

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6682295号  
(P6682295)

(45) 発行日 令和2年4月15日(2020.4.15)

(24) 登録日 令和2年3月27日(2020.3.27)

(51) Int.Cl. F 1  
**G O 2 B 15/20 (2006.01)**  
**G O 2 B 13/18 (2006.01)**

F 1  
 G O 2 B 15/20  
 G O 2 B 13/18

請求項の数 27 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2016-32885 (P2016-32885)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成28年2月24日 (2016.2.24)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-151241 (P2017-151241A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成29年8月31日 (2017.8.31)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成31年2月5日 (2019.2.5)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	杉田 茂宣
			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

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】

負の屈折力のレンズ群  $L_{n1}$  と、前記レンズ群  $L_{n1}$  の像側に隣接して配置された負の屈折力のレンズ群  $L_{n2}$  と、前記レンズ群  $L_{n2}$  の像側に隣接して配置された正の屈折力のレンズ群  $L_{p1}$  と、一つ以上のレンズ群を含む後群を含み、ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

ズームングに際して前記レンズ群  $L_{n1}$  と前記レンズ群  $L_{p1}$  は同一の軌跡で移動し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記レンズ群  $L_{n2}$  は物体側に移動し、前記後群は、前記ズームレンズに含まれる正の屈折力のレンズ群の中で焦点距離が最も短い正の屈折力のレンズ群  $L_{p2}$  を有し、

広角端に比べて望遠端において前記レンズ群  $L_{p1}$  と前記レンズ群  $L_{p2}$  の間隔が狭くなることを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

前記レンズ群  $L_{p2}$  の焦点距離を  $f_{Lp2}$ 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を  $f_w$  とするとき、

$$0.8 < f_{Lp2} / f_w < 3.0$$

なる条件式を満たす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】

前記レンズ群  $L_{n1}$  の焦点距離を  $f_{Ln1}$ 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を  $f_w$  とするとき、

$$0.4 < -f_{Ln1} / f_w < 1.5$$

なる条件式を満たす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】

前記レンズ群  $L_{n2}$  の焦点距離を  $f_{Ln2}$ 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を  $f_w$  とするとき、

$$2.0 < -f_{Ln2} / f_w < 13.5$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記レンズ群  $L_{p1}$  の焦点距離を  $f_{Lp1}$ 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を  $f_w$  とするとき、

$$2.0 < f_{Lp1} / f_w < 8.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

負の屈折力のレンズ群  $L_{n1}$  と、前記レンズ群  $L_{n1}$  の像側に隣接して配置された負の屈折力のレンズ群  $L_{n2}$  と、前記レンズ群  $L_{n2}$  の像側に隣接して配置された正の屈折力のレンズ群  $L_{p1}$  と、一つ以上のレンズ群を含む後群を含み、ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

ズームングに際して前記レンズ群  $L_{n1}$  と前記レンズ群  $L_{p1}$  は同一の軌跡で移動し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記レンズ群  $L_{n2}$  は物体側に移動し、前記レンズ群  $L_{p1}$  の焦点距離を  $f_{Lp1}$ 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を  $f_w$  とするとき、

$$2.0 < f_{Lp1} / f_w < 8.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 7】

広角端における前記レンズ群  $L_{n2}$  の撮像倍率を  $L_{n2w}$ 、望遠端における前記レンズ群  $L_{n2}$  の撮像倍率を  $L_{n2t}$  とするとき、

$$0.0 < L_{n2w} < 1.0$$

$$0.0 < L_{n2t} < 1.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

広角端における前記レンズ群  $L_{p1}$  の撮像倍率を  $L_{p1w}$  とするとき、

$$1.1 < L_{p1w} < 5.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

負の屈折力のレンズ群  $L_{n1}$  と、前記レンズ群  $L_{n1}$  の像側に隣接して配置された負の屈折力のレンズ群  $L_{n2}$  と、前記レンズ群  $L_{n2}$  の像側に隣接して配置された正の屈折力のレンズ群  $L_{p1}$  と、一つ以上のレンズ群を含む後群を含み、ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

ズームングに際して前記レンズ群  $L_{n1}$  と前記レンズ群  $L_{p1}$  は同一の軌跡で移動し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記レンズ群  $L_{n2}$  は物体側に移動し、広角端における前記レンズ群  $L_{p1}$  の撮像倍率を  $L_{p1w}$  とするとき、

$$1.1 < L_{p1w} < 5.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 10】

望遠端における前記レンズ群  $L_{p1}$  の撮像倍率を  $L_{p1t}$  とするとき、

$$1.1 < L_{p1t} < 5.0$$

10

20

30

40

50

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 1】

負の屈折力のレンズ群  $L_{n1}$  と、前記レンズ群  $L_{n1}$  の像側に隣接して配置された負の屈折力のレンズ群  $L_{n2}$  と、前記レンズ群  $L_{n2}$  の像側に隣接して配置された正の屈折力のレンズ群  $L_{p1}$  と、一つ以上のレンズ群を含む後群を含み、ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

ズームングに際して前記レンズ群  $L_{n1}$  と前記レンズ群  $L_{p1}$  は同一の軌跡で移動し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記レンズ群  $L_{n2}$  は物体側に移動し、望遠端における前記レンズ群  $L_{p1}$  の撮像倍率を  $L_{p1t}$  とするとき、

$$1.1 < L_{p1t} < 5.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 1 2】

前記レンズ群  $L_{n2}$  の焦点距離を  $f_{Ln2}$ 、前記レンズ群  $L_{p1}$  の焦点距離を  $f_{Lp1}$  とするとき、

$$1.0 < -f_{Ln2} / f_{Lp1} < 2.5$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 3】

前記レンズ群  $L_{n1}$  の焦点距離を  $f_{Ln1}$ 、前記レンズ群  $L_{n2}$  の焦点距離を  $f_{Ln2}$  とするとき、

$$2.0 < f_{Ln2} / f_{Ln1} < 20.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 4】

負の屈折力のレンズ群  $L_{n1}$  と、前記レンズ群  $L_{n1}$  の像側に隣接して配置された負の屈折力のレンズ群  $L_{n2}$  と、前記レンズ群  $L_{n2}$  の像側に隣接して配置された正の屈折力のレンズ群  $L_{p1}$  と、一つ以上のレンズ群を含む後群を含み、ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

ズームングに際して前記レンズ群  $L_{n1}$  と前記レンズ群  $L_{p1}$  は同一の軌跡で移動し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記レンズ群  $L_{n2}$  は物体側に移動し、前記レンズ群  $L_{n1}$  の焦点距離を  $f_{Ln1}$ 、前記レンズ群  $L_{n2}$  の焦点距離を  $f_{Ln2}$  とするとき、

$$2.0 < f_{Ln2} / f_{Ln1} < 20.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 1 5】

前記レンズ群  $L_{n1}$  は 2 枚以上の負レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 6】

負の屈折力のレンズ群  $L_{n1}$  と、前記レンズ群  $L_{n1}$  の像側に隣接して配置された負の屈折力のレンズ群  $L_{n2}$  と、前記レンズ群  $L_{n2}$  の像側に隣接して配置された正の屈折力のレンズ群  $L_{p1}$  と、一つ以上のレンズ群を含む後群を含み、ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

ズームングに際して前記レンズ群  $L_{n1}$  と前記レンズ群  $L_{p1}$  は同一の軌跡で移動し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記レンズ群  $L_{n2}$  は物体側に移動し、前記レンズ群  $L_{n1}$  は 2 枚以上の負レンズを有することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 1 7】

前記レンズ群  $L_{n2}$  は負レンズと正レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 6 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 8】

10

20

30

40

50

広角端に比べて望遠端において前記レンズ群  $L_{n1}$  と前記レンズ群  $L_{n2}$  の間隔が広くなることを特徴とする請求項 1 乃至 17 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 19】

前記レンズ群  $L_{n1}$  の物体側に正の屈折力のレンズ群  $L_1$  を有し、広角端に比べて望遠端において前記レンズ群  $L_1$  と前記レンズ群  $L_{n1}$  の間隔が広くなることを特徴とする請求項 1 乃至 18 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 20】

広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記レンズ群  $L_1$  は物体側に移動することを特徴とする請求項 19 に記載のズームレンズ。

【請求項 21】

前記レンズ群  $L_1$  の焦点距離を  $f_{L1}$ 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を  $f_w$  とするとき、

$$2.0 < f_{L1} / f_w < 7.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 19 又は 20 に記載のズームレンズ。

【請求項 22】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力のレンズ群  $L_5$ 、負の屈折力のレンズ群  $L_6$ 、負の屈折力のレンズ群  $L_7$  より構成され、

前記レンズ群  $L_5$  は、前記ズームレンズに含まれる正の屈折力のレンズ群の中で焦点距離が最も短いレンズ群であることを特徴とする請求項 1 乃至 21 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 23】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力のレンズ群  $L_5$ 、負の屈折力のレンズ群  $L_6$ 、正の屈折力のレンズ群  $L_7$  より構成され、

前記レンズ群  $L_5$  は、前記ズームレンズに含まれる正の屈折力のレンズ群の中で焦点距離が最も短いレンズ群であることを特徴とする請求項 1 乃至 21 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 24】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力のレンズ群  $L_5$ 、正の屈折力のレンズ群  $L_6$ 、負の屈折力のレンズ群  $L_7$ 、負の屈折力のレンズ群  $L_8$  より構成され、

前記レンズ群  $L_6$  は、前記ズームレンズに含まれる正の屈折力のレンズ群の中で焦点距離が最も短いレンズ群であることを特徴とする請求項 1 乃至 21 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 25】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力のレンズ群  $L_5$ 、正の屈折力のレンズ群  $L_6$  より構成され、

前記レンズ群  $L_6$  は、前記ズームレンズに含まれる正の屈折力のレンズ群の中で焦点距離が最も短いレンズ群であることを特徴とする請求項 1 乃至 21 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 26】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された正の屈折力のレンズ群  $L_4$ 、正の屈折力のレンズ群  $L_5$ 、負の屈折力のレンズ群  $L_6$ 、正の屈折力のレンズ群  $L_7$  より構成され、前記レンズ群  $L_5$  は、前記ズームレンズに含まれる正の屈折力のレンズ群の中で焦点距離が最も短いレンズ群であることを特徴とする請求項 1 乃至 21 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 27】

請求項 1 乃至 26 の何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、ズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、デジタルカメラ、ビデオカメラ、TVカメラ、監視用カメラ、銀塩フィルム用カメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系に好適なものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

撮像装置（カメラ）に用いる撮像光学系には標準な撮影画角を包含し、高解像力で小型のズームレンズであることが要望されている。この他、撮像装置に用いたときは、高速かつ高精度にフォーカスができることが要望されている。一方、近年の一眼レフカメラでは動画撮影機能を有すること、動画撮影中にオートフォーカスできること等が要望されている。動画を撮影するときのフォーカス方式としては、フォーカスレンズ群を駆動させるときの駆動音が小さく、高速なフォーカスが容易であること等が要望されている。

10

## 【0003】

ズームレンズにおいて、物体側の第1レンズ群は一般に大型でしかも高重量になりやすい。このため、物体側の第1レンズ群よりも像側に配置される小型軽量のレンズ群を用いてフォーカシングを行ったズームレンズが知られている（特許文献1乃至5）。

## 【0004】

特許文献1は物体側から像側へ順に配置された、正、負、正、負、正の屈折力の第1レンズ群乃至第5レンズ群より構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズを開示している。そしてフォーカシングに際して第4レンズ群が移動するズームレンズを開示している。

20

## 【0005】

特許文献2は物体側から像側へ順に配置された、正、負、正、負、正、正の屈折力の第1レンズ群乃至第6レンズ群より構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズを開示している。そしてフォーカシングに際して第4レンズ群が移動するズームレンズを開示している。

## 【0006】

特許文献3は物体側から像側へ順に配置された、正、負、正、負、正の屈折力の第1レンズ群乃至第5レンズ群から構成されズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズを開示している。そしてフォーカシングに際して第2レンズ群が移動するズームレンズを開示している。

30

## 【0007】

特許文献4は物体側から像側へ順に配置された、正、負、正、負、正の屈折力の第1レンズ群乃至第5レンズ群より構成されてズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズを開示している。そして第2レンズ群を負の屈折力の2つのレンズ群に分け、フォーカシングに際して第2レンズ群の一部の負の屈折力のレンズ群を移動するズームレンズを開示している。

## 【0008】

特許文献5は物体側から像側へ順に配置された、正、負、正、正の屈折力の第1レンズ群乃至第4レンズ群より構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズを開示している。そして第2レンズ群を負の屈折力の2つのレンズ群に分け、フォーカシングに際して双方のレンズ群の間隔を変えながら移動するズームレンズを開示している。

40

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0009】

【特許文献1】特開2015-72499号公報

【特許文献2】特開2013-011914号公報

【特許文献3】特開2006-227526号公報

【特許文献4】特開平11-44848号公報

50

【特許文献5】特開2008-292562号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

撮像装置に用いるズームレンズには、レンズ系全体が小型であること、フォーカスレンズ群が小型軽量でフォーカシングが高速に行え、フォーカシングに際して静かで、しかも収差変動が少ないこと等が強く要望されている。この他、フォーカスに際して像倍率変化（撮像倍率の変化）があると撮像画面が変化して好ましくないため、フォーカスに際しては像倍率変化が少ないことが要望されている。

【0011】

一般にフォーカスレンズ群を小型軽量にするため、フォーカスレンズ群の構成レンズ枚数を少なくすると、フォーカスレンズ群の残収差が大きくなる。このため、フォーカシングに際して収差変動が大きくなり、遠距離から近距離までの物体距離全般にわたり良好な光学性能を得ることが難しくなる。

【0012】

一方、フォーカシングに際しての収差変動を小さくするためにフォーカスレンズ群のパワー（屈折力）を弱くするとフォーカシングに際しての移動量が大きくなり、レンズ全長が増大してくる。全系が小型で、フォーカシングが高速で、しかも静かに行え、かつフォーカシングに際しての収差変動や像倍率変化の少ないズームレンズを得るには、レンズ群の数や各レンズ群の屈折力そして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。

【0013】

例えば前述した特許文献1のズームレンズは、小型、軽量の第4レンズ群をフォーカシングレンズ群とすることで、静音駆動を容易にしている。特許文献1では広角端から望遠端へのズーミングの際、第4レンズ群を第3レンズ群との間隔が広がるように駆動することで、変倍効果を得ている。

【0014】

しかしながら特許文献1では、望遠端においてフォーカシングレンズ群が駆動する分だけ第5レンズ群との間隔を空ける必要がある。このため、結果として第3レンズ群との間隔を十分に变化させることができず、高ズーム比化を図りつつ、全系の小型化を図るのが困難である。また特許文献2のズームレンズは、小型、軽量の第4レンズ群をフォーカシングレンズ群とすることで、静音駆動を容易にしている。しかしながら特許文献2は、フォーカシング駆動に伴う像倍率変化が、大きくまた全系が大型化する傾向がある。

【0015】

本発明は、フォーカシングレンズ群が小型であり、フォーカシングの際の像倍率変化が小さく、かつ全系が小型で高い光学性能を有するズームレンズの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明のズームレンズは、負の屈折力のレンズ群  $L_{n1}$  と、前記レンズ群  $L_{n1}$  の像側に隣接して配置された負の屈折力のレンズ群  $L_{n2}$  と、前記レンズ群  $L_{n2}$  の像側に隣接して配置された正の屈折力のレンズ群  $L_{p1}$  と、一つ以上のレンズ群を含む後群を含み、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、ズーミングに際して前記レンズ群  $L_{n1}$  と前記レンズ群  $L_{p1}$  は同一の軌跡で移動し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際して前記レンズ群  $L_{n2}$  は物体側に移動し、前記後群は、前記ズームレンズに含まれる正の屈折力のレンズ群の中で焦点距離が最も短い正の屈折力のレンズ群  $L_{p2}$  を有し、広角端に比べて望遠端において前記レンズ群  $L_{p1}$  と前記レンズ群  $L_{p2}$  の間隔が狭くなることを特徴としている。

【発明の効果】

## 【0017】

本発明によれば、フォーカシングレンズ群が小型であり、フォーカシングの際の像倍率変化が小さく、かつ全系が小型で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】

## 【0018】

【図1】本発明における実施例1のレンズ断面図

【図2】(A)、(B) 本発明における実施例1の無限遠に合焦(フォーカス)したときの広角端、望遠端における縦収差図

【図3】(A)、(B) 本発明における実施例1の至近距離に合焦したときの広角端、望遠端における縦収差図

10

【図4】本発明における実施例2のレンズ断面図

【図5】(A)、(B) 本発明における実施例2の無限遠に合焦(フォーカス)したときの広角端、望遠端における縦収差図

【図6】(A)、(B) 本発明における実施例2の至近距離に合焦したときの広角端、望遠端における縦収差図

【図7】本発明における実施例3のレンズ断面図

【図8】(A)、(B) 本発明における実施例3の無限遠に合焦(フォーカス)したときの広角端、望遠端における縦収差図

【図9】(A)、(B) 本発明における実施例3の至近距離に合焦したときの広角端、望遠端における縦収差図

20

【図10】本発明における実施例4のレンズ断面図

【図11】(A)、(B) 本発明における実施例4の無限遠に合焦(フォーカス)したときの広角端、望遠端における縦収差図

【図12】(A)、(B) 本発明における実施例4の至近距離に合焦したときの広角端、望遠端における縦収差図

【図13】本発明における実施例5のレンズ断面図

【図14】(A)、(B) 本発明における実施例5の無限遠に合焦(フォーカス)したときの広角端、望遠端における縦収差図

【図15】(A)、(B) 本発明における実施例5の至近距離に合焦したときの広角端、望遠端における縦収差図

30

【図16】本発明の撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

## 【0019】

以下に本発明の好ましい実施の形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に連続して配置された、負の屈折力(焦点距離の逆数)のレンズ群 $L_{n1}$ 、負の屈折力のレンズ群 $L_{n2}$ 、正の屈折力のレンズ群 $L_{p1}$ 、1つ以上のレンズ群を含む後群を含んでいる。ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する。ズーミングに際してレンズ群 $L_{n1}$ とレンズ群 $L_{p1}$ は同一の軌跡で移動し、無限遠から近距離へのフォーカシングに際してレンズ群 $L_{n2}$ は物体側に移動する。

## 【0020】

40

図1は本発明の実施例1の広角端におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)は実施例1の無限遠に合焦(フォーカス)したときの広角端、望遠端における収差図である。図3(A)、(B)は実施例1の至近距離に合焦したときの広角端、望遠端における収差図である。実施例1はズーム比9.67、Fナンバー4.10~6.40のズームレンズである。ここで至近距離とは後述する数値データをmm単位で表したとき(これは以下全て同じである)像面より広角端では500mm、望遠端では700mmである。

## 【0021】

図4は本発明の実施例2の広角端におけるレンズ断面図である。図5(A)、(B)は実施例2の無限遠に合焦(フォーカス)したときの広角端、望遠端における収差図である。図6(A)、(B)は実施例2の至近距離に合焦したときの広角端、望遠端における収

50

差図である。実施例 2 はズーム比 9 . 6 7、F ナンバー 4 . 1 0 ~ 6 . 4 0 のズームレンズである。ここで至近距離とは像面より広角端では 7 0 0 m m、望遠端では 7 0 0 m m である。

【 0 0 2 2 】

図 7 は本発明の実施例 3 の広角端におけるレンズ断面図である。図 8 ( A )、( B ) は実施例 3 の無限遠に合焦 ( フォーカス ) したときの広角端、望遠端における収差図である。図 9 ( A )、( B ) は実施例 3 の至近距離に合焦したときの広角端、望遠端における収差図である。実施例 3 はズーム比 9 . 5 1、F ナンバー 3 . 4 3 ~ 6 . 5 0 のズームレンズである。ここで至近距離とは像面より広角端では 5 0 0 m m、望遠端では 8 0 0 m m である。

10

【 0 0 2 3 】

図 1 0 は本発明の実施例 4 の広角端におけるレンズ断面図である。図 1 1 ( A )、( B ) は実施例 4 の無限遠に合焦 ( フォーカス ) したときの広角端、望遠端における収差図である。図 1 2 ( A )、( B ) は実施例 4 の至近距離に合焦したときの広角端、望遠端における収差図である。実施例 4 はズーム比 8 . 2 3、F ナンバー 3 . 0 7 ~ 6 . 2 9 のズームレンズである。ここで至近距離とは像面より広角端では 5 0 0 m m、望遠端では 8 0 0 m m である。

【 0 0 2 4 】

図 1 3 は本発明の実施例 5 の広角端におけるレンズ断面図である。図 1 4 ( A )、( B ) は実施例 5 の無限遠に合焦 ( フォーカス ) したときの広角端、望遠端における収差図である。図 1 5 ( A )、( B ) は実施例 5 の至近距離に合焦したときの広角端、望遠端における収差図である。実施例 5 はズーム比 4 . 0 7、F ナンバー 2 . 7 8 ~ 6 . 7 1 のズームレンズである。ここで至近距離とは像面より広角端では 5 0 0 m m、望遠端では 8 0 0 m m である。図 1 6 は本発明の撮像装置の要部概略図である。

20

【 0 0 2 5 】

各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルカメラそして銀塩フィルムカメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系である。レンズ断面図において、左方が物体側 ( 前方 ) で、右方が像側 ( 後方 ) である。尚、各実施例のズームレンズをプロジェクターに用いても良く、このときは左方がスクリーン側、右方が被投射画像側となる。レンズ断面図において O L はズームレンズである。i は物体側からのレンズ群の順番を示し、L i は第 i

30

【 0 0 2 6 】

L r は 1 つ以上のレンズ群よりなる後群である。S P は光量調整用の開口絞りである。F C は開口径が一定のフレアーカット絞り ( F S 絞り ) である。L n 1 は負の屈折力のレンズ群、L n 2 は負の屈折力のレンズ群、L p 1 は正の屈折力のレンズ群、L p 2 は正の屈折力のレンズ群である。I P は像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮像光学系として使用する際には C C D センサや C M O S センサ等の固体撮像素子 ( 光電変換素子 ) の撮像面に、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。

【 0 0 2 7 】

レンズ断面図において、実線の矢印は無限遠に合焦したときに広角端から望遠端へのズームリングにおける各レンズ群の移動軌跡を示している。

40

【 0 0 2 8 】

収差図のうち、球面収差図において実線の d は d 線、2 点鎖線の g は g 線である。非点収差図において点線の M は d 線でのメリディオナル像面、実線の S は d 線でのサジタル像面である。また、歪曲を示す図は d 線における歪曲を示している。倍率色収差は g 線について示している。F n o は F ナンバー、 $\omega$  は半画角である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用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。

【 0 0 2 9 】

実施例 1 は、レンズ群 L n 1 の物体側に正の屈折力のレンズ群 L 1 を有し、後群 L R は

50



物体側から像側へ順に配置された正の屈折力のレンズ群 L 5、弱い負の屈折力のレンズ群 L 6、負の屈折力のレンズ群 L 7 より構成されている。レンズ群 L 5 は正の屈折力のレンズ群の中で屈折力が最も強い。

【 0 0 3 0 】

実施例 2 は、レンズ群 L n 1 の物体側に正の屈折力のレンズ群 L 1 を有し、後群 L R は物体側から像側へ順に配置された正の屈折力のレンズ群 L 5、負の屈折力のレンズ群 L 6、正の屈折力のレンズ群 L 7 より構成されている。レンズ群 L 5 は正の屈折力のレンズ群の中で屈折力が最も強い。

【 0 0 3 1 】

実施例 3 は、レンズ群 L n 1 の物体側に正の屈折力のレンズ群 L 1 を有し、後群 L R は物体側から像側へ順に配置された正の屈折力のレンズ群 L 5、正の屈折力のレンズ群 L 6、負の屈折力のレンズ群 L 7、弱い負の屈折力のレンズ群 L 8 より構成されている。レンズ群 L 6 は正の屈折力のレンズ群の中で屈折力が最も強い。

10

【 0 0 3 2 】

実施例 4 は、レンズ群 L n 1 の物体側に正の屈折力のレンズ群 L 1 を有し、後群 L R は物体側から像側へ順に配置された正の屈折力のレンズ群 L 5、正の屈折力のレンズ群 L 6 より構成されている。レンズ群 L 6 は正の屈折力のレンズ群の中で屈折力が最も強い。

【 0 0 3 3 】

実施例 5 において、後群 L R は物体側から像側へ順に配置された正の屈折力のレンズ群 L 4、正の屈折力のレンズ群 L 5、負の屈折力のレンズ群 L 6、正の屈折力のレンズ群 L 7 より構成されている。レンズ群 L 5 は正の屈折力のレンズ群の中で屈折力が最も強い。

20

【 0 0 3 4 】

次に、本発明の各実施例のズームレンズの特徴について説明する。まず、ズームレンズにおいてフォーカシングの際に像倍率変化（撮像倍率の変化）が発生する要因を説明する。フォーカシングに際して、光軸上を移動するレンズ群を以下、フォーカシングレンズ群という。フォーカシングに際してのフォーカシングレンズ群の移動量  $d$  の関数として、焦点距離、歪曲、像面位置をそれぞれ、 $f(d)$ 、 $dist(d)$ 、 $sk(d)$  とする。

【 0 0 3 5 】

像倍率変化は、焦点距離の微分量  $f'(d)$  と歪曲の微分量  $dist'(d)$  の、それぞれに対する像面位置の微分量  $sk'(d)$  との比、

30

$$f'(d) / sk'(d)$$

$$dist'(d) / sk'(d)$$

のいずれかが大きいことで発生する。ここで、 $sk'(d)$  は、フォーカス敏感度（フォーカシングレンズ群の単位移動当たりの像面移動量の比）を表している。

【 0 0 3 6 】

通常、レンズ設計時は、フォーカス敏感度が高い程、フォーカシングレンズ群の駆動量を小さくできるため、全系の小型化に有利である。しかしながら、フォーカシング敏感度が高過ぎると、高精度なフォーカシング制御が困難になるため、一般にはアクチュエータの停止精度でフォーカシング敏感度の上限が決まって来る。そのため、フォーカシングレンズ群の像倍率変化の大きさは、微分量  $f'(d)$ 、又は微分量  $dist'(d)$  のいずれかで決まることになる。

40

【 0 0 3 7 】

ここで、微分量  $dist'(d)$  は、軸外主光線の入射高  $h_a$  が高い位置に非球面を配置する等の設計事項で軽減することが容易である。よって、像倍率変化の大きさは、光学系のパワー配置（屈折力配置）で決まる微分量  $f'(d)$  が、主要因ということになる。ここで、特許文献 1 の像倍率変化が小さいズームレンズ、特許文献 2 の像倍率変化が比較的大きいズームレンズ、特許文献 3 に示す像倍率変化が大きいバリエータフォーカス（変倍用レンズ群によるフォーカス）のズームレンズを例にとる。このとき微分量  $f'(d)$  を比較すると、1 : 4 : 5 の関係となる。即ち、前述の仮説が立証される。

【 0 0 3 8 】

50

次に、これらの特許文献 1 乃至 3 で微分値  $f'(d)$  の違いが出る屈折力配置上の差異分析をする。これら 3 つの特許文献 1 乃至 3 は、前述の通り、フォーカシング敏感度があまり変わらないにも関わらず、フォーカシングレンズ群の屈折力（パワー）が大きく異なることが分かった。特許文献 1 のズームレンズが最も弱く、次に特許文献 2、特許文献 3 の順番であり、像倍率変化の大きさ順に並んでいることが分かった。屈折力が強いレンズ群と屈折力が弱いレンズ群が、同じ量動いた時に、焦点距離の変化（微分量） $f'(d)$  が大きいのは当然、屈折力が強いレンズ群であることは、明らかである。

【0039】

では何故、フォーカシングレンズ群の屈折力が大きく異なるのに、同程度のフォーカシング敏感度  $s_k'(d)$  が得られているのか、これを解明した時、像倍率変化が発生するメカニズムを解明されることになる。3 つの特許文献 1 乃至 3 のフォーカシングレンズ群の前後（物体側と像側）の光束の収光状態に着目した。特許文献 1 では、フォーカシングレンズ群に対し、フォーカシング駆動方向に向かって入射する光束が、大きく収束していた。特許文献 2 や特許文献 3 では、フォーカシングレンズ群に対し、フォーカシング駆動方向に向かって入射する光束が、緩い収束光束であった。

10

【0040】

フォーカシング駆動方向に向かい、光束が収束している場合、フォーカシングレンズ群が移動した際、軸上光線の入射高  $h$  が下がる方向に大きく変化するため、弱い屈折力でもレンズ群の撮像倍率の変化を得やすくなる。駆動方向に向かってアフォーカルに近い場合、軸上光線高の入射高  $h$  が変わらないため、その分強い屈折力で、レンズ群の撮像倍率を

20

【0041】

以上のことから、像倍率変化を小さくするためには、駆動方向に向かって強い収束光束中にフォーカシングレンズ群を配置することが重要であることがわかる。強い収束光束中にフォーカシングレンズ群を配置するには、特許文献 1 のように像側付近にフォーカシングレンズ群を配置する方法があるが、それでは前述の通り、全系が大型化してしまう。

【0042】

そこで本発明者は、反対に物体側の変倍用のレンズ群近傍の、強い負の屈折力により軸上光束の入射高  $h$  が大きく変わる箇所に着目した。例として、物体側より順に正、負、正、正の屈折力の第 1 レンズ群乃至第 4 レンズ群よりなる 4 群ズームレンズの広角端を例に挙げると、第 3 レンズ群から物体側の第 2 レンズ群に向かい、緩い収束光束となる。その緩い収束光束中に、正の屈折力のレンズ群  $L_{p1}$  を配置することで、物体側に強い収束光束とした。その物体側に負の屈折力のレンズ群  $L_{n2}$  を配置すれば、弱い屈折力で像倍率変化が小さいフォーカシングレンズ群とすることが出来ることを見出した。

30

【0043】

更にその物体側に、強い負の屈折力のレンズ群  $L_{n1}$  を配置することで、元の変倍用のレンズ群の屈折力を持たせた。ここで、レンズ群  $L_{n2}$  とレンズ群  $L_{n1}$  は、レンズ群  $L_{n2}$  のフォーカシング駆動後に極限まで接近させることで、全系の小型化を図り、レンズ群  $L_{p1}$  もレンズ群  $L_{n2}$  の無限遠に合焦時に極限まで近づける。これにより、全系の小型化だけでなく、レンズ群  $L_{p1}$  の収束性の屈折力を効果的に得ることができた。

40

【0044】

そのように設計していくと、レンズ群  $L_{n1}$ 、レンズ群  $L_{n2}$ 、レンズ群  $L_{p1}$  の 3 つのレンズ群を合わせて、元の正、負、正、正の屈折力の第 1 レンズ群乃至第 4 レンズ群よりなる 4 群ズームレンズの第 2 レンズ群のような屈折力配置となる。言い換えると本発明のズームレンズは、結果的に変倍用のレンズ群を負、負、正の屈折力の 3 つのレンズ群に分けた真ん中のレンズ群でフォーカシングを行うような形となった。そうすると、通常は変倍用のレンズ群内の各レンズの偏芯敏感度が非常に高く、これらを別のレンズ群として分解すると、製造が困難になってくる。

【0045】

50

そこで本発明では、レンズ群  $L_{n1}$  とレンズ群  $L_{p1}$  の間隔をズーミングに際して不動としている。即ち、双方を一体的に（同じ軌跡で）移動とし、その中をレンズ群  $L_{n2}$  がフォーカシング駆動する機構を取ることで、各レンズ群の製造を容易にしている。

【0046】

従来、変倍用のレンズ群を負の屈折力のレンズ群と、負の屈折力のレンズ群の2つのレンズ群に分離し、その像側のレンズ群でフォーカシングを行うことが知られている（特許文献4、5）。このフォーカシング方法では、レンズ群  $L_{p1}$  が無いため、フォーカシングレンズ群に入射する光束の収束度は弱く、像倍率変化が大きい。変倍用のレンズ群の負の屈折力を略均等に分けると、フォーカシングレンズ群の負の屈折力が非常に強くなる。

10

【0047】

そのため、フォーカシングレンズ群をフォーカシング駆動量分だけ像側に離して配置すると、2つの負の屈折力のレンズ群を合成した変倍用のレンズ群としての主点が像側に大きく移動してしまい、全系の小型化と広画角化が困難になる傾向にあった。それに対し本発明は、正の屈折力のレンズ群  $L_{p1}$  があることで、3つのレンズ群を合成した変倍用のレンズ群としての主点を物体側に大きく配置することが出来、全系の小型化と広画角化を容易にしている。

【0048】

次に、特許文献3のような変倍用の負の屈折力の第2レンズ群でフォーカシングを行うバリエータフォーカスのズームレンズと、本発明のズームレンズを比較する。本発明のズームレンズは、レンズ群  $L_{n2}$  の駆動量の分だけ変倍用のレンズ群が厚くなるが、逆に正の屈折力の第1レンズ群とレンズ群  $L_{n1}$  との間隔を、フォーカシング駆動しない分、大きく狭めることが出来る。これにより、全系の小型化と広画角化を容易にしている。

20

【0049】

その結果、通常の変倍用のレンズ群を2つに分け、一方のレンズ群でフォーカスを行うズームレンズとほぼ同等の大きさで、像倍率変化が小さい静音駆動のズームレンズを得ることが容易となる。

【0050】

以上の理由により、本発明のズームレンズを実施する上での最良の形態は、物体側より像側へ順に、負の屈折力のレンズ群  $L_{n1}$ 、負の屈折力のレンズ群  $L_{n2}$ 、正の屈折力のレンズ群  $L_{p1}$ 、1つ以上のレンズ群を含む後群を有する構成となる。そしてズーミングに際しレンズ群  $L_{n1}$  とレンズ群  $L_{p1}$  の間隔が一定であり、無限遠から近距離のフォーカシングに際してレンズ群  $L_{n2}$  を物体側に移動する構成とするのが良い。

30

【0051】

次に、本発明を実施するにあたり、より好ましい構成について説明する。後群  $L_R$  は、正の屈折力のレンズ群  $L_{p2}$  を有し、レンズ群  $L_{p2}$  はズームレンズに含まれる正の屈折力のレンズ群の中で焦点距離が最も短く、広角端に比べて望遠端においてレンズ群  $L_{p1}$  とレンズ群  $L_{p2}$  の間隔が狭いのが良い。それにより、レンズ群  $L_{n1}$  と、レンズ群  $L_{p2}$  のレンズ群間隔が狭まるため、変倍を効果的に行うことができる。

40

【0052】

各実施例において好ましくは次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。広角端におけるレンズ群  $L_{n2}$  の撮像倍率を  $L_{n2w}$ 、望遠端におけるレンズ群  $L_{n2}$  の撮像倍率を  $L_{n2t}$  とする。広角端におけるレンズ群  $L_{p1}$  の撮像倍率を  $L_{p1w}$  とする。望遠端におけるレンズ群  $L_{p1}$  の撮像倍率を  $L_{p1t}$  とする。

【0053】

レンズ群  $L_{n2}$  の焦点距離を  $f_{L_{n2}}$ 、レンズ群  $L_{p1}$  の焦点距離を  $f_{L_{p1}}$  とする。

レンズ群  $L_{n1}$  の焦点距離を  $f_{L_{n1}}$  とする。レンズ群  $L_1$  の焦点距離を  $f_{L_1}$ 、広角端における全系（ズームレンズ）の焦点距離を  $f_w$  とする。レンズ群  $L_{p2}$  の焦点距離を  $f$

50

L p 2 とする。このとき次の条件式のうち 1 つ以上を満足するのが良い。

【 0 0 5 4 】

$$\begin{aligned} 0.0 < L n 2 w < 1.0 & \dots (1) \\ 0.0 < L n 2 t < 1.0 & \dots (2) \\ 1.1 < L p 1 w < 5.0 & \dots (3) \\ 1.1 < L p 1 t < 5.0 & \dots (4) \\ 1.0 < -f L n 2 / f L p 1 < 2.5 & \dots (5) \\ 2.0 < f L n 2 / f L n 1 < 20.0 & \dots (6) \\ 2.0 < f L 1 / f w < 7.0 & \dots (7) \\ 0.4 < -f L n 1 / f w < 1.5 & \dots (8) \\ 2.0 < -f L n 2 / f w < 13.5 & \dots (9) \\ 2.0 < f L p 1 / f w < 8.0 & \dots (10) \\ 0.8 < f L p 2 / f w < 3.0 & \dots (11) \end{aligned}$$

【 0 0 5 5 】

次に前述の条件式の技術的意味及びズームレンズの各レンズ群の好ましいレンズ構成について説明する。

【 0 0 5 6 】

条件式 ( 1 )、( 2 ) は、レンズ群 L n 2 でフォーカシングを効果的に行うためのものである。条件式 ( 1 )、( 2 ) の上限値を逸脱すると、レンズ群 L n 2 が像側から物体側に向かい移動するとき、収束する光束中でなくなるため、像倍率変化が大きくなり、好ましくない。条件式 ( 1 )、( 2 ) の下限値を逸脱すると、レンズ群 L n 2 が、像側から物体側に向かい移動するとき、発散光束中となることを意味しており、フォーカスレンズ群の屈折力が強すぎ、高精度な駆動が困難になるため、好ましくない。

【 0 0 5 7 】

条件式 ( 3 )、( 4 ) は、レンズ群 L p 1 の正の屈折力により、レンズ群 L p 1 から物体側に向かい効果的に収束光束にし、レンズ群 L n 2 のフォーカシングによる像倍率変化を小さくするためのものである。条件式 ( 3 )、( 4 ) の上限値を逸脱すると、レンズ群 L p 1 の正の屈折力が強過ぎて、レンズ群 L n 1、レンズ群 L n 2、レンズ群 L p 1 を合成した変倍用のレンズ群としての負の屈折力が弱まるため、好ましくない。

【 0 0 5 8 】

条件式 ( 3 )、( 4 ) の下限値を逸脱すると、レンズ群 L p 1 の正の屈折力が弱過ぎて、物体側の光束の収束性が弱まり、レンズ群 L n 2 でのフォーカシングによる像倍率変化が大きくなるため、好ましくない。

【 0 0 5 9 】

条件式 ( 5 ) は、レンズ群 L n 2 の屈折力とレンズ群 L p 1 の屈折力の比に関し、フォーカシング敏感度を適切にしつつ、フォーカシングによる像倍率変化を小さくするためのものである。条件式 ( 5 ) の上限値を逸脱すると、レンズ群 L n 2 の負の屈折力が弱過ぎ、フォーカシング敏感度が小さくなり、フォーカシングに際してのフォーカシング駆動量が大きくなり、全系が大型化するため好ましくない。条件式 ( 5 ) の下限値を逸脱すると、レンズ群 L p 1 の正の屈折力が弱過ぎ、像倍率変化が大きくなるため、好ましくない。

【 0 0 6 0 】

条件式 ( 6 ) は、レンズ群 L n 1 の屈折力とレンズ群 L n 2 の屈折力の比に関し、全系を小型化しつつ、かつ広画角化を図り、更にフォーカシング敏感度を適切にするためのものである。条件式 ( 6 ) の上限値を逸脱すると、レンズ群 L n 2 の負の屈折力が弱過ぎ、フォーカシング敏感度が小さくなり、フォーカシングに際してのフォーカシング駆動量が大きくなり、全系が大型化するため好ましくない。条件式 ( 6 ) の下限値を逸脱すると、レンズ群 L n 2 の負の屈折力が強過ぎ、変倍用のレンズ群としての負の主点位置が像側に移動してしまうため、小型化を図りつつ、広画角化を図るのが困難になる。

【 0 0 6 1 】

本発明のズームレンズは、最も物体側が負の屈折力のレンズ群であるネガティブリード

型のズームレンズであっても、最も物体側が正の屈折力のレンズ群であるポジティブリード型のズームレンズであっても良い。ネガティブリード型のズームレンズでは、広画角化が容易となる。

#### 【 0 0 6 2 】

一方、ポジティブリード型のズームレンズでは、正の屈折力の第 1 レンズ群により光束が収束されて負の屈折力のレンズ群が小径化し、静音駆動のフォーカシングが容易になる。最も物体側に、正の屈折力のレンズ群 L 1 を有し、広角端から望遠端へのズーミングに際し、レンズ群 L 1 とレンズ群 L n 1 の間隔が広がるレンズ構成が良い。また、レンズ群 L 1 が、広角端から望遠端へのズーミングに際し、物体側に移動すると、広角端のレンズ全長が短くなり、全系の小型化が容易となる。

10

#### 【 0 0 6 3 】

条件式 ( 7 ) はこのときのレンズ群 L 1 の好ましい焦点距離の範囲を設定している。条件式 ( 7 ) は、レンズ群 L 1 の焦点距離を適切にし、全系を小型化しつつ、ズーミングに伴う球面収差の変動を小さくするためのものである。条件式 ( 7 ) の上限値を逸脱すると、レンズ群 L 1 の正の屈折力が弱過ぎ、全系が大型化するため好ましくない。条件式 ( 7 ) の下限値を逸脱すると、レンズ群 L 1 の正の屈折力が強過ぎ、ズーミングに伴う球面収差の変動が大きくなるため好ましくない。

#### 【 0 0 6 4 】

条件式 ( 8 ) は、変倍用のレンズ群の負の屈折力の大半を持つレンズ群 L n 1 の負の屈折力を適切にし、全系の小型化と広画角化を図りつつ、ズーミングに伴う球面収差及び像面湾曲の変動を良好に補正するめのものである。条件式 ( 8 ) の上限値を逸脱すると、レンズ群 L n 1 の負の屈折力が弱過ぎ、全系が大型化するため好ましくない。条件式 ( 8 ) の下限値を逸脱すると、レンズ群 L n 1 の負の屈折力が強過ぎ、ズーミングに伴う球面収差及び像面湾曲の変動が大きくなるため好ましくない。

20

#### 【 0 0 6 5 】

条件式 ( 9 ) は、フォーカシングレンズ群 ( レンズ群 L n 2 ) の負の屈折力を適切にし、フォーカシング感度を適切にしつつ、全系の小型化と広画角化を図るためのものである。条件式 ( 9 ) の上限値を逸脱すると、フォーカシングレンズ群の負の屈折力が弱過ぎ、フォーカシング駆動量が大きくなり、全系が大型化するため好ましくない。条件式 ( 9 ) の下限値を逸脱すると、フォーカシングレンズ群の負の屈折力が強過ぎ、フォーカシング制御が困難になる上に、変倍用のレンズ群の主点が像側に移動し、全系の小型化と広画角化を図るのが困難になる。

30

#### 【 0 0 6 6 】

条件式 ( 1 0 ) は、レンズ群 L p 1 の正の屈折力を適切にし、レンズ群 L n 2 での像倍率変化を小さくしつつ、全系の小型化と広画角化を図るためのものである。条件式 ( 1 0 ) の上限値を逸脱すると、レンズ群 L p 1 の正の屈折力が弱過ぎ、レンズ群 L n 2 の像側から物体側に向かう光束の収束性が弱まり、像倍率変化が大きくなってしまうため、好ましくない。条件式 ( 1 0 ) の下限値を逸脱すると、レンズ群 L p 1 の正の屈折力が強過ぎ、変倍用のレンズ群としての負の屈折力が弱くなってしまう、全系の小型化と広画角化を図るのが困難になる。

40

#### 【 0 0 6 7 】

条件式 ( 1 1 ) は、レンズ群 L p 2 の正の屈折力を適切にし、全系を小型化しつつ、ズーミングに伴う球面収差の変動を小さくするためのものである。条件式 ( 1 1 ) の上限値を逸脱すると、レンズ群 L p 2 の正の屈折力が弱過ぎ、全系が大型化するため、好ましくない。条件式 ( 1 1 ) の下限値を逸脱すると、レンズ群 L p 2 の正の屈折力が強過ぎ、ズーミングに伴う球面収差の変動が大きくなるため、好ましくない。

#### 【 0 0 6 8 】

好ましくは条件式 ( 1 ) 乃至 ( 1 1 ) の数値範囲を次の如くとするのが良い。

$$0.5 < L_{n2w} < 0.9 \quad \dots (1a)$$

50

$0.5 < L_{n2t} < 0.9 \quad \dots (2a)$   
 $1.2 < L_{p1w} < 2.0 \quad \dots (3a)$   
 $1.2 < L_{p1t} < 2.0 \quad \dots (4a)$   
 $1.2 < -f_{Ln2} / f_{Lp1} < 2.0 \quad \dots (5a)$   
 $4.0 < f_{Ln2} / f_{Ln1} < 15.0 \quad \dots (6a)$   
 $3.5 < f_{L1} / f_w < 6.0 \quad \dots (7a)$   
 $0.50 < -f_{Ln1} / f_w < 1.35 \quad \dots (8a)$   
 $3.0 < -f_{Ln2} / f_w < 12.5 \quad \dots (9a)$   
 $2.5 < f_{Lp1} / f_w < 7.0 \quad \dots (10a)$   
 $1.0 < f_{Lp2} / f_w < 2.5 \quad \dots (11a)$

10

## 【0069】

レンズ群  $L_{n1}$  が2枚以上の負レンズを有すると良い。レンズ群  $L_{n1}$  は、変倍用のレンズ群として負の屈折力の大半を有する。そのため、2枚以上の負レンズを有し、負の屈折力を分散させることが好ましい。レンズ群  $L_{n2}$  が1枚以上の負レンズと、1枚以上の正レンズを有すると良い。レンズ群  $L_{n2}$  は、負の屈折力のレンズ群であるため、1枚以上の負レンズを有し、更にフォーカシング駆動の際、主に望遠端において球面収差の変動と広角端において像面の変動を補正するために、1枚以上の正レンズを有すると良い。

## 【0070】

特にフォーカシングレンズ群であるレンズ群  $L_{n2}$  を小型軽量化するべく、より好ましくは、2枚以下の負レンズと、1枚の正レンズより構成するのが良い。更に好ましくは、レンズ群  $L_{n2}$  は1枚の負レンズと、1枚の正レンズより構成するのが良い。広角端に比べて望遠端において、レンズ群  $L_{n1}$  とレンズ群  $L_{n2}$  の間隔が広がるズーム方式が良い。それにより、広角端においてレンズ群  $L_{n2}$  を物体側に配置することで、広画角化が容易となり、かつ望遠端のズーム位置に向かってレンズ群  $L_{n2}$  とレンズ群  $L_{p1}$  の間隔が狭まり、変倍効果が十分得られる。

20

## 【0071】

以下、各実施例におけるレンズ構成について説明する。実施例1は、物体側より像側へ順に配置された以下のレンズ群より構成されている。正の屈折力の第1レンズ群  $L_1$ 、負の屈折力の第2レンズ群  $L_2$ 、負の屈折力の第3レンズ群  $L_3$ 、正の屈折力の第4レンズ群  $L_4$ 、正の屈折力の第5レンズ群  $L_5$ 、負の屈折力の第6レンズ群  $L_6$ 、弱い負の屈折力の第7レンズ群  $L_7$  より構成されている。実施例1はズーム比9.7の7群ズームレンズである。

30

## 【0072】

第2レンズ群  $L_2$  が負の屈折力のレンズ群  $L_{n1}$ 、第3レンズ群  $L_3$  が負の屈折力のレンズ群  $L_{n2}$ 、第4レンズ群  $L_4$  が正の屈折力のレンズ群  $L_{p1}$ 、第5レンズ群  $L_5$  が正の屈折力のレンズ群  $L_{p2}$  に対応している。無限遠から近距離へのフォーカシングは第3レンズ群  $L_3$  を物体側に移動することで行っている。第3レンズ群  $L_3$  は、1枚の負レンズと1枚の正レンズよりなり、小型軽量のレンズ構成となっており、それによりフォーカシングの際の静音駆動を容易にしている。また、第2レンズ群  $L_2$  は、2枚の負レンズより構成されており、変倍用のレンズ群としての大半の負の屈折力を保持している。

40

## 【0073】

広角端に比べ望遠端において、第1レンズ群  $L_1$  と第2レンズ群  $L_2$  の間隔が広く、第2レンズ群  $L_2$  と第3レンズ群  $L_3$  の間隔が広く、第3レンズ群  $L_3$  と第4レンズ群  $L_4$  の間隔が狭い。更に第4レンズ群  $L_4$  と第5レンズ群  $L_5$  の間隔が狭く、第5レンズ群  $L_5$  と第6レンズ群  $L_6$  の間隔が広く、第6レンズ群  $L_6$  と第7レンズ群  $L_7$  の間隔が狭くなるようにズームを行っている。また、第2レンズ群  $L_2$  と第4レンズ群  $L_4$  の間隔と、第5レンズ群  $L_5$  と第7レンズ群  $L_7$  の間隔は、ズームに際して一定であり、それにより製造誤差による光学性能の劣化を軽減している。

## 【0074】

50

第2レンズ群L2と第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の屈折力の関係は、条件式(5)、(6)、(8)、(9)、(10)を満たしている。それにより、フォーカシングレンズ群の屈折力を弱くしながら高いフォーカシング感度を得ており、その結果、像倍率変化を軽減している。

【0075】

また、第2レンズ群L2から第4レンズ群L4までを変倍用のレンズ群とみなした時の、合成主点位置を物体側へ極力移動し、それにより広画角化と全系の小型化を図っている。また、第3レンズ群L3の像倍率は、広角端と、望遠端の双方において条件式(1)、(2)を満たしており、それにより、第3レンズ群L3での光束を像側から物体側にかけ

10

【0076】

また、第4レンズ群L4での像倍率は、広角端と望遠端共に条件式(3)、(4)を満たしており、第4レンズ群L4の物体側に向かって強い収束光束とし、第3レンズ群L3の負の屈折力を弱くしつつ適切なフォーカシング感度を得ている。また、第1レンズ群L1は、条件式(7)を満たしており、これにより全系を小型化しつつ、ズーミングに際しての球面収差の変動を小さくしている。また、第5レンズ群L5は、条件式(11)を満たしており、それにより全系を小型化しつつ、ズーミングに際しての球面収差の変動を小さくしている。

【0077】

実施例2は、物体側より像側へ順に配置された以下のレンズ群より構成されている。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、負の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5、負の屈折力の第6レンズ群L6、正の屈折力の第7レンズ群L7より構成されている。実施例2はズーム比9.7の7群ズームレンズである。

20

【0078】

第2レンズ群L2が負の屈折力のレンズ群Ln1、第3レンズ群L3が負の屈折力のレンズ群Ln2、第4レンズ群L4が正の屈折力のレンズ群Lp1、第5レンズ群L5が正の屈折力のレンズ群Lp2に対応している。無限遠から近距離へのフォーカシングは第3レンズ群L3を物体側に移動することで行っている。

【0079】

第3レンズ群L3は、2枚の負レンズと、1枚の正レンズより構成し、小型軽量のレンズ構成となっており、それによりフォーカシングの際の静音駆動を容易にしている。また、第2レンズ群L2は、2枚の負レンズで構成されており、変倍用のレンズ群としての大半の負の屈折力を保持している。

30

【0080】

広角端に比べ望遠端において、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔が広く、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が広く、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の間隔が狭い。更に第4レンズ群L4と第5レンズ群L5の間隔が狭く、第5レンズ群L5と第6レンズ群L6の間隔が広く、第6レンズ群L6と第7レンズ群L7の間隔が狭くなるようにズーミングを行っている。また、第2レンズ群L2と第4レンズ群L4の間隔と、第5レンズ群L5と第7レンズ群L7の間隔は、ズーミングに際して一定であり、それにより製造誤差による光学性能の劣化を軽減している。

40

【0081】

条件式(1)乃至(11)に関する各レンズ群の光学作用は、実施例1と同様である。実施例3は、物体側より像側へ順に配置された以下のレンズ群より構成されている。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、負の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5よりなる。更に正の屈折力の第6レンズ群L6、負の屈折力の第7レンズ群L7、弱い負の屈折力の第8レンズ群L8より成る。実施例3はズーム比9.5の8群ズームレンズである。

50

## 【0082】

第2レンズ群L2が負の屈折力のレンズ群Ln1、第3レンズ群L3が負の屈折力のレンズ群Ln2、第4レンズ群L4が正の屈折力のレンズ群Lp1、第6レンズ群L6が正の屈折力のレンズ群Lp2に対応している。無限遠から近距離のフォーカシングは第3レンズ群L3を物体側に移動することで行っている。第3レンズ群L3は、1枚の負レンズと、1枚の正レンズより小型軽量のレンズ構成となっており、それによりフォーカシングの際の静音駆動を容易にしている。

## 【0083】

また、第2レンズ群L2は、2枚の負レンズより構成されており、変倍用のレンズ群としての大半の負の屈折力を保持している。広角端に比べ望遠端において第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔が広く、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が狭く、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の間隔が狭い。更に第4レンズ群L4と第5レンズ群L5の間隔が狭く、第5レンズ群L5と第6レンズ群L6の間隔が微小に変化し、第6レンズ群L6と第7レンズ群L7の間隔が広く、第7レンズ群L7と第8レンズ群L8の間隔が狭くなるようにズームングを行っている。

10

## 【0084】

また、第2レンズ群L2と第4レンズ群L4の間隔と、第6レンズ群L6と第8レンズ群L8の間隔は、ズームングに際して一定であり、それにより製造誤差による光学性能の劣化を軽減している。実施例1に比べて、第5レンズ群L5と第6レンズ群L6を2つの正の屈折力のレンズ群に分離し、ズームングに際してのコマ収差の変動を軽減している点が異なっている。

20

## 【0085】

条件式(1)乃至(11)に関する各レンズ群の光学作用は、実施例1と同様である。実施例4は、物体側より像側へ順に配置された以下のレンズ群より構成されている。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、負の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5、正の屈折力の第6レンズ群L6より成る。実施例4はズーム比8.2の6群ズームレンズである。

## 【0086】

第2レンズ群L2が負の屈折力のレンズ群Ln1、第3レンズ群L3が負の屈折力のレンズ群Ln2、第4レンズ群L4が正の屈折力のレンズ群Lp1、第6レンズ群L6が正の屈折力のレンズ群Lp2に対応している。無限遠から近距離のフォーカシングは第3レンズ群L3を物体側に移動することで行っている。第3レンズ群L3は、1枚の負レンズと1枚の正レンズよりなり、小型軽量のレンズ構成となっており、それによりフォーカシングの際の静音駆動を容易にしている。また、第2レンズ群L2は、2枚の負レンズより構成されており、変倍用のレンズ群としての大半の負の屈折力を保持している。

30

## 【0087】

広角端に比べ、望遠端において第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔が広く、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が広く、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4の間隔が狭い。更に第4レンズ群L4と第5レンズ群L5の間隔が狭く、第5レンズ群L5と第6レンズ群L6の間隔が狭くなるようにズームングを行っている。また、第2レンズ群L2と第4レンズ群L4の間隔は、ズームングに際して一定であり、それにより製造誤差による光学性能の劣化を軽減している。

40

## 【0088】

実施例1に比べてレンズ群Lp2に対応する第6レンズ群L6の光学作用は同じである。条件式(1)乃至(11)に関する各レンズ群の光学作用は実施例1と同じである。

## 【0089】

実施例1乃至4までは、ポジティブリード型のズームレンズであるが、本発明のズームレンズは、ネガティブリード型のズームレンズにも同様に適用できる。実施例5は、ネガ

50



ティブリード型のズームレンズである。実施例 5 は物体側より像側へ順に配置された以下のレンズ群より構成されている。負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3、正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4、正の屈折力の第 5 レンズ群 L 5、負の屈折力の第 6 レンズ群 L 6、正の屈折力の第 7 レンズ群 L 7 より成る。実施例 5 はズーム比 4 . 1 の 7 群ズームレンズである。

【 0 0 9 0 】

第 1 レンズ群 L 1 が負の屈折力のレンズ群 L n 1、第 2 レンズ群 L 2 が負の屈折力のレンズ群 L n 2、第 3 レンズ群 L 3 が正の屈折力のレンズ群 L p 1、第 5 レンズ群 L 5 が正の屈折力のレンズ群 L p 2 に対応している。無限遠から近距離へのフォーカシングは第 2 レンズ群 L 2 を物体側に移動することで行っている。第 2 レンズ群 L 2 は、1 枚の負レンズと 1 枚の正レンズよりなり、小型軽量のレンズ構成となっており、それによりフォーカシングの際の静音駆動を容易にしている。

10

【 0 0 9 1 】

また、第 1 レンズ群 L 1 は、2 枚の負レンズで構成されており、変倍用のレンズ群としての大半の負の屈折力を保持している。広角端に比べて望遠端において第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 の間隔が微小変化し、第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の間隔が微小変化する。第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 の間隔が狭く、第 4 レンズ群 L 4 と第 5 レンズ群 L 5 の間隔が狭く、第 5 レンズ群 L 5 と第 6 レンズ群 L 6 の間隔が広く、第 6 レンズ群 L 6 と第 7 レンズ群 L 7 の間隔が狭くなるようにズーミングを行っている。

【 0 0 9 2 】

また、第 1 レンズ群 L 1 と第 3 レンズ群 L 3 の間隔は、ズーミングに際して一定であり、それにより製造誤差による光学性能の劣化を軽減している。

20

【 0 0 9 3 】

第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の屈折力の関係は、条件式 ( 5 )、( 6 )、( 8 )、( 9 )、( 1 0 ) を満たしている。それにより、フォーカシングレンズ群の屈折力を弱くしながら高いフォーカシング感度を得ており、その結果、像倍率変化を軽減している。

【 0 0 9 4 】

また、第 1 レンズ群 L 1 から第 3 レンズ群 L 3 までを変倍用のレンズ群とみなした時の、合成主点位置を物体側へ極力移動し、それにより広画角化と小型化を図っている。また、第 2 レンズ群 L 2 の像倍率は、広角端と、望遠の双方において条件式 ( 1 )、( 2 ) を満たしており、それにより、第 2 レンズ群 L 2 での光束を像側から物体側にかけて収束光になるようにしており、像倍率変化が小さいフォーカシングを容易にしている。

30

【 0 0 9 5 】

また、第 3 レンズ群 L 3 での像倍率は、広角端と、望遠端の双方において条件式 ( 3 )、( 4 ) を満たしており、第 3 レンズ群 L 3 の物体側に向かって強い収束光束とし、第 2 レンズ群 L 2 の負の屈折力を弱くしつつ適切なフォーカシング感度を得ている。また第 5 レンズ群 L 5 は、条件式 ( 1 1 ) を満たしており、それにより全系を小型化しつつ、ズーミングに際しての球面収差の変動を小さくしている。

【 0 0 9 6 】

図 1 6 の本発明の一眼レフカメラ ( 撮像装置 ) について説明する。図 1 6 は実施例 1 乃至 5 のズームレンズを有する撮像装置である。1 0 は交換レンズ鏡筒である。ズームレンズ 1 は保持部材である鏡筒 2 に保持されている。2 0 はカメラ本体であり、ズームレンズ 1 からの光束を上方に反射するクイックリターンミラー 3、ズームレンズ 1 の像形成装置に配置された焦点板 4 を有する。更に焦点板 4 に形成された逆像を正立像に変換するペンタダハプリズム ( 像反転手段 ) 5、その正立像を観察するための接眼レンズ 6 などによって構成されている。

40

【 0 0 9 7 】

7 は感光面であり、CCD センサや CMOS センサ等のズームレンズによって形成される像を受光する固体撮像素子 ( 光電変換素子 ) や銀塩フィルムが配置される。撮影時には

50

クイックリターンミラー 3 が光路から退避して、感光面 7 上にズームレンズ 1 によって像が形成される。実施例 1 乃至 5 にて説明した利益は本実施例に開示したような撮像装置において効果的に享受される。

【 0 0 9 8 】

本発明の撮像装置としては、クイックリターンミラー 3 のないミラーレスの一眼レフカメラにも同様に適用できる。

【 0 0 9 9 】

以上、本発明の好ましい光学系の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言うまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

10

【 0 1 0 0 】

以下に実施例 1 乃至 5 に対応する数値データ 1 乃至 5 を示す。各数値データにおいて  $i$  は物体側からの面の順番を示す。数値データにおいて  $r_i$  は物体側より順に第  $i$  番目のレンズ面の曲率半径、 $d_i$  は物体側より順に第  $i$  番目のレンズ厚及び空気間隔、 $nd_i$  と  $d_i$  は各々物体側より順に第  $i$  番目のレンズの材料の屈折率とアッペ数である。BF はバックフォーカスである。非球面形状は光軸方向に X 軸、光軸と垂直な方向に H 軸、光の進行方向を正とし R を近軸曲率半径、K、A2、A4、A6、A8、A10、A12 を各々非球面係数とすると、

【 0 1 0 1 】

【数 1】

20

$$X = \frac{(1/R)}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + A2 \cdot H^2 + A4 \cdot H^4 + A6 \cdot H^6 + A8 \cdot H^8 + A10 \cdot H^{10} + A12 \cdot H^{12}$$

【 0 1 0 2 】

で与えるものとする。各非球面係数において「e - x」は「 $10^{-x}$ 」を意味する。また、焦点距離、F ナンバー等のスペックに加え、全系の半画角、像高は半画角を決定する最大像高、レンズ全長は第 1 レンズ面から像面までの距離である。バックフォーカス BF は最終レンズ面から像面までの長さを示している。また、各レンズ群データは、各レンズ群とそれらの焦点距離を示している。

【 0 1 0 3 】

30

また、各光学面の間隔  $d$  が（可変）となっている部分は、ズーミングに際して変化するものであり、別表に焦点距離に応じた面間隔を記している。尚、以下に記載する数値データ 1 乃至 5 のレンズデータに基づく、各条件式の計算結果を表 1 に示す。

【 0 1 0 4 】

（数値データ 1）

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	132.480	2.00	1.80440	39.6	63.34
2	58.479	9.30	1.49700	81.5	57.03
3	1004.808	0.15			55.31
4	61.378	7.05	1.59522	67.7	53.24
5	441.235	(可変)			52.42
6*	1396.081	1.70	1.85400	40.4	35.67
7*	21.758	6.08			27.46
8	-101.824	1.40	1.76385	48.5	27.36
9	55.563	(可変)			25.69
10	136.150	2.50	1.71736	29.5	22.82
11	-101.412	1.87			22.39

50

12	-26.398	1.20	1.49700	81.5	22.39
13	1518.313	(可変)			23.87
14	397.664	2.48	1.85478	24.8	24.93
15	-90.949	(可変)			25.37
16		0.70			(可変)
17(絞り)		(可変)			26.58
18	27.817	5.94	1.49700	81.5	28.74
19	512.488	0.15			28.49
20	27.440	1.40	1.90366	31.3	27.93
21	16.263	8.74	1.58313	59.4	25.59
22*	-116.763	(可変)			24.95
23	-180.283	3.03	1.75520	27.5	20.87
24	-28.086	1.00	1.77250	49.6	20.56
25*	42.446	0.30			19.68
26	21.981	2.00	1.72047	34.7	19.63
27	27.444	(可変)			19.03
28	25.585	3.92	1.51633	64.1	20.86
29	-1334.955	0.15			20.50
30	79.292	1.10	2.00100	29.1	20.21
31	15.227	4.87	1.49700	81.5	19.07
32	117.425	1.05			19.32
33	89.705	7.23	1.59270	35.3	19.85
34	-13.680	1.20	1.88300	40.8	20.26
35	-58.439				22.38

10

20

## 【0105】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.32120e-005 A 6=-3.35744e-008 A 8= 4.30207e-011 A10=  
-7.07141e-015 A12=-2.74350e-017

30

第7面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.33223e-006 A 6=-5.68507e-009 A 8=-1.87147e-011 A10=  
-1.56985e-013

第22面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.21704e-005 A 6=-1.15174e-008 A 8=-2.34645e-012 A10=  
8.04596e-014

第25面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.43903e-006 A 6=-1.20001e-009 A 8= 1.07822e-010 A10=  
-7.14391e-013

40

## 【0106】

各種データ

ズーム比 9.67

	広角	中間	望遠
焦点距離	24.30	99.99	234.98
Fナンバー	4.10	6.04	6.40

50

半画角（度）	41.68	12.21	5.26
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	176.56	220.28	254.60
BF	38.70	85.02	92.03

d 5	0.90	31.00	63.15
d 9	8.14	4.85	9.80
d13	2.45	5.74	0.80
d15	19.93	1.50	1.50
d17	19.40	5.14	0.30
d22	1.15	6.53	7.65
d27	7.35	1.97	0.85

10

ea16	16.47	23.83	26.26
------	-------	-------	-------

## 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	115.35	18.50	5.50	-6.46
2	6	-15.30	9.18	3.08	-4.17
3	10	-159.24	5.57	8.50	4.13
4	14	86.80	2.48	1.09	-0.25
5	16		0.70	0.35	-0.35
6	18	29.82	16.23	2.63	-8.15
7	23	-61.56	6.34	3.39	-0.31
8	28	-720.48	19.52	81.88	61.39

20

【 0 1 0 7 】

( 数値データ 2 )

単位 mm

30

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	115.094	2.00	1.90043	37.4	62.38
2	61.116	8.71	1.49700	81.5	56.97
3	597.125	0.15			56.14
4	64.719	7.23	1.59522	67.7	54.99
5	521.702	(可変)			54.22
6*	217.632	1.60	1.85400	40.4	33.72
7*	19.788	6.05			25.73
8	-77.964	1.30	1.76385	48.5	25.50
9	76.533	(可変)			23.98
10	96.863	1.15	1.77250	49.6	23.07
11	30.116	3.82	1.71736	29.5	22.00
12	-131.948	2.35			21.46
13	-22.042	1.10	1.59522	67.7	21.46
14	-199.817	(可変)			21.82
15	1534.963	3.07	1.62588	35.7	23.22
16	-41.748	(可変)			23.78
17		0.50			(可変)

40

50

18(絞り)	(可変)				25.25	
19	26.038	5.95	1.49700	81.5	27.44	
20	786.155	0.15			27.16	
21	25.948	1.40	1.90366	31.3	26.58	
22	14.855	8.69	1.58313	59.4	24.13	
23*	-105.696	(可変)			23.54	
24	-101.691	5.23	1.75520	27.5	19.60	
25	-19.948	1.00	1.77250	49.6	19.07	
26*	32.084	0.30			18.44	
27	29.087	2.13	1.59551	39.2	18.71	10
28	65.081	(可変)			18.78	
29	44.517	4.00	1.48749	70.2	21.26	
30	-62.721	0.15			21.36	
31	165.666	1.20	2.00100	29.1	21.25	
32	15.824	4.22	1.49700	81.5	20.74	
33	36.751	0.15			21.76	
34	26.293	6.51	1.59270	35.3	23.48	
35	-41.718	1.86			23.95	
36	-21.634	1.30	1.88300	40.8	23.95	
37	-34.045				25.43	20

## 【 0 1 0 8 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.65377e-006 A 6=-1.47714e-008 A 8= 4.72399e-011 A10=-7.13337e-014 A12= 2.79748e-017

第7面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.42514e-006 A 6=-2.40422e-009 A 8= 1.96364e-011 A10= 2.69656e-013

30

第23面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.55967e-005 A 6=-1.39770e-008 A 8=-1.10046e-011 A10= 1.40040e-013

第26面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.00848e-005 A 6=-3.62496e-009 A 8= 1.87692e-010 A10=-1.41895e-012

## 【 0 1 0 9 】

40

各種データ

ズーム比 9.67

	広角	中間	望遠
焦点距離	24.30	99.94	234.87
Fナンバー	4.10	6.00	6.40
半画角(度)	41.68	12.21	5.26
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	178.58	222.44	258.53
BF	38.70	85.15	91.52

50

d 5	0.90	31.69	65.43
d 9	1.86	2.92	6.00
d14	4.94	3.88	0.80
d16	18.91	1.50	1.50
d18	20.50	4.54	0.50
d23	1.32	7.69	8.71
d28	8.19	1.81	0.80

ea17	15.94	23.26	25.02
------	-------	-------	-------

10

## 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	118.54	18.08	4.66	-6.97
2	6	-15.66	8.95	2.92	-4.24
3	10	-87.68	8.42	9.47	3.16
4	15	64.99	3.07	1.84	-0.05
5	17		0.50	0.25	-0.25
6	19	28.22	16.19	2.65	-8.15
7	24	-46.64	8.66	2.63	-2.45
8	29	334.19	19.39	-5.13	-18.11

20

【 0 1 1 0 】

( 数値データ3 )

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	130.994	2.00	1.80440	39.6	62.69
2	58.583	9.29	1.49700	81.5	56.56
3	953.601	0.15			55.15
4	61.661	7.17	1.59522	67.7	53.83
5	437.699	(可変)			53.09
6*	654.455	1.70	1.85400	40.4	35.33
7*	20.900	6.57			27.16
8	-72.705	1.40	1.76385	48.5	26.95
9	78.864	(可変)			25.61
10	128.499	2.50	1.71736	29.5	22.67
11	-104.228	2.44			22.40
12	-26.403	1.20	1.49700	81.5	22.08
13	1291.374	(可変)			23.74
14	1112.240	2.44	1.85478	24.8	24.38
15	-79.983	(可変)			24.92
16(絞り)		0.00			26.05
17	27.286	5.75	1.49700	81.5	27.79
18	380.075	(可変)			27.55
19	28.137	1.40	1.90366	31.3	27.07
20	16.420	8.27	1.58313	59.4	24.97
21*	-130.611	(可変)			24.39

30

40

50

22	-240.099	3.25	1.75520	27.5	21.88
23	-29.981	1.00	1.77250	49.6	21.52
24*	46.180	0.30			20.77
25	22.564	1.98	1.72047	34.7	20.91
26	27.164	(可変)			20.39
27	25.390	3.98	1.51633	64.1	20.39
28	-1025.644	0.15			20.03
29	66.284	1.10	2.00100	29.1	19.75
30	15.290	4.82	1.49700	81.5	18.84
31	107.452	1.33			19.24
32	153.111	6.91	1.59270	35.3	19.72
33	-13.749	1.20	1.88300	40.8	20.15
34	-57.017				22.24

10

## 【 0 1 1 1 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.10198e-005 A 6=-3.08107e-008 A 8= 5.85186e-011 A10=  
-6.18886e-014 A12= 2.71131e-017

20

第7面

K = 0.00000e+000 A 4= 5.85298e-006 A 6=-1.50401e-008 A 8= 2.22480e-011 A10=  
-1.68569e-013

第21面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.21224e-005 A 6=-1.16227e-008 A 8= 1.69214e-011 A10=  
4.07401e-014

第24面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.94829e-006 A 6= 8.62162e-009 A 8=-9.21008e-012 A10=  
-1.88190e-013

30

## 【 0 1 1 2 】

各種データ

ズーム比 9.51

	広角	中間	望遠
焦点距離	24.60	100.02	234.00
Fナンバー	3.43	6.09	6.50
半画角(度)	41.33	12.21	5.28
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	176.41	220.91	254.55
BF	39.21	85.58	92.15

40

d 5	0.90	30.94	62.94
d 9	9.70	5.08	9.61
d13	0.71	5.33	0.80
d15	38.37	6.43	1.50
d18	0.51	0.54	0.54
d21	1.14	6.61	7.85

50

d26                    7.56            2.09            0.85

### 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	115.42	18.62	5.41	-6.62
2	6	-15.31	9.67	3.10	-4.60
3	10	-164.94	6.14	10.67	5.58
4	14	87.38	2.44	1.23	-0.09
5	16	58.83	5.75	-0.30	-4.11
6	19	58.44	9.67	0.74	-5.37
7	22	-67.83	6.53	3.79	-0.03
8	27	-1038.25	19.49	128.69	102.34

10

【 0 1 1 3 】

( 数値データ 4 )

単位 mm

### 面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	119.585	2.00	1.80440	39.6	64.04
2	59.612	9.33	1.49700	81.5	60.09
3	368.173	0.15			59.26
4	65.779	7.53	1.59522	67.7	57.57
5	445.134	( 可変 )			56.76
6*	-515.488	1.70	1.85400	40.4	36.47
7*	21.242	6.61			27.95
8	-95.887	1.40	1.76385	48.5	27.76
9	102.290	( 可変 )			26.64
10	3605.550	2.30	1.71736	29.5	22.94
11	-73.518	1.66			22.62
12	-26.667	1.20	1.49700	81.5	22.60
13	-210.343	( 可変 )			23.48
14	373.971	2.36	1.85478	24.8	24.26
15	-99.724	( 可変 )			24.65
16( 絞リ )		0.00			25.70
17	27.248	5.15	1.49700	81.5	27.21
18	141.864	0.96			26.89
19	25.043	1.40	1.90366	31.3	26.57
20	16.717	5.61	1.58313	59.4	24.75
21*	40.974	2.49			24.04
22	142.102	3.19	1.75520	27.5	23.99
23	-47.894	1.00	1.77250	49.6	23.87
24	50.376	( 可変 )			23.50
25	21.934	5.62	1.51633	64.1	25.34
26	370.801	1.08			25.11
27	27.815	1.10	2.00100	29.1	24.54
28	15.556	8.30	1.49700	81.5	22.77
29	-48.010	0.30			22.58
30	-204.624	6.23	1.59270	35.3	22.05

20

30

40

50



31	-15.654	1.20	1.88300	40.8	21.60
32*	131.206				22.39

## 【 0 1 1 4 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.33977e-005 A 6=-2.89383e-008 A 8= 3.26785e-011 A10=-8.83774e-016 A12=-2.03321e-017

第7面

10

K = 0.00000e+000 A 4= 5.24173e-006 A 6= 1.15011e-008 A 8=-1.06391e-010 A10=8.71487e-014

第21面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.10326e-005 A 6= 8.71569e-009 A 8= 2.12418e-012 A10=7.75948e-014

第32面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.09800e-005 A 6=-2.03435e-008 A 8= 5.05459e-010 A10=-3.79728e-012 A12= 1.13692e-014

20

## 【 0 1 1 5 】

各種データ

ズーム比 8.23

	広角	中間	望遠
焦点距離	24.30	100.00	200.00
Fナンバー	3.07	5.62	6.29
半画角(度)	41.68	12.21	6.17
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	171.86	221.11	254.57
BF	38.70	85.00	96.09

30

d 5	0.90	38.66	65.60
d 9	10.06	6.42	10.54
d13	1.29	4.92	0.80
d15	31.64	4.90	1.50
d24	9.39	1.33	0.15

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	126.32	19.01	4.60	-7.68
2	6	-16.14	9.71	2.64	-5.16
3	10	-165.82	5.16	5.55	1.68
4	14	92.32	2.36	1.01	-0.27
5	16	73.84	19.81	-16.36	-24.43
6	25	57.98	23.83	-17.36	-25.25

## 【 0 1 1 6 】

50

(数値データ5)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1*	101.865	2.70	1.58313	59.4	51.34
2*	23.965	10.15			39.20
3	220.475	2.10	1.88300	40.8	39.02
4	60.772	(可変)			36.83
5	99.973	3.05	1.65412	39.7	31.09
6	-5281.346	2.41			30.37
7	-53.787	1.20	1.49700	81.5	30.18
8	458.967	(可変)			29.58
9	183.253	2.45	1.84666	23.8	29.40
10	-645.519	(可変)			29.33
11(絞り)		0.00			28.71
12	30.678	6.25	1.49700	81.5	31.65
13	358.328	(可変)			31.37
14	25.999	1.40	1.90366	31.3	30.60
15	18.568	9.18	1.58313	59.4	28.40
16*	-184.039	(可変)			27.38
17	-69.478	1.84	1.76182	26.5	25.24
18	-50.604	1.00	1.74320	49.3	24.85
19*	30.342	(可変)			23.67
20	34.843	4.90	1.49700	81.5	24.18
21	-80.065	0.15			24.34
22	88.620	4.87	1.49700	81.5	24.31
23	-37.070	0.17			24.22
24	-424.133	5.24	1.59270	35.3	23.55
25	-22.500	1.20	1.88300	40.8	23.15
26*	66.265				23.35

10

20

30

【0 1 1 7】

非球面データ

第1面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.26758e-005 A 6=-2.97938e-008 A 8= 4.61726e-011 A10=-3.93749e-014 A12= 1.45888e-017

第2面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.11654e-005 A 6=-2.01556e-008 A 8= 2.75615e-013 A10= 1.56083e-014

40

第16面

K = 0.00000e+000 A 4= 5.98081e-006 A 6=-2.30949e-008 A 8= 7.95036e-011 A10=-1.14679e-013

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.68295e-006 A 6= 3.98461e-008 A 8=-1.10067e-010 A10= 1.75347e-013

50

## 第26面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.02711e-005 A 6=-3.47587e-009 A 8= 2.64713e-011 A10=  
-1.18691e-013

## 【 0 1 1 8 】

## 各種データ

ズーム比 4.07

	広角	中間	望遠
焦点距離	24.60	50.00	100.00
Fナンバー	2.78	4.03	6.71
半画角(度)	41.33	23.40	12.21
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	176.57	166.06	198.50
BF	39.19	66.32	117.51

10

d 4	14.42	13.10	14.42
d 8	0.80	2.12	0.80
d10	50.72	15.86	1.50
d13	3.23	1.52	0.50
d16	1.95	2.69	3.35
d19	6.01	4.20	0.16

20

## ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-32.28	14.95	6.03	-6.20
2	5	-296.82	6.66	13.25	7.81
3	9	168.81	2.45	0.29	-1.04
4	11	67.08	6.25	-0.39	-4.54
5	14	48.32	10.58	0.40	-6.26
6	17	-28.16	2.84	1.10	-0.49
7	20	59.97	16.52	-8.53	-16.43

30

## 【 0 1 1 9 】

【表 1】

表 1

ズームタイプ		実施形態1	実施形態2	実施形態3	実施形態4	実施形態5
正負負正正負負		正負負正正負負	正負負正正負負	正負負正正負負	正負負正正	負負正正正負正
条件式	Ln1	負負	負負	負負	負負	負負
	Ln2	負正	負負正	負正	負正	負正
	fw	24.3	24.3	24.6	24.3	24.6
	ft	234.98	234.87	234	200	100
(1)	$\beta$ Ln2w	0.8044	0.7212	0.7936	0.8074	0.8178
(2)	$\beta$ Ln2t	0.7747	0.6644	0.772	0.7866	0.8178
(3)	$\beta$ Lp1w	1.5435	1.7602	1.5334	1.5445	1.3901
(4)	$\beta$ Lp1t	1.6329	1.8007	1.6387	1.6255	1.3901
	fLn1	-15.3	-15.66	-15.31	-16.14	-32.28
	fLn2	-159.24	-87.68	-164.94	-165.82	-296.82
	fLp1	86.8	64.99	87.38	92.32	168.81
	fLp2	29.82	28.22	58.44	57.98	48.32
	fL1	115.35	118.54	115.42	126.32	—
(5)	$-fLn2/fLp1$	1.835	1.349	1.888	1.796	1.758
(6)	$fLn2/fLn1$	10.408	5.599	10.773	10.274	9.195
(7)	$fL1/fw$	4.747	4.878	4.692	5.198	—
(8)	$-fLn1/fw$	0.630	0.644	0.622	0.664	1.312
(9)	$-fLn2/fw$	6.553	3.608	6.705	6.824	12.066
(10)	$fLp1/fw$	3.572	2.674	3.552	3.799	6.862
(11)	$fLp2/fw$	1.227	1.161	2.376	2.386	1.964

【符号の説明】

【 0 1 2 0 】

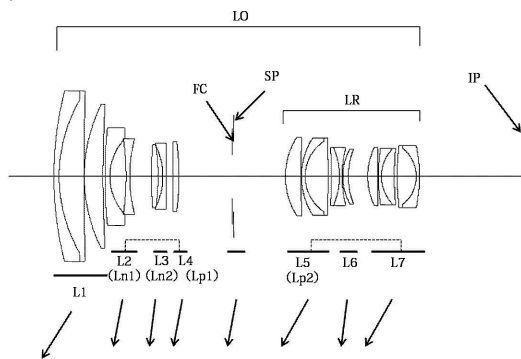
Ln1、Ln2、Lp1、Lp2 レンズ群

L1 第1レンズ群 L2 第2レンズ群 L3 第3レンズ群

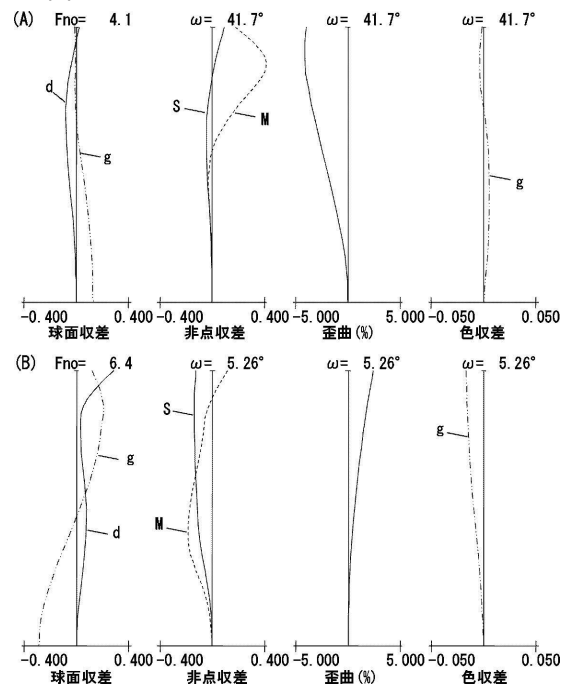
L4 第4レンズ群 L5 第5レンズ群 L6 第6レンズ群

L7 第7レンズ群 L8 第8レンズ群

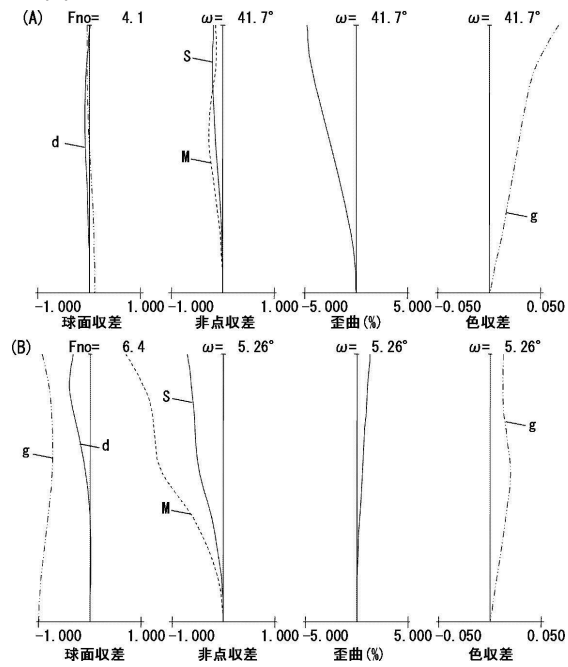
【図 1】



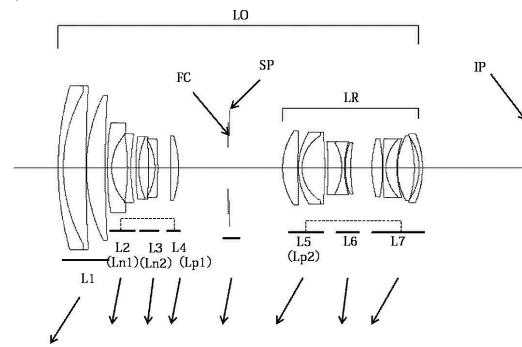
【図 2】



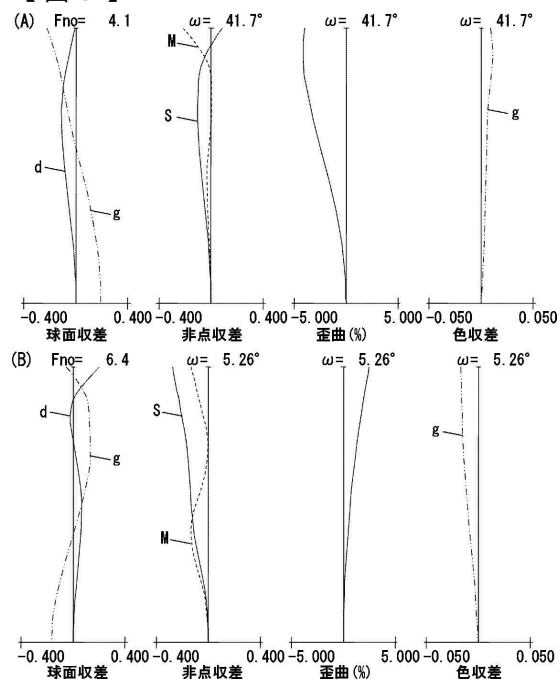
【図 3】



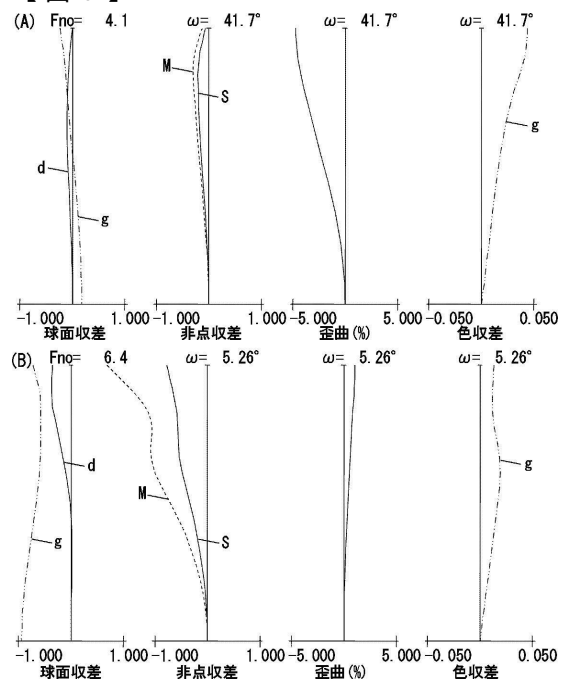
【図 4】



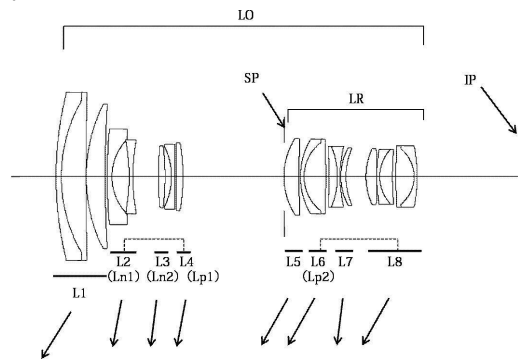
【図 5】



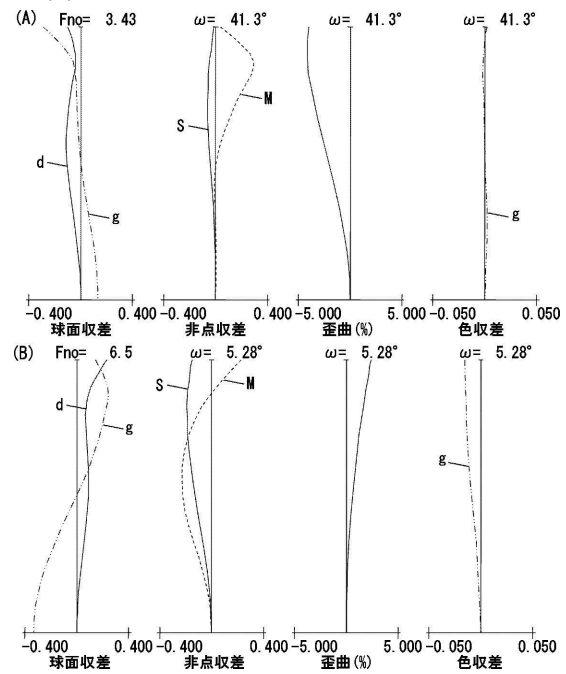
【図 6】



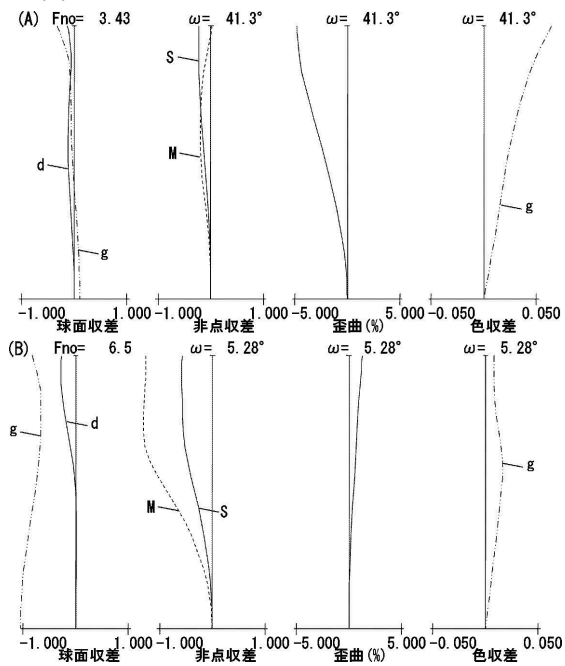
【図 7】



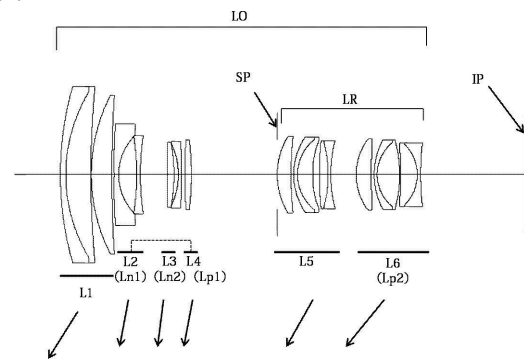
【図 8】



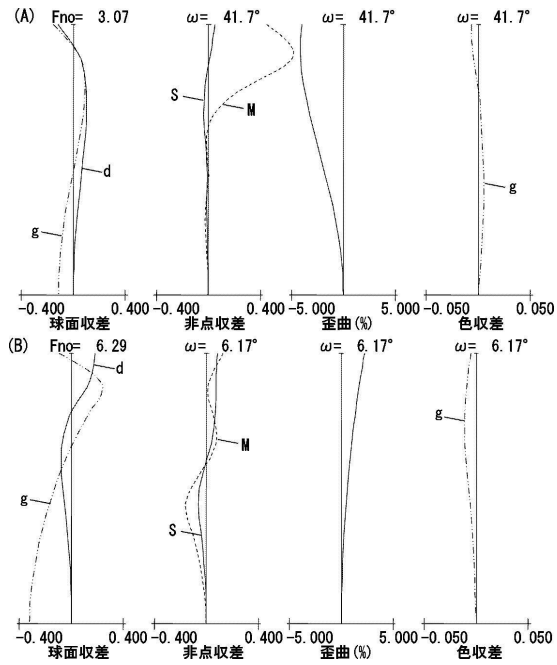
【図 9】



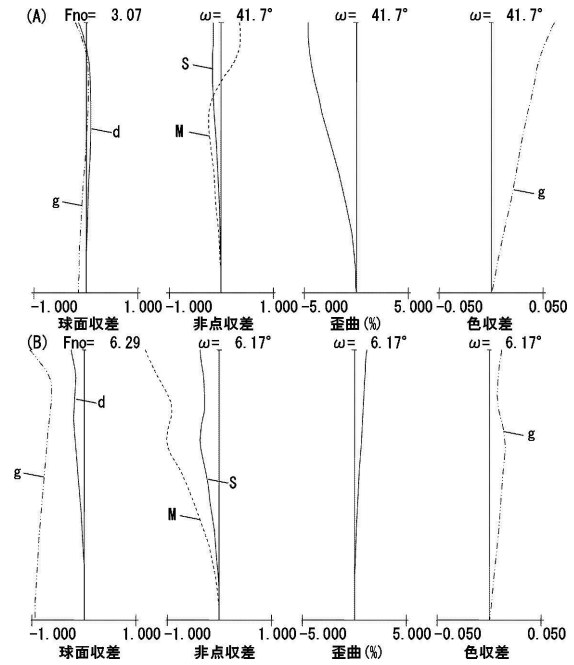
【図 10】



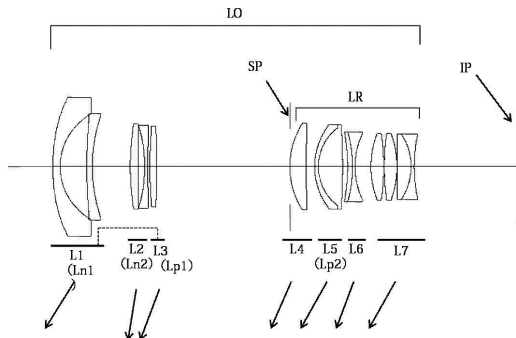
【図 1 1】



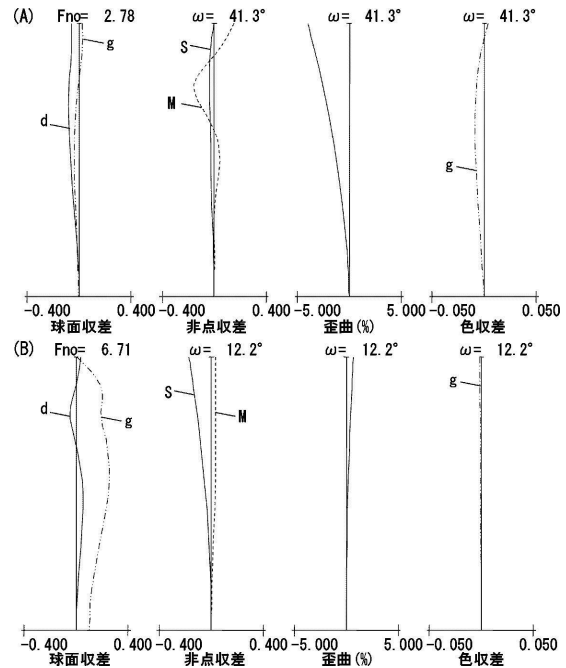
【図 1 2】



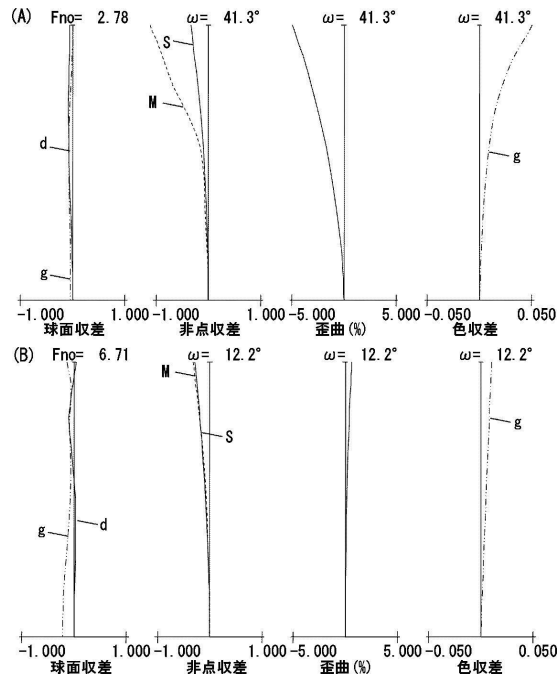
【図 1 3】



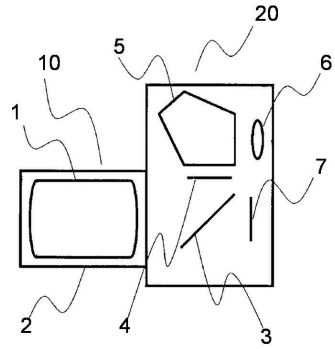
【図 1 4】



【図 15】



【図 16】





---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-056222(JP,A)  
特開平07-092390(JP,A)  
特開2004-061681(JP,A)  
特開平07-151971(JP,A)  
特開平07-199070(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08  
G02B 21/02 - 21/04  
G02B 25/00 - 25/04