

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5555129号
(P5555129)

(45) 発行日 平成26年7月23日(2014.7.23)

(24) 登録日 平成26年6月6日(2014.6.6)

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

請求項の数 10 (全 31 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-236311 (P2010-236311) (22) 出願日 平成22年10月21日(2010.10.21) (65) 公開番号 特開2012-88602 (P2012-88602A) (43) 公開日 平成24年5月10日(2012.5.10) 審査請求日 平成25年8月19日(2013.8.19)</p>	<p>(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 篠原 健志 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内 審査官 堀井 康司</p>
---	--

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】

物体側より像側へ順に、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レンズ群より構成され、ズーミングに際して、前記第1レンズ群は不動で、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と前記第4レンズ群が移動するズームレンズにおいて、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間に開口径が固定のフレアカット絞りを有し、前記フレアカット絞りはズーミングに際して移動し、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第3レンズ群の移動量を f_{3st} 、前記フレアカット絞りの移動量を S_{st} とするとき、

$$1.2 < S_{st} / f_{3st} < 2.0$$

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】

前記第2レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 2_w 、 2_t とするとき、
 $3.5 < 2_t / 2_w < 6.5$
 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】

前記第3レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 3_w 、 3_t とするとき、
 $3.6 < 3_t / 3_w < 10.0$
 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】

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

、

$$-2.2 < f_2 / f_w < -1.8$$

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】

広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき

、

$$11.0 < f_1 / f_w < 14.0$$

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

【請求項 6】

前記フレアカット絞りは、広角端から望遠端へのズームングに際して、像側へ移動あるいは物体側に凸状の軌跡で移動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】

前記フレアカット絞りは、ズームングに際して、前記第 2 レンズ群及び前記第 3 レンズ群とは異なる軌跡で移動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】

前記第 3 レンズ群の全体あるいは一部は、光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動して、撮影画像を光軸に対して垂直方向に移動させ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】

請求項 1 乃至 8 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を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 10】

前記ズームレンズは広角側における有効像円径が望遠端における有効像円径よりも小さいことを特徴とする請求項 9 の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、特にビデオカメラ、銀塩写真用カメラ、デジタルカメラ、TVカメラ、監視用カメラなどに好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、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等の撮像装置に用いる撮影光学系は、広画角、高ズーム比のズームレンズであることが要望されている。これらの要求に応えるズームレンズとして、物体側より像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の第 1～第 4 レンズ群より成る 4 群ズームレンズが知られている。このうち、第 2 レンズ群と第 3 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の補正を行うとともに、第 4 レンズ群でフォーカスを行うリアフォーカス式の 4 群ズームレンズが知られている（特許文献 1、2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 47771 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 128607 号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、撮像装置に用いる撮影レンズ系（撮影光学系）には、広画角で高ズーム比（高倍率）であることが強く望まれている。また、撮像素子の高画素化に伴い、より高い光学性能を有していることが要望されている。高い光学性能を得るには、有効画角以外の光束やレンズ面で反射した光束等が撮像面に入射し、フレア光となるのを防止することが重要になってくる。

【0005】

一般に広画角で高ズーム比のズームレンズはフレア光の発生が多い。このため、フレア光をカットするために光路中に開口径が固定のフレアカット絞りを配置することが行なわれている。

特許文献1の正、負、正、正の屈折力のレンズ群より成る4群ズームレンズは、開口絞りの物体側に開口径が固定のフレアカット絞りを配置している。しかしながらフレアカット絞りでどのようなフレアをカットするのか記述が無く、また、広角端の撮影画角が広画角という点では必ずしも十分とは言えなかった。また、特許文献2に開示されている4群ズームレンズは、第2レンズ群の被写体側と像側、あるいは第3レンズ群の内部にフレアカット絞りを配置している。そしてレンズ群と一体的に移動させる事で全系の小型化を図りつつ広画角を図っている。しかし、ズーミングに際して第1レンズ群が移動しているために望遠端においてレンズ全長が長くなる傾向があった。

【0006】

本発明は、フレア光を効果的に軽減しつつ、広画角で全体がコンパクトな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】

【0007】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、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レンズ群より構成され、ズーミングに際して、前記第1レンズ群は不動で、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と前記第4レンズ群が移動するズームレンズにおいて、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間に開口径が固定のフレアカット絞りを有し、前記フレアカット絞りはズーミングに際して移動し、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第3レンズ群の移動量を f_{3st} 、前記フレアカット絞りの移動量を S_{st} とするとき、

$$1.2 < S_{st} / f_{3st} < 2.0$$

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】

【0008】

本発明によれば、フレア光を効果的に軽減しつつ、広画角で全体がコンパクトなズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施例1のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図2】実施例1のズームレンズの諸収差図

【図3】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

【図4】実施例2のズームレンズの諸収差図

【図5】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

【図6】実施例3のズームレンズの諸収差図

【図7】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

【図8】実施例4のズームレンズの諸収差図

【図9】実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図10】実施例5のズームレンズの諸収差図

【図 1 1】実施例 6 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図 1 2】実施例 6 のズームレンズの諸収差図

【図 1 3】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】

【0010】

以下、図面を用いて本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、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 レンズ群を有する。そしてズーミングに際して第 1 レンズ群が不動で、第 2 レンズ群と第 3 レンズ群と第 4 レンズ群が光軸上を移動する。第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間に開口径が固定のフレアカット絞りを有し、フレアカット絞りはズーミングに際して移動する。

10

【0011】

本発明のズームレンズにおいて、第 1 レンズ群の物体側又は第 4 レンズ群の像側の少なくとも一方に屈折力のあるレンズ群が配置されていても良い。図 1 は、本発明の実施例 1 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 2 (A)、(B)、(C) 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）、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。数値実施例 1 のズームレンズはズーム比 9.71、広角端における撮影画角 70.82°である。

【0012】

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、本発明の実施例 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。数値実施例 2 のズームレンズはズーム比 9.71、広角端における撮影画角 75.28°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、本発明の実施例 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。数値実施例 3 のズームレンズはズーム比 13.68、広角端における撮影画角 70.78°である。

20

【0013】

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、本発明の実施例 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。数値実施例 4 のズームレンズはズーム比 9.70、広角端における撮影画角 76.56°である。図 9 は、本発明の実施例 5 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 10 (A)、(B)、(C) は、本発明の実施例 5 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。数値実施例 5 のズームレンズはズーム比 11.71、広角端における撮影画角 75.3°である。

30

【0014】

図 11 は、本発明の実施例 6 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 12 (A)、(B)、(C) は、本発明の実施例 6 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。数値実施例 6 のズームレンズはズーム比 9.71、広角端における撮影画角 75.26°である。図 13 は本発明のズームレンズを搭載するビデオカメラ（撮像装置）の要部概略図である。

40

【0015】

数値実施例 1 乃至 6 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る。レンズ断面図において、左方が被写体側（物体側）で、右方が像側である。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（絞り）であり、第 3 レンズ群 L3 の物体側に位置しており、ズーミングに際して固定である。尚、絞り SP はズーミングに際して移動しても良い。FC は開口径が固定（不変）のフレアカット絞りであり、第 2 レンズ群 L2 と第 3 レンズ群 L3 の間に位置しており、ズーミングに際して他のレンズ群とは独立に移動する。

【0016】

50

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ブロックである。IPは像面であり、デジタルスチルカメラやビデオ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の撮像面が、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。収差図において、球面収差はd線、g線について示している。非点収差図においてM、Sはメリディオナル像面、サジタル像面である。倍率色収差はg線によって表している。また、FnoはFナンバーである。は半画角(度)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レンズ群(第2レンズ群)が機構上光軸上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。

【0017】

各実施例では、広角端から望遠端へのズームングに際して矢印のように、第2レンズ群L2は像側に移動し、第3レンズ群L3は被写体側に非直線的に移動することによってズームングを行っている。このとき第3レンズ群L3は、ズームングによる像面湾曲の変化を補正するために望遠側寄りのズーム位置にて変曲点を持つように曲線を描いて移動している。また、第4レンズ群L4を物体側に移動させることで変倍に伴う像面変動を補正している。また、第4レンズ群L4を光軸上移動させてフォーカシングを行うリアフォーカス式を採用している。第4レンズ群L4に関する実線の曲線4aと点線の曲線4b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変倍に伴う像面変動を補正するための移動軌跡である。

【0018】

又、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、矢印4cに示すように第4レンズ群L4を前方に繰り出すことで行っている。尚、第1レンズ群L1はフォーカスの為には光軸方向に固定であるが、収差補正上必要に応じて移動させてもよい。又、撮影時には、該第3レンズ群L3の全体または一部は、光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動して、撮影画像を光軸に対して垂直方向に移動させている。これによりズームレンズが振動したときの撮影画像のブレを補正している。

【0019】

各実施例のズームレンズは、広画角化及び全系のコンパクト化を図っている。ここで広画角化を達成するには第1レンズ群が負のパワーのネガティブリードタイプが有利である。しかしながら、ネガティブリードタイプは、ズーム比(倍率)を上げた際のFナンバーの落ちが大きくなる。すなわちFナンバーが大きくなる。特に望遠端においてFナンバーの落ちが大きくなってくる。そのため、高ズーム比化を達成することが困難である。これに対して物体側から像側へ順に、正、負、正、正の屈折力のレンズ群より成る4群ズームレンズは高ズーム比化に対するFナンバーの落ちが少ない。

【0020】

各実施例のズームレンズでは、ズームングに際して第2、第4レンズ群を移動させるとともに第3レンズ群も可動とする事で広角側の入射瞳を前玉寄りにして、前玉有効径の増大を抑えつつ広画角化を図っている。具体的には、広角端に比べて前玉有効径を決定する広角側寄りのズーム位置において第3レンズ群L3が被写体側に位置するように移動させている。また、第3レンズ群L3に変倍分担を持たせることによって第2レンズ群L2の変倍分担を減らして、前玉(第1レンズ群L1)から絞りSPまでのスペースを小さくして、前玉有効径の小型化を図っている。また、開口径が固定(不変)のフレアカット絞りFCを採用し、ズームングに際して他のレンズ群と独立に移動することによって、特に広角側のズーム位置において不要光をカットして、全系の小型化と高性能化を図っている。

【0021】

広角側のズーム位置では、中間像高の下側光線が第2、第3レンズ群間で軸上光束の外側を通るため、コマフレアの発生の原因となる。そのため、広角側のズーム位置で軸上光束径が小さい被写体側にフレアカット絞りFCを配置する事で下線フレアを効率よくカットしている。ただし、広角側のズーム位置でフレアカット絞りFCを被写体寄り配置し過ぎると不要光をカットすることに対しては好ましいが、画面周辺光量が低下してくる。このため、フレアカット絞りFCの光軸方向の位置を適切に設定することが重要となる。具

10

20

30

40

50

体的には、フレアカット絞りFCで軸上光束をカットしてしまうとFナンバーが落ちてしまうため、フレアカット絞りFCは中間像高の下側光線と軸上光束の下側光線が交差する付近に配置する事が画面周辺光量を確保する上でも良い。

【0022】

各実施例のズームレンズにおいて、広画角化を達成するためには、全系の焦点距離を短くするのが良い。全系の焦点距離を短くするためには、第2レンズ群のパワーを強める必要がある。その際、広角側のズーム位置において像面湾曲や中間像高のコマ収差が多く発生してくる。各実施例では、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に開口径が固定(不変)のフレアカット絞りFCを配置することによって不要光をカットしている。そして第3レンズ群L3をズーミングに際して移動させることによって前玉有効径の小型化を図りつつ広画角なズームレンズを得ている。各実施例では以上の如く構成することにより、広画角かつ高ズーム比でズーム全域にわたりフレア光が少なく高い光学性能を有したコンパクトなズームレンズを得ることができる。各実施例において更に好ましくは次の諸条件のうち1以上を満足するのが良い。

10

【0023】

第2レンズ群L2の広角端と望遠端における横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ とする。第3レンズ群L3の広角端と望遠端における横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$ とする。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L1と第2レンズ群L2の焦点距離を各々 f_2 とする。広角端から望遠端へのズーミングに伴う第3レンズ群L3と、フレアカット絞りFCの移動量を各々 f_{3st} 、 S_{st} とする。

20

【0024】

ここで、広角端から望遠端へのズーミングに伴う第3レンズ群L3の移動量 f_{3st} は、広角端と望遠端における第3レンズ群L3の像面に対する位置の差である。ただし、広角端に比べ望遠端において、第3レンズ群L3が物体側に位置するときの符号を負とし、像側に位置するときの符号を正とする。フレアカット絞りFCの移動量 S_{st} についても第3レンズ群L3と同様である。このとき、

$$2.0 < 2t / 2w < 6.5 \quad \dots (1)$$

$$3.6 < 3t / 3w < 10.0 \quad \dots (2)$$

$$-2.2 < f_2 / f_w < -1.8 \quad \dots (3)$$

$$11.0 < f_1 / f_w < 14.0 \quad \dots (4)$$

$$1.2 < S_{st} / f_{3st} < 2.0 \quad \dots (5)$$

30

なる条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0025】

条件式(1)は、第2レンズ群L2の変倍分担に関する。条件式(1)の下限値を下回ると、第2レンズ群L2の変倍分担が減る。このため、広角側において像面湾曲、倍率色収差の補正が容易になる。しかしながら、高ズーム比化を図るためには第3レンズ群L3の変倍分担が増加し、第3レンズ群L3の移動量が増加してレンズ全長が大型化してくる。一方、上限値を上回ると、第2レンズ群L2の変倍分担が増えるため、ズーミングに際しての第2レンズ群L2の移動量が増大し、前玉有効径が大型化してくる。また、第2レンズ群L2のパワーが強まるためにズーミングに伴う像面湾曲の変動が大きくなる。

40

【0026】

条件式(2)は、第3レンズ群L3の変倍分担に関する。条件式(2)の下限値を下回ると、第3レンズ群L3の変倍分担が減るため、高ズーム比化を図るためには第2レンズ群L2の移動量を増大せねばならない。この結果、前玉有効径が大型化してくる。一方、条件式(2)の上限値を上回ると、第3レンズ群L3の変倍分担が増えるため、絞りSPと第3レンズ群L3の間隔が広がり、特に広角端において上線フレアを抑えるのが困難となる。また、第3レンズ群L3のズーミングの際の移動量を多く確保しなければならず、この結果レンズ全長が増大してくるので良くない。

【0027】

条件式(3)は、第2レンズ群L2のパワーに関し、主にズーム全域において像面湾曲

50

を良好に補正するためのものである。条件式(3)の下限値を下回ると、第2レンズ群L2のパワーが弱まるためにズームによる像面湾曲の変動が小さくなり光学性能上好ましい。しかしながら、ズームの際の第2レンズ群L2の移動量が大きくなるため、レンズ全長が大型化してくる。一方、上限値を上回ると、第2レンズ群L2のパワーが強まり、ズームに際しての第2レンズ群L2の移動量が減るために前玉有効径が小型化になる。しかしながらズームに際して像面湾曲の変動が大きくなるため好ましくない。

【0028】

条件式(4)は、第1レンズ群L1のパワー配分に関し、主に望遠端において球面収差及び軸上色収差を良好に補正するためのものである。条件式(4)の下限値を下回ると、第1レンズ群L1のパワーが強まるため、望遠端において球面収差を補正するのが困難になる。また、望遠端において軸上色収差を補正するのが困難になる。一方、上限値を上回ると、第1レンズ群L1のパワーが弱まるために、ズームの際の第2レンズ群L2の移動量が増え、前玉有効径が大型化するため好ましくない。

10

【0029】

条件式(5)は、ズームに際しての第3レンズ群L3とフレアカット絞りFCの移動量の比に関する。条件式(5)の下限値を下回ると、フレアカット絞りFCの移動量が少なくなり、広角側のズーム位置において下線フレアを十分にカットする事が難しくなり、光学性能が劣化してくる。また、第3レンズ群L3の移動量が大きくなりすぎて、レンズ全長が大型化し、また広角側のズーム位置で上線フレアにより光学性能が劣化してくる。一方、上限値を上回ると、フレアカット絞りFCの移動量が増えるので、前玉有効径の小型化及び下線フレアのカットが容易になるが、画面周辺光量を確保するのが難しくなる。

20

【0030】

開口径が固定のフレアカット絞りFCは広角側のズーム位置で被写体側に配置し、広角端から望遠端のズームに際して単調に像側あるいは被写体側(物体側)に凸状の軌跡で移動させるのが良い。フレアカット絞りFCは、光学性能が劣化する原因となる広角側の中間像高の不要光をカットするために有効である。しかしながら、ズームするにつれて中間像高と周辺像高の光路差がなくなる。この為、画面周辺光量を確保する上でも広角端から望遠端へのズームと同時にフレアカット絞りFCは像側へ移動させるのが好ましい。

30

【0031】

より好ましくはフレアカット絞りFCはズームに際し第2レンズ群L2及び第3レンズ群L3とは独立に(異なる軌跡で)移動するのが良い。第2レンズ群L2、第3レンズ群L3はズームに際して増倍に寄与するように、各々像側と被写体側へ移動させている。このため、フレアカット絞りFCは画面周辺光量を確保するために第2レンズ群L2とは独立に像側へ移動させるのが良い。

【0032】

各実施例では以上のように各レンズ群を構成することによって、前玉有効径を小型化している。そしてレンズ系全体を小型化し、更に簡易なレンズ構成にもかかわらず、全ズーム範囲、又、物体距離全般にわたり高い光学性能を得ている。

40

【0033】

なお、各数値実施例において、収差補正上更に好ましくは、条件式(1)~(5)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0034】

$$2.2 < 2t / 2w < 6.4 \quad \dots (1a)$$

$$3.7 < 3t / 3w < 9.8 \quad \dots (2a)$$

$$-2.15 < f2 / fw < -1.85 \quad \dots (3a)$$

$$11.1 < f1 / fw < 13.8 \quad \dots (4a)$$

$$1.25 < Sst / f3st < 1.95 \quad \dots (5a)$$

より更に好ましくは、条件式(1a)~(5a)の数値範囲を次の如く設定するのが良

50

い。

【0035】

$$2.4 < 2t / 2w < 6.3 \quad \dots (1b)$$

$$3.8 < 3t / 3w < 9.6 \quad \dots (2b)$$

$$-2.1 < f2 / fw < -1.9 \quad \dots (3b)$$

$$11.2 < f1 / fw < 13.6 \quad \dots (4b)$$

$$1.3 < Sst / f3st < 1.9 \quad \dots (5b)$$

各数値実施例では以上のように各レンズ群を構成することによって、前玉径を小型化、そしてレンズ系全体を小型化し、更に簡易なレンズ構成にもかかわらず、全変倍範囲、又、物体距離全般にわたり高い光学性能を得ている。

10

【0036】

なお、各実施例のズームレンズは、諸収差のうち歪曲収差の補正を電氣的な画像処理によって補正しても良い。特にデジタルカメラやビデオカメラ等の撮影系は歪曲収差が小さい事が好ましい。この為、広角側は最大撮影範囲（有効像円径）に対して小さい撮像範囲とし、歪曲収差の補正を行えば、更なる前玉有効径の小型化が容易になる。即ち広角端における有効像円径が望遠端における有効像円径よりも小さいことが良い。

【0037】

次に各レンズ群のレンズ構成について説明する。以下、各レンズ群のレンズは物体側から像側へ順に配置されているとする。第1レンズ群L1は負レンズと正レンズとを接合した接合レンズ、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズで構成している。各実施例のズームレンズでは全系を小型にするために第1レンズ群L1の正の屈折力を強めている。このとき第1レンズ群L1内で発生する諸収差、特に望遠側において球面収差が多く発生してくる。そこで第1レンズ群L1の正の屈折力を接合レンズと正レンズで分担しこれらの収差の発生を低減している。

20

【0038】

第2レンズ群L2は屈折力の絶対値が物体側に比べて像側に強く、像側のレンズ面が凹形状の負レンズ、像側のレンズ面が凹形状の負レンズ、物体側の面が凹形状の負レンズ、両凸形状の正レンズで構成している。各実施例のズームレンズでは広角端において広い画角を得ながら第1レンズ群L1の有効径を小型にするために第2レンズ群L2の負の屈折力を強めている。このとき第2レンズ群L2で発生する諸収差、特に広角側において歪曲収差、像面湾曲が多く発生してくる。各実施例では第2レンズ群L2の負の屈折力を3つの負レンズで分担し、像面湾曲の発生を低減している。このようなレンズ構成により広画角化を図りながら前玉有効径の小型化と高い光学性能を得ている。

30

【0039】

なお、正レンズの材料にアッペ数が20より小さい高分散材料を用いることで、色消しのために必要なレンズの屈折力をなるべく小さくなるようにしている。これにより像面湾曲や倍率色収差の発生を抑えつつ全系の小型化を図っている。第3レンズ群L3は物体側のレンズ面が凸形状の正レンズ、像側のレンズ面が凹形状の負レンズ、物体側のレンズ面が凸形状の正レンズより構成している。各実施例のズームレンズでは広角端においてレンズ全長を短縮、ズームングの際の移動量を短くするために第3レンズ群L3の正の屈折力を強めている。このとき第3レンズ群L3で発生する諸収差、特に軸上色収差やコマ収差が多く発生してくる。そこで第3レンズ群L3を2つの正レンズと1つの負レンズでパワーを分担し、色消し及びコマ収差の低減を行っている。

40

【0040】

第4レンズ群L4は正レンズと負レンズとを接合した接合レンズより構成している。各実施例では少ないレンズ枚数で第4レンズ群L4を構成することで全系の薄型化、及び軽量化を図っている。

【0041】

以下に、実施例1～6に各々対応する数値実施例1～6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

50

+ 1面との間の間隔、 nd_i 、 d_i はそれぞれd線を基準とした第i番目の光学部材の材料の屈折率、アッベ数を示す。また、数値実施例1～6では最も像側の2つの面は光学ブロックGに相当する平面である。非球面形状は光軸からの高さHの位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にしてXとする。光の進行方向を正としRを近軸曲率半径、kを円錐定数、 A_4 、 A_6 、 A_8 を各々非球面係数とする。このとき、

【0042】

【数1】

$$X = \frac{H^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(H/R)^2}} + A_4 H^4 + A_6 H^6 + A_8 H^8 \quad 10$$

【0043】

なる式で表している。*は非球面形状を有する面を意味している。「e-x」は 10^{-x} を意味している。BFはバックフォーカスである。尚、各数値実施例において絞りSPとフレアカット絞りFCを各々1つの群として示している。また最も像側の2つの面(平面)も1つの群として示している。従って全体としては、7つの群より成っているものとして示している。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。

【0044】

数値実施例1

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	47.935	1.50	1.84666	23.9
2	26.133	4.80	1.69680	55.5
3	151.789	0.18		
4	30.365	2.47	1.77250	49.6
5	77.873	(可変)		
6	102.431	0.70	1.88300	40.8
7	7.254	3.04		
8	-77.650	0.60	1.80610	33.3
9	21.898	1.50		
10	-18.408	0.60	1.80400	46.6
11	-126.472	0.04		
12	25.735	1.82	1.92286	18.9
13	-39.752	(可変)		
14	フレアカット絞り		(可変)	
15	(絞り)		(可変)	
16*	9.840	3.17	1.58313	59.4
17	-94.650	2.63		
18	25.958	0.60	1.80518	25.4
19	9.134	0.82		
20*	17.145	1.80	1.58313	59.4
21	-179.309	(可変)		
22	16.142	3.33	1.51633	64.1
23	-14.756	1.00	1.84666	23.9
24	-27.062	(可変)		
25		2.38	1.54400	60.0
26		(可変)		

像面

非球面データ

10

20

30

40

50

第16面

K = -4.78345e-001 A 4 = -4.44470e-005 A 6 = -6.51597e-008 A 8 = -3.12161e-009

第20面

K = 4.10582e+000 A 4 = -1.45777e-004 A 6 = -1.26609e-006

各種データ

ズーム比	9.71			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	3.80	18.03	36.86	10
Fナンバー	1.85	2.99	3.40	
半画角	35.41	9.44	4.65	
レンズ全長	79.35	79.35	79.35	
BF	9.14	14.61	16.62	
d 5	0.92	18.06	24.17	
d13	13.08	4.03	0.80	
d14	12.47	4.38	1.50	
d15	9.65	2.40	2.24	
d21	3.50	5.28	3.43	20
d24	5.93	11.40	13.40	
d26	1.68	1.68	1.68	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離		
1	1	43.80		
2	6	-7.59		
3	14			
4	15			
5	16	19.59		30
6	22	24.95		
7	25			

【 0 0 4 5 】

数値実施例2

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	42.310	1.70	1.84666	23.9	
2	26.392	5.85	1.65160	58.5	
3	114.346	0.18			40
4	29.827	2.84	1.75500	52.3	
5	68.096	(可変)			
6	102.562	0.70	1.88300	40.8	
7	7.242	2.88			
8	-316.537	0.60	1.80610	33.3	
9	21.171	1.59			
10	-17.306	0.60	1.83481	42.7	
11	1268.231	0.19			
12	27.172	1.82	1.92286	18.9	
13	-36.944	(可変)			50

14フレア-カット絞り			(可変)	
15(絞り)			(可変)	
16*	10.425	3.03	1.58313	59.4
17	-72.303	2.50		
18	29.525	0.60	1.80518	25.4
19	9.811	0.69		
20*	16.760	1.83	1.58313	59.4
21	-118.067		(可変)	
22	18.141	3.36	1.51823	58.9
23	-12.620	1.00	1.84666	23.9
24	-21.570		(可変)	
25		2.38	1.54400	60.0
26			(可変)	
像面				

非球面データ

第16面

K = -5.48220e-001 A 4 = -3.59009e-005 A 6 = -3.47083e-008 A 8 = -3.73321e-009

第20面

K = 3.81603e+000 A 4 = -1.52466e-004 A 6 = -9.89056e-007

各種データ

ズーム比	9.71		
	広角	中間	望遠
焦点距離	3.50	16.58	34.00
Fナンバー	1.85	2.99	3.40
半画角	37.64	10.26	5.04
レンズ全長	82.17	82.17	82.17
BF	8.76	14.54	17.66
d 5	0.92	18.56	24.85
d13	13.40	4.11	0.80
d14	12.83	4.48	1.50
d15	10.00	2.40	2.24
d21	4.28	6.10	3.14
d24	5.54	11.33	14.45
d26	1.68	1.68	1.68

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	46.99
2	6	-7.15
3	14	
4	15	
5	16	19.13
6	22	24.47
7	25	

数値実施例3

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	43.831	1.50	1.84666	23.9	
2	24.843	4.95	1.69680	55.5	
3	123.760	0.18			
4	29.043	2.59	1.72000	50.2	
5	74.598	(可変)			
6	119.287	0.70	1.88300	40.8	
7	7.324	3.00			10
8	-76.430	0.60	1.80610	33.3	
9	35.468	0.86			
10	-33.821	0.60	1.77250	49.6	
11	29.494	0.43			
12	18.430	1.80	1.92286	18.9	
13	-119.953	(可変)			
14	フレアークット絞り		(可変)		
15	(絞り)		(可変)		
16*	10.720	3.66	1.58313	59.4	
17	-84.606	2.54			20
18	21.814	0.60	1.84666	23.9	
19	9.481	0.92			
20*	16.084	1.76	1.58313	59.4	
21	344.283	(可変)			
22	16.502	3.19	1.51742	52.4	
23	-15.078	1.00	1.84666	23.9	
24	-30.175	(可変)			
25		2.38	1.54400	60.0	
26		(可変)			
像面					30

非球面データ

第16面

K = -3.72205e-001 A 4 = -5.19189e-005 A 6 = -1.94531e-007 A 8 = -1.37706e-009

第20面

K = 2.69227e+000 A 4 = -1.05197e-004 A 6 = -4.26669e-007

各種データ

ズーム比	13.68				40
	広角	中間	望遠		
焦点距離	3.80	20.51	52.00		
Fナンバー	1.85	2.99	3.40		
半画角	35.39	8.32	3.30		
レンズ全長	82.35	82.35	82.35		
BF	9.81	15.66	16.47		
d 5	0.92	19.79	26.51		
d13	14.24	4.33	0.80		
d14	13.65	4.69	1.50		50

d15	9.35	3.23	2.24
d21	3.50	3.77	3.94
d24	6.59	12.45	13.26
d26	1.68	1.68	1.68

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	43.86
2	6	-7.35
3	14	
4	15	
5	16	20.09
6	22	27.03
7	25	

10

【 0 0 4 7 】

数値実施例4

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	42.792	1.50	1.84666	23.9
2	25.170	5.05	1.69680	55.5
3	154.383	0.18		
4	31.666	2.10	1.77250	49.6
5	66.931	(可変)		
6	49.056	0.70	1.88300	40.8
7	7.183	3.02		
8	51.578	0.60	1.80610	33.3
9	12.169	2.00		
10	-29.366	0.60	1.80400	46.6
11	49.709	0.17		
12	17.312	1.85	1.92286	18.9
13	-130.408	(可変)		
14	フレアカット絞り		(可変)	
15	(絞り)		(可変)	
16*	10.326	3.17	1.58313	59.4
17	-70.871	2.52		
18	27.526	0.60	1.80518	25.4
19	9.496	0.73		
20*	16.776	1.89	1.58313	59.4
21	-78.312	(可変)		
22	21.427	3.12	1.48749	70.2
23	-13.416	1.00	1.84666	23.9
24	-21.553	(可変)		
25		2.38	1.54400	60.0
26		(可変)		

20

30

40

像面

非球面データ

第16面

K =-5.42643e-001 A 4=-3.52948e-005 A 6=-1.38456e-007 A 8=-3.21814e-009

50

第20面

 $K = 4.38239e+000 \quad A_4 = -1.63504e-004 \quad A_6 = -1.34942e-006$

各種データ

ズーム比	9.70			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	3.80	17.93	36.86	
Fナンバー	1.85	2.99	3.40	
半画角	38.28	9.50	4.65	10
レンズ全長	81.05	81.05	81.05	
BF	8.75	14.97	18.07	
d 5	0.92	18.19	24.35	
d13	13.33	4.09	0.80	
d14	12.39	4.36	1.50	
d15	9.84	2.52	2.24	
d21	5.00	6.10	3.27	
d24	5.53	11.75	14.86	
d26	1.68	1.68	1.68	20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離		
1	1	45.02		
2	6	-7.29		
3	14			
4	15			
5	16	18.50		
6	22	28.80		
7	25			30

【 0 0 4 8 】

数値実施例 5

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	47.001	1.70	1.84666	23.9	
2	27.239	5.74	1.69680	55.5	
3	129.829	0.18			
4	30.509	2.82	1.75500	52.3	
5	72.033	(可変)			40
6	104.169	0.70	1.88300	40.8	
7	7.316	2.55			
8	71.209	0.60	1.80610	33.3	
9	17.933	1.74			
10	-16.924	0.60	1.81600	46.6	
11	188.776	0.20			
12	24.496	1.79	1.92286	18.9	
13	-45.604	(可変)			
14	フレアカット絞り	(可変)			
15	(絞り)	(可変)			50

16*	10.532	3.16	1.58313	59.4
17	-78.865	2.50		
18	24.868	0.60	1.80518	25.4
19	9.676	0.70		
20*	16.278	1.70	1.58313	59.4
21	144.561	(可変)		
22	18.493	3.62	1.51823	58.9
23	-11.396	1.00	1.84666	23.9
24	-19.242	(可変)		
25		2.38	1.54400	60.0
26		(可変)		

10

像面

非球面データ

第16面

K = -3.59174e-001 A 4 = -4.50990e-005 A 6 = -2.13965e-007 A 8 = -3.16289e-009

第20面

K = 3.45398e+000 A 4 = -1.65946e-004 A 6 = -1.09432e-006

20

各種データ

ズーム比

11.71

	広角	中間	望遠
焦点距離	3.50	18.48	41.00
Fナンバー	1.85	2.99	3.40
半画角	37.65	9.22	4.18
レンズ全長	84.25	84.25	84.25
BF	9.51	15.74	18.40

d 5	0.92	19.48	26.10
d13	14.01	4.27	0.80
d14	13.47	4.65	1.50
d15	10.91	2.46	2.24
d21	3.53	5.74	3.30
d24	6.29	12.53	15.19
d26	1.68	1.68	1.68

30

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	46.57
2	6	-7.26
3	14	
4	15	
5	16	20.39
6	22	23.72
7	25	

40

【 0 0 4 9 】

数値実施例6

面データ

50

面番号	r	d	nd	d	
1	46.276	1.70	1.84666	23.9	
2	27.213	5.89	1.65160	58.5	
3	147.917	0.18			
4	30.702	2.89	1.75500	52.3	
5	78.184	(可変)			
6	109.837	0.70	1.88300	40.8	
7	7.290	2.78			
8	1210.145	0.60	1.80610	33.3	
9	19.166	1.62			10
10	-20.985	0.60	1.83481	42.7	
11	98.747	0.28			
12	23.626	1.77	1.94595	18.0	
13	-50.747	(可変)			
14	フレア-カット絞り		(可変)		
15	(絞り)		(可変)		
16*	10.057	3.23	1.58313	59.4	
17	-92.512	2.50			
18	26.777	0.60	1.80518	25.4	
19	9.549	0.78			20
20*	17.774	1.77	1.58313	59.4	
21	-163.410	(可変)			
22	16.685	3.53	1.51633	64.1	
23	-12.040	1.00	1.84666	23.9	
24	-20.828	(可変)			
25		2.38	1.54400	60.0	
26		(可変)			
像面					
非球面データ					
第16面					
K = -3.42706e-001 A 4 = -5.31259e-005 A 6 = -2.42409e-007 A 8 = -2.92697e-009					
第20面					
K = 3.06187e+000 A 4 = -1.34517e-004 A 6 = -4.64413e-007 A 8 = 3.25377e-009					
各種データ					
ズーム比 9.71					
広角 中間 望遠					
焦点距離	3.50	5.68	34.00		40
Fナンバー	1.85	2.22	3.40		
半画角	37.63	27.85	5.04		
レンズ全長	82.43	82.43	82.43		
BF	8.70	9.31	17.64		
d 5	0.92	6.63	24.70		
d13	13.01	6.50	0.80		
d14	13.07	13.87	1.50		
d15	10.00	6.46	2.24		
d21	4.31	7.24	3.13		50

d24	5.49	6.09	14.42
d26	1.68	1.68	1.68

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	46.21
2	6	-7.11
3	14	
4	15	
5	16	19.60
6	22	23.21
7	25	

10

【 0 0 5 0 】

【表 1】

表-1

条件式	数値実施例					
	1	2	3	4	5	6
β_{2t}/β_{2w}	4.05	3.63	6.18	3.83	4.32	3.66
β_{3t}/β_{3w}	5.18	7.26	3.93	5.05	9.20	8.82
f_2/f_w	-2.00	-2.04	-1.93	-1.92	-2.07	-2.03
f_1/f_w	11.53	13.42	11.54	11.84	13.30	13.20
S_{st}/f_{3st}	1.48	1.46	1.71	1.43	1.38	1.59

20

【 0 0 5 1 】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたビデオカメラの実施例を図13を用いて説明する。図13において、10はビデオカメラ本体、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である。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センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。13は撮像素子12によって光電変換された被写体像に対応する情報を記憶するメモリ、14は不図示の表示素子によって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。このように本発明のズームレンズをビデオ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が実現できる。尚、本発明のズームレンズはデジタルスチルカメラにも同様に適用することができる。

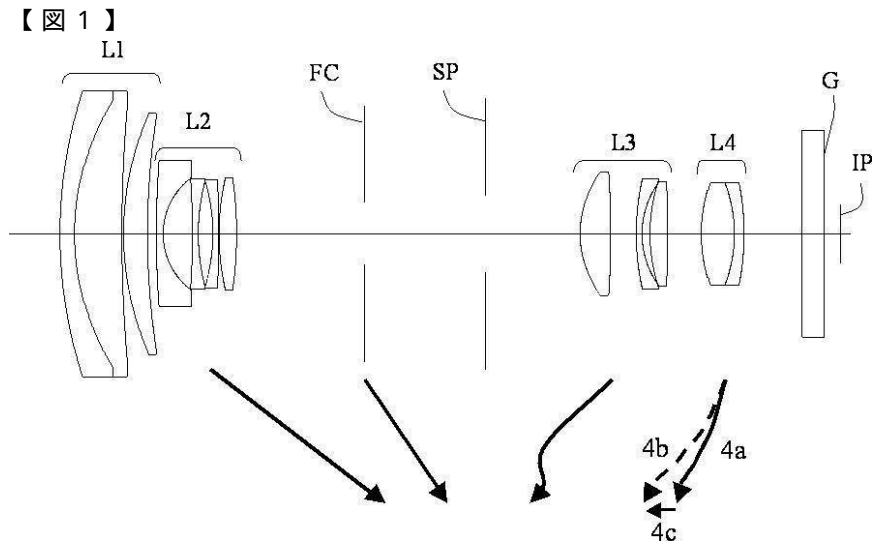
30

【符号の説明】

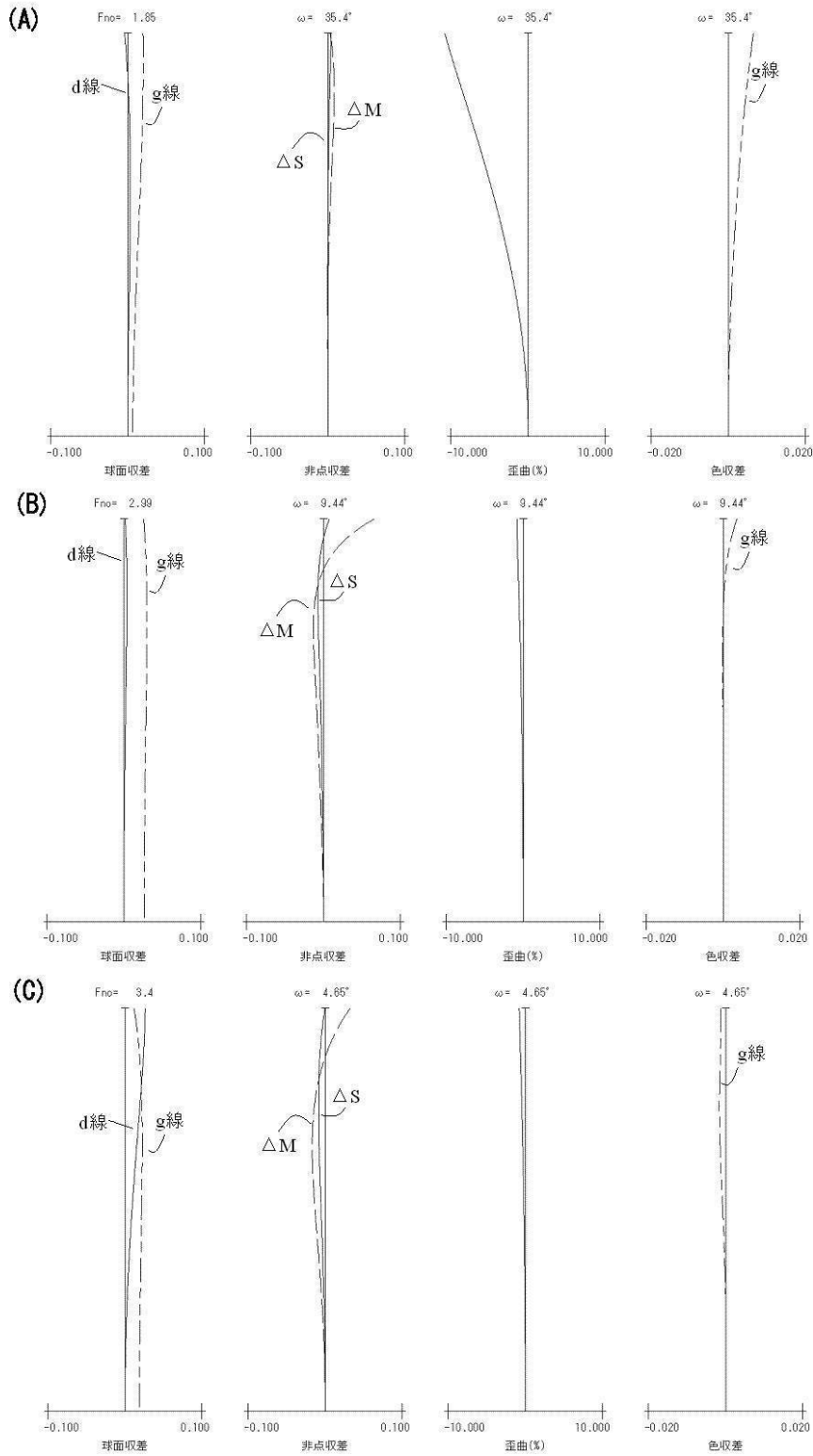
【 0 0 5 2 】

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、SP...絞り、FC...フレアカット絞り IP...結像面、G...CCDのフォーンスプレートやローパスフィルター等のガラスブロック、球面収差...実線：d線、2点鎖線：g線、非点収差... S：d線サジタル像面、M：d線メリディオナル像面、歪曲... d線、倍率色収差... 2点鎖線：g線

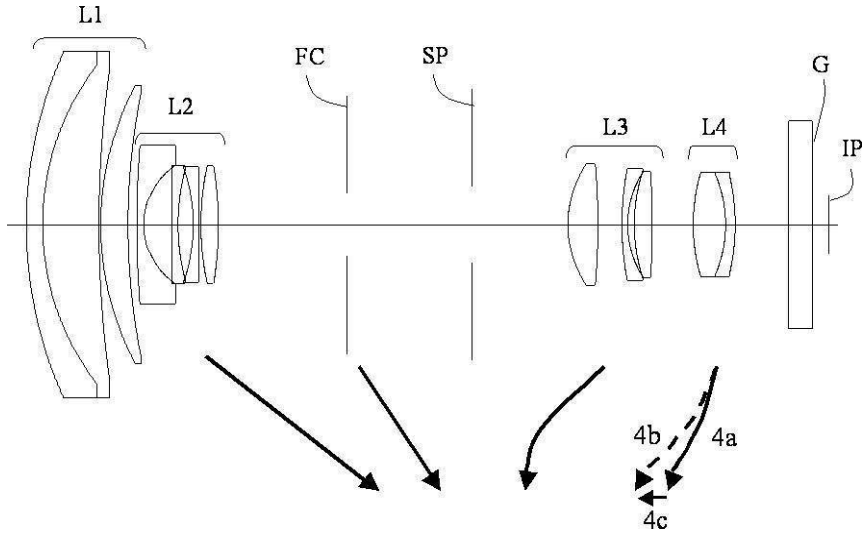
40



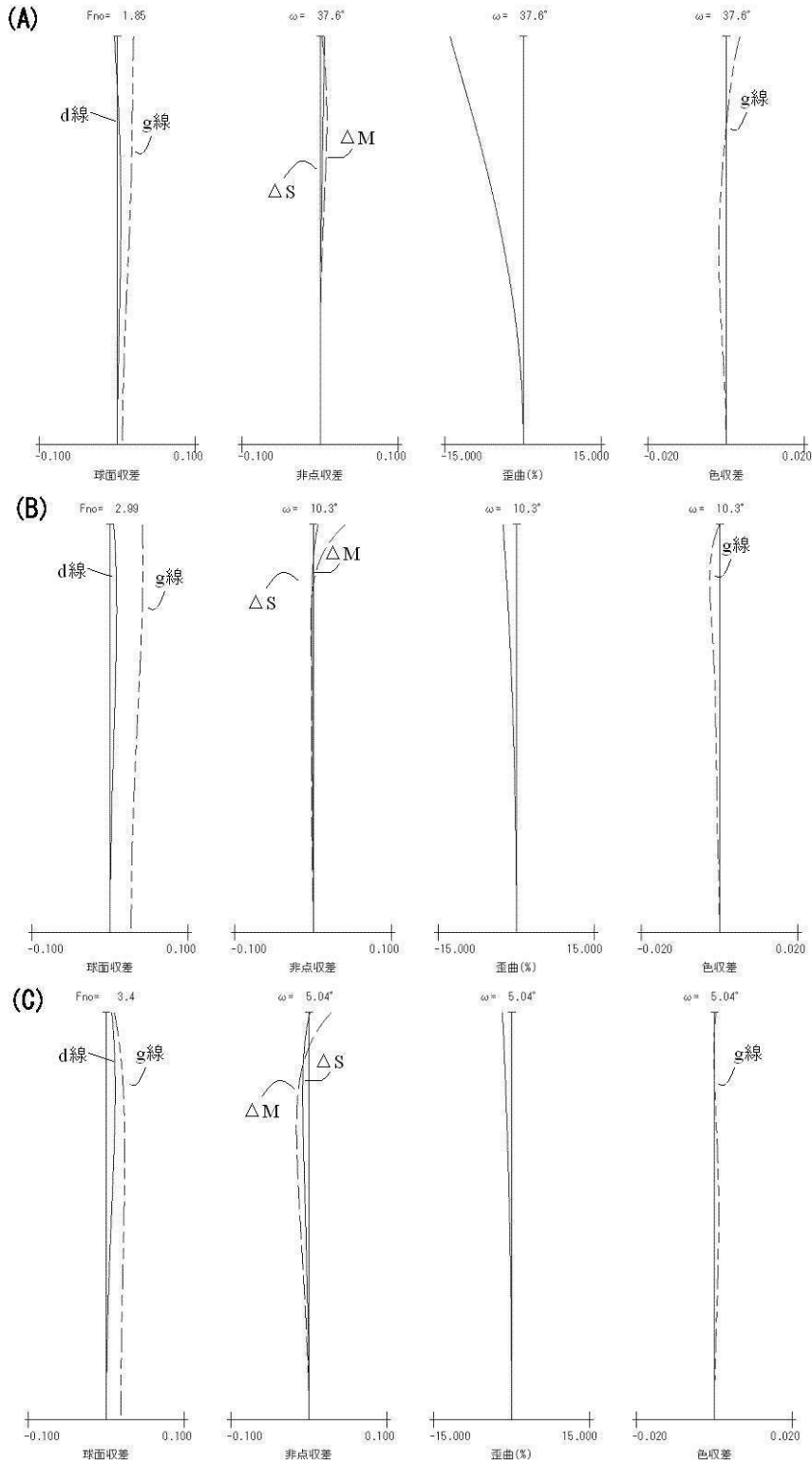
【図2】

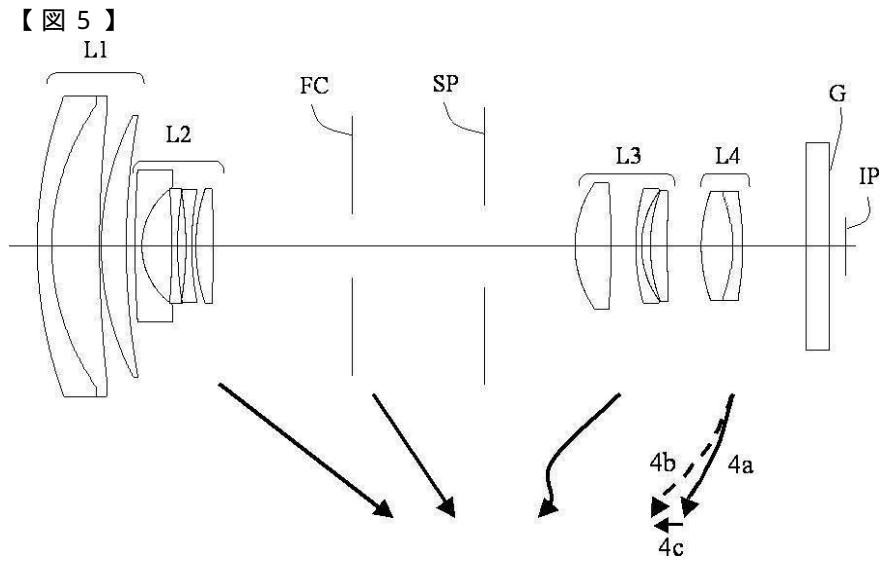


【 3 】

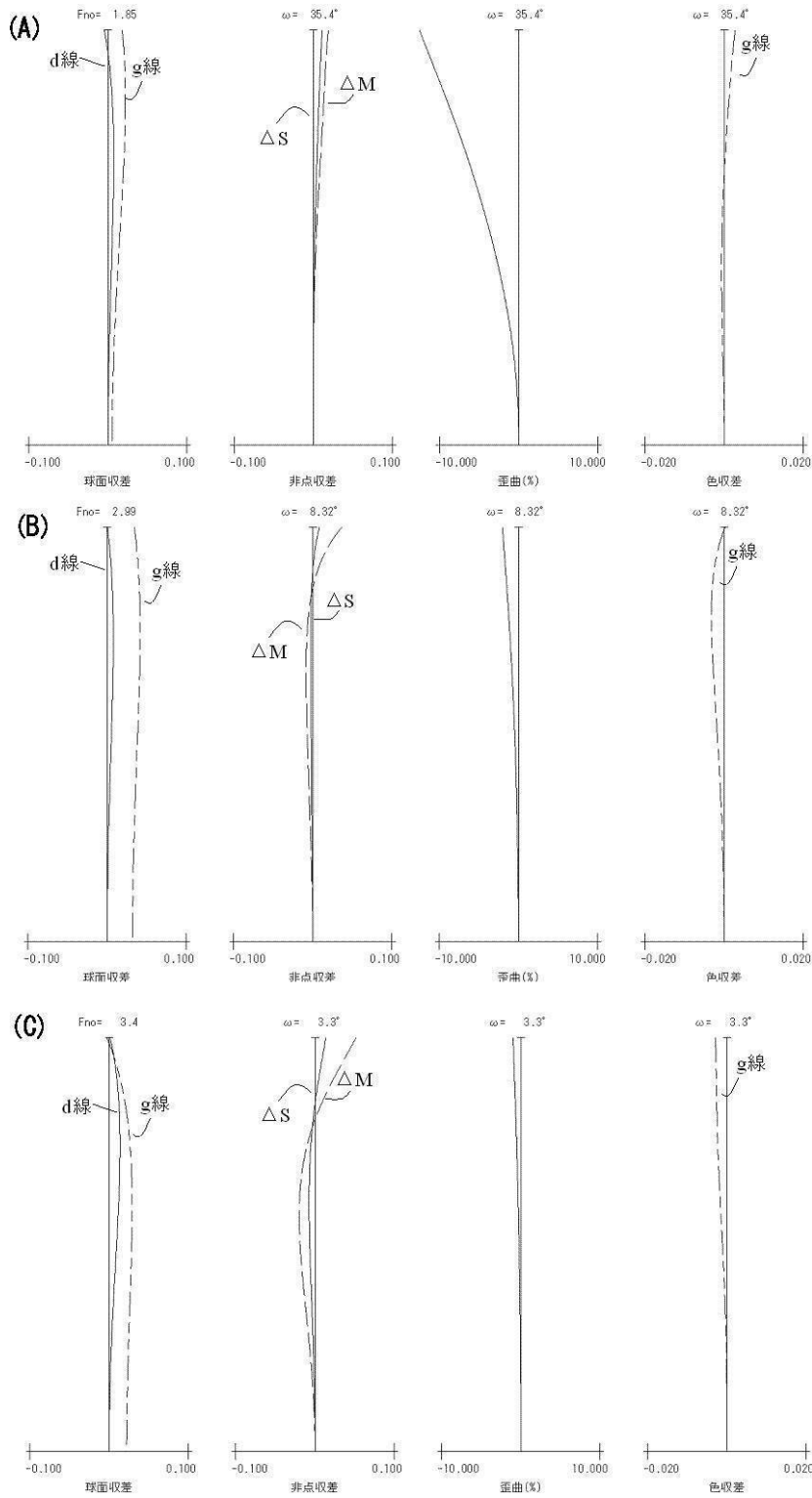


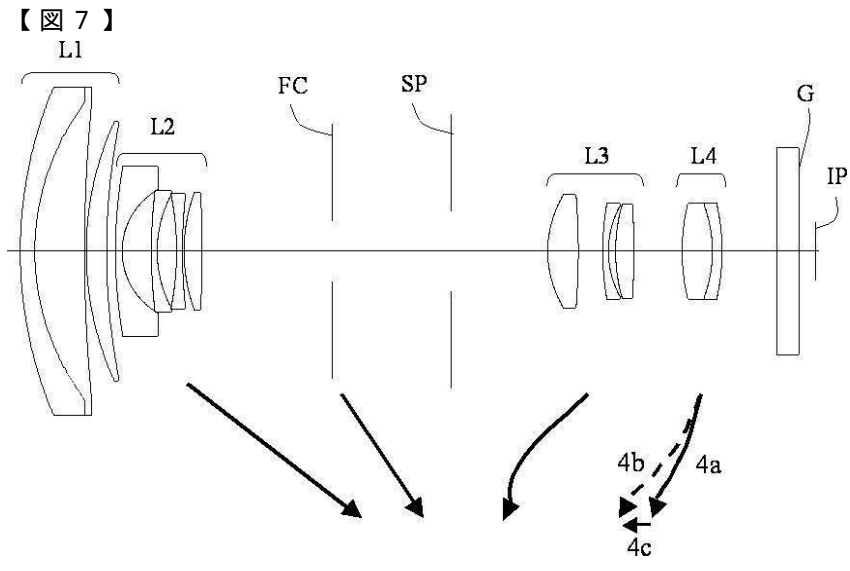
【 図 4 】



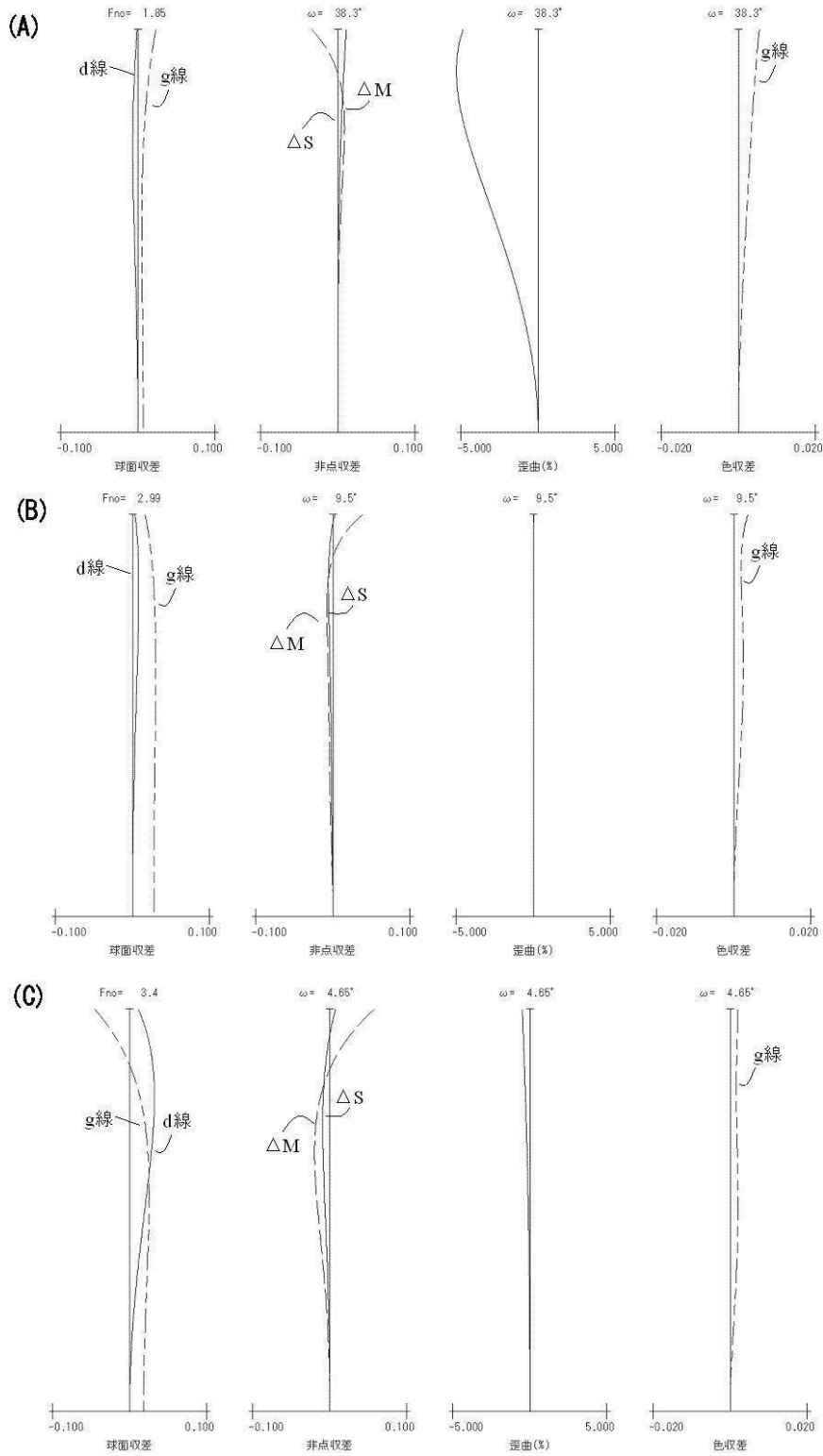


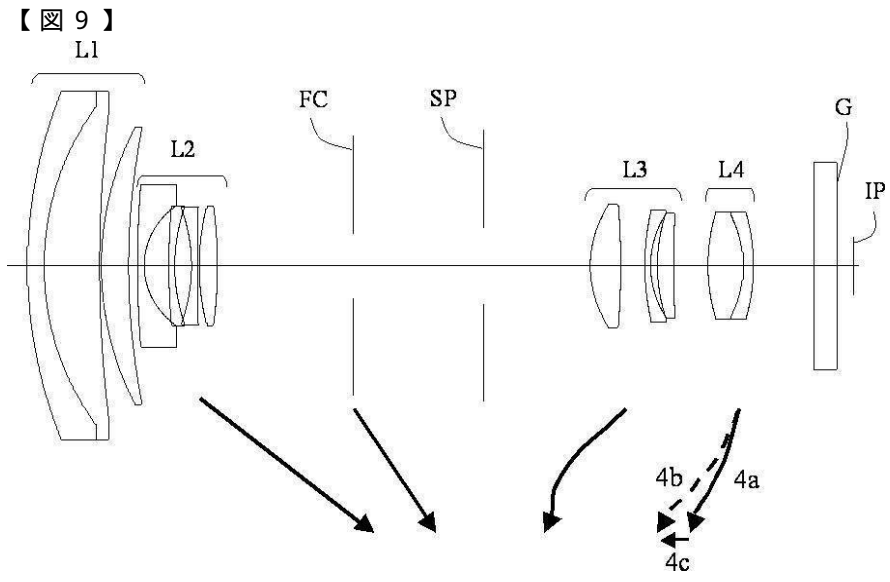
【図6】



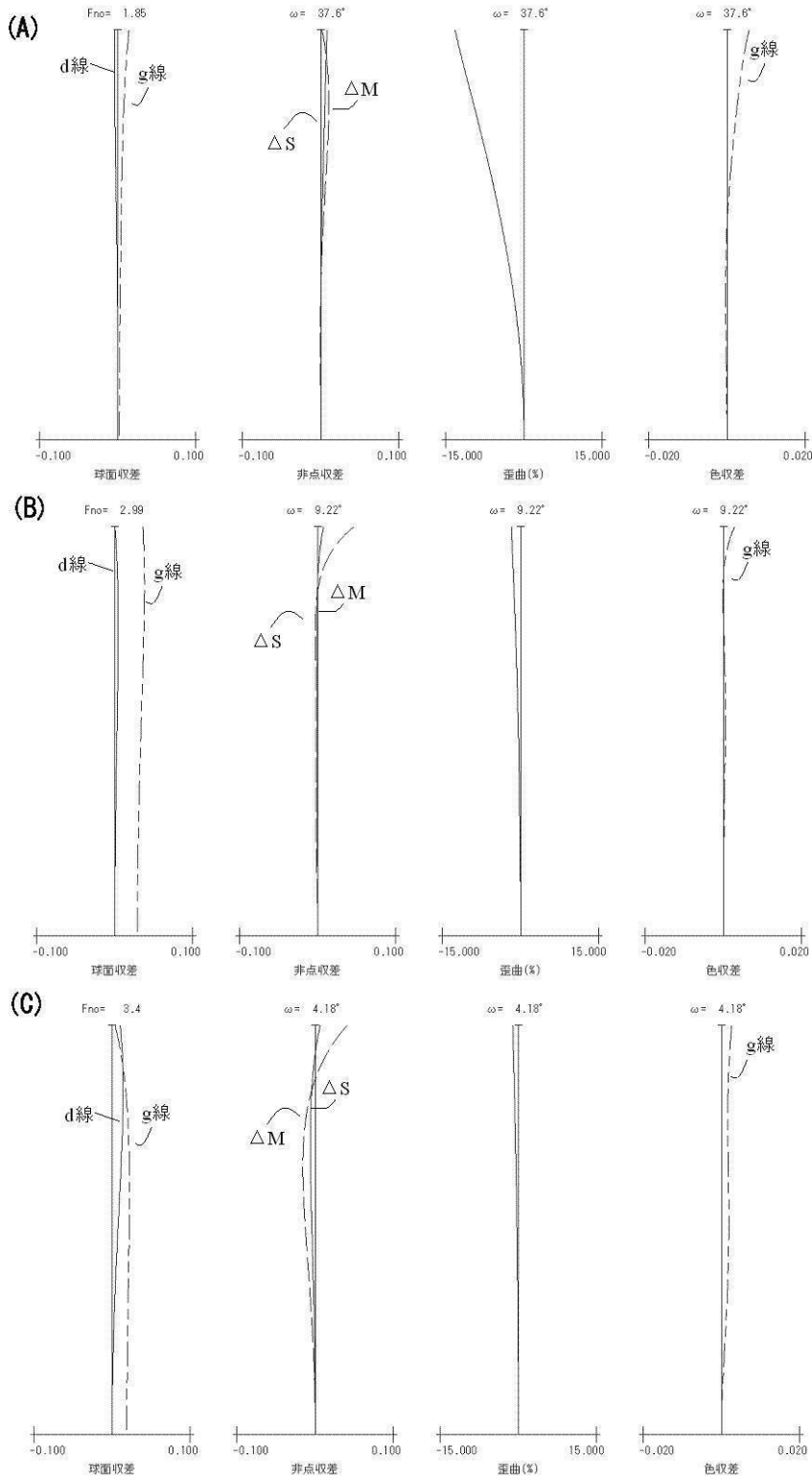


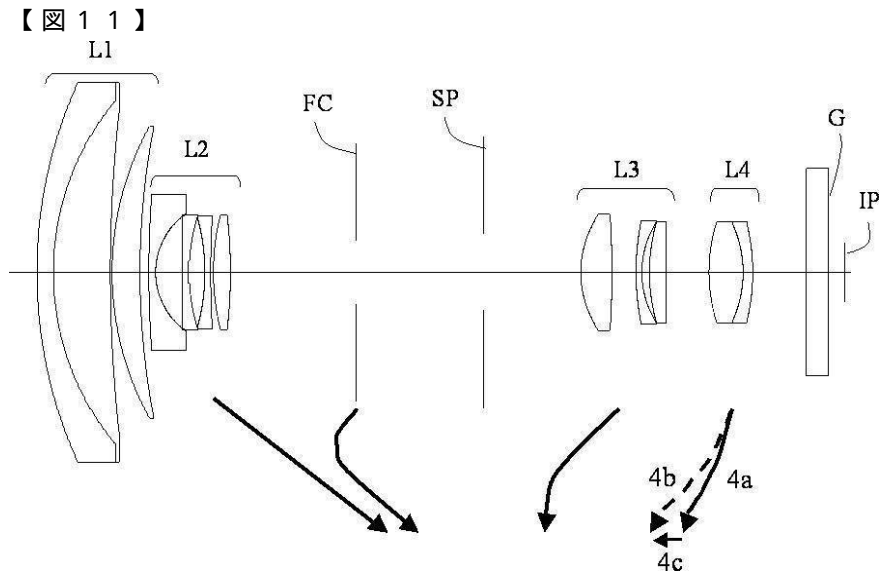
【 図 8 】



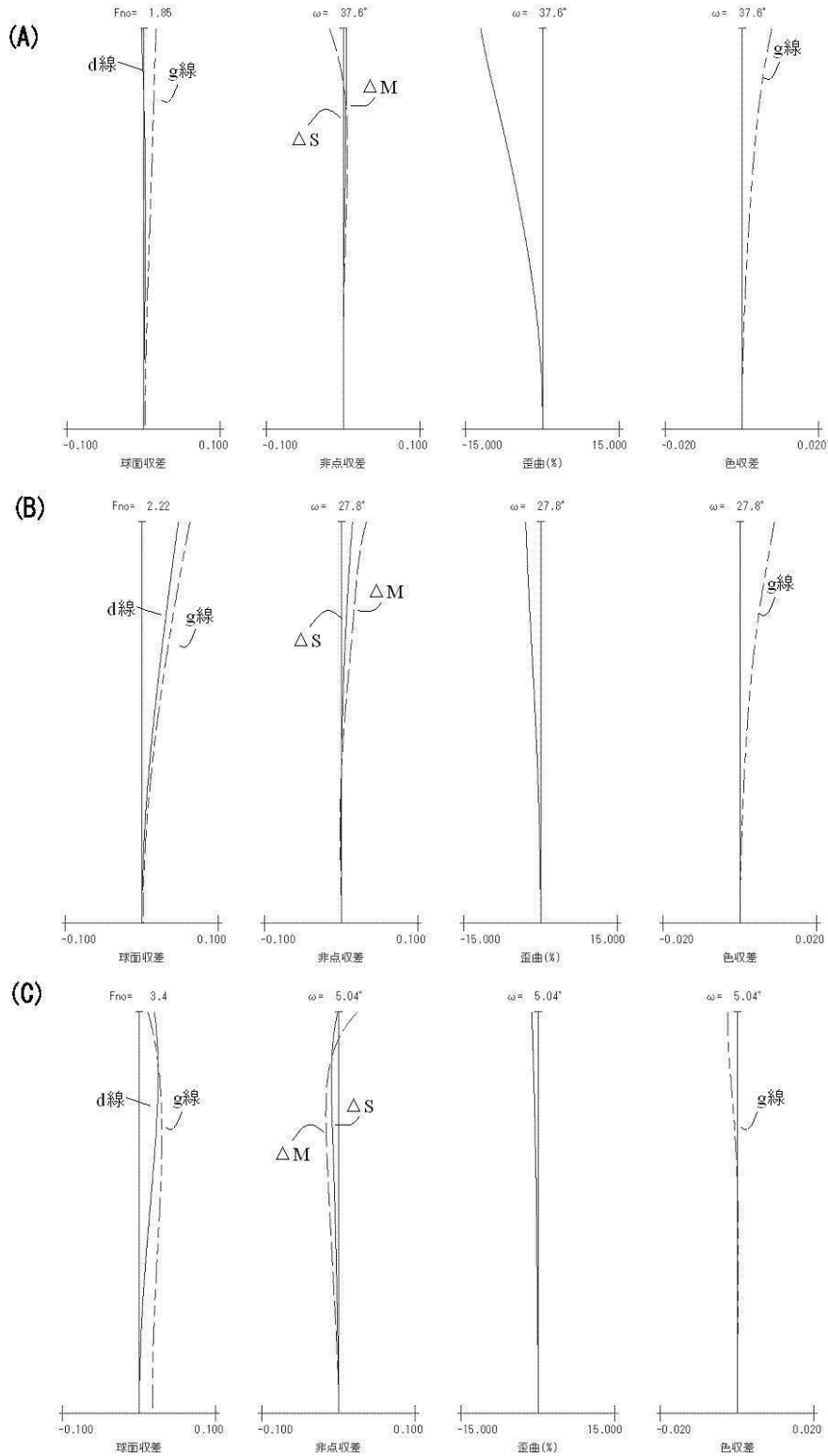


【図10】

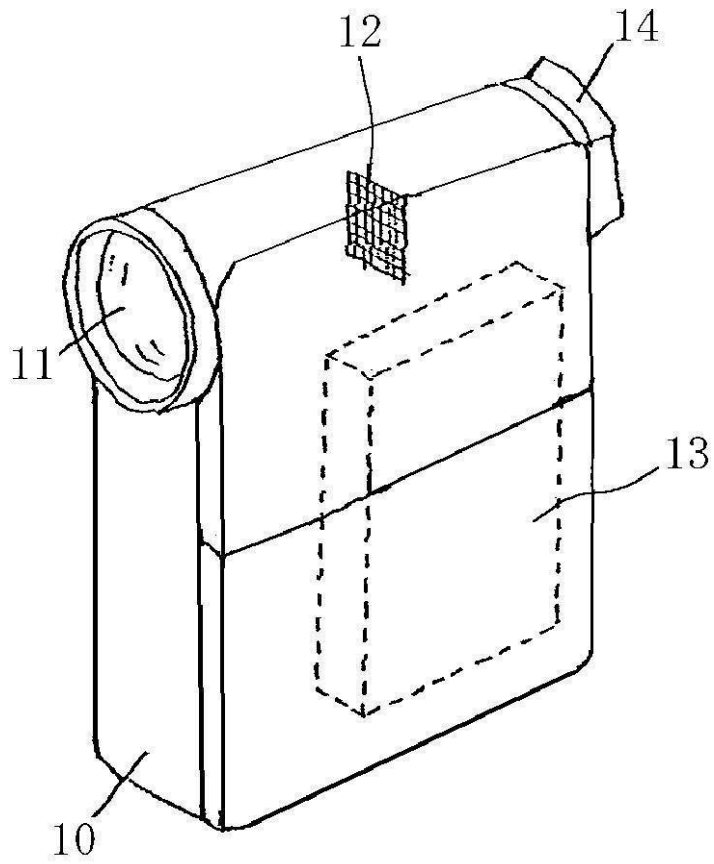




【 図 1 2 】



【図13】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平08-082741(JP,A)
特開平06-186477(JP,A)
特開2009-008975(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 15/20
G02B 13/18