

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6173279号
(P6173279)

(45) 発行日 平成29年8月2日(2017.8.2)

(24) 登録日 平成29年7月14日(2017.7.14)

(51) Int. Cl.		F 1
G 0 2 B 15/20	(2006.01)	G 0 2 B 15/20
G 0 2 B 13/18	(2006.01)	G 0 2 B 13/18

請求項の数 18 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2014-173918 (P2014-173918)
(22) 出願日	平成26年8月28日(2014.8.28)
(65) 公開番号	特開2016-48355 (P2016-48355A)
(43) 公開日	平成28年4月7日(2016.4.7)
審査請求日	平成28年2月5日(2016.2.5)

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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、複数のレンズ群を含み全体として正の屈折力の後群を有し、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、

前記第1レンズ群は、広角端から望遠端へのズーミングに際して像側へ移動した後に物体側へ移動し、

前記後群はフォーカシングに際して移動する正の屈折力のフォーカス群を有し、前記フォーカス群の像側に配置された光学系の望遠端における屈折力は負であり、

望遠端における全系の焦点距離を f_t 、前記フォーカス群よりも物体側に配置された光学系の合成焦点距離を f_{pt} とするとき、

$$2.0 < |f_{pt} / f_t|$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

前記フォーカス群の焦点距離を f_f とするとき、

$$0.4 < f_f / f_t < 1.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項3】

前記フォーカス群よりも像側に配置された光学系の望遠端における合成焦点距離を f_r とするとき、

10

20

$$0.5 < |f_{rt} / f_t| < 10.0$$

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

【請求項 4】

望遠端における前記フォーカス群の横倍率を f_t とするとき、

$$-0.2 < f_t < 0.2$$

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

【請求項 5】

前記フォーカス群よりも像側に配置された光学系の望遠端における合成横倍率を r_t とするとき、

$$1.0 < r_t < 1.3$$

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

【請求項 6】

前記フォーカス群と前記フォーカス群の物体側に隣接して配置されたレンズとの望遠端における間隔を d_{ft} 、望遠端におけるレンズ全長を d_t とするとき、

$$0.05 < d_{ft} / d_t < 0.20$$

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

【請求項 7】

前記フォーカス群は単一のレンズユニットより構成される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】

前記フォーカス群の最も物体側のレンズ面の曲率半径を r_1 、最も像側のレンズ面の曲率半径を r_2 とするとき、

$$0.0 < (r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) < 0.5$$

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

【請求項 9】

望遠端における全系の F ナンバーを F_{not} 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$0.1 < F_{not} / (f_t / f_w) < 1.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 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 レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$1.0 < f_1 / f_t < 2.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$0.8 < |f_2 / f_w| < 1.5$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

前記フォーカス群又は前記フォーカス群を含むレンズ群は、ズーミングに際して他のレンズ群と異なる軌跡で移動す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】

10

20

30

40

50

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群、負の屈折力の第5レンズ群より構成され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14】

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、負の屈折力の第6レンズ群より構成され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】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群より構成され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。

10

【請求項16】

固体撮像素子に像を形成することを特徴とする請求項1乃至15のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項17】

請求項1乃至16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され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18】

望遠端における全系のFナンバーを F_{not} 、前記後群の最も物体側のレンズ面に入射する軸上光線及び軸外光線の中で入射高が最も高い光線の入射高を h_{gt} 、前記撮像素子の有効範囲の対角線長の半分を Y_{max} とするとき、

$$0.3 < h_{gt} / (Y_{max} \times F_{not}) < 1.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項17に記載の撮像装置。

20

【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、例えばビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、フィルム用カメラ、放送用カメラ、監視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】

30

【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、かつ無限遠から近距離に至る物体距離全般にわたり、高い光学性能を有するズームレンズが求められている。

【0003】

従来、ズームレンズのフォーカシング方法として、物体側の第1レンズ群を移動させる、所謂前玉フォーカス式や、第2レンズ群以降のレンズ群を移動させる、所謂インナーフォーカス式（リアフォーカス式）が知られている。一般にインナーフォーカス式を用いたズームレンズは、前玉フォーカス式を用いたズームレンズに比べて、第1レンズ群の光線有効径が小さくなるので、レンズ系全体の小型化が容易である。また、比較的小型軽量のレンズ群を移動させてフォーカシングを行うため、特にオートフォーカスカメラにおいては迅速なフォーカシングが容易になる。

40

【0004】

従来、インナーフォーカス式のズームレンズが知られている。例えば物体側から像側へ順に、正、負、正、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第5レンズ群からなり、ズーミングに際して各レンズ群が移動し、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が知られている（特許文献1, 2）。この他、物体側から像側へ順に、正、負、正、負、正の屈折力の第1レンズ群乃至第5レンズ群からなり、ズーミングに際して各レンズ群が移動し、フォーカシングに際して第5レンズ群が移動するズームレンズが知られている（特許文献3）。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2005-292338号公報

【特許文献2】特開2012-78788号公報

【特許文献3】特開2003-255228号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

インナーフォーカス式を用いたズームレンズは、フォーカス群（フォーカス用のレンズ群）の小型化、軽量化が容易になり、迅速にフォーカシングすることが容易になる。しかしながらこれらの特長を得るにはズームレンズを構成するレンズ群の数や、各レンズ群の屈折力、そしてフォーカス群の屈折力等の構成を適切に設定することが重要になってくる。これらの構成が適切でないと、フォーカシングに際しての収差変動が増大し、無限遠から近距離に至る物体距離全般にわたり、高い光学性能を得るのが困難になってくる。

10

【0007】

この他、大口径比化を図りつつ、物体距離全般にわたり高い光学性能を得るには、物体側の第1レンズ群からフォーカス群の物体側のレンズ群までのレンズ系全体の屈折力（総合焦点距離の逆数）を適切に設定することが重要になってくる。

【0008】

20

本発明は、大口径比でズーム範囲全般、そして物体距離全般において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】

【0009】

本発明のズームレンズは、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、複数のレンズ群を含み全体として正の屈折力の後群を有し、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、

前記第1レンズ群は、広角端から望遠端へのズームングに際して像側へ移動した後に物体側へ移動し、

前記後群はフォーカシングに際して移動する正の屈折力のフォーカス群を有し、前記フォーカス群の像側に配置された光学系の望遠端における屈折力は負であり、

30

望遠端における全系の焦点距離を f_t 、前記フォーカス群よりも物体側に配置された光学系の合成焦点距離を f_{pt} とするとき、

$$2.0 < |f_{pt} / f_t|$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、大口径比でズーム範囲全般、そして物体距離全般において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】

40

【0011】

【図1】本発明の実施例1のズームレンズの広角端において無限遠物体に合焦したときのレンズ断面図

【図2】(A)、(B) 実施例1のズームレンズの広角端と望遠端において無限遠物体に合焦させたときの縦収差図

【図3】(A)、(B) 実施例1のズームレンズの広角端において物体距離0.10mと望遠端において物体距離0.50mに合焦させたときの縦収差図

【図4】本発明の実施例2のズームレンズの広角端において無限遠物体に合焦したときのレンズ断面図

【図5】(A)、(B) 実施例2のズームレンズの広角端と望遠端において無限遠物体

50

に合焦させたときの縦収差図

【図6】(A), (B) 実施例2のズームレンズの広角端において物体距離0.10mと望遠端において物体距離0.50mに合焦させたときの縦収差図

【図7】本発明の実施例3のズームレンズの広角端において無限遠物体に合焦したときのレンズ断面図

【図8】(A), (B) 実施例3のズームレンズの広角端と望遠端において無限遠物体に合焦させたときの縦収差図

【図9】(A), (B) 実施例3のズームレンズの広角端において物体距離0.10mと望遠端において物体距離0.50mに合焦させたときの縦収差図

【図10】本発明の光学系を備えるカメラ(撮像装置)の要部概略図

10

【発明を実施するための形態】

【0012】

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、複数のレンズ群を含み、全体として正の屈折力の後群を有している。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。後群はフォーカシングに際して移動するフォーカス群と、フォーカス群の像側に1つ以上のレンズ群を含む光学系を有する。光学系は望遠端において負の屈折力を有する。

【0013】

図1は本発明の実施例1のズームレンズの広角端(短焦点距離端)において無限遠に合焦したときのレンズ断面図である。図2(A), (B)は実施例1のズームレンズの広角端において無限遠に合焦したときと望遠端(長焦点距離端)において無限遠に合焦したときの縦収差図である。図3(A), (B)は実施例1のズームレンズの広角端において近距離(0.1m)に合焦したときと望遠端において近距離(0.5m)に合焦したときの縦収差図である。

20

【0014】

ここで近距離における距離は後述する数値実施例をmm単位で表したときの像面からの長さである。図4は本発明の実施例2のズームレンズの広角端において無限遠に合焦したときのレンズ断面図である。図5(A), (B)は実施例2のズームレンズの広角端において無限遠に合焦したときと望遠端において無限遠に合焦したときの縦収差図である。図6(A), (B)は実施例2のズームレンズの広角端において近距離(0.1m)に合焦したときと望遠端において近距離(0.5m)に合焦したときの縦収差図である。

30

【0015】

図7は本発明の実施例3のズームレンズの広角端において無限遠に合焦したときのレンズ断面図である。図8(A), (B)は実施例3のズームレンズの広角端において無限遠に合焦したときと望遠端において無限遠に合焦したときの縦収差図である。図9(A), (B)は実施例3のズームレンズの広角端において近距離(0.1m)に合焦したときと望遠端において近距離(0.5m)に合焦したときの縦収差図である。

【0016】

図10は本発明のズームレンズを備えるカメラ(撮像装置)の要部概略図である。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。レンズ断面図において、 i は物体側からレンズ群の順番を示し、 L_i は第 i レンズ群である。 L_B は複数のレンズ群を含む全体として正の屈折力の後群である。後群 L_B はフォーカシングに際して移動する正の屈折力のフォーカス群 L_F を有する。

40

【0017】

後群 L_B はフォーカス群 L_F の像側に1つ以上のレンズ群よりなる光学系 L_{BB} を有する。光学系 L_{BB} は望遠端において負の屈折力を有する。 S_P は開口絞りであり、第3レンズ群 L_3 の物体側に配置している。

50

【 0 0 1 8 】

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影光学系として使用する際には C C D センサや C M O S センサなどの固体撮像素子（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感光面が置かれる。レンズ断面図において矢印は広角端から望遠端へのズームにおける各レンズ群の移動軌跡を示している。フォーカスに関する矢印は無限遠から近距離へのフォーカシングに際してのフォーカス群 L F の移動方向を示している。

【 0 0 1 9 】

図 1 のレンズ断面図において、L 1 は正の屈折力の第 1 レンズ群、L 2 は負の屈折力の第 2 レンズ群である。後群 L B は物体側より像側に順に配置された正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3、正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4、負の屈折力の第 5 レンズ群 L 5 よりなっている。第 4 レンズ群 L 4 はフォーカス群 L F である。光学系 L B B は第 5 レンズ群 L 5 よりなっている。

10

【 0 0 2 0 】

図 1 の実施例 1 では広角端から望遠端へのズームに際して第 1 レンズ群 L 1 は像側へ凸状の軌跡を描いて移動する。第 2 レンズ群 L 2 は第 1 レンズ群 L 1 との間隔を増大しつつ像側へ移動する。第 3 レンズ群 L 3 は第 2 レンズ群 L 2 との間隔を縮小しつつ物体側へ移動する。第 4 レンズ群 L 4 は第 3 レンズ群 L 3 との間隔を縮小しつつ物体側へ移動する。第 5 レンズ群 L 5 は物体側へ凸状の軌跡を描いて移動する。開口絞り S P は物体側へ凸状の軌跡を描いて移動する。

20

【 0 0 2 1 】

図 4 のレンズ断面図において L 1 は正の屈折力の第 1 レンズ群、L 2 は負の屈折力の第 2 レンズ群である。後群 L B は物体側より像側に順に配置された正の屈折力の第 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 よりなっている。第 4 レンズ群 L 4 はフォーカス群 L F である。光学系 L B B は第 5 レンズ群 L 5 と第 6 レンズ群 L 6 よりなっている。

【 0 0 2 2 】

図 4 の実施例 2 では広角端から望遠端へのズームに際して第 1 レンズ群 L 1 は像側へ凸状の軌跡を描いて移動する。第 2 レンズ群 L 2 は第 1 レンズ群 L 1 との間隔を増大しつつ像側へ移動する。第 3 レンズ群 L 3 は第 2 レンズ群 L 2 との間隔を縮小しつつ物体側へ移動する。第 4 レンズ群 L 4 は像側へ凸状の軌跡を描いて移動する。第 5 レンズ群 L 5 は物体側へ凸状の軌跡を描いて移動する。第 6 レンズ群 L 6 は不動である。開口絞り S P は第 3 レンズ群 L 3 と一体に移動する。

30

【 0 0 2 3 】

図 7 のレンズ断面図において L 1 は正の屈折力の第 1 レンズ群、L 2 は負の屈折力の第 2 レンズ群である。後群 L B は物体側より像側に順に配置された正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3、負の屈折力の第 4 レンズ群 L 4、正の屈折力の第 5 レンズ群 L 5 よりなっている。フォーカス群 L F は第 3 レンズ群 L 3 の一部のレンズ系よりなっている。光学系 L B B は第 4 レンズ群 L 4 と第 5 レンズ群 L 5 よりなっている。

【 0 0 2 4 】

図 7 の実施例 3 では広角端から望遠端へのズームに際して第 1 レンズ群 L 1 は像側へ凸状の軌跡を描いて移動する。第 2 レンズ群 L 2 は第 1 レンズ群 L 1 との間隔を増大しつつ像側へ移動する。第 3 レンズ群 L 3 は第 2 レンズ群 L 2 との間隔を縮小しつつ物体側へ移動する。第 4 レンズ群 L 4 は物体側へ凸状の軌跡を描いて移動する。第 5 レンズ群 L 5 は物体側へ凸状の軌跡を描いて移動する。開口絞り S P は物体側へ凸状の軌跡を描いて移動する。

40

【 0 0 2 5 】

球面収差図において d は d 線、g は g 線である。非点収差図において M はメリディオナル像面、S はサジタル像面である。倍率色収差において g は g 線である。は半画角（度）、F n o は F ナンバーである。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用の

50

レンズ群が機構上光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。各実施例においてフォーカス群 L F 又はフォーカス群 L F を含むレンズ群はズームに際して他のレンズ群と異なった軌跡で移動する。

【 0 0 2 6 】

次に、各実施例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、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、1 つ以上のレンズ群を含み全体として正の屈折力の後群 L B を有する。各実施例のズームレンズにおいて、後群 L B は正の屈折力のフォーカス群 L F を有する。そしてフォーカス群 L F の像側に、1 つ以上のレンズ群よりなる光学系 L B B を有する。光学系 L B B は、望遠端において全体として負の屈折力を有する。

10

【 0 0 2 7 】

各実施例では、フォーカス式としてインナーフォーカス式を採用している。インナーフォーカス式は、外径が大きく高重量の第 1 レンズ群を移動させてフォーカシングを行う前玉フォーカス式に対して、光線有効径が小さくなる小型軽量のレンズ部を移動させてフォーカシングを行うことができる。このためレンズ系全体の小型化が容易である。また、比較的、小型軽量のレンズ部を移動させてフォーカシングを行うため、特にオートフォーカス機能を有するカメラにおいては迅速なフォーカシングが容易になるといった特徴も有している。

【 0 0 2 8 】

しかしながら、一般にインナーフォーカス式は前玉フォーカス式に比べて、フォーカシングに際しての収差変動が大きくなり、特に近距離に合焦したとき、諸収差、特に球面収差が増大する傾向がある。

20

【 0 0 2 9 】

多くのポジティブリードタイプでインナーフォーカス式を用いるズームレンズにおいては、高ズーム比化とレンズ系全系の小型化を図りつつ、フォーカシングに際して収差変動が少なく、物体距離全般にわたり良好な光学性能を得ることが課題となっている。この課題を解決するために、本発明のズームレンズでは各レンズ群の屈折力やレンズ構成、そして各レンズ群のズームに伴う移動条件を適切に設定している。これによって、高ズーム比化を図りつつ、全ズーム範囲及び物体距離全般にわたり高い光学性能を有している。

【 0 0 3 0 】

本発明のズームレンズでは、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、望遠端においてフォーカス群 L F の物体側に配置された光学系の合成焦点距離を $f_{p t}$ とする。このとき、 $2.0 < |f_{p t} / f_t| \cdots (1)$ なる条件式を満足する。

30

【 0 0 3 1 】

条件式 (1) は望遠端において全フォーカス範囲 (物体距離全般) にわたりフォーカシングに際して諸収差の変動が少なく、画面全体にわたり高い光学性能を得るためのものである。条件式 (1) を満足することで、望遠端においてフォーカス用のレンズ群 (フォーカス群) である第 3 レンズ群 L 3 の一部又は第 4 レンズ群 L 4 に入射する軸上光線の入射角度を小さくしている。そしてフォーカシングによる軸上光線の入射高 h の変動を小さくすることができる。これにより、望遠端において、フォーカシングに際しての軸上色収差、球面収差の変動を小さくしている。

40

【 0 0 3 2 】

以上により、本発明では物体距離全般にわたって高い光学性能を有するズームレンズを得ている。

【 0 0 3 3 】

各実施例のズームレンズにおいて、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。それによれば各条件式に対応した効果が得られる。フォーカス群 L F の焦点距離を f_f とする。望遠端における光学系 L B B の合成焦点距離を $f_{r t}$ とする。望遠端におけるフォーカス群 L F の横倍率を f_t とする。望遠端における光学系 L B B の合成

50

横倍率を r_t とする。フォーカス群 L F とフォーカス群 L F の物体側に隣接して配置されたレンズ群との望遠端における間隔を d_{ft} 、望遠端におけるレンズ全長（第 1 レンズ面から像面までの距離）を d_t とする。

【 0 0 3 4 】

フォーカス群 L F の最も物体側のレンズ面の曲率半径を r_1 、最も像側のレンズ面の曲率半径を r_2 とする。望遠端における全系の F ナンバーを F_{not} 、広角端における全系の焦点距離を f_w とする。第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を f_1 とする。第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離を f_2 とする。

【 0 0 3 5 】

また本発明のズームレンズを撮像素子を有する撮像装置に用いたとき、広角端から望遠端のズームングに際して、後群 L B の最も物体側のレンズ面に入射する軸上光線及び軸外光線の中で入射高が最も高い光線の入射高を h_{gt} とする。撮像素子の有効範囲の対角線長の半分を Y_{max} とする。このとき次の条件式のうち 1 以上を満足するのが良い。

【 0 0 3 6 】

$$0.4 < f_f / f_t < 1.0 \quad \dots (2)$$

$$0.5 < |f_{rt} / f_t| < 10.0 \quad \dots (3)$$

$$-0.2 < f_t < 0.2 \quad \dots (4)$$

$$1.0 < r_t < 1.3 \quad \dots (5)$$

$$0.05 < d_{ft} / d_t < 0.20 \quad \dots (6)$$

$$0.0 < (r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) < 0.5 \quad \dots (7)$$

$$0.1 < F_{not} / (f_t / f_w) < 1.0 \quad \dots (8)$$

$$1.0 < f_1 / f_t < 2.0 \quad \dots (9)$$

$$0.8 < |f_2 / f_w| < 1.5 \quad \dots (10)$$

$$0.3 < h_{gt} / (Y_{max} \times F_{not}) < 1.0 \quad \dots (11)$$

【 0 0 3 7 】

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 (2) はフォーカス群 L F の焦点距離を適切に設定し、フォーカス群の小型化を図りつつ、物体距離全般にわたり良好な光学性能を得るためのものである。条件式 (2) の上限を越えて、フォーカス群 L F の正の屈折力が小さくなりすぎると、フォーカシングに際しての移動量が多くなり、近距離へのフォーカシングに際しての収差変動が大きくなっていく。下限を越えて、フォーカス群 L F の正の屈折力が大きくなりすぎると、軸上色収差、球面収差等が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。

【 0 0 3 8 】

条件式 (3) は望遠端におけるフォーカス群 L F の像側に配置される光学系 L B B の合成焦点距離 f_{rt} を適切に設定するものである。条件式 (3) を満足することで、望遠端におけるレンズ全長を短くしつつ、良好な光学性能を得ている。条件式 (3) の上限を越えて、光学系 L B B の負の屈折力が小さくなり過ぎると（負の屈折力の絶対値が小さくなり過ぎると）、望遠端におけるレンズ全長の短縮が困難となる。また、望遠端において光学系 L B B の横倍率が小さくなるため、フォーカシングに際してフォーカス群 L F の移動量が多くなり、近距離へフォーカシングに際して収差変動が大きくなっていく。

【 0 0 3 9 】

下限を越えて、光学系 L B B の負の屈折力が大きくなり過ぎると（負の屈折力の絶対値が大きくなり過ぎると）、歪曲収差、像面湾曲が増大し、これらの諸収差の補正が困難となる。

【 0 0 4 0 】

フォーカス群 L F の倍率とフォーカス敏感度（フォーカス群の移動量に対するピントの移動量の比率）は次式で表わすことができる。

【 0 0 4 1 】

$$E S = (1 - f^2) \times r^2$$

但し、E S : フォーカス敏感度

10

20

30

40

50

f : フォーカス群の倍率

r : フォーカス群より像側に配置された全てのレンズ群の合成倍率

上式によれば、フォーカス敏感度はフォーカス群 L F の倍率の絶対値が 1 のとき 0 となり、1 から離れるにしたがって大きくなることわかる。

【 0 0 4 2 】

条件式 (4) を満足することで、望遠端においてフォーカシングの際の移動量が少なくなり、望遠端においてレンズ全長の短縮が容易となる。また、近距離へのフォーカシングに際しての収差変動を小さくすることが出来る。前記フォーカス敏感度の式より、望遠端においてフォーカス群の像側に配置されたレンズ群 (光学系) L B B の合成横倍率は大きい方が、フォーカス敏感度が大きくなること分かる。

10

【 0 0 4 3 】

条件式 (5) を満足することで、望遠端においてフォーカシングの際の移動量が少なくなり、望遠端におけるレンズ全長の短縮が容易となる。また、近距離へのフォーカシングに際しての収差変動を小さくすることが出来る。

【 0 0 4 4 】

条件式 (6) は高ズーム比化を図りつつ、撮影可能な物体距離 (最短撮影距離) の短縮化を図るためのものである。条件式 (6) の上限を超えて、望遠端においてフォーカス群 L F の物体側のレンズ群又はレンズ部との間隔が広くなりすぎると、全系が大型化してくる。又、フォーカス群の変倍分担が小さくなる。このため、高ズーム比化が困難となる。条件式 (6) の下限を超えて、望遠端においてフォーカス群 L F とフォーカス群 L F の物体側のレンズ群又はレンズ部との間隔が狭くなりすぎると、フォーカシングに際しての移動量を十分に確保することが困難となり、最短撮影距離の短縮が困難となる。

20

【 0 0 4 5 】

前記フォーカス群 L F は単一レンズ又は複数のレンズを接合した接合レンズよりなる単一のレンズユニットで構成するのが良い。フォーカス群の構成を単一のレンズユニットとすることで、フォーカス群 L F を小型軽量化することが容易となる。また、光軸方向の厚みを軽減することが出来るため、フォーカシング時に長い移動量の確保が容易となる。

【 0 0 4 6 】

条件式 (7) はフォーカス群 L F のレンズ形状を適切に設定するものである。ズームレンズにおいて、歪曲収差を許容出来る範囲内にすれば、開口絞り S P より物体側に位置するレンズ枚数を少なくしつつも、球面収差を良好に抑制することが容易になり、前玉径の小型化が容易になる。しかしながら、歪曲収差を軽減しすぎると、フォーカシングに際しての像面湾曲の変動が増大し、これを軽減することが困難となってくる。

30

【 0 0 4 7 】

条件式 (7) を満足することで、フォーカス群 L F の像側のレンズ面の凸形状の曲率半径が小さく、開口絞り S P に対して同心円に近い形状とすることが出来る。これにより、フォーカス群 L F に入射する軸外光束が極端な屈折をせずに通過するようにして、像面湾曲の発生を少なくし、広角側においてフォーカシングによる像面湾曲の変動を軽減している。

【 0 0 4 8 】

条件式 (8) は広角端における F ナンバーとズーム比との関係を規定する。条件式 (8) の下限値を超えてズーム比に対する F ナンバーが小さくなりすぎると、第 3 レンズ群 L 3 より球面収差が大きくなり発生してズーム全域で高い光学性能を維持することが困難となる。また上限値を超えてズーム比に対する F ナンバーが大きくなりすぎると、高ズーム比化と大口径比化を図るのが困難となる。

40

【 0 0 4 9 】

条件式 (9) は第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を規定する。条件式 (9) の上限を超えるとズームに際しての第 1 レンズ群 L 1 の移動量が増大し、望遠端においてレンズ全長が長くなっていくので良くない。また、全系の小型化が難しくなる。条件式 (9) の下限を超えると、高ズーム比化は容易となるが、球面収差が増大し、この球面収差の補正が困

50

難となる。

【0050】

条件式(10)は第2レンズ群L2の焦点距離を規定する。条件式(10)の上限を超えて第2レンズ群の負の屈折力が小さくなると(負の屈折力の絶対値が小さくなると)レトロフォーカスタイプのパワー配置とするのが難しくなり、広角端における撮影画角を広くすることが困難となる。

【0051】

条件式(10)の下限を超えて第2レンズ群L2の負の屈折力が大きくなると(負の屈折力の絶対値が大きくなると)、第2レンズ群L2の負の屈折力が強くなりすぎ、ズームに伴う球面収差、倍率色収差等の変動を小さくするのが困難となる。又、第2レンズ群L2による軸上光束の発散作用が大きくなり過ぎるために後群LRの小型化が困難になってくる。

10

【0052】

条件式(11)は、本発明のズームレンズを撮像装置に用いたときの撮像素子の大きさと、望遠端におけるFナンバーに対する後群LBの最も物体側のレンズの有効径との関係を規定する。

【0053】

条件式(11)の下限値を超えて後群LBの最も物体側のレンズの有効径が小さくなりすぎると、明るいFナンバーに対応する軸上光束に対して十分な有効径を確保するのが困難となり、大口径比が困難となる。また上限値を超えて後群LBの最も物体側のレンズの有効径が大きくなりすぎると、後群LBの最も物体側のレンズより球面収差が大きくなり発生してくる。このときの球面収差を光学系全系で補正するのが困難となり大口径比を図りつつ高い光学性能を得るのが困難になる。

20

【0054】

尚、各実施例において更に好ましくは前述の条件式(1)乃至(11)の数値範囲を以下の如く設定するのが良い。

【0055】

- 7.0 < | f p t / f t | . . . (1 a)
- 0.5 < f f / f t < 0.8 . . . (2 a)
- 1.0 < | f r t / f t | < 8.0 . . . (3 a)
- 0.15 < f t < 0.10 . . . (4 a)
- 1.10 < r t < 1.25 . . . (5 a)
- 0.07 < d f t / d t < 0.15 . . . (6 a)
- 0.1 < (r 1 + r 2) / (r 1 - r 2) < 0.4 . . . (7 a)
- 0.4 < F n o t / (f t / f w) < 0.8 . . . (8 a)
- 1.2 < f 1 / f t < 1.6 . . . (9 a)
- 1.0 < | f 2 / f w | < 1.3 . . . (10 a)
- 0.4 < h g t / (Y m a x x F n o t) < 0.8 . . . (11 a)

30

【0056】

以上のように各実施例によれば、望遠端のFナンバーが3以下の大口径比のズームレンズでありながら、小型軽量のフォーカス群を有し、全ズーム範囲及び物体距離全般にわたって高い光学性能を有するズームレンズが得られる。

40

【0057】

以下に、実施例1乃至3に各々対応する数値実施例1乃至3を示す。各数値実施例において、iは物体側からの面の順番を示し、riは第i番目(第i面)の曲率半径、diは第i面と第i+1面との間の間隔、ndi、diはそれぞれd線を基準とした材料の屈折率、アッペ数を示す。像高は半画角を決定する最高像高である。レンズ全長は第1レンズ面から像面までの長さである。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である。非球面データには、非球面を次式で表した場合の非球面係数を示す。

【0058】

50

【数 1】

$$x = \frac{\frac{h^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (1+k)\left(\frac{h}{R}\right)^2}} + A4h^2 + A6h^6 + A8h^8 + A10h^{10}$$

【0059】

但し、

x: 光軸方向の基準面からの変位量

h: 光軸に対して垂直な方向の高さ

R: ベースとなる2次曲面の半径

k: 円錐定数

An: n 次の非球面係数

なお、「e - Z」の表示は「10^{-Z}」を意味する。又前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表1に示す。

【0060】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	32.903	0.85	1.94595	18.0	23.11
2	23.697	3.39	1.80420	46.5	22.16
3	239.525	(可変)			21.67
4	104.318	0.67	1.77250	49.6	17.70
5	9.356	4.75			13.33
6*	-18.059	0.40	1.76802	49.2	12.53
7	116.691	0.10			12.34
8	30.603	1.20	1.95906	17.5	12.27
9	717.339	(可変)			12.12
10(絞り)		(可変)			10.62
11*	15.470	2.65	1.76802	49.2	12.97
12*	-45.132	0.10			12.82
13	11.775	2.52	1.83481	42.7	11.79
14	230.169	0.45	1.85478	24.8	11.01
15	8.338	(可変)			9.56
16	30.731	2.88	1.49700	81.5	11.95
17	-17.952	(可変)			12.20
18	-22.355	0.40	1.85135	40.1	12.30
19*	444.580	0.10			12.75
20	21.426	1.94	1.63854	55.4	13.57
21	-542.945	(可変)			13.69

像面

【0061】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.29119e-005 A 6= 8.28299e-008 A 8=-1.20260e-008 A10=
1.04155e-010

10

20

30

40

50

第11面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.42389e-005 A 6= 1.20948e-007

第12面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.80026e-005 A 6= 3.00368e-007 A 8=-3.24113e-009 A10=
2.62387e-011

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 5.63992e-005 A 6=-4.35159e-008 A 8=-9.87071e-010 A10= 10
8.77351e-012

【 0 0 6 2 】

各種データ

ズーム比	3.94			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	9.06	16.39	35.69	
Fナンバー	1.85	2.54	2.88	
半画角(度)	35.52	25.03	12.46	
像高	6.47	7.65	7.89	20
レンズ全長	58.97	58.94	67.77	
BF	8.90	13.30	12.40	
d 3	0.31	4.81	15.34	
d 9	12.26	3.51	0.70	
d10	5.34	4.39	0.31	
d15	8.38	7.60	6.58	
d17	1.40	2.95	10.04	
d21	8.90	13.30	12.40	

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	50.83
2	4	-10.03
3	10	
4	11	17.24
5	16	23.26
6	18	-115.71

【 0 0 6 3 】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	31.460	0.90	1.95906	17.5	25.00
2	22.075	3.99	1.83481	42.7	23.87
3	173.492	(可変)			23.36
4	116.516	0.65	1.77250	49.6	19.69
5	10.448	4.61			14.96

50

6*	-27.237	0.50	1.77250	49.5	14.51	
7	37.051	0.10			14.05	
8	26.969	1.39	1.95906	17.5	14.02	
9	179.793	(可変)			13.84	
10(絞リ)		0.50			11.98	
11	13.213	2.93	1.72916	54.7	13.29	
12	398.246	1.57			13.06	
13	68.201	0.55	1.72047	34.7	12.49	
14	9.492	2.40	1.72903	54.0	11.88	
15*	26.465	(可変)			11.57	10
16	25.168	4.10	1.49700	81.5	12.04	
17	-9.923	0.65	1.83400	37.2	12.30	
18	-14.411	(可変)			12.86	
19	-18.511	0.65	1.74950	35.3	12.86	
20	34.889	0.20			13.64	
21*	16.937	3.54	1.77250	49.5	14.62	
22	-33.704	(可変)			14.75	
23	-27.553	2.46	1.84666	23.9	14.62	
24	-13.171	0.75	1.76200	40.1	14.82	
25	166.770	3.57			15.17	20
像面						

【 0 0 6 4 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.41140e-006 A 6= 5.57684e-008 A 8=-3.27125e-009 A10=
1.93183e-011

第15面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.38941e-004 A 6= 8.79835e-007 A 8=-6.39494e-010 A10=
1.22023e-010 30

第21面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.11525e-005 A 6= 3.48246e-008 A 8= 1.95888e-009 A10=
-2.03717e-011

【 0 0 6 5 】

各種データ

ズーム比

4.27

	広角	中間	望遠
焦点距離	9.09	12.48	38.79
Fナンバー	2.03	2.17	2.58
半画角(度)	35.45	31.51	11.50
像高	6.47	7.65	7.89
レンズ全長	72.07	66.52	75.94
BF	3.57	3.57	3.57

d 3	0.31	0.31	14.87
d 9	23.66	14.05	1.13
d15	5.18	6.19	5.97

40

50

d18	4.89	5.22	16.98
d22	2.02	4.74	0.99

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	48.90
2	4	-10.92
3	10	23.13
4	16	23.46
5	19	113.50
6	23	-34.67

10

【 0 0 6 6 】

[数值実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	31.934	0.85	1.94595	18.0	23.70
2	22.698	3.67	1.80420	46.5	22.34
3	348.686	(可変)			21.82
4	175.944	0.67	1.77250	49.6	17.80
5	9.254	4.41			13.28
6*	-21.749	0.40	1.76802	49.2	12.69
7	63.771	0.10			12.40
8	25.588	1.26	1.95906	17.5	12.32
9	168.719	(可変)			12.12
10(絞リ)		(可変)			10.38
11*	14.229	2.65	1.76802	49.2	12.65
12*	-55.682	0.10			12.46
13	11.636	2.75	1.83481	42.7	11.49
14	133.910	0.45	1.85478	24.8	10.45
15	7.809	6.72			9.06
16	22.304	3.06	1.49700	81.5	11.26
17	-11.703	0.50	1.83481	42.7	11.49
18	-14.998	(可変)			11.83
19	-17.579	0.40	1.61405	55.0	12.11
20*	97.749	(可変)			12.69
21	14.270	3.26	1.59522	67.7	17.93
22	49.886	(可変)			17.71

20

30

40

像面

【 0 0 6 7 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.78427e-005 A 6= 2.76169e-007 A 8=-1.51025e-008 A10=
1.40169e-010

第11面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.64998e-005 A 6= 8.46809e-008

50

第12面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.88687e-005 A 6= 3.63173e-007 A 8=-4.92636e-009 A10=
4.58148e-011

第20面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.29286e-005 A 6=-8.35581e-008 A 8=-9.38328e-009 A10=
7.56034e-011

【 0 0 6 8 】

10

各種データ

ズーム比	3.94		
	広角	中間	望遠
焦点距離	9.06	15.73	35.70
Fナンバー	1.85	2.54	2.88
半画角(度)	35.52	25.94	12.46
像高	6.47	7.65	7.89
レンズ全長	58.91	59.27	67.86
BF	5.63	8.46	6.94

20

d 3	0.37	4.13	14.63
d 9	12.59	2.95	0.70
d10	5.10	5.98	0.94
d18	1.94	3.04	8.33
d20	2.03	3.48	5.09
d22	5.63	8.46	6.94

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	46.97
2	4	-10.08
3	10	
4	11	14.78
5	19	-24.23
6	21	32.47

30

【 0 0 6 9 】

【表 1】

表 1

	条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3
(1)	$ f_{pt}/f_t $	61.63	8.68	15.05
(2)	f_f/f_t	0.65	0.60	0.58
(3)	$ f_{rt}/f_t $	3.24	1.20	5.91
(4)	βf_t	0.01	-0.10	0.05
(5)	βr_t	1.13	1.16	1.23
(6)	d_{ft}/d_t	0.12	0.08	0.10
(7)	$(r_1+r_2)/(r_1-r_2)$	0.26	0.27	0.20
(8)	$F_{not}/(f_t/f_w)$	0.73	0.60	0.73
(9)	f_1/f_t	1.42	1.26	1.32
(10)	$ f_2/f_w $	1.11	1.20	1.11
(11)	$h_{gt}/(Y_{max} \times F_{not})$	0.57	0.65	0.56

10

【0070】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いた実施例を図10を用いて説明する。図10において、10は撮像装置の一例としての図、11は本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系、12は撮影光学系11によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の撮像素子（光電変換素子）を示す。また、13は撮像素子12が受光した被写体像を記録する記録手段、14は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察するためのファインダである。上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子12上に形成された被写体像が表示される。

20

【0071】

このように本発明のズームレンズをデジタルカメラ等の光学機器に適用することにより、高い光学性能を有した光学機器が実現できる。尚、本発明はクイックリターンミラーのないSLR（Single lens Reflex）カメラにも同様に適用することができる。尚、本発明のズームレンズはビデオカメラにも同様に適用することができる。

【0072】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

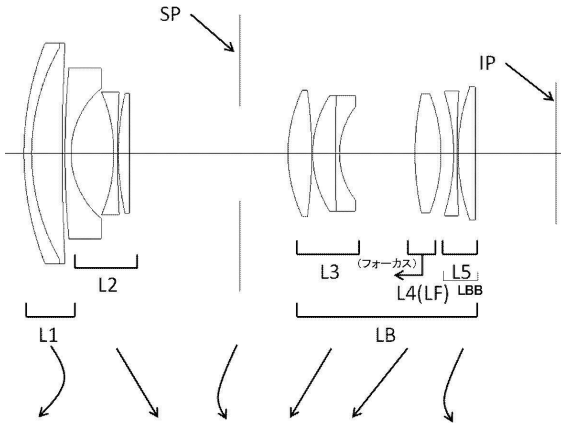
30

【符号の説明】

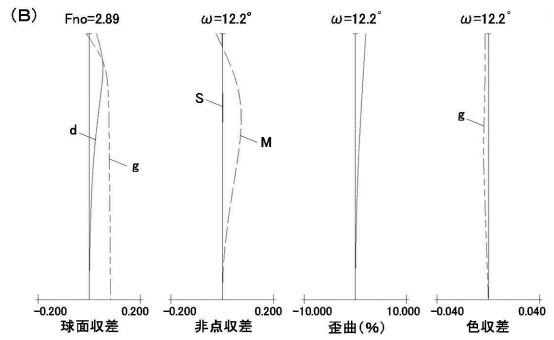
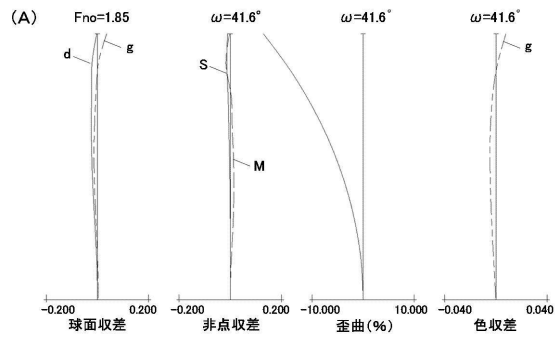
【0073】

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
 LB：後群 LF：フォーカス群 LBB：光学系

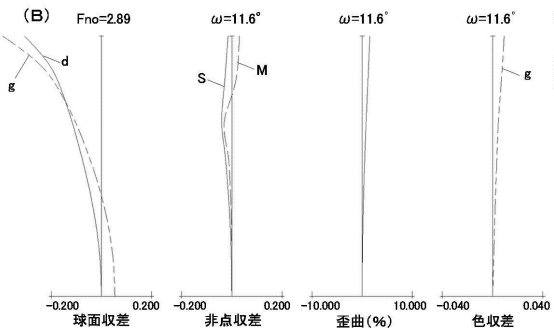
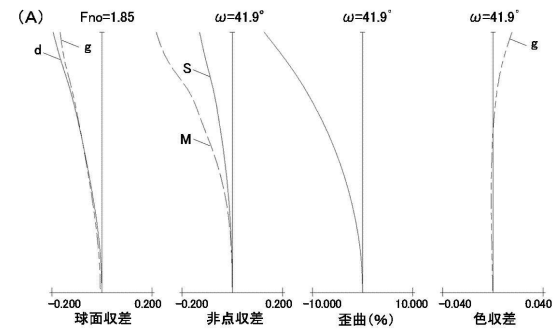
【図1】



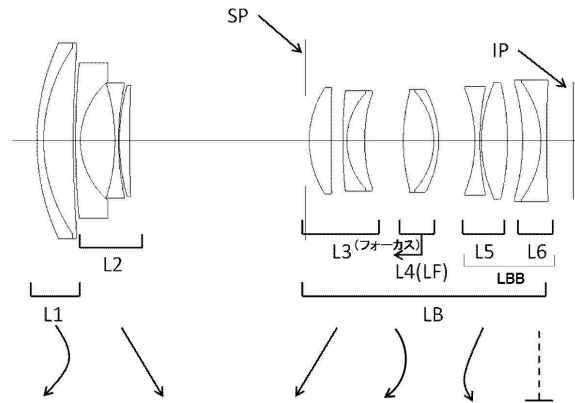
【図2】



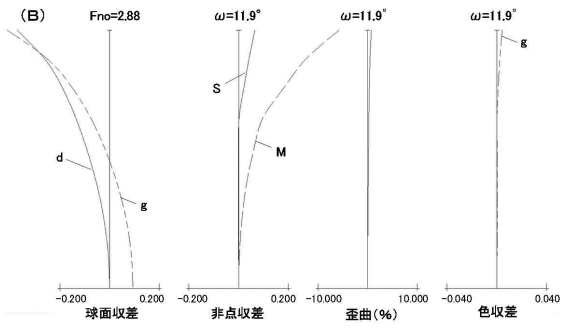
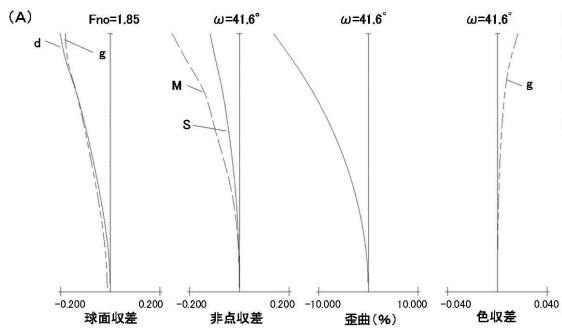
【図3】



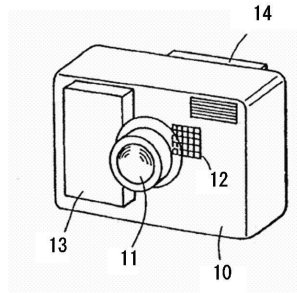
【図4】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06 - 109976 (JP, A)
特開平04 - 060509 (JP, A)
特開平06 - 331891 (JP, A)
米国特許出願公開第2012 / 0154524 (US, A1)
特開2011 - 237832 (JP, A)
特開2004 - 354869 (JP, A)
特開2011 - 013536 (JP, A)
特開2014 - 137409 (JP, A)
特開平06 - 250084 (JP, A)
特開2004 - 037967 (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