

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4902240号
(P4902240)

(45) 発行日 平成24年3月21日(2012.3.21)

(24) 登録日 平成24年1月13日(2012.1.13)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 15/20	(2006.01)	GO2B 15/20
GO2B 15/167	(2006.01)	GO2B 15/167
GO2B 13/18	(2006.01)	GO2B 13/18

請求項の数 10 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2006-90806 (P2006-90806)
(22) 出願日	平成18年3月29日 (2006.3.29)
(65) 公開番号	特開2007-264395 (P2007-264395A)
(43) 公開日	平成19年10月11日 (2007.10.11)
審査請求日	平成21年2月13日 (2009.2.13)

(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 ヤノン株式会社内

審査官 井上 信

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、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、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と前記第5レンズ群はズーミングに際して移動し、前記第1レンズ群と前記第4レンズ群はズーミングのためには不動であり、広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第3レンズ群は物体側に凸状の軌跡を有するよう移動し、前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第3レンズ群の広角端から中間のズーム位置までの光軸方向の移動量を M_{3wm} 、前記第3レンズ群の広角端から望遠端までの光軸方向の移動量を M_{3wt} とするとき、

$$\begin{aligned} 1.0 < |f_4| / f_w < 1.7.0 \\ -0.8 < M_{3wm} / f_w < -0.2 \\ -0.4 < M_{3wt} / f_w < 0.2 \end{aligned}$$

なる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 $3w$ 、 $3t$ 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とするとき、

$$0.7 < (2t / 2w) / (f_t / f_w) < 2.0$$

$$0.01 < (3t / 3w) / (f_t / f_w) < 0.2$$

10

20

なる条件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レンズ群の望遠端における横倍率を 3 t、前記第4レンズ群の望遠端における横倍率を 4 t、前記第5レンズ群の望遠端における横倍率を 5 t とするとき、

$$1.0 < (1 - 3t) \times 4t \times 5t < 2.0$$

なる条件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3レンズ群は2枚の正レンズと1枚の負レンズより構成され、該負レンズの焦点距離を f_{3n}、前記第3レンズ群の焦点距離を f₃ とするとき、

$$0.4 < |f_{3n}| / f_3 < 1.0$$

10

なる条件を満足す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4レンズ群は1枚の負レンズから構成され、該負レンズの物体側と像側のレンズ面の曲率半径を各々 R_{4a}、R_{4b} とするとき、

$$0.1 < (R_{4a} + R_{4b}) / (R_{4a} - R_{4b}) < 8.0$$

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

【請求項 6】

前記第1レンズ群は正レンズと負レンズからなる接合レンズを有し、該接合レンズを構成する正レンズの材料のアッペ数を d_{1p}、部分分散比を g_{F1p} とするとき、

$$-0.0016 < d_{1p} + 0.641 < g_{F1p}$$

20

なる条件を満足す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1レンズ群の焦点距離を f₁、前記第2レンズ群の焦点距離を f₂ とするとき、

$$2.0 < f_1 / f_w < 6.0$$

$$1.0 < |f_2| / f_w < 1.5$$

なる条件を満足する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。

30

【請求項 8】

前記第3レンズ群の焦点距離を f₃、前記第5レンズ群の焦点距離を f₅ とするとき、

$$1.5 < f_3 / f_w < 3.0$$

$$1.5 < f_5 / f_w < 3.0$$

なる条件を満足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】

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から8のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

40

請求項1から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た像を受光する固体撮像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、固体撮像素子を用いたデジタルカメラやビデオカメラ等の撮影装置に好適なズームレンズに関するものである。

【背景技術】

【0002】

固体撮像素子を用いたデジタルカメラ、ビデオカメラ用のズームレンズとしてはレンズ

50

系全体が小型でかつ高ズーム比なものが要求されている。最も物体側のレンズ群が正の屈折力であるポジティブリードタイプのズームレンズは、高ズーム比化が容易で特に、ズーム比10以上のズームレンズによく用いられている。ポジティブリードタイプにてレンズ系全体が小型で高ズーム比な構成として物体側から像側へ順に、正、負、正、負、正の屈折力のレンズ群より成る5群構成のズームレンズが知られている。

【0003】

この5群構成のズームレンズにおいて、ズーミングに際して第1レンズ群と第4レンズ群を不動としたズームレンズが知られている（特許文献1～4）。

【0004】

特許文献1、3、4では、広角端から望遠端へのズーミングに際して第3レンズ群を物体側に単調に移動させた実施例を開示している。 10

【0005】

また特許文献2では、ズーミングに際して第3レンズ群を不動とした実施例を開示している。

【0006】

又、前述の5群構成のズームレンズにおいて、ズーミングに際して、第1～第5レンズ群の全てのレンズ群を移動させるズームレンズが知られている（特許文献5）。

【特許文献1】特開平5-215967号公報

【特許文献2】特開平7-311341号公報

【特許文献3】特開2002-228931号公報 20

【特許文献4】米国特許4991943号公報

【特許文献5】特開2002-365547号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

近年、デジタルカメラやビデオカメラなどの撮像装置に用いるズームレンズには撮像素子の狭画素化に伴い、高い光学性能を有し、かつレンズ全長の短い小型のズームレンズが要望されている。

【0008】

特に、これらの要望を満足しようとするズームレンズには、カメラの厚みに強い影響を及ぼす前玉有効径（物体側の第1レンズ群の有効径）を小さくし、小型化を図ることが課題となっている。前玉有効径を小さくするためには、各レンズ群の屈折力を強めれば、レンズ系全体を小型化することが可能である。しかしながらこの方法は、少ないレンズ枚数にてズーム全域にわたり良好な光学性能を維持することが難しい。 30

【0009】

また前述した5群構成のズームレンズにおいて、第1レンズ群をズーミングに際して移動させて高ズーム比化を図る方法がある。しかしながら、この方法は、レンズ鏡筒機構が複雑になる、トルクの大きなアクチュエータが必要となる等の課題がある。

【0010】

本発明は、レンズ系全体が小型で、高いズーム比のズームレンズ及びそれを用いた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】

【0011】

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、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、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群と前記第5レンズ群はズーミングに際して移動し、前記第1レンズ群と前記第4レンズ群はズーミングのために不動であり、広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第3レンズ群は物体側に凸状の軌跡を有するように移動し、前記第4レンズ群の焦点距離をf4、広角端における全系の焦点距離をfw、前記第3レンズ群の広角端から中間のズーム位置までの光軸 50

方向の移動量をM3wm、前記第3レンズ群の広角端から望遠端までの光軸方向の移動量をM3wtとするとき、

$$\begin{aligned} 1.0 < |f4| / fw < 17.0 \\ -0.8 < M3wm / fw < -0.2 \\ -0.4 < M3wt / fw < 0.2 \end{aligned}$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、小型で高ズーム比化のズームレンズが得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0013】

【実施例1】

【0014】

以下、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。

【0015】

図1(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)におけるレンズ断面図である。図2、図3、図4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、望遠端における収差図である。

【0016】

20

図5(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、望遠端におけるレンズ断面図である。図6、図7、図8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。

【0017】

図9(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、望遠端におけるレンズ断面図である。図10、図11、図12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。

【0018】

図13(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、望遠端におけるレンズ断面図である。図14、図15、図16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。

30

【0019】

図17は本発明のズームレンズを備えるデジタルカメラ(撮像装置)の要部概略図である。

【0020】

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、L1は正の屈折力(光学的パワー=焦点距離の逆数)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は負の屈折力の第4レンズ群、L5は正の屈折力の第5レンズ群である。

40

【0021】

S Pは開口絞りであり、第3レンズ群L3の物体側又は第3レンズ群L3中に位置しており、ズーミングに際して、第3レンズ群L3とともに移動している。

【0022】

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。I Pは像側であり、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。

【0023】

収差図において、FnoはFナンバー、d、g、C、Fは、順に、フラウンフォーファ

50

一線の d 線、 g 線、 C 線、 F 線である。 M は半画角、 S はメリディオナル像面、 サジタル像面を表している。

【 0 0 2 4 】

尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群（第 2 レンズ群） L 2 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。

【 0 0 2 5 】

各実施例のズームレンズでは、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第 2 、第 3 、第 5 レンズ群 L 2 、 L 3 、 L 5 を矢印のように移動させている。

【 0 0 2 6 】

具体的には、第 2 レンズ群 L 2 を像側へ単調に移動させて変倍を行っている。第 3 レンズ群 L 3 を物体側に凸状の軌跡の一部を有しつつ移動させている。 10

【 0 0 2 7 】

第 5 レンズ群 L 5 を変倍に伴う像点の変化を補正するように、非直線的に移動している。

【 0 0 2 8 】

第 1 レンズ群 L 1 と第 4 レンズ群 L 4 は、ズーミングのためには不動である。

【 0 0 2 9 】

また、第 5 レンズ群 L 5 を光軸上移動させてフォーカスを行うリアフォーカス式を採用している。

【 0 0 3 0 】

例えは望遠端において無限遠物体から近距離物体へのフォーカスは、同図の直線 5 c に示すように、第 5 レンズ群 L 5 を前方へ繰り出すことにより行っている。また、同図に示す第 5 レンズ群 L 5 の実線の移動軌跡である曲線 5 a と点線の曲線 5 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ズーミングに伴う像面変動を補正するための移動軌跡を示している。 20

【 0 0 3 1 】

このように第 5 レンズ群 L 5 のズーミングにおける移動軌跡は物体距離によって異なっている。

【 0 0 3 2 】

各実施例において、第 3 レンズ群 L 3 の全部又は一部を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させて光学系全体が振動したときの像ぶれ（像点位置の変動）を補正している。即ち防振を行っている。これにより可変頂角プリズム等の光学部材や防振のためのレンズ群を新たに付加することなく防振を効果的に行っている。 30

【 0 0 3 3 】

各実施例では、ズーミングに際して、第 1 レンズ群 L 1 を不動とし、第 3 レンズ群 L 3 を移動させている。

【 0 0 3 4 】

ズーミングに際して第 1 レンズ群 L 1 を不動とすると鏡筒構成上、外部からの圧力に強い構成とすることができます。

【 0 0 3 5 】

特に電動ズームとして第 1 レンズ群 L 1 を動かす際は外部からの圧力に負けないように大きなトルクのアクチュエータが必要となる。このようなアクチュエータは小型化、静音化の面で課題を有することが多い。各実施例ではズーミングに際して第 1 レンズ群 L 1 を不動として第 2 レンズ群 L 2 以降のレンズ群を移動させることで比較的トルクの小さなアクチュエータのみで構成している。これにより、レンズ系の小型化、及びズーミングの際の静音化を図っている。 40

【 0 0 3 6 】

次にズーミングに際し、第 3 レンズ群 L 3 を物体側に凸状の軌跡で移動させることにより前玉径の小型化を図っている。

【 0 0 3 7 】

第3レンズ群L3を不動とすると前玉有効径はズーム位置における光線にて決まる。よって中間のズーム位置にて第1レンズ群L1と絞りSPとの距離を短縮するように配置すると前玉有効径が小型化される。

【0038】

そこで各実施例では、ズーミング中第3レンズ群L3と絞りSPとを一体で移動させ、さらにこれらと第1レンズ群L1との間隔が広角端よりも中間のズーム位置にて短縮する（短くなる）ように移動させ前玉有効径を小型化している。

【0039】

また小型かつ高ズーム比とするには変倍作用を極力第2レンズ群に分担させるのがよい。そこで第2レンズ群L2のズーミングに伴う移動ストロークを確保するために、第3レンズ群L3を中間のズーム位置から望遠端に向かっては像側に移動させている。結果として第3レンズ群L3を物体側に凸形状の軌跡で移動させて前玉有効径の小型化と高ズーム比化を図っている。

【0040】

従来より小型で高ズーム比のズームレンズの構成として、物体側から像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の第1～第4レンズ群より成る4群構成のズームレンズが知られている。

【0041】

これに対して、本発明の各実施例では、物体側から像側へ順に、正、負、正、負、正の屈折力の第1～第5レンズ群より成る5群構成としている。

【0042】

特に各実施例は、従来の4群ズームレンズに比べて、負の屈折力の第4レンズ群L4を有しているのが特徴である。

【0043】

4群構成のズームレンズと比べると負の屈折力の第4レンズ群L4がある分、正の屈折力の第3レンズ群L3の屈折力を強められる。これにより第3レンズ群L3の防振敏感度を高め、少ない移動量にて防振を容易としている。

【0044】

結果として第3レンズ群L3の光学有効径が小さくなり、径方向の小型化が容易となる。

【0045】

また防振のための駆動ユニットも小型化することができる。さらに負の屈折力の第4レンズ群L4の屈折力をある程度強めると第5レンズ群L5に入射する光束をアフォーカルに近づけられる。これにより第5レンズ群L5の横倍率が小さくなりフォーカス敏感度を高めることができる。結果として第5レンズ群L5の移動ストロークを短縮し、フォーカス時の収差変動を低減している。

【0046】

各実施例のズームレンズはレンズ系全体の小型化のために第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の屈折力を強めている。このようにすると望遠側で第1レンズ群L1にて軸上色収差、倍率色収差の二次スペクトルが増大してくる。これに対して各実施例では、第1レンズ群L1の接合レンズを構成する正レンズの材料に低分散で部分分散比が高い材料（アッベ数70以上）を用いてこれら二次スペクトルを良好に補正している。

【0047】

各実施例のズームレンズではズーミングに伴い絞りSPの開口径を変化させている。具体的には、広角端において絞り径が最も大きく、中間のズーム位置から望遠側においては、絞り径がこれよりも小さくなるようにしている。これにより中間のズーム位置から望遠側において、軸外光束の前玉を通過する高さを下げる、前玉有効径の小型化を図っている。

【0048】

開口絞りSPは第3レンズ群L3の物体側に又は第3レンズ群L3中に配置している。

10

20

30

40

50

このようにすると望遠端にて第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔がさらにつめられ、レンズ全長の短縮が図れる。また第3レンズ群L3は正レンズ31と負レンズ32との間隔を隔てテレフォト配置しているため、この間に開口絞りSPを配置すると空間を有効活用することができる。

【0049】

尚、各実施例において、第1レンズ群L1の物体側や第5レンズ群L5の像側に光学フィルターや屈折力の小さなレンズ群を付加しても良い。

【0050】

又、テレコンバーターレンズやワイドコンバーターレンズ等を物体側や像側に配置しても良い。

10

【0051】

次に各レンズ群のレンズ構成について説明する。

【0052】

第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に、負レンズと正レンズからなる接合レンズ、正レンズで構成している。これによって高ズーム比ながら軸上色収差と、倍率色収差の各色消しと、球面収差の補正を良好に行っている。

【0053】

第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に、像側が凹面でメニスカス形状の負レンズ、両凹形状の負レンズ、正レンズで構成している。各実施例では正レンズを高分散材料（アッベ数20以下）より構成し、少ないレンズ枚数にてズーミングに伴う色収差の変動を良好に補正している。

20

【0054】

第3レンズ群L3は物体側から像側へ順に、物体側が凸面の正レンズ31、像側が凹面でメニスカス形状の負レンズ32、両凸形状の正レンズ33で構成している。正レンズ31と負レンズ32をある程度の間隔を隔てて配置することにより第3レンズ群L3全体をテレフォト構成としている。これにより第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の主点間隔を短縮しレンズ全長の短縮化を達成している。なおこのような負レンズ32を設けた場合、そのレンズ面で正の歪曲収差が発生し、これが防振時における偏心歪曲が大きくなる場合がある。このときの偏心歪曲を低減させるには第3レンズ群L3全体で発生する歪曲収差を少なくしてやればよい。各実施例では負レンズ32の像面側に正レンズ33を配置することによってテレフォト構成を維持しつつ、第3レンズ群L3内で歪曲収差を補正している。これにより第3レンズ群L3をシフトして防振を行う際に発生する偏心歪曲収差の発生を低減している。

30

【0055】

第4レンズ群L4は1枚の負レンズで構成している。各実施例において、第4レンズ群L4はズーミングに際し不動である。これによりズーミングに伴い第4レンズ群L4にて発生する色収差の変動が小さくなるようにして、特に、色消し構成としなくともよくしている。

【0056】

なお第4レンズ群L4を少ないレンズ枚数にて屈折力を強めると球面収差が発生していく。このときは第3レンズ群L3で発生する収差と補正することができるレンズ形状としている。

40

【0057】

各実施例では、第3レンズ群L3の最終レンズ面と第4レンズ群L4の物体側のレンズ面で構成する空気レンズの屈折力がある程度弱くなるようにして互いの面で球面収差を補正している。

【0058】

また第4レンズ群L4の負の屈折力を強めると像側のレンズ面にて糸巻き型の歪曲収差が発生していく。このときは、第5レンズ群L5で発生する収差と補正するレンズ形状とするのが良い。

50

【0059】

各実施例では第4レンズ群L4の像側のレンズ面と第5レンズ群L5の最も物体側レンズ面で構成する空気レンズの屈折力がある程度弱くなるようにして互いのレンズ面で歪曲収差を補正している。

【0060】

第5レンズ群L5は正レンズと負レンズからなる全体として正の屈折力の接合レンズで構成している。これにより少ないレンズ枚数にて変倍に伴う像点変動の補正に伴う色収差の変動を抑えている。

【0061】

以上のような構成とすることで各実施例では、高ズーム比でありながらコンパクトなズームレンズを達成している。さらに以下の条件式の1以上を満足するようにして各条件式に対応した効果を得ている。 10

広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 f_w 、 f_t とする。 j を物体側から像側へ数えたレンズ群の順序を示し、第 j レンズ群の焦点距離を f_j とする。

【0062】

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 2_w 、 2_t 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 3_w 、 3_t とする。

【0063】

第4レンズ群L4、第5レンズ群L5の望遠端における横倍率を各々 4_t 、 5_t とする。 20

【0064】

第3レンズ群L3は2枚の正レンズと1枚の負レンズより構成され、該負レンズの焦点距離を f_{3n} とする。

【0065】

第4レンズ群L4は1枚の負レンズから構成され、該負レンズの物体側と像側のレンズ面の曲率半径を各々 R_{4a} 、 R_{4b} とする。

【0066】

第1レンズ群L1は正レンズと負レンズからなる接合レンズを有し、該接合レンズを構成する正レンズの材料のアッベ数を d_{1p} 、部分分散比を g_{F1p} とする。 30

【0067】

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L3は、物体側に凸状の軌跡を有するように移動している。このとき第3レンズ群L3の広角端に対する中間のズーム位置での光軸方向の距離を M_{3wm} 、第3レンズ群L3の広角端に対する望遠端での光軸方向の距離を M_{3wt} とする。

【0068】

尚、中間のズーム位置 Z_a とは、ズーミングに際して、第3レンズ群L3が最も物体側に位置するズーム位置である。

【0069】

部分分散比 g_F は、C線、F線、g線における屈折率を N_C 、 N_F 、 N_g とするとき 40

、

$$g_F = (N_g - N_F) / (N_F - N_C)$$

なる式で表される。

【0070】

又、距離 M_{3wm} 、 M_{3wt} の符号は、像側に比べて物体側に位置しているときをマイナス、物体側に比べ像側に位置しているときをプラスと定義する。

【0071】

このとき、

$$1.0 < |f_4| / f_w < 17.0 \dots (1)$$

$$-0.8 < M_{3wm} / f_w < -0.2 \dots (2)$$

```

- 0 . 4 0 < M 3 w t / f w < 0 . 2 0 . . . ( 3 )
0 . 7 0 < ( 2 t / 2 w ) / ( f t / f w ) < 2 . 0 0 . . . ( 4 )
0 . 0 1 < ( 3 t / 3 w ) / ( f t / f w ) < 0 . 2 0 . . . ( 5 )
1 . 0 0 < ( 1 - 3 t ) x 4 t x 5 t < 2 . 0 0 . . . ( 6 )
0 . 4 < | f 3 n | / f 3 < 1 . 0 . . . ( 7 )
0 . 1 < ( R 4 a + R 4 b ) / ( R 4 a - R 4 b ) < 8 . 0 . . . ( 8 )
- 0 . 0 0 1 6 d 1 p + 0 . 6 4 1 < g F 1 p . . . ( 9 )
2 . 0 < f 1 / f w < 6 . 0 . . . ( 1 0 )
1 . 0 0 < | f 2 | / f w < 1 . 5 0 . . . ( 1 1 )
1 . 5 < f 3 / f w < 3 . 0 . . . ( 1 2 )
1 . 5 < f 5 / f w < 3 . 0 . . . ( 1 3 )

```

なる条件のうち 1 以上を満足している。

【 0 0 7 2 】

各実施例では、それぞれの条件式を満足することによって、それに応じた効果を得ている。

【 0 0 7 3 】

次に各条件式の技術的な意味について説明する。

[0 0 7 4]

条件式(1)は第4レンズ群L4の焦点距離、すなわち屈折力を規定する式である。条件式(1)の下限を超えて屈折力が強くなりすぎると、ペツツバール和がマイナス側に大きくなり像面彎曲の発生が多くなる。ペツツバール和を小さくするために、第4レンズ群L4の構成レンズ枚数を増やすと、レンズ全長が増大してくるので良くない。条件式(1)の上限を超えて屈折力が弱すぎると、負の屈折力の第4レンズ群L4を配置した効果が弱まる。又、第3レンズ群L3の防振敏感度の低下により、第3レンズ群L3の径方向が増大してくる。

〔 0 0 7 5 〕

また第4レンズ群L4から射出する光束が収斂光になりやすく第5レンズ群L5のフォーカス感度が低下し移動ストロークが増大してくるので良くない。

〔 0 0 7 6 〕

条件式(2)は第3レンズ群L3の広角端に対する中間のズーム位置での光軸方向の距離に関し、ここでは広角端から中間のズーム位置への移動量に相当している。下限を超えて物体側への移動量が大きすぎると、中間のズーム位置にて第3レンズ群L3にて軸上色収差の発生がオーバーとなりすぎ、これを他のレンズ群にて補正することが困難となる。条件式(2)の上限を超えて物体側への移動量が小さすぎると、第3レンズ群L3のズーミングに伴う移動を凸形状の軌跡とする効果が弱まり前玉径が増大してくるので良くない。

〔 0 0 7 7 〕

条件式(3)は第3レンズ群L3の広角端に対する望遠端での光軸方向の距離を規定した式である。下限を超えて望遠端の位置が広角端より大きく物体側に位置すると、第2レンズ群L2の移動ストロークを確保するため、広角端における第1レンズ群L1と第3レンズ群L3の間隔を大きくしなければならず、この結果前玉径が増大してくる。

[0 0 7 8]

条件式(3)の上限を超えて望遠端の位置が広角端より大きく像側に位置すると、望遠端にて第3レンズ群L3と第4レンズ群L4が干渉しないように広角側でこれらの間隔を広げる必要がある。このようにすると第4レンズ群L4以降の有効径が増大するので良くない。

〔 0 0 7 9 〕

条件式(4)は第2レンズ群L2の変倍分担を規定する式である。下限を超えて第2レンズ群L2の変倍分担が小さすぎると、第3レンズ群L3もしくは第5レンズ群L5の変倍作用を大きく強めなければならない。いずれの場合も移動ストロークが極端に増大し、

10

20

30

40

50

レンズ全長が増大してくる。

【0080】

条件式(4)にて1を越えることは第2レンズ群L2より後のレンズ群の合成系(第3レンズ群L3から第5レンズ群L5までの合成系)における変倍比が1を下回ることを意味する。条件式(4)の上限を超えると、この合成系の変倍比が1を大きく下回るため第2レンズ群L2を必要以上に変倍させなければならず全系として効率よく変倍するのが難しくなる。この場合は所望のズーム比を得るために第2レンズ群L2の移動量が必要以上に大きくなりレンズ全長が増大してくる。条件式(4)を満たすことで第2レンズ群L2とこの後続レンズ群の変倍分担が最適化されレンズ全長の短縮と高ズーム比化が容易になる。

10

【0081】

条件式(5)は第3レンズ群L3の変倍分担を規定する式である。第3レンズ群L3の変倍比が1を大きく下回りゼロに近くなると条件式(5)もゼロに近づく。下限を超えてゼロに近づきすぎると第2レンズ群L2もしくは第5レンズ群L5の変倍作用を強めなければならない。いずれの場合も移動ストロークが極端に増大しレンズ全長が増大してくる。

【0082】

条件式(5)の上限を超えて変倍分担が大きすぎると、第3レンズ群L3が広角端から望遠端に向かって物体側に大きく移動する。このときの移動量が大きくなると、広角端での第1レンズ群L1と第3レンズ群L3との距離を大きくとらなければならない。この結果第1レンズ群L1および第2レンズ群L2の有効径が増大してくる。

20

【0083】

尚、条件式(4)と(5)を満たすと第2レンズ群L2より後続レンズ群の変倍分担も最適化されるのでより好ましい。

【0084】

条件式(6)は第3レンズ群L3の防振敏感度を規定した式である。 $(1 - 3t) \times 4t \times 5t$ は第3レンズ群L3の光軸と垂直方向への移動量とこれに伴い発生する結像面上の像点移動量の比を表し、大きな値ほど少ない移動量で像点移動が可能となる。

【0085】

条件式(6)の下限値を超えて防振敏感度が低すぎると防振のための移動ストロークが増大し第3レンズ群L3の有効径が増大する。この結果、第3レンズ群L3を構成する各レンズ外径が大型化し、しいてはレンズホルダー、防振機構の大型化を招くので良くない。また防振敏感度が高いと防振制御を行う際、第3レンズ群L3を微小駆動させる必要があるが、上限を超えて防振敏感度が高すぎると精度良く制御することが困難となる。

30

【0086】

条件式(7)は第3レンズ群L3を構成する負レンズの焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。条件式(7)の下限を超えて屈折力が強すぎると、ペツツバール和がマイナス側に大きくなり像面彎曲が多く発生してくる。

【0087】

条件式(7)の上限を超えて屈折力が弱すぎると、直前の正レンズとで構成するテレフォト構成が弱まり第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の主点間隔を短縮しレンズ全長を短縮化するのが難しくなる。

40

【0088】

条件式(8)は第4レンズ群L4の1枚の負レンズのレンズ形状因子を規定する式である。下限を超えて物体側のレンズ面の曲率が強まりすぎると球面収差がオーバー側に発生するので良くない。条件式(8)にて1を越えると像側に凹面を向けたメニスカス形状となる。

【0089】

条件式(8)の上限を超えてメニスカスの度合いが強まりすぎると第4レンズ群L4の前側主点位置が像側によりすぎ第3レンズ群L3との空気間隔を確保するのが困難となる

50

。

【0090】

条件式(9)は第1レンズ群L1の接合レンズを構成する正レンズの材料の部分分散比を規定する式である。

【0091】

条件式(9)の下限を超えて部分分散比 $g F 1 p$ がアッペ数 $d 1 p$ に対して小さすぎると接合レンズを構成する負レンズで発生する二次スペクトルの補正が難しくなり、特に望遠側において軸上色収差および軸外色収差における二次スペクトルが増大してくる。

【0092】

条件式(10)は第1レンズ群L1の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。条件式(1)の下限を超えて屈折力が強すぎると望遠側において球面収差が多く発生していく。条件式(10)の上限を超えて屈折力が弱すぎると第2レンズ群L2を中間のズーム位置にて等倍とすることが難しくなる。第2レンズ群L2の横倍率が中間のズーム位置で等倍となるようにすると像点補正のための第5レンズ群L5の移動ストロークが抑えられる。条件式(10)の上限を超えると第5レンズ群L5の移動ストロークが増大してくるので良くない。

【0093】

条件式(11)は第2レンズ群L2の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。条件式(11)の下限を超えて屈折力が強すぎると第2レンズ群で発生する変倍に伴う収差変動が増大してくる。

10

20

【0094】

特に球面収差、コマ収差、像面彎曲の変動が増大してくる。条件式(11)の上限を超えて屈折力が弱すぎると所望のズーム比を得るために第2レンズ群L2の移動ストロークが増大するためレンズ全長及び前玉径が増大してくる。

【0095】

条件式(12)は第3レンズ群L3の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。条件式(12)の下限を超えて屈折力が強すぎると防振のために第3レンズ群L3を光軸垂直方向へ移動した際の収差変動が増大してくる。

【0096】

特に偏芯コマ収差、像面倒れの発生が多くなる。

30

【0097】

条件式(12)の上限を超えて屈折力が弱すぎると防振のために第3レンズ群L3を光軸垂直方向へ移動する際のストロークが増大するため第3レンズ群の径方向が大型化してくる。

【0098】

条件式(13)は第5レンズ群L5の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。条件式(13)の下限を超えて屈折力が強すぎるとフィルター等を挿入するために必要な長さのバックフォーカスを確保するのが困難となる。

【0099】

条件式(13)の上限を超えて屈折力が弱すぎると変倍に伴うピント変動の補正およびフォーカシングのために移動するストロークが増大するので良くない。

40

【0100】

さらに好ましくは各条件式の数値範囲を次の如く設定するのが好ましい。

【0101】

$$\begin{aligned}
 & 1.5 < |f 4| / f w < 16.0 \dots (1a) \\
 & -0.7 < M 3 w m / f w < -0.2 \dots (2a) \\
 & -0.35 < M 3 w t / f w < 0.18 \dots (3a) \\
 & 0.75 < (2t / 2w) / (f t / f w) < 1.95 \dots (4a) \\
 & 0.03 < (3t / 3w) / (f t / f w) < 0.17 \dots (5a) \\
 & 1.15 < (1 - 3t) \times 4t \times 5t < 1.90 \dots (6a)
 \end{aligned}$$

50

0.5 < |f3n| / f3 < 0.9 . . . (7a)
 0.2 < (R4a + R4b) / (R4a - R4b) < 7.6 . . . (8a)
 3.0 < f1 / fw < 5.0 . . . (10a)
 1.05 < |f2| / fw < 1.40 . . . (11a)
 1.7 < f3 / fw < 2.7 . . . (12a)
 1.7 < f5 / fw < 2.8 . . . (13a)

以上のように、各実施例によれば、第1レンズ群L1をズーミングの際に不動とした構成にて、10倍程度の高ズーム比を有し、前玉有効径の小型化を図った高性能なズームレンズが得られる。

【0102】

10

次に本発明のズームレンズの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17を用いて説明する。

【0103】

図17においては、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はカメラ本体に内臓され、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である。

【0104】

20

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素子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。

【0105】

以下に、本発明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し、R_iはレンズ面の曲率半径、D_iは第i面と第i+1面との間のレンズ肉厚および空気間隔、N_i、_iはそれぞれd線に対する屈折率、アッベ数を示す。また、もっとも像側の2面は光学ブロックの平面である。

【0106】

また、B,C,D,Eは非球面係数である。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とするとき

30

【0107】

【数1】

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

【0108】

で表される。但しRは曲率半径、Kは円錐定数である。

【0109】

40

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。

<数値実施例1>

f = 6.65 ~ 64.60	Fno = 3.61 ~ 5.67	2 = 53.5°	~ 5.9°
R1 = 34.046	D1 = 1.30	N1 = 1.805181	1 = 25.4
R2 = 21.362	D2 = 4.00	N2 = 1.496999	2 = 81.5
R3 = -222.504	D3 = 0.10		
R4 = 19.848	D4 = 2.40	N3 = 1.603112	3 = 60.6
R5 = 54.761	D5 = 可変		
R6 = 46.607	D6 = 0.70	N4 = 1.882997	4 = 40.8

50

R 7 =	5.978	D 7 =	2.85		
R 8 =	-32.488	D 8 =	0.60	N 5 =	1.696797
R 9 =	18.150	D 9 =	0.40	5 =	55.5
R10 =	10.973	D10 =	1.70	N 6 =	1.922860
R11 =	29.933	D11 =	可变	6 =	18.9
R12 =	絞り	D12 =	1.50		
R13 =	10.521	D13 =	2.00	N 7 =	1.693500
R14 =	-36.903	D14 =	3.46	7 =	53.2
R15 =	72.561	D15 =	0.60	N 8 =	1.846660
R16 =	8.320	D16 =	0.27	8 =	23.9
R17 =	11.308	D17 =	2.10	N 9 =	1.603112
R18 =	-20.621	D18 =	可变	9 =	60.6
R19 =	-29.577	D19 =	0.70	N10 =	1.487490
R20 =	13.248	D20 =	可变	10 =	70.2
R21 =	14.526	D21 =	2.90	N11 =	1.804000
R22 =	-17.609	D22 =	0.60	N12 =	1.846660
R23 =	-65.759	D23 =	可变	11 =	46.6
R24 =		D24 =	1.28	N13 =	1.516330
R25 =				12 =	23.9
				13 =	64.1
					20
\\ 焦点距離		6.65	19.43	64.60	
可变間隔 \\					
D 5	0.70	10.00	19.30		
D11	20.08	7.53	1.48		
D18	1.50	4.75	1.50		
D20	5.92	3.67	9.26		
D23	7.13	9.39	3.79		

非球面係数

R14 k=-1.43239e+02 B=-1.80347e-04 C=1.55168e-05 D=-4.23854e-07

E=0.00000e+00

30

< 数値実施例 2 >					
f = 6.61 ~ 64.78	F n o =	3.60 ~ 5.67	2 = 53.7°	~ 5.9°	
R 1 = 33.513	D 1 =	1.30	N 1 = 1.846660	1 = 23.9	
R 2 = 21.293	D 2 =	4.00	N 2 = 1.487490	2 = 70.2	
R 3 = -221.076	D 3 =	0.10			
R 4 = 20.037	D 4 =	2.40	N 3 = 1.603112	3 = 60.6	
R 5 = 61.171	D 5 =	可变			
R 6 = 41.723	D 6 =	0.70	N 4 = 1.882997	4 = 40.8	
R 7 = 5.814	D 7 =	3.01			
R 8 = -28.688	D 8 =	0.60	N 5 = 1.696797	5 = 55.5	
R 9 = 17.684	D 9 =	0.40			
R10 = 10.908	D10 =	1.70	N 6 = 1.922860	6 = 18.9	
R11 = 33.976	D11 =	可变			
R12 = 絞り	D12 =	0.50			
R13 = 9.977	D13 =	2.00	N 7 = 1.693500	7 = 53.2	
R14 = -37.158	D14 =	3.51			
R15 = 387.649	D15 =	0.60	N 8 = 1.846660	8 = 23.9	
R16 = 8.113	D16 =	0.29			

40

50

R17 = 11.247	D17 = 2.10	N 9 = 1.603112	9 = 60.6
R18 = -639.500	D18 = 可变		
R19 = 14.054	D19 = 0.70	N10 = 1.487490	10 = 70.2
R20 = 10.731	D20 = 可变		
R21 = 14.536	D21 = 2.90	N11 = 1.804000	11 = 46.6
R22 = -37.028	D22 = 0.60	N12 = 1.846660	12 = 23.9
R23 = -251.285	D23 = 可变		
R24 =	D24 = 1.28	N13 = 1.516330	13 = 64.1
R25 =			

10

\ 焦点距離	6.61	26.05	64.78
可变間隔 \			

D 5	0.70	13.72	19.30
D11	21.03	6.60	1.43
D18	0.50	1.91	1.50
D20	6.92	2.43	9.60
D23	7.40	11.88	4.72

非球面係数

R14 k = -2.14372e+02 B = -3.53656e-04 C = 3.48279e-05 D = -1.39789e-06
E = 0.00000e+00

20

< 数値実施例 3 >

f = 6.50 ~ 64.60	F n o = 3.61 ~ 5.67 2 = 54.5° ~ 5.9°		
R 1 = 36.036	D 1 = 1.30	N 1 = 1.728250	1 = 28.5
R 2 = 20.572	D 2 = 4.00	N 2 = 1.438750	2 = 95.0
R 3 = -108.255	D 3 = 0.10		
R 4 = 18.755	D 4 = 2.40	N 3 = 1.603112	3 = 60.6
R 5 = 53.640	D 5 = 可变		
R 6 = 46.108	D 6 = 0.70	N 4 = 1.882997	4 = 40.8
R 7 = 6.024	D 7 = 2.73		
R 8 = -41.506	D 8 = 0.60	N 5 = 1.696797	5 = 55.5
R 9 = 17.655	D 9 = 0.40		
R10 = 10.769	D10 = 1.50	N 6 = 1.922860	6 = 18.9
R11 = 27.978	D11 = 可变		
R12 = 絞り	D12 = 1.50		
R13 = 10.777	D13 = 2.00	N 7 = 1.693500	7 = 53.2
R14 = -37.304	D14 = 3.61		
R15 = -58.658	D15 = 0.60	N 8 = 1.846660	8 = 23.9
R16 = 8.738	D16 = 0.22		
R17 = 11.175	D17 = 2.10	N 9 = 1.804000	9 = 46.6
R18 = -17.983	D18 = 可变		
R19 = -18.910	D19 = 0.70	N10 = 1.487490	10 = 70.2
R20 = 9.648	D20 = 可变		
R21 = 14.324	D21 = 3.30	N11 = 1.804000	11 = 46.6
R22 = -11.012	D22 = 0.60	N12 = 1.846660	12 = 23.9
R23 = -30.531	D23 = 可变		
R24 =	D24 = 1.28	N13 = 1.516330	13 = 64.1
R25 =			

40

50

\ 焦点距離	6.50	20.58	64.60
可变間隔 \			
D 5	0.70	9.82	19.70
D11	19.50	6.12	1.50
D18	1.50	5.76	0.50
D20	4.76	4.60	8.86
D23	7.65	7.80	3.54

非球面係数

R13 k =7.20570e-01 B =1.71220e-05 C =-7.85975e-06 D =4.66646e-07

10

E =0.00000e+00

R14 k =-2.19192e+02 B =-2.78497e-04 C =2.94176e-05 D =-1.06973e-06

E =0.00000e+00

< 数値実施例 4 >

f = 6.66 ~ 64.66	F n o = 3.61 ~ 5.67	2 = 53.4° ~ 5.9°	
R 1 = 33.730	D 1 = 1.30	N 1 = 1.805181	1 = 25.4
R 2 = 21.242	D 2 = 4.00	N 2 = 1.496999	2 = 81.5
R 3 = -222.548	D 3 = 0.10		
R 4 = 19.592	D 4 = 2.40	N 3 = 1.603112	3 = 60.6
R 5 = 55.735	D 5 = 可变		
R 6 = 51.057	D 6 = 0.70	N 4 = 1.882997	4 = 40.8
R 7 = 5.957	D 7 = 2.95		
R 8 = -26.146	D 8 = 0.60	N 5 = 1.696797	5 = 55.5
R 9 = 18.026	D 9 = 0.40		
R10 = 11.320	D10 = 1.70	N 6 = 1.922860	6 = 18.9
R11 = 35.176	D11 = 可变		
R12 = 10.850	D12 = 2.00	N 7 = 1.693500	7 = 53.2
R13 = -36.094	D13 = 1.00		
R14 = 紋り	D14 = 2.50		
R15 = 74.437	D15 = 0.60	N 8 = 1.846660	8 = 23.9
R16 = 8.361	D16 = 0.23		
R17 = 10.566	D17 = 2.10	N 9 = 1.603112	9 = 60.6
R18 = -18.880	D18 = 可变		
R19 = -35.563	D19 = 0.70	N10 = 1.487490	10 = 70.2
R20 = 11.702	D20 = 可变		
R21 = 15.140	D21 = 2.90	N11 = 1.804000	11 = 46.6
R22 = -16.517	D22 = 0.60	N12 = 1.846660	12 = 23.9
R23 = -51.845	D23 = 可变		
R24 =	D24 = 1.28	N13 = 1.516330	13 = 64.1
R25 =			

\ 焦点距離	6.66	24.48	64.66
可变間隔 \			

D 5	0.70	11.20	18.20
D11	20.15	5.81	0.65
D18	1.50	5.34	3.50
D20	6.75	3.20	8.79
D23	7.10	10.65	5.07

50

非球面係数

R13 k =-1.32894e+02 B =-1.83375e-04 C =1.72475e-05 D =-5.54298e-07

E =0.00000e+00

【0 1 1 0】

【表1】

表1

	数値実施例1	数値実施例2	数値実施例3	数値実施例4
条件式(1)	2.78	15.13	2.00	2.70
条件式(2)	-0.49	-0.21	-0.66	-0.58
条件式(3)	0.00	-0.15	0.15	-0.30
条件式(4)	1.18	1.07	1.91	0.82
条件式(5)	0.07	0.07	0.04	0.11
条件式(6)	1.69	1.19	1.65	1.89
条件式(7)	0.85	0.57	0.73	0.88
条件式(8)	0.38	7.46	0.32	0.50
条件式(9) 左辺	0.511	0.529	0.489	0.511
条件式(9) 右辺	0.539	0.530	0.535	0.539
条件式(10)	4.88	4.91	4.94	4.76
条件式(11)	1.12	1.13	1.20	1.07
条件式(12)	1.98	2.59	1.90	1.92
条件式(13)	2.33	2.64	2.00	2.29

10

20

【図面の簡単な説明】

【0 1 1 1】

【図1】実施例1のレンズ断面図

【図2】実施例1に対応する数値実施例の広角端における収差図

【図3】実施例1に対応する数値実施例の中間のズーム位置における収差図

【図4】実施例1に対応する数値実施例の望遠端における収差図

【図5】実施例2のレンズ断面図

【図6】実施例2に対応する数値実施例の広角端における収差図

【図7】実施例2に対応する数値実施例の中間のズーム位置における収差図

30

【図8】実施例2に対応する数値実施例の望遠端における収差図

【図9】実施例3のレンズ断面図

【図10】実施例3に対応する数値実施例の広角端における収差図

【図11】実施例3に対応する数値実施例の中間のズーム位置における収差図

【図12】実施例3に対応する数値実施例の望遠端における収差図

【図13】実施例4のレンズ断面図

【図14】実施例4に対応する数値実施例の広角端における収差図

【図15】実施例4に対応する数値実施例の中間のズーム位置における収差図

【図16】実施例4に対応する数値実施例の望遠端における収差図

【図17】本発明の撮像装置の要部概略図

40

【符号の説明】

【0 1 1 2】

L 1 : 第1レンズ群

L 2 : 第2レンズ群

L 3 : 第3レンズ群

L 4 : 第4レンズ群

L 5 : 第5レンズ群

S P : 開口絞り

I P : 像面

d : d線

50

g : g 線

C : C 線

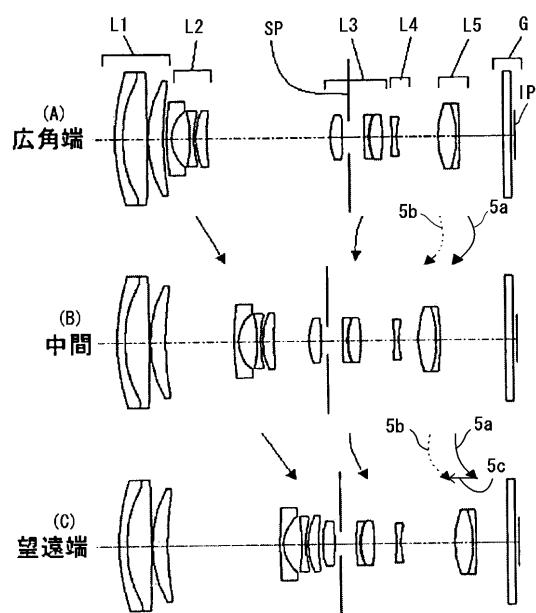
F : F 線

S : サジタル像面

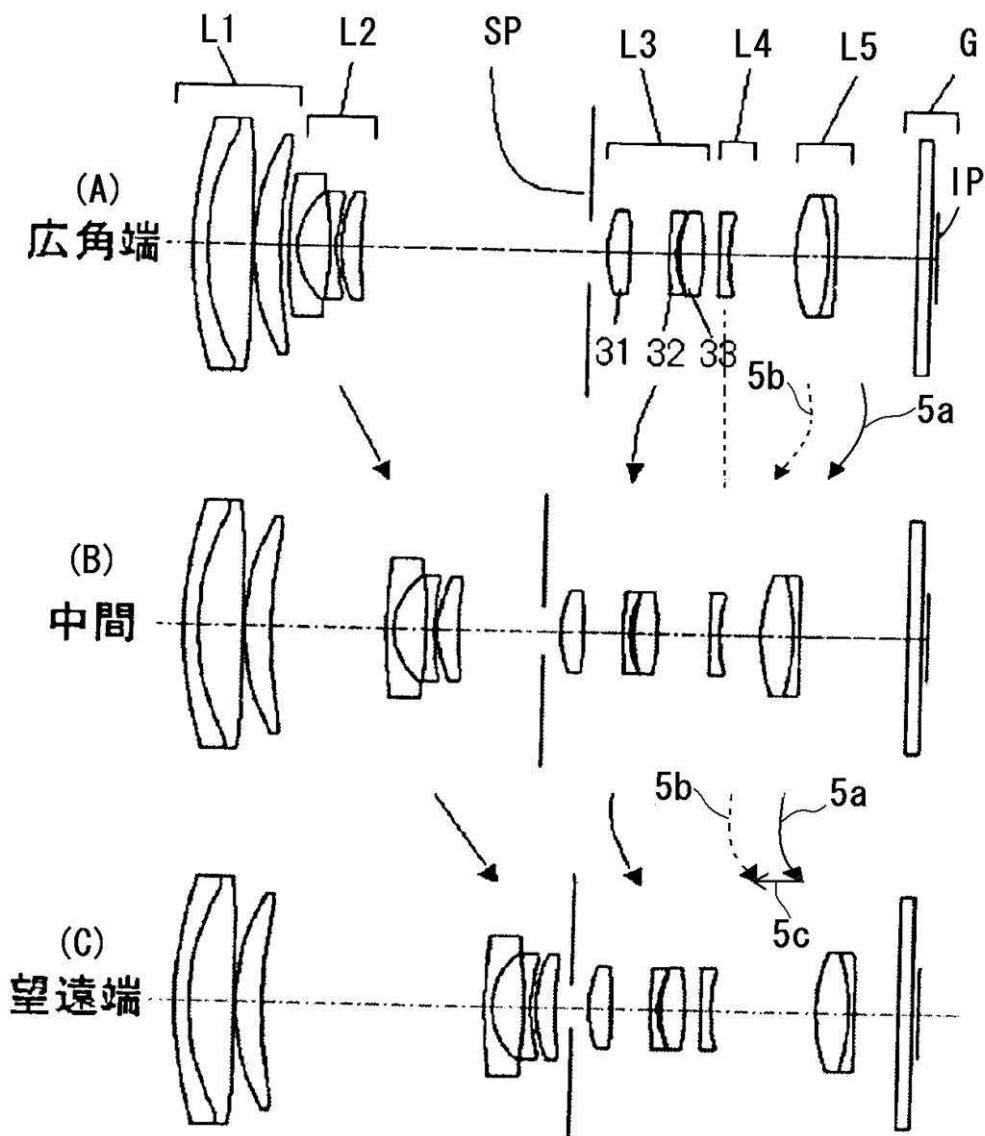
M : メリディオナル像面

: 半画角

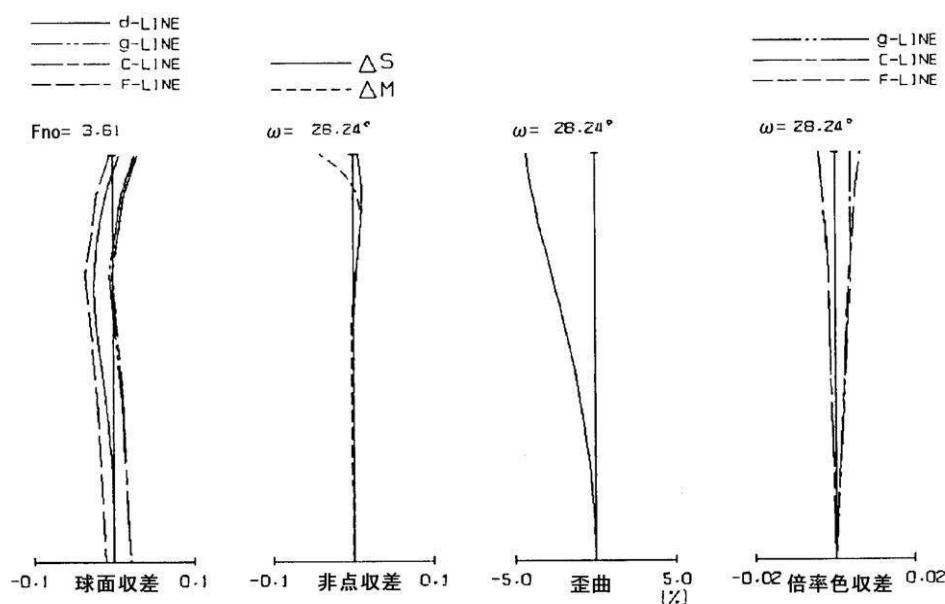
【図 1 3】



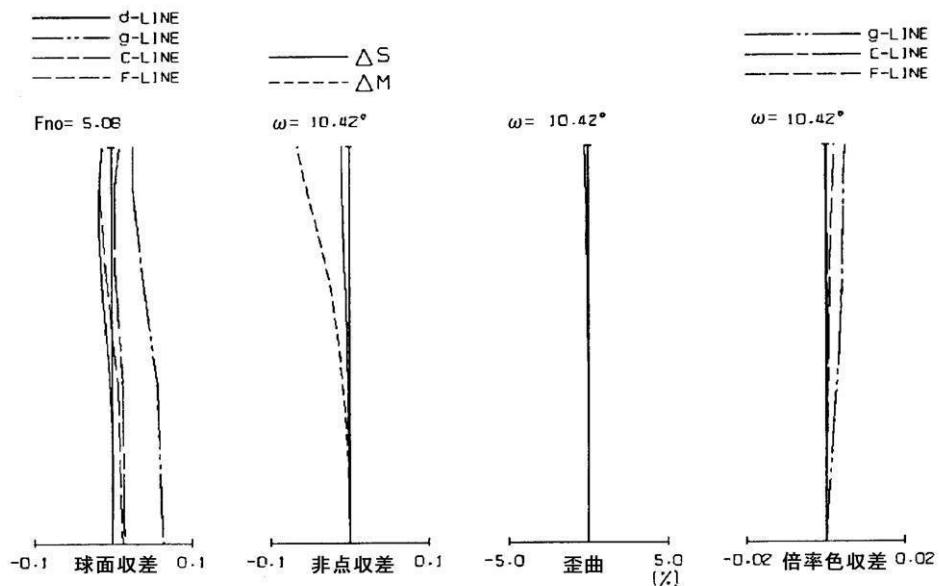
【図1】



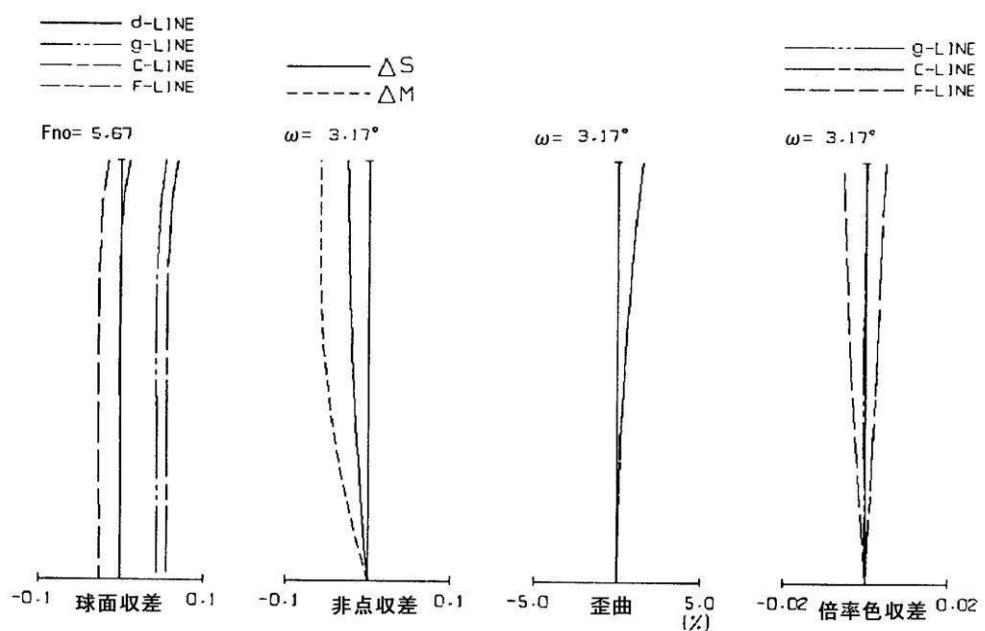
【図2】



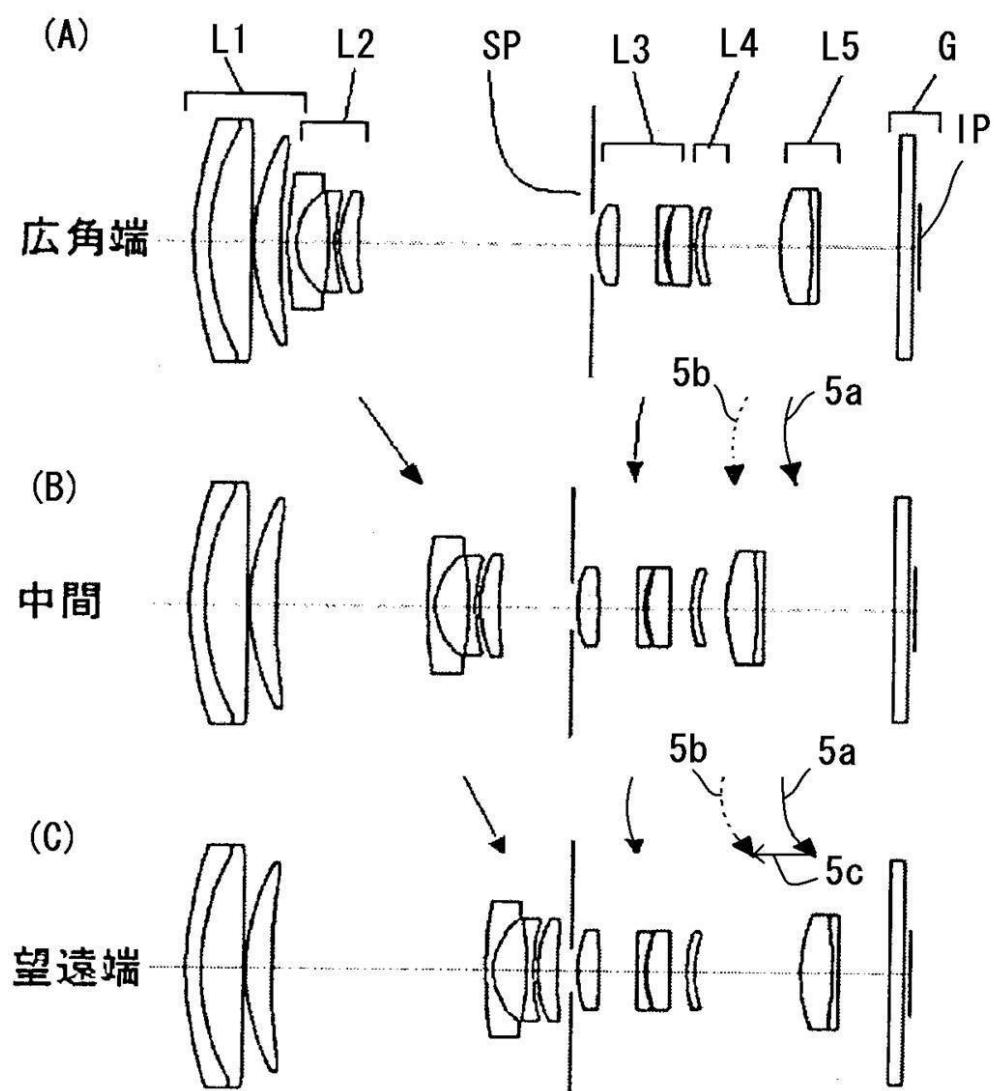
【図3】



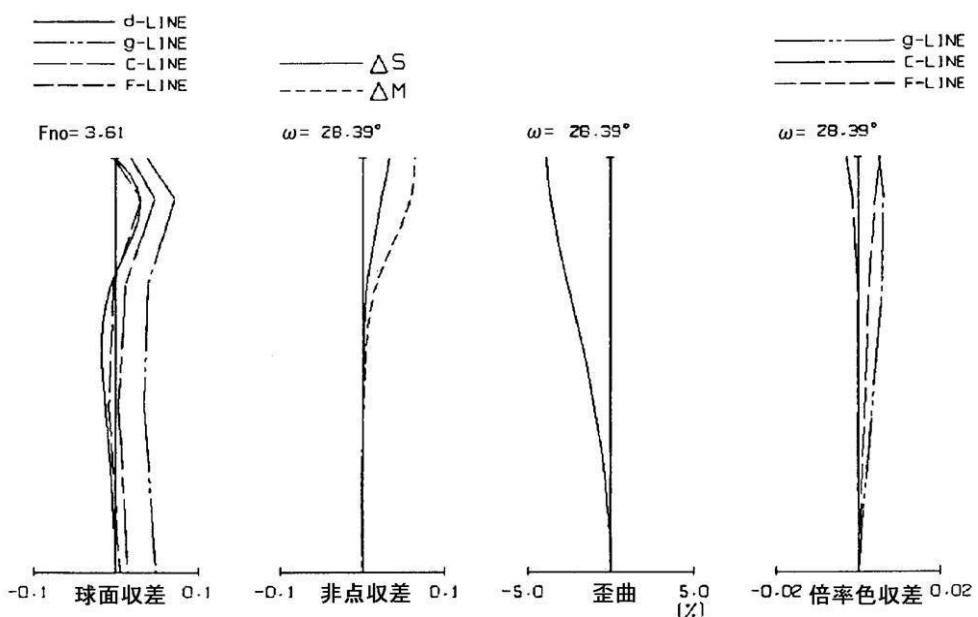
【図4】



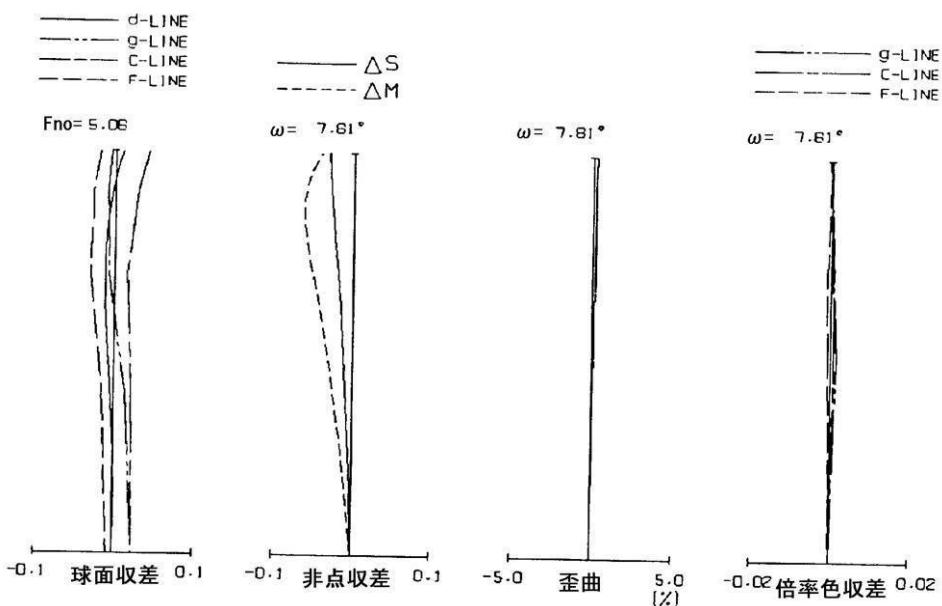
【図5】



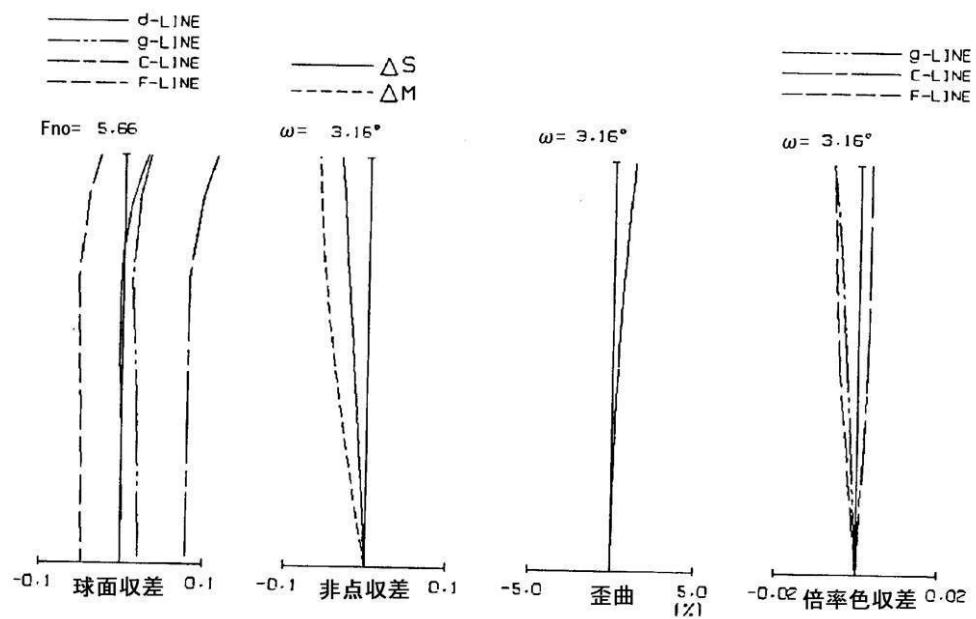
【図6】



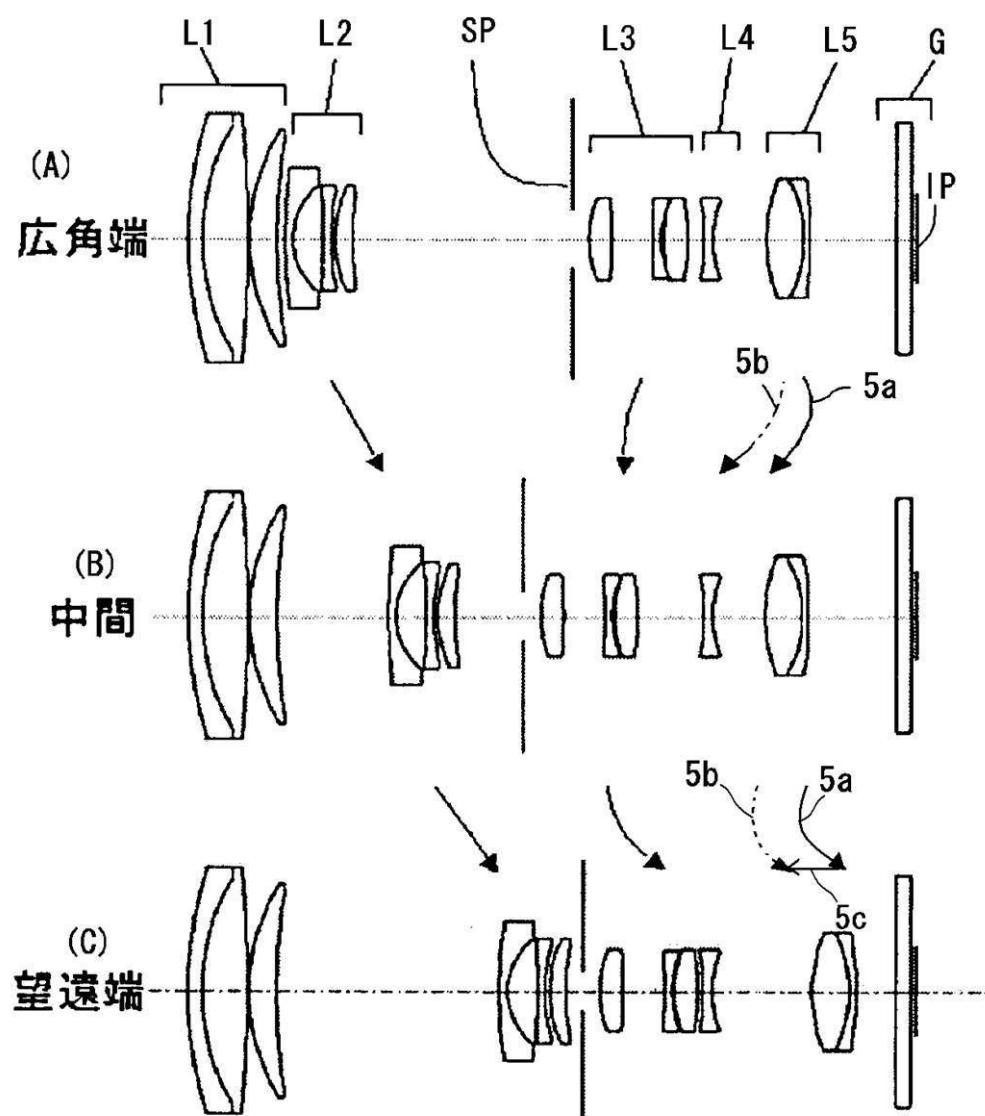
【図7】



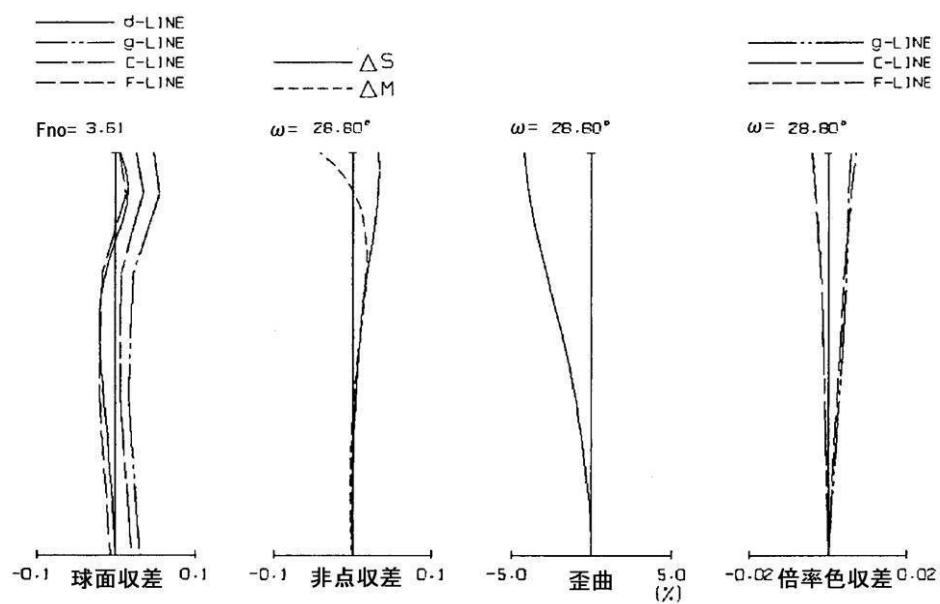
【図8】



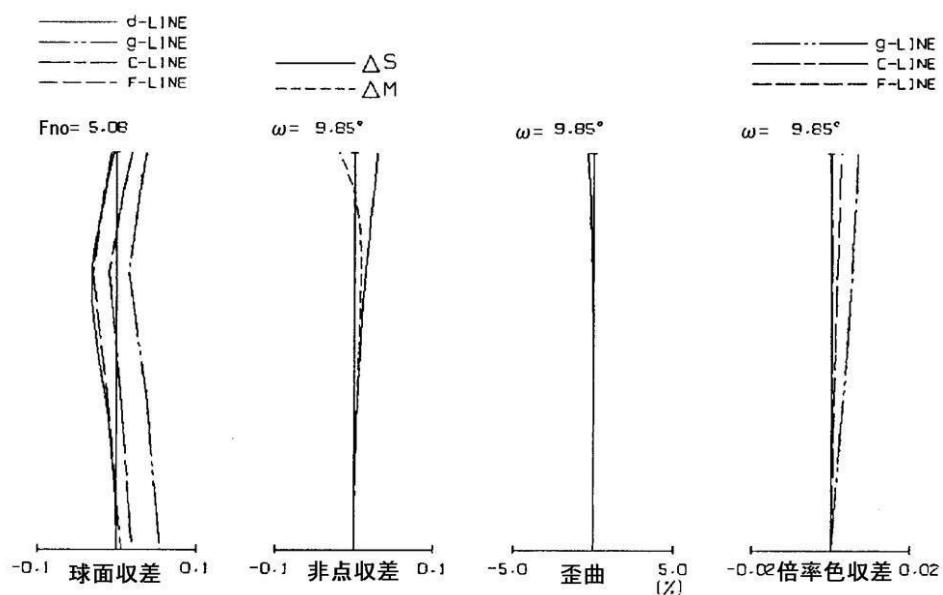
【図9】



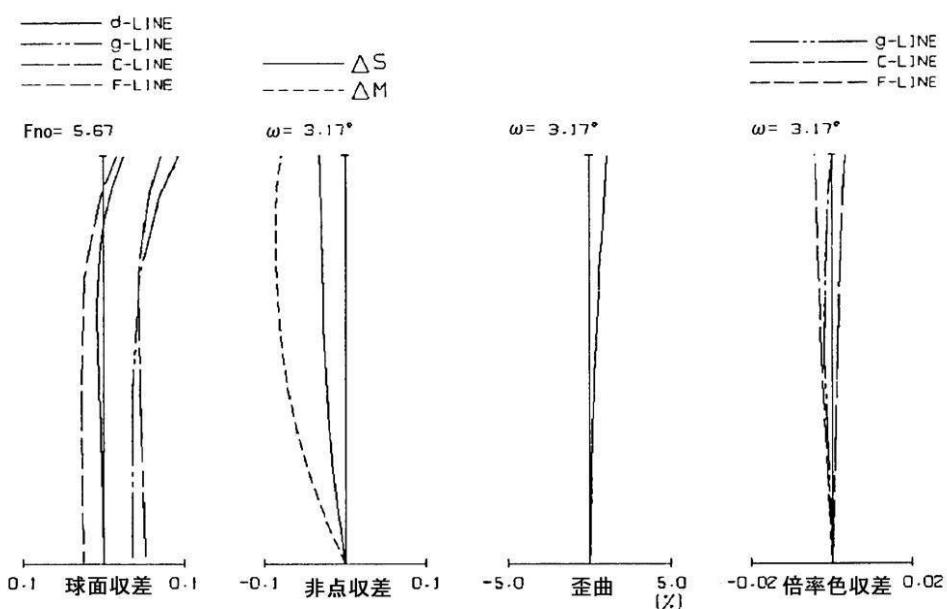
【図10】



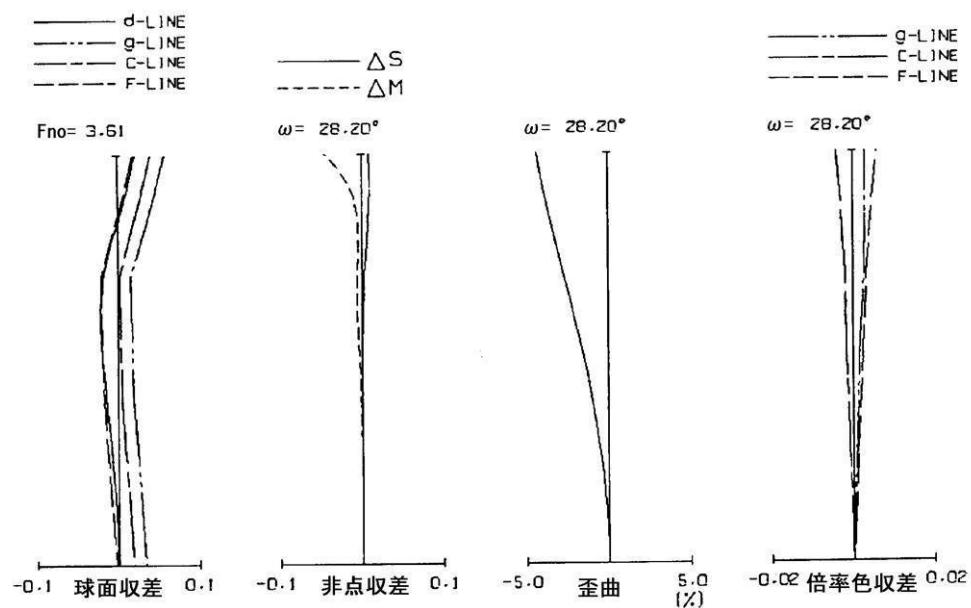
【図11】



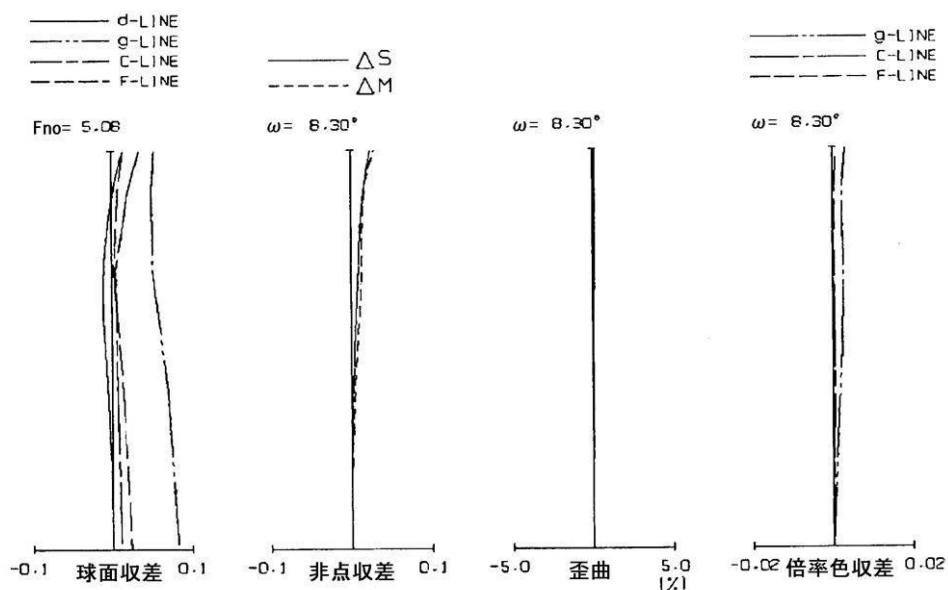
【図 1 2】



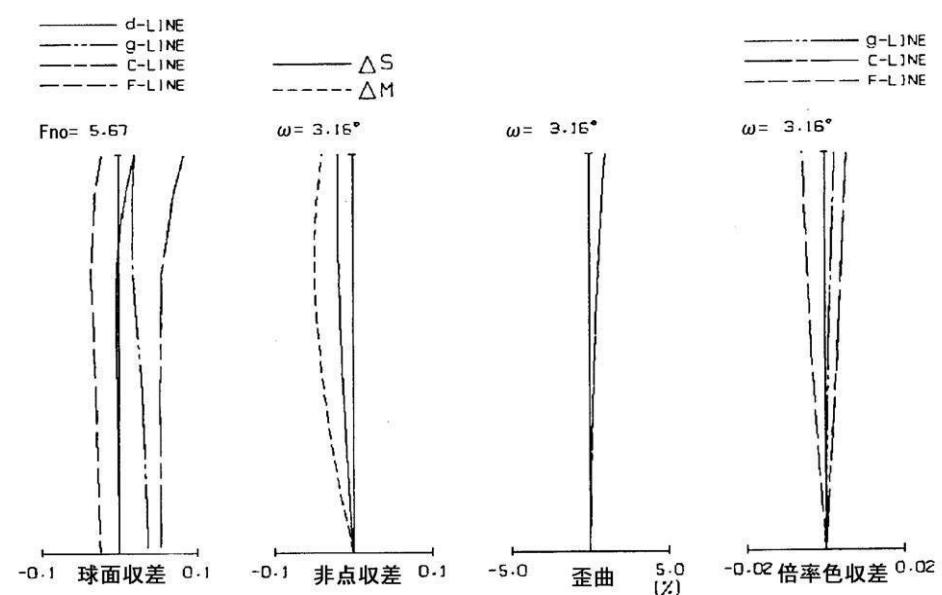
【図 1 4】



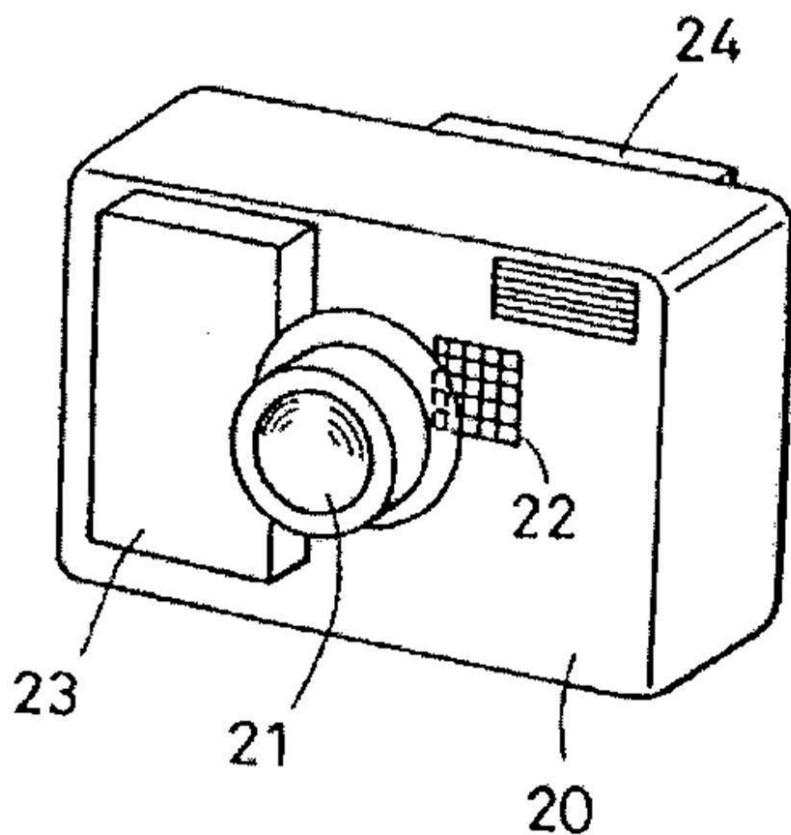
【図 15】



【図 16】



【図17】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-227551(JP,A)

特開平5-215967(JP,A)

特開2007-3598(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 15/00 - 15/28