

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5599065号  
(P5599065)

(45) 発行日 平成26年10月1日(2014.10.1)

(24) 登録日 平成26年8月22日(2014.8.22)

(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 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2010-290046 (P2010-290046)  
 (22) 出願日 平成22年12月27日 (2010.12.27)  
 (65) 公開番号 特開2012-137621 (P2012-137621A)  
 (43) 公開日 平成24年7月19日 (2012.7.19)  
 審査請求日 平成25年12月25日 (2013.12.25)

(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 難波 則廣  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ャノン株式会社内

審査官 堀井 康司

(56) 参考文献 特開2008-170577 (JP, A)  
 特開2010-091948 (JP, A)

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、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群より構成され、

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が小さくなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が大きくなるように各レンズ群が移動するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズを有し、

望遠端における全系の焦点距離を  $f_t$ 、前記第1レンズ群の焦点距離を  $f_1$ 、全系に含まれる全ての正レンズの材料の屈折率の平均値を  $N_p a$ 、全系に含まれる全ての正レンズの焦点距離の平均値を  $f_p a$ 、広角端における全系の焦点距離を  $f_w$ とするとき、

$$0.35 < |f_1| / f_t < 0.55$$

$$1.80 < N_p a$$

$$3.10 < f_p a / f_w < 4.00$$

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】

全系に含まれる全ての負レンズの材料の屈折率の平均値を  $N_n a$ とするとき、

$$1.80 < N_n a$$

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】

10

20

全系に含まれる全ての負レンズの焦点距離の平均値を  $f_{na}$  とするとき、

$$-0.30 < f_{na} / f_t < -0.10$$

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

【請求項 4】

前記第 2 レンズ群の焦点距離を  $f_2$  とするとき、

$$0.30 < f_2 / f_t < 0.55$$

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】

前記第 3 レンズ群の焦点距離を  $f_3$  とするとき、

10

$$0.80 < f_3 / f_t < 1.30$$

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】

広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第 2 レンズ群の移動量を  $M_2$  とするとき、

$$0.70 < M_2 / f_t < 1.10$$

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】

全系に含まれる全ての正レンズの材料のアッペ数の平均値を  $p_a$  とするとき、

20

$$35.0 < p_a < 43.0$$

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

【請求項 8】

全系に含まれる全ての負レンズの材料のアッペ数の平均値を  $n_a$  とするとき、

$$30.0 < n_a < 33.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 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 3 レンズ群は、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物体側に移動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。

30

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 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光電変換素子を有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズに関し、例えばデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、TV カメラ等の撮像装置に好適なものである。

【背景技術】

40

【0002】

最近、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、TV カメラ等の撮像装置（カメラ）は、高機能化及び小型化されている。そして撮像装置の高機能化及び小型化にともない、それに用いる撮像光学系には広い画角（撮影画角）を包含した高いズーム比で高い光学性能を有したレンズ全長の短い小型のズームレンズであることが求められている。また、この種のカメラには、レンズ最後部と撮像素子との間に、ローパスフィルターや色補正フィルターなどの各種の光学部材が配置される。この為、それに用いるズームレンズには、比較的バックフォーカスの長いことが要求される。

【0003】

さらに、カラー画像用の撮像素子を用いたカラーカメラの場合には、色シェーディング

50

を避けるため、像側のテレセントリック特性の良いことが望まれている。全系が小型でバックフォーカスが長く、しかも像側のテレセントリック特性の良いズームレンズとして、負の屈折力のレンズ群が先行する（最も物体側に位置する）ネガティブリード型のズームレンズが知られている。

【0004】

ネガティブリード型のズームレンズとして、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、および正の屈折力の第3レンズ群より成る3群ズームレンズが知られている。このタイプの3群ズームレンズにおいて長いバックフォーカスと像側がテレセントリックである広画角の3群ズームレンズ系が知られている（例えば特許文献1、2）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-20337号公報

【特許文献2】特開2010-134373号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年、ビデオカメラやデジタルカメラ等に用いるズームレンズには、広画角、高ズーム比で、しかも撮像素子の高性能化に伴い小型でかつ高い光学性能を有することが強く要望されている。前述した3群ズームレンズにおいて、全系の小型化を図りつつ、全ズーム範囲中で高い光学性能を得るには、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になってくる。

20

【0007】

特に、全ズーム範囲にわたり像面湾曲を少なくし、良好なる光学性能を得るには第1レンズ群の屈折力や、全系に含まれる正レンズや負レンズの屈折力、材料等を適切に設定することが重要になってくる。例えばズーム領域全域に渡り平坦な像面特性を得るにはペツツバール和を小さく抑え像面湾曲を低減することが特に重要である。そのためには全系の正の屈折力を複数の正レンズで分担したり、正レンズに高屈折率材料を用いること等が有効である。

30

【0008】

特許文献1の各実施例において全系に含まれる正レンズの材料の屈折率の平均値は1.65から1.71程度である。特許文献2において全系に含まれる正レンズの材料の屈折率の平均値は大きいもので1.70から1.77程度である。これらの構成にて正レンズの枚数を増やすずに屈折力を強めてさらに全系の小型化を図ろうとすると、ペツツバール和が増大し像面湾曲が多く発生してくる。特に高ズーム比化と全系の小型化を図ろうとすると全ズーム範囲において平坦な像面特性を実現するのが大変難しくなってくる。

【0009】

本発明は、レンズ系全体がコンパクトで、全ズーム範囲中で高い光学性能が得られ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。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群より構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が小さくなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が大きくなるように各レンズ群が移動するズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズを有し、

望遠端における全系の焦点距離を $f_t$ 、前記第1レンズ群の焦点距離を $f_1$ 、全系に含まれる全ての正レンズの材料の屈折率の平均値を $N_p a$ 、全系に含まれる全ての正レンズの

50

焦点距離の平均値を  $f_{pa}$  、広角端における全系の焦点距離を  $f_w$  とするとき、

$$0.35 < |f_1| / f_t < 0.55$$

$$1.80 < N_{pa}$$

$$3.10 < f_{pa} / f_w < 4.00$$

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】

【0011】

本発明によれば、レンズ系全体がコンパクトで、全ズーム範囲中で高い光学性能が得られるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

10

【0012】

【図1】本発明の数値実施例1のレンズ断面図

【図2】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例1の広角端、中間位置のズーム位置、望遠端における収差図

【図3】本発明の数値実施例2のレンズ断面図

【図4】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例2の広角端、中間位置のズーム位置、望遠端における収差図

【図5】本発明の数値実施例3のレンズ断面図

【図6】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例3の広角端、中間位置のズーム位置、望遠端における収差図

20

【図7】本発明の数値実施例4のレンズ断面図

【図8】(A), (B), (C) 本発明の数値実施例4の広角端、中間位置のズーム位置、望遠端における収差図

【図9】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】

【0013】

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、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群より構成されている。そして広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔は狭まり、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔は広がるように各レンズ群が移動する。

30

【0014】

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)におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端(長焦点距離端)における収差図である。実施例1はズーム比4.75、開口比2.88~6.09程度のズームレンズである。

【0015】

図3は、本発明の実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図4(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比6.20、開口比2.73~6.96程度のズームレンズである。図5は、本発明の実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例3はズーム比4.82、開口比2.84~6.08程度のズームレンズである。

40

【0016】

図7は、本発明の実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図8(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例4はズーム比4.74、開口比2.66~6.01程度のズームレンズである。図9は本発明のズームレンズを備えるデジタルカメラの要部概略図である。

50

## 【0017】

各実施例のズームレンズは撮像装置に用いられる撮影レンズ系であり、レンズ断面図において、左方が被写体側（前方）で、右方が像側（後方）である。レンズ断面図において、 $i$ は物体側から像側への各レンズ群の順序を示し、 $L_i$ は第*i*レンズ群である。実施例1～4のズームレンズの特徴について説明する。図1、図3、図5、図7のレンズ断面図において、 $L_1$ は負の屈折力（光学的パワー＝焦点距離の逆数）の第1レンズ群、 $L_2$ は正の屈折力の第2レンズ群、 $L_3$ は正の屈折力の第3レンズ群である。

## 【0018】

$S_P$ は開放Fナンバー（F no）光束を決定（制限）する開口絞りの作用をするFナンバー決定部材（以下「開口絞り」ともいう。）である。開口絞り $S_P$ は第2レンズ群 $L_2$ の像側に配置されている。Gは光学フィルター、フェースプレート、水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等に相当する光学ブロックである。IP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CCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が置かれる。又、銀塩フィルム用カメラの撮影光学系として使用する際にはフィルム面に相当する感光面が置かれている。

10

## 【0019】

収差図において、球面収差の実線はd線、二点鎖線はg線を、非点収差の実線はメリディオナル像面、破線はサジタル像面を、倍率色収差はg線によって表している。

## 【0020】

各実施例のズームレンズでは、広角端から望遠端のズーミングに際して、第1レンズ群 $L_1$ が像側に凸状の軌跡で略往復移動する。又、第2レンズ群 $L_2$ が物体側に移動し、第3レンズ群 $L_3$ が像側に移動している。このとき広角端に比べ望遠端での第1レンズ群 $L_1$ と第2レンズ群 $L_2$ との間隔が小さく、第2レンズ群 $L_2$ と第3レンズ群 $L_3$ との間隔が大きくなるようにしてズーミングを行っている。各実施例のズームレンズは、第2レンズ群 $L_2$ の移動により主な変倍を行い、第1レンズ群 $L_1$ の往復移動によって変倍に伴う像点の移動を補正している。

20

第1レンズ群 $L_1$ を負の屈折力として負の屈折力先行型の屈折力配置とすることで広画角化と前玉径有効径の小型化を図るとともに必要な長さのバックフォーカスを確保している。また第3レンズ群 $L_3$ を正の屈折力として射出瞳を像面から十分に遠ざけ、固体撮像素子に入射する光束の入射角度を緩めている。これにより固体撮像素子上でおこるシェーディングを低減している。無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第3レンズ群 $L_3$ を物体側へ移動させて行っている。尚、フォーカシングは第1レンズ群 $L_1$ で行っても良い。 $F$ ナンバー決定部材 $S_P$ は、光軸方向に関して、第2レンズ群 $L_2$ の像側に配置している。開口絞り $S_P$ をこのような位置に配置することにより望遠端における第1レンズ群 $L_1$ と第2レンズ群 $L_2$ の間隔が詰められる。

30

## 【0021】

このため、ズーミングのための第2レンズ群 $L_2$ の物体側への移動量を十分確保することができる。これにより高ズーム化としながら望遠端におけるレンズ全長の増大を防いでいる。

40

## 【0022】

各実施例において、望遠端における全系の焦点距離を $f_t$ 、第1レンズ群 $L_1$ の焦点距離を $f_1$ 、全系に含まれる全ての正の屈折力のレンズ（正レンズ）の材料の屈折率の平均値を $N_p a$ とする。このとき、

$$0.35 < |f_1| / f_t < 0.55 \quad \dots (1)$$

$$1.80 < N_p a \quad \dots (2)$$

なる条件式を満足している。

## 【0023】

条件式（1）は第1レンズ群 $L_1$ の焦点距離を規定する式である。条件式（1）の上限を超えて第1レンズ群 $L_1$ の焦点距離が長すぎると、すなわち第1レンズ群 $L_1$ の屈折力

50

が緩すぎると広角端において軸外光束を屈曲する作用が薄れる。第1レンズ群L1の光学有効径は広角端における軸外光束で決まるため、広角端において軸外光束を屈曲作用が弱いと第1レンズ群L1のレンズ径が増大し、全系の小型化が難しくなる。

【0024】

下限を超えて第1レンズ群L1の焦点距離が短すぎると、すなわち第1レンズ群L1の屈折力がきつすぎると広角端において第1レンズ群L1より像面湾曲、歪曲収差、倍率色収差等の発生が増大してくるので良くない。

【0025】

条件式(2)は全系の正レンズの屈折率の平均値を規定する式である。ペツツバール和は各レンズの屈折力を屈折率で割った値の和である。ズーム全域に渡り像面湾曲を小さく抑えるにはペツツバール和を小さくするのが有効である。レンズ枚数を増やさないでペツツバール和を小さくするには正レンズを高屈折率材料で構成するのがよい。条件式(2)の下限を超えて正レンズの材料の屈折率の平均値が小さすぎる場合はペツツバール和が大きくなりすぎる。結果として像面湾曲の発生が多くなるので良くない。更に好ましくは条件式(1)、(2)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0026】

$$0.38 < |f_1| / f_t < 0.54 \quad \dots (1a)$$

$$1.810 < N_p a \quad \dots (2a)$$

以上のように各実施例によれば第1レンズ群L1の焦点距離や全系に含まれる正レンズの材料の屈折率を適切に設定することにより、全系の小型化を図りつつ、諸収差を良好に補正した広画角のズームレンズを得ている。各実施例において、更に好ましくは次の諸条件のうちの1以上を満足するのが良い。

【0027】

全系に含まれる全ての正レンズの焦点距離の平均値を $f_p a$ 、全系に含まれる全ての正レンズの材料のアッペ数の平均値を $p a$ とする。全系に含まれる全ての負レンズの材料の屈折率の平均値、アッペ数の平均値を各々 $N_n a$ 、 $n a$ とする。全系に含まれる全ての負レンズの焦点距離の平均値を $f_n a$ とする。第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の焦点距離を各々 $f_2$ 、 $f_3$ とする。広角端における全系の焦点距離を $f_w$ とする。広角端から望遠端へのズーミングにおける第2レンズ群L2の移動量を $M_2$ （移動距離、符号は正とする。）とする。

【0028】

このとき、

$$3.10 < f_p a / f_w < 4.00 \quad \dots (3)$$

$$1.80 < N_n a \quad \dots (4)$$

$$-0.30 < f_n a / f_t < -0.10 \quad \dots (5)$$

$$0.30 < f_2 / f_t < 0.55 \quad \dots (6)$$

$$0.80 < f_3 / f_t < 1.30 \quad \dots (7)$$

$$0.70 < M_2 / f_t < 1.10 \quad \dots (8)$$

$$35.0 < p a < 43.0 \quad \dots (9)$$

$$30.0 < n a < 33.0 \quad \dots (10)$$

なる条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0029】

条件式(3)は全系に含まれる正レンズの焦点距離の平均値を規定する式である。条件式(3)の上限を超えて焦点距離の平均値が大きすぎる場合は正レンズの屈折力が平均的にゆるい場合である。この場合は広画角化と全系の小型化を図るのが困難となる。下限を超えて焦点距離の平均値が小さすぎる場合は正レンズの屈折力が平均的にきつすぎる場合である。この場合は正レンズに高屈折率材料を用いてもペツツバール和を小さくすることが困難となり像面湾曲が多く発生してくるので良くない。

【0030】

条件式(4)は全系に含まれる全ての負レンズの材料の屈折率の平均値を規定する式で

10

20

30

40

50

ある。第1レンズ群L1の屈折力を強めて前玉有効径の小型化を図る場合には第1レンズ群L1の負レンズの屈折力を強める必要がある。このようにすると負レンズで発生する広角側において高次の像面湾曲、望遠側において球面収差が多く発生してくる。また第2レンズ群L2の屈折力を強めてレンズ全長の短縮を図りながら色消しを行う（色収差を補正する）には第2レンズ群L2の負レンズの屈折力をある程度強める必要がある。第2レンズ群の負レンズの屈折力がきついとズーム領域全域にわたって球面収差とコマ収差が多く発生してくる。これらの課題を解決するには全系に含まれる負レンズは平均的にある程度高屈折率材料とすることが必要となる。条件式（4）の下限を超えると全系の小型化を図りながら広角側において高次の像面湾曲、球面収差、コマ収差を良好に補正することが困難となる。

10

#### 【0031】

条件式（5）は全系に含まれる全ての負レンズの焦点距離の平均値を規定する式である。レンズ全系は正の屈折力であるためペツツバール和は正の値をとりやすいが、負レンズの屈折力を強めるとペツツバール和を負側に補正できる。条件式（5）の下限を超えて負レンズの屈折力が平均的に弱くなるとペツツバール和を負側に補正するのが難しくなり、像面湾曲が多く発生してくる。条件式（5）の上限を超えて屈折力が平均的に強くなると広角側において第1レンズ群L1および第2レンズ群L2より高次の像面湾曲、球面収差、コマ収差が多く発生し、これらを良好に補正することが困難となる。

#### 【0032】

条件式（6）は第2レンズ群L2の焦点距離を規定する式である。条件式（6）の上限を超えて第2レンズ群L2の焦点距離が長すぎると、すなわち屈折力が緩い場合は、高ズーム比化を達成するために必要な第2レンズ群L2の移動ストロークが長くなる。そうすると、望遠端において光学全長が増大し全系の小型化が困難になる。また条件式（6）の下限を超えて第2レンズ群L2の焦点距離が短すぎると、すなわち屈折力がきつすぎる場合は、高屈折率材料を用いてもペツツバール和を小さくすることが難しくなる。特に少ないレンズ枚数で構成する場合に全系の小型化と像面湾曲の補正が困難となる。

20

#### 【0033】

条件式（7）は第3レンズ群L3の焦点距離を規定する式である。条件式（7）の上限を超えて第3レンズ群L3の焦点距離が大きすぎると、すなわち屈折力が緩い場合は、射出瞳を像面から遠ざける作用が薄れるため固体撮像素子を用いた場合にシェーディングが多く発生してくる。また第3レンズ群L3でフォーカシングを行う場合にはフォーカスのための移動量が増大し全系の小型化が困難になる。条件式（7）の下限を超えて第3レンズ群L3の焦点距離が小さすぎると、すなわち屈折力がきつすぎる場合は、ペツツバール和が増大し像面湾曲が増大してくるので良くない。これに対して第3レンズ群L3の正レンズの枚数を増やしてペツツバール和を低減しようとすると全系の小型化が困難になる。

30

#### 【0034】

条件式（8）は第2レンズ群L2の広角端から望遠端にいたるズーミングに際しての移動量を規定する式である。条件式（8）の上限を超えて移動量が長すぎると望遠端において光学全長が長くなり、全系の小型化が困難になる。条件式（8）の下限を超えて移動量が短すぎると、所定のズーム比を得るために第2レンズ群L2の屈折力を強めた構成となるため第2レンズ群L2より球面収差、コマ収差、像面湾曲等が多く発生してくる。第2レンズ群L2のレンズ枚数を増やしてこれらの諸収差を補正しようとすると全系の小型化が困難になる。条件式（6）と条件式（8）をともに満足すると、高ズーム比で全系の小型化が容易になる。

40

#### 【0035】

条件式（9）は全系に含まれる全ての正レンズの材料のアッペ数の平均値を規定する式である。実在の光学材料では低分散とすると高屈折率なものが少ない。条件式（9）の上限を超えて正レンズの材料のアッペ数の平均値が大きすぎると、すなわち正レンズの材料が平均的に低分散な場合は、高屈折率とすることが難しいためペツツバール和を小さくするのが困難になる。特に各レンズ群の屈折力を強めて全系の小型化を図る場合に、少な

50

いレンズ枚数で像面湾曲を良好に補正することが難しくなる。条件式(9)の下限を超えて正レンズの材料のアッペ数の平均値が小さすぎる場合、すなわち正レンズの材料が平均的に高分散な場合は色収差が多く発生してくる。たとえば第2レンズ群L2より軸上色収差、そして第3レンズ群L3より倍率色収差が多く発生してくる。

#### 【0036】

条件式(10)は全系に含まれる全ての負レンズの材料のアッペ数の平均値を規定する式である。条件式(10)の上限を超えて負レンズの材料のアッペ数の平均値が大きすぎる場合、すなわち負レンズの材料が平均的に低分散な場合は、第2レンズ群L2の負レンズによる色消し作用が薄れる。この結果、ズーム領域全域に渡る軸上色収差が補正不足となる。また第1レンズ群L1の負レンズの材料が低分散すぎると実在の光学材料にて高屈折率なものが少ないため全系の小型化のために屈折力を強めようすると広角側において像面湾曲、そして望遠側において球面収差が多く発生してくる。条件式(10)の下限を超えて負レンズの材料のアッペ数の平均値が小さすぎる場合は、第2レンズ群L2の負レンズの材料が高分散となり二次スペクトルが多く発生してくる。

10

#### 【0037】

一般的に高分材料は部分分散比が大きいため色消しをした際に短波長側が補正過剰となり青側の色にじみを招きやすい。また第1レンズ群L1の負レンズの材料が高分散すぎると倍率色収差が多く発生してくる。更に好ましくは条件式(3)乃至(10)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

#### 【0038】

20

3.10 < fpa / fw < 3.85	··· (3a)
1.81 < Nna	··· (4a)
-0.27 < fna / ft < -0.15	··· (5a)
0.35 < f2 / ft < 0.53	··· (6a)
0.85 < f3 / ft < 1.25	··· (7a)
0.80 < M2 / ft < 1.00	··· (8a)
36.0 < p a < 42.8	··· (9a)
31.0 < n a < 32.9	··· (10a)

以上のように各実施例によれば、全系の小型化を図りつつズーム比が4.7以上の高ズーム比で全ズーム範囲にわたり像面湾曲が小さく良好な光学性能を有するズームレンズが得られる。

30

#### 【0039】

次に各実施例のレンズ構成について説明する。各実施例において第1レンズ群L1はレンズ断面図に示すように物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズを有している。具体的には、第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に、像側に凹面を向けた負の第11レンズG11、物体側に凸面を向けた正の第12レンズG12で構成している。これにより前玉有効径の小型化と色収差の補正を良好に行っている。また、負の第11レンズG11と正の第12レンズG12はともに高屈折率材料を用いることにより、所望の屈折力に対してなるべくレンズ面の曲率を緩くして広角側において像面湾曲、望遠側において球面収差等の発生を低減している。また正の第12レンズG12にはアッペ数が小さい高分散材料を用い、負の第11レンズG11の材料のアッペ数との差を十分取るように構成し屈折力をあまり強めずに色収差を補正している。さらに負の第11レンズG11の両レンズ面を非球面形状とし、広画角化と全系の小型化を図りながら広角側において像面湾曲と、非点収差を良好に補正している。負の第11レンズG11の像側のレンズ面のみを非球面形状としても同様の効果が得られる。

40

#### 【0040】

実施例1乃至3において第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に、物体側に凸面を向けた正の第21レンズG21、正の第22レンズG22と負の第23レンズG23からなる負の屈折力の接合レンズ、正の第24レンズG24で構成される。実施例4において、第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に、正の第21レンズと負の第22レンズからな

50

る正の屈折力の接合レンズ、正の第23レンズG23で構成される。

【0041】

いずれの実施例においても第2レンズ群L2を構成する正レンズには高屈折率材料を用いて、レンズの薄型化を図っている。また高屈折率材料とすることでペツツバール和の値を小さく抑え像面湾曲を良好に補正している。高ズーム比化を図るには第2レンズ群L2の屈折力を強める必要があるが、正レンズに高屈折率材料をも用いることによって像面の平坦性を容易にしている。また第2レンズ群L2の負レンズについても高屈折率材料を用いて球面収差と、コマ収差を良好に補正している。

【0042】

各実施例において第3レンズ群L3は正の第31レンズG31で構成される。第3レンズ群L3は1つのレンズよりなり、軽量であるため駆動が容易となり、これにより迅速なフォーカスを容易にしている。また第3レンズ群L3の正の第31レンズG31に高屈折率材料を用いることにより、レンズの薄型化とペツツバール和の低減を図っている。なお各実施例においては任意のレンズ群を光軸に対して垂直な方向に移動させて結像位置を変位させ手ぶれ補正を行っても良い。

【0043】

次に本発明の各実施例の数値実施例を示す。各数値実施例において、iは物体側からの面の順序を示す。数値実施例においてriは物体側より順に第i番目のレンズ面の曲率半径である。diは物体側より順に第i番目のレンズ厚及び空気間隔である。ndiとdiは各々物体側より順に第i番目の材料のd線に対する屈折率、アッベ数である。又前述の各条件式と数値実施例の関係を表1に示す。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を円錐定数、A4, A6, A8, A10, A12を各々非球面係数としたとき

【0044】

【数1】

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

【0045】

なる式で表している。また、[e+X]は[×10<sup>X</sup>]を意味し、[e-X]は[×10<sup>-X</sup>]を意味している。BFはレンズ最終面から近軸像面までの距離(バックフォーカス)を空気換算したものである。レンズ全長はレンズ最前面からレンズ最終面までの距離にバックフォーカスBFを加えたものである。非球面は面番号の後に\*を付加して示す。

【0046】

【数値実施例1】

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	-70.070	1.00	1.84954	40.1
2*	6.688	1.91		
3	10.503	1.53	1.94595	18.0
4	20.495	(可変)		
5*	6.820	1.60	1.85135	40.1
6	222.233	0.20		
7	8.056	1.25	1.80400	46.6
8	44.556	0.50	1.80809	22.8
9	3.925	0.95		

10

20

30

40

50

10*	317.377	1.30	1.76802	49.2
11*	-18.077	0.50		
12(絞り)		(可変)		
13	32.356	1.50	1.71300	53.9
14	-30.223	(可変)		
15		0.80	1.51633	64.1
16		<u>0.41</u>		

像面

【 0 0 4 7 】

10

非球面データ

第1面

$K = -3.87519e+001$   $A_4 = 1.00832e-005$   $A_6 = 2.70500e-006$   $A_8 = -5.94864e-008$   
 $A_{10} = 2.56058e-010$   $A_{12} = 1.73400e-012$

第2面

$K = -1.39145e+000$   $A_4 = 3.56819e-004$   $A_6 = 7.55304e-006$   $A_8 = -1.43040e-007$   
 $A_{10} = 2.05905e-009$   $A_{12} = -4.52444e-011$

第5面

20

$K = -2.27089e-001$   $A_4 = -3.07024e-004$   $A_6 = -6.29064e-006$   $A_8 = 2.04588e-007$   
 $A_{10} = -2.35144e-008$

第10面

$K = 4.87266e+002$   $A_4 = 4.43585e-004$   $A_6 = 3.53534e-005$   $A_8 = -7.59402e-006$   
 $A_{10} = 5.32148e-007$

第11面

$K = 0.00000e+000$   $A_8 = -6.73754e-006$

30

各種データ

ズーム比	4.75		
	広角	中間	望遠
焦点距離	5.11	12.76	24.25
Fナンバー	2.88	4.88	6.09
半画角(度)	37.74	17.23	9.13
像高	3.33	3.88	3.88
レンズ全長	36.91	33.79	42.83
BF	3.94	3.93	3.93

40

d 4	15.76	4.17	0.50
d12	4.97	13.45	26.17
d14	3.00	3.00	2.99

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-11.77
2	5	10.46
3	13	22.14

50

4 15

## 【 0 0 4 8 】

[ 数値実施例 2 ]

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	
1*	-44.832	1.00	1.85135	40.1	
2*	5.532	1.71			10
3	9.187	1.70	2.14352	17.8	
4	15.592	(可変)			
5*	5.840	1.50	1.84954	40.1	
6	39.435	0.20			
7	7.635	1.30	1.80400	46.6	
8	-24.443	0.40	2.00069	25.5	
9	4.418	0.81			
10	30.828	1.00	1.77250	49.6	
11	-12.982	0.50			
12(絞り)		(可変)			20
13*	-57.286	1.60	1.85135	40.1	
14	-15.718	(可変)			
15		0.80	1.51633	64.1	
16		<u>0.40</u>			

## 像面

## 【 0 0 4 9 】

## 非球面データ

## 第1面

$K = 2.85740e+001$   $A_4 = 4.88252e-005$   $A_6 = 2.26281e-006$   $A_8 = -2.20405e-008$   
 $A_{10} = 3.86222e-011$   $A_{12} = 6.15933e-013$

30

## 第2面

$K = -2.12045e+000$   $A_4 = 1.13127e-003$   $A_6 = -1.43808e-005$   $A_8 = 5.91585e-007$   
 $A_{10} = -6.99870e-009$   $A_{12} = -9.44669e-011$

## 第5面

$K = -1.87340e-001$   $A_4 = -2.68563e-004$   $A_6 = -6.31462e-006$   $A_8 = 1.13177e-007$   
 $A_{10} = -1.92335e-008$

40

## 第13面

$K = -8.69856e+001$   $A_4 = -3.21620e-005$   $A_6 = -9.74850e-006$   $A_8 = 4.74513e-007$   
 $A_{10} = -8.69199e-009$

40

## 各種データ

ズーム比	6.20			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	3.71	11.38	23.00	
Fナンバー	2.73	4.72	6.96	
<u>半画角(度)</u>	48.40	19.36	9.65	50

像高	2.98	3.88	3.88
レンズ全長	35.48	31.46	41.55
BF	4.10	4.02	3.90
d 4	16.43	3.59	0.45
d12	3.24	12.14	25.49
d14	3.18	3.10	2.97

## ズームレンズ群データ

10

群	始面	焦点距離
1	1	-9.24
2	5	9.03
3	13	25.00
4	15	

## 【 0 0 5 0 】

## [ 数値実施例 3 ]

単位 mm

20

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	-46.123	1.00	1.85135	40.1
2*	5.587	1.72		
3	9.005	1.60	2.14352	17.8
4	15.203	(可変)		
5*	5.879	1.30	1.88300	40.8
6	47.019	0.20		
7	7.484	1.30	1.80400	46.6
8	-19.726	0.40	2.00069	25.5
9	4.223	0.54		
10	26.114	1.00	1.88300	40.8
11	-18.947	0.50		
12(絞り)	(可変)			
13*	-98.523	1.60	1.85135	40.1
14	-14.626	(可変)		
15		0.80	1.51633	64.1
16		<u>0.40</u>		

像面

30

## 【 0 0 5 1 】

## 非球面データ

第1面

K = 2.85563e+001 A 4= 1.20740e-004 A 6= 1.53578e-006 A 8=-3.05476e-008  
 A10= 1.74873e-011 A12= 2.69089e-012

第2面

K =-2.14357e+000 A 4= 1.24873e-003 A 6=-9.22520e-006 A 8= 5.07448e-007  
 A10=-1.21724e-008 A12= 2.31457e-011

40

## 第5面

K =-1.00914e-001 A 4=-2.66821e-004 A 6=-3.80277e-006 A 8=-5.18226e-007  
 A10= 5.11737e-008

## 第13面

K =-4.65118e+001 A 4=-1.09598e-004 A 6=-5.43218e-006 A 8= 3.22289e-007  
 A10=-6.60458e-009

## 各種データ

ズーム比	4.82	10	
	広角	中間	望遠
焦点距離	3.71	9.35	17.88
Fナンバー	2.84	3.98	6.08
半画角(度)	48.20	23.29	12.21
像高	2.98	3.88	3.88
レンズ全長	34.53	29.99	36.42
BF	4.07	4.02	3.94
d 4	16.08	4.93	1.43
d12	3.22	9.89	19.90
d14	3.15	3.10	3.02

## ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	30
1	1	-9.51	
2	5	8.99	
3	13	20.00	
4	15		

【0 0 5 2】

[数値実施例4]

単位 mm

## 面データ

面番号	r	d	nd	d	40
1*	71.823	0.70	1.85135	40.1	
2*	4.942	1.57			
3	8.165	1.60	2.14352	17.8	
4	12.516	(可変)			
5*	4.276	2.00	1.85135	40.1	
6	-69.577	0.50	1.84666	23.9	
7	3.930	0.86			
8*	14.422	1.30	1.69350	53.2	
9*	-13.292	0.50			
10(絞り)		(可変)			
11*	32.703	1.40	1.58313	59.4	
12*	-25.889	(可変)			
13		0.30	1.51633	64.1	
14		<u>0.52</u>			50

像面

【 0 0 5 3 】

非球面データ

第1面

K =-7.60738e+000 A 4=-2.51609e-004 A 6= 3.30714e-006 A 8= 2.76967e-008  
 A10=-2.09909e-010 A12=-8.28712e-012

第2面

K =-9.58544e-001 A 4= 1.13637e-004 A 6=-3.36396e-006 A 8=-6.19198e-008  
 A10= 3.35657e-008 A12=-7.26049e-010

10

第5面

K =-5.51061e-001 A 4= 2.56388e-004 A 6= 7.94199e-007 A 8= 2.16781e-006  
 A10=-1.77496e-007

第8面

K =-3.96218e+001 A 4= 1.23838e-003 A 6=-6.66587e-005 A 8=-2.15450e-005  
 A10= 6.59771e-006

20

第9面

K =-4.23984e+000 A 4=-3.06864e-004 A 6= 9.60640e-005 A 8=-3.20785e-005  
 A10= 6.66292e-006

第11面

K = 1.06090e+001 A 4= 1.10680e-004 A 6= 5.94350e-007 A 8=-2.71313e-007

第12面

K =-1.09268e+002 A 4=-4.06311e-004 A 6= 2.57025e-005 A 8=-7.41340e-007

30

各種データ

ズーム比	4.74		
	広角	中間	望遠
焦点距離	4.43	10.96	21.00
Fナンバー	2.66	4.49	6.01
半画角(度)	42.54	19.87	10.47
像高	3.41	3.88	3.88
レンズ全長	32.41	29.61	37.32
BF	4.50	4.31	4.02
d 4	13.71	3.58	0.30
d10	3.78	11.30	22.58
d12	3.78	3.59	3.30

40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-10.21
2	5	9.23
3	11	25.00

50

4 13

【0054】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
条件式(1)	0.485	0.402	0.532	0.486
条件式(2)	1.816	1.884	1.913	1.818
条件式(3)	3.363	3.741	3.449	3.225
条件式(4)	1.829	1.926	1.929	1.849
条件式(5)	-0.258	-0.205	-0.259	-0.253
条件式(6)	0.431	0.393	0.503	0.439
条件式(7)	0.913	1.087	1.119	1.190
条件式(8)	0.874	0.958	0.926	0.872
条件式(9)	41.6	38.8	37.2	42.6
条件式(10)	31.5	32.8	32.8	32.0

10

【0055】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）の実施例を図9を用いて説明する。図9において、20はカメラ本体、21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である。22はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系21によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。23は撮像素子22によって光電変換された被写体像に対応する情報を記録するメモリである。24は液晶ディスプレイパネル等によって構成され、固体撮像素子22上に形成された被写体像を観察するためのファインダーである。このように本発明のズームレンズをデジタルスチルカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

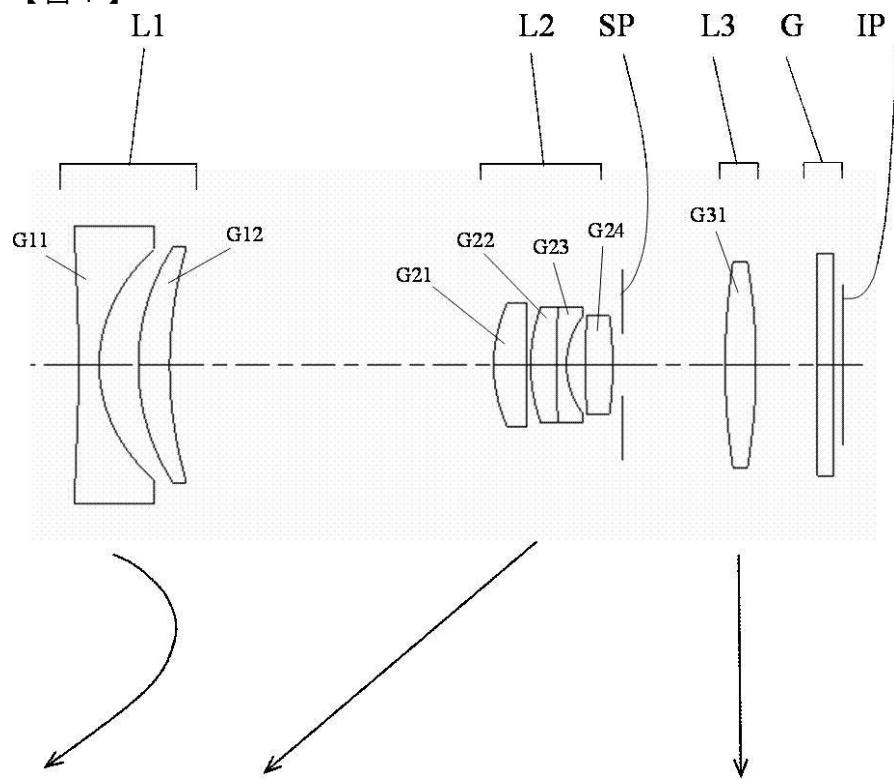
20

【符号の説明】

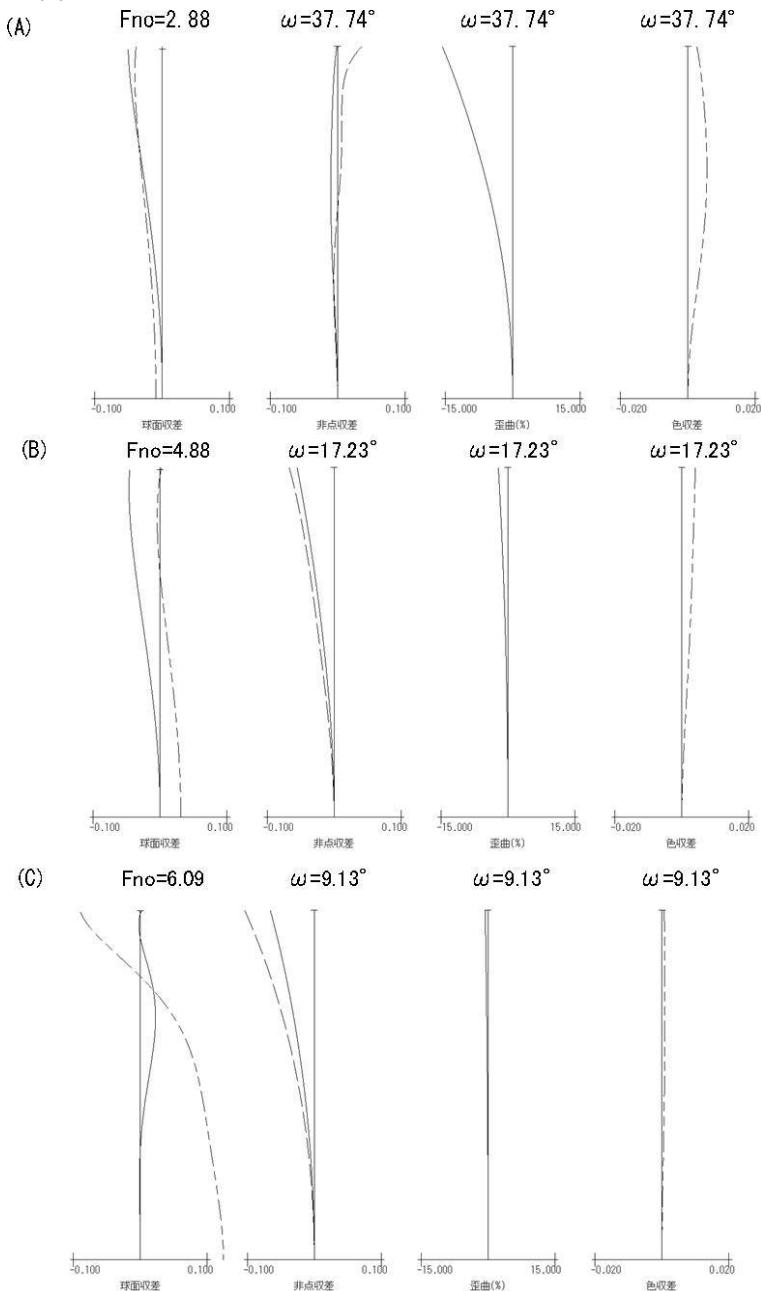
【0056】

L1 第1レンズ群、 L2 第2レンズ群、 L3 第3レンズ群、 S P F ナンバー決定部材（開口絞り）、 I P 像面、 G ガラスブロック

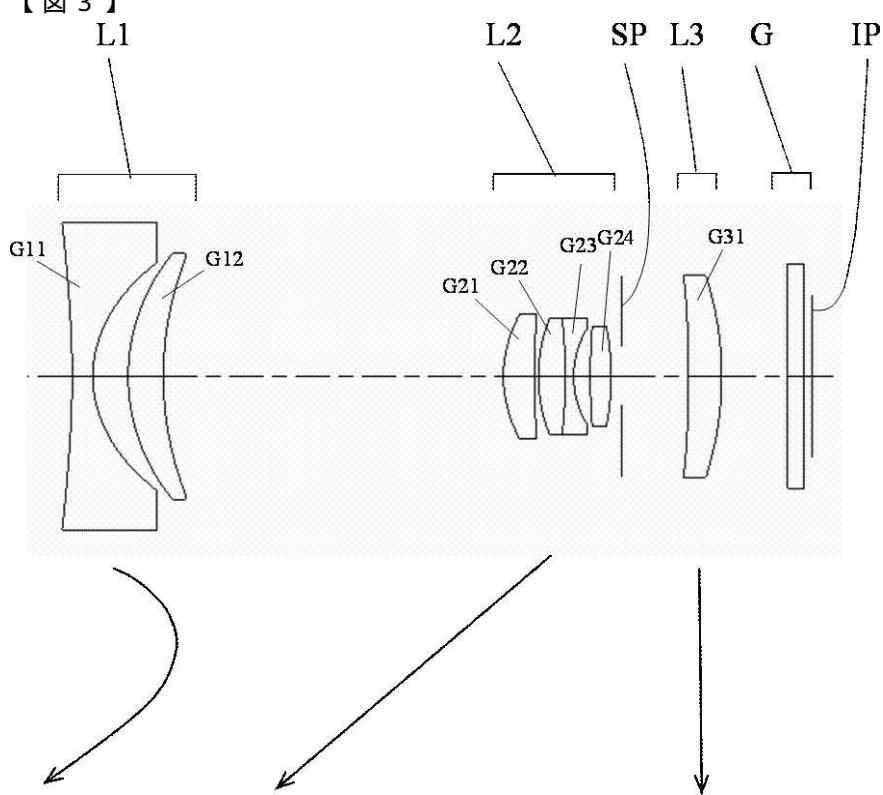
【図1】



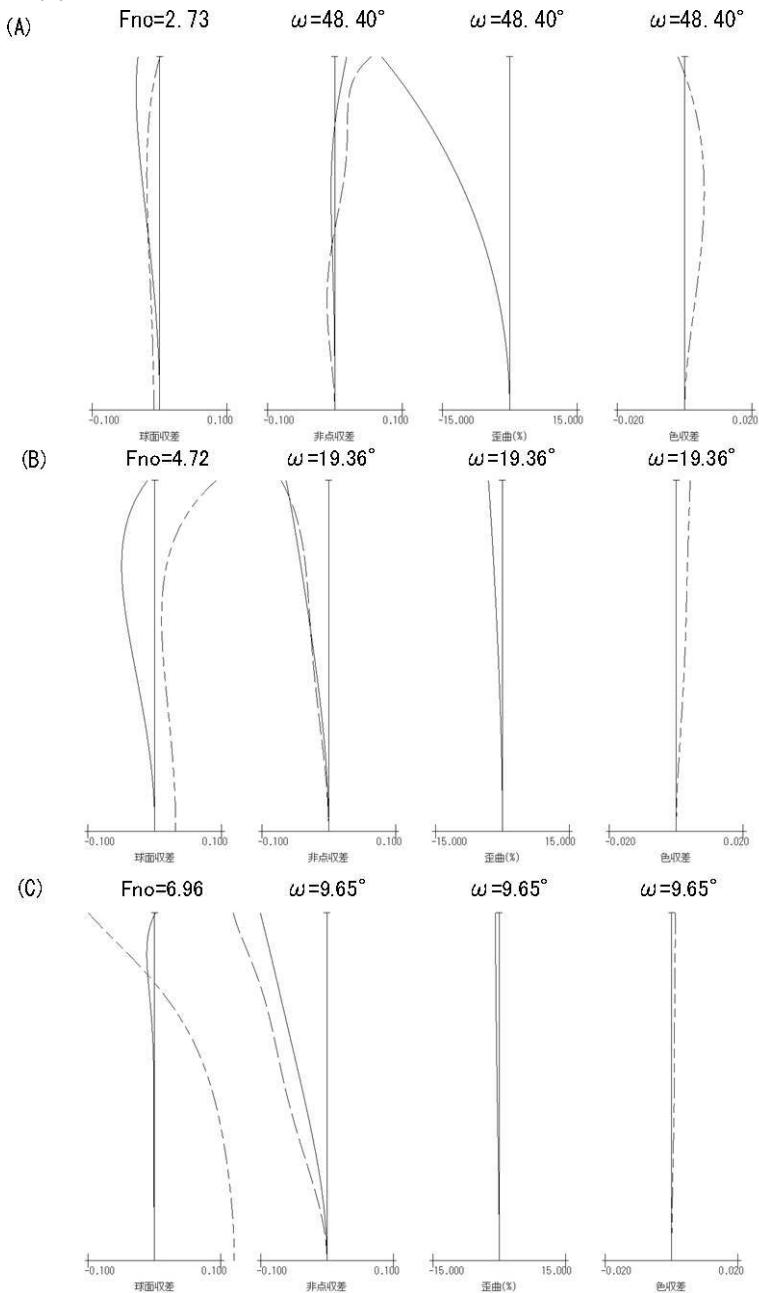
【図2】



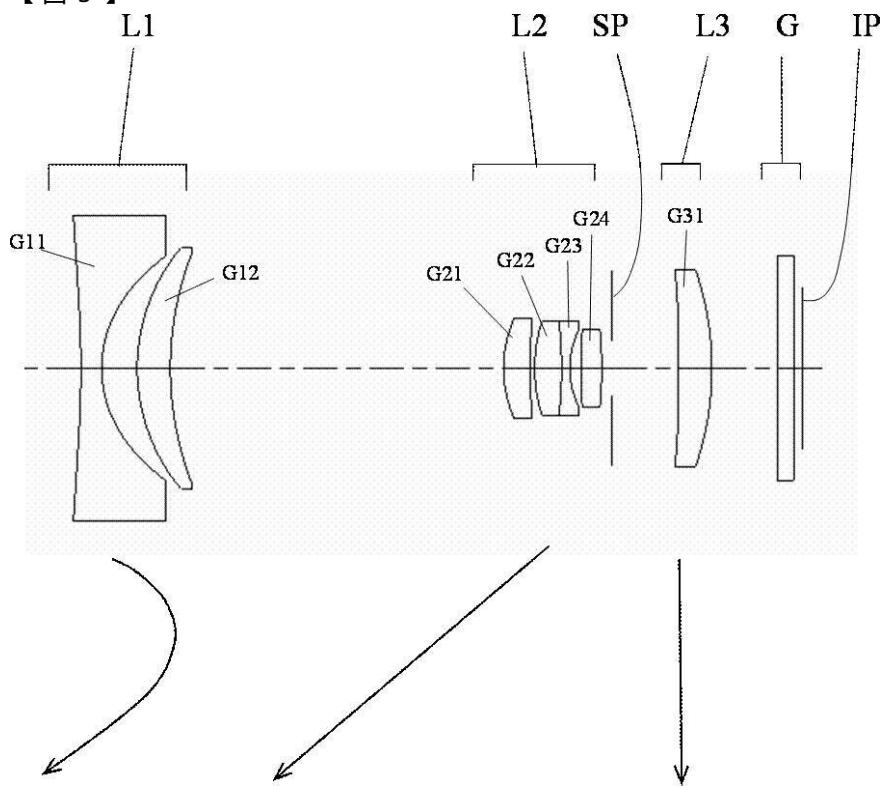
【図3】



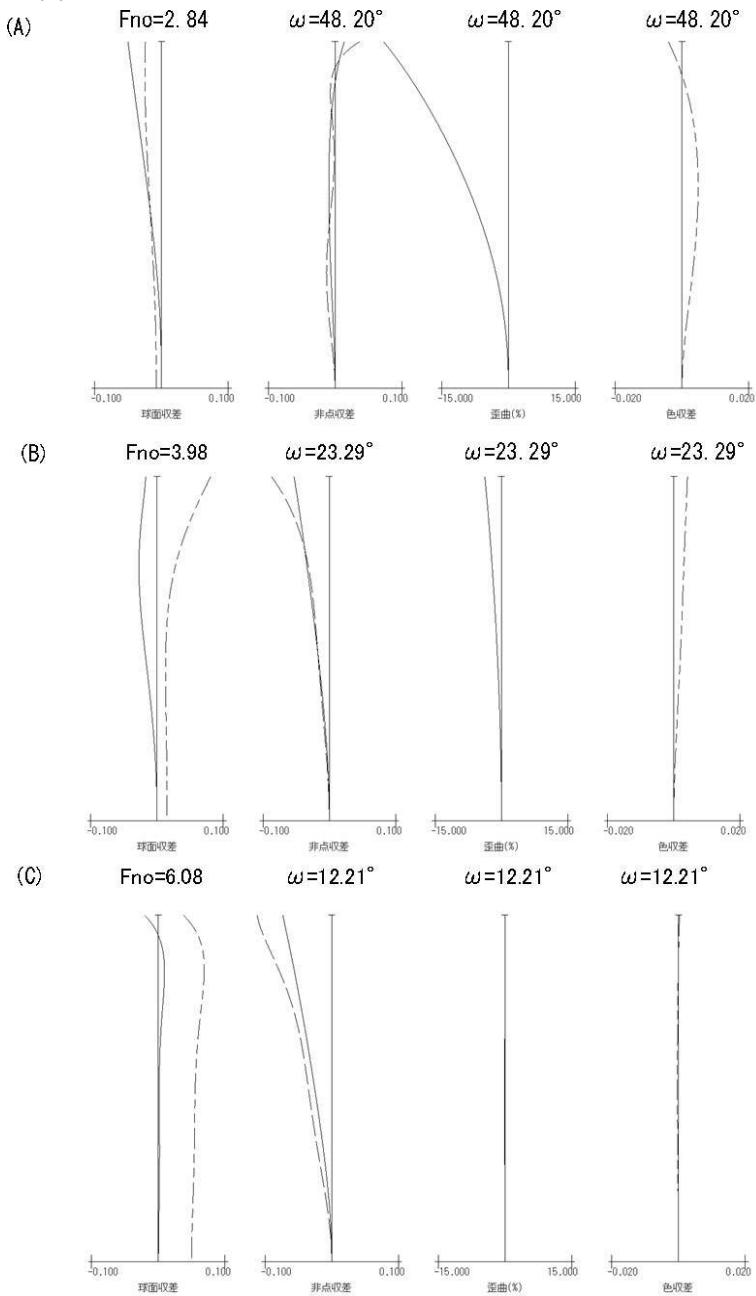
【図4】



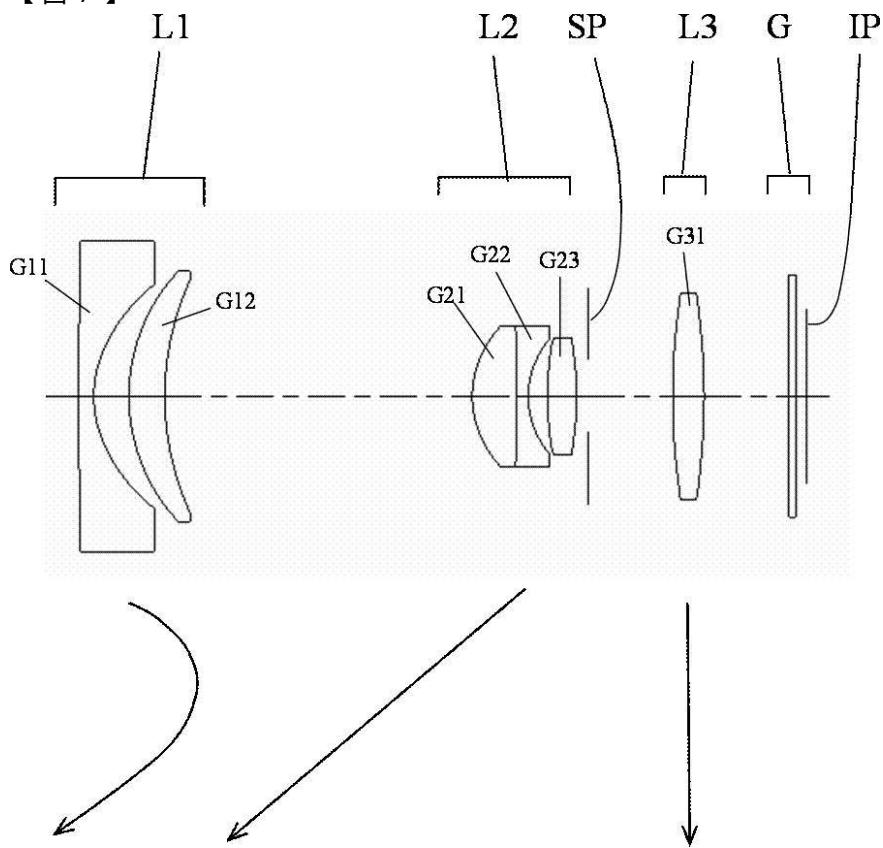
【図5】



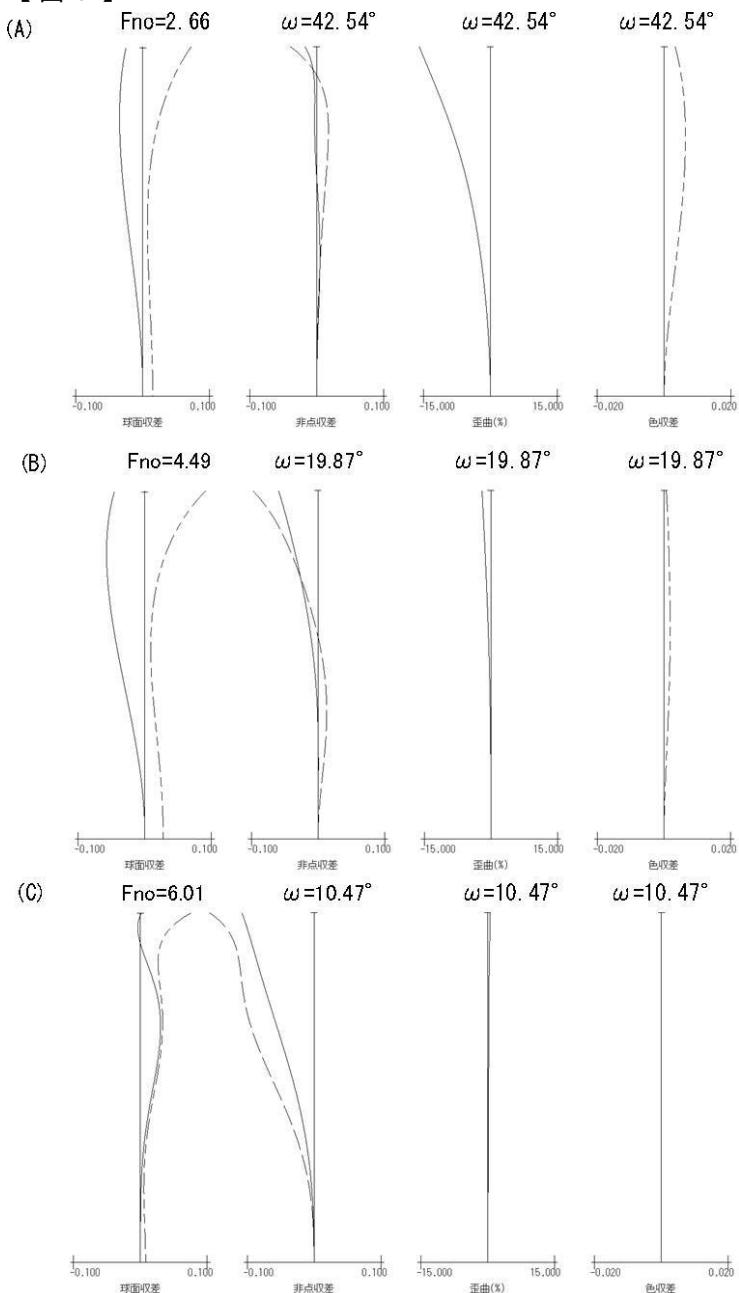
【図6】



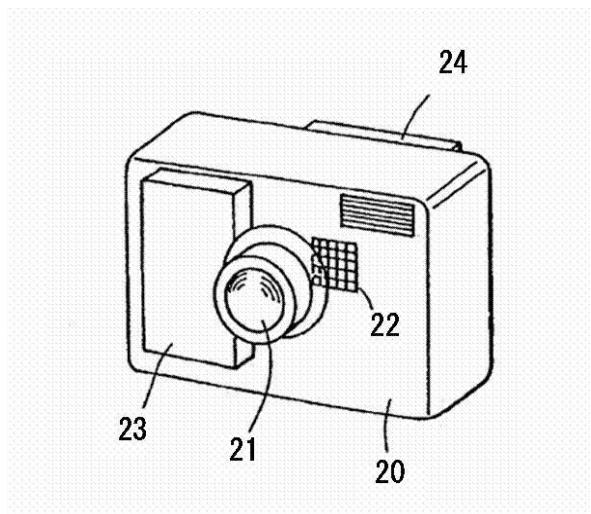
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 02 B 15 / 20

G 02 B 13 / 18