収差の変動が増大し、諸収差の補正が困難となる。条件式(3)の下限を下回ると、第2レンズ群 G2 の屈折力が第1レンズ群 G1 の屈折力に対して相対的に弱くなり過ぎ、高ズーム比化を達成することが困難となる。条件式(4)の上限を上回ると、第3レンズ群 G3 の屈折力が第1レンズ群 G1 の屈折力に対して相対的に強くなり過ぎ、ズーミングに際して球面収差、コマ収差等の変動が増大し、これらの補正が困難となる。条件式(4)の下限を下回ると、第3レンズ群 G3 の屈折力が第1レンズ群 G1 の屈折力に対して相対的に弱くなり過ぎ、第3レンズ群 G3 のズームポジション f_z における増倍分担値が減少する。このため、第1レンズ群 G1 の有効径が増大してくるので良くない。条件式(5)の上限を上回ると、第4レンズ群 G4 の屈折力が第1レンズ群 G1 の屈折力に対して相対的に強くなり過ぎ、ズーミングに際して球面収差、コマ収差等の変動が増大し、これらの補正が困難となる。

40

条件式(5)の下限を下回ると、第4レンズ群 G4 の屈折力が第1レンズ群 G1 の屈折力に対して相対的に弱くなり過ぎ、変倍に伴い生ずる像点変動の補正のための移動量が増大し、小型軽量化が困難となる。更に好ましくは条件式(2)乃至(5)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0025】

$$\begin{aligned} 0.04 &< 2w / 2z / Z &< 0.11 \dots (2a) \\ 4.20 &< |f_1 / f_2| &< 6.80 \dots (3a) \\ 1.20 &< |f_1 / f_3| &< 1.90 \dots (4a) \end{aligned}$$

50

$$1.1 < f_1 / f_4 < 3.8 \quad \dots \quad (5a)$$

以上、各実施例によれば、ズーミングに際しての第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の移動軌跡、及び各レンズ群のパワー配置等を適切に設定している。これによれば、良好な光学性能を達成しつつ、広画角、高ズーム比で且つ全系が小型軽量で高性能なズームレンズを得ることができる。

【0026】

次に各実施例の各レンズ群のレンズ構成について説明する。以下、各レンズは物体側より像側へ順に配置されているものとする。第1レンズ群G1は負レンズ、4つの正レンズより成っている。又は負レンズ、負レンズと正レンズとを接合した接合レンズ、3つの正レンズより成っている。第2レンズ群G2は負レンズ、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ、正レンズより成っている。第3レンズ群G3は負レンズと正レンズとを接合した接合レンズより成っている。第4レンズ群G4は1つの正レンズ又は2つの正レンズより成っている。又は2つの正レンズと、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズより成っている。第5レンズ群G5は全体として7乃至10枚のレンズより成っている。また各実施例のズームレンズをズームレンズによって形成した像を受光する固体撮像素子を有する撮像装置に用いるとき、固体撮像素子のイメージサイズの対角長を z とする。このとき、

$$0.45 < f_w / z \quad \dots \quad (6)$$

$$7 < z \quad \dots \quad (7)$$

なる条件を満足するのが良い。

【0027】

条件式(6)、(7)は広角端における全系の焦点距離とズーム比の好ましい範囲を規定するものである。条件式(6)の下限を下回ると、広角端における撮影画角が過度に広くなる。また第1レンズ群G1の有効径は広角端において決定されてしまう。このため、第1レンズ群G1の有効径が増大するので良くない。更に好ましくは、条件式(6)は以下の数値範囲を満足することが好ましい。

【0028】

$$0.55 < f_w / z < 1.20 \quad \dots \quad (6a)$$

条件式(7)の下限を下回ると、ズーム比が不足してくるので放送用のテレビカメラには不十分となる。更に好ましくは条件式(7)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0029】

$$1.5 < z < 4.0 \quad \dots \quad (7a)$$

次に各実施例のレンズ構成の前述した以外の特徴について説明する。図1、図3、図5、図9、図11の実施例1乃至3、5、6において、第1レンズ群G1の内部の一部分のG1aは2又は3枚の正レンズより成る合焦点レンズ群である。合焦点レンズ群G1aは物体側へ繰り出すことにより無限遠物体から近距離物体である物体距離0.8mまでの合焦点を行っている。

図7の実施例4において第5レンズ群G5の内部の一部分のG5aは合焦点レンズ群である。合焦点レンズ群G5aは物体側へ繰り出すことにより無限遠物体から近距離物体である物体距離0.8mまでの合焦点を行っている。

図1、図3、図5、図7、図11の実施例1乃至4、6において絞りSPはズーミングに際して不動である。図9の実施例5において絞りSPはズーミングに際して第4レンズ群L4と一体的に移動する。

【0030】

以下に本発明の実施例1～6に対応する数値実施例1～6を示す。各数値実施例において、 i は物体側からの面の順序を示し、 r_i は物体側より第*i*番目の面の曲率半径、 d_i は物体側より第*i*番目と第*i*+1番目の間隔、 n_{d_i} 、 d_i は第*i*番目の光学部材の屈折率とアッベ数である。最後の3つの面は、フィルター等のガラスブロックである。各実施例と前述した条件式との対応を表1に示す。

【0031】

10

20

30

40

50

(数値実施例 1)

面番号 (i)	r	d	nd	d	有効径
1	-210.024	2.30	1.72047	34.7	82.63
2	145.102	4.91			77.63
3	491.656	2.20	1.84666	23.8	77.24
4	236.100	8.88	1.43875	95.0	76.67
5	-196.805	0.40			76.63
6	152.079	11.02	1.43387	95.1	75.76
7	-147.909	6.94			75.65
8	136.777	7.72	1.59240	68.3	73.35
9	-441.404	0.15			73.09
10	62.631	6.49	1.72916	54.7	67.82
11	131.205	(可変)			67.13
12	72.053	1.00	1.88300	40.8	26.69
13	14.820	6.20			21.30
14	-45.643	6.88	1.80809	22.8	20.98
15	-12.496	0.75	1.88300	40.8	20.60
16	94.745	0.18			20.49
17	30.451	2.41	1.66680	33.0	20.72
18	82.062	(可変)			20.48
19	-38.647	0.75	1.75700	47.8	21.65
20	60.193	2.42	1.84649	23.9	22.99
21	-1560.081	(可変)			23.43
22	-172.490	3.22	1.64000	60.1	27.72
23	-44.456	0.15			28.38
24	84.388	3.66	1.51633	64.1	29.60
25	-130.776	(可変)			29.73
26(絞り)		2.00			29.78
27	63.114	6.26	1.51742	52.4	29.82
28	-38.329	1.00	1.83400	37.2	29.58
29	-187.721	36.00			29.64
30	-56.536	2.41	1.51633	64.1	26.08
31	-35.722	0.10			26.22
32	-503.242	0.80	1.80100	35.0	25.72
33	30.789	5.54	1.50127	56.5	25.72
34	-125.107	0.15			26.12
35	61.177	5.93	1.48749	70.2	26.53
36	-36.075	0.85	1.88300	40.8	26.48
37	-84.336	0.23			26.82
38	53.704	3.66	1.51633	64.1	26.78
39	-144.281	4.50			26.54
40		33.00	1.60859	46.4	40.00
41		13.20	1.51633	64.1	40.00
42					40.00

各種データ

ズーム比	21.88		
	広角	中間	望遠
焦点距離	7.80	20.67	170.68
Fナンバー	1.80	1.80	2.63

画角	35.19	14.90	1.85
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	272.06	272.06	272.06
BF	7.01	7.01	7.01

d11	0.41	27.98	55.17
d18	61.23	18.97	11.88
d21	6.98	15.28	1.94
d25	2.17	8.56	1.79

10

入射瞳位置	48.98	120.60	765.75
射出瞳位置	1826.32	1826.32	1826.32
前側主点位置	56.82	141.51	952.44
後側主点位置	-0.79	-13.66	-163.67

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	71.50	51.01	33.46	1.92
2	12	-13.80	17.42	2.44	-9.45
3	19	-57.00	3.17	-0.09	-1.82
4	22	48.00	7.03	2.82	-1.69
5	26	52.87	115.63	54.40	-48.14

20

【0032】

(数値実施例2)

面番号 (i)	r	d	nd	d	有効径
1	-227.435	2.20	1.78470	26.3	76.01
2	138.218	6.29			71.77
3	148.718	12.89	1.43387	95.1	70.38
4	-103.869	6.68			70.46
5	184.340	5.02	1.43387	95.1	69.44
6	-1372.972	0.45			69.38
7	104.339	6.86	1.59240	68.3	68.77
8	3343.803	0.15			68.39
9	56.116	6.26	1.77250	49.6	63.51
10	112.801	(可変)			62.78
11	72.784	0.90	1.88300	40.8	23.10
12	13.639	5.39			18.60
13	-33.777	6.08	1.80809	22.8	18.23
14	-10.873	0.70	1.88300	40.8	17.89
15	117.634	0.20			17.85
16	31.031	2.19	1.66680	33.0	18.49
17	91.395	(可変)			18.63
18	-32.813	0.70	1.75700	47.8	21.35
19	64.159	2.38	1.84649	23.9	22.97
20	-683.326	(可変)			23.48
21	-145.606	3.26	1.63854	55.4	24.84
22	-35.516	0.15			25.58
23	102.061	3.39	1.51633	64.1	26.85
24	-91.407	(可変)			27.08
25(絞り)		1.80			27.30

40

50

26	44.586	5.88	1.51742	52.4	27.58	
27	-42.605	0.90	1.83481	42.7	27.33	
28	-308.506	32.40			27.26	
29	-1696.626	0.80	1.80100	35.0	23.40	
30	20.859	6.74	1.51823	58.9	23.14	
31	-58.596	0.15			23.52	
32	101.955	6.46	1.49700	81.5	23.67	
33	-19.978	0.90	1.88300	40.8	23.61	
34	-64.751	0.20			24.57	
35	94.895	5.07	1.54814	45.8	24.93	10
36	-28.534	4.00			25.04	
37		33.00	1.60859	46.4	40.00	
38		13.20	1.51633	64.1	40.00	
39					40.00	

各種データ

ズーム比	17.00					
	広角	中間	望遠			
焦点距離	8.00	16.45	135.98			
Fナンバー	1.80	1.80	2.20			20
画角	34.51	18.49	2.32			
像高	5.50	5.50	5.50			
レンズ全長	248.13	248.13	248.13			
BF	7.61	7.61	7.61			
d10	0.50	19.05	46.44			
d17	52.27	22.17	6.52			
d20	2.12	7.71	1.72			
d24	1.97	7.93	2.18			30
入射瞳位置	45.96	88.99	545.25			
射出瞳位置	346.42	346.42	346.42			
前側主点位置	54.14	106.23	735.80			
後側主点位置	-0.39	-8.83	-128.37			

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置	
1	1	63.00	46.80	30.38	0.40	
2	11	-12.00	15.47	2.15	-8.47	
3	18	-49.00	3.08	-0.13	-1.82	
4	21	41.00	6.80	2.91	-1.46	
5	25	49.43	111.50	56.50	-48.83	40

【0033】

(数値実施例3)

面番号 (i)	r	d	nd	d	有効径	
1	-194.969	2.30	1.75520	27.5	75.58	
2	151.569	5.79			73.66	
3	526.478	7.89	1.43875	95.0	74.00	
4	-155.307	0.40			74.10	
5	183.311	8.31	1.43387	95.1	73.57	50

6	-217.520	6.54			73.51	
7	121.218	9.13	1.59240	68.3	71.68	
8	-285.619	0.15			71.15	
9	57.054	5.51	1.75500	52.3	62.19	
10	103.207	(可変)			61.27	
11	61.128	1.00	1.88300	40.8	26.06	
12	13.805	6.23			20.63	
13	-46.148	7.20	1.80809	22.8	20.32	
14	-12.311	0.75	1.88300	40.8	19.92	
15	91.239	0.18			19.87	10
16	28.434	2.36	1.66680	33.0	20.14	
17	69.828	(可変)			19.90	
18	-36.701	0.75	1.74320	49.3	20.28	
19	61.864	2.50	1.84649	23.9	21.49	
20	-13098.195	(可変)			22.02	
21	161.505	4.17	1.71999	50.2	26.06	
22	-41.459	(可変)			26.49	
23(絞り)		1.50			26.66	
24	68.204	2.93	1.53172	48.8	26.75	
25	6294.210	0.15			26.55	20
26	68.581	6.18	1.48749	70.2	26.30	
27	-32.653	1.00	1.88300	40.8	25.74	
28	-2158.784	36.00			25.71	
29	301.023	4.32	1.48749	70.2	25.23	
30	-39.066	1.17			25.42	
31	-109.789	1.00	1.83489	42.6	24.93	
32	21.791	6.98	1.48749	70.2	24.94	
33	-94.905	0.15			25.73	
34	61.773	7.17	1.49700	81.5	26.72	
35	-25.764	1.00	1.88300	40.8	26.93	30
36	-121.376	0.27			28.24	
37	57.366	6.14	1.57501	41.5	29.50	
38	-38.473	4.50			29.57	
39		33.00	1.60859	46.4	40.00	
40		13.20	1.51633	64.1	40.00	
41					40.00	

各種データ

ズーム比	20.65					
	広角	中間	望遠			
焦点距離	8.00	10.51	165.22			
Fナンバー	1.90	1.90	2.73			
画角	34.51	27.62	1.91			
像高	5.50	5.50	5.50			
レンズ全長	271.64	271.64	271.64			
BF	8.25	8.25	8.25			
d10	0.09	7.54	51.77			
d17	56.33	38.02	7.62			
d20	5.34	8.48	1.26			50

d22	3.81	11.53	4.91
-----	------	-------	------

入射瞳位置	46.19	58.66	677.16
射出瞳位置	156.40	156.40	156.40
前側主点位置	54.62	69.91	1026.64
後側主点位置	0.25	-2.26	-156.96

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置	
1	1	68.50	46.02	30.52	1.13	10
2	11	-13.30	17.71	2.45	-9.56	
3	18	-54.00	3.25	-0.05	-1.82	
4	21	46.00	4.17	1.94	-0.50	
5	23	52.24	126.65	69.97	-49.76	

【0034】

(数値実施例4)

面番号 (i)	r	d	nd	d	有効径	
1	-236.060	2.30	0.00000	0.0	86.45	
2	142.928	4.06			81.45	
3	283.542	2.20	1.75520	27.5	81.48	20
4	156.534	12.97	1.43875	95.0	80.98	
5	-144.961	0.15			80.95	
6	199.773	8.70	1.43387	95.1	80.09	
7	-232.422	0.15			80.08	
8	107.546	10.63	1.59240	68.3	78.28	
9	-350.605	0.15			77.86	
10	59.885	7.43	1.77250	49.6	68.55	
11	142.443	(可変)			67.88	
12	52.733	1.00	1.88300	40.8	32.32	
13	14.088	7.97			23.81	30
14	-68.272	8.38	1.80809	22.8	23.46	
15	-13.273	0.75	1.88300	40.8	22.63	
16	59.423	0.18			21.73	
17	27.047	2.48	1.71736	29.5	21.91	
18	60.961	(可変)			21.57	
19	-28.974	0.75	1.75700	47.8	17.62	
20	57.107	1.94	1.84649	23.9	18.73	
21	-663.798	(可変)			19.11	
22	-147.492	2.95	1.64000	60.1	23.50	
23	-34.689	0.15			24.07	40
24	219.302	2.61	1.51633	64.1	24.77	
25	-91.482	(可変)			24.96	
26(絞り)		2.00			25.16	
27	77.337	4.84	1.53172	48.8	25.35	
28	-36.200	1.00	1.83400	37.2	25.23	
29	-141.705	36.00			25.39	
30	-38.908	1.71	1.54814	45.8	24.02	
31	-34.787	0.40			24.31	
32	-210.132	0.80	1.80100	35.0	24.10	
33	31.924	5.67	1.50127	56.5	24.21	50

34	-59.445	0.15			24.89
35	80.956	5.50	1.48749	70.2	25.64
36	-32.606	0.85	1.88300	40.8	25.81
37	-73.476	0.17			26.39
38	53.019	4.61	1.48749	70.2	26.86
39	-53.330	4.00			26.77
40		33.00	1.60859	46.4	40.00
41		13.20	1.51633	64.1	40.00
42					40.00

10

各種データ

ズーム比 19.54

広角 中間 望遠

焦点距離	7.00	18.66	136.75
Fナンバー	1.80	1.80	2.17
画角	38.16	16.43	2.30
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	262.60	262.60	262.60
BF	7.51	7.51	7.51

20

d11	0.40	24.63	47.01
d18	53.12	17.36	10.35
d21	8.06	13.02	1.68
d25	1.72	8.28	4.26

入射瞳位置	45.71	113.23	647.11
射出瞳位置	204.88	204.88	204.88
前側主点位置	52.96	133.65	878.61
後側主点位置	0.51	-11.15	-129.24

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	63.00	48.74	29.66	2.60
2	12	-14.00	20.76	3.20	-10.61
3	19	-43.00	2.69	-0.11	-1.59
4	22	45.00	5.72	2.62	-1.04
5	26	46.16	113.89	56.69	-43.82

【0035】

(数値実施例5)

面番号 (i)	r	d	nd	d	有効径
1	-755.347	2.30	1.72047	34.7	82.52
2	145.373	4.33			77.56
3	369.343	2.30	1.75520	27.5	76.94
4	118.563	10.40	1.43875	95.0	74.33
5	-276.990	0.40			73.62
6	131.718	8.84	1.43387	95.1	71.56
7	-255.375	6.75			71.31
8	155.085	6.73	1.59240	68.3	69.67
9	-423.339	0.15			69.43
10	59.560	7.03	1.75500	52.3	64.99

40

50

11	142.467	(可变)		64.19	
12	119.523	1.00	1.88300	40.8	24.33
13	13.720	5.35			19.28
14	-50.166	6.48	1.84666	23.8	18.99
15	-11.379	0.75	1.88300	40.8	18.68
16	82.736	0.18			18.28
17	26.449	2.20	1.66680	33.0	18.38
18	66.763	(可变)			18.23
19	-28.997	0.75	1.74320	49.3	19.55
20	46.522	2.88	1.84649	23.9	21.19
21	-5964.013	(可变)			21.84
22(絞り)		1.00			26.41
23	2830.368	3.64	1.65844	50.9	27.19
24	-49.377	0.15			27.88
25	288.177	3.90	1.53172	48.8	28.72
26	-60.383	0.15			29.03
27	88.897	5.82	1.48749	70.2	29.07
28	-36.965	1.00	1.88300	40.8	28.90
29	-133.791	(可变)			29.21
30	45.023	5.93	1.48749	70.2	29.79
31	-81.516	0.72			29.57
32	687.959	1.00	1.88300	40.8	28.80
33	23.357	7.68	1.48749	70.2	27.72
34	-94.760	0.15			28.00
35	65.588	8.00	1.48749	70.2	28.15
36	-24.357	1.00	1.88300	40.8	27.93
37	-414.432	2.32			29.00
38	114.894	6.03	1.56732	42.8	30.19
39	-33.513	4.00			30.34
40		33.00	1.60859	46.4	40.00
41		13.20	1.51633	64.1	40.00
42					40.00

各種データ

ズーム比	21.94			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	7.80	10.34	171.17	
Fナンバー	1.80	1.80	2.67	
画角	35.19	28.00	1.84	
像高	5.50	5.50	5.50	40
レンズ全長	270.39	270.39	270.39	
BF	8.03	8.03	8.03	
d11	0.68	6.74	51.77	
d18	52.45	34.45	6.58	
d21	5.96	8.57	1.44	
d29	35.74	45.07	35.05	
入射瞳位置	48.99	58.75	643.97	
射出瞳位置	205.02	123.55	215.92	50

前側主点位置 57.10 70.02 956.08
 後側主点位置 0.23 -2.32 -163.14

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置	
1	1	69.00	49.24	31.21	-0.87	
2	12	-13.00	15.96	1.67	-9.21	
3	19	-43.00	3.63	-0.06	-2.04	
4	22	39.00	15.66	3.79	-6.64	
5	30	50.77	83.03	17.33	-41.92	10

【 0 0 3 6 】

(数値実施例 6)

面番号 (i)	r	d	nd	d	有効径	
1	-19301.780	3.00	1.80610	40.9	98.26	
2	202.516	0.88			98.11	
3	194.296	13.71	1.43387	95.1	98.59	
4	-243.941	10.21			98.83	
5	188.011	7.81	1.43387	95.1	98.33	
6	1582.239	0.20			98.01	
7	157.477	7.02	1.43387	95.1	96.57	20
8	466.036	0.20			95.93	
9	117.921	7.91	1.43387	95.1	93.07	
10	304.547	(可変)			92.10	
11	1604.466	1.00	1.88300	40.8	32.36	
12	21.661	7.46			27.93	
13	-51.352	0.90	1.81600	46.6	27.93	
14	307.087	0.70			28.73	
15	42.981	5.33	1.80809	22.8	30.47	
16	-91.985	0.45			30.39	
17	-256.169	1.10	1.81600	46.6	29.88	30
18	102.422	(可変)			29.46	
19	-62.236	1.30	1.71700	47.9	29.08	
20	69.568	2.69	1.84649	23.9	30.50	
21	462.652	(可変)			30.81	
22	1889.513	5.28	1.60738	56.8	39.08	
23	-54.718	0.15			39.59	
24	50.333	7.92	1.51823	58.9	40.34	
25	-107.561	0.35			39.91	
26	37.750	9.01	1.48749	70.2	35.95	
27	-67.300	1.50	1.83400	37.2	34.29	40
28	48.501	(可変)			31.37	
29(絞り)		1.00			25.70	
30	704.545	3.50	1.48749	70.2	25.39	
31	-45.672	1.50	1.88300	40.8	25.07	
32	151.874	48.91			24.94	
33	-101.801	5.47	1.51742	52.4	32.08	
34	-38.679	0.15			32.96	
35	537.796	1.20	1.77250	49.6	32.80	
36	129.740	5.30	1.51742	52.4	32.70	
37	-60.602	0.40			32.67	50

38	50.575	7.42	1.51742	52.4	31.01
39	-40.018	1.20	1.88300	40.8	30.13
40	81.560	0.15			29.20
41	31.270	5.90	1.48749	70.2	29.20
42	152.056	3.80			28.21
43		33.00	1.60859	46.4	40.00
44		13.20	1.51680	64.2	40.00
45					40.00

各種データ

10

ズーム比	37.12		
広角	中間	望遠	
焦点距離	10.50	56.74	389.75
Fナンバー	2.00	2.00	4.00
画角	27.65	5.54	0.81
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	392.33	392.33	392.33
BF	9.84	9.84	9.84

d10	1.11	87.62	123.45
d18	128.18	21.70	9.43
d21	10.75	27.82	2.17
d28	14.29	17.19	19.28

入射瞳位置	68.70	458.96	3097.67
射出瞳位置	302.02	302.02	302.02
前側主点位置	79.58	526.72	4007.33
後側主点位置	-0.66	-46.90	-379.91

ズームレンズ群データ

30

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	160.00	50.92	28.15	-9.50
2	11	-23.60	16.94	0.75	-12.27
3	19	-86.80	3.99	0.23	-1.97
4	22	43.00	24.21	-3.77	-16.30
5	29	46.41	132.10	54.50	-10.85

【0037】

【表1】

数値実施例1～6における各条件式対応値

番号	条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
(1)	f_z	20.67	16.45	10.51	18.66	10.34	56.74
(2)	$\beta_2 z / \beta_2 w / Z$	0.09	0.09	0.06	0.10	0.05	0.09
(3)	$ f_1 / f_2 $	5.18	5.25	5.15	4.5	5.31	6.78
(4)	$ f_1 / f_3 $	1.25	1.29	1.27	1.47	1.6	1.84
(5)	f_1 / f_4	1.49	1.54	1.49	1.4	1.77	3.72
(6)	f_w / ϕ	0.71	0.73	0.73	0.64	0.71	0.95
(7)	Z	21.88	17.00	20.65	19.54	21.94	37.12

以上の本実施例によれば、広画角、高ズーム比でしかも全ズーム範囲にわたり高い光学

50

性能を有するズームレンズが得られる。

【0038】

次に、本発明における実施例7から実施例13について述べる。なお、これら実施例は、第4レンズ群を移動させて、より詳細には第4レンズ群が物体距離無限遠から至近にかけて物体側から像側に繰り出すようにフォーカシングを行うものである。

【0039】

以下に述べる実施例において、変倍群である第4レンズ群がフォーカシングを行うことを規定している。第4レンズ群は焦点距離変換光学系よりも物体側に配置されるため、焦点距離変換光学系の着脱によりフォーカシングによる繰り出し量が変わることはない。また負の屈折力を有する第2、第3レンズ群により、物体距離の変動による第4レンズ群の物点変動が抑制されるため、第4レンズ群の繰り出し量は少ない。これにより、第4レンズ群と第5レンズ群のデッドスペースを増大させることなく、第1レンズの構成を簡略化できるためズームレンズの小型軽量が達成できる。

また、第3レンズ群の移動軌跡を規定することにより、第1レンズ群の有効径を縮小するための条件を規定している。

【0040】

これら実施例において、第2レンズ群は広角端から望遠端にかけて像側に移動し、第3レンズ群は物体側に凸を描くような軌跡で移動し、広角端焦点距離を f_w 、ズーム比を Z 、第3群が最も物体側に移動するズームポジションでの焦点距離を f_z とするとき、上述した実施例と同様に条件式(1)を満足する。

$$f_w \times Z^{0.07} < f_z < f_w \times Z^{0.5} \quad \dots (1)$$

【0041】

上述の基本構成を有するズームレンズについて説明する。

はじめに従来の4群ズームレンズについて図29を用いて説明する。図29は、従来の4群ズームレンズにおける光路図である。従来の4群ズームレンズにおいて、広角側で増倍操作を行うために、第2レンズ群を像側に大きく移動させなければならない。これにより第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が増大するため、第1レンズ群の軸外光線の入射高さが増大する。上記理由により、第1レンズ群の軸外光線の入射高さは広角端から少し望遠側のズームポジション f_M において最も高くなり、第1レンズ群の径が決定される。

また、従来の4群ズームレンズにおいては、第3レンズ群の移動軌跡は像点補正のために一意に決定される。具体的には、第3レンズ群は物体側に凸を描くような軌跡で移動し、第2群の結像倍率が-1を通過するズームポジション f_L において最も物体側に移動する。

変倍群が3つの可動群で構成されている場合、第4レンズ群で像点補正を行う構成にすれば、第3レンズ群の移動軌跡は任意に設定することが可能となる。

【0042】

本発明においては、ズームポジション f_M において第3レンズ群がより物体側に移動する軌跡で構成されている。第3レンズ群がより物体側に移動することにより、第3レンズ群による増倍効果が得られる。第3レンズ群が増倍することにより第2レンズ群の増倍の分担値が減少し、第2レンズ群の移動量を低減できる。その結果、ズームポジション f_M における第1レンズ群軸外光線入射高さは減少し、第1レンズ群の径を下げることが可能となる。また、径の減少に伴い、必然的にレンズ厚も薄くなる為、レンズ質量に支配的な第1レンズ群の小型軽量化が実現可能となる。

【0043】

図28に以下の実施例に示すズームレンズにおける近軸屈折力配置の説明図を示す。図28において、本発明における広角端から望遠端にかけての第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4の物体距離無限遠における移動軌跡を実線で、物体距離至近における第4レンズ群G4の移動軌跡を一点鎖線で示している。また、従来の4群ズームレンズにおける第2レンズ群G2、第3レンズG3の移動軌跡を点線で示している。

【0044】

10

20

30

40

50

即ち、これら実施例 7 から実施例 13 において、第 4 レンズ群が近距離撮影時に広角端から望遠端にかけて物体側から像側に繰り出していることが確認できる。また、従来の 4 群ズームレンズに対して、前記ズームポジション f_M における第 2 レンズ群の移動量は減少し、第 3 レンズ群の移動量が増大していることが確認できる。

【0045】

以下、後述する実施例の条件式について再度詳述する。

上述した条件式(1)は第3レンズ群が最も物体側に移動するズームポジションにおける全系の焦点距離 f_z の範囲を規定するものである。 f_z を前記ズームポジション f_M 近傍に設定することにより、第1レンズ群の小型軽量化を達成することが可能となる。

条件式(1)の上限を上回ると、第1レンズ群の径の削減効果が減少し、小型軽量化を達成することが困難となる。 10

条件式(1)の下限を下回ると、第3レンズ群の広角側における急峻な移動により球面収差、コマ収差の変動が増大し、収差の抑制が困難となる。

【0046】

また、本発明では、第5レンズ群の内部に焦点距離変換光学系が着脱可能な状態で配置されることを規定している。焦点距離変換光学系のないズームレンズにおいては、第5レンズ群でフォーカシングを行うことが可能となるため、本発明の大きな効果が得られなくなる。

【0047】

また、第2レンズ群の広角端及び、ズームポジション f_z における結像倍率を規定している。第2レンズ群の広角端における結像倍率を $2w$ 、ズームポジション f_z における結像倍率を $2z$ としたとき、上述した条件式と類似の条件式(2')を満足する。 20

$$0.04 < 2z / 2w / z < 0.12 \cdots (2')$$

条件式(2)の上限を上回ると、ズームポジション f_z における第2レンズ群の増倍分担値が増大するため、第2レンズ群の移動量が増大する。これにより、第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が増大するため、第1レンズ群の軸外光線高さが増大してしまう。

条件式(2)の下限値を下回ると、第2レンズ群の増倍分担値が過剰に小さくなるため、第3レンズ群の増倍分担値を過剰に増大させる必要がある。これにより、第3レンズ群の急峻な移動が必要となり、球面収差、コマ収差の変動が増大し、収差の抑制が困難となる。 30

【0048】

また、本発明では、第1レンズ群の焦点距離に対する第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群の焦点距離の比も規定している。

具体的には、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 、第3レンズ群の焦点距離を f_3 、第4レンズ群の焦点距離を f_4 としたとき、上述した実施例と条件式と同様の条件式(3)～(5)を満足する。

$$4.0 < |f_1 / f_2| < 7.0 \cdots (3)$$

$$1.1 < |f_1 / f_3| < 2.5 \cdots (4)$$

$$0.9 < |f_1 / f_4| < 4.0 \cdots (5)$$

各レンズ群の屈折力は各レンズ群の焦点距離の逆数で定義される。 40

【0049】

条件式(3)の上限を上回ると、第2レンズ群の屈折力が第1レンズ群の屈折力に対して相対的に強くなり過ぎ、諸収差の変動が増大し、補正が困難となる。

条件式(3)の下限を下回ると、第2レンズ群の屈折力が第1レンズ群の屈折力に対して相対的に弱くなり過ぎ、高倍率化を達成することが困難となる。

条件式(4)の上限を上回ると、第3レンズ群の屈折力が第1レンズ群の屈折力に対して相対的に強くなり過ぎ、球面収差、コマ収差の変動が増大し、補正が困難となる。

条件式(4)の下限を下回ると、第3レンズ群の屈折力が第1レンズ群の屈折力に対して相対的に弱くなり過ぎ、第3レンズ群のズームポジション f_z における増倍分担値が減少してしまうため、第1レンズ群の径が増大してしまう。 50

条件式(5)の上限を上回ると、第4レンズ群の屈折力が第1レンズ群の屈折力に対し相対的に強くなり過ぎ、球面収差、コマ収差の変動が増大し、補正が困難となる。

条件式(5)の下限を下回ると、第4レンズ群の屈折力が第1レンズ群の屈折力に対し相対的に弱くなり過ぎ、像点補正のための移動量が増大し、小型軽量化を達成することが困難となる。

【0050】

また、本発明では、全系の広角端焦点距離とズーム比の好ましい範囲も規定している。

撮像素子の対角長をとしたとき、上述した条件式と同様に、次の条件式(6)、(7)を満足する。

$$0.45 < f_w / \dots \quad (6)$$

$$7 < Z \dots \quad (7)$$

10

条件式(6)の下限を下回ると、広角端における画角が過度に広くなり、第1レンズ群の径は広角端において決定されてしまうため、本発明の効果が得られなくなる。

更に最適には、以下の実施形態に関しては、条件式(6)は以下の条件を満足することが好ましい。

$$0.63 < f_w / < 1.10 \dots \quad (6a')$$

条件式(7)の下限を下回ると、従来の構成であっても小型軽量化が達成することが可能なため、本発明の効果が得られなくなる。

また、本発明では以上に述べたズームレンズを有する撮像装置も本発明に含まれることを規定している。

20

【0051】

図14は本発明の実施例7としての数値実施例7の広角端におけるレンズ断面図である。図15(A)、(B)、(C)、(D)、及び(E)に、数値実施例7の広角端、 $f_z = 14.77 \text{ mm}$ 、望遠端における種々の条件での収差図を示す。

尚、数値実施例における r は曲率半径、 d はレンズ厚またはレンズ間隔、 n_d は波長546nmにおける屈折率、 d はアッベ数、*は非球面を示す。非球面は次式で定義される。

【数1】

$$x = cy^2 / \left[1 + \left[1 - (1+K)c^2 y^2 \right]^{1/2} \right] + A_3 y^3 + A_4 y^4 + A_5 y^5 + A_6 y^6 + A_7 y^7 + A_8 y^8 + A_9 y^9 \dots$$

30

但し、 c は曲率($1/r$)、 y は光軸からの高さ、 K は円錐係数、 $A_3, A_4, A_5, A_6, \dots$ は各次数の非球面係数である。

また、収差図中にて、軸上色収差図及び倍率色収差図中のe線、g線はそれぞれの波長546nm、436nmに対する収差である。Sはサジタル、Mはメリディオナルである。また、図中のFnoはFナンバー、 θ は半画角(°)を示す。

【0052】

図14において、G1は第1レンズ群としての正の屈折力のレンズ群である。G2は第2レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、光軸上を像面側へ移動することにより、広角端から望遠端への変倍を行っている。G3は第3レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、広角端から望遠端にかけて、物体側に凸を描くような軌跡で移動する。G4は第4レンズ群としての負の屈折力のコンペンセータであり、変倍に伴う像面変動を補正するために光軸上を非直線的に移動している。本発明の実施例では、像面変動を補正するレンズ群をG4としているが、G3を像面変動補正群とすることも可能である。また、G4をフォーカシングのために10.12mm像側に繰り出すことにより、望遠端においてG1頂点から物体距離0.8mまでの合焦が可能である。SPは絞り、G5は第5レンズ群としての結像作用を有する正の屈折力のリレ-群である。G5内の空気間隔には、焦点距離変換コンバータ等が装着されても良い。Pは色分解プリズムや光学フィルタ-等であり、同図ではガラスブロックとして示している。Iは撮像面である。

40

本実施例の各条件式対応値を表2に示す。本数値実施例はいずれの条件式も満足しており

50

、良好な光学性能を達成しつつ、広角端焦点距離8.0mm、ズーム比20.87倍の広角、高倍率でありながら小型軽量化を達成している。

【0053】

(数値実施例7)

面番号	r	d	nd	vd	有効径	
1	368.794	2.54	2.00069	25.46	72.72	
2	90.833	4.88			70.63	
3	100.134	11.23	1.49700	81.5	72.08	
4	-240.899	3.34			71.99	
5	97.198	8.19	1.60300	65.4	69.16	10
6	-1316.184	0.23			68.58	
7	59.850	6.68	1.75500	52.3	61.88	
8	154.022	(可変)			61.03	
9*	804.875	0.95	1.88300	40.8	26.24	
10	13.904	6.28			20.40	
11	-38.917	6.12	1.80809	22.8	20.17	
12	-12.570	0.71	1.88300	40.8	20.16	
13	-112.709	0.17			20.67	
14	29.756	2.05	1.66680	33.0	20.71	
15	50.381	(可変)			20.37	20
16	-30.657	0.71	1.75700	47.8	18.44	
17	48.100	2.58	1.84649	23.9	19.68	
18	-17017.414	(可変)			20.23	
19	-115.541	3.18	1.64000	60.1	25.15	
20	-41.034	0.14			26.01	
21	118.092	3.19	1.51633	64.1	27.18	
22	-104.777	(可変)			27.43	
23(絞り)		1.90			28.54	
24	47.423	6.58	1.51742	52.4	29.03	
25	-45.172	0.95	1.83400	37.2	28.75	30
26	-5163.262	36.00			28.76	
27	252.852	4.35	1.53172	48.8	28.72	
28	-51.705	0.15			28.64	
29	188.076	0.76	1.83400	37.2	27.61	
30	24.393	5.22	1.50127	56.5	26.46	
31	400.804	0.15			26.57	
32	35.434	13.95	1.48749	70.2	27.05	
33	-27.854	0.80	1.88300	40.8	25.85	
34	219.767	0.40			26.31	
35	46.653	5.50	1.56732	42.8	26.92	40
36	-51.155	4.28			26.88	
37		33.00	1.60859	46.4	40.00	
38		13.20	1.51633	64.1	40.00	
39					40.00	

像面

非球面データ

第9面

K =-7.30269e + 004 A 4= 2.35118e-005 A 6=-1.36122e-007 A 8=-5.91701e-010 A10 =-5.00012e-012 A12= 1.57249e-014

A 3= 1.11462e-005 A 5=-7.04812e-007 A 7= 1.01416e-008 A 9= 1.05593e-010 A11=-2.43833e-013

各種データ

ズーム比	20.87				
	広角	中間	望遠		
焦点距離	8.00	14.77	166.98		
Fナンバー	1.90	1.89	2.70		
画角	34.51	20.42	1.89		
像高	5.50	5.50	5.50		10
レンズ全長	269.38	269.38	269.38		
BF	8.00	8.00	8.00		
d 8	1.07	17.78	50.23		
d15	54.39	24.79	6.75		
d18	7.94	11.85	2.13		
d22	7.62	16.60	11.91		
入射瞳位置	43.04	82.74	817.70		
射出瞳位置	1384.90	1384.90	1384.90		20
前側主点位置	51.08	97.68	1004.93		
後側主点位置	0.00	-6.77	-158.98		

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置	
1	1	69.00	37.09	21.63	-2.68	
2	9	-13.79	16.27	0.80	-11.24	
3	16	-43.88	3.30	-0.04	-1.84	
4	19	51.19	6.52	3.06	-1.10	
5	23	53.73	127.18	55.81	-58.20	30

【0054】

図16は本発明の実施例8としての数値実施例8の広角端におけるレンズ断面図である。図17(A)、(B)、(C)、(D)、及び(E)に、数値実施例8の広角端、 $f_z = 17.84 \text{ mm}$ 、望遠端における種々の条件での収差図を示す。

図16において、G1は第1レンズ群としての正の屈折力のレンズ群である。G2は第2レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、光軸上を像面側へ移動することにより、広角端から望遠端への変倍を行っている。G3は第3レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、広角端から望遠端にかけて、物体側に凸を描くような軌跡で移動する。G4は第4レンズ群としての負の屈折力のコンペンセータであり、変倍に伴う像面変動を補正するために光軸上を非直線的に移動している。本発明の実施例では、像面変動を補正するレンズ群をG4としているが、G3を像面変動補正群とすることも可能である。また、G4をフォーカシングのために8.56 mm像側に繰り出すことにより、望遠端においてG1頂点から物体距離0.9 mまでの合焦が可能である。SPは絞り、G5は第5レンズ群としての結像作用を有する正の屈折力のリレーラー群である。G5内の空気間隔には、焦点距離変換コンバータ等が装着されても良い。Pは色分解プリズムや光学フィルタ等であり、同図ではガラスブロックとして示している。Iは撮像面である。

本実施例の各条件式対応値を表2に示す。本数値実施例はいずれの条件式も満足しており、良好な光学性能を達成しつつ、広角端焦点距離9.0 mm、ズーム比18.30倍の広角、高倍率でありながら小型軽量化を達成している。

【 0 0 5 5 】

(数値実施例 8)

面番号	r	d	nd	vd	有効径	
1	239.363	2.20	1.75520	27.5	64.57	
2	69.351	9.58	1.48749	70.2	62.30	
3	-602.651	0.15			62.17	
4	72.682	7.26	1.60300	65.4	61.79	
5	480.378	0.15			61.34	
6	67.458	4.92	1.77250	49.5	58.62	
7	143.393	(可変)			57.84	10
8	152.912	0.75	2.00069	25.5	23.70	
9	14.726	5.69			19.68	
10	-53.114	4.84	1.92286	18.9	19.34	
11	-15.744	0.70	1.88300	40.8	19.38	
12	75.034	0.45			19.27	
13	29.992	2.37	1.80809	22.8	19.55	
14	88.684	(可変)			19.29	
15	-31.536	0.75	1.80440	39.6	19.05	
16	65.500	2.39	1.92286	18.9	20.29	
17	-1479.230	(可変)			20.86	20
18	372.243	4.34	1.50127	56.5	25.63	
19	-35.011	0.15			26.31	
20	326.759	2.94	1.51633	64.1	27.08	
21	-120.463	(可変)			27.35	
22(絞り)		1.50			28.38	
23	72.445	7.23	1.50127	56.5	28.66	
24	-31.096	1.10	1.83400	37.2	28.49	
25	-99.101	35.57			28.94	
26	97.678	4.97	1.51633	64.1	28.48	
27	-53.578	4.86			28.26	30
28	-249.970	1.20	1.83400	37.2	25.21	
29	21.347	6.48	1.56732	42.8	24.78	
30	-194.066	0.50			25.11	
31	75.579	6.53	1.51633	64.1	25.45	
32	-25.110	1.20	1.83400	37.2	25.43	
33	959.411	0.30			26.37	
34	49.106	5.58	1.57501	41.5	27.19	
35	-42.099	5.00			27.23	
36		30.00	1.60342	38.0	40.00	
37		16.20	1.51633	64.2	40.00	40
38					40.00	
像面						

各種データ

ズーム比 18.30

広角 中間 望遠

焦点距離	9.00	17.84	164.70
Fナンバー	1.87	1.86	2.64
画角	31.43	17.13	1.91
像高	5.50	5.50	5.50

レンズ全長	254.98	254.98	254.98
BF	7.00	7.00	7.00

d 7	1.02	20.37	51.39
d14	52.53	23.62	5.95
d17	6.36	10.40	2.44
d21	10.22	15.74	10.36

入射瞳位置	36.54	89.78	798.05
射出瞳位置	419.15	419.15	419.15
前側主点位置	45.74	108.40	1028.56
後側主点位置	-2.00	-10.84	-157.70

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	75.00	24.26	8.55	-6.67
2	8	-14.09	14.80	0.72	-10.01
3	15	-43.34	3.14	-0.08	-1.73
4	18	46.77	7.43	3.15	-1.85
5	22	54.07	128.22	60.98	-57.96

【0056】

図18は本発明の実施例9としての数値実施例9の広角端におけるレンズ断面図である。図19(A)、(B)、(C)、(D)、及び(E)に、数値実施例9の広角端、 $f_z = 16.41\text{mm}$ 、望遠端における種々の条件での収差図を示す。

図18において、G1は第1レンズ群としての正の屈折力のレンズ群である。G2は第2レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、光軸上を像面側へ移動することにより、広角端から望遠端への変倍を行っている。G3は第3レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、広角端から望遠端にかけて、物体側に凸をような軌跡で移動する。G4は第4レンズ群としての負の屈折力のコンペンセータであり、変倍に伴う像面変動を補正するために光軸上を非直線的に移動している。本発明の実施例では、像面変動を補正するレンズ群をG4としているが、G3を像面変動補正群とすることも可能である。また、G4をフォーカシングのために10.12mm像側に繰り出すことにより、望遠端においてG1頂点から物体距離0.8mまでの合焦が可能である。SPは絞り、G5は第5レンズ群としての結像作用を有する正の屈折力のリレ-群である。G5内の空気間隔には、焦点距離変換コンバータ等が装着されても良い。Pは色分解プリズムや光学フィルタ-等であり、同図ではガラスブロックとして示している。Iは撮像面である。

本実施例の各条件式対応値を表2に示す。本数値実施例はいずれの条件式も満足しており、良好な光学性能を達成しつつ、広角端焦点距離7.8mm、ズーム比21.71倍の広角、高倍率でありながら小型軽量化を達成している。

【0057】

(数値実施例9)

面番号	r	d	nd	vd	有効径
1	-264.864	2.30	1.72047	34.7	79.72
2	154.672	4.15			78.46
3	376.534	2.20	1.84666	23.8	78.66
4	198.226	9.93	1.43875	94.9	78.64
5	-191.683	0.40			78.86
6	175.631	8.85	1.43387	95.1	79.45
7	-274.451	0.48			79.56

10

20

30

40

50

8	118.633	10.40	1.59240	68.3	79.38	
9	-358.134	0.15			79.00	
10	60.146	7.15	1.72916	54.7	70.80	
11	115.839	(可变)			69.85	
12	66.475	1.00	1.88300	40.8	29.32	
13	14.865	7.25			22.80	
14	-52.846	7.26	1.80809	22.8	22.27	
15	-13.333	0.75	1.88300	40.8	21.78	
16	88.035	0.18			21.43	
17	29.180	2.35	1.66680	33.0	21.64	10
18	61.230	(可变)			21.34	
19	-38.685	0.75	1.75700	47.8	20.34	
20	78.410	2.05	1.84649	23.9	21.39	
21	-963.952	(可变)			21.80	
22	-145.703	3.00	1.64000	60.1	26.12	
23	-43.281	0.15			26.77	
24	99.795	3.46	1.51633	64.1	27.78	
25	-99.576	(可变)			27.94	
26(絞り)		2.00			28.15	
27	65.397	5.50	1.51742	52.4	28.19	20
28	-39.725	1.00	1.83400	37.2	27.99	
29	-235.590	36.00			28.04	
30	-39.576	2.38	1.51633	64.1	25.61	
31	-34.024	0.81			25.97	
32	295.462	0.80	1.80100	35.0	25.43	
33	33.171	5.33	1.50127	56.5	25.08	
34	-92.205	0.15			25.12	
35	79.874	4.91	1.48749	70.2	25.00	
36	-41.371	0.85	1.88300	40.8	24.98	
37	-116.183	0.29			25.23	30
38	60.283	3.66	1.51633	64.1	25.32	
39	-86.753	4.50			25.16	
40		33.00	1.60859	46.4	40.00	
41		13.20	1.51633	64.1	40.00	
42					40.00	
像面						

各種データ

ズーム比	21.71					
	広角	中間	望遠			
焦点距離	7.80	16.41	169.34			
Fナンバー	1.80	1.79	2.41			
画角	35.19	18.53	1.86			
像高	5.50	5.50	5.50			
レンズ全長	275.49	275.49	275.49			
BF	6.99	6.99	6.99			
d11	0.47	21.39	53.06			
d18	59.96	24.28	12.05			
d21	7.45	14.28	1.44			50

d25	12.04	19.98	13.36
-----	-------	-------	-------

入射瞳位置	47.88	100.45	934.51
射出瞳位置	642.41	642.41	642.41
前側主点位置	55.78	117.28	1148.99
後側主点位置	-0.81	-9.42	-162.35

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	72.50	46.01	26.97	-0.89
2	12	-13.80	18.79	2.91	-9.84
3	19	-57.00	2.80	-0.11	-1.64
4	22	48.00	6.61	2.83	-1.42
5	26	50.33	114.38	54.31	-45.19

【0058】

図20は本発明の実施例10としての数値実施例10の広角端におけるレンズ断面図である。図21(A)、(B)、(C)、(D)、及び(E)に、数値実施例10の広角端、 $f_z = 11.26\text{mm}$ 、望遠端における種々の条件での収差図を示す。

図20において、G1は第1レンズ群としての正の屈折力のレンズ群である。G2は第2レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、光軸上を像面側へ移動することにより、広角端から望遠端への変倍を行っている。G3は第3レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、広角端から望遠端にかけて、物体側に凸を描くような軌跡で移動する。G4は第4レンズ群としての負の屈折力のコンペンセータであり、変倍に伴う像面変動を補正するために光軸上を非直線的に移動している。本発明の実施例では、像面変動を補正するレンズ群をG4としているが、G3を像面変動補正群とすることも可能である。また、G4をフォーカシングのために9.61mm像側に繰り出すことにより、望遠端においてG1頂点から物体距離0.8mまでの合焦が可能である。SPは絞り、G5は第5レンズ群としての結像作用を有する正の屈折力のリレ-群である。Pは色分解プリズムや光学フィルタ-等であり、同図ではガラスブロックとして示している。

Iは撮像面である。

本実施例の各条件式対応値を表2に示す。本数値実施例はいずれの条件式も満足しており、良好な光学性能を達成しつつ、広角端焦点距離7.8mm、ズーム比21.87倍の広角、高倍率でありながら小型軽量化を達成している。

【0059】

(数値実施例10)

面番号	r	d	nd	vd	有効径
1	-680.431	2.00	1.72047	34.7	77.16
2	129.165	2.73			73.41
3	181.676	2.00	1.75520	27.5	73.37
4	100.762	11.09	1.43875	94.9	72.47
5	-281.572	0.40			72.39
6	155.990	5.67	1.43387	95.1	71.55
7	-5232.758	0.53			71.49
8	106.900	9.86	1.59240	68.3	71.66
9	-277.870	0.15			71.32
10	56.125	6.34	1.75500	52.3	64.16
11	107.372	(可変)			63.23
12	72.356	1.00	1.88300	40.8	29.23
13	14.917	8.29			22.52
14	-43.730	6.76	1.80809	22.8	20.87

10

20

30

40

50

15	-12.427	0.75	1.88300	40.8	20.32	
16	98.780	0.18			19.85	
17	30.907	2.17	1.66680	33.0	19.91	
18	72.268	(可変)			19.61	
19	-28.934	0.75	1.74320	49.3	18.90	
20	49.837	2.49	1.84649	23.9	20.36	
21	-2461.973	(可変)			20.89	
22	-343.561	3.41	1.65844	50.9	25.43	
23	-41.308	0.15			26.12	
24	-141.322	2.03	1.53172	48.8	26.63	10
25	-78.049	0.15			27.03	
26	77.330	6.02	1.48749	70.2	27.62	
27	-31.695	1.00	1.88300	40.8	27.67	
28	-58.222	(可変)			28.21	
29(絞り)		36.00			27.99	
30	44.519	5.42	1.48749	70.2	27.41	
31	-74.737	1.31			26.96	
32	-162.457	1.00	1.88300	40.8	26.12	
33	25.040	8.65	1.48749	70.2	25.72	
34	-76.098	0.15			26.61	20
35	74.840	6.72	1.48749	70.2	27.04	
36	-27.347	1.00	1.88300	40.8	27.02	
37	-195.243	0.29			27.94	
38	66.614	5.87	1.56732	42.8	28.64	
39	-40.862	4.00			28.69	
40		33.00	1.60859	46.4	40.00	
41		13.20	1.51633	64.1	40.00	
42					40.00	
像面						30

各種データ	21.87					
ズーム比		広角	中間	望遠		
焦点距離	7.80	11.26	170.58			
Fナンバー	1.80	1.80	2.61			
画角	35.19	26.03	1.85			
像高	5.50	5.50	5.50			
レンズ全長	268.03	268.03	268.03			
BF	8.01	8.01	8.01			40
d11	0.61	9.17	48.80			
d18	53.24	33.06	5.85			
d21	6.32	9.16	1.44			
d28	7.30	16.09	11.40			

入射瞳位置	46.29	63.98	893.43
射出瞳位置	653.50	653.50	653.50
前側主点位置	54.19	75.44	1109.09
後側主点位置	0.21	-3.26	-162.58

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	69.00	40.77	22.91	-2.53
2	12	-13.00	19.15	3.13	-10.16
3	19	-43.00	3.24	-0.07	-1.84
4	22	39.00	12.76	3.87	-4.50
5	29	48.86	116.62	52.57	-39.35

【0060】

図22は本発明の実施例11としての数値実施例11の広角端におけるレンズ断面図である。図23(A)、(B)、(C)、(D)、及び(E)に数値実施例11の広角端、 $f_z = 18.57\text{mm}$ 望遠端における種々の条件での収差図を示す。

図22において、G1は第1レンズ群としての正の屈折力のレンズ群である。G2は第2レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、光軸上を像面側へ移動することにより、広角端から望遠端への変倍を行っている。G3は第3レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、広角端から望遠端にかけて、物体側に凸を描くような軌跡で移動する。G4は第4レンズ群としての負の屈折力のコンペンセータであり、変倍に伴う像面変動を補正するために光軸上を非直線的に移動している。本発明の実施例では、像面変動を補正するレンズ群をG4としているが、G3を像面変動補正群とすることも可能である。また、G4をフォーカシングのために7.89mm像側に繰り出すことにより、望遠端においてG1頂点から物体距離0.6mまでの合焦が可能である。SPは絞り、G5は第5レンズ群としての結像作用を有する正の屈折力のリレ-群である。G5内の空気間隔には、焦点距離変換コンバータ等が装着されても良い。Pは色分解プリズムや光学フィルタ-等であり、同図ではガラスブロックとして示している。Iは撮像面である。

本実施例の各条件式対応値を表2に示す。本数値実施例はいずれの条件式も満足しており、良好な光学性能を達成しつつ、広角端焦点距離8.0mm、ズーム比17.00倍の広角、高倍率でありながら小型軽量化を達成している。

【0061】

(数値実施例11)

面番号	r	d	nd	vd	有効径
1	-229.715	2.20	1.78470	26.3	70.35
2	143.018	5.84			69.72
3	336.057	8.24	1.43387	95.1	70.68
4	-162.654	0.40			71.00
5	178.667	7.47	1.43387	95.1	70.96
6	-243.453	0.58			70.79
7	103.048	9.34	1.59240	68.3	70.19
8	-339.325	0.15			69.85
9	52.817	6.18	1.77250	49.6	63.10
10	93.780	(可変)			62.16
11	57.472	0.90	1.88300	40.8	25.25
12	13.431	6.43			19.92
13	-38.436	6.18	1.80809	22.8	19.31
14	-11.763	0.70	1.88300	40.8	18.90
15	91.120	0.20			18.69
16	29.050	2.13	1.66680	33.0	18.84
17	65.469	(可変)			18.59
18	-34.154	0.70	1.75700	47.8	20.90
19	60.542	2.31	1.84649	23.9	22.36
20	-2958.315	(可変)			22.85

10

20

30

40

50

21	-170.120	3.20	1.63854	55.4	24.80	
22	-37.553	0.15			25.51	
23	83.755	3.42	1.51633	64.1	26.77	
24	-105.150	(可変)			26.95	
25(絞り)		1.80			27.53	
26	47.805	6.42	1.51742	52.4	27.73	
27	-42.424	0.90	1.83481	42.7	27.37	
28	-344.048	32.40			27.31	
29	295.423	0.80	1.80100	35.0	23.84	
30	21.068	6.87	1.51823	58.9	23.45	10
31	-59.875	0.15			23.75	
32	113.087	6.24	1.49700	81.5	23.77	
33	-21.414	0.90	1.88300	40.8	23.63	
34	-82.994	0.86			24.40	
35	84.592	5.00	1.54814	45.8	24.78	
36	-29.969	4.00			24.76	
37		33.00	1.60859	46.4	40.00	
38		13.20	1.51633	64.1	40.00	
39					40.00	
像面						20

各種データ

ズーム比	17.00					
		広角	中間	望遠		
焦点距離	8.00	18.57	135.98			
Fナンバー	1.80	1.80	2.16			
画角	34.51	16.50	2.32			
像高	5.50	5.50	5.50			
レンズ全長	252.20	252.20	252.20			
BF	7.57	7.57	7.57			30
d10	0.63	21.21	45.11			
d17	52.83	19.67	8.78			
d20	3.03	9.21	1.81			
d24	8.87	15.28	9.65			
入射瞳位置	42.88	99.29	642.12			
射出瞳位置	368.37	368.37	368.37			
前側主点位置	51.06	118.82	829.35			
後側主点位置	-0.43	-11.00	-128.41			40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	63.00	40.40	24.39	-0.60
2	11	-12.00	16.54	2.70	-8.62
3	18	-49.00	3.01	-0.05	-1.70
4	21	41.00	6.78	2.76	-1.60
5	25	49.59	112.54	56.30	-47.65

【0062】

図24は本発明の実施例12としての数値実施例12の広角端におけるレンズ断面図で

ある。図25(A)、(B)、(C)、(D)、及び(E)に、数値実施例6の広角端、 $f_z = 10.25 \text{ mm}$ 、望遠端における種々の条件での収差図を示す。

図24において、G1は第1レンズ群としての正の屈折力のレンズ群である。G2は第2レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、光軸上を像面側へ移動させることにより、広角端から望遠端への変倍を行っている。G3は第3レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、広角端から望遠端にかけて、物体側に凸を描くような軌跡で移動する。G4は第4レンズ群としての負の屈折力のコンペンセータであり、変倍に伴う像面変動を補正するために光軸上を非直線的に移動している。本発明の実施例では、像面変動を補正するレンズ群をG4としているが、G3を像面変動補正群とすることも可能である。また、G4をフォーカシングのために9.26mm像側に繰り出すことにより、望遠端においてG1頂点から物体距離0.8mまでの合焦が可能である。SPは絞り、G5は第5レンズ群としての結像作用を有する正の屈折力のリレ-群である。G5内の空気間隔には、焦点距離変換コンバータ等が装着されても良い。Pは色分解プリズムや光学フィルタ-等であり、同図ではガラスブロックとして示している。Iは撮像面である。

本実施例の各条件式対応値を表2に示す。本数値実施例はいずれの条件式も満足しており、良好な光学性能を達成しつつ、広角端焦点距離8.0mm、ズーム比15.92倍の広角、高倍率でありながら小型化を達成している。

【0063】

(数値実施例12)

面番号	r	d	nd	vd	有効径	
1	-163.326	2.30	1.75520	27.5	88.96	
2	135.188	8.10			83.26	
3	354.309	11.41	1.43875	94.9	82.37	
4	-133.684	0.40			81.86	
5	253.110	8.80	1.43387	95.1	79.07	
6	-193.587	10.02			78.85	
7	118.587	10.94	1.59240	68.3	74.94	
8	-228.593	0.15			74.57	
9	54.147	6.27	1.75500	52.3	66.47	30
10	91.651	(可変)			65.47	
11	48.328	1.00	1.88300	40.8	30.88	
12	14.954	8.78			24.09	
13	-60.438	7.62	1.80809	22.8	22.92	
14	-13.587	0.75	1.88300	40.8	22.36	
15	70.376	0.18			21.87	
16	27.454	2.37	1.66680	33.0	22.13	
17	53.130	(可変)			21.83	
18	-48.773	0.75	1.74320	49.3	19.32	
19	41.859	2.50	1.84649	23.9	20.13	40
20	150.750	(可変)			20.51	
21	101.812	4.01	1.77250	49.6	27.98	
22	-84.362	(可変)			28.34	
23(絞り)		1.50			29.55	
24	76.376	3.97	1.53172	48.8	29.78	
25	-184.227	0.40			29.62	
26	137.843	6.39	1.48749	70.2	29.22	
27	-33.920	1.00	1.88300	40.8	28.69	
28	-179.819	36.00			28.80	
29	-776.735	4.19	1.48749	70.2	25.68	50

30	-37.380	4.83		25.58	
31	-88.291	1.00	1.83489	42.6	22.83
32	20.098	8.24	1.48749	70.2	22.93
33	-61.065	0.15			24.25
34	51.078	6.50	1.49700	81.5	25.35
35	-29.677	1.00	1.88300	40.8	25.49
36	-51610.863	0.29			26.44
37	43.139	6.10	1.57501	41.5	27.65
38	-40.441	4.50			27.70
39		33.00	1.60859	46.4	40.00
40		13.20	1.51633	64.1	40.00
41					40.00

像面

各種データ

ズーム比	15.92				
		広角	中間	望遠	
焦点距離	8.00	10.25	127.35		
Fナンバー	1.90	1.89	2.05		
画角	34.51	28.23	2.47		20
像高	5.50	5.50	5.50		
レンズ全長	307.66	307.66	307.66		
BF	7.00	7.00	7.00		
d10	0.56	6.73	46.73		
d17	54.09	35.20	7.88		
d20	13.45	16.34	8.51		
d22	13.95	23.78	18.93		
入射瞳位置	54.80	65.32	640.65		30
射出瞳位置	184.23	184.23	184.23		
前側主点位置	63.16	76.15	859.51		
後側主点位置	-1.00	-3.25	-120.36		

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置	
1	1	63.50	58.39	38.58	3.90	
2	11	-14.50	20.70	3.84	-10.16	
3	18	-54.00	3.25	0.48	-1.28	
4	21	60.00	4.01	1.24	-1.03	40
5	23	59.08	132.26	77.54	-63.94	

【0064】

図26は本発明の実施例13としての数値実施例13の広角端におけるレンズ断面図である。図27(A)、(B)、(C)、(D)、及び(E)に、数値実施例13の広角端、 $f_z = 63.13\text{mm}$ 、望遠端における種々の条件での収差図を示す。

図26において、G1は第1レンズ群としての正の屈折力のレンズ群である。G2は第2レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、光軸上を像面側へ移動することにより、広角端から望遠端への変倍を行っている。G3は第3レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、広角端から望遠端にかけて、物体側に凸を描くような軌跡で移動する。G4は第4レンズ群としての負の屈折力のコンペンセータであり、

変倍に伴う像面変動を補正するために光軸上を非直線的に移動している。本発明の実施例では、像面変動を補正するレンズ群をG4としているが、G3を像面変動補正群とともに可能である。また、G4をフォーカシングのために21.26mm像側に繰り出すことにより、望遠端においてG1頂点から物体距離2.8mまでの合焦が可能である。SPは絞り、G5は第5レンズ群としての結像作用を有する正の屈折力のリレ-群である。G5内の空気間隔には、焦点距離変換コンバータ等が装着されても良い。Pは色分解プリズムや光学フィルタ-等であり、同図ではガラスブロックとして示している。Iは撮像面である。

本実施例の各条件式対応値を表2に示す。本数値実施例はいずれの条件式も満足しており、良好な光学性能を達成しつつ、広角端焦点距離10.5mm、ズーム比36.97倍の広角、高倍率でありながら小型化を達成している。

【0065】

(数値実施例13)

面番号	r	d	nd	vd	有効径	
1	2652.061	3.00	1.80610	40.9	107.88	
2	204.831	1.05			107.49	
3	197.497	15.28	1.43387	95.1	108.03	
4	-271.180	1.25			108.22	
5	208.026	10.98	1.43387	95.1	107.45	
6	-761.727	0.20			107.04	20
7	131.175	8.25	1.43387	95.1	102.62	
8	313.243	0.20			101.64	
9	102.231	4.95	1.43387	95.1	96.90	
10	131.368	(可変)			95.64	
11	192.381	1.50	1.88300	40.8	36.84	
12	21.509	9.38			30.73	
13	-49.445	1.50	1.81600	46.6	30.74	
14	-305.945	0.70			31.77	
15	39.516	6.67	1.80809	22.8	34.00	
16	-435.042	0.41			33.51	30
17	248.900	1.50	1.81600	46.6	32.96	
18	60.878	(可変)			32.06	
19	-51.193	1.30	1.71700	47.9	27.19	
20	51.947	2.99	1.84649	23.9	28.84	
21	344.246	(可変)			29.15	
22	322.535	5.17	1.60738	56.8	37.64	
23	-71.155	0.15			38.27	
24	59.010	7.81	1.51823	58.9	39.32	
25	-79.696	0.35			39.05	
26	46.164	9.05	1.48749	70.2	35.93	40
27	-51.986	1.50	1.83400	37.2	34.44	
28	72.123	(可変)			32.42	
29(絞り)		2.00			27.13	
30	133.530	4.73	1.48749	70.2	26.59	
31	-55.172	1.50	1.88300	40.8	26.08	
32	126.627	42.46			25.87	
33	-302.336	5.00	1.51742	52.4	29.64	
34	-38.361	0.15			30.11	
35	537.796	1.50	1.77250	49.6	29.67	
36	110.000	4.92	1.51742	52.4	29.46	50

37	-98.222	0.40		29.27
38	71.291	7.55	1.51742	52.4
39	-34.196	1.50	1.88300	40.8
40	174.577	0.14		27.15
41	28.850	5.44	1.48749	70.2
42	95.804	3.80		26.19
43		33.00	1.60859	46.4
44		13.20	1.51680	64.2
45				40.00

像面

10

各種データ

ズーム比	36.97			
		広角	中間	望遠
焦点距離	10.50	63.13	388.15	
Fナンバー	2.00	2.00	3.67	
画角	27.65	4.98	0.81	
像高	5.50	5.50	5.50	
レンズ全長	395.01	395.01	395.01	
BF	10.01	10.01	10.01	20
d10	1.19	92.71	128.70	
d18	132.74	20.96	7.58	
d21	11.13	23.55	1.41	
d28	17.52	25.37	24.89	
入射瞳位置	67.51	512.81	3317.14	
射出瞳位置	1245.21	1245.21	1245.21	
前側主点位置	78.10	579.17	3827.27	
後側主点位置	-0.49	-53.13	-378.15	30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	170.00	45.16	19.74	-11.48
2	11	-26.00	21.66	1.69	-14.13
3	19	-71.33	4.29	0.28	-2.08
4	22	44.98	24.02	-2.39	-15.65
5	29	52.33	127.28	54.59	-21.26

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことは云うまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0066】

40

【表2】

数値実施例7～13における各条件式対応値

番号	条件式	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12	実施例13
(1)	f_z	14.77	17.84	16.41	11.26	18.57	10.25	63.13
(2)	$\beta_{2z}/\beta_{2w}/Z$	0.07	0.09	0.07	0.06	0.10	0.07	0.09
(3)	$ f_1/f_2 $	5.00	5.32	5.25	5.31	5.25	4.38	6.54
(4)	$ f_1/f_3 $	1.57	1.73	1.27	1.60	1.29	1.18	2.38
(5)	$ f_1/f_4 $	1.35	1.60	1.51	1.77	1.54	1.06	3.78
(6)	f_w/ϕ	0.73	0.82	0.71	0.71	0.73	0.73	0.95
(7)	Z	20.87	18.30	21.71	21.87	17.00	15.92	36.97

10

【0067】

図30は本発明の実施例14としての数値実施例14の広角端におけるレンズ断面図である。図31に、数値実施例14の広角端(A)、中間位置 $f_z = 18.23\text{mm}$ (B)、望遠端における種々の条件(C)～(E)における収差図を示す。

図30において、G1は第1レンズ群としての正の屈折力のレンズ群である。G2は第2レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、光軸上を像面側へ移動することにより、広角端から望遠端への変倍を行っている。G3は第3レンズ群としての変倍用の負の屈折力のバリエータであり、広角端から望遠端にかけて、物体側に凸を描くような軌跡で移動する。G3をフォーカシングのために9.00mm物体側に繰り出すことにより、望遠端においてG1頂点から物体距離0.9mまでの合焦が可能である。G4は第4レンズ群としての負の屈折力のコンペンセータであり、変倍に伴う像面変動を補正するために光軸上を非直線的に移動している。本発明の実施例では、像面変動を補正するレンズ群をG4としているが、G3を像面変動補正群とすることも可能である。SPは絞り、G5は第5レンズ群としての結像作用を有する正の屈折力のリレーパークである。G5内の空気間隔には、焦点距離変換コンバータ等が装着されても良い。Pは色分解プリズムや光学フィルタ等であり、同図ではガラスブロックとして示している。Iは撮像面である。

本実施例の各条件式対応値を表1に示す。本数値実施例はいずれの条件式も満足しており、良好な光学性能を達成しつつ、広角端焦点距離9.0mm、ズーム比18.29倍の広角、高倍率でありながら小型軽量化を達成している。

【0068】

(数値実施例14)

面番号	r	d	nd	vd	有効径
1	190.674	2.20	1.75520	27.5	65.25
2	64.774	9.77	1.48749	70.2	63.24
3	-2417.259	0.15			63.09
4	71.217	7.35	1.60300	65.4	61.75
5	464.468	0.15			61.13
6	68.095	4.76	1.77250	49.5	57.43
7	146.890	(可変)			56.56
8	157.701	0.75	2.00069	25.5	24.01
9	14.804	5.71			19.90
10	-60.456	5.08	1.92286	18.9	19.56
11	-15.421	0.70	1.88300	40.8	19.56
12	81.232	0.45			19.36
13	27.799	2.13	1.80809	22.8	19.59
14	55.276	(可変)			19.28
15	-35.869	0.75	1.80440	39.6	20.67
16	64.317	2.11	1.92286	18.9	21.97
17	1316.972	(可変)			22.39
18	195.143	4.63	1.50127	56.5	27.04

20

30

40

50

19	-36.878	0.15			27.66	
20	326.759	2.94	1.51633	64.1	28.36	
21	-116.061	(可変)			28.57	
22(絞り)		1.50			28.81	
23	80.346	7.26	1.50127	56.5	28.95	
24	-30.615	1.10	1.83400	37.2	28.74	
25	-101.563	35.57			29.18	
26	138.944	4.71	1.51633	64.1	28.37	
27	-51.158	4.66			28.20	
28	-583.779	1.20	1.83400	37.2	25.59	10
29	20.779	6.51	1.56732	42.8	25.06	
30	-410.757	0.50			25.38	
31	65.013	6.91	1.51633	64.1	25.77	
32	-24.675	1.20	1.83400	37.2	25.76	
33	590.781	0.27			26.76	
34	49.389	5.83	1.57501	41.5	27.63	
35	-40.365	5.00			27.68	
36		30.00	1.60342	38.0	36.00	
37		16.20	1.51633	64.2	36.00	
38					36.00	20

像面

各種データ

ズーム比	18.29					
		広角	中間	望遠		
焦点距離	9.00	18.23	164.58			
Fナンバー	1.86	1.86	2.69			
画角	31.43	16.79	1.91			
像高	5.50	5.50	5.50			
レンズ全長	255.11	255.11	255.11			30
BF	7.00	7.00	7.00			
d7	1.01	20.49	51.06			
d14	58.93	26.54	14.72			
d17	5.97	10.75	2.31			
d21	3.99	12.12	1.81			
d38	7.00	7.00	7.00			
入射瞳位置	37.03	91.74	826.41			
射出瞳位置	427.60	427.60	427.60			40
前側主点位置	46.23	110.76	1055.39			
後側主点位置	-2.00	-11.23	-157.58			

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置	
1	1	75.00	24.38	8.45	-6.92	
2	8	-13.86	14.82	0.93	-9.60	
3	15	-46.88	2.86	0.01	-1.49	
4	18	45.54	7.72	3.18	-2.03	
5	22	54.31	128.42	61.21	-54.28	50

【0069】

【表3】

数値実施例1~4における各条件式対応値

番号	条件式	実施例1~4
(1)	f_z	18.23
(2)	$\beta_2 z / \beta_2 w / Z$	0.09
(3)	f_1 / f_2	5.41
(4)	f_1 / f_3	1.6
(5)	f_1 / f_4	1.65
(6)	f_w / ϕ	0.82
(7)	Z	18.29

10

【0070】

次に、上述した各ズームレンズを撮像光学系として用いた撮像装置について説明する。

図32は各実施例のズームレンズを撮影光学系として用いた撮像装置（テレビカメラシステム）の要部概略図である。図32において101は実施例1~13のいずれか1つのズームレンズである。

124はカメラである。ズームレンズ101はカメラ124に対して着脱可能になっている。125はカメラ124にズームレンズ101を装着することにより構成される撮像装置である。ズームレンズ101は第1レンズ群G1、変倍部LZ、結像用の第5レンズ群G5を有している。第1レンズ群G1は合焦用レンズ群が含まれている。変倍部LZは変倍の為に光軸上を移動する第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3と、変倍に伴う像面変動を補正する為に光軸上を移動する第4レンズ群G4が含まれている。SPは開口絞りである。第5レンズ群G5は光路中より挿抜可能なレンズユニット（変倍光学系）IEを有している。レンズユニットIEはズームレンズ101の全系の焦点距離範囲を変移している。

20

【0071】

114、115は、各々第1レンズ群G1、変倍部LZを光軸方向に駆動するヘリコイドやカム等の駆動機構である。116~118は駆動機構114、115及び開口絞りSPを電動駆動するモータ（駆動手段）である。119~121は、第1レンズ群G1、変倍部LZの光軸上の位置や、開口絞りSPの絞り径を検出する為のエンコーダやポテンショメータ、あるいはフォトセンサ等の検出器である。カメラ124において、109はカメラ124内の光学フィルタや色分解プリズムに相当するガラスブロック、110はズームレンズ101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。また、111、122はカメラ124及びズームレンズ本体101の各種の駆動を制御するCPUである。このように本発明のズームレンズをテレビカメラに適用することにより、高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

30

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことは云うまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

40

【符号の説明】

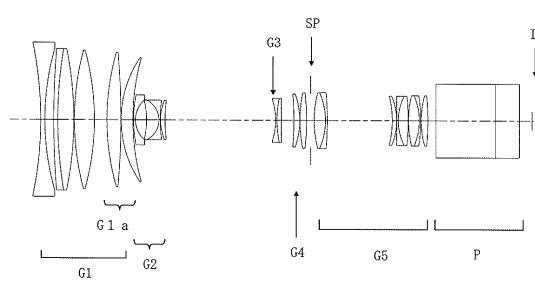
【0072】

G 1	第1レンズ群
G 2	第2レンズ群
G 3	第3レンズ群
G 4	第4レンズ群
SP	絞り
G 5	第5レンズ群
P	ガラスブロック

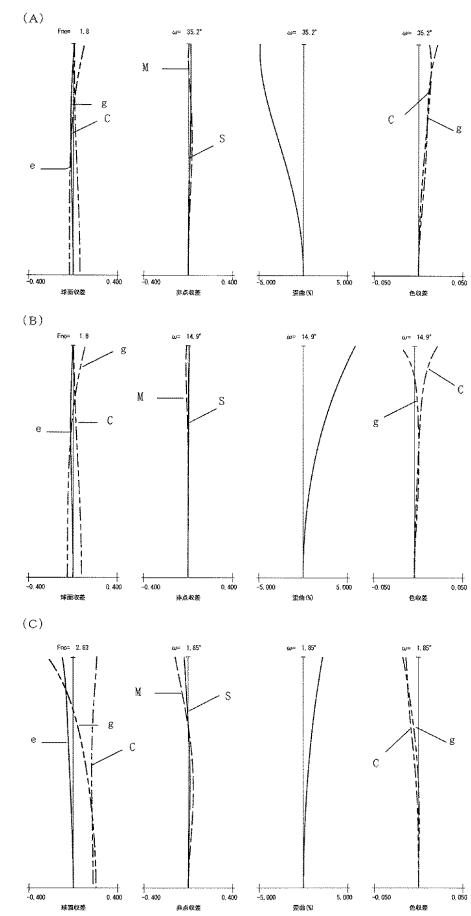
50

I 摄像面

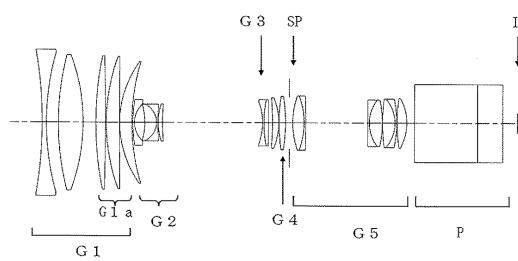
【図1】



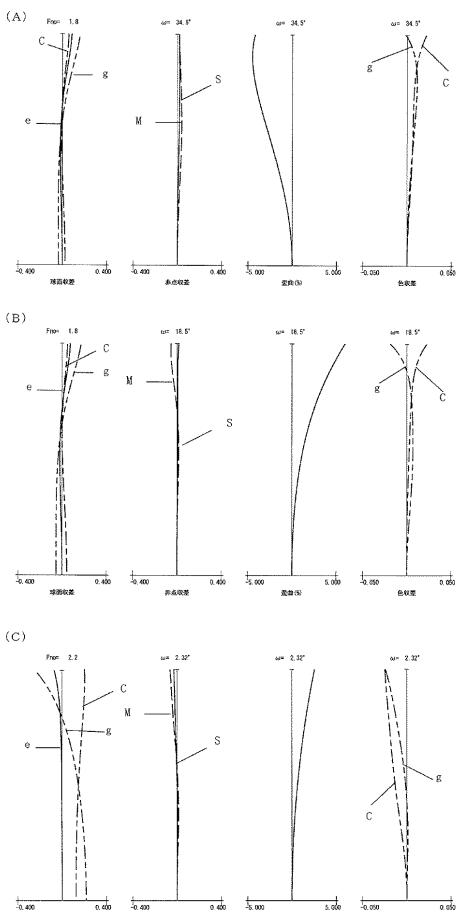
【図2】



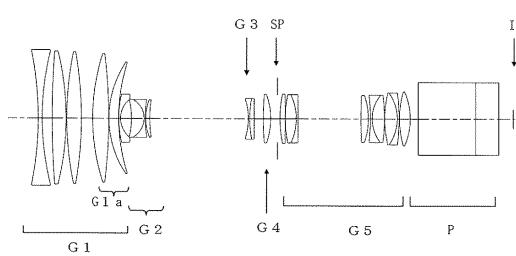
【図3】



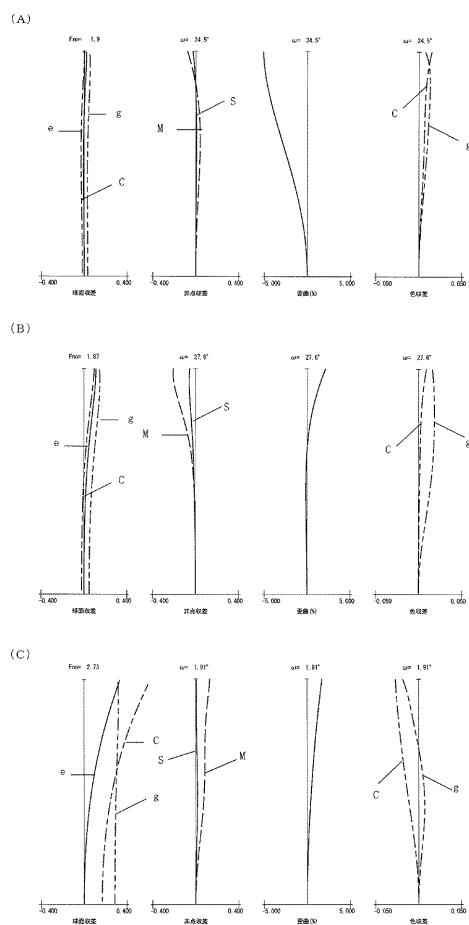
【図4】



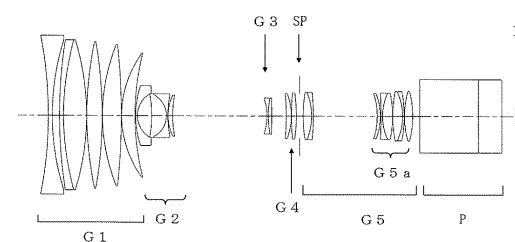
【図5】



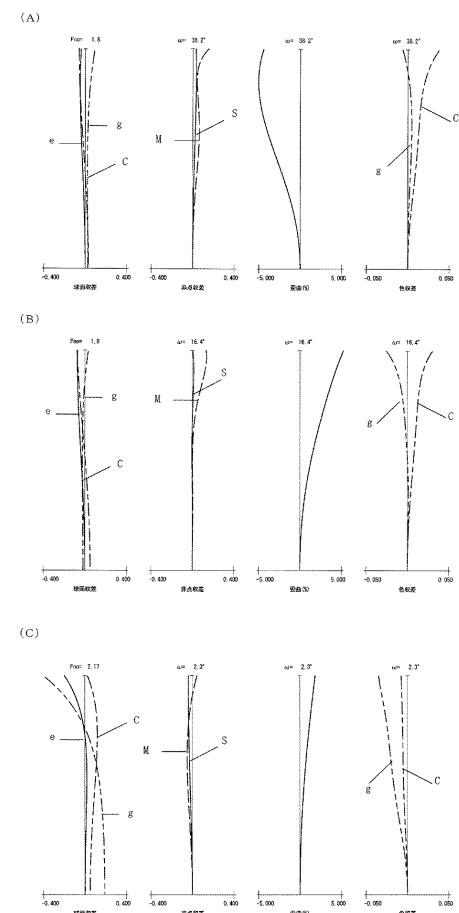
【図6】



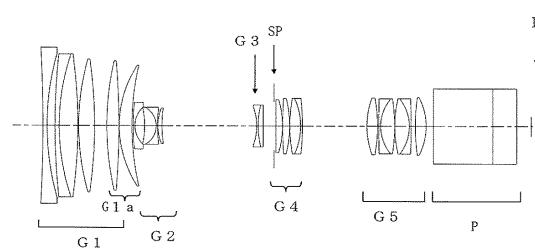
【図7】



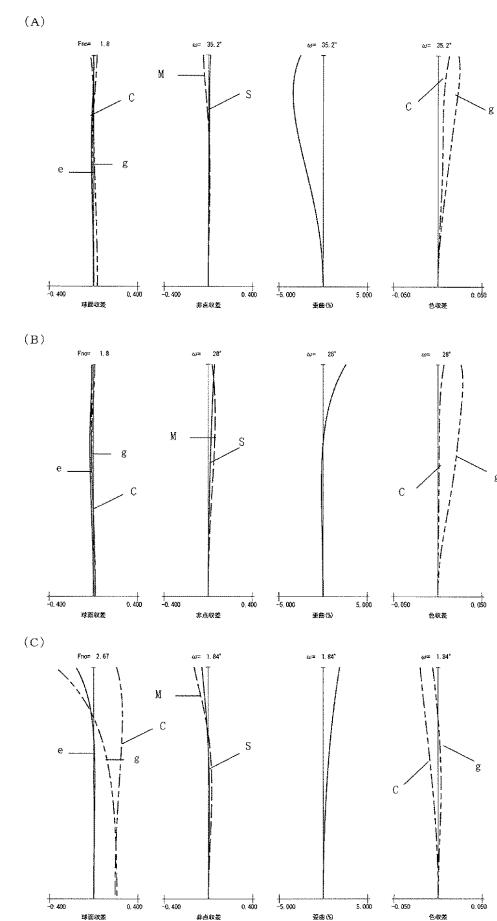
【図8】



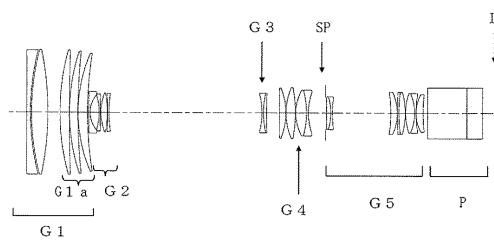
【図9】



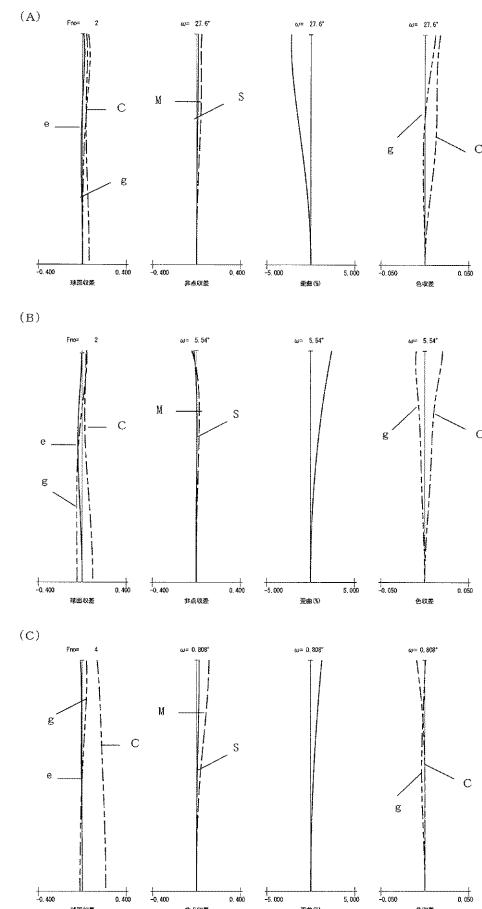
【図10】



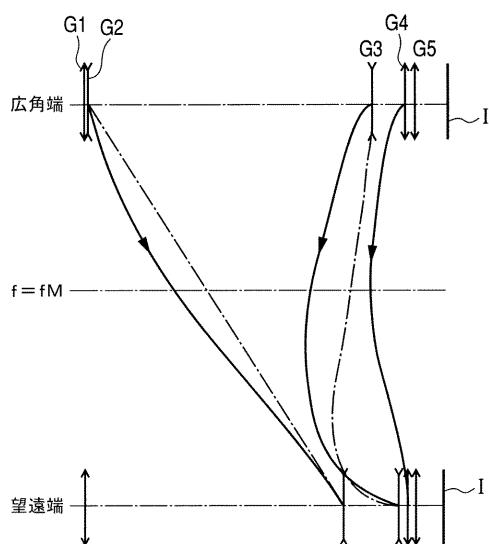
【図11】



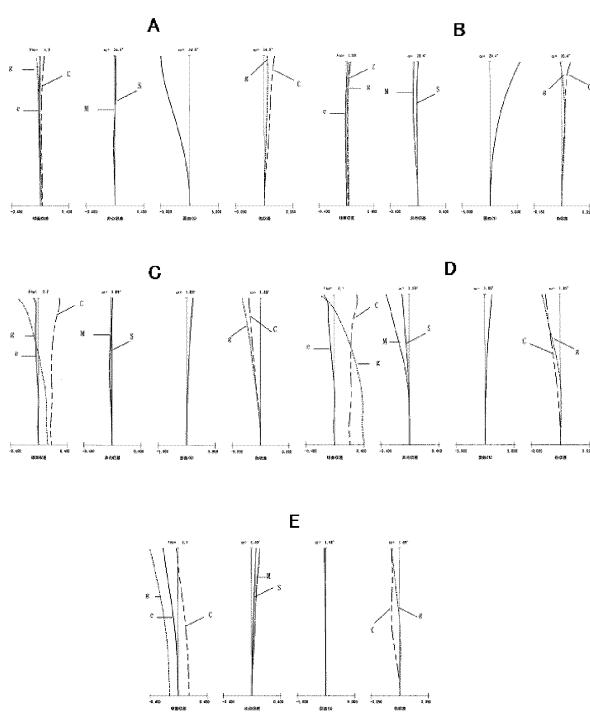
【図12】



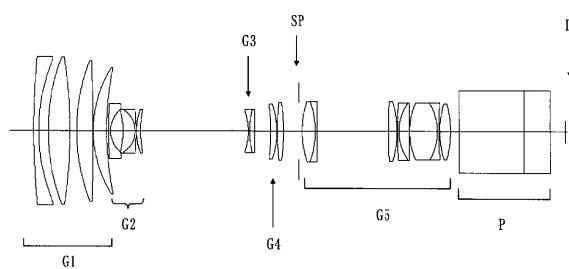
【図13】



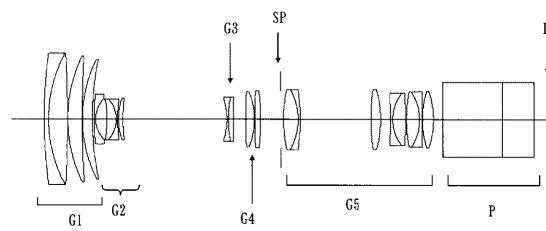
【図15】



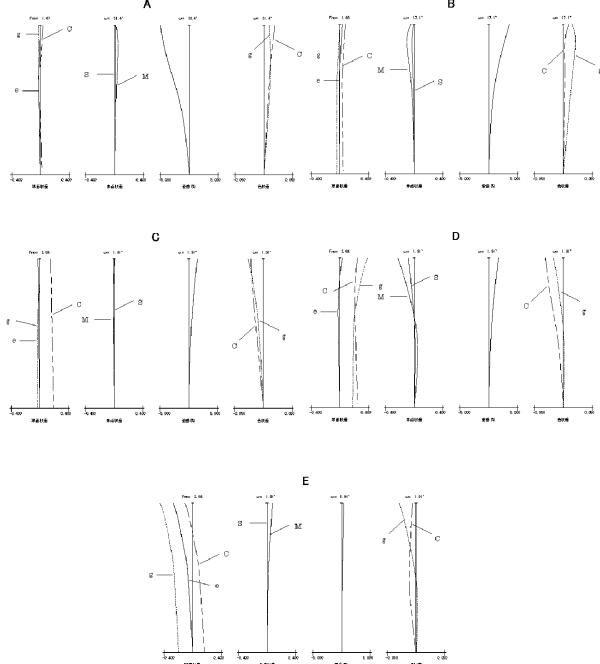
【図14】



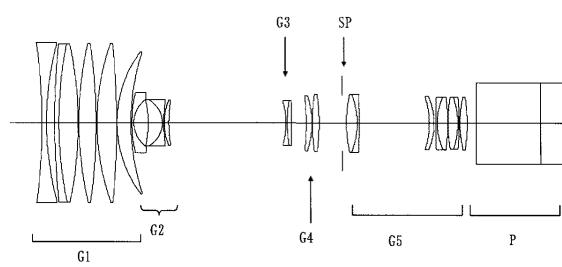
【図16】



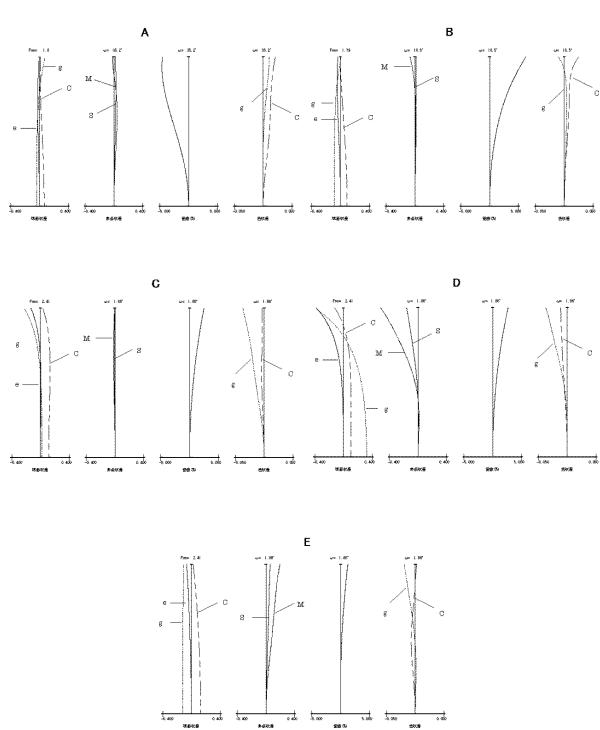
【図17】



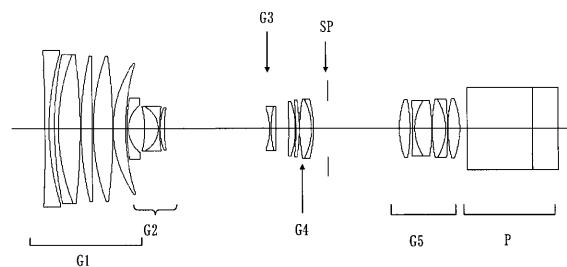
【図18】



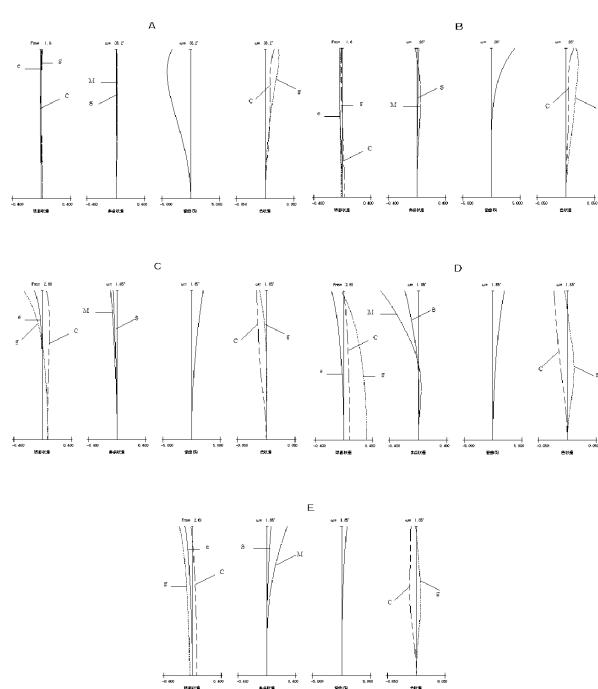
【図19】



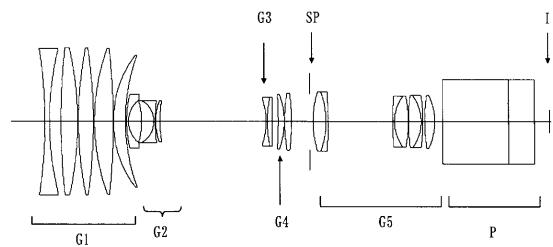
【図20】



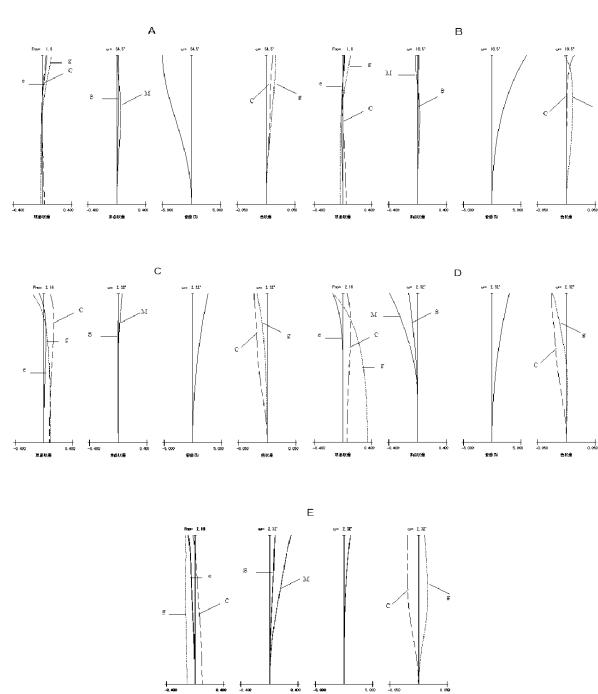
【図21】



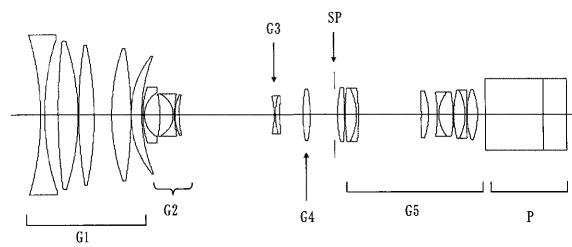
【図22】



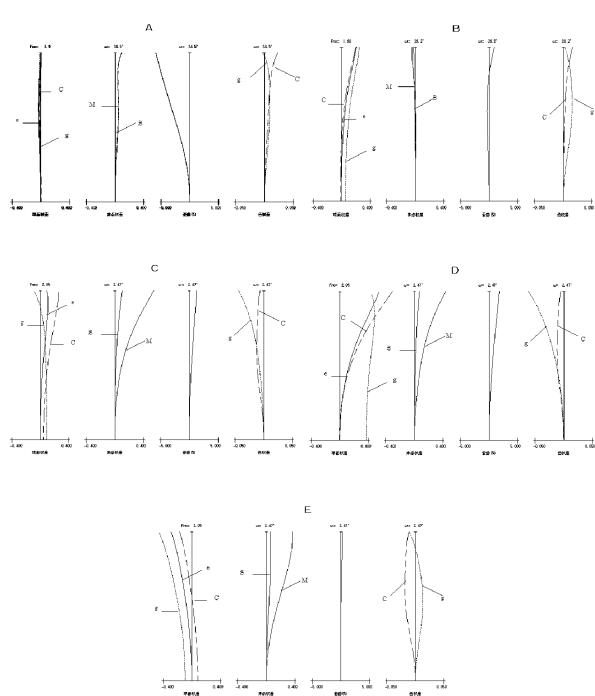
【図23】



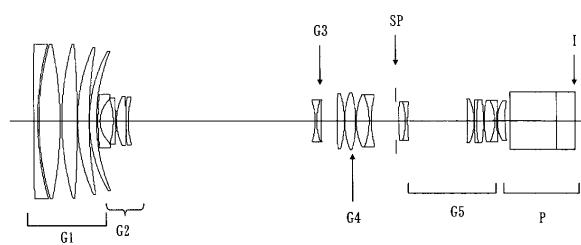
【図24】



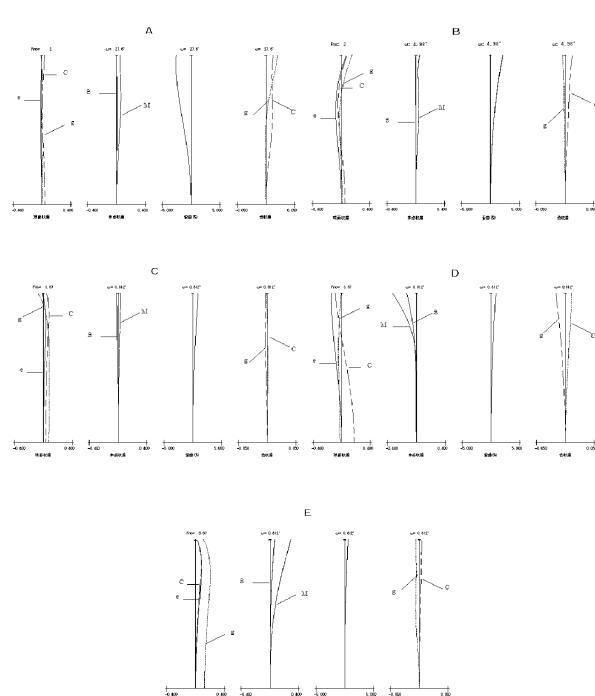
【図25】



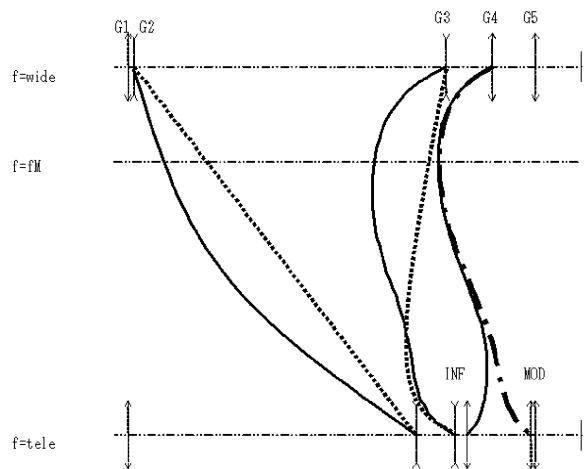
【図26】



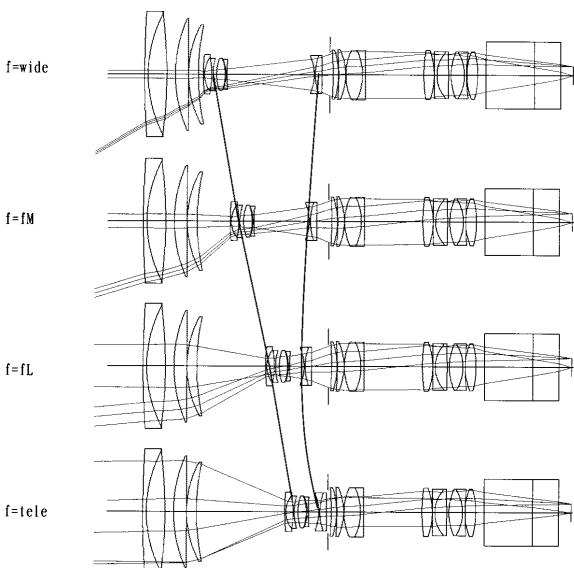
【図27】



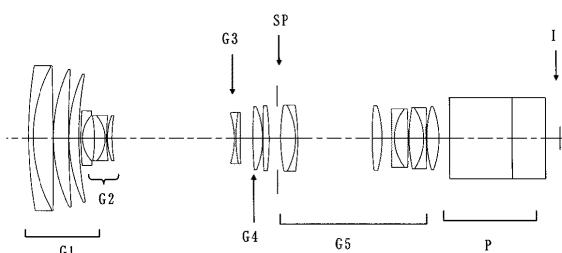
【図28】



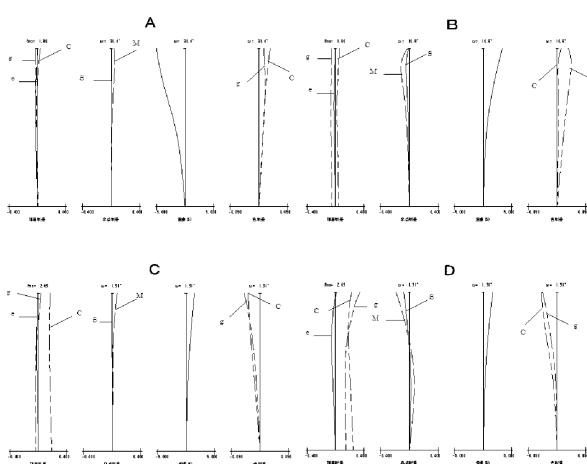
【図29】



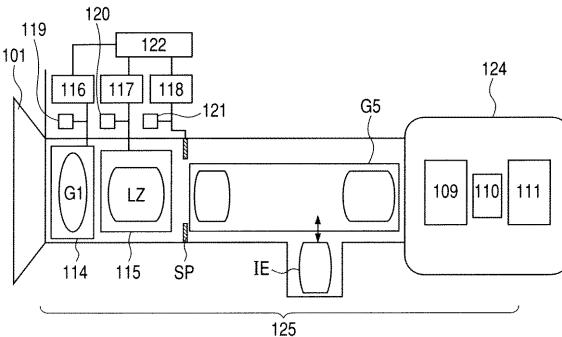
【図30】



【図31】



【図32】



フロントページの続き

(74)代理人 100134393
弁理士 木村 克彦

(74)代理人 100174230
弁理士 田中 尚文

(72)発明者 若園 賀
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 堀井 康司

(56)参考文献 特開平02-050120(JP, A)
特開平01-126614(JP, A)
特開平03-006509(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 15 / 20
G 02 B 13 / 18