

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4378188号  
(P4378188)

(45) 発行日 平成21年12月2日(2009.12.2)

(24) 登録日 平成21年9月18日(2009.9.18)

(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 22 頁)

(21) 出願番号 特願2004-46453 (P2004-46453)  
 (22) 出願日 平成16年2月23日 (2004.2.23)  
 (65) 公開番号 特開2005-234460 (P2005-234460A)  
 (43) 公開日 平成17年9月2日 (2005.9.2)  
 審査請求日 平成19年2月19日 (2007.2.19)

(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 関田 誠  
 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 森内 正明

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、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、各レンズ群の間隔を変化させてズーミングを行うズームレンズにおいて、該第1レンズ群は負レンズと正レンズを有し、該第2レンズ群は正レンズと負レンズを有し、該第3レンズ群は正レンズを有し、該第1レンズ群の最も物体側の負の屈折力のレンズG11の物体側と像側の面は非球面形状であり、前記レンズG11は物体側の面が凸のメニスカス形状であり、該レンズG11の像側の面は光軸から離れるにしたがって負の屈折力が弱まる非球面形状であり、広角端のズーム位置において軸外光線が該レンズG11を通過する最大高さにおいて、該レンズG11の物体側の面の近軸曲率半径におけるサグ量と該非球面形状のサグ量との差をSag1、該レンズG11の像側の面の近軸曲率半径におけるサグ量と該非球面形状のサグ量との差をSag2、前記第1レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、該第1レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をDL1、前記第2レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、該第2レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をDL2、前記第3レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、該第3レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をDL3、広角端のズーム位置における全系の焦点距離をfwとするとき、

$$0.1 < |Sag1/Sag2| < 1.0$$

$$1.3 < (DL1 + DL2 + DL3) / fw < 1.8$$

10

20

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1レンズ群は物体側より像側に順に、前記レンズG11と物体側の面が凸でメニスカス形状の正の屈折力のレンズG12より成ることを特徴とする請求項1のズームレンズ。

**【請求項 3】**

前記第2レンズ群は物体側より像側へ順に、正の屈折力のレンズG21と負の屈折力のレンズG22とを接合した接合レンズ、物体側と像側の面が凸形状のレンズG23より成ることを特徴とする請求項1または2のズームレンズ。

**【請求項 4】**

広角端から望遠端のズーム位置へのズーミングに際して、前記第1レンズ群は像側に凸状の軌跡で移動し、前記第2レンズ群は物体側に単調に移動し、前記第3レンズ群は像側に移動することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項のズームレンズ。

**【請求項 5】**

前記第1レンズ群の焦点距離をf1、広角端のズーム位置における全系の焦点距離をfwとするとき、

$$-2.6 < f_1 / fw < -1.6$$

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項のズームレンズ。

**【請求項 6】**

前記第2レンズ群の焦点距離をf2、広角端のズーム位置における全系の焦点距離をfwとするとき、

$$1.2 < f_2 / fw < 2.0$$

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

**【請求項 7】**

前記第3レンズ群を物体側に移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行うことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項のズームレンズ。

**【請求項 8】**

前記第1レンズ群の最も物体側に位置するレンズG11の焦点距離をf11、前記第2レンズ群の最も物体側に位置するレンズG21の焦点距離をf21とするとき、

$$-1.6 < f_{11} / f_{21} < -0.8$$

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

**【請求項 9】**

撮像素子に像を形成する為の光学系であることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項のズームレンズ。

**【請求項 10】**

請求項1乃至9のいずれか1項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してい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】**

本発明はスチルカメラやビデオカメラ、そしてデジタルスチルカメラ等に好適なズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関するものである。

**【背景技術】**

**【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等、撮像装置（カメラ）の高機能化にともない、それに用いる光学系には広い画角を包含した大口径比のズームレンズが求められている。

**【0003】**

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・色補正フィルターなどの各種光学部材を配置する為、それに用いる光学系には、比較的バックフ

10

20

30

40

50

オーカスの長いレンズ系が要求される。

【0004】

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、色シェーディングを避けるため、それに用いる光学系には像側のテレセントリック特性の良いものが望まれている。

【0005】

従来より、負の屈折力の第1レンズ群と正の屈折力の第2レンズ群の2つのレンズ群より成り、双方のレンズ間隔を変えて変倍を行う、所謂ショートズームタイプの広画角の2群ズームレンズが種々提案されている。これらのショートズームタイプの光学系では、正の屈折力の第2レンズ群を移動する事で変倍を行い、負の屈折力の第1レンズ群を移動する事で変倍に伴う像点位置の変動の補正を行っている。これらの2つのレンズ群よりなるレンズ構成においては、ズーム倍率は2倍程度である。10

【0006】

さらに2倍以上の高い変倍比を有しつつレンズ全体をコンパクトな形状にまとめるため、2群ズームレンズの像側に負または正の屈折力の第3レンズ群を配置し、高倍化に伴って発生する諸収差の補正を行っている、所謂3群ズームレンズが提案されている（例えば特許文献1、2）。

【0007】

3群ズームレンズとして長いバックフォーカスを有し、テレセントリック特性を満足する広画角の3群ズームレンズ系が知られている（例えば特許文献3、4）。20

【0008】

又3群ズームレンズにおいて、負の屈折力の第1レンズ群を固定とし、正の屈折力の第2レンズ群と正の屈折力の第3レンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズが知られている（例えば特許文献5）。

【0009】

又、3群ズームレンズにおいて、ズーミングに際し、全てのレンズ群が移動し、第2レンズ群に効果的に接合レンズを使用して色収差を補正した構成レンズ枚数が比較的少ない3群ズームレンズが知られている（例えば特許文献6～11）。

【0010】

又、3群ズームレンズにおいて第1レンズ群中の負の屈折力のレンズの物体側と像側の面を非球面形状とすることで、さらに構成レンズ枚数の減少を狙った3群ズームレンズが知られている（例えば特許文献12～15）。30

【特許文献1】特公平7-3507号公報

【特許文献2】特公平6-40170号公報

【特許文献3】特開昭63-135913号公報

【特許文献4】特開平7-261083号公報

【特許文献5】特開平3-288113号公報

【特許文献6】特開2001-272602号公報

【特許文献7】特願2003-128261号公報

【特許文献8】特開2002-48975号公報

【特許文献9】特開2003-5072号公報

【特許文献10】特開2003-149555号公報

【特許文献11】特開2003-149556号公報

【特許文献12】特開平5-323190号公報

【特許文献13】特開平7-174971号公報

【特許文献14】特開2002-55278号公報

【特許文献15】特開2002-365545号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

10

20

30

40

50

35mmフィルム写真用に設計されている3群ズームレンズは、固体撮像素子を用いる撮像装置には、バックフォーカスが長すぎ、又テレセントリック特性が良くない為、固体撮像素子を用いる撮像装置に、そのまま用いることが難しい。

#### 【0012】

一方近年、カメラのコンパクト化とズームレンズの高倍化の双方を両立する為に、非撮影時に各レンズ群の間隔を撮影状態と異なる間隔まで縮小し、カメラ本体からのレンズの突出量を少なくした所謂沈胴式のズームレンズが広く用いられている。

#### 【0013】

一般に、ズームレンズを構成する各レンズ群のレンズ枚数が多いと、各レンズ群の光軸上の長さが長くなり、又、各レンズ群のズーミング及びフォーカシングにおける移動量が大きいとレンズ全長が長くなり、所望の沈胴長が達成出来なくなり、沈胴式のズームレンズに用いるのが難しくなる。10

#### 【0014】

本発明は構成レンズ枚数の少ない、コンパクトで、優れた光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0015】

本発明のズームレンズは、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、正の屈折力の第3レンズ群より構成され、各レンズ群の間隔を変化させてズーミングを行うズームレンズにおいて、該第1レンズ群は負レンズと正レンズを有し、該第2レンズ群は正レンズと負レンズを有し、該第3レンズ群は正レンズを有し、該第1レンズ群の最も物体側の負の屈折力のレンズG11の物体側と像側の面は非球面形状であり、前記レンズG11は物体側の面が凸のメニスカス形状であり、該レンズG11の像側の面は光軸から離れるにしたがって負の屈折力が弱まる非球面形状であり、広角端のズーム位置において軸外光線が該レンズG11を通過する最大高さにおいて、該レンズG11の物体側の面の近軸曲率半径におけるサグ量と該非球面形状のサグ量との差をSag1、該レンズG11の像側の面の近軸曲率半径におけるサグ量と該非球面形状のサグ量との差をSag2、前記第1レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、該第1レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をDL1、前記第2レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、該第2レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をDL2、前記第3レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、該第3レンズ群の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をDL3、広角端のズーム位置における全系の焦点距離をfwとするとき。20

$$0.1 < | \text{Sag1} / \text{Sag2} | < 1.0 \quad (1)$$

$$1.3 < (\text{DL1} + \text{DL2} + \text{DL3}) / \text{fw} < 1.8 \quad (7)$$

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】

#### 【0017】

本発明によれば構成レンズ枚数の少ない、コンパクトで、優れた光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する撮像装置が得られる。40

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0018】

#### 【実施例1】

#### 【0019】

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。

#### 【0020】

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、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（長焦点距離端）における収差図である。実施例1は変倍比2.9、開口比2.850

~ 5 . 1 程度のズームレンズである。

**【 0 0 2 1 】**

図 5 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、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。実施例 2 は変倍比 3 . 0 、開口比 2 . 8 ~ 5 . 1 程度のズームレンズである。

**【 0 0 2 2 】**

図 9 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、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。実施例 3 は変倍比 3 . 0 、開口比 2 . 7 ~ 5 . 1 程度のズームレンズである。

10

**【 0 0 2 3 】**

図 13 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）要部概略図である。

**【 0 0 2 4 】**

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。

**【 0 0 2 5 】**

図 1 , 図 5 , 図 9 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、 S P は開口絞りであり、第 2 レンズ群 L 2 の物体側に位置している。

20

**【 0 0 2 6 】**

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。 I P は像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際には C C D センサや C M O S センサ等の固体撮像素子（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る。

**【 0 0 2 7 】**

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

30

**【 0 0 2 8 】**

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 9 】**

各実施例のズームレンズでは、広角端から望遠端のズーム位置へ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往復移動、第 2 レンズ群 L 2 が物体側に移動し、第 3 レンズ群 L 3 は像側に移動している。

**【 0 0 3 0 】**

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 の往復移動及び第 3 レンズ群 L 3 による像側方向への移動によって変倍に伴う像点の移動を補正している。

40

**【 0 0 3 1 】**

第 3 レンズ群 L 3 は、撮像素子の小型化に伴う撮影レンズの屈折力の増大を分担し、第 1 、第 2 レンズ群 L 1 , L 2 で構成されるショートズーム系の屈折力を減らす事で特に第 1 レンズ群 L 1 を構成する各レンズでの収差の発生を抑え良好な光学性能を達成している。

**【 0 0 3 2 】**

また、特に固体撮像素子等を用いた撮影装置に必要な像側のテレセントリックな結像を第 3 レンズ群 L 3 にフィールドレンズの役割を持たせる事で達成している。

**【 0 0 3 3 】**

50

また、絞り SP を第 2 レンズ群 L 2 の物体側に置き、ズーミングに際して第 2 レンズ群 L 2 と共に移動させて広角側での入射瞳と第 1 レンズ群 L 1 との距離を縮めている。これにより第 1 レンズ群 L 1 を構成するレンズの外径（有効径）の増大を抑えると共に、第 2 レンズ群 L 2 の物体側に配置した絞り SP を挟んで第 1 レンズ群 L 1 と第 3 レンズ群 L 3 とで軸外の諸収差を打ち消す事で構成レンズ枚数を増やさずに良好な光学性能を得ている。

#### 【 0 0 3 4 】

各実施例のズームレンズは、第 1 レンズ群 L 1 は物体側の面が凸でメニスカス形状の負の屈折力のレンズ G 1 1 と 1 枚の物体側の面が凸でメニスカス形状の正の屈折力のレンズ G 1 2 の 2 枚のレンズを有し、第 2 レンズ群 L 2 は物体側より像側へ順に、物体側の面が凸でメニスカス形状の正の屈折力のレンズ G 2 1 と像側の面が凹でメニスカス形状の負の屈折力のレンズ G 2 2 とを接合した接合レンズと物体側と像側の面が凸形状の正の屈折力のレンズ G 2 3 を有し、第 3 レンズ群 L 3 は少なくとも 1 枚の正の屈折力のレンズ G 3 1 を有している。

#### 【 0 0 3 5 】

各実施例では以上の様に、各レンズ群の屈折力配置とレンズ構成を特定する事により、良好な光学性能を保ちつつ、レンズ系のコンパクト化を達成している。

#### 【 0 0 3 6 】

次に具体的に各レンズ群のレンズ構成の特徴について説明する。

#### 【 0 0 3 7 】

第 1 レンズ群 L 1 は、軸外主光線を絞り SP 中心に瞳結像させる役割を持っており、特に広角側のズーム領域においては軸外主光線の屈折量が大きいために軸外諸収差、特に非点収差と歪曲収差が発生し易い。

#### 【 0 0 3 8 】

そこで各実施例では、通常の広画角レンズと同様、第 1 レンズ群 L 1 を最も物体側のレンズ径（有効径）の増大が抑えられるタイプの負の屈折力のレンズ G 1 1 と正の屈折力のレンズ G 1 2 のレンズ構成としている。

#### 【 0 0 3 9 】

そして、レンズ G 1 1 をメニスカス形状とするとともに物体側のレンズ面をレンズ周辺で正の屈折力が強くなる非球面形状とし、像側のレンズ面をレンズ周辺で負の屈折力が弱くなる非球面形状とする事により、非点収差と歪曲収差をバランス良く補正すると共に、2 枚と言う少ないレンズ枚数で第 1 レンズ群 L 1 を構成し、レンズ全体のコンパクト化に寄与している。

#### 【 0 0 4 0 】

また第 1 レンズ群 L 1 を構成する各レンズ G 1 1 , G 1 2 は、軸外主光線の屈折によって生じる軸外収差の発生を抑えるために絞り SP と光軸が交差する点を中心とする略同心球面に近い形状をとっている。

#### 【 0 0 4 1 】

次に第 2 レンズ群 L 2 は、物体側の面が凸のメニスカス形状の正の屈折力のレンズ G 2 1 を配置し、第 1 レンズ群 L 1 を射出した軸外主光線の屈折角を少なくし、軸外諸収差が多く発生しない様な形状としている。

#### 【 0 0 4 2 】

また、レンズ G 2 1 は、最も軸上光線の通る高さが高いレンズであり、主に球面収差、コマ収差の補正に関与しているレンズである。

#### 【 0 0 4 3 】

そこで各実施例においては、レンズ G 2 1 の物体側の面をレンズ周辺で正の屈折力が弱くなる非球面形状とすることにより球面収差、コマ収差を良好に補正している。

#### 【 0 0 4 4 】

次に、レンズ G 2 1 と接合したレンズ G 2 2 の形状を、像面側の面が凹形状とすることで、レンズ G 2 1 の物体側の面で発生した収差をキャンセルさせている。

10

20

30

40

50

**【 0 0 4 5 】**

次に第3レンズ群L3は、物体側と像側の面が凸形状のレンズG31より構成し、像側テレセントリックにするためのフィールドレンズとしての役割をも有している。

**【 0 0 4 6 】**

いま、バックフォーカスをsk'、第3レンズ群L3の焦点距離をf3、第3レンズ群L3の結像倍率を $\alpha_3$ とすると、

$$sk' = f_3 (1 - \alpha_3)$$

の関係が成り立っている。

**【 0 0 4 7 】**

但し、

$$0 < \alpha_3 < 1 . 0$$

である。

**【 0 0 4 8 】**

ここで、広角端から望遠端のズーム位置へのズーミングに際して第3レンズ群L3を像側に移動するとバックフォーカスsk'が減少する事になり、第3レンズ群L3の結像倍率 $\alpha_3$ は望遠側のズーム領域で増大する。

**【 0 0 4 9 】**

すると、結果的に第3レンズ群L3で変倍を分担できて第2レンズ群L2の移動量が減少し、そのためのスペースが節約できるためにレンズ系の小型化に寄与する。

**【 0 0 5 0 】**

各実施例のズームレンズを用いて近距離物体を撮影する場合には、第1レンズ群L1を物体側へ移動する事で良好な性能を得られるが、さらに望ましくは、第3レンズ群L3を物体側に移動した方が良い。

**【 0 0 5 1 】**

これによれば、最も物体側に配置した第1レンズ群L1をフォーカシングさせた場合に生じる、前玉径の増大、レンズ重量が最も重い第1レンズ群L1を移動させる事によるアクチュエーターの負荷の増大を防ぎ、さらに第1レンズ群L1と第2レンズ群L2とをカム等で単純に連携してズーミング時に移動させる事が可能となり、メカ構造の簡素化及び精度向上を達成できる。

**【 0 0 5 2 】**

尚、第3レンズ群L3のみでフォーカシングを行っても良い。

**【 0 0 5 3 】**

また、第3レンズ群L3にてフォーカシングを行う場合、広角端から望遠端のズーム位置へのズーミングに際して第3レンズ群L3を像側に移動する事により、フォーカシングの為に移動させるレンズ群の移動量が大きい望遠端において、第3レンズ群L3を像面側に配置する事が出来る為、ズーミング及びフォーカシングで必要となる第3レンズ群L3の全ての移動量を最小とする事が可能となり、これによりレンズ系全体のコンパクト化を達成している。

**【 0 0 5 4 】**

尚、各実施例のズームレンズにおいて、良好なる光学性能を得るために、又はレンズ系全体の小型化を図るに、次の諸条件のうちの1つ以上を満足するようにしている。これにより各条件式に相当する効果を得ている。

**【 0 0 5 5 】**

広角端のズーム位置において軸外光線がレンズG11を通過する最大高さにおいて、レンズG11の物体側の面の近軸曲率半径からのサグ量 球（面頂点から光軸に対して立てた垂直線からの距離、符号は垂直線から光の進行方向に測った量を正とし、その逆を負とする。）と該非球面形状のサグ量 非との差（ 球 - 非）をSag1、該レンズG11の像側の面の近軸曲率半径におけるサグ量と該非球面形状のサグ量との差をSag2とするとき、

$$0 . 1 < | Sag1 / Sag2 | < 1 . 0 \quad (1)$$

10

20

30

40

50

なる条件を満足している。

**【0056】**

但し、差  $Sag_1$  及び  $Sag_2$  の符号は、近軸曲率半径の面形状が非球面形状より物体側にある場合はマイナス、その逆の場合はプラスとする。

**【0057】**

即ち、物体側の面においては、光軸から離れるに従い正の屈折力が強まる形状の場合は  $Sag_1$  の符号はマイナスの値となり、像側の面においては、光軸から離れるに従い負の屈折力が弱まる形状の場合は  $Sag_2$  の符号はプラスの値となる。

**【0058】**

条件式(1)の下限値を超えると、レンズ  $G_{11}$  の物体側の面の非球面形状における歪曲収差の補正分担が弱まり、これに伴いレンズ  $G_{11}$  の像側の面の非球面形状にて歪曲収差の補正分担が強まることにより、特に広角端での像面湾曲の補正が困難となり好ましくない。10

**【0059】**

また、条件式(1)の上限値を超えると、第1レンズ群  $L_1$  にて発生する歪曲収差、像面湾曲が補正過剰となり、ズームレンズ系全体としての収差補正が困難となり好ましくない。

**【0061】**

第1レンズ群  $L_1$  の最も物体側のレンズ  $G_{11}$  及び第2レンズ群  $L_2$  の最も物体側のレンズ  $G_{21}$  は、各々物体側又は / 及び像側の面が非球面形状であり、該レンズ  $G_{11}$  とレンズ  $G_{21}$  の材料の屈折率を各々  $n_{1n}$ ,  $n_{2p}$  とするとき、20

$$1.85 < n_{1n} \quad (2)$$

$$1.85 < n_{2p} \quad (3)$$

なる条件を満足している。

**【0062】**

条件式(2)及び条件式(3)の範囲をはずれると、ペツツバール和を一定値とするために、各レンズの面の曲率半径を小さくしなくてはならず、このためレンズとレンズの間隔及びレンズのコバ厚を確保する為には、レンズ間の間隔を広げ、レンズの肉厚を増やさなければならず、沈胴時のレンズ全長の短縮化を図るにはに対して好ましくない。

**【0063】**

第1レンズ群  $L_1$  の最も物体側に配置されたレンズ  $G_{11}$  の焦点距離を  $f_{11}$ 、第2レンズ群  $L_2$  の最も物体側に配置されたレンズ  $G_{21}$  の焦点距離を  $f_{21}$  とするとき、

$$-1.6 < f_{11} / f_{21} < -0.8 \quad (4)$$

の条件を満足している。

**【0064】**

条件式(4)は、焦点距離  $f_{11}$  と焦点距離  $f_{21}$  の絶対値が略等しくし、両方のレンズ  $G_{11}$ ,  $G_{21}$  の材料を同じとすることで、ペツツバール和が小さい値となる様にしている。

**【0065】**

更に好ましくは条件式(4)の数値を次の如く設定するのが良い。40

**【0066】**

$$-1.5 < f_{11} / f_{21} < -0.9 \quad (4a)$$

第1レンズ群  $L_1$  の焦点距離を  $f_1$ 、広角端のズーム位置における全系の焦点距離を  $f_w$  とするとき、

$$-2.6 < f_1 / f_w < -1.6 \quad (5)$$

なる条件式を満足している。

**【0067】**

条件式(5)の上限値を超えると、光学系のレンズ全長は短くなるが、第1レンズ群  $L_1$  の焦点距離が短くなることで、変倍域全体の収差補正、特に歪曲収差の補正が困難となり好ましくない。50

## 【0068】

また、条件式(5)の下限値を超えると、ズーミング時の第1レンズ群L1の移動量が増大し、光学系のレンズ全長が長くなるので好ましくない。

## 【0069】

更に好ましくは、条件式(5)の数値範囲を次の如くするのが良い。

## 【0070】

$$-2.4 < f_1 / f_w < -1.8 \quad (5a)$$

第2レンズ群L2の焦点距離をf2、広角端のズーム位置における全系の焦点距離をfwとするとき、

$$1.2 < f_2 / f_w < 2.0 \quad (6) \quad 10$$

なる条件式を満足している。

## 【0071】

条件式(6)の上限値を超えると、ズーミング時の第2レンズ群L2の移動量が増大し、光学系の全長が長くなるので好ましくない。

## 【0072】

また、条件式(6)の下限値を超えると、光学系の全長は短くなるが、第2レンズ群L2の焦点距離が短くなることで、変倍域全体の収差補正が困難となり好ましくない。

## 【0073】

更に好ましくは、条件式(6)の数値範囲を次の如くするのが良い。

## 【0074】

$$1.3 < f_2 / f_w < 1.8 \quad (6a) \quad 20$$

第1レンズ群L1の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、第1レンズ群L1の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をDL1、第2レンズ群L2の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、第2レンズ群L2の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をDL2、第3レンズ群L3の最も物体側に配置されたレンズの物体側頂点から、第3レンズ群L3の最も像側に配置されたレンズの像側頂点までの距離をDL3、広角端のズーム位置における全系の焦点距離をfwとするとき、

$$1.3 < (DL1 + DL2 + DL3) / f_w < 1.8 \quad (7) \quad 20$$

なる条件式を満足している。

## 【0075】

条件式(7)は光学系の全長短縮及び沈胴時のレンズ全長短縮を図る為のものである。

## 【0076】

条件式(7)の上限値を超えると、各レンズの厚みが相対的に厚くなる為、レンズ沈胴全長を短くする事が難しくなるので好ましくない。

## 【0077】

条件式(7)の下限値を超えると、各レンズの厚みが薄くなり沈胴時のレンズ全長を短くする事が可能になるが、各レンズの厚みを薄くする為には各レンズの曲率を緩くしなければならず、この為に各レンズ群の焦点距離が長くなる。各レンズ群の焦点距離が長くなると、必然的に各レンズ群の変倍に伴う移動量が大きくなることで、各レンズ群を移動させるカム筒が長くなり、レンズの厚みが薄くなってしまっても逆に沈胴長時のレンズ全長が長くなってしまい好ましくない。

## 【0078】

更に好ましくは、条件式(7)の数値範囲を次の如くするのが良い。

## 【0079】

$$1.5 < (DL1 + DL2 + DL3) / f_w < 1.8 \quad (7a) \quad 40$$

各実施例によれば以上の様に各要素を設定する事により、特に、固体撮像素子を用いた撮影系に好適な、構成レンズ枚数が少なくコンパクトで、特に沈胴式のズームレンズに適した、変倍比が2~3倍程度の優れた光学性能を有するズームレンズを達成している。

## 【0080】

又、各実施例によればレンズ群中に効果的に非球面を導入し、特に第1レンズ群L1と

第2レンズ群L2の屈折力を適切に設定することによって軸外諸収差、特に非点収差・歪曲収差および大口径比化した際の球面収差の補正を効果的に行っている。

【0081】

尚、以上の各実施例においては、ズーミングに際して3つのレンズ群を移動させる代わりに、各レンズ群の間隔が変化するように2つのレンズ群（例えば第1と第2レンズ群、又は第1と第3レンズ群又は第2と第3レンズ群）を移動させるズームタイプにも適用できる。

【0082】

又、第1レンズ群L1の物体側又はノ及び第3レンズ群L3の像側に屈折力の小さなレンズ群を付加しても良い。

10

【0083】

次に、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、 $N_i$ 、 $n_i$ はそれぞれd線に対する屈折率、アッペ数を示す。

【0084】

また、最も像側の2つの面はフェースプレート等のガラス材である。また、 $k$ 、 $B$ 、 $D$ 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

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] \\ + B h^4 + C h^6 + D h^8$$

20

で表される。但し $R$ は曲率半径である。

【0085】

又「e-0X」は「×10<sup>-X</sup>」を意味している。 $f$ は焦点距離、 $Fno$ はFナンバー、 $\alpha$ は半画角を示す。又前述の各条件式と各数値実施例との関係を表1に示す。

【0086】

## 【数1】

## 数值実施例1

$f=5.95 \sim 17.06 \quad FNo=2.84 \sim 5.05 \quad 2\omega=61.6^\circ \sim 23.5^\circ$

R 1 = 27.620      D 1 = 1.20      N 1 = 1.882997      v 1 = 40.8

R 2 = 4.710      D 2 = 1.30

R 3 = 6.882      D 3 = 1.95      N 2 = 1.846660      v 2 = 23.9

R 4 = 15.357      D 4 = 可変

R 5 = 絞り      D 5 = -0.50

R 6 = 4.031      D 6 = 1.70      N 3 = 1.882997      v 3 = 40.8

R 7 = 14.306      D 7 = 0.60      N 4 = 1.808095      v 4 = 22.8

R 8 = 3.293      D 8 = 0.63

R 9 = 12.095      D 9 = 1.30      N 5 = 1.696797      v 5 = 55.5

R10 = -16.863      D10 = 可変

R11 = 20.170      D11 = 1.30      N 6 = 1.696797      v 6 = 55.5

R12 = -73.163      D12 = 可変

R13 = ∞      D13 = 1.90      N 7 = 1.516330      v 7 = 64.1

R14 = ∞

10

20

D \ f	5.95	14.51	17.06
D 4	11.70	2.04	0.91
D10	4.57	13.54	15.74
D12	2.50	1.19	1.15

## 非球面係数

30

R1 k= 0.00000e+00 B=1.61680e-04 C=-2.27651e-06 D=2.40573e-08

R2 k=-1.59793e+00 B=1.58635e-03 C=9.56045e-07 D=2.10463e-07

R6 k=-2.87748e-01 B=-7.69444e-05 C=-1.29351e-06

## 【0 0 8 7】

## 【数2】

## 数值実施例2

$f=5.80 \sim 17.41$  FNo=2.75~5.05  $2\omega=62.9^\circ \sim 23.1^\circ$

R 1 =	25.230	D 1 =	1.30	N 1 = 1.860000	v 1 = 41.0
R 2 =	4.416	D 2 =	1.20		
R 3 =	6.152	D 3 =	2.00	N 2 = 1.846660	v 2 = 23.9
R 4 =	11.714	D 4 =	可変		
R 5 =	絞り	D 5 =	-0.45		10
R 6 =	4.045	D 6 =	1.70	N 3 = 1.860000	v 3 = 41.0
R 7 =	195.838	D 7 =	0.60	N 4 = 1.805181	v 4 = 25.4
R 8 =	3.379	D 8 =	0.64		
R 9 =	12.030	D 9 =	1.30	N 5 = 1.696797	v 5 = 55.5
R10 =	-14.496	D10 =	可変		
R11 =	18.026	D11 =	1.25	N 6 = 1.603112	v 6 = 60.6
R12 =	-108.204	D12 =	可変		
R13 =	$\infty$	D13 =	1.90	N 7 = 1.516330	v 7 = 64.1
R14 =	$\infty$				20

D\f	5.80	14.74	17.41
D 4	10.79	1.80	0.84
D10	4.12	13.54	15.94
D12	2.63	1.35	1.25

## 非球面係数

30

R1 k= 0.00000e+00 B=2.80275e-04 C=-2.88598e-06 D=1.46272e-08

R2 k=-1.39250e+00 B=1.85779e-03 C=1.54737e-05 D=4.32845e-07

R6 k=-3.31345e-01 B=-3.39723e-05 C=-6.42158e-06

## 【0 0 8 8】

## 【数3】

## 数值実施例3

$f=6.00 \sim 17.82$  FNo=2.65~5.05  $2\omega=61.2^\circ \sim 22.5^\circ$

R 1 = 12.441 D 1 = 1.20 N 1 = 1.882997 v 1 = 40.8

R 2 = 3.777 D 2 = 1.30

R 3 = 5.769 D 3 = 1.80 N 2 = 1.846660 v 2 = 23.9

R 4 = 9.500 D 4 = 可変

R 5 = 絞り D 5 = -0.45

R 6 = 3.917 D 6 = 1.80 N 3 = 1.882997 v 3 = 40.8

R 7 = 102.584 D 7 = 0.60 N 4 = 1.805181 v 4 = 25.4

R 8 = 3.188 D 8 = 0.60

R 9 = 11.097 D 9 = 1.20 N 5 = 1.696797 v 5 = 55.5

R10 = -15.021 D10 = 可変

R11 = 19.734 D11 = 1.30 N 6 = 1.696797 v 6 = 55.5

R12 = -56.534 D12 = 可変

R13 = ∞ D13 = 1.90 N 7 = 1.516330 v 7 = 64.1

R14 = ∞

10

20

D \ f	6.00	15.07	17.82
D 4	8.72	1.54	0.72
D10	3.91	13.71	16.19
D12	2.38	0.94	0.82

## 非球面係数

30

R1 k= 0.00000e+00 B=-4.72130e-04 C=1.36909e-05 D=-1.60809e-07

R2 k=-1.30721e+00 B=1.37255e-03 C=1.84274e-05 D=1.09018e-06

R6 k=-3.29927e-01 B=-3.17633e-05 C=-1.88218e-05

## 【0 0 8 9】

【表1】

表1

条件式		下限	上限	実施例1	実施例2	実施例3
	Sag1			-0.093	-0.166	0.116
	Sag2			0.315	0.258	0.617
(1)	Sag1/Sag2	0.05	1.0	0.296	0.642	0.187
(2)	n1n	1.85		1.88300	1.86000	1.88300
(3)	n2p	1.85		1.88300	1.86000	1.88300
	f1			-13.857	-12.547	-11.856
	fw			5.951	5.802	6.005
(5)	f1/fw	-2.6	-1.6	-2.328	-2.162	-1.974
	f2			9.689	9.113	8.531
	fw			5.951	5.802	6.005
(6)	f2/fw	1.2	2.0	1.628	1.571	1.421
	DL1			4.450	4.500	4.300
	DL2			4.229	4.237	4.197
	DL3			1.300	1.250	1.300
	fw			5.951	5.802	6.005
(7)	(DL1+DL2+DL3)/fw	1.3	2.0	1.677	1.721	1.632
	f11			-6.593	-6.409	-6.568
	f21			5.898	4.783	4.573
(4)	f11/f21	-1.6	-0.8	-1.118	-1.340	-1.436

10

20

30

## 【0090】

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13を用いて説明する。

## 【0091】

図13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、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）、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、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。

40

## 【0092】

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。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0093】

【図1】実施例1のズームレンズの光学断面図

【図2】実施例1のズームレンズの広角端での収差図

【図3】実施例1のズームレンズの中間のズーム位置での収差図

【図4】実施例1のズームレンズの望遠端での収差図

【図5】実施例2のズームレンズの光学断面図

50

【図6】実施例2のズームレンズの広角端での収差図

【図7】実施例2のズームレンズの中間のズーム位置での収差図

【図8】実施例2のズームレンズの望遠端での収差図

【図9】実施例3のズームレンズの光学断面図

【図10】実施例3のズームレンズの広角端での収差図

【図11】実施例3のズームレンズの中間のズーム位置での収差図

【図12】実施例3のズームレンズの望遠端での収差図

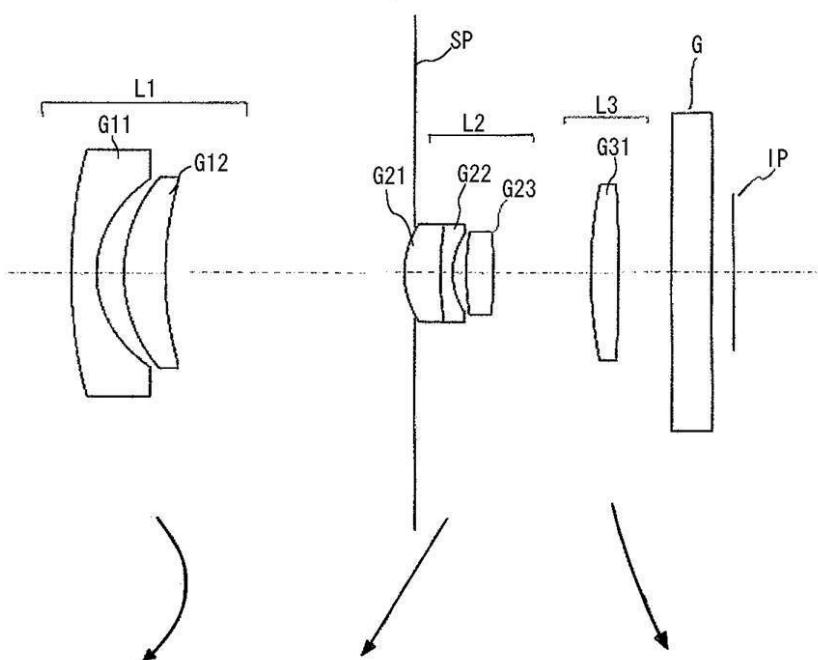
【図13】本発明の撮像装置の要部概略図

【符号の説明】

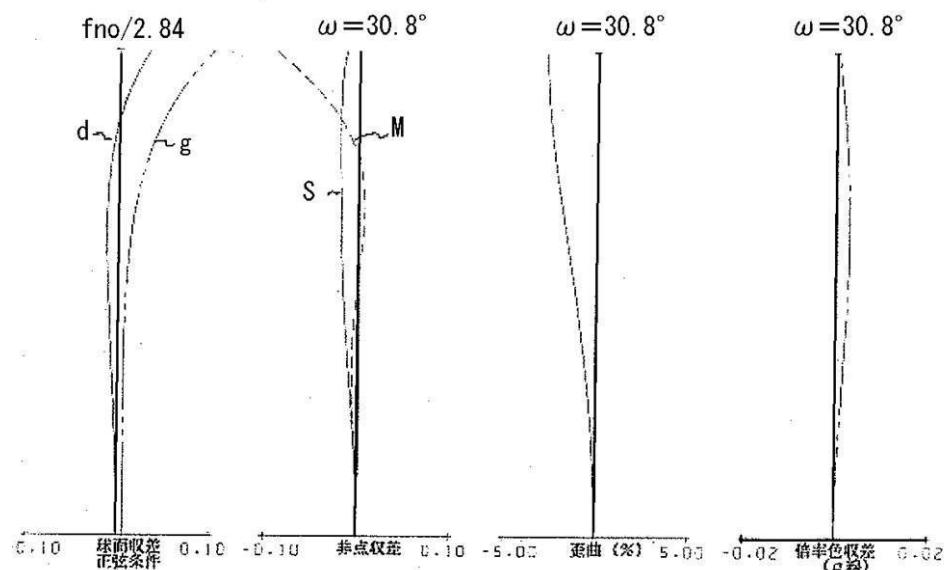
【0094】

L 1	第1レンズ群	10
L 2	第2レンズ群	
L 3	第3レンズ群	
L 4	第4レンズ群	
S P	絞り	
I P	像面	
G	ガラスブロック	
d	d線	
g	g線	
S	サジタル像面	20
M	メリディオナル像面	

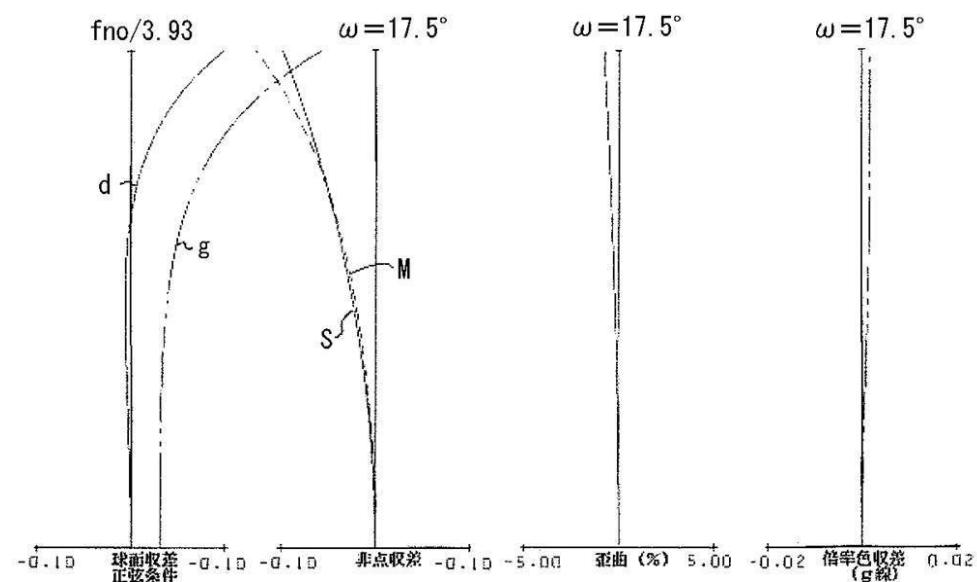
【図1】



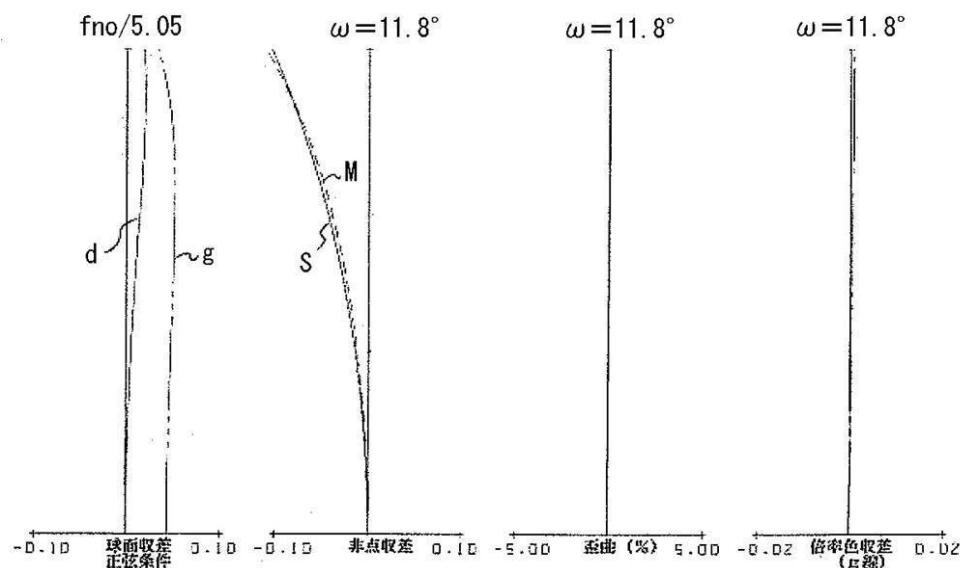
【図2】



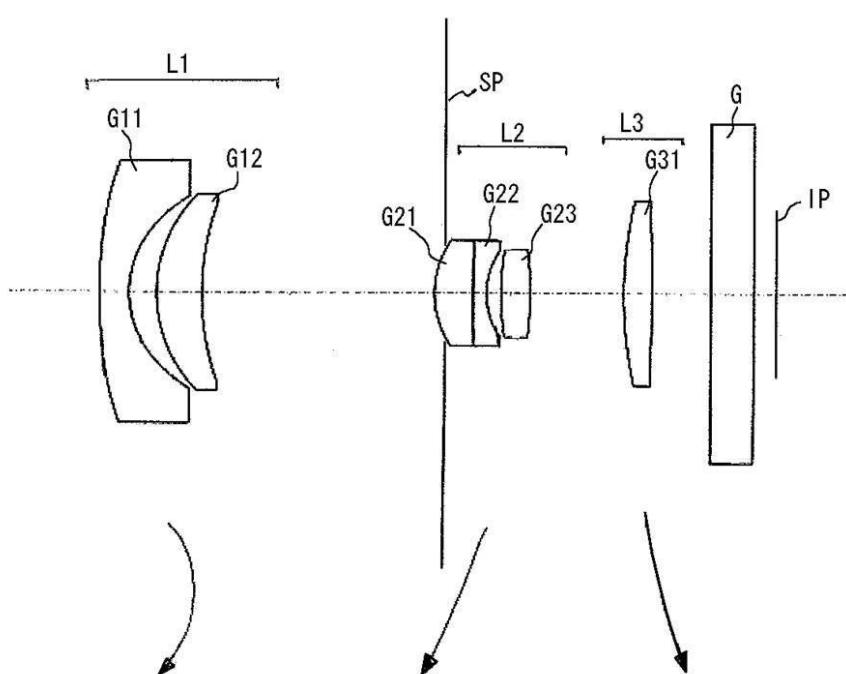
【図3】



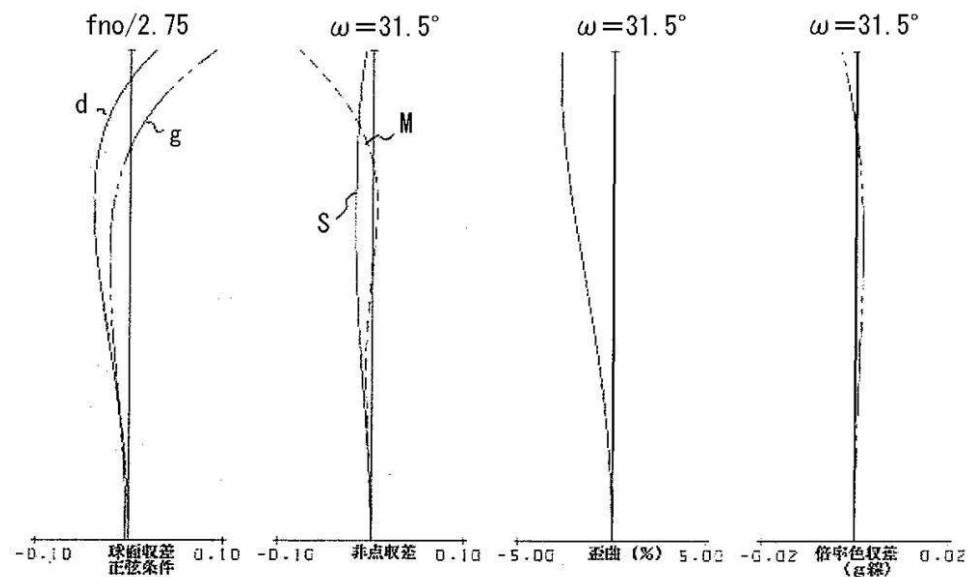
【図4】



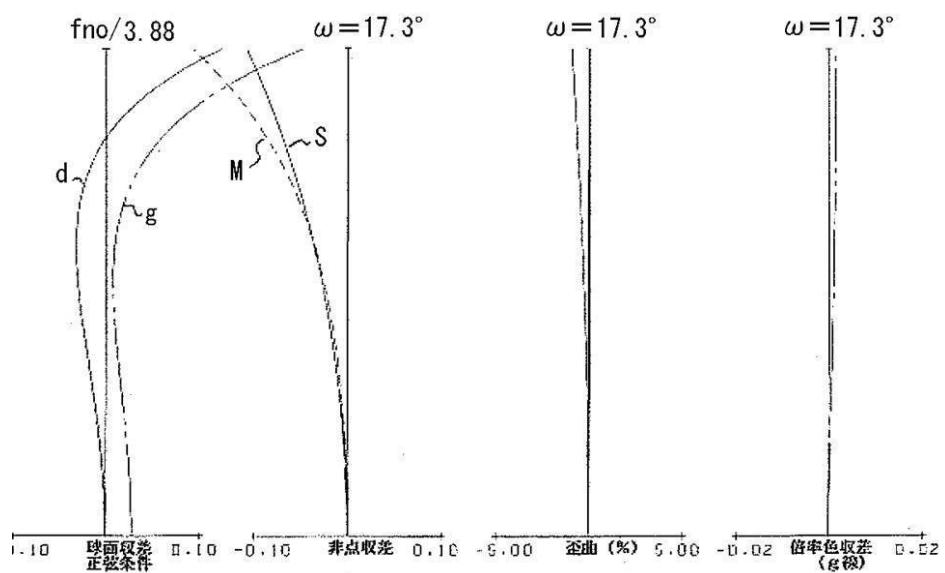
【図5】



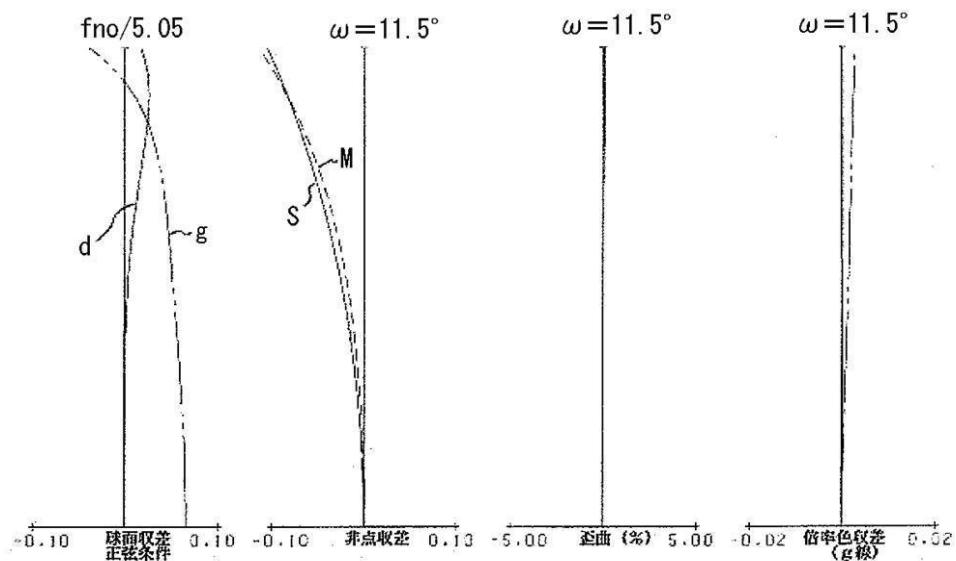
【図6】



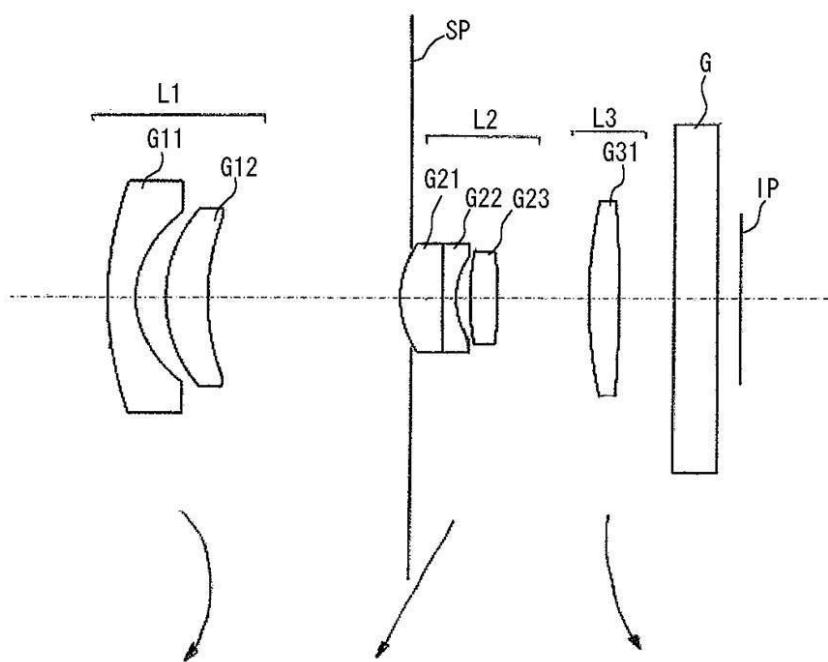
【図7】



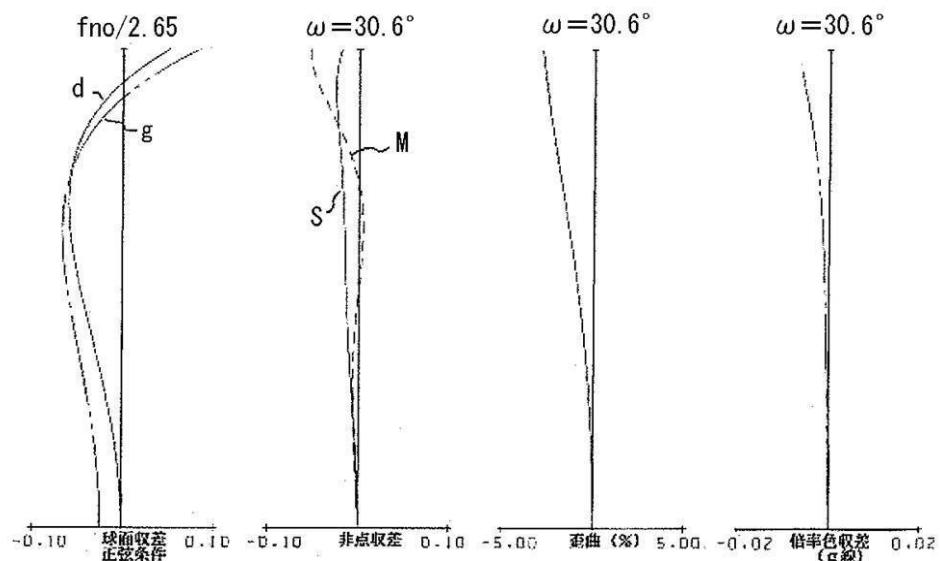
【図8】



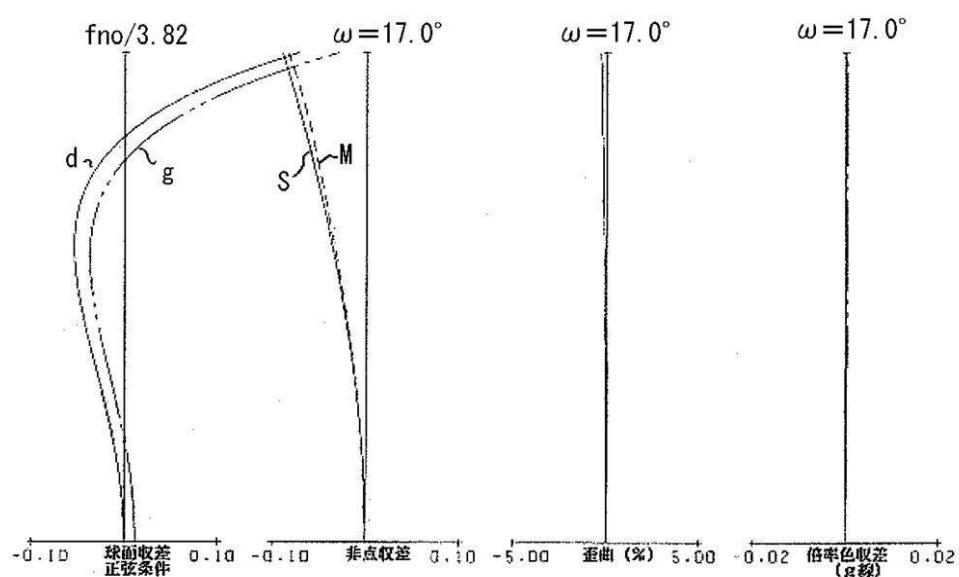
【図9】



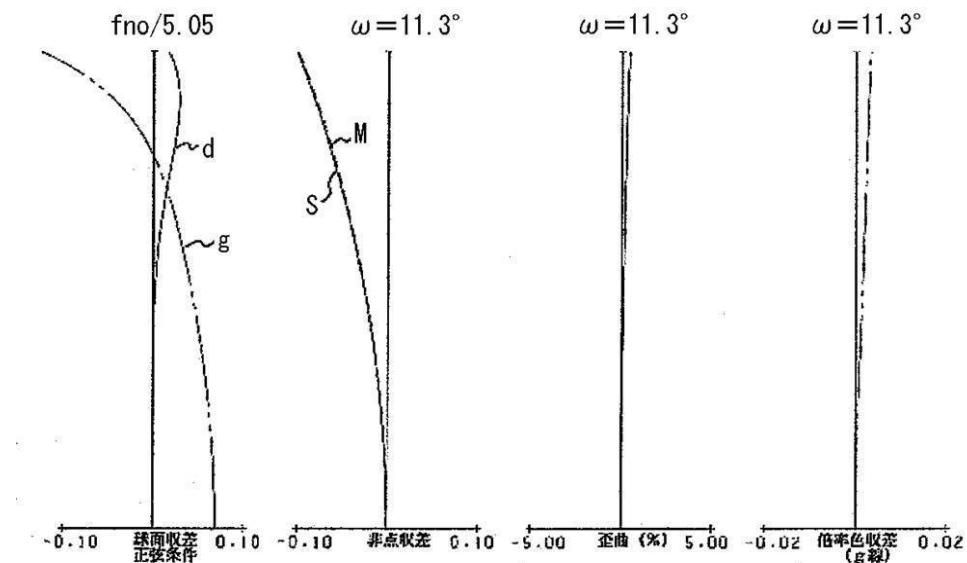
【図 1 0】



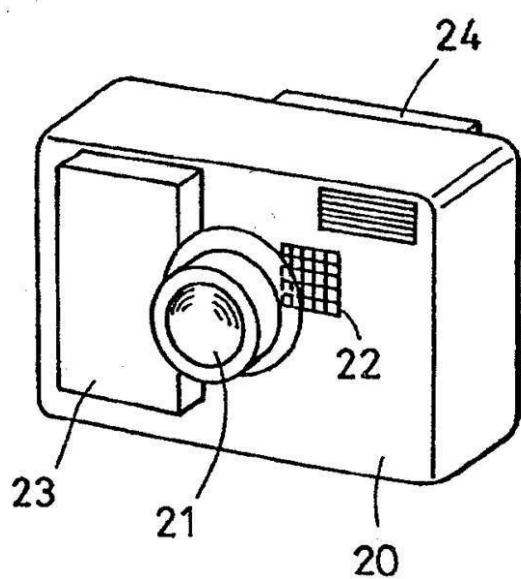
【図 1 1】



【図12】



【図13】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-9999(JP,A)  
特開2003-140043(JP,A)  
特開2003-140047(JP,A)  
特開2003-149556(JP,A)  
特開2003-177316(JP,A)  
特開2003-344769(JP,A)  
特開2004-318097(JP,A)  
特開2004-318103(JP,A)  
特開2004-318104(JP,A)  
特開2005-84597(JP,A)  
特開2005-84647(JP,A)  
特開2005-84648(JP,A)  
特開2005-84649(JP,A)  
特開2005-181774(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 02 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 02 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4