

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4829629号  
(P4829629)

(45) 発行日 平成23年12月7日(2011.12.7)

(24) 登録日 平成23年9月22日(2011.9.22)

(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 30 頁)

(21) 出願番号 特願2006-29724 (P2006-29724)  
(22) 出願日 平成18年2月7日(2006.2.7)  
(65) 公開番号 特開2007-212537 (P2007-212537A)  
(43) 公開日 平成19年8月23日(2007.8.23)  
審査請求日 平成21年2月5日(2009.2.5)

(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 木村 友紀  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
ヤノン株式会社内

審査官 殿岡 雅仁

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、各レンズ群が移動してズームを行うズームレンズであって、ズームに際し該第3レンズ群は広角端に比べて望遠端で物体側に位置する様に移動しており、広角端から望遠端へのズームに際し該第1レンズ群は、像側に凸状の軌跡を描いて移動し、該第4レンズ群は物体側に凸状の軌跡を描いて移動しており、ズームに際して該第1レンズ群が最も像側に位置するズーム位置Zaにおいて、該第1レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側の面頂点から該第3レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側の面頂点までの距離を

$$2.8 < d_m / f_m < 4.0$$

$$1.5 < X_1 / f_w < 3.5$$

$$0.3 < 3z / (f_t / f_w) < 0.6$$

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1、第2レンズ群の広角端から望遠端へのズームにおける光軸上の移動量を

それぞれ  $X_1$ 、 $X_2$  とするとき、

$$2.0 < X_1 / X_2 < 6.0$$

なる条件を満足す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 1 レンズ群の焦点距離を  $f_1$  とするとき、

$$6.0 < f_1 / f_w < 10.0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 3 レンズ群の広角端から望遠端へのズーミングにおける光軸上の移動量を  $X_3$  とするとき、

$$2.0 < X_3 / f_w < 2.8$$

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 2 レンズ群の広角端での結像倍率に対する望遠端での結像倍率の比を  $2z$  とするとき、

$$0.3 < 2z / (f_t / f_w) < 0.4$$

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、1 つのレンズ成分から構成され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 レンズ群は、1 枚の負レンズと 1 枚の正レンズとを貼りあわせた接合レンズから構成され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。

【請求項 8】

前記第 2 レンズ群は、物体側から像側へ順に、2 枚の負レンズと 1 枚の正レンズから構成され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】

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る像を受光する固体撮像素子と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】

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、例えばビデオカメラやデジタルスチルカメラ、銀塩写真用のカメラ等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、放送用カメラ、そして銀塩フィルムを用いたカメラ等の撮像装置は高機能化され、又装置全体が小型化されている。そしてそれに用いる撮影光学系としてレンズ全長が短く、コンパクトでしかも高解像力のズームレンズが要求されている。

【0003】

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、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群の 4 つのレンズ群を有する、沈胴に適したズームレンズが知られている（特許文献 1～5）。

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開平10-62687号公報

【特許文献2】特開2001-194586号公報

【特許文献3】特開2003-315676号公報

【特許文献4】特開2004-94233号公報

【特許文献5】特開2000-347102号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

一般に撮影光学系を小型化するためには、撮影光学系を構成する各レンズ群の屈折力を強めつつ、レンズ枚数を削減すれば良い。しかしながら、このようにした撮影光学系は、  
10 レンズ肉厚が増してしまいレンズ系の短縮効果が不十分になると同時に諸収差の補正が困難になってくる。

【0005】

またカメラの非使用時に各レンズ群を沈胴して収納しようとするともメカ構造的にどうしてもレンズ及びレンズ群の倒れなどの誤差が大きくなってくる。このときレンズ及びレンズ群の敏感度が大きいと光学性能の劣化やズーミング時の像ゆれが生じてしまう。このため撮影光学系においては、レンズやレンズ群の敏感度はなるべく小さくするのが望ましい。  
。

【0006】

特許文献1で示されたズームレンズは比較的、第1レンズ群や第2レンズ群の敏感度が小さくなるので沈胴構造には適している。  
20

【0007】

しかしながら、第1レンズ群がズーミング時に固定であるので広角端でのレンズ全長の短縮化や前玉径の小型化が難しい。

【0008】

また特許文献2で示されたズームレンズは第1レンズ群をズーミング時に移動させることで小型、大口径かつ高性能を達成している。

【0009】

特許文献2は、第1レンズ群の広角端から望遠端へのズーミングに伴う移動量が小さい。このために広角端で入射瞳を十分短くして、前玉径の小型化を図るのが難しい。  
30

【0010】

特許文献3で示されたズームレンズは、第3レンズ群による変倍の負担を適切に定める事により、変倍比5倍程度を得ている。特許文献3において、より高ズーム比を実現するためには、第2レンズ群との変倍の分担が必要になってくる。

【0011】

特許文献4で示されたズームレンズは、第4レンズ群のズーミングに伴う移動軌跡を定める事で入射瞳の変動を小さくし、前玉径の小型化を図っている。

【0012】

しかしながら、特許文献4において高ズーム比化を図ろうとすると前玉径が増大するとともにレンズ全長が増大してくる。  
40

【0013】

特許文献5の実施例4乃至6で示されたズームレンズでは、広角端と望遠端での第3レンズ群と第4レンズ群の合成倍率の比を適切に定めることで6倍以上の高ズーム比化を図っている。

【0014】

しかしながら、構成レンズ枚数が多く、ズーミング時に第3レンズ群と第4レンズ群の間隔の変化が少ないため、レンズ全長が長くなる傾向があった。

【0015】

本発明は、レンズ全長の小型化を図ると共に、広角端から望遠端に至る全ズーム範囲にわたり良好なる光学性能を有する、ズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的  
50

とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明は、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、各レンズ群が移動してズームを行うズームレンズである。そしてズームに際し該第3レンズ群は広角端に比べて望遠端で物体側に位置する様に移動している。広角端から望遠端へのズームに際し第1レンズ群は、像側に凸状の軌跡を描いて移動し、第4レンズ群は物体側に凸状の軌跡を描いて移動している。

【0017】

ここで、ズームに際して第1レンズ群が最も像側に位置するズーム位置Zaにおいて、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の面頂点から該第3レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側の面頂点までの距離をdmとする。また、ズーム位置Zaにおけるレンズ全系の焦点距離をfmとする。また、第1レンズ群の広角端から望遠端へのズームにおける光軸上の移動量をX1とする。また、レンズ全系の広角端と望遠端での焦点距離をそれぞれfw、ftとする。そして、第3レンズ群の広角端での結像倍率に対する望遠端での結像倍率の比を3zとする。このとき、

$$2.8 < dm / fm < 4.0$$

$$1.5 < X1 / fw < 3.5$$

$$0.3 < 3z / (ft / fw) < 0.6$$

なる条件を満足している。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、レンズ全長の小型化を図ると共に、広角端から望遠端に至る全ズーム範囲にわたり良好なる光学性能を有する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】

【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】

各実施例のズームレンズは、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レンズ群より構成している。

【0021】

そして、各レンズ群が移動してズームを行っている。

【0022】

ズームに際し第3レンズ群は広角端に比べて望遠端で物体側に位置する様に移動している。広角端から望遠端へのズームに際し第1レンズ群は、像側に凸状の軌跡を描いて移動し、第4レンズ群は物体側に凸状の軌跡を描いて移動している。

【0023】

以下、ズームに際して第1レンズ群が最も像側に位置するズーム位置を第1の中間ズーム位置と呼ぶ。

【0024】

又、第1の中間ズーム位置と、望遠端の中間に位置するズーム位置を第2の中間ズーム位置と呼ぶ。

【0025】

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）におけるレンズ断面図である。図2、図3、図4、図5はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、第1の中間ズーム位置、第2の中間ズーム位置、望遠端（長焦点距離）における収差図である。

【0026】

図6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7、

10

20

30

40

50

図 8、図 9、図 10 はそれぞれ実施例 2 のズームレンズの広角端、第 1 の中間ズーム位置、第 2 中間ズーム位置、望遠端における収差図である。

【 0 0 2 7 】

図 11 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 12、図 13、図 14、図 15 はそれぞれ実施例 3 のズームレンズの広角端、第 1 の中間ズーム位置、第 2 の中間ズーム位置、望遠端における収差図である。

【 0 0 2 8 】

図 16 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 17、図 18、図 19、図 20 はそれぞれ実施例 4 のズームレンズの広角端、第 1 の中間ズーム位置、第 2 の中間ズーム位置、望遠端における収差図である。

【 0 0 2 9 】

図 21 は本発明のズームレンズを備えるカメラ（撮像装置）の要部概略図である、各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルカメラ等の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（前方）で、右方が像側（後方）である。レンズ断面図において、 $i$  は物体側からのレンズ群の順番を示し、 $L_i$  は第  $i$  レンズ群である。

【 0 0 3 0 】

レンズ断面図において、 $L_1$  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、 $L_2$  は負の屈折力の第 2 レンズ群、 $L_3$  は正の屈折力の第 3 レンズ群、 $L_4$  は正の屈折力の第 4 レンズ群である。

【 0 0 3 1 】

$SP$  は開口絞りであり、第 3 レンズ群  $L_3$  の物体側に配置している。 $FP$  はフレアー絞りであり、第 3 レンズ群  $L_3$  の像側に配置しており、不要光を遮光している。

【 0 0 3 2 】

$G$  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。

【 0 0 3 3 】

$IP$  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。

【 0 0 3 4 】

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。 $\theta$  は半画角、 $Fno$  は  $F$  ナンバーである。

【 0 0 3 5 】

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を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 3 6 】

矢印は、広角端から望遠端へのズーミングにおける各レンズ群の移動軌跡を示している。広角端から望遠端へのズーミングに際して各レンズ群は具体的に次のように移動している。

【 0 0 3 7 】

レンズ群  $L_1$  は、像側に凸状の軌跡を描いて移動している。

【 0 0 3 8 】

このとき、第 1 レンズ群  $L_1$  は、広角端に比べて望遠端において物体側に位置するように移動している。

【 0 0 3 9 】

第 2 レンズ群  $L_2$  は、像側へ凸状の軌跡で移動して変倍に伴う像面変動を補正している。第 3 レンズ群  $L_3$  は、広角端に比べて望遠端において物体側に位置するように移動している。第 4 レンズ群  $L_4$  は、物体側に凸状の軌跡を描いて移動している。

## 【 0 0 4 0 】

ズームングに際し、広角端に比べて望遠端において第 1 レンズ群 L 1 を物体側に位置するように移動させることで広角端におけるレンズ全長を小型に維持しつつ、大きなズーム比が得られるようにしている。

## 【 0 0 4 1 】

ズームングに際して広角端に比べ望遠端において、第 3 レンズ群 L 3 が物体側に位置するように移動させることにより、第 3 レンズ群 L 3 に大きな変倍効果を持たせている。

## 【 0 0 4 2 】

更に正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 を物体側へ移動することで第 2 レンズ群 L 2 にも変倍効果を持たせている。これにより第 1 レンズ群 L 1、第 2 レンズ群 L 2 の屈折力をあまり大きくすることなく 5 倍以上の高ズーム比を得ている。

## 【 0 0 4 3 】

第 4 レンズ群 L 4 を光軸上移動させてフォーカシングを行うリヤフォーカス式を採用している。

## 【 0 0 4 4 】

望遠端において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合には、同図矢印 4 c に示すように、第 4 レンズ群 L 4 を前方に繰り出すことによって行っている。第 4 レンズ群 L 4 の実線の曲線 4 a と点線の曲線 4 b は各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端へのズームングに伴う際の像面変動を補正するための移動軌跡を示している。

## 【 0 0 4 5 】

軽量の第 4 レンズ群 L 4 をフォーカスの為に移動することで迅速なフォーカスを、例えば自動焦点検出を容易にしている。

## 【 0 0 4 6 】

第 3 レンズ群 L 3 の全て又は一部のレンズ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を補正している。

## 【 0 0 4 7 】

即ち防振を行っている。

## 【 0 0 4 8 】

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行うようにし、光学系全体が大型化するのを防止している。

## 【 0 0 4 9 】

開口絞り S P はズームングに際して第 3 レンズ群 L 3 と一体に移動しているが、別体にて移動しても、又固定としてもよい。一体に移動すると移動 / 可動で分けられる群数が少なくなり、メカ構造が簡素化しやすくなる。

## 【 0 0 5 0 】

また、第 3 レンズ群 L 3 と別体にて移動させる場合は、前玉径の小型化に有利である。

## 【 0 0 5 1 】

また、開口絞り S P を固定とする場合は絞りユニットを移動させる必要がないため、ズームングの際、駆動させるアクチュエータの駆動トルクを小さく設定できる省電力化の点で有利となる。

## 【 0 0 5 2 】

第 1 レンズ群 L 1 は有効レンズ径が大きくなるので、第 1 レンズ群 L 1 は、レンズ枚数が少ない方が好ましい。

## 【 0 0 5 3 】

各実施例においては、正レンズと負レンズの各 1 枚を、接合した 1 つのレンズ成分（接合レンズ）或いは独立して配置する事で、少ないレンズ枚数で第 1 レンズ群 L 1 で発生する色収差を抑制している。

## 【 0 0 5 4 】

第 2 レンズ群 L 2 は、物体側の面が凸でメニスカス形状の負レンズ、両レンズ面が凹形

10

20

30

40

50

状の負レンズ、物体側の面が凸形状の正レンズの独立した３つのレンズより構成している。

【００５５】

これによってズーミング時の収差変動を少なくし、特に広角端における歪曲収差や望遠端における球面収差を良好に補正している。

【００５６】

第３レンズ群Ｌ３は物体側から像側へ２枚の正レンズと像面側の面が凹形状の負レンズで構成し、第２レンズ群Ｌ２と第３レンズ群Ｌ３間の主点間隔を小さくしている。これにより第２レンズ群Ｌ２以降のレンズ長を短縮している。

【００５７】

第３レンズ群Ｌ３は１以上の非球面形状の面を有している。これによってズーミングに伴う収差変動を良好に補正している。

【００５８】

第４レンズ群Ｌ４は物体側の面が凸形状の正レンズ１枚より構成している。

【００５９】

尚、各実施例では１つのレンズのみで構成されているものもレンズ群として取り扱っている。

【００６０】

以上のような構成とすることで各実施例のズームレンズは、高ズーム比でありながらコンパクトな光学系を達成している。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。

【００６１】

第１の中間ズーム位置（ズーム位置Ｚ<sub>a</sub>）において、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の面頂点から第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の面頂点までの距離をｄ<sub>m</sub>とする。

【００６２】

第１の中間ズーム位置におけるレンズ全系の焦点距離をｆ<sub>m</sub>とする。

【００６３】

第１レンズ群Ｌ１、第２レンズ群Ｌ２、第３レンズ群Ｌ３の広角端から望遠端へのズーミングにおける光軸上の移動量を順にＸ<sub>１</sub>、Ｘ<sub>２</sub>、Ｘ<sub>３</sub>とする。

【００６４】

但し、移動量は、レンズ群が往復移動するときは、光軸方向の最大移動量である。第１レンズ群Ｌ１の焦点距離をｆ<sub>１</sub>とする。

【００６５】

レンズ系全体の広角端と、望遠端での焦点距離をそれぞれｆ<sub>w</sub>、ｆ<sub>t</sub>とする。

【００６６】

第２レンズ群Ｌ２と第３レンズ群Ｌ３の広角端での結像倍率（横倍率） $2w$ 、 $3w$ に対する望遠端での結像位置 $2t$ 、 $3t$ の比を各々 $2z$ 、 $3z$ とする。

【００６７】

即ち、

$$2z = 2t / 2w$$

$$3z = 3t / 3w$$

とする。

【００６８】

このとき、

$$2.8 < d_m / f_m < 4.0 \dots (1)$$

$$1.5 < X_1 / f_w < 3.5 \dots (2)$$

$$0.3 < 3z / (f_t / f_w) < 0.6 \dots (3)$$

$$2.0 < X_1 / X_2 < 6.0 \dots (4)$$

$$6.0 < f_1 / f_w < 10.0 \dots (5)$$

10

20

30

40

50

$$2.0 < X3 / fw < 2.8 \cdots (6)$$

$$0.3 < 2z / (ft / fw) < 0.4 \cdots (7)$$

なる条件のうち1以上を満足している。

【0069】

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。

【0070】

次に各条件式の技術的な意味について説明する。

【0071】

条件式(1)は、第1レンズ群L1がズーミングに際して最も像側に位置する第1の中間ズーム位置での第1レンズ群L1と第3レンズ群L3との間隔について規定したものであり、前玉径の小型化に関するものである。

10

【0072】

物体側より正、負、正、正の屈折力のレンズ群より成る4群構成のズームレンズにおいて、前玉有効径は、一般に広角端から少し望遠側にズーミングを行った中間ズーム位置での最大画角の周辺光束で決まることが多い。そのため第1レンズ群L1を、広角端から望遠端へのズーミングにおける移動に際し、一旦像側に移動している。これにより第1の中間ズーム位置で前玉(第1レンズ群)と開口絞りSPとの距離を小さくし、入射瞳距離を短縮することで、前玉径の小型化を図っている。

【0073】

20

条件式(1)の下限を超えて第1レンズ群L1の像側への移動量が大きくなり過ぎると、第1の中間ズーム位置で良好な光学性能を得るのが難しくなる。

【0074】

特に周辺画角でのコマ収差の抑制が困難となる。

【0075】

逆に上限を超えて第1レンズ群L1の像側への移動量が小さくなると、前玉有効径を決定する第1の中間ズーム位置での入射瞳距離が長くなり前玉径が大型化するためよくない。

【0076】

条件式(2)は第1レンズ群L1のズーミング時の移動量を設定したものである。下限を超えて第1レンズ群L1の移動量が小さくなり過ぎると、望遠端において第2レンズ群L2との間隔を充分長く取ることが出来なく、第2レンズ群L2で充分な変倍効果を得るのが難しくなる。

30

【0077】

逆に上限を超えて、ズーミング時の移動量が大きくなり過ぎると、レンズ全長の小型化が難しくなる。

【0078】

条件式(3)は、第3レンズ群L3の広角端と望遠端における結像倍率の比(変倍比)に関する。

【0079】

40

条件式(3)の下限を超えて第3レンズ群L3の変倍比が小さくなりすぎると、第2レンズ群L2の変倍負担が大きくなる。この結果、第1レンズ群L1および第2レンズ群L2のズーミングにおける移動量を大きくする必要性が生じて、鏡筒全長が長くなる。

【0080】

逆に上限を超えると、第3レンズ群L3の屈折力を強める必要が出てくるため、特に望遠端における球面収差やコマ収差の補正が困難になる。

【0081】

条件式(4)は、ズーミングにおける第1、第2レンズ群L1、L2の移動量に関する。

【0082】

50



条件式(4)の下限を超えて第1レンズ群L1のズーミング時の移動量が小さくなり過ぎると、望遠端において第2レンズ群L2との間隔を充分に取ることが出来なくなる。このため、第2レンズ群L2での充分な変倍効果が得られない。

【0083】

逆に上限を超えて第1レンズ群L1の移動量が大きくなると、他のレンズ群と比較して第1レンズ群L1のストロークだけが大きくなりすぎる。このため、沈胴長を短縮するためには沈胴構造の多段化が避けられず、鏡筒径が大型化してくる。

【0084】

条件式(5)は、第1レンズ群L1の屈折力に関する。

【0085】

10

条件式(5)の下限を超えて第1レンズ群L1の屈折力が大きくなり過ぎると、特に広角端における球面収差やコマ収差の補正が困難となる。

【0086】

また第1レンズ群L1の正レンズのレンズ面の曲率がきつくなり、レンズコバ厚を確保するために肉厚を大きく取る必要があり、前玉が大型化するので好ましくない。

【0087】

逆に上限を超えて第1レンズ群L1の屈折力が小さくなり過ぎると、第2レンズ群L2において十分な変倍効果が得られないので良くない。

【0088】

条件式(6)の下限を超えて第3レンズ群L3のズーミング時の移動量が小さくなり過ぎると、充分な変倍比を得るために、第3レンズ群L3の屈折力を強める必要が出てくる。このため、特に望遠端において球面収差やコマ収差の補正が困難になる。

20

【0089】

逆に上限を超えると、第3レンズ群L3の移動量が大きくなり過ぎると広角端でのレンズ全長が長く成るのでレンズ全長の短縮が難しくなる。

【0090】

条件式(7)は、第2レンズ群L2の広角端と望遠端における結像倍率の比(変倍比)に関する。

【0091】

条件式(7)の下限を超えて第2レンズ群L2の変倍比が小さくなり過ぎると、第3レンズ群L3の変倍負担が大きくなる。この結果、ズーミングに際して第3レンズ群L3の移動量を大きくする必要が生じて、鏡筒全長が長くなる。逆に上限を超えると、第1レンズ群L1および第2レンズ群L2の移動量を大きくする必要が生じてレンズ全長の小型化が難しくなる。

30

【0092】

尚、更に収差補正及びズーミングの際の収差変動を小さくしつつレンズ系全体の小型化を図るには、条件式(1)~(7)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0093】

$$3.0 < d_m / f_m < 3.9 \dots (1a)$$

$$1.7 < X_1 / f_w < 3.3 \dots (2a)$$

$$0.4 < 3z / (f_t / f_w) < 0.6 \dots (3a)$$

$$2.0 < X_1 / X_2 < 5.0 \dots (4a)$$

$$6.3 < f_1 / f_w < 9.6 \dots (5a)$$

$$2.1 < X_3 / f_w < 2.7 \dots (6a)$$

$$0.32 < 2z / (f_t / f_w) < 0.38 \dots (7a)$$

またさらに望ましくは、条件式(1a)、(2a)の数値範囲を次の如く設定すると、さらにレンズ系の小型化が容易となる。

【0094】

$$3.1 < d_m / f_m < 3.8 \dots (1b)$$

$$1.8 < X_1 / f_w < 3.2 \dots (2b)$$

50

以上のように各実施例によれば、ズームにおける各レンズ群の移動量と各レンズ群の屈折力を適切に設定することで、ズーム比 5 倍以上の高ズーム比化にもかかわらずレンズ全長の小型化を達成することが出来る。

【 0 0 9 5 】

特に広角端から望遠端に至る全ズーム範囲にわたり良好なる光学性能を有するズームレンズを得ることができる。

【 0 0 9 6 】

尚、各実施例において、第 1 レンズ群 L 1 の物体側又は、第 4 レンズ群 L 4 の像側又は、双方にコンバーターレンズ等の他のレンズ群を配置しても良い。

【 0 0 9 7 】

次に、本発明の実施例 1 ~ 4 に各々対応する数値実施例 1 ~ 4 を示す。各数値実施例において  $i$  は物体側からの光学面の順序を示し、 $R_i$  は第  $i$  番目の光学面（第  $i$  面）の曲率半径、 $D_i$  は第  $i$  面と第  $i + 1$  面との間の間隔、 $N_i$  と  $i$  はそれぞれ  $d$  線に対する第  $i$  番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数を示す。

【 0 0 9 8 】

また  $k$  を円錐定数、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  を非球面係数、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、非球面形状は、

$$x = (h^2 / R) / [1 + [1 - (1 + k)(h / R)^2]^{1/2}] + Bh^4 + Ch^6 + Dh^8 + Eh^{10}$$

で表示される。但し  $R$  は曲率半径である。

【 0 0 9 9 】

また例えば「 $E - Z$ 」の表示は「 $10^{-Z}$ 」を意味する。 $f$  は焦点距離、 $Fno$  は F ナンバー、 $\omega$  は半画角を示す。

【 0 1 0 0 】

数値実施例において最後の 2 つの面は、光学ブロック G を構成する面である。

【 0 1 0 1 】

また、各数値実施例における上述した条件式との対応を表 1 に示す。

【 0 1 0 2 】

10

20

## 【数 1】

[数値実施例 1]

$$f = 7.60 \sim 10.35 \sim 20.62 \sim 43.53 \quad F_{no} = 2.82 \sim 2.97 \sim 3.57 \sim 4.90$$

$$2\omega = 62.7^\circ \sim 48.2^\circ \sim 25.3^\circ \sim 12.1^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	$\nu_i$
1	29.366	1.15	1.84666	23.9
2	20.548	4.10	1.71300	53.9
3	239.612	可変		
4	31.631	0.90	1.88300	40.8
5	7.921	4.75		
6	-23.881	0.75	1.69680	55.5
7	55.070	0.70		
8	18.915	1.60	1.92286	18.9
9	61.703	可変		
10	絞り	0.80		
11	10.818(非球面)	2.90	1.58313	59.4
12	-23.614(非球面)	0.20		
13	6.183	2.40	1.48749	70.2
14	11.957	0.85	1.84666	23.9
15	4.886	1.00		
16	フレアー絞り	可変		
17	12.376	2.50	1.48749	70.2
18	119.762	可変		
19	$\infty$	1.29	1.51633	64.1
20	$\infty$			

10

20

焦点距離 可変間隔	7.60	10.35	20.62	43.53
D2	0.30	3.83	11.59	18.61
D8	22.41	15.82	6.97	2.48
D15	8.11	7.80	11.10	23.59
D17	3.70	5.51	7.84	4.91

30

非球面係数

$$\begin{aligned} R11 \quad k &= -7.82358e-01 & B &= -3.98440e-05 & C &= -6.89923e-08 & D &= -2.20858e-08 \\ E &= 1.50279e-10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R12 \quad k &= -1.37996e+00 & B &= 5.19422e-05 & C &= -3.77707e-07 & D &= -1.81789e-08 \\ E &= -1.24737e-11 \end{aligned}$$

40

【 0 1 0 3 】

## 【数 2】

[数値実施例 2]

$$f = 6.60 \sim 10.07 \sim 17.96 \sim 42.06 \quad F \# = 2.88 \sim 3.07 \sim 3.60 \sim 4.90$$

$$2\omega = 70.1^\circ \sim 49.4^\circ \sim 28.9^\circ \sim 12.6^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	$\nu_i$
1	34.376	1.25	1.84666	23.9
2	21.643	4.25	1.80400	46.6
3	158.807	可変		
4	30.388	0.85	1.88300	40.8
5	7.927	4.81		
6	-32.600	0.80	1.71300	53.9
7	20.823	0.73		
8	16.011	2.10	1.80809	22.8
9	171.536	可変		
10	絞り	0.80		
11	11.697(非球面)	2.60	1.58313	59.4
12	-20.055(非球面)	0.20		
13	5.964	2.50	1.48749	70.2
14	12.235	0.90	1.84666	23.9
15	4.718	1.00		
16	フレアー絞り	可変		
17	12.465	2.40	1.58913	61.1
18	76.507	可変		
19	$\infty$	1.30	1.51633	64.1
20	$\infty$			

焦点距離 可変間隔	6.60	10.07	17.96	42.06
D2	0.40	5.40	12.16	22.53
D8	24.55	14.76	6.87	1.95
D15	8.07	7.55	9.81	21.24
D17	2.70	5.16	7.44	5.21

非球面係数

$$R11 \quad k = -4.39237e+00 \quad B = 1.66629e-04 \quad C = -7.39897e-06 \quad D = -8.12203e-08$$

$$R12 \quad k = 1.02505e+01 \quad B = 1.55845e-04 \quad C = -2.94134e-06$$

## 【 0 1 0 4 】

10

20

30

40

## 【数 3】

[数値実施例 3]

 $f = 6.36 \sim 10.47 \sim 20.99 \sim 44.50$   $F_{no} = 2.78 \sim 3.00 \sim 3.66 \sim 4.90$  $2\omega = 72.1^\circ \sim 47.7^\circ \sim 24.9^\circ \sim 12.1^\circ$ 

i	Ri	Di	Ni	$v_i$
1	32.337	1.10	1.84666	23.9
2	20.947	4.00	1.80400	46.6
3	132.304	可変		
4	28.903	0.80	1.88300	40.8
5	7.740	4.69		
6	-35.637	0.70	1.77250	49.6
7	19.671	0.75		
8	15.621	2.20	1.80809	22.8
9	296.047	可変		
10	絞り	0.70		
11	10.597(非球面)	2.40	1.58313	59.4
12	-22.108(非球面)	0.20		
13	6.080	2.65	1.49700	81.5
14	14.190	0.85	1.80518	25.4
15	4.608	1.00		
16	フレアー絞り	可変		
17	12.102	2.30	1.58913	61.1
18	92.040	可変		
19	$\infty$	1.25	1.51633	64.1
20	$\infty$			

10

20

焦点距離 可変間隔	6.36	10.47	20.99	44.50
D2	0.30	5.48	13.29	22.43
D8	24.02	12.52	4.38	1.46
D15	7.70	6.88	10.46	22.02
D17	2.26	5.38	8.04	4.35

30

非球面係数

R11  $k = -3.88518e+00$   $B = 2.77829e-04$   $C = -4.26040e-06$   $D = -2.44333e-08$ R12  $k = 1.26689e+01$   $B = 2.09640e-04$   $C = 1.35107e-06$ 

## 【 0 1 0 5 】

40

## 【数 4】

[数値実施例4]

$$f = 6.32 \sim 9.26 \sim 20.48 \sim 40.70 \quad F n o = 2.83 \sim 2.97 \sim 3.74 \sim 4.90$$

$$2\omega = 72.4^\circ \sim 53.1^\circ \sim 25.5^\circ \sim 13.0^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	$\nu_i$
1	31.951	1.10	1.84666	23.9
2	23.703	3.60	1.71300	53.9
3	171.381	可変		
4	24.351	0.75	1.88300	40.8
5	7.494	4.66		
6	-25.178	0.70	1.86400	40.6
7	22.120(非球面)	0.71		
8	17.470	2.20	1.80809	22.8
9	-73.111	可変		
10	絞り	0.70		
11	10.505(非球面)	2.50	1.58313	59.4
12	-22.158(非球面)	0.20		
13	5.907	2.50	1.48749	70.2
14	11.739	0.85	1.84666	23.9
15	4.574	1.00		
16	フレアー絞り	可変		
17	12.047	2.30	1.58913	61.1
18	74.641	可変		
19	$\infty$	1.30	1.51633	64.1
20	$\infty$			

焦点距離 可変間隔	6.32	9.26	20.48	40.70
D2	0.40	5.46	15.19	24.24
D8	23.40	14.63	4.99	2.15
D15	7.88	7.03	11.21	21.93
D17	2.76	5.20	8.09	5.38

非球面係数

$$R7 \quad k = -5.42644e+00 \quad B = 5.67064e-05$$

$$R11 \quad k = -3.23580e+00 \quad B = 1.90014e-04 \quad C = -1.82929e-06 \quad D = 5.79518e-09$$

$$E = -5.07881e-09$$

$$R12 \quad k = -2.16112e+00 \quad B = 1.62082e-05 \quad C = 4.14056e-07 \quad D = -1.39592e-08$$

$$E = -5.80480e-09$$

【 0 1 0 6 】

【表 1】

表 1

条件式		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
(1)	dm/fm	3.32	3.55	3.15	3.73
(2)	X1/fw	1.98	2.31	2.52	3.04
(3)	$\beta 3z/(ft/fw)$	0.50	0.51	0.48	0.53
(4)	X1/X2	4.65	2.20	2.61	4.20
(5)	f1/fw	6.69	8.43	8.49	9.28
(6)	X3/fw	2.20	2.38	2.58	2.63
(7)	$\beta 2z/(ft/fw)$	0.37	0.36	0.34	0.35

10

## 【0107】

次に各実施例に示したような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の実施例を図21を用いて説明する。

## 【0108】

図21において、20はカメラ本体、21は実施例1～4で説明したいずれか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は固体撮像素子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。

20

## 【0109】

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が実現できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0110】

【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

30

【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のズームレンズの第1の中間ズーム位置での収差図

【図4】実施例1のズームレンズの第2の中間ズーム位置での収差図

【図5】実施例1のズームレンズの望遠端での収差図

【図6】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7】実施例2のズームレンズの広角端での収差図

【図8】実施例2のズームレンズの第1の中間ズーム位置での収差図

【図9】実施例2のズームレンズの第2の中間ズーム位置での収差図

【図10】実施例2のズームレンズの望遠端での収差図

【図11】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

40

【図12】実施例3のズームレンズの広角端での収差図

【図13】実施例3のズームレンズの第1の中間ズーム位置での収差図

【図14】実施例3のズームレンズの第2の中間ズーム位置での収差図

【図15】実施例3のズームレンズの望遠端での収差図

【図16】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17】実施例4のズームレンズの広角端での収差図

【図18】実施例4のズームレンズの第1の中間ズーム位置での収差図

【図19】実施例4のズームレンズの第2の中間ズーム位置での収差図

【図20】実施例4のズームレンズの望遠端での収差図

【図21】撮像装置の概略図

50

## 【符号の説明】

## 【 0 1 1 1 】

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

d d線

g g線

M メリディオナル像面

S サジタル像面

S P 絞り

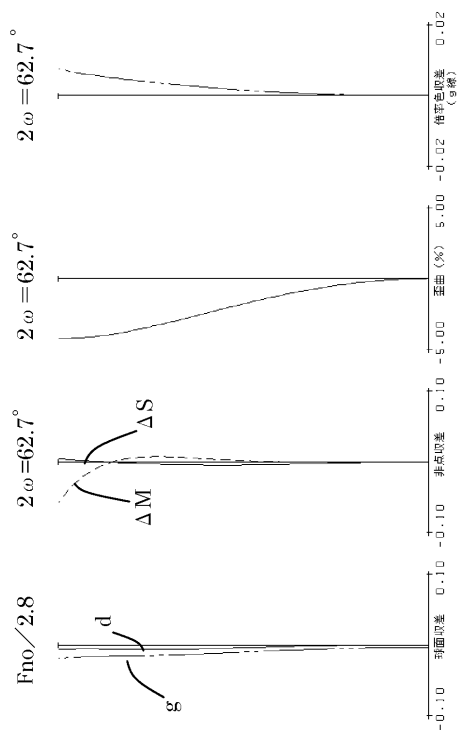
F P フレアークット絞り

G C C Dのフォースプレートやローパスフィルター等のガラスブロック  
半画角

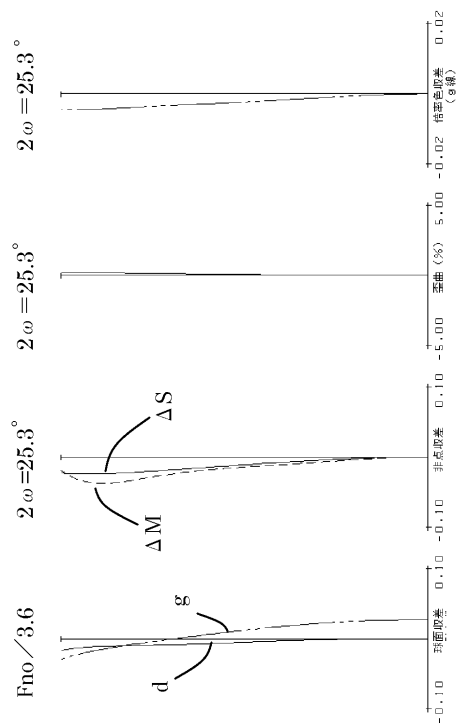
F n o Fナンバー

10

【図2】

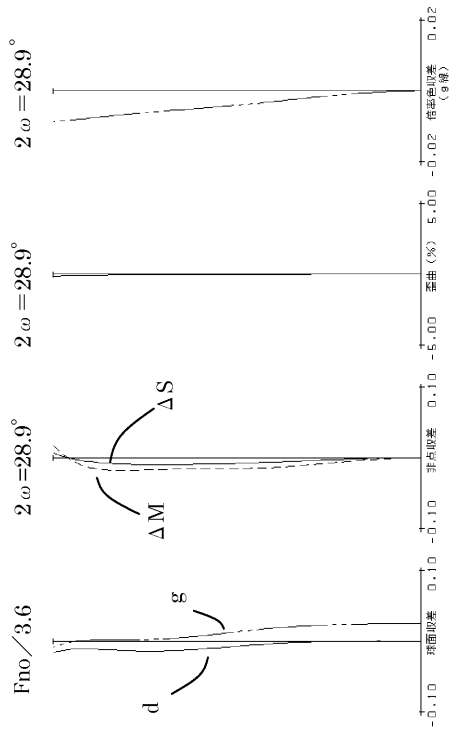


【図4】

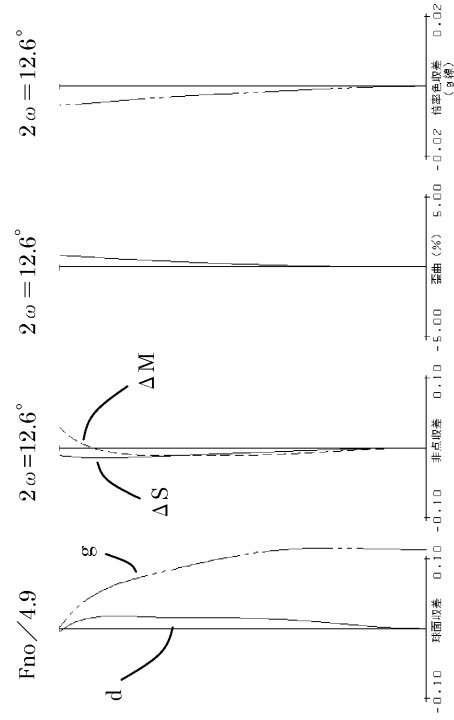




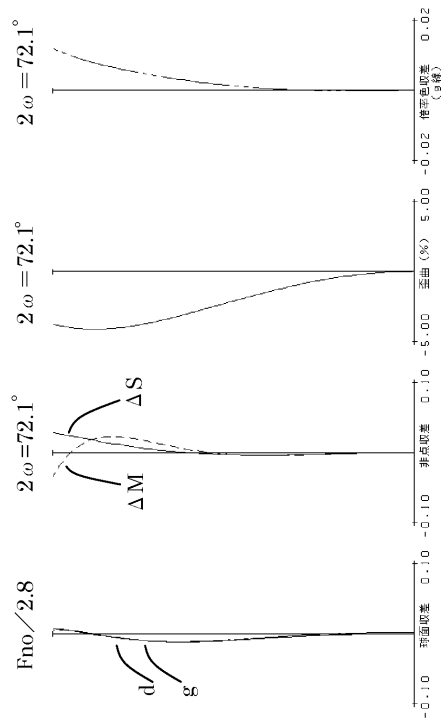
【図 9】



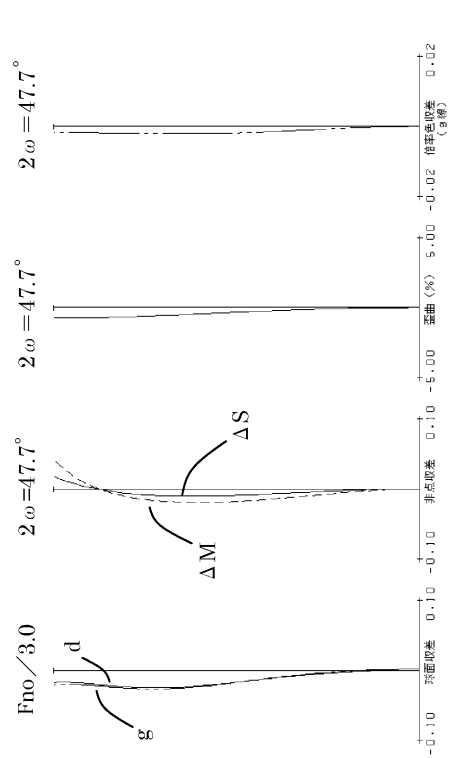
【図 10】



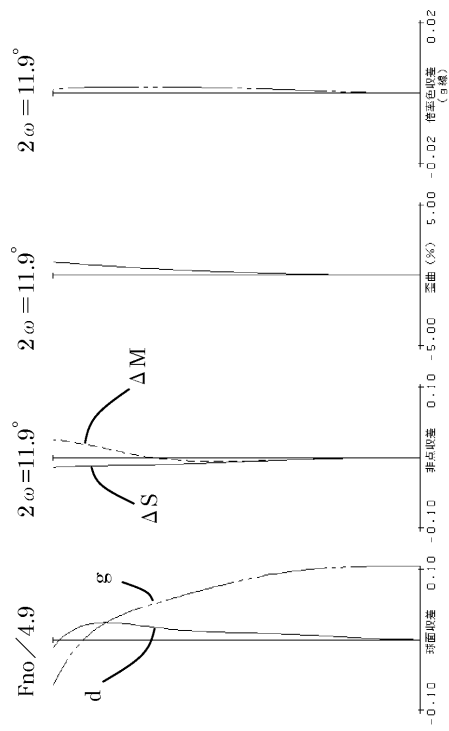
【図 12】



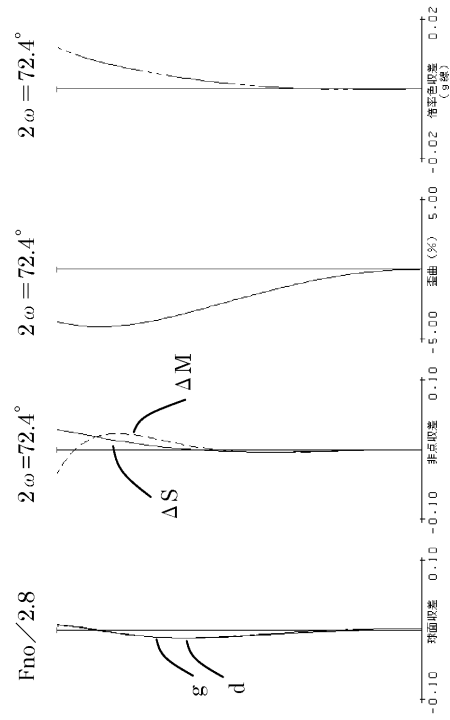
【図 13】



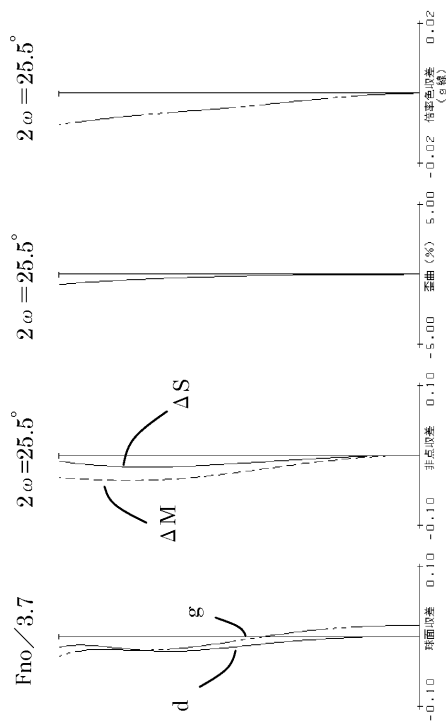
【図 15】



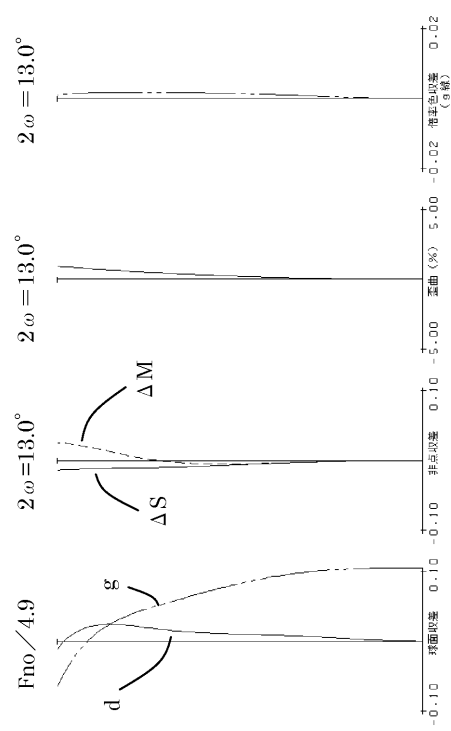
【図 17】



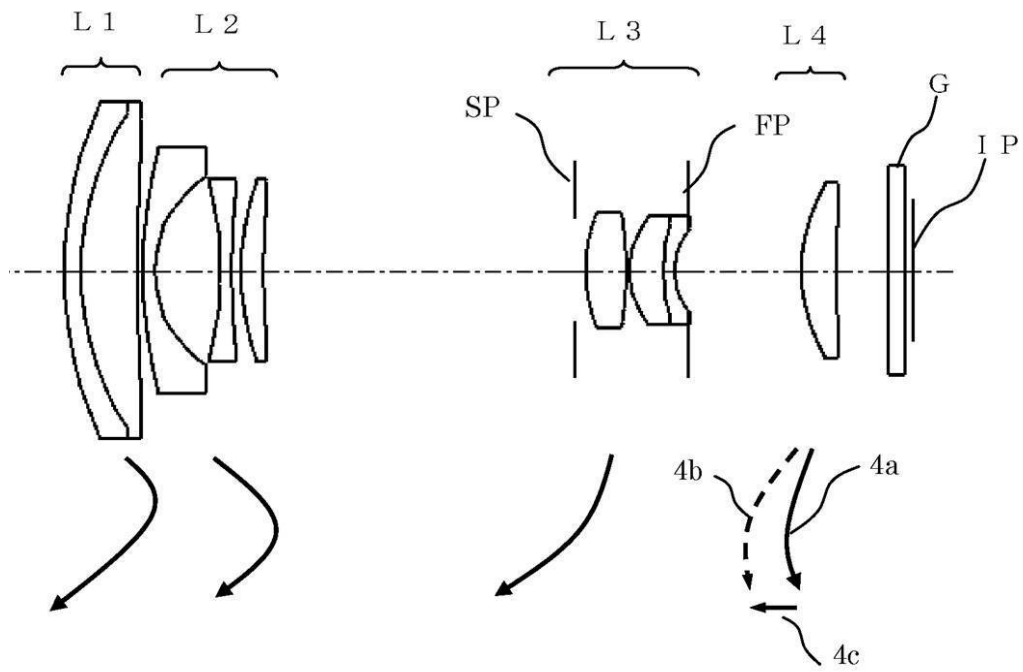
【図 19】



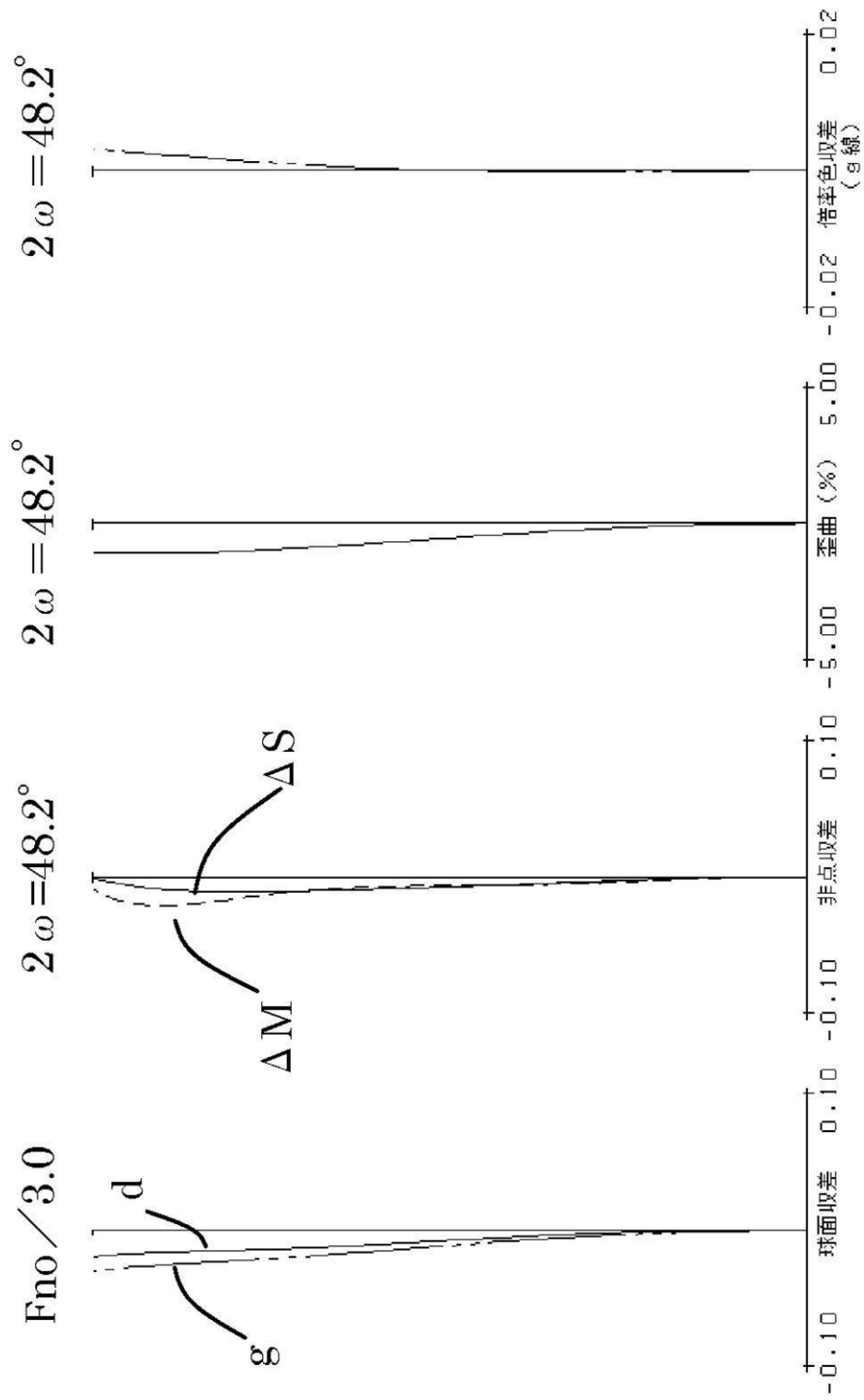
【図 20】



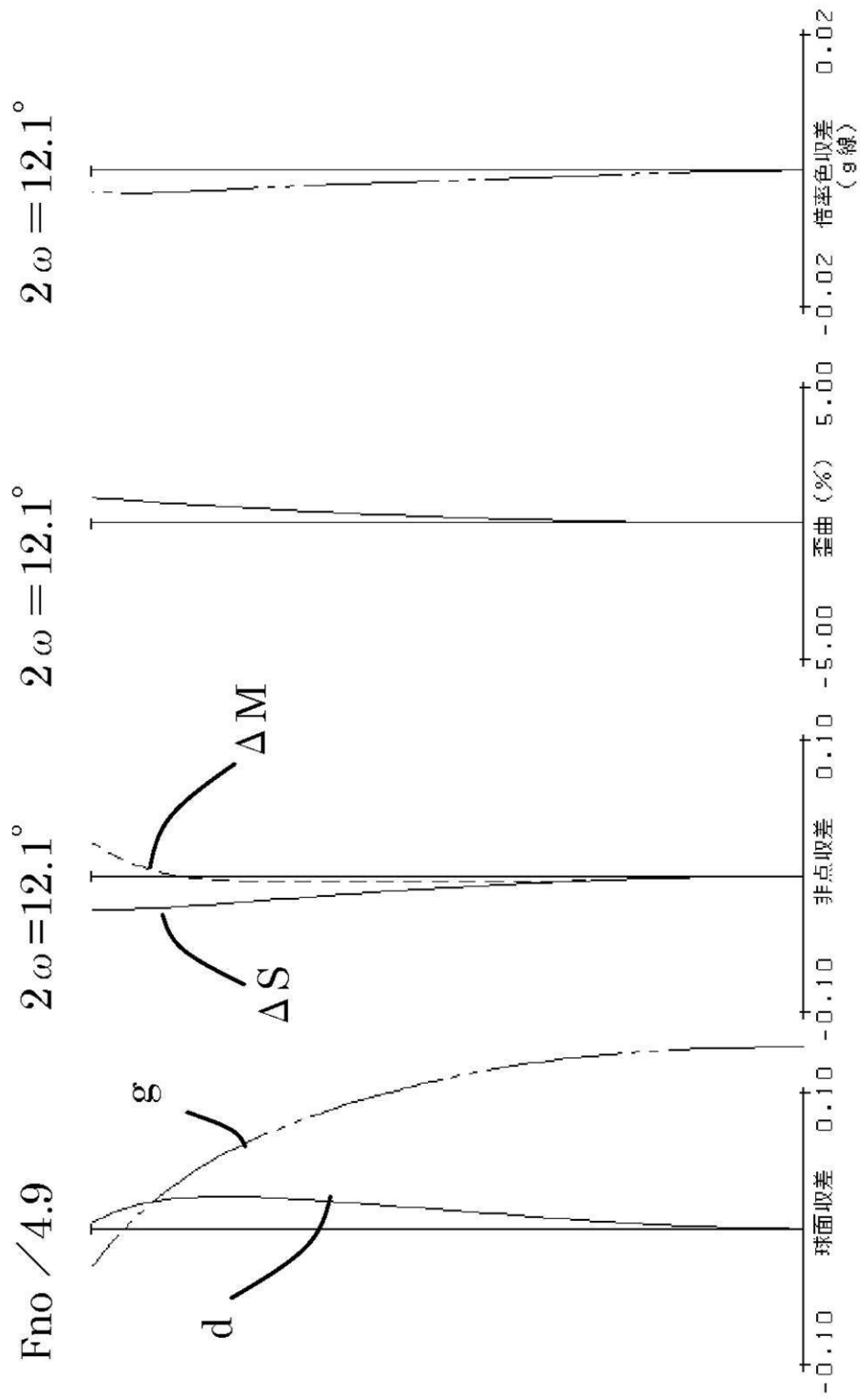
【図 1】



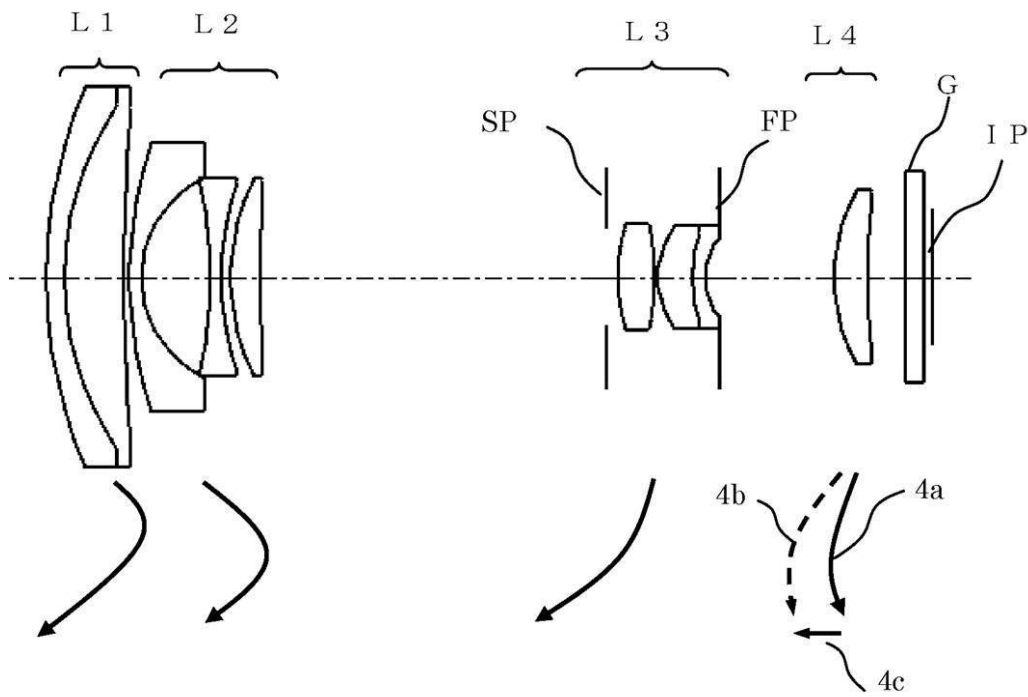
【図3】



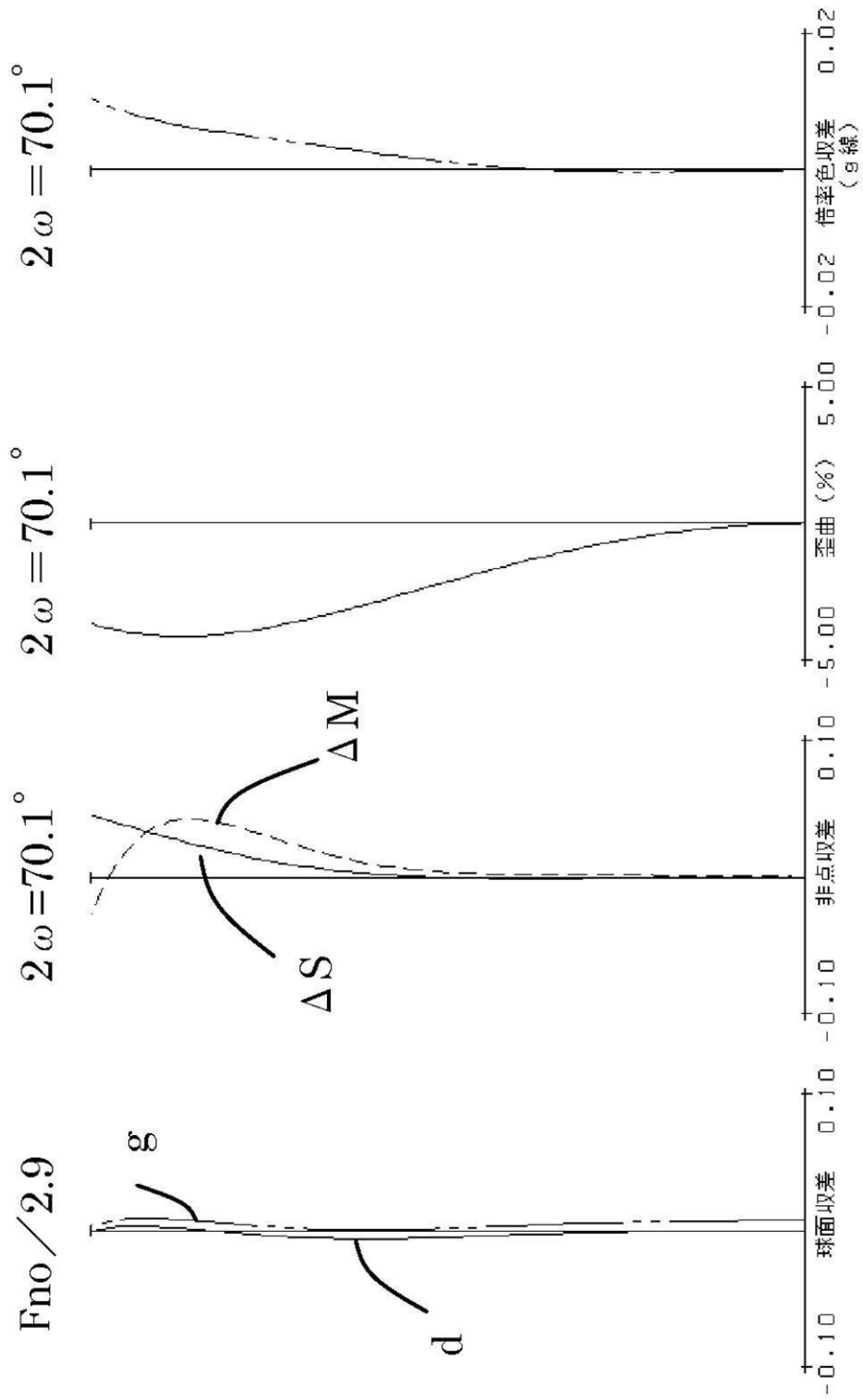
【図 5】



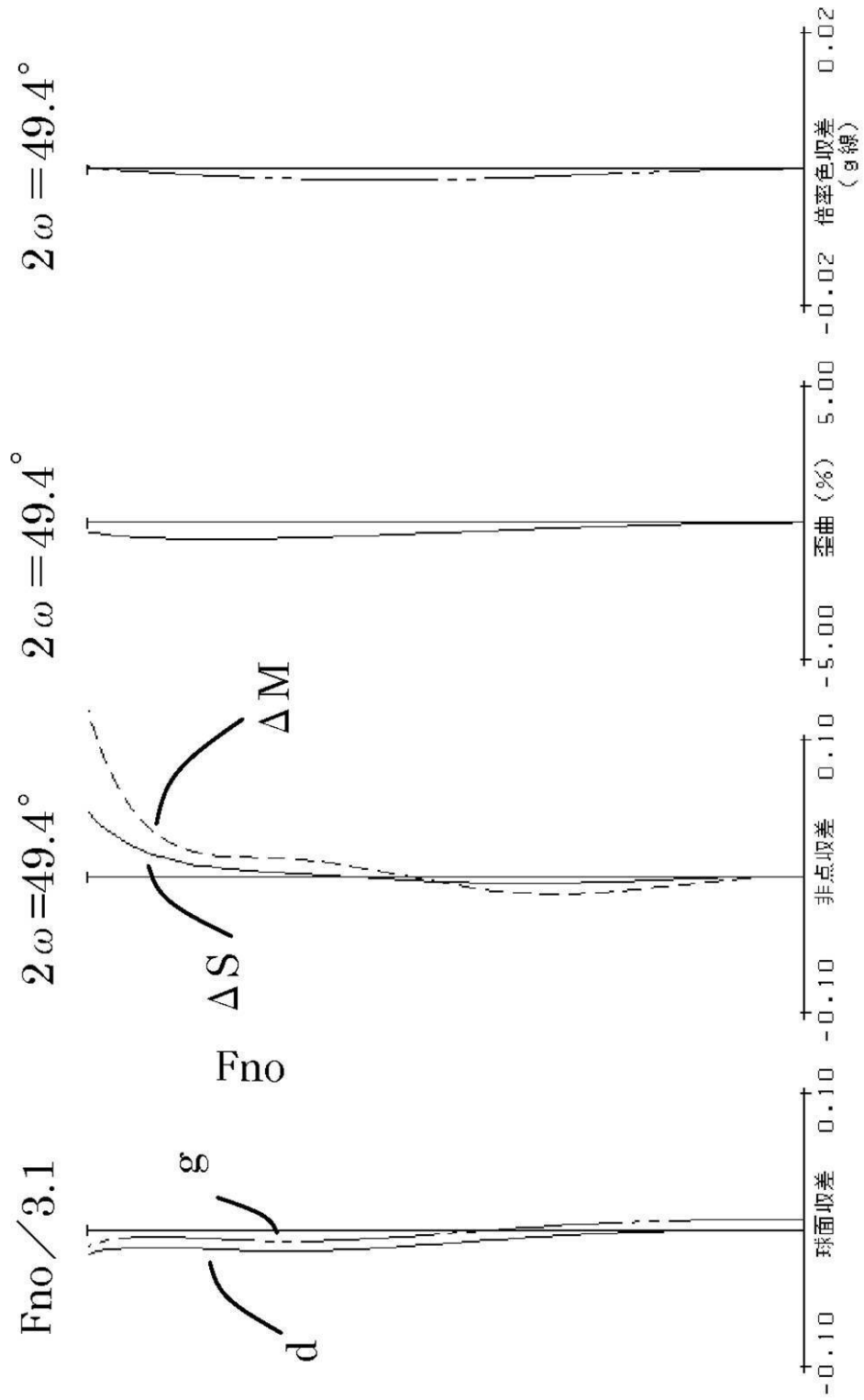
【図 6】



【図7】

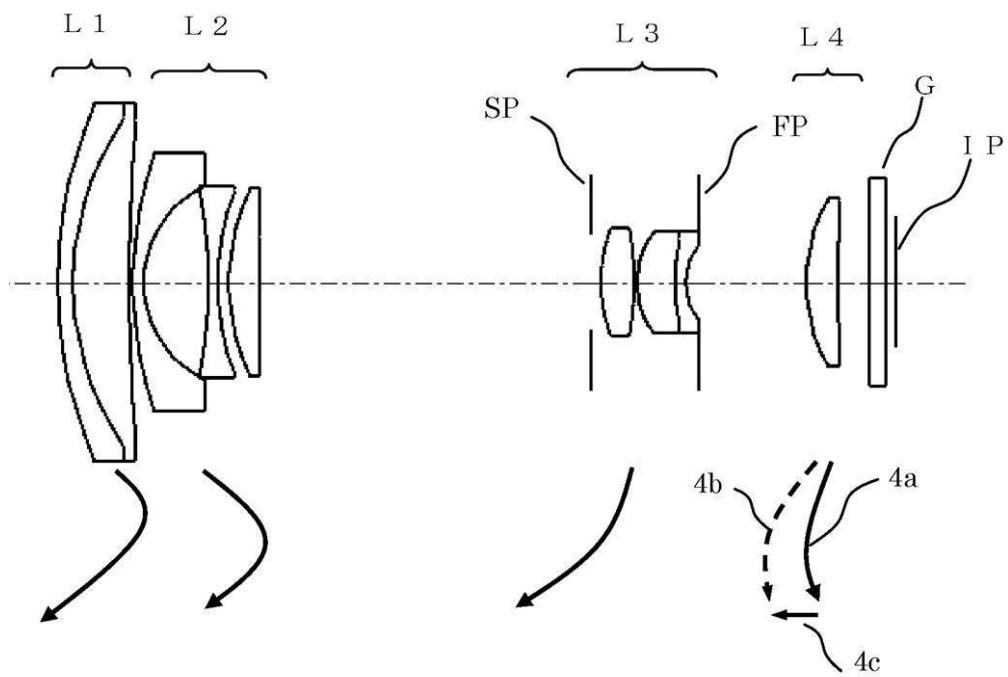


【図 8】

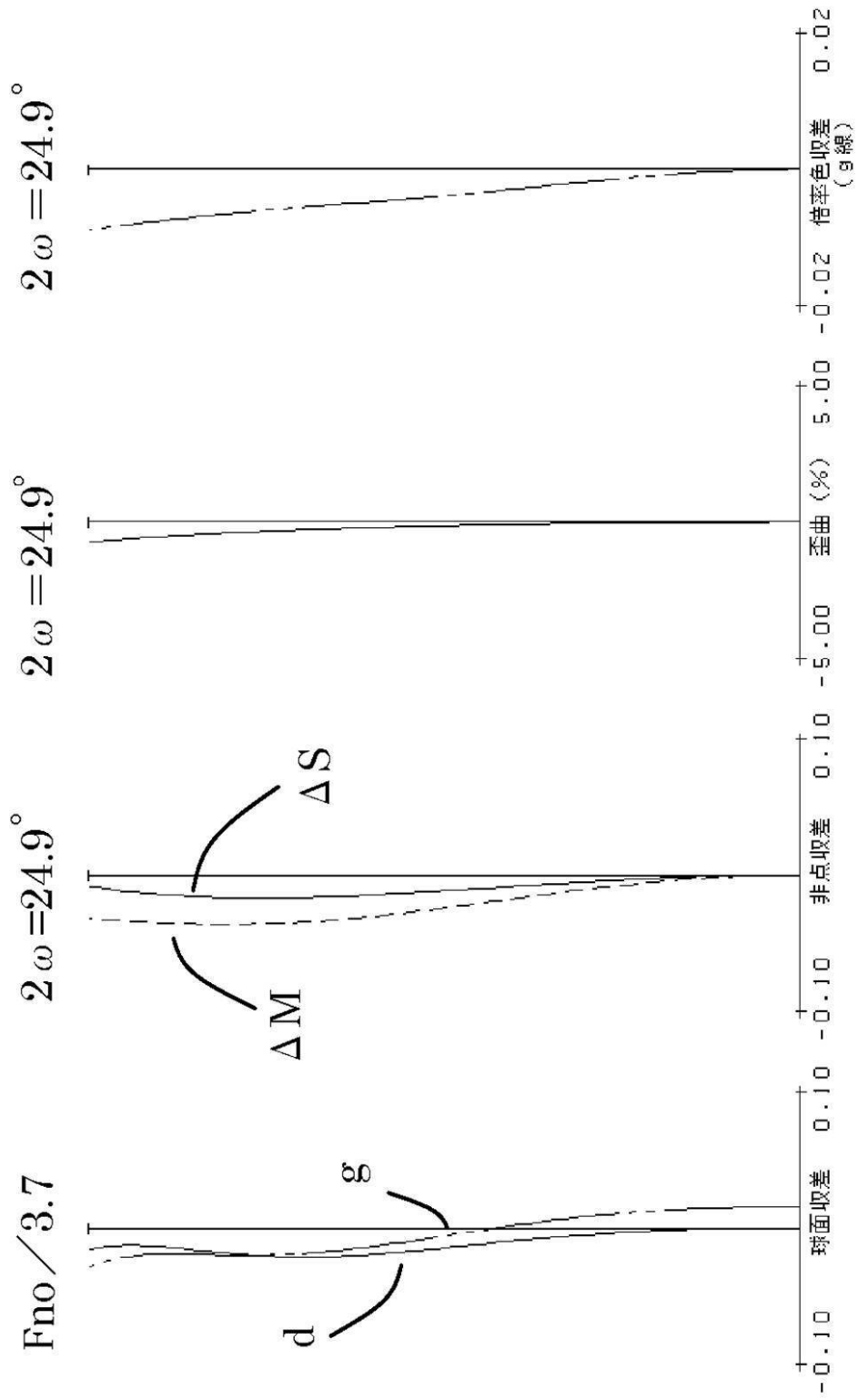




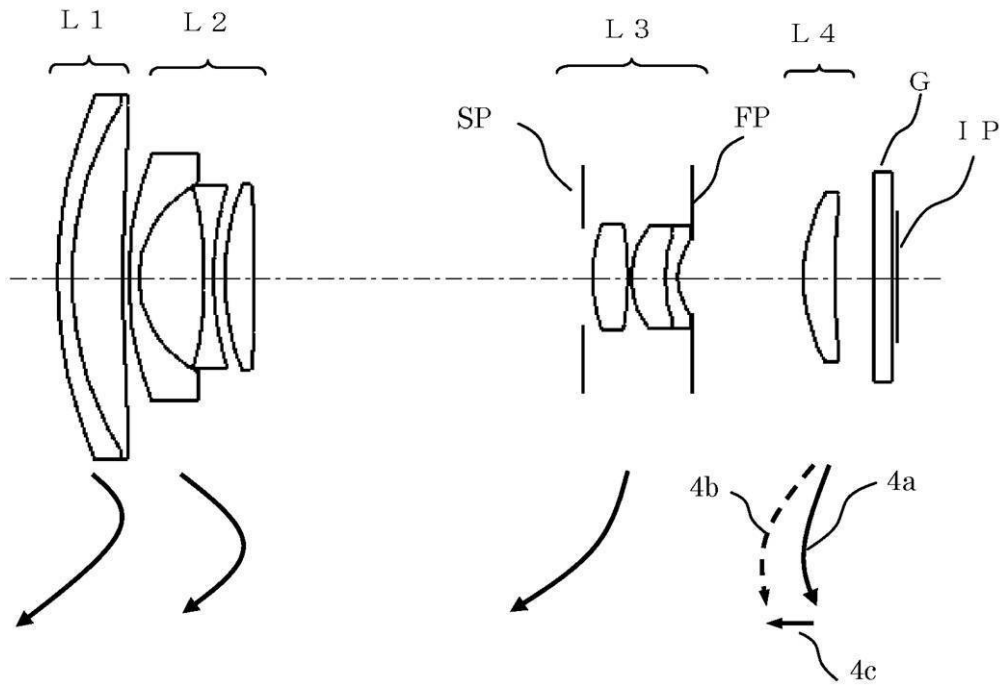
【図 11】



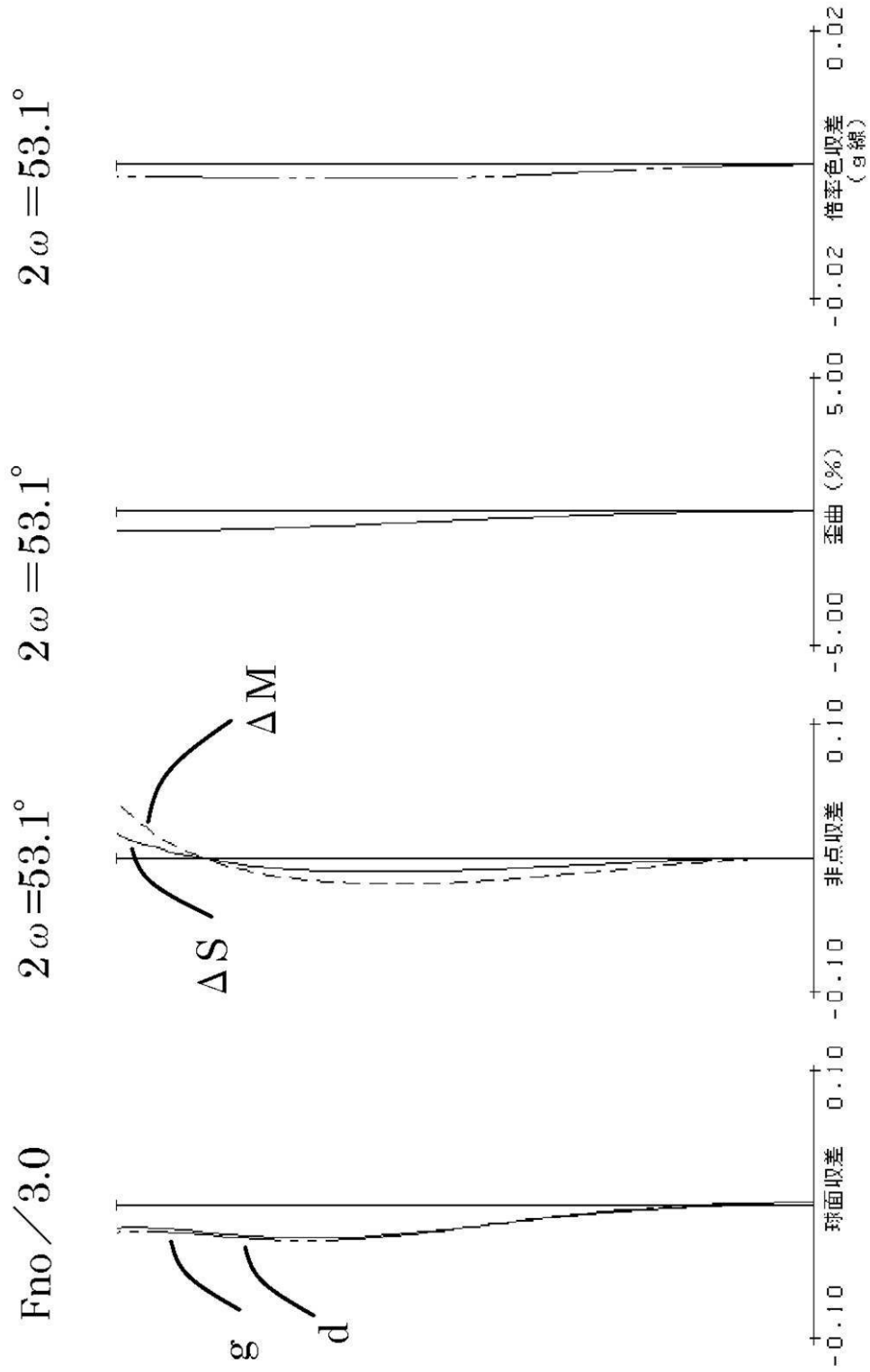
【図 14】



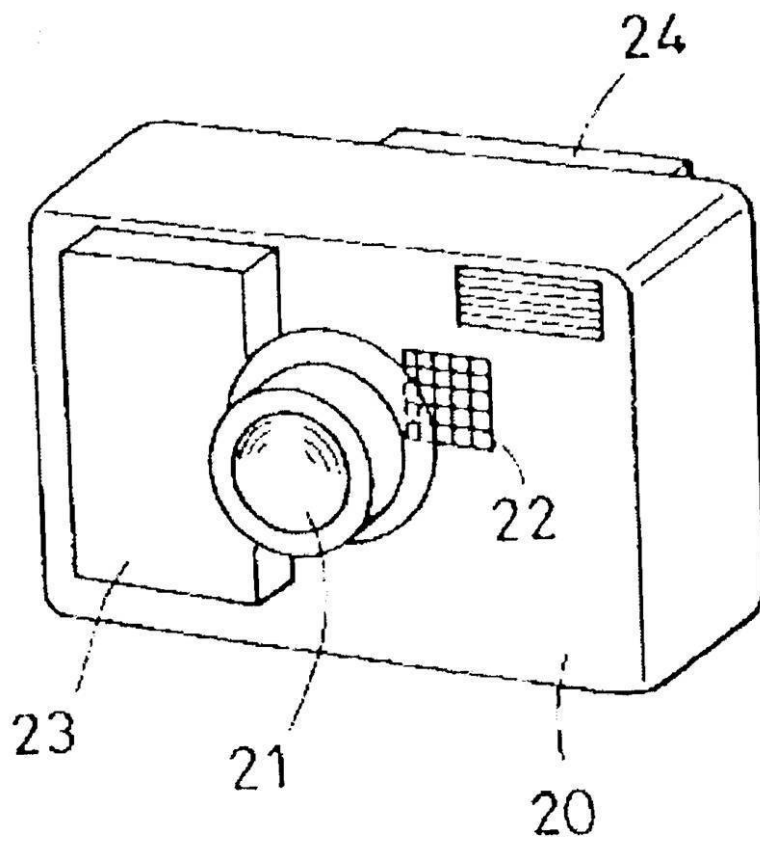
【図 16】



【図 18】



【図 21】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-023531(JP,A)  
特開2006-023530(JP,A)  
特開2006-023529(JP,A)  
特開2005-338740(JP,A)  
特開2005-331629(JP,A)  
特開2005-331628(JP,A)  
特開2002-107624(JP,A)  
特開2004-212512(JP,A)  
国際公開第2004/111698(WO,A1)  
特開2001-194586(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	9/00	-	17/08
G02B	21/02	-	21/04
G02B	25/00	-	25/04