

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4689321号
(P4689321)

(45) 発行日 平成23年5月25日(2011.5.25)

(24) 登録日 平成23年2月25日(2011.2.25)

(51) Int.Cl.

F 1

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

請求項の数 13 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2005-102593 (P2005-102593)
 (22) 出願日 平成17年3月31日 (2005.3.31)
 (65) 公開番号 特開2006-284753 (P2006-284753A)
 (43) 公開日 平成18年10月19日 (2006.10.19)
 審査請求日 平成20年3月11日 (2008.3.11)

(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 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 木村 友紀
 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 下村 一石

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光学機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より順に、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レンズ群より構成され、前記4つのレンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は一つのレンズ成分からなり、

広角端から望遠端のズーミングに際し前記第2レンズ群は像側に凸の軌跡で移動し、

広角端に比べ望遠端で、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は広がり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は狭まり、

広角端から望遠端へのズームに伴う前記第1レンズ群と第2レンズ群の移動量を各々 m_1 、 m_2 、前記第2レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、前記第3レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$ とするとき、

$$|m_2/m_1| < 0.15$$

$$1.75 < 2t/2w < 2.30$$

$$1.2 < (2w \cdot 3t) / (2t \cdot 3w) < 2.0$$

の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第3レンズ群の最も物体側のレンズ面頂点から最も像面側にあるレンズ面頂点までの距離を d_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$0.50 < d_3 / f_w < 0.75$$

の条件を満足することを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ。

【請求項 3】

物体側より順に、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 レンズ群より構成され、前記 4 つのレンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズにおいて、

前記第 1 レンズ群は一つのレンズ成分からなり、

広角端から望遠端のズーミングに際し前記第 2 レンズ群は像側に凸の軌跡で移動し、

広角端に比べ望遠端で、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔は広がり、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔は狭まり、

広角端から望遠端へのズームに伴う前記第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の移動量を各々 m_1 、 m_2 、前記第 2 レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、前記第 3 レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$ 、前記第 3 レンズ群の最も物体側のレンズ面頂点から最も像面側にあるレンズ面頂点までの距離を d_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$|m_2 / m_1| < 0.15$$

$$1.2 < (2w + 3t) / (2t + 3w) < 2.0$$

$$0.50 < d_3 / f_w < 0.75$$

の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 1 レンズ群の一つのレンズ成分は、1 枚の正レンズであることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 1 レンズ群の一つのレンズ成分は、1 枚の正レンズと 1 枚の負レンズとを接合した接合レンズであることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群は、2 枚の負レンズと 1 枚の正レンズの独立のレンズより成ることを特徴とする請求項 1 から 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 4 レンズ群によりフォーカスを行うことを特徴とする請求項 1 から 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 3 レンズ群は 1 以上の非球面を有することを特徴とする請求項 1 から 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 4 レンズ群は 1 以上の非球面を有することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

広角端における前記第 2 レンズ群の最も像面側にあるレンズ面頂点から前記第 3 レンズ群の最も物体側にあるレンズ面頂点までの距離を d_{23w} 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$2.0 < d_{23w} / f_w < 2.7$$

の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 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 3 レンズ群と一体で移動可能な絞りを有することを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

固体撮像素子上に像を形成することを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

10

20

30

40

50

【請求項 1 3】

請求項 1 から 1 2 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る像を受光する固体撮像素子とを有することを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、ズームレンズ及びそれを有する光学機器に関し、例えばビデオカメラや電子スチルカメラ、銀塩写真用カメラに好適なものである。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

最近、ホームビデオカメラや電子スチルカメラ等の小型軽量化に伴い、撮像用のズームレンズの小型化にも目覚しい進歩が見られ、特にレンズ全長の短縮化や前玉径の小型化、レンズ構成の簡略化にも力が注がれている。これらの目的を達成する一つの手段として、物体側の第 1 レンズ群以外のレンズ群を移動させてフォーカスを行う、所謂リヤーフォーカス式のズームレンズが知られている。

【0 0 0 3】

一般にリヤーフォーカス式のズームレンズは、第 1 レンズ群を移動させてフォーカスを行うズームレンズに比べて第 1 レンズ群の有効径が小さくなり、レンズ系全体の小型化が容易になる。また近接撮影、特に極至近撮影が容易となる。さらに、小型軽量のレンズ群を移動させているので、レンズ群の駆動力が小さくて済み、迅速な焦点合わせができる等の特徴がある。

【0 0 0 4】

従来のリヤーフォーカス式のズームレンズとして、物体側より順に、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 レンズ群の 4 つのレンズ群を有し、第 2 レンズ群を移動させて変倍を行い、第 4 レンズ群を移動させて変倍に伴う像面変動とフォーカスを行うものが知られている（例えば特許文献 1, 2）。

【0 0 0 5】

一般に、カメラの非使用時に収納性を高めるには各レンズ群を沈胴させるのが効果的である。しかし、第 2 レンズ群がほとんどの変倍機能を有する上記のようなズームタイプのズームレンズでは、第 1 レンズ群、第 2 レンズ群の偏芯に対する敏感度が大きすぎて沈胴には適さない。

【0 0 0 6】

これに対して、変倍比 3 倍程度のズームレンズにおいて、物体側より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 レンズ群の 4 つのレンズ群を有し、第 1 レンズ群を単一のレンズで構成すると共に第 2 、第 3 、第 4 レンズ群を移動させて変倍を行い、第 4 レンズ群を移動させてフォーカスを行って光学系を簡素化して沈胴構造にも適した光学系が知られている（例えば特許文献 3）。

【0 0 0 7】

また変倍比 3 倍乃至 4 倍程度のズームレンズにおいて、物体側より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 レンズ群の 4 つのレンズ群を有し、第 1 レンズ群を単一のレンズで構成すると共に第 1 、第 2 、第 3 、第 4 レンズ群を移動させて変倍を行っている光学系も知られている（例えば特許文献 4、 5）。

【特許文献 1】特開平 7 - 270684 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 305124 号公報

【特許文献 3】特開平 10 - 62687 号公報

【特許文献 4】特開 2001 - 194586 号公報

【特許文献 5】特開 2004 - 109653 号公報

10

20

30

40

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

光学系を小型化するために光学系を構成する各レンズ群の屈折力を強めつつ、レンズ枚数を削減しようとするとレンズ肉厚が増してしまいレンズ系の短縮効果が不十分になると同時に諸収差の補正が困難になってくる。

【0009】

また非使用時に各レンズ群を沈胴して収納しようとするとメカ構造的にどうしてもレンズ及びレンズ群の倒れなどの誤差が大きくなり、レンズ及びレンズ群の敏感度が大きいと光学性能の劣化や変倍時の像ゆれが生じてしまうのでレンズやレンズ群の敏感度はなるべく小さくするのが望ましい。

10

【0010】

物体側より順に正、負、正、正の屈折力のレンズ群より成る4群構成のズームレンズで第2レンズ群、第4レンズ群だけを移動させてズーミングを行おうとすると、殆どの変倍を第2レンズ群で行わなければならなくなり、どうしても第1レンズ群と第2レンズ群の屈折力を大きくせざるを得なくなる。

【0011】

これに対して特許文献3で示された光学系では、第1レンズ群や第2レンズ群の敏感度が比較的小さくなるので沈胴構造には適している。しかしながら第1レンズ群が変倍時に固定であるので広角端でのレンズ全長の短縮化や前玉径の小型化が必ずしも十分でない。

20

【0012】

また特許文献4で示された光学系では第1レンズ群を変倍時に移動させることで小型、大口径かつ高性能を達成している。しかしながら第1レンズ群の広角端から望遠端への変倍に伴う移動量が小さいために広角端で入射瞳を十分短くすることが出来ず、前玉径の小型化が必ずしも十分でない。

【0013】

また特許文献5で示された光学系では、変倍に際して第3レンズ群に主たる変倍効果を持たせ、更に第1レンズ群を物体側に移動させることで第2レンズ群にも変倍効果を持たせることにより4倍程度の変倍比を得ている。しかし、第2レンズ群の変倍効果が必ずしも十分でなく、また3群の光軸方向の厚みが大きく沈胴時のレンズ全長と前玉径の小型化が不十分である。

30

【0014】

本発明は、ズーミングにおける各レンズ群の移動量と各レンズ群の屈折力を適切に設定し、第2レンズ群と第3レンズ群の変倍比を適切に配置することで、撮影時及び沈胴時のレンズ全長の小型化を達成すると共に、広角端から望遠端に至る変倍の全変倍範囲にわたり良好なる光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する光学機器の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の一実施形態のズームレンズは、

40

物体側より順に、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レンズ群より構成され、前記4つのレンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は一つのレンズ成分からなり、

広角端から望遠端のズーミングに際し前記第2レンズ群は像側に凸の軌跡で移動し、

広角端に比べ望遠端で、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は広がり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は狭まり、

広角端から望遠端へのズームに伴う前記第1レンズ群と第2レンズ群の移動量を各々 m_1 、 m_2 、前記第2レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、前記第3レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$ とするとき、

50

$$| m_2 / m_1 | < 0.15$$

$$1.75 < 2T / 2w < 2.30$$

$$1.2 < (2w + 3t) / (2t + 3w) < 2.0$$

の条件を満足することを特徴としている。

【0016】

本発明の別の実施形態としてのズームレンズは、

物体側より順に、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レンズ群より構成され、前記4つのレンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は一つのレンズ成分からなり、

10

広角端から望遠端のズーミングに際し前記第2レンズ群は像側に凸の軌跡で移動し、

広角端に比べ望遠端で、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は広がり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔は狭まり、

広角端から望遠端へのズームに伴う前記第1レンズ群と第2レンズ群の移動量を各々 m_1 、 m_2 、前記第2レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、前記第3レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$ 、前記第3レンズ群の最も物体側のレンズ面頂点から最も像面側にあるレンズ面頂点までの距離を d_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$| m_2 / m_1 | < 0.15$$

$$1.2 < (2w + 3t) / (2t + 3w) < 2.0$$

$$0.50 < d_3 / f_w < 0.75$$

20

の条件を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、小型で高性能なズームレンズ及びそれを有する光学機器を達成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下に本発明のズームレンズ及びそれを有する光学機器の実施形態について説明する。尚、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではない。

30

【0019】

図1は、本発明の実施形態1のズームレンズの要部断面図、図2～図4は本発明の実施形態1のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。

【0020】

図5は、本発明の実施形態2のズームレンズの要部断面図、図6～図8は本発明の実施形態2のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。

【0021】

図9は、本発明の実施形態3のズームレンズの要部断面図、図10～図12は本発明の実施形態3のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。

【0022】

40

図13は、本発明の実施形態4のズームレンズの要部断面図、図14～図16は本発明の実施形態4のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。

【0023】

図17は本発明の光学機器の要部概略図である。

【0024】

各実施形態のズームレンズのレンズ断面図において、L1は正の屈折力の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は正の屈折力の第4レンズ群である。SPは開口絞りである。Gは光学フィルター、フェースプレート等に相当する光学プロックである。IPは像面であり、CCDやCMOS等の固体撮像素子（光学変換素子）の撮像面が位置している。FPはフレアーカット絞りであり、第3

50

レンズ群 L 3 の像面側に配置し、不要光をカットしている。

【 0 0 2 5 】

収差図において、d, g は d 線及び g 線、M, S はメリジオナル像面、サジタル像面、倍率色収差は g 線によって表している。

【 0 0 2 6 】

各実施形態では、広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印のように、各レンズ群を移動させている。尚、広角端と望遠端とは変倍用のレンズ群が機構上、光軸方向に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 7 】

実施形態 1 ~ 4 では広角端から望遠端への変倍に際して、矢印のように第 1 レンズ群 L 1 を像面側に凸状の軌跡に沿って物体側へ移動している。また、第 3 レンズ群 L 3 を物体側へ移動している。第 4 レンズ群 L 4 を物体側へ凸状の軌跡に沿って移動している。第 2 レンズ群 L 2 を像面側へ凸状の略往復軌跡に沿って移動させて変倍に伴う像面変動を補正していると共に、変倍作用の一部を担っている。第 1 レンズ群 L 1 と第 3 レンズ群 L 3 は、広角端に比べ望遠端で物体側に位置するように移動している。以上のように各実施形態において、第 1 レンズ群 L 1 をズーミングに際して移動させることにより、広角端でのレンズ全長を短縮し、光軸方向における小型化と前玉径の縮小化を図っている。

10

【 0 0 2 8 】

また第 4 レンズ群 L 4 を光軸上移動させてフォーカシングを行うリヤーフォーカス式を採用している。望遠端において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合には同図矢印 4 c に示すように第 4 レンズ群 L 4 を前方に繰り出すことによって行っている。第 4 レンズ群 L 4 の実線の曲線 4 a と点線の曲線 4 b は各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端への変倍に伴う際の像面変動を補正する為の移動軌跡を示している。各実施形態では、軽量な第 4 レンズ群 L 4 をフォーカスに使うことで迅速な自動焦点検出を容易にしている。

20

【 0 0 2 9 】

なお、絞り S P はズーミングに際して第 3 レンズ群 L 3 と一体に移動しても、別体にて移動しても、固定としてもよい。一体とすると移動 / 可動で分けられる群数が少なくなり、メカ構造が簡素化しやすくなる。また、第 3 レンズ群 L 3 と別体にて移動させる場合は、前玉径の小型化に有利である。また、絞り S P を固定とする場合は絞りユニットを移動させる必要がない為、変倍の際、駆動させるアクチュエータの駆動トルクを小さく設定でき省電力化の点で有利である。

30

【 0 0 3 0 】

第 1 レンズ群 L 1 は有効レンズ径が大きいので、単一のレンズ（一つのレンズ成分）で構成することで第 1 レンズ群 L 1 の重量を軽量化し、移動のためのアクチュエータの負荷を低減している。第 2 レンズ群 L 2 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ、両レンズ面が凹面の負レンズ、物体側に凸面を向けた正レンズの独立の 3 つのレンズより構成している。これにより変倍時の収差変動を少なくし、特に広角端における歪曲収差や望遠端における球面収差を良好に補正している。第 3 レンズ群 L 3 は物体側から 2 枚の正レンズと像面側に凹面を向けた負レンズで構成し、第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 間の主点間隔を小さくすることで第 3 レンズ群以降のレンズ長を短縮している。第 3 レンズ群 L 3 は 1 以上の非球面を用いている。

40

【 0 0 3 1 】

各実施形態では、変倍に際して第 3 レンズ群 L 3 を物体側に移動させることにより第 3 レンズ群 L 3 で主な変倍効果をもたせ、更に正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 を物体側へ移動することで第 2 レンズ群 L 2 にも変倍効果を持たせて第 1 レンズ群 L 1 、第 2 レンズ群 L 2 の屈折力をあまり大きくすることなく 4 倍程度の変倍比を得ている。

【 0 0 3 2 】

各実施形態においては、光学性能を維持しつつレンズ全長や前玉有効径の小型化を達成する為、m 1, m 2 をそれぞれ第 1 レンズ群、第 2 レンズ群の広角端から望遠端への移動

50

量としたとき、次の条件を満足している。

【0033】

$$|m_2 / m_1| < 0.15 \quad (1)$$

なお、ここで移動量 m_1 、 m_2 は、物体側から像面側への移動を「正」符号とし、その逆を「負」符号としている。また、レンズ群の移動が略往復又は凸状の軌跡に沿った移動のときは広角端の位置に対する望遠端の位置の差分を表し、完全往復移動の場合はゼロとなる。

【0034】

条件式 (1) は第 1 レンズ群 L_1 及び第 2 レンズ群 L_2 のズーミングの際の移動量を適切に設定し、ズームレンズの小型化を達成する為のものである。条件式 (1) を第 2 レンズ群 L_2 の条件として考えると、第 2 レンズ群 L_2 が略往復移動の軌跡を取ることを意味する。条件式 (1) の上限を超えて第 2 レンズ群 L_2 の望遠端の位置が広角端の位置よりも大きく物体側に配されると、第 1 レンズ群 L_1 の移動により第 2 レンズ群 L_2 に持たせている変倍効果が小さくなりズームレンズ全系で十分な変倍比を得ることが難しくなる。逆に第 2 レンズ群 L_2 の望遠端の位置が広角端の位置よりも大きく像側に配されると、主たる変倍作用を有する第 3 レンズ群 L_3 の変倍における移動距離が十分に取れずズームレンズ全系で十分な変倍比を得ることが難しくなる。条件式 (1) の上限を超えて十分な変倍比を得ようとすると、ズームレンズの光軸方向の全長を長くする必要が生じ、ズームレンズは大型化し前玉径の縮小化も困難となる。一方、条件式 (1) を第 1 レンズ群 L_1 の条件として考えたとき、条件式 (1) の上限を超えて変倍における第 1 レンズ群 L_1 の移動量が小さくなると広角端で前玉からの入射瞳までの距離が十分に短くならず、前玉径の小型化が難しくなる。

【0035】

条件式 (1) は、より好ましくは、

$$|m_2 / m_1| < 0.13 \quad (1a)$$

を満足すると尚良い。更に好ましくは、

$$|m_2 / m_1| < 0.12 \quad (1b)$$

を満足すると良い。

【0036】

また、本実施形態のズームレンズは、 $2W$ 、 $2T$ をそれぞれ第 2 レンズ群の広角端、望遠端における横倍率としたとき、次の条件を満足している。

【0037】

$$1.75 < 2T / 2W < 2.30 \quad (2)$$

条件式 (2) はズーミング時の第 2 レンズ群 L_2 の変倍効果を適切に設定し、レンズ全長を短く保ちながら十分な変倍比を達成する為のものである。条件式 (2) の下限を超えて第 2 レンズ群 L_2 の変倍作用が小さくなり過ぎると、第 3 レンズ群 L_3 の変倍作用の負担が大きくなり、第 3 レンズ群 L_3 の正の屈折力を大きくする必要が生じ、第 3 レンズ群 L_3 の偏芯に対する敏感度が高くなり製造誤差の影響による性能劣化が大きくなり、かつペックバール和が正の方向に大きくなり過ぎて像面湾曲が負に増大するので良くない。逆に上限を超えて第 2 レンズ群 L_2 の変倍作用が大きくなり過ぎると、第 2 レンズ群 L_2 の屈折力を大きくする必要が生じて第 2 レンズ群 L_2 の敏感度が高くなり製造上の誤差の影響が大きくなると共に、第 1 レンズ群 L_1 のズーミング時の移動量を大きくする必要が生じて、望遠端でのレンズ全長が長くなるので良くない。

【0038】

条件式 (2) は、より好ましくは、

$$1.75 < 2T / 2W < 2.10 \quad (2a)$$

を満足すると尚良い。更に好ましくは、

$$1.76 < 2T / 2W < 2.00 \quad (2b)$$

を満足すると良い。

【0039】

10

20

30

40

50

また、本実施形態のズームレンズは、 $2w$ 、 $2T$ をそれぞれ第2レンズ群の広角端、望遠端における横倍率としたとき、次の条件を満足している。

【0040】

また、 $3w$ 、 $3T$ をそれぞれ第3レンズ群の広角端、望遠端における横倍率としたとき、次の条件を満足している。

【0041】

$$1.2 < (2w + 3t) / (2t + 3w) < 2.0 \quad (3)$$

条件式(3)は第2レンズ群 L_2 に対する第3レンズ群 L_3 の変倍効果の比を表す式で、第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 の変倍効果を適切に配分する為のものである。条件式(3)の上限を超えて第3レンズ群 L_3 の変倍作用が大きくなり過ぎると、第3レンズ群 L_3 の正の屈折力を大きくする必要が生じ、第3レンズ群 L_3 の偏芯に対する敏感度が高くなり製造誤差の影響による性能劣化が大きくなり、かつペッツバール和が正の方向に大きくなり過ぎて像面湾曲が負に増大するので良くない。条件式(3)の下限を超えて第2レンズ L_2 の変倍作用が大きくなり過ぎると、第2レンズ群 L_2 の屈折力を大きくする必要が生じて第2レンズ群 L_2 の敏感度が高くなり製造上の誤差の影響が大きくなると共に、第1レンズ群のズーミング時の移動量を大きくする必要が生じて、望遠端でのレンズ全長が長くなるので良くない。

【0042】

条件式(3)は、より好ましくは、

$$1.3 < (2w + 3t) / (2t + 3w) < 1.8 \quad (3a)$$

を満足すると尚良い。更に好ましくは、

$$1.4 < (2w + 3t) / (2t + 3w) < 1.75 \quad (3b)$$

を満足すると良い。

【0043】

また、本実施形態のズームレンズは、 d_3 を前記第3レンズ群において最も物体側にあるレンズ面頂点から最も像面側にあるレンズ面頂点までの距離とし、 f_w を広角端における全系の焦点距離としたとき、次の条件を満足している。

【0044】

$$0.50 < d_3 / f_w < 0.75 \quad (4)$$

条件式(4)は第3レンズ群 L_3 の全長を適切に設定し、高い光学性能を維持しながらレンズ全長の小型化を達成する為のものである。条件式(4)の上限を超えて第3レンズ群 L_3 の全長が大きくなり過ぎると、レンズ全長が長くなり、特に沈胴時のレンズ全長を短くすることができず良くない。逆に条件式(4)の下限を超えて第3レンズ群 L_3 の全長が短くなり過ぎると、主たる変倍作用を持つ第3レンズ群 L_3 の変倍時の収差変動が大きくなり過ぎ、ズーム全域に渡って良好な光学性能を得ることが困難となる。

【0045】

条件式(4)は、より好ましくは、

$$0.55 < d_3 / f_w < 0.75 \quad (4a)$$

を満足すると尚良い。更に好ましくは、

$$0.60 < d_3 / f_w < 0.75 \quad (4b)$$

を満足すると良い。

【0046】

更に、 d_{23w} を広角端における前記第2レンズ群の最も像面側にあるレンズ面頂点から前記第3レンズ群の最も物体側にあるレンズ面頂点までの距離とすると、次の条件を満足している。

【0047】

$$2.0 < d_{23w} / f_w < 2.7 \quad (5)$$

条件式(5)は広角端でのズームレンズの小型化を達成する為のものである。条件式(5)の上限を超えて広角端における第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 の間隔が大きくなり過ぎると、広角端でのレンズ全長が大きくなり前玉径も大型化し良くない。条件式(5)の下限を超えて広角端における第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 の間隔が小さくなり過ぎると、広角端でのズームレンズの小型化が難しくなる。

5) の下限を超えて広角端における第2レンズ群 L2 と第3レンズ群 L3 の間隔が小さくなり過ぎると、第3レンズ群 L3 のズーミングの際の移動距離が小さくなり第3レンズ群 L3 の正の屈折力を大きくする必要が生じ、第3レンズ群 L3 の偏芯に対する敏感度が高くなり製造誤差の影響による性能劣化が大きくなり、かつペックバル和が正の方向に大きくなり過ぎて像面湾曲が負に増大するので良くない。

【0048】

条件式(5)は、より好ましくは、

$$2.2 < d_{23w} / fw < 2.7 \quad (5a)$$

を満足すると尚良い。更に好ましくは、

$$2.3 < d_{23w} / fw < 2.7 \quad (5b)$$

を満足すると良い。

【0049】

次に本発明の実施形態1～4に各々対応する数値実施例1～4を示す。各数値実施例において i は物体側からの光学面の順序を示し、 R_i は第 i 番目の光学面(第 i 面)の曲率半径、 D_i は第 i 面と第 $i+1$ 面との間の間隔、 N_i と i はそれぞれ d 線に対する第 i 番目の光学部材の材料の屈折率、アッベ数を示す。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 を離心率、 B, C, D, E 、を各々非球面係数としたとき

【0050】

【数1】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10}$$

なる式で表している。

【0051】

また、例えば「e-Z」の表示は「10^-Z」を意味する。

また前述の各条件式と数値実施例の関係を表1に示す。

【0052】

10

20

30

【数2】

(数值実施例1)

$$f = 7.50 \sim 28.35 \quad F_n o = 2.88 \sim 4.26 \quad 2\omega = 62.1^\circ \sim 18.1^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	vi
1	20.180	2.90	1.48749	70.2
2	317.574	可変		
3	26.228	0.75	1.88300	40.8
4	7.160	3.41		
5	-26.399	0.70	1.83481	42.7
6	26.783	0.70		
7	16.683	2.00	1.84666	23.9
8	-129.969	可変		
9	絞り	0.80		
10	8.464(非球面)	2.00	1.69350	53.2
11	-71.029	0.20		
12	9.307	2.40	1.69680	55.5
13	27.449	0.60	1.84666	23.9
14	5.183	1.00		
15	フレアー絞り	可変		
16	16.376(非球面)	2.50	1.74013	49.3
17	-139.519	可変		
18	∞	1.35	1.51633	64.1
19	∞			

焦点距離 可変間隔	7.50	14.84	28.35
D2	0.40	7.10	13.59
D8	18.25	7.25	1.92
D15	4.51	6.91	16.64
D17	5.00	7.40	7.90

非球面係数

$$R10 \quad k = -2.16951e+00 \quad B = 2.58044e-04 \quad C = -2.00629e-06 \quad D = 1.96707e-08$$

$$E = -5.63467e-10$$

$$R16 \quad k = -7.79679e-01 \quad B = -7.15756e-06 \quad C = 2.10882e-07 \quad D = -4.94484e-09$$

$$E = 5.94546e-11$$

【0053】

10

20

30

40

【数3】

(数值実施例2)

$$f = 7.22 \sim 28.35 \quad F \text{ n o} = 2.88 \sim 4.16 \quad 2\omega = 64.0^\circ \sim 18.1^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	v i
1	20.122	1.00	1.84666	23.9
2	17.623	3.00	1.60311	60.6
3	104.823	可変		
4	26.322	0.75	1.88300	40.8
5	7.155	3.41		
6	-38.211	0.70	1.83481	42.7
7	17.231	0.70		
8	14.079	2.00	1.84666	23.9
9	-679.144	可変		
10	絞り	0.80		
11	8.827(非球面)	2.00	1.69350	53.2
12	-63.264	0.20		
13	9.172	2.40	1.69680	55.5
14	28.557	0.60	1.84666	23.9
15	5.336	1.00		
16	フレアー絞り	可変		
17	18.153(非球面)	2.50	1.74013	49.3
18	-62.130	可変		
19	∞	1.35	1.51633	64.1
20	∞			

10

20

30

焦点距離 可変間隔	7.22	14.69	28.35
D2	0.40	7.86	13.58
D8	18.87	8.09	2.46
D15	4.28	6.34	15.63
D17	5.00	7.13	7.67

非球面係数

$$R11 \quad k = -2.40849e+00 \quad B = 2.61492e-04 \quad C = -2.36192e-06 \quad D = 1.14094e-08 \\ E = -1.63172e-10$$

40

$$R17 \quad k = 3.70159e-01 \quad B = -4.34123e-05 \quad C = 2.06304e-07 \quad D = -8.53956e-09 \\ E = 1.19991e-10$$

【0054】

【数4】

(数值実施例3)

$$f = 7.51 \sim 28.35 \quad F_n o = 2.88 \sim 4.31 \quad 2 \omega = 62.0^\circ \sim 18.1^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	v i
1	18.244	2.90	1.48749	70.2
2	138.355	可変		
3	20.592	0.75	1.88300	40.8
4	6.658	3.40		
5	-26.008	0.70	1.83481	42.7
6	21.266	0.70		
7	15.154	2.00	1.84666	23.9
8	-190.776	可変		
9	絞り	0.80		
10	8.919(非球面)	2.00	1.69350	53.2
11	-55.184	0.20		
12	8.924	2.40	1.69680	55.5
13	28.254	0.60	1.84666	23.9
14	5.266	1.00		
15	フレアー絞り	可変		
16	17.198(非球面)	2.50	1.74013	49.3
17	-108.189	可変		
18	∞	1.35	1.51633	64.1
19	∞			

焦点距離 可変間隔	7.51	15.38	28.35
D2	0.40	7.06	13.00
D8	16.82	6.20	1.92
D15	4.49	6.82	16.98
D17	5.00	7.83	8.14

非球面係数

R10 $k = -2.25162e+00 \quad B = 2.20782e-04 \quad C = -2.05341e-06 \quad D = 1.16363e-08$
 $E = 4.30258e-10$

R16 $k = 4.70579e-01 \quad B = -4.26745e-05 \quad C = -1.49131e-07 \quad D = 6.43282e-09$
 $E = -1.08825e-10$

【0055】

【数5】

(数値実施例4)

$$f = 7.25 \sim 30.90 \quad F_n o = 2.83 \sim 4.16 \quad 2\omega = 63.8^\circ \sim 16.6^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	vi
1	20.654	1.00	1.84666	23.9
2	16.887	3.00	1.71300	53.9
3	93.899	可変		
4	24.176	0.75	1.88300	40.8
5	6.700	3.95		
6	-29.193	0.70	1.88300	40.8
7	36.338	0.70		
8	15.875	1.80	1.92286	18.9
9	64.027	可変		
10	絞り	0.80		
11	9.304(非球面)	2.00	1.69350	53.2
12	-46.909	0.20		
13	8.829	2.40	1.69680	55.5
14	33.140	0.60	1.84666	23.9
15	5.404	1.00		
16	フレアー絞り	可変		
17	17.268(非球面)	2.30	1.74013	49.3
18	-97.183	可変		
19	∞	1.35	1.51633	64.1
20	∞			

10

20

30

焦点距離 可変間隔	7.25	15.55	30.90
D2	0.40	6.64	12.47
D8	17.28	6.49	1.82
D15	4.46	6.54	16.70
D17	5.00	7.98	8.22

非球面係数

$$R11 \quad k = -2.25589e+00 \quad B = 1.73433e-04 \quad C = -1.62709e-07 \quad D = -1.02637e-07$$

$$E = 2.99353e-9$$

40

$$R17 \quad k = -3.93841e+00 \quad B = 6.67634e-05 \quad C = -4.94383e-07 \quad D = 1.10273e-08$$

$$E = -1.36167e-10$$

【0056】

【表1】

条件式		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
1	$ m_2 / m_1 $	0.109	0.115	0.055	0.000
2	β_{2T} / β_{2W}	1.784	1.857	1.766	1.991
3	$(\beta_{2W} \cdot \beta_{3T}) / (\beta_{2T} \cdot \beta_{3W})$	1.646	1.463	1.713	1.544
4	d_3 / f_W	0.693	0.702	0.693	0.717
5	d_{23W} / f_W	2.540	2.656	2.347	2.493

10

【0057】

以上のように各実施形態によれば正、負、正、正の屈折力のレンズ群より成る4群構成のズームレンズで全てのレンズ群を移動させて変倍を行うとともに各レンズ群の移動量や屈折力配置を前述の如く適切に設定することにより光学性能を良好に維持したままレンズ全長の短縮化を達成している。特に変倍比4程度以上、Fナンバー2.8程度以上の高変倍比、大口径比を持ちかつ良好な光学性能を維持しつつレンズ系全体の小型化を図ったズームレンズを実現している。また、広角端から望遠端に至る変倍の全変倍範囲にわたり良好なる光学性能を有するズームレンズを実現している。

【0058】

次に、数値実施例1～4のズームレンズを撮影光学系とした光学機器の実施形態を図17を用いて説明する。図17において、10はビデオカメラやデジタルスチルカメラ等の光学機器本体、11は本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系、12は撮影光学系11によって被写体像を受光するCCD等の撮像素子、13は撮像素子12が受光した被写体象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ーである。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。15は前記ファインダーと同等の機能を有する液晶表示パネルである。このように本発明のズームレンズをビデオカメラ等の光学機器に適用することにより、小型で高い光学性能を有する光学機器を実現している。

20

【図面の簡単な説明】

【0059】

30

【図1】本発明の実施形態1に対応する数値実施例1の広角端におけるレンズ断面図

【図2】本発明の実施形態1に対応する数値実施例1の広角端の収差図

【図3】本発明の実施形態1に対応する数値実施例1の中間のズーム位置の収差図

【図4】本発明の実施形態1に対応する数値実施例1の望遠端の収差図

【図5】本発明の実施形態2に対応する数値実施例2の広角端におけるレンズ断面図

【図6】本発明の実施形態2に対応する数値実施例2の広角端の収差図

【図7】本発明の実施形態2に対応する数値実施例2の中間のズーム位置の収差図

【図8】本発明の実施形態2に対応する数値実施例2の望遠端の収差図

【図9】本発明の実施形態3に対応する数値実施例3の広角端におけるレンズ断面図

【図10】本発明の実施形態3に対応する数値実施例3の広角端の収差図

40

【図11】本発明の実施形態3に対応する数値実施例3の中間のズーム位置の収差図

【図12】本発明の実施形態3に対応する数値実施例3の望遠端の収差図

【図13】本発明の実施形態4に対応する数値実施例4の広角端におけるレンズ断面図

【図14】本発明の実施形態4に対応する数値実施例4の広角端の収差図

【図15】本発明の実施形態4に対応する数値実施例4の中間のズーム位置の収差図

【図16】本発明の実施形態4に対応する数値実施例4の望遠端の収差図

【図17】本発明の光学機器の要部概略図

【符号の説明】

【0060】

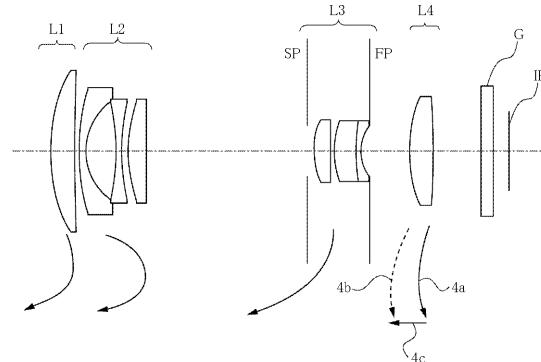
L1 第1レンズ群

50

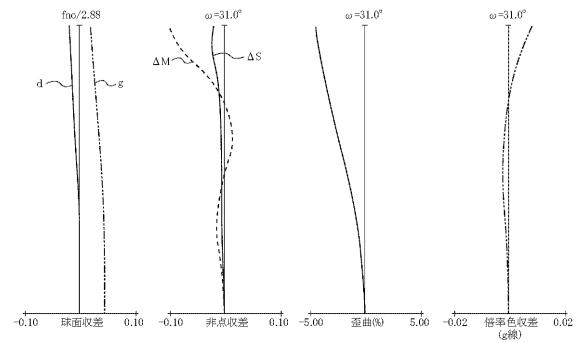
L 2 第 2 レンズ群
 L 3 第 3 レンズ群
 L 4 第 4 レンズ群
 d d 線
 g g 線
 M メリジオナル像面
 S サジタル像面
 S P 紋り
 F P フレアーカット紋り
 I P 結像面
 G C C D のフェースプレートやローパスフィルター等のガラスブロック
 半画角
 F n o F ナンバー

10

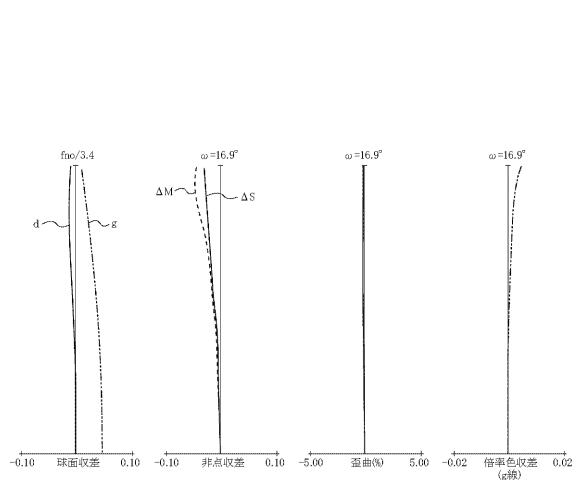
【図 1】



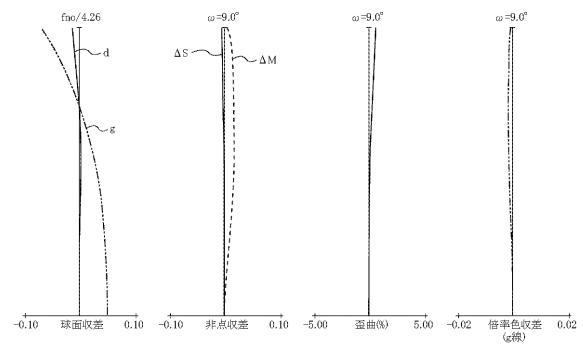
【図 2】



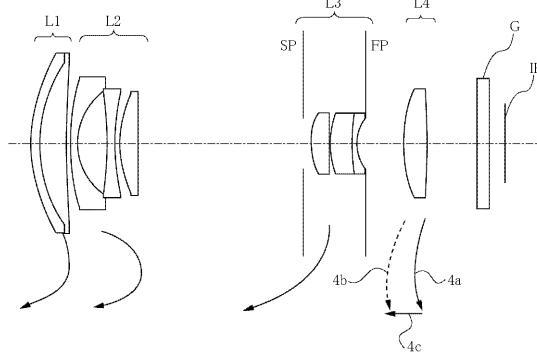
【図3】



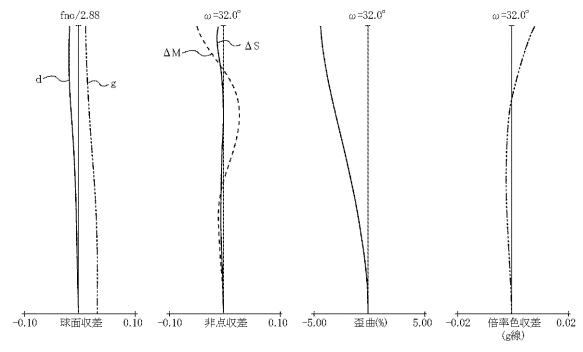
【図4】



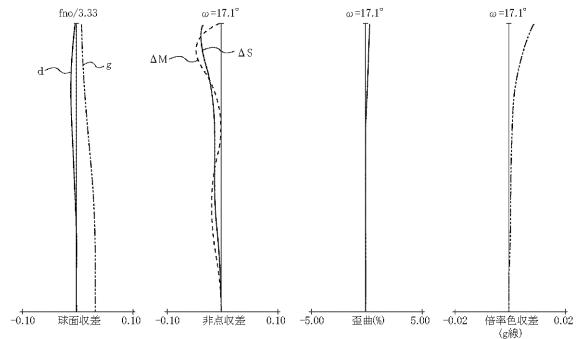
【図5】



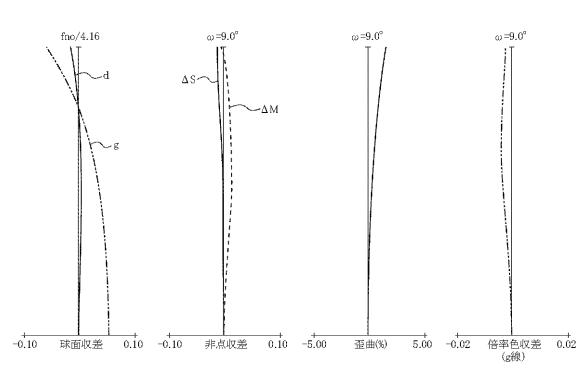
【図6】



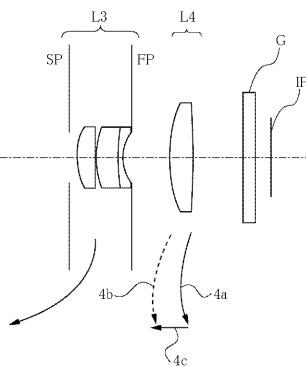
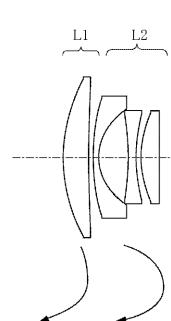
【図7】



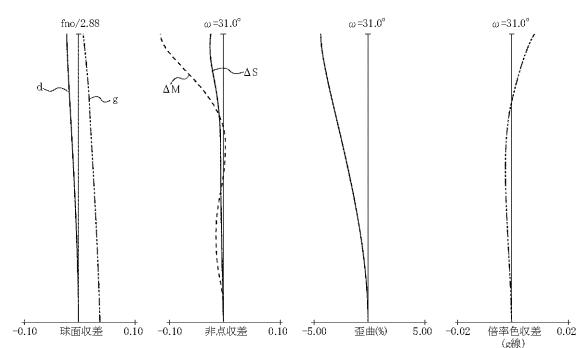
【図8】



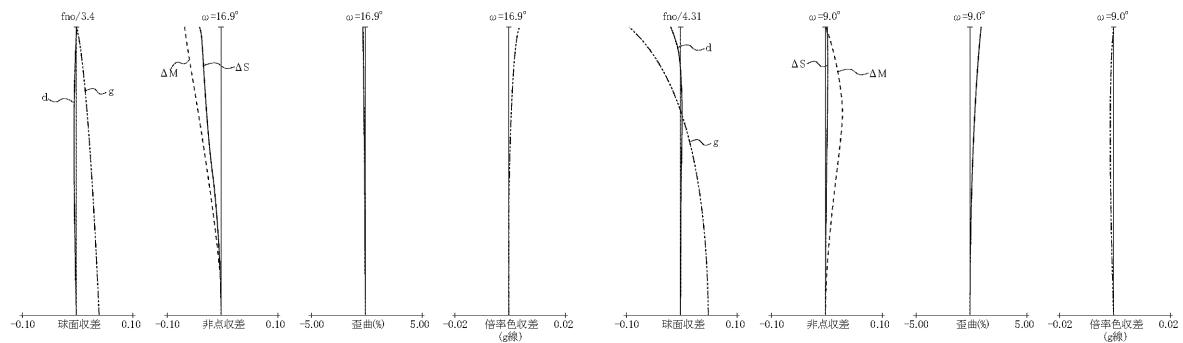
【図9】



【図10】

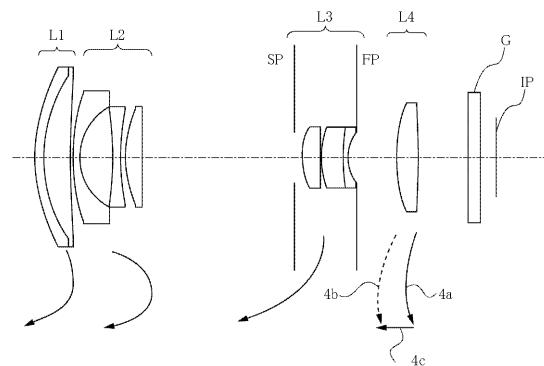


【図 1 1】

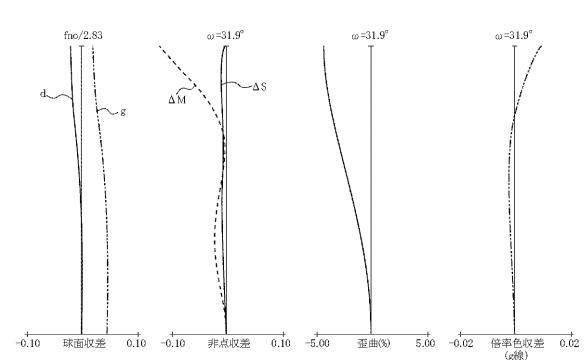


【図 1 2】

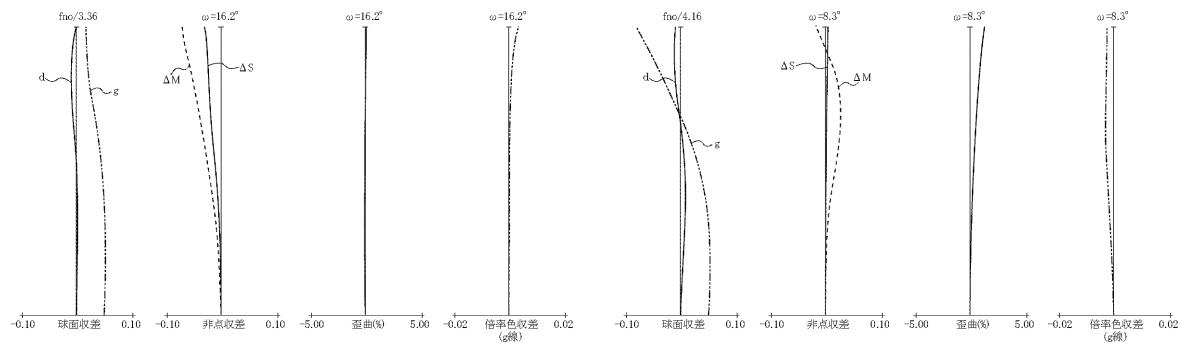
【図 1 3】



【図 1 4】

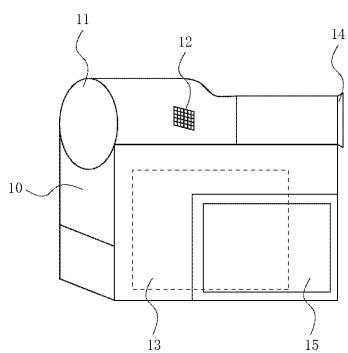


【図15】



【図16】

【図17】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-295601(JP,A)
特開平04-208911(JP,A)
特開平08-271790(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00-17/08
G02B21/02-04
G02B25/00-04