

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-173530

(P2016-173530A)

(43) 公開日 平成28年9月29日(2016.9.29)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 15/20 (2006.01)	G 0 2 B 15/20	2 H 0 8 7
G 0 2 B 15/163 (2006.01)	G 0 2 B 15/163	
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2015-54469 (P2015-54469)
 (22) 出願日 平成27年3月18日 (2015.3.18)

(71) 出願人 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 三條 陽太郎
 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

最終頁に続く

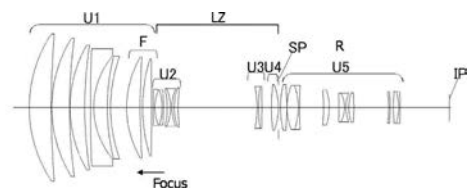
(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】大口径比、高ズーム比で全系が、小型軽量で且つ高い光学性能を有するズームレンズを提供する。

【解決手段】物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群U1、ズーミングに際して移動するレンズ群を2つ以上含む変倍系、後レンズ群を有し、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、変倍系は物体側から像側へ順に、負の屈折力の第2レンズ群U2、負の屈折力の第3レンズ群U3を有し、広角端から望遠端へのズーミングに際して第2レンズ群は像側に移動し、第2レンズ群よりも像側に開口絞りを有し、第1レンズ群の焦点距離 f_1 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 、第2レンズ群の結像倍率 β_2w 、第1レンズ群と第2レンズ群の光軸上の間隔 L_{12w} 、広角端における第1レンズ群の最も像側のレンズ面から開口絞りまでの光軸上の長さ L_{1Sw} が、特定の条件式を満足する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像側へ順に、ズーミングに際して不動の正の屈折力の第 1 レンズ群、ズーミングに際して移動するレンズ群を 2 つ以上含む変倍系、後レンズ群を有し、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、

前記変倍系は物体側から像側へ順に、ズーミングに際して移動する負の屈折力の第 2 レンズ群、ズーミングに際して移動する負の屈折力の第 3 レンズ群を有し、広角端から望遠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 2 レンズ群よりも像側に開口絞りを有し、

前記第 1 レンズ群及び第 2 レンズ群の焦点距離をそれぞれ f_1 、 f_2 、広角端における前記第 2 レンズ群の結像倍率を β_{2w} 、広角端における前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群の光軸上の間隔を L_{12w} 、広角端における前記第 1 レンズ群の最も像側のレンズ面から前記開口絞りまでの光軸上の長さを L_{1Sw} とするとき、

$$2.8 < |f_1 / f_2| < 10.0$$

$$\beta_{2w} < 3.50 \times 10^{-3} \times |f_1 / f_2|^3 - 8.49 \times 10^{-2} \times |f_1 / f_2|^2 + 6.90 \times 10^{-1} \times |f_1 / f_2| - 2.22$$

$$|L_{12w} / L_{1Sw}| < 0.10$$

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 2】

前記第 2 レンズ群の望遠端における結像倍率を β_{2t} とするとき、

$$4.00 < |\beta_{2t} / \beta_{2w}| < 600.00$$

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】

前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$0.70 < |f_1 / f_3| < 6.00$$

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】

広角端から望遠端へのズーミングに際して前記第 3 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】

広角端における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の長さを D_{Tw} とするとき、

$$1.40 < D_{Tw} / f_1 < 2.20$$

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

【請求項 6】

広角端における前記第 1 レンズ群の像側主点位置から前記第 2 レンズ群の物体側主点位置までの光軸上の長さを H_{12w} とするとき、

$$0.15 < H_{12w} / f_1 < 0.75$$

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

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群の光軸上の厚さを D_1 、前記第 1 レンズ群の最も像側のレンズ面から前記第 1 レンズ群の像側主点位置までの長さを H_{1k} とするとき、

$$-0.95 < H_{1k} / D_1 < -0.30$$

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

【請求項 8】

前記第 2 レンズ群の光軸上の厚さを D_2 、前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面から前記第 2 レンズ群の物体側主点位置までの長さを H_{21} とするとき、

$$-0.10 < H21 / D2 < 0.70$$

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

【請求項 9】

前記第 1 レンズ群の光軸上の厚さを $D1$ とするとき、

$$1.30 < f1 / D1 < 2.20$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

前記第 1 レンズ群は 6 乃至 9 枚のレンズより構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。 10

【請求項 11】

フォーカシングに際して前記第 1 レンズ群の一部の部分群が移動することを行うことを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

前記開口絞り及び前記開口絞りより像側のレンズ群はズーミングに際して不動であることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 13】

前記変倍系は前記第 3 レンズ群の像側にズーミングに際して移動する正の屈折力の第 4 レンズ群を有することを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。 20

【請求項 14】

前記変倍系は前記第 3 レンズ群の像側にズーミングに際して移動する負の屈折力の第 4 レンズ群を有することを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 15】

前記開口絞りは前記変倍系の像側に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 16】

前記開口絞りは前記後レンズ群を構成する複数のレンズのレンズ間に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。 30

【請求項 17】

前記後レンズ群はズーミングに際して不動の正の屈折力のレンズ群で構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 16 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 18】

請求項 1 乃至 17 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撮像素子と、を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 19】

広角端における全系の焦点距離を f_w 、全系のズーム比を Z 、前記撮像素子のイメージサイズの対角長を ϕ とするとき、 40

$$1.40 < f_w / \phi$$

$$3.0 < Z$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 18 に記載のズームレンズ。

【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、例えば放送用テレビカメラ、映画用カメラ、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の撮像装置の撮像光学系として好適なものである。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

近年、撮像装置に用いられる撮像光学系には大口径比、高ズーム比で全系が小型軽量で且つ高い光学性能を有するズームレンズが求められている。高ズーム比のズームレンズとして、最も物体側にズーミングに際して不動の正の屈折力のレンズ群を配置し、全体として4つのレンズ群若しくは5つのレンズ群により構成されるポジティブリード型のズームレンズが知られている（特許文献1乃至6）。

【0003】

特許文献1乃至3には、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群で構成される4群ズームレンズが開示されている。特許文献1乃至3のズームレンズはズーミングに際して第2レンズ群と第3レンズ群が移動する。特許文献4には、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群で構成される4群ズームレンズが開示されている。特許文献4のズームレンズはズーミングに際して第2レンズ群と第3レンズ群が移動する。

【0004】

特許文献1ではズーム比2.6程度、広角端での撮影画角（画角）が47°程度、Fナンバー3.5程度の口径かつ高ズーム比のズームレンズを開示している。特許文献2ではズーム比2.9程度、広角端での撮影画角（画角）が53°程度、Fナンバー2.0程度の口径かつ高ズーム比のズームレンズを開示している。

【0005】

特許文献3ではズーム比15.0程度、広角端での撮影画角（画角）が20°程度、Fナンバー2.8程度の口径かつ高ズーム比のズームレンズを開示している。特許文献4ではズーム比2.7程度、広角端での撮影画角（画角）が34°程度、Fナンバー2.8程度の口径かつ高ズーム比のズームレンズを開示している。

【0006】

特許文献5、6には物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群よりなる5群ズームレンズが開示されている。この5群ズームレンズにおいては、ズーミングに際して負の屈折力の第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レンズ群が移動する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平07-027978号公報

【特許文献2】特開平06-088942号公報

【特許文献3】特開2007-139858号公報

【特許文献4】特開2009-086537号公報

【特許文献5】特開平02-050120号公報

【特許文献6】特開平04-147110号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

テレビカメラやビデオカメラ等の撮像装置に用いられるズームレンズには、全系が小型で軽量であること、高ズーム比で全ズーム範囲にわたり高画質（高解像力）が得られること、大口径比であること等が要望されている。

【0009】

ポジティブリード型のズームレンズにおいて、大口径比、高ズーム比、全系の小型化軽量化を図りつつ高い光学性能を得るには、例えば広角端における望遠化、ズーミングに際して移動するレンズ群での変倍比の十分な確保が重要になってくる。更に第1レンズ群の小型軽量化を図ることが重要になってくる。特に広角端における第2レンズ群の結像倍率

10

20

30

40

50

(拡大率)、及び第1レンズ群と変倍系を構成する各レンズ群の屈折力やレンズ構成等を適切に設定することが重要となってくる。

【0010】

特許文献1、2のズームレンズは、広角端での望遠化、高ズーム比化が必ずしも十分でない。特許文献3のズームレンズは、広角端での望遠化、高ズーム比を達成している。しかしながら、更なる広角端での望遠化と高ズーム比化を図るには、広角端での第2レンズ群の結像倍率、及び第1レンズ群と変倍系を構成する各レンズ群の屈折力やレンズ構成等が必ずしも十分でない。

【0011】

特許文献4は、広角端での望遠化を達成しているが、第3レンズ群が正の屈折力で広角端から望遠端へのズーミングに際して像側に凸状の軌跡を描いている。このため高ズーム比化を図るのに不利な構成となっているため、高ズーム比化が困難である。特許文献5、6の5群ズームレンズにおいては、全系の小型化と高性能化を図っているが、広角端から望遠端へのズーミングに際する第2レンズ群の変倍比が小さく、ズーム比が必ずしも十分でなかった。

【0012】

本発明は、大口径比、高ズーム比で、全系が小型軽量で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】

【0013】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、ズーミングに際して不動の正の屈折力の第1レンズ群、ズーミングに際して移動するレンズ群を2つ以上含む変倍系、後レンズ群を有し、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、

前記変倍系は物体側から像側へ順に、ズーミングに際して移動する負の屈折力の第2レンズ群、ズーミングに際して移動する負の屈折力の第3レンズ群を有し、広角端から望遠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2レンズ群よりも像側に開口絞りを有し、

前記第1レンズ群及び第2レンズ群の焦点距離をそれぞれ f_1 、 f_2 、広角端における前記第2レンズ群の結像倍率を β_{2w} 、広角端における前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の光軸上の間隔を L_{12w} 、広角端における前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面から前記開口絞りまでの光軸上の長さを L_{1sw} とすると、

$$2.8 < |f_1 / f_2| < 10.0$$

$$\beta_{2w} < 3.50 \times 10^{-3} \times |f_1 / f_2|^3 - 8.49 \times 10^{-2} \times |f_1 / f_2|^2 + 6.90 \times 10^{-1} \times |f_1 / f_2| - 2.22$$

$$|L_{12w} / L_{1sw}| < 0.10$$

なる条件式を満たすことを特徴としている。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、大口径比、高ズーム比で全系が、小型軽量で且つ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を得られる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施例1の広角端におけるレンズ断面図

【図2】(A)、(B)、(C) 本発明の実施例1の各ズーム位置における収差図

【図3】本発明の実施例2の広角端におけるレンズ断面図

【図4】(A)、(B)、(C) 本発明の実施例2の各ズーム位置における収差図

【図5】本発明の実施例3の広角端におけるレンズ断面図

【図6】(A)、(B)、(C) 本発明の実施例3の各ズーム位置における収差図

【図7】本発明の実施例4の広角端におけるレンズ断面図

【図 8】 (A)、(B)、(C) 本発明の実施例 4 の各ズーム位置における収差図

【図 9】 本発明の実施例 5 の広角端におけるレンズ断面図

【図 10】 (A)、(B)、(C) 本発明の実施例 5 の各ズーム位置における収差図

【図 11】 本発明の実施例 6 の広角端におけるレンズ断面図

【図 12】 (A)、(B)、(C) 本発明の実施例 6 の各ズーム位置における収差図

【図 13】 本発明の実施例 7 の広角端におけるレンズ断面図

【図 14】 (A)、(B)、(C) 本発明の実施例 7 の各ズーム位置における収差図

【図 15】 (A)、(B)、(C) 実施例 1、2、5、6 のズーミングに伴う各レンズ群の移動軌跡の説明図

【図 16】 (A)、(B)、(C) 実施例 3、4 のズーミングに伴う各レンズ群の移動軌跡の説明図 10

【図 17】 (A)、(B)、(C) 実施例 7 のズーミングに伴う各レンズ群の移動軌跡の説明図

【図 18】 (A)、(B) 第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の光学配置の説明図

【図 19】 (A)、(B) 第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の光学配置の説明図

【図 20】 条件式 (1)、(2) に関する説明図

【図 21】 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】

【0016】

次に各実施例のレンズ構成の特徴について説明する。本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、ズーミングに際して不動の正の屈折力の第 1 レンズ群、ズーミングに際して移動するレンズ群を 2 つ以上含む変倍系、後レンズ群を有している。そし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。変倍系は物体側から像側へ順に、ズーミングに際して移動する負の屈折力の第 2 レンズ群、ズーミングに際して移動する負の屈折力の第 3 レンズ群を有している。広角端から望遠端へのズーミングに際して第 2 レンズ群は像側に移動し、第 2 レンズ群よりも像側に開口絞りを有している。

【0017】

図 1 は本発明の実施例 1 のズームレンズの広角端で無限遠物体に合焦（フォーカス）しているときのレンズ断面図である。図 2 (A)、(B)、(C) は、実施例 1 の無限遠物体に合焦しているときのそれぞれ広角端、中間のズーム位置（焦点距離 200.00mm）、望遠端における縦収差図である。実施例 1 はズーム比 7.0 倍、広角端の半画角 10.65 度、望遠端の半画角 1.54 度のズームレンズである。但し、焦点距離の値は、後述する数値実施例を mm 単位で表したときの値である。これは以下の各数値実施例において、全て同じである。

【0018】

図 3 は本発明の実施例 2 の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、実施例 2 の無限遠物体に合焦しているときのそれぞれ広角端、中間のズーム位置（焦点距離 158.11mm）、望遠端における縦収差図である。実施例 2 はズーム比 4.0 倍、広角端の半画角 10.0 度、望遠端の半画角 2.52 度のズームレンズである。

【0019】

図 5 は本発明の実施例 3 の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、実施例 3 の無限遠物体に合焦しているときのそれぞれ広角端、中間のズーム位置（焦点距離 150.00mm）、望遠端における縦収差図である。実施例 3 はズーム比 20.0 倍、広角端の半画角 9.46 度、望遠端の半画角 0.48 度のズームレンズである。

【0020】

図 7 は本発明の実施例 4 の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、実施例 4 の無限遠物体に合焦しているときのそれぞれ広角端、中間のズーム位置（焦点距離 130.00mm）、望遠端にお

20

30

40

50

ける縦収差図である。実施例 4 はズーム比 6.8 倍、広角端の半画角 16.49 度、望遠端の半画角 2.49 度のズームレンズである。

【0021】

図 9 は本発明の実施例 5 の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、実施例 5 の無限遠物体に合焦しているときのそれぞれ広角端、中間のズーム位置 (焦点距離 256.51 mm)、望遠端における縦収差図である。実施例 5 はズーム比 7.97 倍、広角端の半画角 8.9 度、望遠端の半画角 1.13 度のズームレンズである。

【0022】

図 11 は本発明の実施例 6 の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、実施例 6 の無限遠物体に合焦しているときのそれぞれ広角端、中間のズーム位置 (焦点距離 220.24 mm)、望遠端における縦収差図である。実施例 6 はズーム比 5.0 倍、広角端の半画角 8.03 度、望遠端の半画角 1.62 度のズームレンズである。

【0023】

図 13 は本発明の実施例 7 の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 14 (A)、(B)、(C) は、実施例 7 の無限遠物体に合焦しているときのそれぞれ広角端、中間のズーム位置 (焦点距離 180.31 mm)、望遠端における縦収差図である。実施例 7 はズーム比 22.0 倍、広角端の半画角 7.83 度、望遠端の半画角 0.36 度のズームレンズである。

【0024】

図 15 (A)、(B)、(C) は実施例 1、2、5、6 のズームレンズにおける近軸配置及び広角端から望遠端へのズーミングにかけての各レンズ群の移動軌跡の説明図である。図 16 (A)、(B)、(C) は実施例 3、4 のズームレンズにおける近軸配置及び広角端から望遠端へのズーミングにかけての各レンズ群の移動軌跡の説明図である。図 17 (A)、(B)、(C) は実施例 7 のズームレンズにおける近軸配置及び広角端から望遠端へのズーミングにかけての各レンズ群の移動軌跡の説明図である。

【0025】

図 18 (A)、(B) は本発明の各実施例における第 1 レンズ群 U1 と第 2 レンズ群 U2 の広角端、望遠端における光学配置の模式図である。図 19 (A)、(B) は各実施例のズームレンズの広角端における第 1 レンズ群、第 2 レンズ群の近軸配置及び軸上近軸光線の光路図である。図 20 は実施例 1 乃至 7 の条件式 (1)、(2) 及び (2a) に対する数値図である。図 21 は本発明の撮像装置の要部概略図である。

【0026】

図 15、図 16、図 17 において矢印は広角端から望遠端へのズーミングに際しての各レンズ群の移動軌跡を示す。レンズ断面図においてフォーカス (Focus) に関する矢印は無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際しての部分群 F の移動方向を示す。レンズ断面図において、U1 はズーミングに際して不動の正の屈折力の第 1 レンズ群である。第 1 レンズ群 U1 はフォーカシングに際して移動する部分群 F が含まれている。

【0027】

LZ はズーミングに際して移動するレンズ群を 2 つ以上含む変倍系である。R はズーミングに際して不動の結像用の正の屈折力の後レンズ群である。図 5、図 13 において P は色分解プリズムや光学フィルターであり、ガラスブロックとして示している。変倍系 LZ は広角端 (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像面側へ移動する負の屈折力の第 2 レンズ群 (バリエーターレンズ群) 第 2 レンズ群 U2 を有する。更に第 2 レンズ群 U2 の変倍に連動して移動し、変倍に伴う像面変動を補正するために物体側へ凸状の軌跡を描いて移動する負の屈折力の第 3 レンズ群 (コンペンセーターレンズ群) U3 を有する。

【0028】

この他、変倍系 LZ は第 3 レンズ群 U3 の像側にズーミングに際して移動する正の屈折

10

20

30

40

50

力の第4レンズ群U4を有する。又は変倍系LZは第3レンズ群U3の像側にズームングに際して移動する負の屈折力の第4レンズ群U4を有する。

【0029】

レンズ断面図においてSPは開口絞りである。またIP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。各実施例においてレンズ群又は部分群とはフォーカシング又はズームングの少なくとも一方に際して変化するレンズ間隔によって分けられる1つ以上のレンズを含む集合体をいう。

【0030】

収差図において、球面収差はe線（実線）とg線（点線）によって表されている。非点収差はe線のメリディオナル像面（M）（点線）とe線のサジタル像面（S）（実線）によって表されている。倍率色収差はg線によって表されている。FnoはFナンバー、 ω は半画角（度）である。すべての収差図において、球面収差は0.5mm、非点収差は0.5mm、歪曲は5%、倍率色収差は0.05mmのスケールで描かれている。尚、広角端と望遠端は変倍用の第2レンズ群U2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。

【0031】

実施例1、2、5、6において変倍系LZは物体側から像側へ順に、負の屈折力の第2レンズ群U2、負の屈折力の第3レンズ群U3、正の屈折力の第4レンズ群U4より構成される。そして第2レンズ群U2、第3レンズ群U3、第4レンズ群U4はズームングに際して図15に示すような軌跡で移動する。即ち、広角端から望遠端へのズームングに際して第2レンズ群U2は像側へ移動し、第3レンズ群U3と第4レンズ群U4は物体側へ凸状の軌跡を描いて移動する。後レンズ群Rは正の屈折力の第5レンズ群U5より構成される。

【0032】

実施例3、4において変倍系LZは物体側から像側へ順に、負の屈折力の第2レンズ群U2、負の屈折力の第3レンズ群U3より構成される。そして第2レンズ群U2と第3レンズ群U3はズームングに際して図16に示すような軌跡で移動する。即ち、広角端から望遠端へのズームングに際して第2レンズ群U2は像側へ移動し、第3レンズ群U3は物体側へ凸状の軌跡を描いて移動する。後レンズ群Rは正の屈折力の第4レンズ群U4より構成される。

【0033】

実施例7において変倍系LZは物体側から像側へ順に、負の屈折力の第2レンズ群U2、負の屈折力の第3レンズ群U3、負の屈折力の第4レンズ群U4より構成される。そして第2レンズ群U2、第3レンズ群U3、第4レンズ群U4はズームングに際して図17に示すような軌跡で移動する。即ち、広角端から望遠端へのズームングに際して第2レンズ群U2は像側へ移動し、第3レンズ群U3と第4レンズ群U4は物体側へ凸状の軌跡を描いて移動する。後レンズ群Rは正の屈折力の第5レンズ群U5より構成される。

【0034】

本発明の各実施例においては前述した後レンズ群Rはズームングに際して不動の正の屈折力のレンズ群で構成されているが、本発明はこれに限定されない。例えば、後レンズ群の一部がズームングに際して移動しても構わない。実施例1、3、4、7において開口絞りSPは変倍系LZの像側に配置されている。実施例2、5、6において開口絞りSPは後レンズ群Rを構成する複数のレンズのレンズ間に配置されている。尚、各実施例において開口絞りSPは第2レンズ群U2の像側であればどの位置に配置されていても良い。

【0035】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、ズームングに際して不動の正の屈折力の第1レンズ群U1を有している。更にズームングに際して移動する負の屈折力の第2レンズ群U2、ズームングに際して移動する負の屈折力の第3レンズ群U3を有している。広角端から望遠端へのズームングに際し、第2レンズ群U2は像側に移動する。更に第2レンズ群U2よりも像側に開口絞りSPを有している。

【0036】

そして第1レンズ群U1及び第2レンズ群U2の焦点距離をそれぞれ f_1 、 f_2 とする。広角端における第2レンズ群U2の結像倍率を β_{2w} 、広角端における第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の光軸上の間隔を L_{12w} 、広角端における第1レンズ群U1の最も像側のレンズ面から開口絞りSPまでの光軸上の長さを L_{1sw} とする。このとき、

$$2.8 < |f_1 / f_2| < 10.0 \quad \dots (1)$$

$$\beta_{2w} < 3.50 \times 10^{-3} \times |f_1 / f_2|^3 - 8.49 \times 10^{-2} \times |f_1 / f_2|^2 + 6.90 \times 10^{-1} \times |f_1 / f_2| - 2.22 \quad \dots (2)$$

$$|L_{12w} / L_{1sw}| < 0.10 \quad \dots (3)$$

なる条件式を満たしている。

10

【0037】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。ここで、例として5つのレンズ群よりなる5群ズームレンズをとりあげると、全系の焦点距離は以下の式で表される。いま、広角端での全系の焦点距離を f_w とする。望遠端での全系の焦点距離を f_t とする。第1レンズ群U1の無限遠物体に合焦しているときの焦点距離を f_1 、広角端での第2レンズ群U2の結像倍率を β_{2w} 、広角端での第3レンズ群U3の結像倍率を β_{3w} とする。

【0038】

広角端での第4レンズ群U4の結像倍率を β_{4w} 、望遠端での第2レンズ群U2の結像倍率を β_{2t} 、望遠端での第3レンズ群U3の結像倍率を β_{3t} 、望遠端での第4レンズ群U4の結像倍率を β_{4t} とする。第5レンズ群U5の拡大率を β_5 とする。ズーム比を Z とする。

20

【0039】

このとき広角端における全系の焦点距離 f_w 、望遠端における全系の焦点距離 f_t 、ズーム比 Z はそれぞれ

$$f_w = f_1 \times \beta_{2w} \times \beta_{3w} \times \beta_{4w} \times \beta_5 \quad \dots (X1)$$

$$f_t = f_1 \times \beta_{2t} \times \beta_{3t} \times \beta_{4t} \times \beta_5 \quad \dots (X2)$$

$$Z = f_t / f_w = \beta_{2t} / \beta_{2w} \times \beta_{3t} / \beta_{3w} \times \beta_{4t} / \beta_{4w} \times \beta_5 \quad \dots (X3)$$

となる。

【0040】

変倍に寄与する第2レンズ群U2の結像倍率は以下の式で表される。いま、第2レンズ群U2の焦点距離を f_2 、広角端における第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の主点間隔を H_{12w} 、第2レンズ群U2の広角端から望遠端へのズーミングに際しての移動量を m_2 とする。このとき広角端と望遠端における第2レンズ群U2の結像倍率 β_{2w} 、 β_{2t} はそれぞれ、

30

$$\beta_{2w} = f_2 / (f_1 - H_{12w} + f_2) \quad \dots (X4)$$

$$\beta_{2t} = f_2 / (f_1 - H_{12w} - m_2 + f_2) \quad \dots (X5)$$

となる。

【0041】

また、第5レンズ群U5の結像倍率 β_5 は以下の式で表される。いま、第5レンズ群U5に対する物点から第5レンズ群U5の前側主点位置までの距離を S 、第5レンズ群U5に対する像点から第5レンズ群U5の後側主点位置までの距離を S' とする。このとき結像倍率 β_5 は、

40

$$\beta_5 = S' / S \quad \dots (X6)$$

となる。

【0042】

各実施例のズームレンズでは望遠化、大口径化、高ズーム比化、全系の小型軽量化、高性能化を図るためには、式(X1)～式(X6)における前記各パラメータ f_1 、 β_{2w} 、 β_{3w} 、 β_{4w} 、 β_{2t} 、 β_{3t} 、 β_{4t} 、 β_5 などを適切に設定している。

【0043】

図18(A)、(B)に第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の広角端と、望遠端にお

50

ける光学配置の模式図を示す。図18(A)、(B)においてH12wは第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の主点間隔、Nは第2レンズ群U2に対する物点位置(第1レンズ群U1の像点位置)である。広角端での望遠化、第2レンズ群U2における十分な変倍比の確保、第1レンズ群U1の小型軽量化を実現するには、先のパラメータ f_1 、 f_2 、 β_{2w} の関係を適切に設定することが重要となる。

【0044】

条件式(1)は第1レンズ群U1の焦点距離と第2レンズ群U2の焦点距離の比を規定している。条件式(1)の上限値を上回ると、第2レンズ群U2の負の屈折力が第1レンズ群U1の正の屈折力に対して強くなり過ぎて(屈折力の絶対値が大きくなりすぎて)、ズーミングに際して球面収差やコマ収差など諸収差の変動が増大する。そしてこれら諸収差の変動を補正するのが困難となる。

10

【0045】

又、第1レンズ群U1の正の屈折力が第2レンズ群U2の負の屈折力に対して弱くなり過ぎて(屈折力の絶対値が小さくなりすぎて)、第1レンズ群U1のレンズ径が増大し、第1レンズ群U1の小型軽量が困難となる。

【0046】

条件式(1)の下限値を下回ると、第2レンズ群U2の負の屈折力が第1レンズ群U1の正の屈折力に対して弱くなり過ぎ、ズーミングに際して第2レンズ群U2の移動量が増大し、高ズーム比化を図りつつ、全系の小型化が困難となる。又、第1レンズ群U1の正の屈折力が第2レンズ群U2の負の屈折力に対して強くなり過ぎ、第1レンズ群U1より広角側において倍率色収差や歪曲、望遠側において球面収差が多く発生し、これらの諸収差の補正が困難となる。更に好ましくは、条件式(1)を次の如く設定するのが良い。

20

【0047】

$$2.90 < |f_1 / f_2| < 9.00 \quad \dots (1a)$$

条件式(1)の数値が大きい程、高ズーム比化が容易となるが、同時に広角端での望遠化を効果的に達成するためには、広角端において第2レンズ群U2の結像倍率を適切に設定することが重要となる。

【0048】

図15は実施例1のズームレンズにおける近軸配置及び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U2、第3レンズ群U3、第4レンズ群U4の移動軌跡を示している。第2レンズ群U2は変倍のため広角端から望遠端にかけて物体側から像側へ移動する。第3レンズ群U3は広角端から望遠端へのズーミングに際して物体側へ凸状の軌跡を描いて移動する。

30

【0049】

第2レンズ群U2での結像倍率 β_2 は広角端から望遠端に掛けて負の方向に大きく変化していく。図15に示すように、広角端において第2レンズ群U2がより像側に位置する程、広角端における第2レンズ群U2での結像倍率 β_{2w}' の値を負の方向により大きくでき、広角端での望遠化が効果的に行える。一方で、高ズーム比を達成しようとする場合、図15に示すように結像倍率 β_{2w}' を負の方向に大きくするとともに、主変倍レンズ群である第2レンズ群U2の望遠端の結像倍率 β_{2t}' を負の方向により大きくする必要がある。

40

【0050】

しかし、結像倍率 β_{2w}' を負の方向に大きくし過ぎると、望遠端で例えば第4レンズ群U4と第5レンズ群U5が干渉する傾向となる。このため、第2レンズ群U2で変倍比を十分確保できず、高ズーム比を達成することが困難となる。

【0051】

条件式(2)は、第1レンズ群U1の焦点距離と第2レンズ群U2の焦点距離の比に対する広角端での第2レンズ群U2の結像倍率を規定している。条件式(2)の上限値を上回ると、広角端での第2レンズ群U2の結像倍率 β_{2w} が負の方向に小さくなり過ぎ、広角端での望遠化を達成することが困難となる。更に好ましくは、条件式(2)を次の如く

50

設定するのが良い。

【0052】

$$4.30 \times 10^{-3} \times |f_1 / f_2|^3 - 1.16 \times 10^{-1} \times |f_1 / f_2|^2 + 1.04 \times |f_1 / f_2| - 3.57 < \beta_{2w} \quad \dots (2a)$$

【0053】

条件式(2a)の下限値を下回ると、広角端での第2レンズ群U2の結像倍率 β_{2w} が負の方向に大きくなり過ぎ、望遠端で例えば第4レンズ群U4と第5レンズ群U5が干渉する傾向となり、高ズーム比の達成が困難となる。更には、広角端において第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の主点間隔 H_{12w} が大きくなり過ぎ、第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の間隔 L_{12w} が大きくなり過ぎる。このため、変倍率LZの全長の短縮化及び第1レンズ群U1の小型軽量化が困難となる。

10

【0054】

図20は実施例1乃至7の条件式(1)、(2)及び(2a)に対する数値図である。条件式(3)は広角端における第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の光軸上の間隔 L_{12w} 、広角端における第1レンズ群U1の最も像側のレンズ面から開口絞りSPまでの光軸上の長さ L_{1Sw} の比を規定している。

【0055】

条件式(3)の上限値を上回ると、広角端において第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の光軸上の間隔 L_{12w} に対して、第1レンズ群U1の最も像側のレンズ面から開口絞りSPまでの光軸上の長さ L_{1Sw} が小さくなり過ぎる。これにより広角端において第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の光軸上の間隔が大きくなり過ぎるため、変倍系LZの全長の短縮化が困難になるとともに第1レンズ群U1の小型軽量化が困難となる。更に好ましくは、条件式(3)を次の如く設定するのが良い。

20

$$|L_{12w} / L_{1Sw}| < 0.06 \quad \dots (3a)$$

【0056】

以上の構成を満たすことにより、各実施例のズームレンズは、大口径比、高ズーム比、全系が小型軽量で且つ全ズーム範囲に渡り高い光学性能を得ている。各実施例において更に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。第2レンズ群U2の望遠端における結像倍率を β_{2t} とする。第3レンズ群U3の焦点距離を f_3 とする。広角端における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の長さ(光学全長)を D_{Tw} とする。広角端における第1レンズ群U1の像側主点位置から第2レンズ群U2の物体側主点位置までの光軸上の長さを H_{12w} とする。

30

【0057】

第1レンズ群U1の光軸上の厚さを D_1 、第1レンズ群U1の最も像側のレンズ面から第1レンズ群U1の像側主点位置までの長さを H_{1k} とする。第2レンズ群U2の光軸上の厚さを D_2 、第2レンズ群U2の最も物体側のレンズ面から第2レンズ群U2の物体側主点位置までの長さを H_{21} 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。

【0058】

$$4.00 < |\beta_{2t} / \beta_{2w}| < 600.00 \quad \dots (4)$$

40

$$0.70 < |f_1 / f_3| < 6.00 \quad \dots (5)$$

$$1.40 < D_{Tw} / f_1 < 2.20 \quad \dots (6)$$

$$0.15 < H_{12w} / f_1 < 0.75 \quad \dots (7)$$

$$-0.95 < H_{1k} / D_1 < -0.30 \quad \dots (8)$$

$$-0.10 < H_{21} / D_2 < 0.70 \quad \dots (9)$$

$$1.30 < f_1 / D_1 < 2.20 \quad \dots (10)$$

【0059】

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撮像素子を有する撮像装置に適用したときは次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。広角端における全系の焦点距離を f_w 、全系のズーム比をZ、撮像素子のイメージサイズの対

50

角長を ϕ 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。

$$1. \quad 40 < f_w / \phi \quad \cdots (11)$$

$$3. \quad 0 < Z \quad \cdots (12)$$

ここでズーム比 Z は望遠端における全系の焦点距離を f_t とするとき、
 $Z = f_t / f_w$
 である。

【0060】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(4)は第2レンズ群U2の広角端での結像倍率 β_{2w} と第2レンズ群U2の望遠端での結像倍率 β_{2t} の比を規定している。

10

【0061】

条件式(4)を満たすことで、ズーミングに伴う収差変動を良好に軽減するとともに、高ズーム比と全系の小型軽量化を図っている。条件式(4)の上限を超えて、第2レンズ群U2が担う変倍率が大きくなり過ぎると、第2レンズ群U2の負の屈折力が強くなり、特に望遠端において球面収差と軸上色収差等の補正が困難となる。条件式(4)の下限を超えて、主変倍レンズ群である第2レンズ群U2が担う変倍率が小さくなり過ぎると、高ズーム比を達成することが困難となる。更に好ましくは、条件式(4)を次の如く設定するのが良い。

$$6. \quad 0.0 < \beta_{2t} / \beta_{2w} < 400.00 \quad \cdots (4a)$$

【0062】

20

条件式(5)は第1レンズ群U1の焦点距離と第3レンズ群U3の焦点距離の比を規定している。条件式(5)の上限値を上回り、第3レンズ群U3の負の屈折力が第1レンズ群U1の正の屈折力に対して強くなり過ぎると、ズーミングに際して球面収差やコマ収差など諸収差の変動が増大し、これら諸収差の変動を軽減するのが困難となる。又、第1レンズ群U1の正の屈折力が第3レンズ群U3の負の屈折力に対して弱くなり過ぎ、第1レンズ群U1のレンズ径が増大し、第1レンズ群U1の小型軽量が困難となる。

【0063】

条件式(5)の下限値を下回り、第3レンズ群U3の負の屈折力が第1レンズ群U1の正の屈折力に対して弱くなり過ぎると、ズーミングに際して第3レンズ群U3の移動量が増大し、高ズーム比と全系の小型軽量化を図るのが困難となる。又、第1レンズ群U1の正の屈折力が第3レンズ群U3の負の屈折力に対して強くなり過ぎ、第1レンズ群U1より広角側において倍率色収差や歪曲、望遠側において球面収差など諸収差が多く発生し、これらの諸収差の補正が困難となる。更に好ましくは、条件式(5)を次の如く設定するのが良い。

30

$$0.80 < |f_1 / f_3| < 4.00 \quad \cdots (5a)$$

【0064】

各実施例において、第3レンズ群U3は広角端から望遠端へのズーミングに際して物体側へ凸状の軌跡を描いて移動する。広角端から望遠端へのズーミングに際して第3レンズ群U3のズームストロークを小さくすると、第2レンズ群U2のズームストロークを十分に長くすることができるため、高ズーム比化が容易となる。

40

【0065】

条件式(6)は広角端における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の長さ(光学全長) D_{Tw} と第1レンズ群U1の焦点距離の比を規定している。条件式(6)の上限値を上回り、第1レンズ群U1の焦点距離に対して光学全長が長くなり過ぎると、レンズ全系の小型軽量化が困難となる。又、第1レンズ群U1の正の屈折力が光学全長に対して強くなり過ぎ、第1レンズ群U1より広角側において倍率色収差や歪曲、望遠側において球面収差など諸収差が多く発生し、これらの諸収差の補正が困難となる。

【0066】

条件式(6)の下限値を下回り、第1レンズ群U1の焦点距離に対して光学全長が短くなり過ぎると、第1レンズ群U1の小型軽量化が困難になる。更にはレンズ全体に対して

50

第1レンズ群U1の重量が重くなり過ぎて、撮影者がズームレンズの肩担ぎ時にバランスを取ることが困難となる。更に好ましくは、条件式(6)を次の如く設定するのが良い。

$$1.55 < DTW / f1 < 2.10 \quad \dots (6a)$$

【0067】

図19は各実施例のズームレンズの広角端における第1レンズ群U1、第2レンズ群U2の近軸配置及び軸上近軸光線の光路図である。ここで、軸上近軸光線は、次のように定義される光線である。軸上近軸光線は、光学系全系の広角端の焦点距離を1に規格化し、光学系に対し光軸と平行に、入射高を1として入射させた近軸光線である。物体は光学系の左側にあるものとし、物体側から光学系に入射する光線は左から右へ進むものとする。

【0068】

図19(A)に対して、図19(B)では第1レンズ群U1の像側主点位置をより物体側へ、第2レンズ群U2の物体側主点位置をより像側へ配置している。広角端における第1レンズ群U1の像側主点位置から第2レンズ群U2の物体側主点位置までの光軸上の長さH12wを長くでき、第2レンズ群U2の焦点位置に対して第1レンズ群U1の物点を近づけることができる。これにより第2レンズ群U2の広角端における結像倍率β2wを負の方向に大きくすることができ、広角端での望遠化が可能となる。

【0069】

条件式(7)は広角端における第1レンズ群U1の像側主点位置から第2レンズ群U2の物体側主点位置までの光軸上の長さH12wと第1レンズ群U1の焦点距離の比を規定している。

【0070】

条件式(7)の上限値を上回り、第1レンズ群U1の焦点距離に対して広角端における第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の主点間隔が大きくなり過ぎると、広角端で望遠化し過ぎるため、高ズーム比の達成が困難となる。又、第1レンズ群U1の正の屈折力が広角端における第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の主点間隔に対して強くなり過ぎる。そして第1レンズ群U1より広角側において倍率色収差や歪曲、望遠側において球面収差など諸収差が多く発生し、これらの諸収差の補正が困難となる。

【0071】

条件式(7)の下限値を下回り、第1レンズ群U1の焦点距離に対して広角端における第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の主点間隔が小さくなり過ぎると、広角端での望遠化が困難となる。又、第1レンズ群U1のレンズ径が増大し、第1レンズ群U1の小型軽量化が困難となる。更に好ましくは、条件式(7)を次の如く設定するのが良い。

$$0.20 < H12w / f1 < 0.65 \quad \dots (7a)$$

【0072】

条件式(8)は第1レンズ群U1の光軸上の厚さD1と第1レンズ群U1の最も像側のレンズ面から第1レンズ群U1の像側主点位置までの長さH1kの比を規定している。条件式(8)の上限値を上回り、第1レンズ群U1の最も像側のレンズ面から像側主点位置までの距離に対して第1レンズ群U1の光軸上の厚さが大きくなり過ぎると、広角端における第2レンズ群U2の結像倍率を負の方向に大きくできない。この結果、広角端での望遠化が困難となる。又、第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の光軸上の間隔が大きくなり過ぎると、変倍系LZの全長の短縮化が困難になるとともに第1レンズ群U1の小型軽量化が困難となる。

【0073】

条件式(8)の下限値を下回り、第1レンズ群U1の像側主点位置を物体側に配置し過ぎると、広角端で望遠化し過ぎるため、高ズーム比の達成が困難となる。又、第1レンズ群U1の像側主点位置を過剰に物体側に配置することになるために、第1レンズ群U1内の各レンズの屈折力が強くなり過ぎる。この結果、第1レンズ群U1より広角側において倍率色収差や歪曲、望遠側において球面収差など諸収差が多く発生し、これらの諸収差の補正が困難となる。更に好ましくは、条件式(8)を次の如く設定するのが良い。

$$-0.90 < H1k / D1 < -0.40 \quad \dots (8a)$$

10

20

30

40

50

【0074】

条件式(9)は第2レンズ群U2の光軸上の厚さD2と第2レンズ群U2の最も物体側のレンズ面から第2レンズ群U2の物体側主点位置までの長さH21の比を規定している。

【0075】

条件式(9)の上限値を上回り、第2レンズ群U2の物体側主点位置を像側に配置し過ぎると、広角端で望遠化し過ぎるため、高ズーム比の達成が困難となる。又、第2レンズ群U2の物体側主点位置を過剰に像側に配置することになるために、第2レンズ群U2内の各レンズの屈折力が強くなり過ぎる。この結果、第2レンズ群U2より広角側において倍率色収差や歪曲、望遠側において球面収差など諸収差が多く発生し、これらの諸収差の補正が困難となる。

10

【0076】

条件式(9)の下限値を下回り、第2レンズ群U2の最も物体側のレンズ面から物体側主点位置までの距離に対して第2レンズ群U2の光軸上の厚さが大きくなり過ぎると、広角端において第2レンズ群U2の結像倍率を負の方向に大きくできない。この結果、広角端での望遠化が困難となる。又、第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の光軸上の間隔が大きくなり過ぎるため、変倍系LZの全長の短縮化が困難になるとともに第1レンズ群U1の小型軽量化が困難となる。更に好ましくは、条件式(9)を次の如く設定するのが良い。

$$-0.05 < H21 / D2 < 0.60 \quad \dots (9a)$$

20

【0077】

条件式(10)は第1レンズ群U1の焦点距離と第1レンズ群U1の光軸上の厚さの比を規定している。条件式(10)の上限値を上回り、第1レンズ群U1の焦点距離に対して第1レンズ群U1の光軸上の厚さが小さくなると、第1レンズ群U1と第2レンズ群U2の光軸上の間隔が大きくなる。このため、変倍系LZの全長が増大するとともに第1レンズ群U1の小型軽量化が困難となる。

【0078】

条件式(10)の下限値を下回り、第1レンズ群U1の焦点距離に対して第1レンズ群U1の光軸上の厚さが大きくなると、広角端で望遠化し過ぎるため、高ズーム比化が困難となる。又、第1レンズ群U1の正の屈折力が強くなり過ぎ、第1レンズ群U1より広角側において倍率色収差や歪曲、望遠側において球面収差など諸収差が多く発生し、これらの諸収差の補正が困難となる。更に好ましくは、条件式(10)を次の如く設定するのが良い。

30

$$1.40 < f1 / D1 < 2.10 \quad \dots (10a)$$

【0079】

条件式(11)は、広角端における全系の焦点距離、条件式(12)はズーム比の好ましい範囲を規定している。条件式(11)の下限値を下回ると、広角端における撮影画角が過度に広くなり、第1レンズ群U1のレンズ径が大きくなり過ぎて、第1レンズ群U1の小型軽量化が困難になるとともに、広角端での望遠化が困難になる。更に好ましくは、条件式(11)を次の如く設定するのが良い。

40

$$1.50 < fw / \phi < 4.00 \quad \dots (11a)$$

【0080】

条件式(12)の下限値を下回ると、広角端において望遠化し過ぎるため、高ズーム比化の達成が困難となる。各実施例においては、第1レンズ群U1を構成するレンズ枚数を6乃至9枚とするのが良い。レンズ枚数を更に増やすと、第1レンズ群U1の小型軽量が困難となる。一方、レンズ枚数を更に減らすと、第1レンズ群U1を構成する各レンズの屈折力が強くなり過ぎるため、第1レンズ群U1内で広角側において倍率色収差や歪曲、望遠端において球面収差など諸収差が多く発生し、これらの諸収差の補正が困難となる。

【0081】

各実施例では無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、第1レンズ群U1の一部

50

の部分群 F を物体側へ駆動することでフォーカス調整を行っている。例えば 5 群ズームレンズにおいて、変倍系より像側の第 3、第 4 レンズ群や 4 群ズームレンズにおいて変倍系よりも像側の第 3 レンズ群でもフォーカス調整を行うことができる。しかしながら、フォーカス調整に際して撮影倍率が変化してしまうため好ましくない。

【0082】

各実施例では、開口絞り S P 及び開口絞り S P より像側のレンズ群がズーミングに際して不動である。これによりズーミングに際しての F ナンバーが大きくなる F 落ちポイント (F ドロップ位置) までの F ナンバーを一定に保っている。

【0083】

次に各実施例のレンズ構成について説明する。実施例 1 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 U 1 は 3 枚の正レンズ、2 枚の負レンズ、2 枚の正レンズより構成されている。物体側から数えて第 6 番目の正レンズと第 7 番目の正レンズはフォーカシング用の部分群 F を構成している。

【0084】

第 2 レンズ群 U 2 は 2 枚の負レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズより構成されている。第 3 レンズ群 U 3 は負レンズと正レンズを接合した接合レンズより構成されている。第 4 レンズ群 U 4 は正レンズより構成されている。第 5 レンズ群 U 5 は正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズで構成されている。

【0085】

次に、実施例 2 の各レンズ群のレンズ構成について説明する。第 1 レンズ群 U 1 と第 2 レンズ群 U 2 のレンズ構成は実施例 1 と同じである。第 3 レンズ群 U 3 は負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、負レンズより構成されている。第 4 レンズ群 U 4 のレンズ構成は実施例 1 と同じである。第 5 レンズ群 U 5 は正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、負レンズより構成されている。

【0086】

次に、実施例 3 の各レンズ群のレンズ構成について説明する。第 1 レンズ群 U 1 は正レンズ、負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズより構成されている。物体側から数えて第 4 番目の正レンズ、第 5 番目の正レンズと第 6 番目の負レンズを接合した接合レンズよりフォーカシング用の部分群 F を構成している。

【0087】

第 2 レンズ群 U 2 は負レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、負レンズより構成されている。第 3 レンズ群 U 3 は負レンズと正レンズを接合した接合レンズより構成されている。第 4 レンズ群 U 4 は 2 枚の正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、負レンズ、正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズより構成されている。

【0088】

次に、実施例 4 の各レンズ群のレンズ構成について説明する。第 1 レンズ群 U 1 は正レンズ、負レンズ、正レンズ、正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズより構成されている。物体側から数えて第 4 番目の正レンズ、第 5 番目の正レンズと第 6 番目の負レンズを接合した接合レンズよりフォーカシング用の部分群 F を構成している。

【0089】

第 2 レンズ群 U 2 は負レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、負レンズ、正レンズより構成されている。第 3 レンズ群 U 3 は負レンズと正レンズを接合した接合レンズより構成されている。第 4 レンズ群 U 4 は 2 枚の正レンズ、正レンズと負レンズを接

合した接合レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズより構成されている。

【0090】

次に、実施例5の各レンズ群のレンズ構成について説明する。第1レンズ群U1は3枚の正レンズ、2枚の負レンズ、正レンズ、負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、正レンズより構成されている。物体側から数えて第6番目の正レンズ、第7番目の負レンズと第8番目の正レンズを接合した接合レンズ、第9番目の正レンズよりフォーカシング用の部分群Fを構成している。

【0091】

第2レンズ群U2は2枚の負レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズより構成されている。第3レンズ群U3は負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、負レンズより構成されている。第4レンズ群U4は正レンズより構成されている。第5レンズ群U5は正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、2枚の負レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズより構成されている。

【0092】

次に、実施例6の各レンズ群のレンズ構成について説明する。第1レンズ群U1と第2レンズ群U2のレンズ構成は、実施例1と同じである。第3レンズ群U3は負レンズと正レンズを接合した接合レンズ、負レンズより構成されている。第4レンズ群U4は正レンズより構成されている。第5レンズ群U5は正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズと負レンズを接合した接合レンズ、正レンズ、負レンズより構成されている。

【0093】

次に、実施例7の各レンズ群のレンズ構成について説明する。第1レンズ群U1と第2レンズ群U2のレンズ構成は実施例3と同じである。第3レンズ群U3は負レンズより構成されている。第4レンズ群U4は負レンズと正レンズを接合した接合レンズより構成されている。第5レンズ群U5のレンズ構成は実施例3の第4レンズ群U4と同じである。

【0094】

以上のように各実施例によれば、大口径比、高ズーム比で全系が小型軽量で、且つ全ズーム範囲において高い光学性能のズームレンズが得られる。

【0095】

次に図21を用いて、各実施例のズームレンズを撮像光学系として用いた撮像装置（テレビカメラシステム）の概要を説明する。図21は本発明の撮像装置の要部概略図である。図21において101は実施例1乃至7のいずれか1つのズームレンズである。123はカメラである。ズームレンズ101はカメラ123に対して着脱可能になっている。124はカメラ123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。

【0096】

ズームレンズ101は第1レンズ群U1、変倍系LZ、焦点距離変換光学系（エクステンダー）FDC、後レンズ群Rを有している。第1レンズ群U1はフォーカス用の部分群Fが含まれている。変倍系LZは変倍の為に光軸上を移動するレンズ群と、変倍に伴う像面変動を補正する為に光軸上を移動するレンズ群が含まれている。変倍系LZと後レンズ群Rの間に開口絞りSPを有している。後レンズ群Rはズーミング中に不動の前方リレー群FR、焦点距離変換光学系FDC及び後方リレー群RRが含まれている。

【0097】

115は変倍系LZを光軸方向に駆動するヘリコイドやカムやアクチュエーター等の駆動機構である。116、117は駆動機構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。118、119は変倍系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

10

20

30

40

50

ある。カメラ 1 2 3 において、1 0 9 はカメラ 1 2 3 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、1 1 0 はズームレンズ 1 0 1 によって形成された被写体像を受光する C C D センサや C M O S センサ等の撮像素子（光電変換素子）である。

【0 0 9 8】

また、1 1 1、1 2 0 はカメラ 1 2 3 及びズームレンズ本体 1 0 1 の各種の駆動を制御する C P U 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。

【0 0 9 9】

以下に本発明の実施例 1 乃至 7 の数値データを示す。数値データにおいて、 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、 nd_i と vd_i は第 i 番目の光学部材の屈折率とアッベ数である。非球面形状は光軸方向に X 軸、光軸と垂直方向に H 軸、光の進行方向を正とし、 R を近軸曲率半径、 k を円錐常数、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 、 A_7 、 A_8 、 A_9 、 A_{10} 、 A_{11} 、 A_{12} 、 A_{13} 、 A_{14} 、 A_{15} 、 A_{16} を各々非球面係数とし次式で表す。

【0 1 0 0】

【数 1】

$$X = \frac{H^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(H/R)^2}} + A_3 H^4 + A_4 H^6 + A_5 H^8 + A_6 H^{10} + A_7 H^{12} + A_8 H^{14} + A_9 H^{16} \\ + A_{10} H^{18} + A_{11} H^{20} + A_{12} H^{22} + A_{13} H^{24} + A_{14} H^{26} + A_{15} H^{28} + A_{16} H^{30}$$

【0 1 0 1】

で表される。又、例えば「e - Z」は「 $\times 10^{-Z}$ 」を意味する。*印は非球面であることを示している。

【0 1 0 2】

焦点距離、F ナンバー、画角（度）はそれぞれ無限遠物体に焦点を合わせたときを示している。B F はバックフォーカスであり、最終レンズ面から像面までの距離で示している。また、各レンズ群データは、各レンズ群の焦点距離、光軸上の長さ（レンズ構成長）、前側主点位置、後側主点位置を表わしている。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。以下に、数値データに基づくパラメータと、各条件式の計算結果を表 1 に示す。

【0 1 0 3】

<実施例 1>

面番号	r	d	nd	vd	有効径
1	138.223	23.17	1.43875	94.9	150.00
2	962.006	0.50			148.51
3	136.513	18.73	1.43875	94.9	140.32
4	530.784	0.50			137.72
5	129.871	15.48	1.43875	94.9	126.56
6	425.729	6.00			123.19
7	1477.767	3.50	1.72916	54.7	119.55
8	83.035	14.21			104.55
9	220.075	3.50	1.69680	55.5	104.25
10	156.448	16.85			102.56
11*	102.974	14.29	1.43875	94.9	102.34
12	783.351	2.48			101.50
13	170.812	9.39	1.43875	94.9	98.01
14	-4872.567	(可変)			97.06
15	-1859.011	1.50	1.88300	40.8	36.69

16	48.052	7.60			34.93	
17	-59.368	1.50	1.43875	94.9	34.93	
18	-215.184	3.93			35.56	
19	-78.515	3.46	1.85026	32.3	36.06	
20	-48.867	1.50	1.43875	94.9	36.70	
21	52.898	2.34			38.31	
22	59.028	4.18	1.85026	32.3	39.81	
23	158.693	(可変)			39.81	
24	-101.388	1.50	1.81600	46.6	40.44	
25	145.731	3.51	1.84666	23.8	41.95	10
26	-959.833	(可変)			42.46	
27	192.281	7.33	1.51633	64.1	46.19	
28	-67.238	(可変)			46.63	
29(絞り)	∞	2.00			46.63	
30	100.018	6.62	1.49700	81.5	46.63	
31	-315.983	0.20			46.15	
32	61.903	11.98	1.49700	81.5	44.52	
33	-66.813	1.50	2.00330	28.3	42.51	
34	825.245	25.02			41.70	
35	-194.686	6.04	1.51633	64.1	35.51	20
36	-56.942	10.01			35.07	
37	-555.514	6.03	1.84666	23.8	28.58	
38	-31.643	1.50	1.88300	40.8	28.28	
39	40.911	2.93			27.66	
40	47.970	5.48	1.51633	64.1	29.09	
41	-156.625	36.51			29.34	
42	-125.846	1.50	1.80100	35.0	31.23	
43	-180.651	3.31			31.48	
44	136.211	5.66	1.80518	25.4	32.04	
45	-56.226	1.50	1.95906	17.5	31.93	30
46	-356.003	51.90			31.95	
像面	∞					

【0104】

非球面データ

第11面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.97669e-008 A 6=-5.45415e-014

A 8= 9.81056e-018 A10= 6.25284e-020

各種データ

ズーム比	7.00		
	広角	中間	望遠
焦点距離	75.00	200.00	525.00
Fナンバー	3.40	3.40	3.50
半画角（度）	10.65	4.03	1.54
像高	14.10	14.10	14.10
レンズ全長	441.92	441.92	441.92
BF	51.90	51.90	51.90

d14 2.00 53.47 82.29

40

50

d23	83.06	16.92	6.28
d26	10.00	22.18	2.80
d28	0.20	2.69	3.90

入射瞳位置	284.82	664.86	1315.72
射出瞳位置	-167.52	-167.52	-167.52
前側主点位置	334.18	682.56	584.61
後側主点位置	-23.10	-148.10	-473.09

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	215.06	128.61	44.78	-80.51
2	15	-38.83	26.01	1.68	-19.55
3	24	-144.12	5.01	-0.38	-3.10
4	27	97.06	7.33	3.61	-1.26
5	29	149.33	127.79	41.00	-111.00

【0105】

<実施例2>

面データ

面番号	r	d	nd	v d	有効径
1	444.996	9.22	1.43875	94.9	123.07
2	-1309.330	0.80			122.77
3	184.946	12.51	1.43875	94.9	120.74
4	1659.959	1.12			119.62
5	114.735	17.90	1.43875	94.9	113.11
6	3430.837	3.71			110.93
7	-4554.605	5.00	1.65160	58.5	108.14
8	89.590	14.46			97.72
9	588.115	4.80	1.69680	55.5	97.60
10	237.357	15.60			96.79
11	103.244	19.54	1.43875	94.9	99.49
12	-379.425	0.20			98.59
13	116.621	8.02	1.43875	94.9	92.23
14	220.938	(可変)			90.32
15*	-278.876	1.60	1.77250	49.6	45.89
16	49.551	8.96			43.57
17	-103.215	1.60	1.43875	94.9	43.88
18	-252.175	0.76			44.68
19	306.111	6.90	1.72047	34.7	45.49
20	-66.169	1.60	1.43875	94.9	45.71
21	87.876	0.18			45.65
22	52.222	3.44	1.65412	39.7	46.25
23	65.904	(可変)			45.71
24	-50.339	1.80	1.71700	47.9	45.75
25	-304.562	5.44	1.80518	25.4	48.60
26	-91.644	2.03			49.89
27	-71.556	1.60	1.71700	47.9	50.20
28	-127.740	(可変)			51.95
29	200.000	7.81	1.51633	64.1	55.92

10

20

30

40

50

30	-92.936	(可変)			56.31
31	117.239	9.87	1.51633	64.1	57.02
32	-144.123	1.00			56.59
33	68.062	12.58	1.43875	94.9	52.86
34	-95.438	1.80	2.00100	29.1	50.83
35	-391.263	20.01			49.92
36(絞リ)	∞	4.00			38.21
37	33.961	6.58	1.43875	94.9	33.47
38	77.275	3.54			30.77
39	-187.301	6.93	1.95906	17.5	29.53
40	-44.717	1.80	2.00100	29.1	27.77
41	31.973	17.03			25.69
42	123.358	10.48	1.51633	64.1	34.52
43	-32.832	16.70			35.83
44	-45.667	1.80	1.71700	47.9	32.90
45	-76.228	3.98			33.59
46	70.408	7.44	1.68893	31.1	34.18
47	-80.684	1.80	2.00100	29.1	33.61
48	1451.643	2.00			33.37
49	28.598	2.92	1.80518	25.4	32.59
50	26.167	40.00			30.76
像面	∞				

10

20

【0106】

非球面データ

第15面

$K = 0.000000e+000$ $A_4 = 4.26759e-007$ $A_6 = 4.46098e-010$
 $A_8 = -2.56120e-012$ $A_{10} = 1.52896e-015$ $A_{12} = 2.07223e-017$
 $A_{14} = -5.41349e-020$ $A_{16} = 3.95875e-023$

30

各種データ

ズーム比	4.00		
	広角	中間	望遠
焦点距離	80.00	158.11	320.00
Fナンバー	2.60	2.60	2.60
半画角（度）	10.00	5.10	2.52
像高	14.10	14.10	14.10
レンズ全長	417.72	417.72	417.72
BF	40.00	40.00	40.00
d14	4.16	43.84	70.28
d23	53.11	22.70	10.25
d28	22.56	19.33	1.50
d30	9.03	2.99	6.83
入射瞳位置	253.60	495.25	967.60
射出瞳位置	-96.71	-96.71	-96.71
前側主点位置	286.79	470.50	538.62
後側主点位置	-40.01	-118.11	-279.99

40

50

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	190.00	112.88	55.15	-50.35
2	15	-62.00	25.05	-0.19	-19.15
3	24	-101.16	10.87	-1.45	-8.54
4	29	123.56	7.81	3.55	-1.65
5	31	121.93	132.25	38.31	-114.79

【0107】

<実施例3>

面データ

面番号	r	d	nd	v d	有効径
1	132.557	7.20	1.48749	70.2	101.36
2	268.496	1.00			100.85
3	122.109	4.00	1.72047	34.7	99.41
4	87.345	17.20	1.43875	94.9	95.67
5	27820.602	7.23			94.66
6	123.441	8.92	1.43875	94.9	87.17
7	827.012	0.18			85.98
8	105.527	13.16	1.49700	81.5	80.35
9	-686.925	2.50	1.72047	34.7	77.00
10	311.050	11.40			73.16
11	-192010.000	7.62	1.80809	22.8	63.59
12	-142.469	2.20	1.72047	34.7	61.35
13	145.072	(可変)			56.51
14	31.793	1.00	2.00330	28.3	23.07
15	17.784	6.33			21.05
16	109.426	4.19	1.80809	22.8	19.77
17	-28.825	0.90	1.88300	40.8	19.26
18	34.679	1.39			18.78
19	22.904	4.33	1.84666	23.8	19.38
20	57.551	2.61			18.54
21	-52.389	0.90	1.88300	40.8	18.28
22	123.316	(可変)			18.35
23	-42.870	0.90	1.71700	47.9	18.91
24	49.463	2.20	1.84666	23.8	19.81
25	470.622	(可変)			20.14
26(絞り)	∞	1.31			33.05
27	181.223	4.29	1.61800	63.3	34.15
28	-71.107	0.25			34.48
29	43.919	7.38	1.61800	63.3	34.95
30	-115.487	0.15			34.26
31	44.126	6.78	1.48749	70.2	31.33
32	-69.563	1.00	1.80610	33.3	29.71
33	130.374	4.95			28.11
34	-89.378	1.00	1.88300	40.8	25.85
35	67.668	37.98			25.21
36	45.464	4.99	1.49700	81.5	23.24
37	-46.019	1.13			22.82
38	105.148	3.65	1.48749	70.2	20.93

10

20

30

40

50

39	-41.966	0.80	1.88300	40.8	20.03
40	-623.906	2.50			19.54
41	-81.711	0.80	1.83481	42.7	18.74
42	56.762	2.48	1.60342	38.0	18.62
43	-190.205	1.99			18.60
44	98.865	5.32	1.64769	33.8	18.38
45	-22.025	1.00	1.88300	40.8	18.02
46	-96.609	5.00			18.03
47	∞	33.00	1.60859	46.4	40.00
48	∞	13.20	1.51680	64.2	40.00
49	∞	10.01			40.00
像面	∞				

10

【0108】

各種データ

ズーム比	20.00		
	広角	中間	望遠
焦点距離	33.00	150.00	660.00
Fナンバー	2.80	2.80	6.51
半画角（度）	9.46	2.10	0.48
像高	5.50	5.50	5.50
レンズ全長	319.26	319.26	319.26
BF	44.23	44.23	44.23
d13	2.18	40.62	54.52
d22	48.73	4.36	22.26
d25	27.01	32.93	1.14

20

入射瞳位置	217.74	860.61	2768.65
射出瞳位置	-201.80	-201.80	-201.80
前側主点位置	245.60	904.38	1372.15
後側主点位置	-22.99	-139.99	-649.99

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	146.59	82.62	-17.14	-65.13
2	14	-19.00	21.65	7.81	-6.28
3	23	-62.78	3.10	0.11	-1.60
4	26	56.50	140.94	32.20	-126.95

40

【0109】

<実施例4>

面データ

面番号	r	d	nd	v d	有効径
1	152.851	9.53	1.48749	70.2	99.66
2	1516.506	0.20			98.44
3	95.520	3.50	1.80000	29.8	90.51
4	74.190	1.00			85.89
5	76.506	13.36	1.43387	95.1	85.73
6	245.461	14.13			83.76

50

7	143.361	8.50	1.49700	81.5	74.86
8	1488.465	0.20			72.63
9	77.437	9.46	1.49700	81.5	67.36
10	253.217	2.40	1.72047	34.7	64.41
11	106.021	(可変)			61.03
12*	89.643	1.20	1.88300	40.8	32.47
13	27.065	4.06			28.78
14	96.481	5.86	1.85478	24.8	28.13
15	-36.639	0.70	1.77250	49.6	27.00
16	63.630	3.74			24.98
17	-34.966	0.70	1.88300	40.8	24.97
18	1242.106	0.20			25.96
19	81.292	2.44	1.85478	24.8	26.77
20	1888.759	(可変)			27.01
21	-43.531	0.80	1.77250	49.6	27.37
22	149.925	2.11	1.92286	18.9	29.14
23	-731.671	(可変)			29.66
24(絞り)	∞	1.84			35.58
25	1161.697	5.49	1.69680	55.5	37.19
26	-55.832	0.20			38.07
27	2162.444	4.38	1.58913	61.1	38.96
28	-85.157	0.20			39.25
29	151.689	7.86	1.49700	81.5	39.08
30	-43.768	1.20	2.00069	25.5	38.84
31	-180.309	0.20			39.60
32	44.306	8.15	1.51633	64.1	40.25
33	650.765	1.10	1.77250	49.6	39.27
34	102.968	5.72			38.64
35	108.188	4.63	1.48749	70.2	37.89
36	-187.188	24.37			37.48
37	65.420	7.31	1.84666	23.8	33.06
38	-44.483	0.90	1.88300	40.8	32.37
39	40.854	3.00			30.29
40	69.809	10.21	1.48749	70.2	30.51
41	-23.839	1.00	2.00100	29.1	30.32
42	-46.481	8.80			31.64
43	65.984	2.29	1.58913	61.1	31.70
44	77.324	44.00			31.35
像面	∞				

10

20

30

40

【0 1 1 0】

非球面データ

第12面

K = 1.63630e+001 A 4=-3.62205e-006 A 6=-5.20747e-009

A 8= 2.31397e-011 A10=-2.80295e-013 A12= 1.56619e-015

A14=-4.74613e-018 A16= 5.54482e-021

各種データ

ズーム比 6.80

広角 中間 望遠

50

焦点距離	50.00	130.00	340.00
Fナンバー	2.70	2.70	3.80
半画角（度）	16.49	6.49	2.49
像高	14.80	14.80	14.80
レンズ全長	282.72	282.72	282.72
BF	44.00	44.00	44.00

d11	5.42	33.65	50.20
d20	43.21	10.84	4.90
d23	7.15	11.29	0.68

10

入射瞳位置	147.59	343.69	629.97
射出瞳位置	-84.66	-84.66	-84.66
前側主点位置	178.16	342.33	71.46
後側主点位置	-6.00	-86.00	-296.00

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	121.99	62.28	8.85	-37.26
2	12	-23.08	18.91	5.72	-7.13
3	21	-64.69	2.91	-0.16	-1.70
4	24	37.44	98.84	10.27	-70.51

20

【0 1 1 1】

<実施例 5>

面データ

面番号	r	d	nd	v d	有効径
1	189.976	20.57	1.43875	94.9	149.91
2	-1285.334	0.80			148.64
3	150.353	18.47	1.43875	94.9	139.98
4	1113.563	1.12			137.96
5	124.548	16.49	1.43875	94.9	124.63
6	524.506	7.89			121.51
7	1693.942	5.00	1.65160	58.5	114.37
8	98.360	18.08			100.89
9	-552.055	4.80	1.69680	55.5	99.97
10	588.492	25.79			98.12
11	333.957	8.05	1.43875	94.9	92.01
12	-673.264	0.20			91.20
13	139.981	4.00	1.61340	44.3	87.55
14	88.942	11.04	1.43875	94.9	83.76
15	313.566	0.98			82.31
16	188.186	5.53	1.43875	94.9	80.92
17	364.543	(可変)			79.28
18*	259.340	1.60	1.77250	49.6	30.62
19	37.129	9.16			28.36
20	-44.922	1.60	1.43875	94.9	27.53
21	-912.658	1.62			28.00
22	128.940	3.96	1.72047	34.7	28.44
23	-100.010	1.60	1.43875	94.9	28.45

30

40

50

24	59.958	1.95			28.24
25	48.658	3.56	1.65412	39.7	28.59
26	64.187	(可変)			28.13
27	-181.386	1.80	1.71700	47.9	28.33
28	33.577	5.90	1.72047	34.7	28.81
29	-166.788	2.13			28.97
30	-58.231	1.60	1.71700	47.9	28.99
31	-509.387	(可変)			29.70
32	134.181	7.56	1.51633	64.1	43.83
33	-79.083	(可変)			44.33
34	96.557	7.31	1.51633	64.1	44.32
35	-157.962	1.00			43.80
36	60.472	9.77	1.43875	94.9	41.33
37	-64.069	1.80	2.00100	29.1	39.86
38	-44566.879	6.05			39.12
39(絞リ)	∞	6.88			37.28
40	93.370	5.76	1.43875	94.9	34.70
41	-71.536	3.48			34.02
42	-249.116	4.78	1.95906	17.5	30.22
43	-49.685	1.80	2.00100	29.1	29.32
44	197.112	10.00			28.07
45	-194.325	1.67	1.51633	64.1	24.26
46	-1263.189	15.47			23.81
47	97.859	1.80	1.71700	47.9	23.25
48	28.566	6.74			22.86
49	66.047	7.09	1.68893	31.1	25.49
50	-26.500	1.80	2.00100	29.1	25.75
51	110.836	4.95			27.27
52	99.053	7.28	1.80518	25.4	31.81
53	-39.985	0.18			32.51
54	-58.388	5.56	1.80518	25.4	32.20
55	-27.270	1.80	1.95906	17.5	32.53
56	-59.927	55.01			33.67
像面	∞				

10

20

30

40

50

【0 1 1 2】

非球面データ

第18面

$K = 1.57706e+002$ $A_4 = -6.34999e-007$ $A_6 = 3.05395e-008$
 $A_8 = 1.42060e-010$ $A_{10} = -2.95257e-013$ $A_{12} = 3.30718e-016$
 $A_{14} = -2.36679e-018$ $A_{16} = 1.31391e-020$
 $A_3 = -2.24224e-009$ $A_5 = -1.05726e-007$ $A_7 = -3.64414e-009$
 $A_9 = 3.76050e-012$ $A_{11} = -1.54364e-014$ $A_{13} = 1.11289e-016$
 $A_{15} = -3.48986e-019$

各種データ

ズーム比 7.97

広角 中間 望遠

焦点距離 90.00 256.51 717.31

Fナンバー 3.40 3.40 4.80

半画角（度）	8.90	3.15	1.13
像高	14.10	14.10	14.10
レンズ全長	453.22	453.22	453.22
BF	55.01	55.01	55.01

d17	4.95	55.97	80.99
d26	47.04	4.72	7.98
d31	30.38	30.28	1.50
d33	10.04	1.44	1.95

10

入射瞳位置	446.16	1143.18	2742.97
射出瞳位置	-198.61	-198.61	-198.61
前側主点位置	504.22	1140.26	1431.52
後側主点位置	-34.99	-201.50	-662.30

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	246.00	148.81	21.74	-116.36
2	18	-42.85	25.04	3.17	-16.41
3	27	-95.03	11.43	4.83	-2.58
4	32	97.19	7.56	3.17	-1.87
5	34	144.39	112.96	81.98	-102.34

20

【0 1 1 3】

<実施例 6>

面データ

面番号	r	d	nd	v d	有効径
1	202.921	16.06	1.43875	94.9	125.08
2	-728.826	0.80			124.31
3	136.166	17.01	1.43875	94.9	118.16
4	1796.713	1.12			115.75
5	107.263	16.18	1.43875	94.9	105.02
6	962.903	3.57			101.71
7	1895.376	5.00	1.65160	58.5	97.93
8	101.272	13.24			87.45
9	-727.240	4.80	1.69680	55.5	86.24
10	116.881	21.08			82.34
11	119.162	13.45	1.43875	94.9	82.98
12	-345.757	0.20			82.26
13	132.761	8.01	1.43875	94.9	78.74
14	353.602	(可変)			76.79
15*	61.569	1.60	1.77250	49.6	37.62
16	43.530	8.22			35.74
17	-76.477	1.60	1.43875	94.9	34.61
18	-353.541	2.19			34.20
19	5703.032	3.99	1.72047	34.7	33.60
20	-146.814	1.60	1.43875	94.9	33.19
21	48.963	2.38			32.30
22	47.687	3.44	1.65412	39.7	32.71
23	54.445	(可変)			32.15

30

40

50

24	-98.462	1.80	1.71700	47.9	32.81	
25	57.042	5.06	1.80518	25.4	33.92	
26	-326.585	3.03			34.23	
27	-59.824	1.60	1.71700	47.9	34.41	
28	-634.463	(可変)			35.79	
29	200.000	7.38	1.51633	64.1	51.63	
30	-82.795	(可変)			52.05	
31	102.704	8.65	1.51633	64.1	52.93	
32	-127.098	1.00			52.63	
33	66.477	11.66	1.43875	94.9	49.05	10
34	-88.499	1.80	2.00100	29.1	47.03	
35	-635.490	15.49			46.10	
36(絞り)	∞	7.14			38.20	
37	33.509	6.23	1.43875	94.9	32.56	
38	75.833	6.62			30.18	
39	-317.2	6.22	1.95906	17.5	26.32	
40	-58.839	1.80	2.00100	29.1	24.56	
41	31.492	18.09			22.87	
42	152.540	8.02	1.51633	64.1	33.32	
43	-30.966	8.47			33.97	20
44	-38.233	1.80	1.71700	47.9	32.14	
45	-84.291	4.00			33.16	
46	304.776	7.22	1.68893	31.1	34.33	
47	-37.266	1.80	2.00100	29.1	34.49	
48	-96.496	2.00			35.44	
49	126.179	4.39	1.80518	25.4	35.71	
50	-255.138	0.19			35.47	
51	47.734	3.00	1.80518	25.4	34.29	
52	35.990	40.01			32.45	
像面	∞					30

【0 1 1 4】

非球面データ

第15面

K = 0.000000e+000 A 4= 1.40918e-007 A 6= 8.60141e-010

A 8=-4.63893e-012 A10= 6.60125e-015 A12= 3.66734e-017

A14=-1.40375e-019 A16= 1.38895e-022

各種データ

ズーム比	5.00			40
	広角	中間	望遠	
焦点距離	100.00	220.24	500.00	
Fナンバー	2.60	2.60	4.00	
半画角（度）	8.03	3.66	1.62	
像高	14.10	14.10	14.10	
レンズ全長	413.05	413.05	413.05	
BF	40.01	40.01	40.01	
d14	2.94	43.20	66.55	
d23	37.13	11.83	13.02	50

d28	32.91	25.78	1.50
d30	10.03	2.21	1.95

入射瞳位置	405.94	845.40	1821.66
射出瞳位置	-162.53	-162.53	-162.53
前側主点位置	456.56	826.15	1087.35
後側主点位置	-59.99	-180.23	-459.99

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	219.88	120.53	32.02	-85.65
2	15	-65.26	25.02	10.57	-8.99
3	24	-69.45	11.49	4.32	-3.30
4	29	114.00	7.38	3.47	-1.44
5	31	122.64	125.60	78.92	-119.12

10

【0115】

<実施例7>

面データ

面番号	r	d	nd	v d	有効径
1	133.692	7.07	1.48749	70.2	102.41
2	265.458	0.80			101.64
3	124.241	4.00	1.72047	34.7	100.31
4	86.019	17.53	1.43875	94.9	96.36
5	8094.909	8.73			95.42
6	142.118	7.93	1.43875	94.9	88.11
7	920.220	6.89			87.08
8	109.702	12.11	1.49700	81.5	77.61
9	-884.398	2.50	1.72047	34.7	74.48
10	299.619	15.85			71.14
11	-1576.789	6.67	1.80809	22.8	58.65
12	-120.744	2.20	1.72047	34.7	57.03
13	151.020	(可変)			52.95
14	30.562	1.00	2.00330	28.3	25.30
15	21.577	4.15			23.60
16	52.497	4.85	1.80809	22.8	22.43
17	-38.686	0.90	1.88300	40.8	21.25
18	25.359	1.26			19.13
19	19.804	2.57	1.84666	23.8	18.73
20	35.005	2.85			17.90
21	-62.257	0.90	1.88300	40.8	17.18
22	56.132	(可変)			16.76
23	134.110	0.90	1.71700	47.9	16.45
24	64.384	(可変)			16.48
25	-27.036	0.90	1.71700	47.9	16.81
26	38.087	2.04	1.84666	23.8	18.18
27	596.462	(可変)			18.53
28(絞り)	∞	0.96			32.44
29	175.807	5.65	1.53775	74.7	33.67
30	-40.761	0.25			34.07

20

30

40

50

31	63.446	5.77	1.61800	63.3	34.52	
32	-82.739	0.15			34.24	
33	46.379	7.49	1.48749	70.2	31.53	
34	-43.944	1.00	1.80610	33.3	30.26	
35	-7329.939	3.54			28.98	
36	-85.462	1.00	1.88300	40.8	27.38	
37	110.533	37.87			26.88	
38	52.599	4.45	1.49700	81.5	22.84	
39	-50.009	0.88			22.43	
40	107.990	2.43	1.48749	70.2	20.85	10
41	-206.150	0.80	1.88300	40.8	20.09	
42	106.179	1.72			19.58	
43	78.280	0.80	1.83481	42.7	18.72	
44	15.214	3.74	1.60342	38.0	17.61	
45	94.979	1.98			17.46	
46	122.277	3.91	1.64769	33.8	17.41	
47	-45.039	1.00	1.88300	40.8	17.22	
48	-133.868	5.00			17.20	
49	∞	33.00	1.60859	46.4	40.00	
50	∞	13.20	1.51680	64.2	40.00	20
51	∞	10.01			40.00	
像面	∞					

【0116】

各種データ

ズーム比	22.00				
	広角	中間	望遠		
焦点距離	40.00	180.31	880.00		
Fナンバー	2.80	2.80	8.62		
半画角（度）	7.83	1.75	0.36		30
像高	5.50	5.50	5.50		
レンズ全長	319.40	319.40	319.40		
BF	44.23	44.23	44.23		
d13	7.19	43.63	57.80		
d22	40.56	3.36	13.19		
d24	5.05	5.12	3.36		
d27	22.39	23.08	0.83		
入射瞳位置	329.97	1131.69	3486.03		40
射出瞳位置	-154.40	-154.40	-154.40		
前側主点位置	360.24	1114.26	-343.94		
後側主点位置	-29.99	-170.30	-869.99		

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	167.28	92.28	-28.86	-80.60	
2	14	-21.03	18.48	10.62	-2.35	
3	23	-172.79	0.90	1.01	0.49	
4	25	-40.71	2.94	0.02	-1.60	50

5 28 44.26 136.58 20.45 -116.40

【 0 1 1 7 】

【 表 1 】

条件式 番号	条件式	実施例						
		1	2	3	4	5	6	7
	Φ	28.20	28.20	11.00	29.60	28.20	28.20	11.00
	f_w	75.00	80.00	33.00	50.00	90.00	100.00	40.00
	f_t	525.00	319.98	660.00	340.00	717.31	500.00	880.00
	f_1	215.06	190.00	146.59	121.99	246.00	219.88	167.28
	f_2	-38.83	-62.00	-19.00	-23.08	-42.85	-65.26	-21.03
	f_3	-144.12	-101.16	-62.78	-64.69	-95.03	-69.45	172.79
	β_{2w}	-0.42	-0.84	-0.36	-0.46	-0.54	-1.18	-0.44
	β_{2t}	-3.30	-8.20	-128.08	-4.04	-16.28	8.01	7.58
	$L12w$	2.00	4.16	2.18	5.42	4.95	2.94	7.19
	$L1Sw$	262.23	290.73	185.28	139.88	311.18	286.03	189.79
	$H12w$	84.19	54.32	75.11	48.40	124.49	99.16	98.42
	$H1k$	-80.51	-50.35	-65.13	-37.26	-116.36	-85.65	-80.60
	$H21$	1.68	-0.19	7.81	5.72	3.17	10.57	10.62
	$D1$	128.61	112.88	82.62	62.28	148.81	120.53	92.28
	$D2$	26.01	25.05	21.65	18.91	25.04	25.02	18.48
	DTw	390.01	377.72	275.02	238.72	398.21	373.03	275.17
(1)	$ f_1/f_2 $	5.54	3.06	7.72	5.28	5.74	3.37	7.96
(2)	$3.50 \times 10^{-3} \times f_1/f_2 ^3$ $-8.49 \times 10^{-2} \times f_1/f_2 ^2$ $+6.90 \times 10^{-1} \times f_1/f_2 $ -2.22	-0.41	-0.80	-0.34	-0.43	-0.39	-0.73	-0.34
(3)	$L12w/L1Sw$	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.04
(4)	$ \beta_{2t}/\beta_{2w} $	7.83	9.74	353.85	8.83	29.90	6.81	17.24
(5)	$ f_1/f_3 $	1.49	1.88	2.33	1.89	2.59	3.17	0.97
(6)	DTw/f_1	1.81	1.99	1.88	1.96	1.62	1.70	1.64
(7)	$H12w/f_1$	0.39	0.29	0.51	0.40	0.51	0.45	0.59
(8)	$H1k/D1$	-0.63	-0.45	-0.79	-0.60	-0.78	-0.71	-0.87
(9)	$H21/D2$	0.06	-0.01	0.36	0.30	0.13	0.42	0.57
(10)	$f_1/D1$	1.67	1.68	1.77	1.96	1.65	1.82	1.81
(11)	f_w/Φ	2.66	2.84	3.00	1.69	3.19	3.55	3.64
(12)	Z	7.00	4.00	20.00	6.80	7.97	5.00	22.00

【 符号の説明 】

【 0 1 1 8 】

U 1 第 1 レンズ群 U 2 第 2 レンズ群 U 3 第 3 レンズ群
 U 4 第 4 レンズ群 U 5 第 5 レンズ群 S P 開口絞り
 L Z 変倍系 R 後レンズ群 F 部分群

10

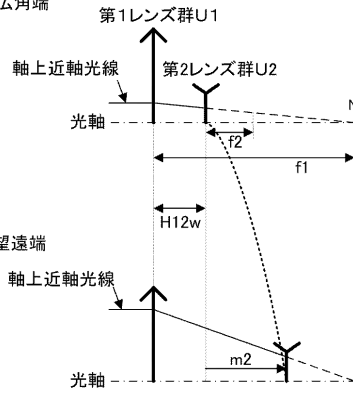
20

30

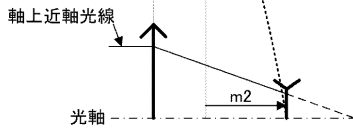
40

【図 18】

(A) 広角端

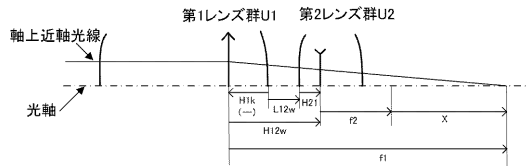


(B) 望遠端

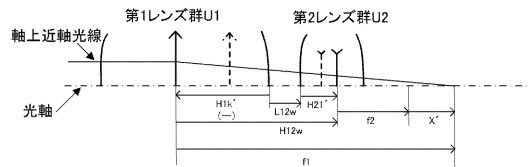


【図 19】

(A)

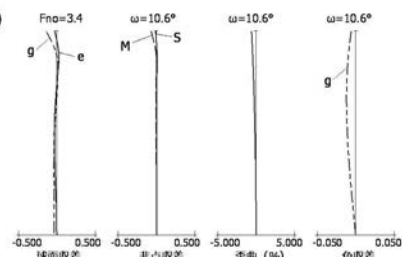


(B)

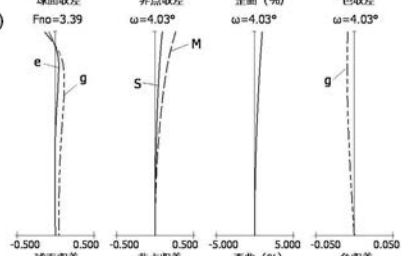


【図 2】

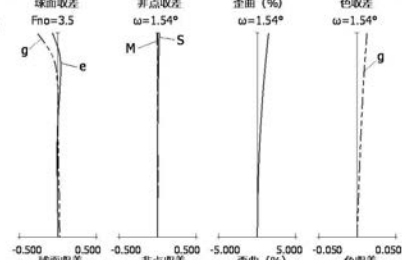
(A)



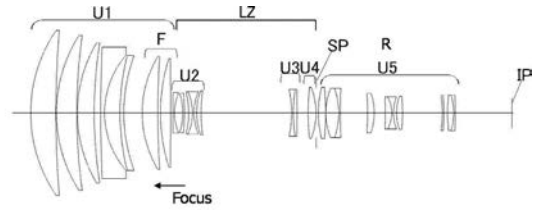
(B)



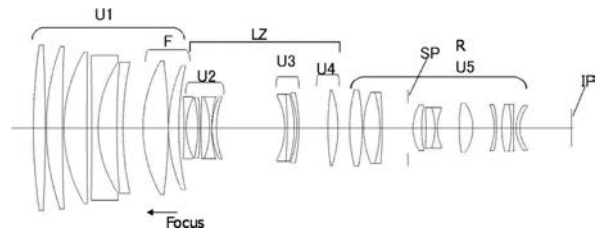
(C)



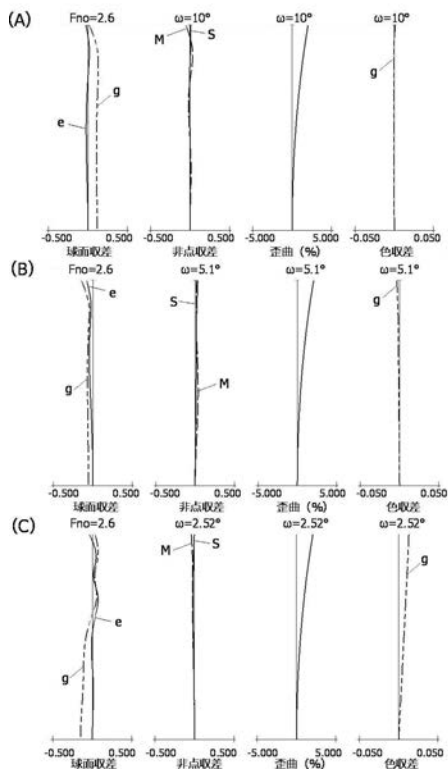
【図 1】



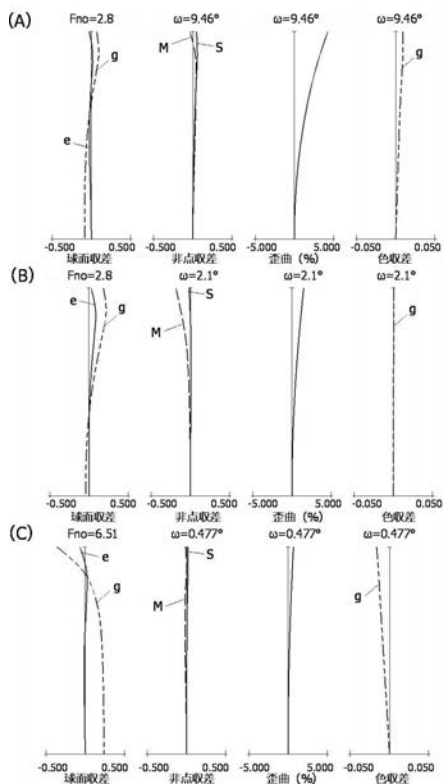
【図 3】



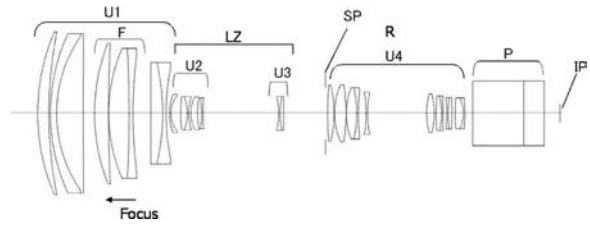
【図 4】



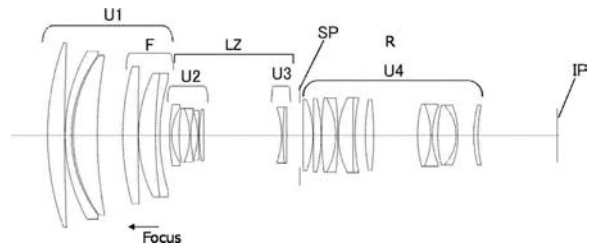
【図 6】



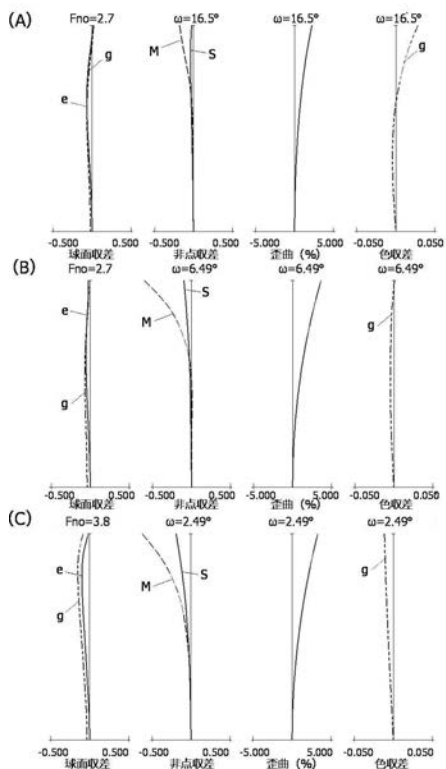
【図 5】



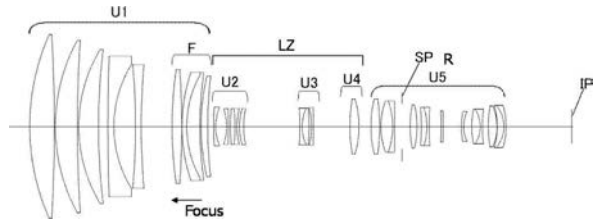
【図 7】



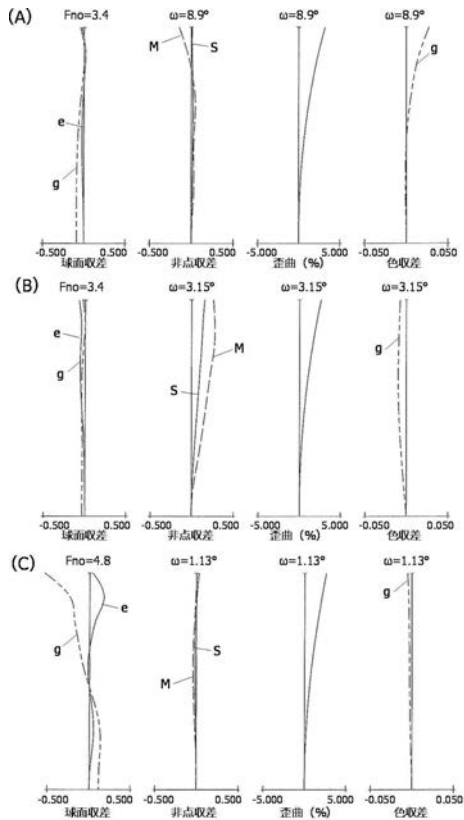
【図 8】



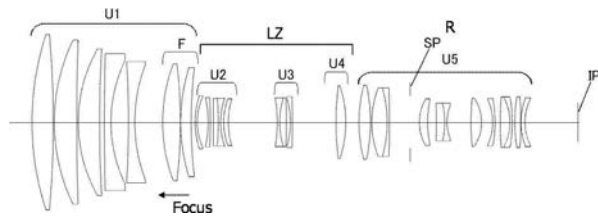
【図 9】



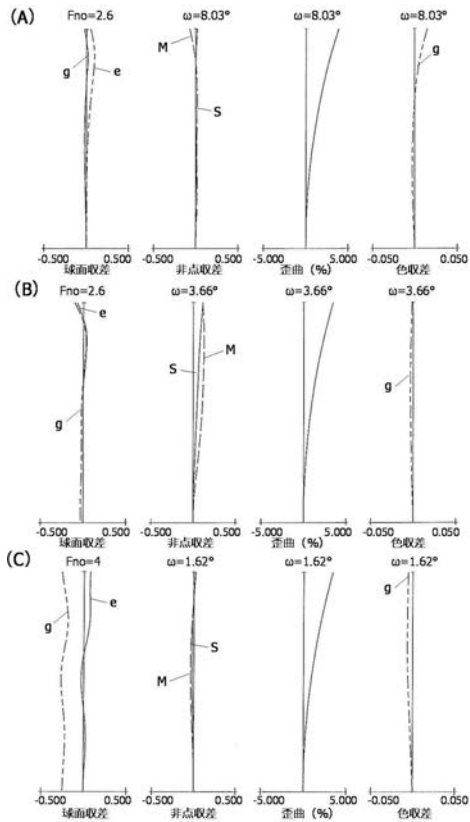
【図 10】



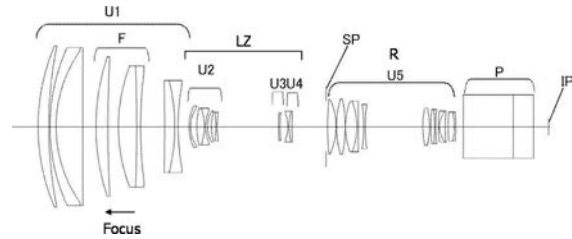
【図 11】



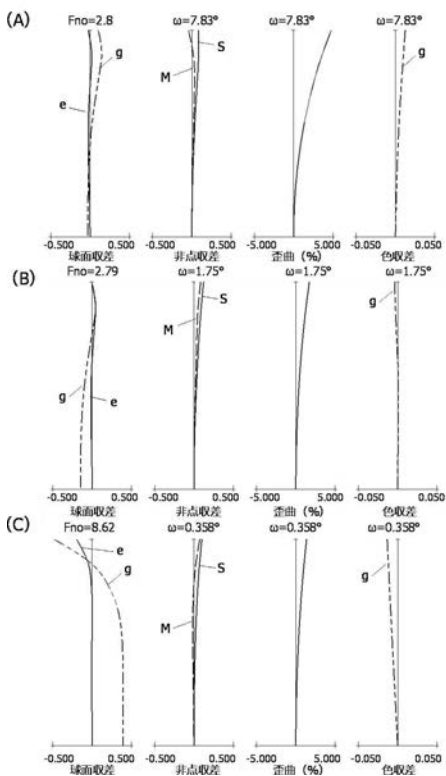
【図 1 2】



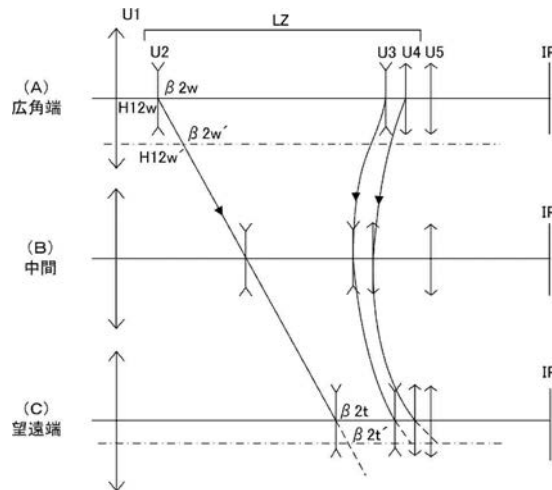
【図 1 3】



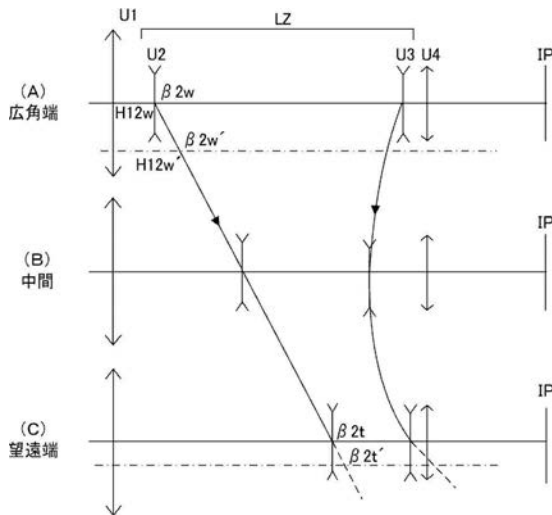
【図 1 4】



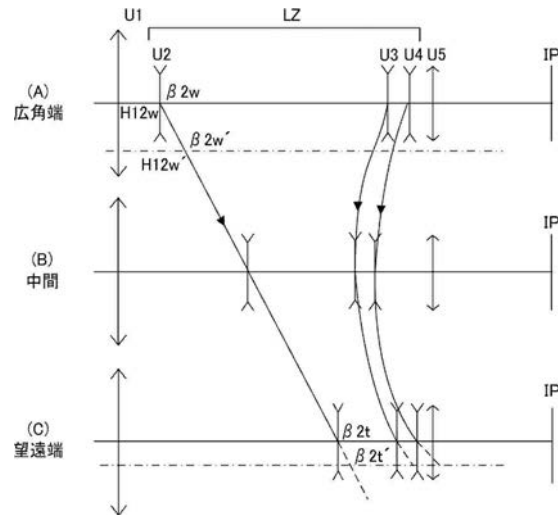
【図 1 5】



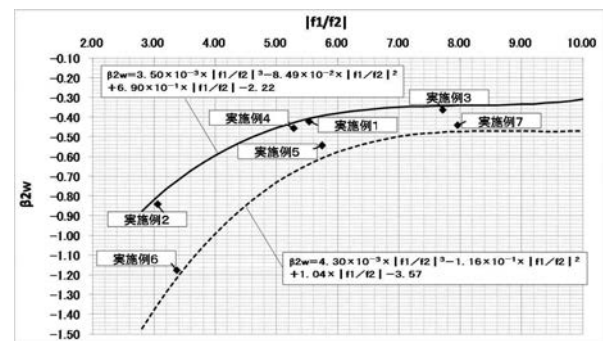
【図 16】



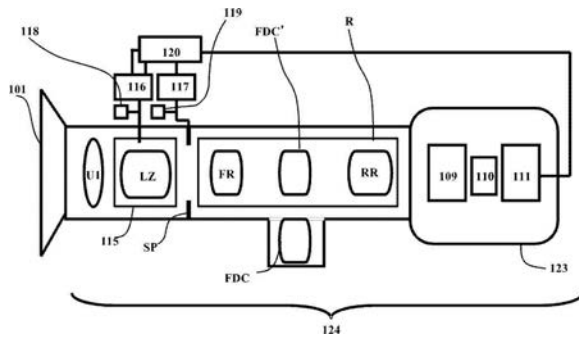
【図 17】



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 MA12 MA18 PA15 PA16 PB20 QA02 QA06 QA07 QA12
QA14 QA21 QA22 QA25 QA32 QA37 QA41 QA42 QA45 QA46
RA04 RA05 RA12 RA13 RA32 RA44 SA23 SA27 SA30 SA32
SA43 SA47 SA50 SA52 SA53 SA55 SA63 SA64 SA65 SA72
SA75 SA76 SB01 SB07 SB16 SB22 SB23 SB24 SB31 SB32
SB33 SB41